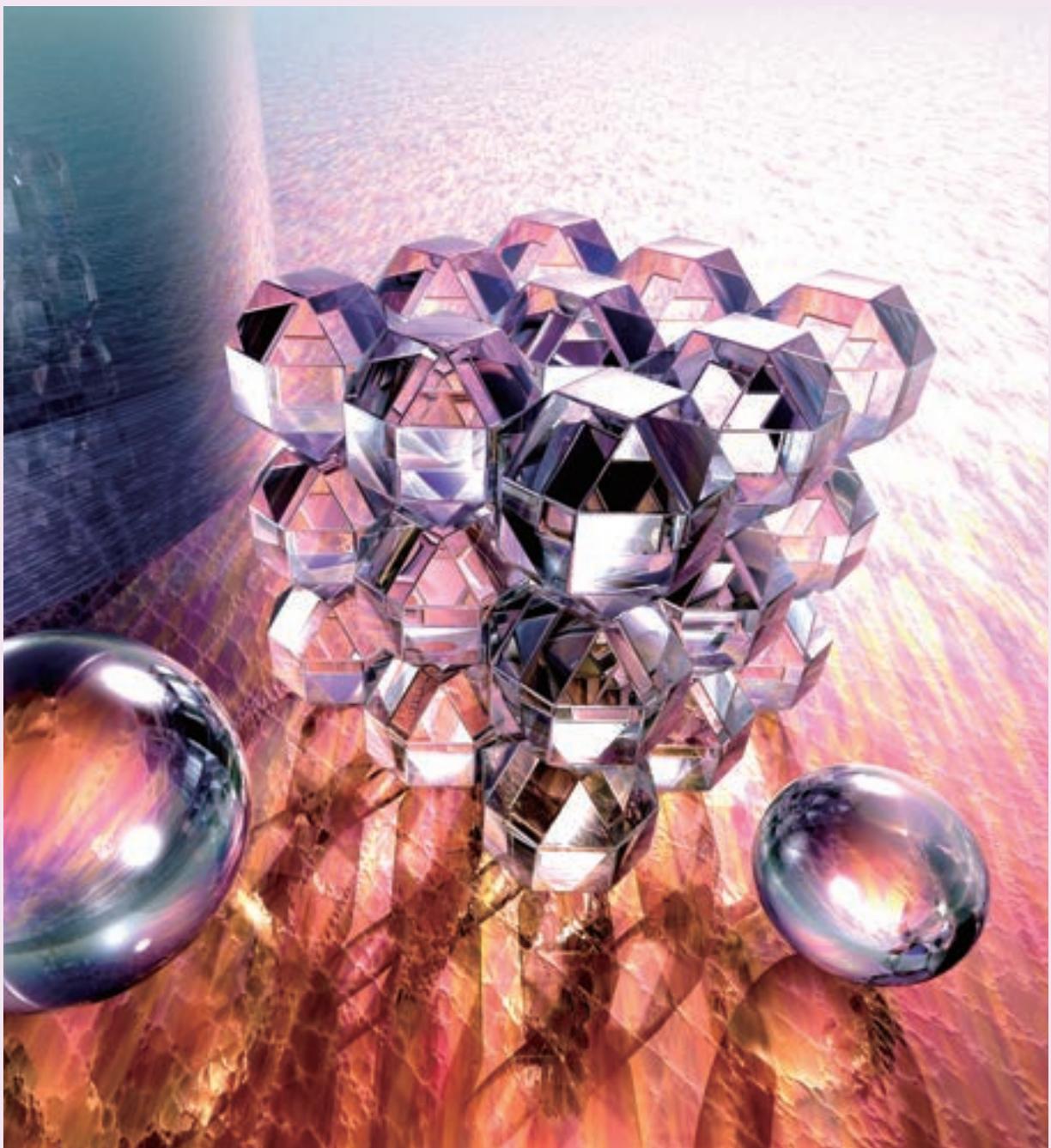


# 研究成果発表会要旨集

平成27年度

6月24日(水)・25日(木)・26日(金)



平成27年度 都産技研 研究成果発表会 プログラム

6月24日 (水曜日)

<b>会議室531</b>	<b>ロボット開発支援</b>	
13:00~13:10	開会挨拶	
13:10~14:10	【特別講演】コミュニティづくりから始めるロボットイノベーション ～社会実装アプローチ～	東京大学 名誉教授 フューチャーセンター推進機構 佐藤 知正 氏 ロボット化コンソーシアム
14:20~15:50	【パネルディスカッション】ロボットを用いたサービスイノベーション	
<b>講堂</b>	<b>金属粉末AM (3Dプリンター)</b>	
13:00~13:10	開会挨拶	
13:10~14:10	【特別講演】金属3Dプリンター開発の先へ ～高速・低コスト化の現状と課題～	東京農工大学大学院工学研究院 先端機械システム部門 教授 笹原 弘之 氏
14:20~15:05	【活用事例紹介】金属技研株式会社の金属積層造形の取り組み	金属技研株式会社 技術本部 山本 泰弘 氏
15:05~15:25	【AM (3Dプリンター) ラボ紹介】都産技研の3Dデジタルものづくり支援	東京理科大学 鶴澤真治 氏 機械技術グループ 藤巻 研吾

6月25日 (木曜日)

<b>講堂</b>	<b>基調講演</b>	
10:00~10:50	炭素繊維における東レ株式会社の航空機器産業への参入、これからの展望	東レ株式会社 ACM技術部 部長 小田切 信之 氏
	<b>海外展開支援</b>	
13:20~14:05	【特別講演】モノづくり企業の海外進出の在り方 ～金型を通じて見えてくるもの～	一般社団法人日本金型工業会 学術顧問 横田 悦二郎 氏
14:20~15:20	【トークセッション】ものづくり企業へのASEAN地域における技術支援	
<b>会議室531</b>	<b>情報技術</b>	<b>座長：多摩テクノプラザ所長 薄田 洋史</b>
11:00~11:25	スポーツ用義足の研究開発とアスリート支援	国立研究開発法人産業技術総合研究所 保原 浩明 7
11:25~11:40	確率的モデリングによるビッグデータ活用	国立研究開発法人産業技術総合研究所 櫻井 瑛一 8
11:40~11:55	情報ハイディング技術を活用した防災通報システムの開発	東京工業高等専門学校 小嶋 徹也 9
11:55~12:10	東京理科大学のソフトウェア/アルゴリズムベース・テクノロジーのご紹介	東京理科大学 鶴澤真治 10
	<b>先端ものづくり</b>	<b>座長：城南支所長 上本 道久</b>
13:20~14:05	【特別講演】3Dプリンタによる積層工法を用いた新しいものづくり	株式会社コイワイ AM事業部 課長 永田 佳彦 氏
14:20~14:35	先端計測加工ラボでの海外展開支援	城南支所 上本 道久 13
14:35~14:50	航空機・高所環境をシミュレートする減圧恒温槽	実証試験セクター 三上 和正 14
14:50~15:05	医療用穿刺針の高品質化に関する研究	埼玉県産業技術総合センター 落合 一裕 15
15:05~15:20	電子線描画装置を用いたナノインプリント金型の検討	神奈川県産業技術センター 安井 学 16
<b>研修室241</b>	<b>環境・省エネルギー</b>	<b>座長：環境技術グループ 飯田 孝彦</b>
11:00~11:10	環境・省エネルギー分野への取り組み	環境技術グループ 飯田 孝彦
11:10~11:25	バナナ繊維を用いた金属イオン捕集材の開発	城南支所 堀山 哲人 19
11:25~11:40	ガラスカレット工場から排出されるガラス含有汚泥の減量・処理技術の開発	環境技術グループ 田中 真美 20
11:40~11:55	超音波粒子速度・音圧センサ (PUプローブ)による音響インテンシティの測定	光音技術グループ 西沢 啓子 21
11:55~12:10	シリカマトリックス (鋳型) 内で安定な六価のクロム酸化物量子ドットの挙動と新規触媒への応用	材料技術グループ 柴川 正一 22
12:10~12:25	絞り加工用潤滑油の環境負荷低減化技術の開発	機械技術グループ 中村 健太 23
	<b>情報技術/エレクトロニクス</b>	<b>座長：情報技術グループ長 入月 康晴</b>
13:10~13:20	情報技術/エレクトロニクス分野への取り組み	情報技術グループ長 入月 康晴
13:20~13:35	テラヘルツ連続波を用いた材料の電気特性評価	電子半導体技術グループ 時田 幸一 27
13:35~13:50	不完全な評価セットに対する検索システムの性能評価指標の開発	生活技術開発セクター 大平 倫宏 28
13:50~14:05	自己強制空冷システムの放熱促進を目的としたヒートシンクの開発	情報技術グループ 富山 真一 29
	<b>情報技術</b>	<b>座長：情報技術グループ長 入月 康晴</b>
14:20~14:35	レイヤ構造無線センサネットワークの効率的な伝送制御手法	情報技術グループ 中川 善継 33
14:35~14:50	カルマンフィルタとその改良 -オンライン異常値検出・除去への対応-	情報技術グループ 金田 泰昌 34
14:50~15:05	気球型インタフェース (Aerotop Interface)	産業技術大学院大学 飛田 博章 35
15:05~15:20	ConfVisor: コンベンションプランナー業務管理システム	産業技術大学院大学 松尾 徳朗 36
<b>研修室242</b>	<b>EMC・半導体</b>	<b>座長：電子半導体技術グループ長 小林 文士</b>
11:00~11:10	EMC・半導体分野の取り組み	電子半導体技術グループ 小林 文士
11:10~11:25	90 GHz帯アプリケーション用要素回路の開発1	電子半導体技術グループ 藤原 康平 39
11:25~11:40	マイクロヒータの開発	電子半導体技術グループ 山岡 英彦 40
11:40~11:55	狭ビームアンテナを用いたGHz帯測定手法の提案	電子・機械グループ 佐々木 秀勝 41
11:55~12:10	誘電率測定の不確かさ評価	国立研究開発法人産業技術総合研究所 加藤 悠人 42
	<b>EMC・半導体</b>	<b>座長：電子・機械グループ上席研究員 上野 武司</b>
13:20~13:35	製品内部における伝導妨害波の伝搬モード変換モデルの検証	電子・機械グループ 大橋 弘幸 43
13:35~13:50	2chベクトルシグナルアナライザを用いたEMI電磁波の位相測定	国立研究開発法人産業技術総合研究所 鈴木 隆隆 44
	<b>エレクトロニクス</b>	<b>座長：電子・機械グループ上席研究員 上野 武司</b>
14:20~14:35	プログラマブルSoCによる液面センサの開発	株式会社ティ・エフ・ディ 村井 弘道 47
14:35~14:50	デスクトップ温調機[PELNUIS] 高性能モデルの開発	キーンズデザイン株式会社 野村 健司 48
14:50~15:05	低ひずみ出力を実現できる単相7レベル変換器の検討	東京工業高等専門学校 綾野 秀樹 49
15:05~15:20	狭間隔部品実装技術を用いた部品内蔵基板の開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所 菊地 克弥 50
<b>研修室243</b>	<b>品質強化</b>	<b>座長：実証試験セクター長 大久保 一宏</b>
11:00~11:25	都産技研におけるJNLA登録試験 (鉄鋼・非鉄金属分野：金属材料引張試験)	実証試験セクター 櫻庭 健一郎 53
11:25~11:40	JCSS直流抵抗器校正における品質の維持・管理への取り組み	実証試験セクター 倉持 幸佑 54
11:40~11:55	直流電圧校正の不確かさ評価	技術経営支援室 水野 裕正 55
11:55~12:10	世界に通用するトレーサビリティの確立した精密校正システムの開発	MTAジャパン株式会社 沼知 朋之 56
13:20~13:35	高放射材の分光放射率角度依存性評価	光音技術グループ 中島 敬晴 57
13:35~13:50	熱拡散率測定の信頼性及び黒化処理の影響	実証試験セクター 沼尻 治彦 58
13:50~14:05	遮材誘電形エアフィルタ (CMEA) の開発	株式会社MITOMI 吉野 和男 59
	<b>環境・省エネルギー</b>	<b>座長：高度分析開発セクター長 上野 博志</b>
14:20~14:35	古紙からのバイオエタノール生産	神奈川県産業技術センター 廣川 隆彦 63
14:35~14:50	水素エネルギー材料の表面高機能化処理	電気通信大学 田村 元紀 64
14:50~15:05	超臨界法によるバイオディーゼル燃料の実用化開発	創イノベーション株式会社 高橋 収 65
15:05~15:20	室内照明で機能する光触媒の研究	千葉県産業技術研究所 吉田 浩之 66
15:20~15:35	再生ポリプロピレン材料の耐候性評価	一般財団法人化学研究評価機構 高分子試験・評価センター 佐藤 圭祐 67
<b>研修室244</b>	<b>ものづくり基盤技術</b>	<b>座長：開発第一部長 三尾 淳</b>
11:00~11:10	ものづくり基盤技術分野の取り組み	開発第一部 三尾 淳
11:10~11:25	ほうろくの不具合の評価方法について	環境技術グループ 吉野 徹 71
11:25~11:40	ポリマーナノコンポジット作製への取り組み	材料技術グループ 安田 健一 72
11:40~11:55	e-テキスタイルの燃料電池部材への応用	表面技術グループ 峯 英一 73
11:55~12:10	大電流パルススパッタ膜の成膜技術の開発	表面技術グループ 寺西 義一 74
12:10~12:25	全固体電池用マイクロ構造セラミックスの製造技術開発	機械技術グループ 藤巻 研吾 75
13:20~13:35	金属間化合物の寸法制御によるマグネシウム焼結合金の高強度・高延性化	機械技術グループ 岩岡 拓 76
13:35~13:50	元素添加による異材摩擦接合界面での金属間化合物厚さの抑制	機械技術グループ 青沼 昌幸 77
	<b>ものづくり基盤技術</b>	<b>座長：電子・機械グループ長 阿保 友二郎</b>
14:20~14:35	近赤外分光法を用いた光学活性医薬品の識別	材料技術グループ 藤巻 康人 78
14:35~14:50	高剛性サンドイッチコアの開発	電子・機械グループ 高橋 俊也 79
14:50~15:05	耐熱CFRP製サンドイッチパネルの特性評価	明星大学 小山 昌志 80
15:05~15:20	ポリカーボネートをマトリックス樹脂とした炭素繊維強化複合材料の力学特性向上	埼玉県産業技術総合センター 小熊 広之 81

デザイン支援室	ロボット/メカトロニクス	座長：ロボット企画グループ長 竹内 由美子
11:10~11:25	都産技研のロボット開発事業の紹介	ロボット開発センター 坂下 和広 85
11:25~11:40	小型移動検査ロボットDIR-3（インフラ点検など狭隙部を検査する技術）	国立研究開発法人産業技術総合研究所 神村 明哉 86
11:40~12:10	人の水上活動を支援するロボティックビークルの研究開発	首都大学東京 武居 直行 87
ロボット/メカトロニクス		座長：ロボット開発センター長 坂下 和広
13:20~13:35	接地点の切換えを考慮したヘビ型ロボットの多様な運動制御	電気通信大学 田中 基康 88
13:35~14:05	RTMを活用した課題解決型ロボティクスの提案	芝浦工業大学 松日 崇 信人 89
14:20~14:50	千葉工業大学未来ロボット技術研究センターのロボット開発	千葉工業大学 平井 成興 90
14:50~15:05	産学公金連携による「おもてなしロボット」の開発	ヤマグチロボット研究所 山口 仁一 91

## 6月26日（金曜日）

講堂	基調講演	株式会社海外需要開拓支援機構 代表取締役社長 太田 伸之 氏
10:00~10:50	日本をブランディングする ~性能と価格とは別の価値を考える~	

会議室531	東京オリンピック・パラリンピックに向けたクールジャパン	座長：墨田支所長 大泉 幸乃
13:20~14:05	【特別講演】現状に甘んじないモノづくり	株式会社オビツ製作所 代表取締役 尾畑 充代 氏
14:05~14:35	生活技術開発センターの活用状況	墨田支所 大泉 幸乃 95
14:35~14:50	長野県工業技術総合センターにおける人間生活関連技術支援事例の紹介	長野県工業技術総合センター 北野 哲彦 96
14:50~15:05	岐阜県における木工産業への技術支援	岐阜県生活技術研究所 長谷川 良一 97
15:05~15:20	子供の学習姿勢に関する研究を基に開発した製品の事例紹介	福岡県工業技術センター 友延 憲幸 98
15:20~15:35	富山県生活工学研究所におけるスポーツ分野の取り組み	富山県工業技術センター 浦上 晃 99

研修室241	バイオ応用	座長：バイオ応用技術グループ長 櫻井 昇
11:00~11:10	バイオ応用分野への取り組み	バイオ応用技術グループ 櫻井 昇
11:10~11:25	ESR・放射線照射法によるスーパーオキシドアニオン及びOHラジカル消去能の評価	バイオ応用技術グループ 中川 清子 103
11:25~11:40	ゲル状配向コラーゲン線維束の開発 -人工腱マトリクス創成に向けた基盤技術-	バイオ応用技術グループ 畑山 博哉 104
11:40~11:55	蛍光イムノクロマトリーダの高感度化	株式会社ティ・エフ・ティ 村井 弘道 105
11:55~12:10	血中脂肪を測る高感度分光器	国立研究開発法人産業技術総合研究所 古川 祐光 106
13:20~13:35	酵素サイクリング法を用いたホルムアルデヒド高感度センサーの開発	バイオ応用技術グループ 瀧本 悠貴 107
13:35~13:50	市販の銀含有創傷被覆材の抗菌性と細胞毒性のin vitro評価	バイオ応用技術グループ 柚木 俊二 108
13:50~14:05	熱ルミネッセンス(TL)法による照射食品の検知 -ドロマイト(標準鉱物)を用いた校正照射の課題と標準化の試み-	バイオ応用技術グループ 関口 正之 109

研修室242	ロボット/メカトロニクス	座長：光音技術グループ長 岩永 敏秀
11:10~11:40	おもてなしのコミュニティ・セントリック・システム構築のためのソーシャルロボティクスとソーシャルビッグデータ	首都大学東京 山口 亨 113
11:40~12:10	スマートフォン運動型ロボットパートナー	首都大学東京 久保田 直行 114
ロボット/メカトロニクス		座長：ロボット開発センター長 坂下 和広
13:10~13:20	メカトロニクス分野の取り組み	ロボット開発センター 坂下 和広
13:20~13:35	1mmの変位量を有する静電アクチュエータの試作	城東支所 長谷川 孝 115
13:35~13:50	運搬ロボットの研究開発	ロボット開発センター 益田 俊樹 116
13:50~14:05	USBを用いた機械制御システムのための低コストな安全技術	ロボット開発センター 村上 真之 117
14:20~14:35	都産技研のロボット開発事業の紹介	ロボット開発センター 坂下 和広 85
14:35~14:50	人位置・姿勢検出と音声対話によるユーザー対移動ロボット間インタラクション・システムの試作開発	ロボット開発センター 佐々木 智典 118
14:50~15:05	移動作業型ロボットのリスクアセスメント	ロボット開発センター 森田 裕介 119
15:05~15:20	ロボットにおいてデザインが機能するもの	VECTOR株式会社 小山 久枝 120
15:20~15:35	T型ロボットベース(TYPEⅢ)事業化のための量産設計	株式会社システムクラフト 前田 政昭 121

研修室243	ナノテクノロジー	座長：材料技術グループ長 清水 研一
11:00~11:10	ナノテクノロジー分野の取り組み	材料技術グループ 清水 研一
11:10~11:25	新規細分化法によるナノ粒子の作製	高度分析開発センター 川口 雅弘 125
11:25~11:40	種々のグラフェン粒子の水分散液の作成と粒度分布の評価に関する検討	材料技術グループ 柳 捷凡 126
11:40~11:55	第一原理計算による電子状態解析	電子半導体技術グループ 太田 優一 127
11:55~12:10	ワイドギャップ半導体窒化ホウ素における不純物添加効果	電子半導体技術グループ 太田 優一 128
13:20~13:35	ナノフォトリクスを応用した微量物質検知技術(技術紹介)	電子半導体技術グループ 加澤 幸樹 129
13:35~13:50	水素含有DLC膜の表面性状制御による低摩擦化	城東支所 徳田 祐樹 130
13:50~14:05	粉末処理前後における <sup>13</sup> C-DLCの構造変化	高度分析開発センター 川口 雅弘 131
環境・省エネルギー		座長：繊維・化学グループ長 谷口 昌平
14:20~14:35	TiO <sub>2</sub> /WO <sub>3</sub> 複合量子ドットにおける光触媒活性の向上	材料技術グループ 渡辺 洋人 135
14:35~14:50	促進耐熱(光)性試験と発光計測による劣化評価	繊維・化学グループ 杉森 博和 136
14:50~15:05	汚染ガスと光による複合試験	繊維・化学グループ 岡田 明子 137
15:05~15:20	分光応答度測定装置の概要と活用例	光音技術グループ 中田 修 138
15:20~15:35	環境低負荷型めっき浴	繊維・化学グループ 水元 和成 139
15:35~15:50	微生物製剤の木材青変菌用防カビ剤への適用	環境技術グループ 飯田 孝彦 140

研修室244	少子高齢・福祉/震災復興支援技術	座長：開発第二部長 木下 稔夫
11:10~11:40	原発事故からの農業と林業分野での復興支援 -汚染水処理への取り組み-	首都大学東京 吉田 博久 143
11:40~12:10	高齢者の自立した日常生活を支援する、立ち上がり・歩行システムの開発	首都大学東京 新田 收 144
少子高齢・福祉/震災復興支援技術		座長：城東支所長 樋口 明久
13:10~13:20	少子高齢・福祉/震災復興支援技術分野の取り組み	城東支所 樋口 明久
13:20~13:35	電力変動からの操作機器推定アルゴリズム	ロボット開発センター 武田 有志 145
13:35~13:50	木材-ボルト接合における締付け時の座金めり込み降伏荷重の算定	城東支所 松原 独歩 146
13:50~14:05	間仕切壁の遮音性能向上手法	光音技術グループ 渡辺 茂幸 147
14:20~14:35	震災で発生した廃木材の塩素濃度簡易自動測定装置の開発	環境技術グループ 安藤 恵理 148
14:35~14:50	横編機を用いた無縫製かつらベースの開発	繊維・化学グループ 唐木 昌太 149
14:50~15:05	歩行型腰部承らかダミーを用いた衣服圧測定方法の確立	生活技術開発センター 菅谷 益子 150
15:05~15:20	情報技術に基づく災害発生時対応支援用具の開発	生活技術開発センター 加藤 貴司 151
15:20~15:35	林業作業における先進工具の活用	公益財団法人東京都農林水産振興財団 中村 健一 152
15:35~15:50	日本の独自規格のトレーラーハウスの開発	東京都農林総合研究センター 首藤 真 153

デザイン支援室	品質強化	座長：交流連携室長 山本 智雄
11:10~11:25	高感度グロー放電質量分析(GD-MS)による軽金属材料中の極微量成分の迅速定量	城南支所 山田 健太郎 157
11:25~11:40	仮想三次元測定(VCM)を用いた不確かさ算出の検討	城南支所 樋口 英一 158
11:40~11:55	マグネシウム材料中微量元素定量法に関するJIS及びISO標準化	城南支所 上本 久久 159
11:55~12:10	城南支所におけるX線CTへの取り組みについて	城南支所 竹澤 勉 160
システムデザイン		座長：システムデザインセンター長 薬師寺 千尋
13:10~13:20	システムデザイン分野の取り組み	システムデザインセンター 薬師寺 千尋
13:20~13:35	構造解析を利用したコンセプトデザイン	システムデザインセンター 上野 明也 163
13:35~13:50	粉末焼結型AM技術におけるそのりの補正と制御	システムデザインセンター 山内 友貴 164
13:50~14:05	塗装による光硬化性樹脂AM(3Dプリンタ)モデルへの意匠性付与	表面技術グループ 小野澤 明良 165
14:20~14:35	めっきによるナイロン樹脂AM(3Dプリンタ)モデルへの意匠性付与	表面技術グループ 竹村 昌太 166
14:35~14:50	動吸振器の3Dプリンタを用いた設計	電子・機械グループ 岩田 雄介 167
14:50~15:05	粉末焼結型AM装置による造形品の異方性緩和手法の提案	城東支所 木暮 尊志 168
15:05~15:20	生活技術開発センターのカラー-Additive Manufacturing(AM)活用手法	生活技術開発センター 島田 茂伸 169
15:20~15:35	溶融積層造形装置による技術支援と今後の可能性	城南支所 豊島 克久 170
15:35~15:50	東京オリンピック2020のスタッフ用モビリティのデザイン開発(おもてなしモビリティ in 東京オリンピック2020)	産業技術大学院大学 小山 登 171

**6月25日(木)**

**会議室531**

**情報技術**

## スポーツ用義足の研究開発とアスリート支援

○保原 浩明 <sup>\*1)</sup>

### ■キーワード バイオメカニクス、パラリンピック、義足、陸上競技

1. ヒト身体運動を分析する「バイオメカニクス」
2. 未だ謎が多いスポーツ用義足の研究開発を通じた義足アスリート支援策
3. 2020年東京パラリンピックへの貢献

### ■背景

- ・パラリンピック（陸上競技）における義足アスリートの国際競技力向上は、喫緊の課題である
- ・スポーツ用義足に関して耳にする多くの「わからない」と「情報の錯綜」
- ・科学的エビデンスに基づいた義足の選定、使用方法、トレーニング方法の必要性が叫ばれている

### ■取り組んでいる内容

- ・個人の特性にマッチした義足の選定、使用方法及びトレーニング方法の提案・唱導

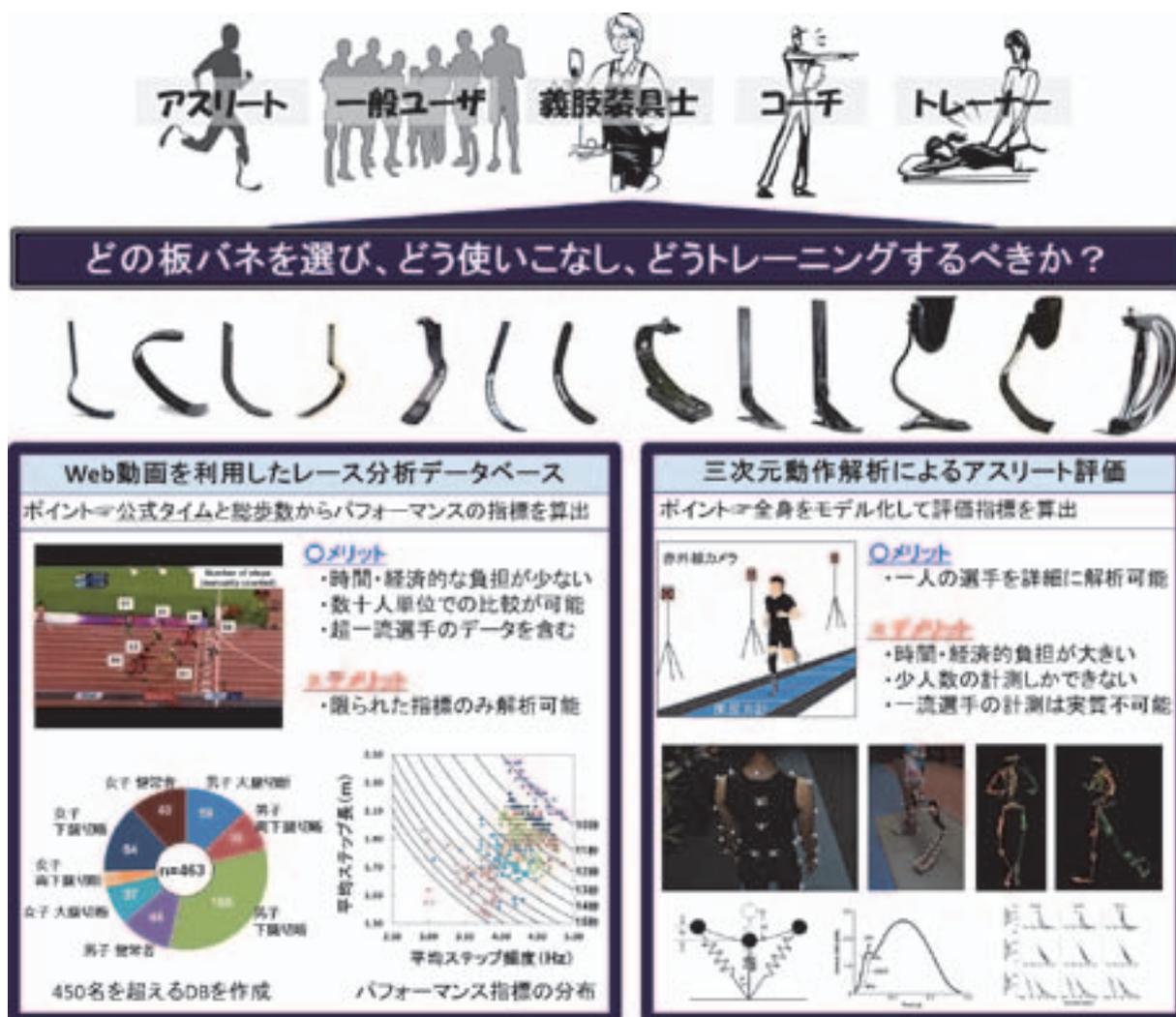


図 1. 産業技術総合研究所人間情報研究部門における研究の概略図

### ■まとめ

- ・データベース及び三次元動作解析を組み合わせたバイオメカニクス研究が進行中
- ・個人特性と既存製品の特徴を考慮してスポーツ用義足を処方することが実現しうる
- ・得られた情報はユーザだけでなく医科学支援スタッフと共有し、アスリートを支援する

\*1) 国立研究開発法人産業技術総合研究所

## 確率的モデリングによるビッグデータ活用

○櫻井 瑛一<sup>\*1)</sup> 本村 陽一<sup>\*1)</sup>

### ■キーワード ビッグデータ活用、確率的機械学習

1. PLSA によるデータのクラスタリング技術紹介
2. Bayesian Network によるデータ解析技術紹介
3. 両者を組み合わせることによるクラスタ意味解析

### ■概要

インターネットの発展とともにデータを収集し、データを生成している人間の行動を理解しようという試みがなされてきた。こうして始まったビッグデータ活用の流れは、データを中心とした分析の重要性を明らかにし、分析の背景技術としての機械学習手法研究の推進を後押ししてきた。この機械学習の中でも確率を基礎とする手法は、人の行動の多様さもあって、実際のデータによく適合するため、文書分類をはじめとした多くの分野への適用と手法の大きな発展を遂げてきた。

本発表では、この確率的手法の中でも潜在的確率意味解析（以下、PLSA とする）と Bayesian Network（以下、BN とする）の紹介とこれらをインターネット上のデータではない実際のデータへの適用により、インターネットのビッグデータだけでなく、現実社会のデータに対しても確率的モデリングは非常に有用であることを示す。

### ■技術概説

#### (1) 潜在的確率意味解析 (PLSA)<sup>[1]</sup>

PLSA とは、大量の文章の分類を行う一手法である。この手法では、文書内の単語が出現する確率がその話のテーマによって変化する、という確率的モデルを考え分類を行う。図1がそのモデルの概略図である。

この手法自体は、文書分類のみならず、アンケートデータや購買データなどの文書以外のデータでも適用可能であり、回答や購買行動の典型的傾向が似た人を分類することが可能となる。

#### (2) Bayesian Network (BN)<sup>[2]</sup>

ある条件の下 (X) でのある現象 (Y) が生じる確率を条件付確率と呼ぶ。この、条件付確率では Y という状況に X が及ぼす、と解釈ができるため、 $X \rightarrow Y$  と矢印を張ることにより、因果構造を示すことができる。

この矢印のネットワークによって表現されるグラフが BN である（図 2）。

#### (3) 両者の組み合わせによる、データのクラスタリングと意味解析<sup>[3]</sup>

PLSA による分類は、人の潜在的傾向をあらわにすることが可能であるが、各々の分類が何を特徴としているかは実データの場合分かりにくい場合が多い。そこで、因果関係を表す BN と PLSA による分類結果を組み合わせることで、PLSA による分類の説明モデルが作成できることを本発表では示す。そして、その分類モデルがどのような企業の課題解決に役立ったかを示す。

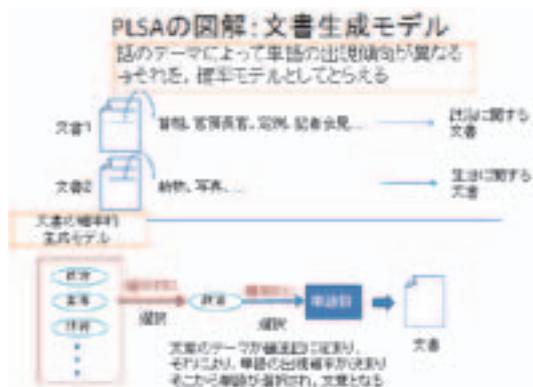


図 1. PLSA 概説図

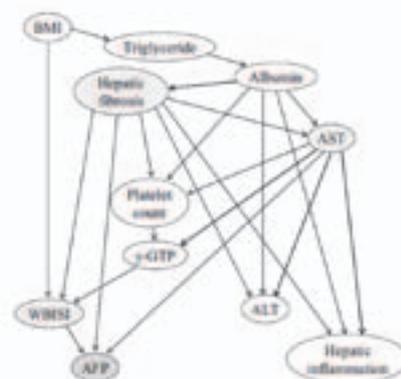


図 2. BN の例

### 参考文献

- [1] T. Hoffman, Machine Learning, Vol.42, pp.289-296 (1999)
- [2] J. Pearl, In Proceedings of Cognitive Science Society, pp.329-334 (1985)
- [3] 石垣等, 人工知能学会全国大会, 3J1-NFC1a-2 (2010)

\*1) 国立研究開発法人産業技術総合研究所

## 情報ハイディング技術を応用した防災通報システムの開発

○小嶋 徹也<sup>\*1)</sup>

■キーワード 情報ハイディング、完全相補系列系、防災通報システム、サイレン

1. 情報ハイディング技術を応用した新しい防災通報システムを開発
2. サイレン音に災害情報を埋め込み、スピーカから音声を放送するだけで情報を伝達
3. タブレットや携帯端末などで視覚的に情報を確認することが可能

## ■はじめに

情報ハイディング技術は、画像、音声、動画などのデジタルコンテンツに人間が知覚できないような形式で別のデータを埋め込む技術であり、著作権保護や不正コピー防止などの目的で利用されている。本研究では、情報ハイディング技術を用いて災害などの情報をサイレン音に埋め込み、電波による無線通信を用いず、スピーカからサイレン音を放送するだけで情報伝達が可能なシステムを開発する。本システムでは、携帯端末やタブレットなどで放送されたサイレン音を受信するだけで、文字や画像などの形式で視覚的に災害情報を確認することが可能である。本報告では、提案システムのための要素技術開発と屋内施設において行った実験結果などを報告する。

## ■検討内容

## (1) 提案方式の特徴

提案方式では、理想的な相関特性を持つスペクトル拡散系列の集合である完全相補系列系<sup>[1]</sup>を用いた情報ハイディング技術をサイレン音に応用する。本研究で開発するものは、送信側で災害情報を音響信号に埋め込むためのソフトウェアと、携帯端末上で動作する受信アプリケーションのみであり、従来の防災無線システムのインフラをそのまま利用することができる。また、視覚的に情報を伝達するため、従来よりも正確な情報伝達が可能である上、耳が不自由な方でも同時かつ正確に緊急通報を受け取ることが可能となる。

## (2) 開発結果

本研究では、サイレン音の周波数帯域に符号化した災害情報を埋め込む方式を採用した。そのため、実際に使用するスピーカとマイクロフォンの周波数特性を測定し、信号が極力減衰しない帯域に情報を埋め込むこととした。また、埋め込まれた情報の電力を決めるパラメータである埋め込み強度を調整し、情報埋め込み後の音が劣化せず、かつ情報抽出精度を高く保つことができる値に設定した。実際に放送するサイレン音としては、規制のサイレン音の特定の帯域に情報を埋め込んで作成した音響信号（ステゴサイレン音）に加え、原音声を用いず、埋め込み信号のみで擬似的にサイレン音に類似した信号（擬似サイレン音）を作成した<sup>[2]</sup>。これら双方を用いて屋内における情報伝達実験を行った結果、ステゴサイレン音の方が高い情報抽出精度を持つことが判明した。

さらに、誤り訂正符号を導入することも検討し、この場合のビット誤り率特性などについても検討した他、Android 端末上で動作する受信アプリケーションも開発した。

避難所を想定した体育館における情報伝達実験においては、スピーカとマイクロフォンの距離を 18m 程に設定し、128 ビットの情報を誤り率 10% 以下で伝達することに成功した。この結果は、適切な誤り訂正符号を導入することで、十分に誤りのない情報伝達が可能であることを示唆している。

## ■まとめ

完全相補系列系に基づく情報ハイディング方式を応用した防災通報システムを開発した。避難所や仮設住宅を想定した体育館での情報伝達実験を通し、音声によるアナログ通信のみで文字によるデジタルデータの情報通信が低い誤り率で実現可能であることを示した。

## 参考文献

- [1] 末広直樹, 電子通信学会誌, Vol. J65-A, No.12, pp.1247-1253 (1982)  
 [2] T. Kojima, *et al.*, Proc. of ISITA2014, Melbourne, Australia, pp.45-49 (2014)

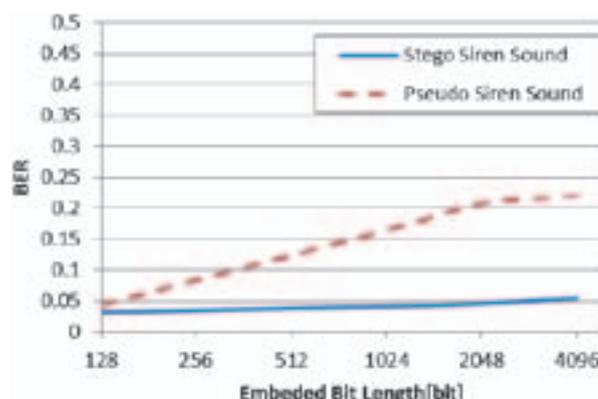


図 1. ビット誤り率特性

\*1) 東京工業高等専門学校

## 東京理科大学のソフトウェア/アルゴリズムベース・テクノロジーのご紹介

○鶴澤 真治 \*1)

■キーワード アルゴリズム、画像解析、カオス、機械学習、ソフトウェア

1. 「腸の複雑な蠕動運動を立体的に可視化する解析技術」  
諏訪東京理科大学 田邊 造 准教授テーマ
2. 「非線形動力論を用いたガスタービンエンジンの希薄吹き消え検知技術の開発」  
東京理科大学 工学部第一部機械工学科 後藤田 浩 准教授テーマ
3. 「運転時の視線および走行データを用いた散漫運転を検知するための動的推定法の研究」  
東京理科大学 理工学部経営工学科 西山 裕之 准教授テーマ

## ■はじめに

発表者は東京理科大学において URA として活動に従事しているが、ソフトウェア/アルゴリズムをベースとするシーズが学外機関と共同研究等につながるケースは少ない。一方、データベース解析、画像解析などを中心に企業から技術相談を受けるケースは増加しつつあるが、企業側では大学との連携を模索する際、学部・学科単位、技術領域単位での情報収集にとどまらざるを得ないことも、共同研究に結びつきにくい要因と考えられる。

本発表では、これらのニーズの高まりを認識した上で、東京理科大学のソフトウェア/アルゴリズムベースの技術のエッセンスを一種のカタログ的な見地でまとめ、より広い産学公連携の糸口となることを目的とする。

## ■研究概要と取り組み内容など

## (1) 「腸の複雑な蠕動運動を立体的に可視化する解析技術」

(諏訪東京理科大学 田邊 造 准教授テーマ)

近年、さまざまな場面でデジタル動画が活用されている。生命・医療の分野においては「腸壁の動き」(蠕動運動)が健康に密接な関係があることが分かっているが、現在は、医師が画像を目視し蠕動運動の回数を測るなどしている。本研究では、パソコンを用いて、複雑な腸の動きを高精度に追従・解析することを目的としたアルゴリズム及びアプリケーションを開発している。実装では、リアルタイム処理、ピクセル単位での変動追跡を行う。

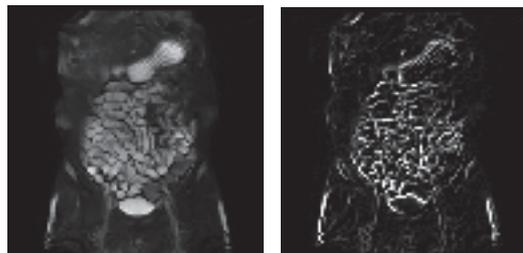


図1. 画像(左)からエッジを抽出し(右)解析

## (2) 「非線形動力論を用いたガスタービンエンジンの希薄吹き消え検知技術の開発」

(東京理科大学 工学部第一部機械工学科 後藤田 浩 准教授テーマ)

排ガスの低エミッション化に対応するガスタービンを開発する際、吹き消え、振動燃焼など燃焼不安定の発生が最大の課題となっている。本研究では、線形アプローチでは推定の難しい、吹き消えの発生を非線形動力論を用いてリアルタイムで検知し、制御をするための技術を報告する。

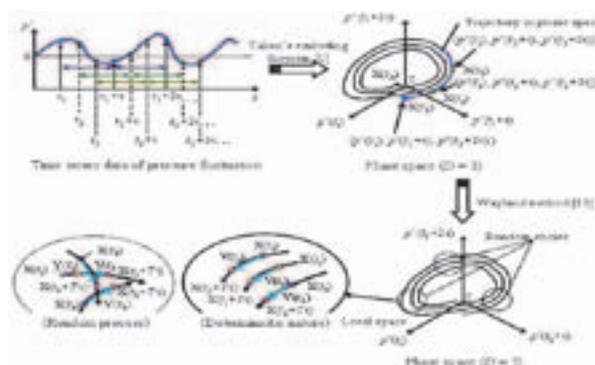


図2. カオスによる解析

## (3) 「運転時の視線および走行データを用いた散漫運転を検知するための動的推定法の研究」

(東京理科大学 理工学部経営工学科 西山 裕之 准教授テーマ)

自動車運転時に事故原因の要因として「散漫運転」が問題となっている。「散漫運転」はさまざまな要因から引き起こされるため、眼球運動データ、運転データ、位置データなど大量のデータから、視線と走行の特徴を抽出し、学習ルールを生成することにより機械学習による推定を図る。

\*1) 東京理科大学 研究戦略・産学連携センター

**6月25日(木)**

**会議室531**

**先端ものづくり**

## 先端計測加工ラボでの海外展開支援

○上本 道久<sup>\*1)</sup>

■キーワード 欧州展開支援、航空機産業、医工連携産業、研究開発型ものづくり

1. 労働集約型から**研究開発型のものづくり**への転換
2. **航空機関連製品と医療機器**、高度な信頼性と厳しい認証を満たす技術を追求
3. **リバースエンジニアリングと安全性評価**による高度技術支援

## ■背景

工業活動の盛んな城南地域の中でも、大田区は特に中小企業の海外への進出に意欲的な地域である。2006年にアジア（タイ）にテクノパークを開設して実績を残しているが、2014年よりスイスやドイツの地方行政機関と連携してハイエンドな企業の進出準備を進めている。この欧州進出に向けた活動は、現在の下請け形態が多い労働集約型ものづくりからの脱却を目指して、研究開発を伴う付加価値の高い産業への変換を模索したものと見える。

本地域での技術支援として城南支所は、「航空機産業」「医工連携産業」「欧州展開」を支援のキーワードとした先端計測加工ラボを2014年に開設した。航空機産業及び医工連携産業は、安定したニーズと高収益をもたらすものづくり分野として全国的に推進の動きが見られる。しかし両分野とも認証を伴う高い信頼性が要求され、特に前者では欧米の専門機関による認証が不可欠である。標準規格や認証についての情報、それらの持つ技術的要求水準についても知見が必要とされる。

## ■先端計測加工ラボの機能と役割

## (1) リバースエンジニアリング

既存製品から改良試作品を作るとき、製品に寸法設計図のない場合がある。製品の寸法計測より製造方法を調査して試作を行う一連のプロセス（リバースエンジニアリング）を先端計測加工ラボの機能の一つとした。製品が設計図通り正しく出来上がっているかを確認するためにも製品の寸法計測は重要である。

寸法計測については、接触式三次元座標測定機をはじめ、レーザーを用いた非接触式三次元寸法測定機、三次元デジタイザ、X線CTシステムを配備した。複雑形状を有する製品や内部寸法の計測も可能で、上記装置を包括的に使用して計測する。

測定した寸法データは処理した上で、三次元造型装置（AM）を用いて試作を行う。先端計測加工ラボでは、熔融積層造形装置、光造形装置、レーザー加工機を配備した。それぞれ、航空・医療機器用に認証された樹脂を使った造形、半透明で内部可視の造形、金属やセラミックスなどの微細加工による造形に対応している。

## (2) 製品の特性評価

航空機・医工連携産業で用いられる製品に高い安全性が要求されるのは当然であるが、特に医療機器は、体内埋め込みなども想定されるため、溶出評価や局所の材料評価など、製品の化学的特性を極限まで調べることも必要である。先端計測加工ラボでは、グロー放電（GD）、ICP、熱分解ガスクロをイオン源とする質量分析装置を配備した。それぞれ、高純度金属中不純物評価、極微量溶出解析・局所分析、有機系異物分析に対応する。

先端計測加工ラボとして全部で24機種が指定されており、良好に稼働中である。



図1. 非接触式三次元寸法測定機



図2. 三次元レーザー加工機



図3. 二重収束型 ICP 質量分析装置

## ■今後の展開

先端計測加工ラボでの計測加工を通じた海外展開の成功事例を作ることが先決と考えている。まずは、市場性のある製品を既すでに有して、欧州への進出を検討している企業に対して、ニーズに見合った技術データを提供し、企業と併走しながら進出をサポートしていきたい。

\*1) 城南支所

## 航空機・高所環境をシミュレートする減圧恒温槽

○三上 和正<sup>\*1)</sup>、大久保 富彦<sup>\*1)</sup>、石井 清一<sup>\*1)</sup>

■キーワード 航空機、高山都市、輸送、減圧、低温、高度、複合試験、絶縁耐圧、放熱効率、液漏れ

1. 減圧環境、高所環境における環境試験
2. 減圧環境が供試品に及ぼす影響（不具合）と減圧恒温槽の性能
3. 減圧環境試験の規格と主な試験条件

## ■減圧環境試験装置の必要性

- ・中小企業による航空機産業への参入に伴い、航空機搭載機器の開発や評価には不可欠な装置である
- ・携帯機器等の情報端末を含む電子機器の利用が高所都市にも拡大し、信頼性の確認が求められている
- ・航空機による物流が増加し、貨物室等の気圧変化や温度変化のシミュレーションが必要である
- ・IEC等の国際規格により、減圧環境及び温度複合環境試験が規定され、その対応が急務である

## ■減圧環境と装置の主な仕様

## (1) 減圧環境と高度

電子機器や機構部品、構成材料等は、低温や高温あるいは減圧環境での稼働や保存により、物理的な障害となることが想定される。海拔高度と気圧の関係を表1に示した。高所環境においては、気圧低下と共に気温も低下し、特に航空機は $-40^{\circ}\text{C}$ 以下にもなる空間を飛行している。また近年、高所都市等（例：ラパス 海拔 4,071m）でも、各種電子機器が多用されている。

表1. 高度と気圧（参考：JIS W0202）

海拔高度 [m]	気圧 [kPa]	参考例
20,000	5.5	軍用機
15,000	12.0	民間機
10,000	26.4	旅客機
8,000	35.6	ヒマラヤ山脈
4,000	61.6	富士山
2,000	79.5	メキシコシティ
1,000	89.9	軽井沢

## (2) 減圧環境による影響例

- ①常圧封止した機器からのガスや液体の漏れ  
（液晶表示の品位低下、電解コンデンサ等）
- ②高電圧回路の機能低下や絶縁不良  
（高圧トランスの発煙、ストロボの発光不良、放電異常等）
- ③放熱効率の減少、冷却効果の低下  
（CPUの冷却不良、パワーデバイスの温度上昇、局部加熱等）
- ④材料の性質変化  
（可塑剤の気化、潤滑剤の蒸発等）



図1. 減圧恒温槽（2台）

## (3) 減圧恒温槽の概要

実証試験セクターに、内寸約1m角の減圧恒温槽を2台配置した。それらは、航空機等で受ける急な温度変化や圧カストレスを模擬でき、各種の温度・減圧環境における機器・部品の動作確認や耐久性の評価が可能である。図1に減圧恒温槽の写真を、表2に主な仕様を示す。

表2. 主な仕様（MZT-11H-H, エスペック（株）製）

槽内寸法	W1000 × H1000 × D1000 [mm]
圧力設定範囲	93.3kPa ~ 1.1kPa
圧力降下時間	大気圧から1.1kPaまで約20分
温度設定範囲	$-70^{\circ}\text{C}$ ~ $+140^{\circ}\text{C}$ （減圧運転時）
温度降下時間	$+20^{\circ}\text{C}$ ~ $-70^{\circ}\text{C}$ まで約60分
オプション	電圧端子（4P × 2）、信号端子（BNC × 3）、棚板

## ■減圧環境試験の種類と対応規格（一例）

## (1) 航空機搭載機器：RTCA/DO-160D(JIS W 0812)

- ①飛行中冷却喪失試験、②高度試験（57.2kPa ~ 4.4kPa）、③減圧試験（最高飛行高度に相当する圧力）
- (2) 減圧試験方法：IEC60068-2-13(JIS C60068-2-13)、（気圧 1kPa ~ 標準大気圧）
- (3) 低温・減圧複合試験方法：IEC60068-2-40(JIS C60068-2-40)、（温度  $-55$  ~  $-25^{\circ}\text{C}$ 、気圧 4kPa ~ 70kPa）
- (4) 高温・減圧複合試験方法：IEC60068-2-41(JIS C60068-2-41)、（温度  $+40$  ~  $+155^{\circ}\text{C}$ 、気圧 4kPa ~ 70kPa）
- (5) 温度高度試験：MIL-STD-810G- 手法 500、（温度  $-62$  ~  $+150^{\circ}\text{C}$ 、気圧 1.1kPa ~ 93.3kPa）
- (6) 航空機 - 電気コネクタ試験：JIS W7114、（低空気圧サイクル、気圧 3.4kPa[23,000m]）
- (7) 他の関連規格例
  - ①自然環境の条件 - 気圧：IEC60721-2-3(JIS C60721-2-3)、②電子・電気部品の試験方法：MIL-STD-202
  - ③航空機関連機器の環境試験方法：MIL-E-5272、④梱包貨物の減圧試験方法：ASTM-D6653

\*1) 実証試験セクター

## 医療用穿刺針の高品質化に関する研究

○落合 一裕<sup>\*1)</sup>、出口 貴久<sup>\*1)</sup>、南部 洋平<sup>\*1)</sup>、山形 龍司<sup>\*2)</sup>、渡部 祐介<sup>\*2)</sup>、小関 義彦<sup>\*3)</sup>

## ■キーワード 電解研磨、穿刺性能、低侵襲性、医療機器

1. 医療用穿刺針の表面品質の向上とスタンダードタイムの短縮に取り組んだ
2. 電解研磨技術を取り入れることで表面品質を向上させた
3. 穿刺針の評価方法を検討し、性能（切れ味）の微小な差の評価が可能になった

## ■はじめに

医療用穿刺針は、開腹手術等で体内の血液や膿などを体外に排出させるドレインチューブを通す穴を開けるために使用する医療機器である。使い捨てで消費本数が多く、手術数の増加で需要が増えている。

現行製品に対して、表面品質をよくしたいという要望があった。また、安価な海外製品に対抗するためにスタンダードタイム（1個あたりの生産時間）を短縮し、低コストで製造する必要があった。

本研究では、電解研磨を用いて穿刺針の表面品質の向上とスタンダードタイム短縮に取り組み、新しい加工方法に関する検討を行った。また、穿刺性能を定量的に評価するための評価方法の検討を行った。

## ■研究内容

## (1) 研究内容

- 1) 電解研磨（液組成、条件）の検討は、穿刺針に使用されている材料に近い SUS304 板で行った。穿刺針の表面品質の要望により、目標は光沢度 250 以上とした。そして達成した条件を SUS303 製の穿刺針の電解研磨に適用した。電解研磨実験装置の概要を図 1 に示す。

電解条件は、表面品質がよくなり板厚減量が小さい電解条件を探索した。板厚減量つまり電解研磨による除去量が大きいと、穿刺針へ適用した場合に、刃先も鈍化が進行し穿刺性能が大幅に低下することが推測された。刃先へのダメージを最低限に抑えるために、できるだけ除去量が小さく、光沢度を高くできるような条件を目指した。

電解液は、著者らがこれまでに SUS304 板に対して顕著な研磨効果を確認している、水-エチレングリコール-クエン酸-塩化ナトリウム溶液をベースに検討を行った。実験では、①電解液の塩化物の種類と濃度 ②電解液の温度 ③電解時間について検討を行った。

- 2) 穿刺針の性能評価は、穿刺性能を定量的に評価するために万能材料試験機（AG-100KNI、（株）島津製作所製）を用いて穿刺針が材料を貫通する際の荷重を測定した。性能の微小な差を評価できるように、貫通させる材料や測定条件の検討を行った。また、貫通後の材料の切り口を観察し、形状や切れ方について評価を行った。

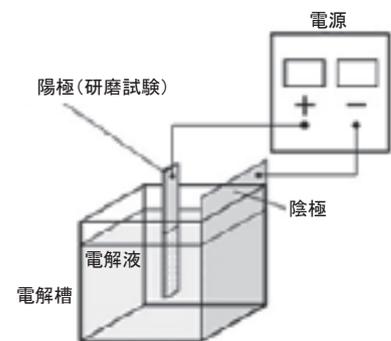


図 1. 電解研磨実験装置

## (2) 結果・考察

エチレングリコール系電解液中の塩化物の濃度が高くなるにつれて、少ない除去量で得られる光沢度の値が高くなった。そして、塩化物の種類、液温度、電解時間の検討により、ピット等の不良の発生を抑え、電解時間 1 分で光沢度 250 以上となる条件が得られた。電解研磨した穿刺針を図 2 に示す。

電解研磨を行った穿刺針と現行製品の性能比較評価を行い、材料貫通時の荷重値や材料の切り口の状態など、現行製品と同等の切れ味を保持していることを確認した。



図 2. 電解研磨した穿刺針

## ■まとめ

SUS304 板についてエチレングリコール系電解液を用いて電解研磨し、除去量を抑えかつ良好な表面品質が得られる液組成、条件を見出した。本組成、条件を SUS303 製穿刺針へ適用し良好な結果を得た。

電解研磨した穿刺針の性能を、貫通時の穿刺荷重や材料の切り口で評価し、現行製品と比べて穿刺性能を低下させずに光沢度 250 相当の穿刺針を得た。

## 参考文献

[1] 出口，河西，埼玉県産業技術総合センター研究報告，第 9 号，p.65（2011）

\*1) 埼玉県産業技術総合センター、\*2) 有限会社テクニカルアーツ、\*3) 国立研究開発法人産業技術総合研究所

## 電子線描画装置を用いたナノインプリント金型の検討

○安井 学<sup>\*1)</sup>

## ■キーワード 電子線描画装置、ナノインプリント金型、Ni-W めっき

1. ネガ型フォトリソレジストであるSU-8に電子線描画を行った
2. 露光時間とSU-8パターン形状の関係を検討した
3. 480nm周期のSU-8パターンに対してめっきによるNi-Wパターンの形成に成功した

## ■はじめに

航空機産業は今後の成長分野と期待されている。特に、各種センサと組み合わせた無人航空機は幅広い応用先が考えられている<sup>[1]</sup>。そして、センサにデジタルカメラが使われる場合が多い。デジタルカメラの利用において、逆光などの影響を抑制できるカメラ用光学フィルタが有効である。従来の光学フィルタには光学薄膜などが使われているが、我々は生産性が高く、ナノサイズの微細加工に適したナノインプリントに注目している。そこで、本発表ではTKFパートナーグループを活用して、ナノインプリントの要素技術である金型に対する電子線描画装置を用いた開発事例について報告する。

## ■実験方法と結果

使用したレジストは、SU-8 2000.5 (以下、SU-8 という) である。SU-8 はエポキシ樹脂を主成分とした化学増幅型のネガ型フォトリソレジストである。電子線に対して非常に反応しやすく、残渣が発生しやすいため、厚みを100nmまで薄くして使用した<sup>[2]</sup>。描画したパターンレイアウトは240nm角の正方形を240nm間隔で縦横に配置した形状である。使用した電子線描画装置はエリオニクス製のELS-7000 ((地独) 東京都立産業技術研究センター所有) である。加速電圧は75kV、電流値は $1.0 \times 10^{-11}$ A、露光時間は0.7~0.9  $\mu$ sとした。そして、熱処理温度を63°Cとして1分間行った。

描画したSU-8の実験結果を図1に示す。SU-8のパターン間に残渣は発生しなかった。また、露光時間の増加に伴い、各SU-8パターンの横幅も増加した。しかし、設計値である240nmに対し、各SU-8パターンの横幅は小さかった。

次に露光時間: 0.8 $\mu$ sで描画したSU-8パターンを図2に示す。さらに、SU-8パターンに対してNi-Wめっきを行った結果を図3に示す。480nm周期のNi-Wパターンの形成に成功した。また、構造色の観察から、Ni-Wナノパターンの平坦性は高いと考えられる。

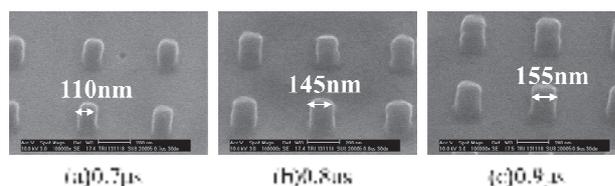


図1. 描画したSU-8の実験結果

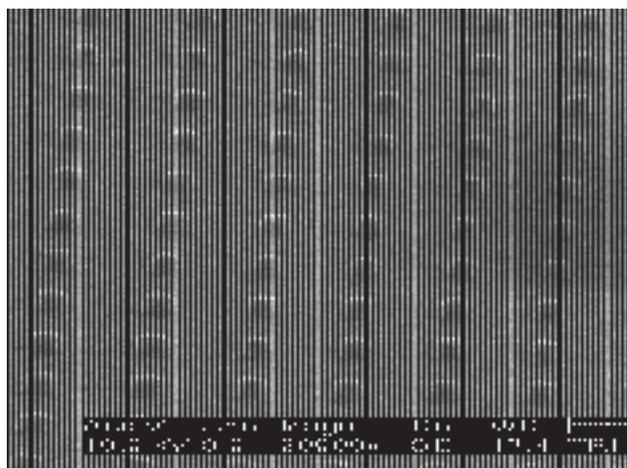


図2. 描画したSU-8の実験結果

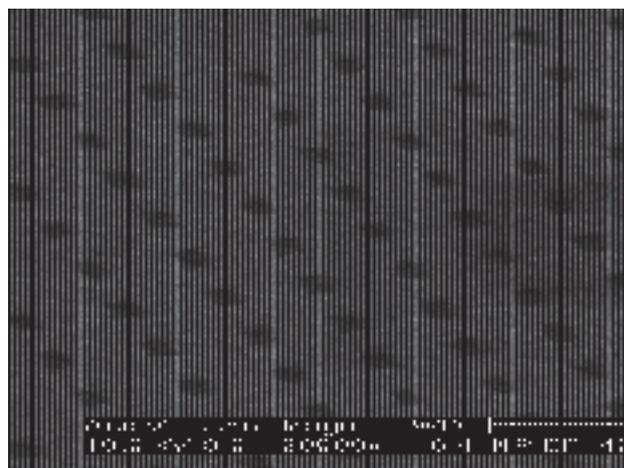


図3. Ni-Wめっきの実験結果

## ■まとめ

SU-8の電子線描画装置により作製したSU-8パターンを原版として、ナノサイズのNi-Wパターンの作製事例を紹介した。今後は、Ni-Wパターン間に残るSU-8を除去する。そして、この金型を用いてガラスや樹脂に微細パターンを転写することにより、光学フィルタの開発を目指す予定である。

## 参考文献

- [1] 丸田哲也, ITソリューションフロンティア, 9月号, p.18 (2012)
- [2] M. Yasui, E. Kazawa, S. Kaneko, R. Takahashi, M. Kurouchi, T. Ozawa, M. Arai, Japanese Journal of Applied Physics, Vol.53, 11RF03 (2014)

\*1) 神奈川県産業技術センター

**6月25日(木)**

**研修室241**

**環境・省エネルギー**

# バナナ繊維を用いた金属イオン捕集材の開発

○梶山 哲人<sup>\*1)</sup>、井上 潤<sup>\*2)</sup>

■キーワード バナナ繊維、シッフ塩基、レアメタル、レアアース、金属イオン捕集材

1. バナナ繊維系金属イオン捕集材の構造解析に成功
2. インジウムイオンを選択的に捕集
3. 廃棄時の減容化が容易

## ■研究の目的

世界中で植物の茎や葉などが大量に廃棄されており、バイオマス資源として有効活用が検討されている。本研究では、収穫物の十倍以上が廃棄されているバナナ葉部に着目し、バナナ繊維表面に金属イオンを捕集する配位子を導入した新規バイオマス系金属イオン捕集材（以下、捕集材という）を合成し、構造解析を行った。また、合成した捕集材の金属イオン捕集能について検討した。

## ■研究内容

### (1) 実験方法

アルカリ処理したバナナ繊維 (BF)<sup>[1]</sup> にメタクリル酸グリシジル (GMA) を導入した BF-g-GMA を合成した<sup>[2]</sup>。GMA 鎖先端に導入したシッフ塩基は、5-プロモサリチルアルデヒドとジエチレントリアミンをエタノール中で反応させて合成した<sup>[3]</sup>。カラムに充填した BF-g-GMA とシッフ塩基の溶液を 24 時間室温で反応させ、図 1 に示す捕集材を得た。レアアースの捕集能評価は、以下の条件で行った。水相はレアアースを  $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$ 、過塩素酸ナトリウムを  $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$ 、MES を  $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$ 、酢酸を  $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$ 、酢酸ナトリウムを  $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$  に調製した。水相  $30 \text{ cm}^3$  に対して捕集材 0.3g を遠心沈殿管に加え、1 時間振とうした。レアメタルの捕集能評価は、以下の条件で行った。水相はレアメタルを  $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$ 、過塩素酸ナトリウムを  $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$ 、酢酸を  $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$  に調製した。水相  $30 \text{ cm}^3$  に対して捕集材 0.3g を遠心沈殿管に加え、5 日間振とうした。いずれも誘導プラズマ発光分光分析装置 (ICP-AES) を用いて金属イオン濃度を測定し、吸着量を求めた。

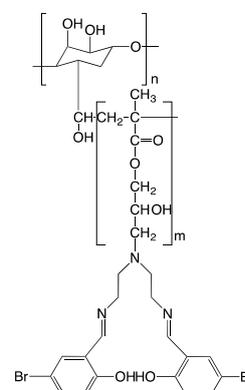


図 1. 捕集材

### (2) 結果と考察

捕集材グラフト鎖の重合率 (%とグラフト鎖及び配位子の導入度 (mol/g) を計算したところ、消費されたモノマーは 75%、捕集材へのグラフト率は 130%、捕集実験に用いた 0.3g 中には  $2.4 \times 10^{-4} \text{ mol}$  の配位子が導入されたことが分かった。

捕集率と pH の関係を図 2 に示す。La<sup>3+</sup>、Pr<sup>3+</sup>、Eu<sup>3+</sup>、Nd<sup>3+</sup> そして Tb<sup>3+</sup> に関しては約 30% の吸着率を示した。In<sup>3+</sup> と Ga<sup>3+</sup> の分離を検討したところ、In<sup>3+</sup> では、pH が 1.4 から 1.8 において約 15% から 25% の吸着率を示した。対して Ga<sup>3+</sup> は、pH が 1.4 から 1.8 ではほとんど吸着性を示さなかった。したがって、pH が 1.4 から 1.8 では In<sup>3+</sup> と Ga<sup>3+</sup> の分離が可能である。

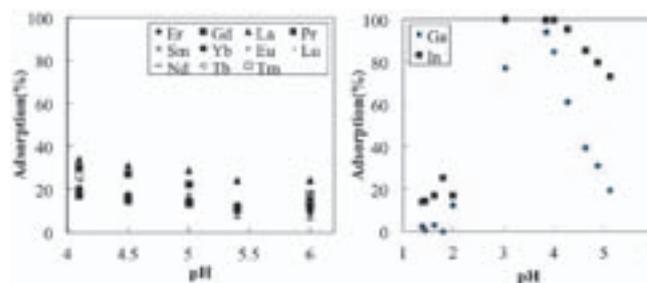


図 2. 金属イオン捕集率と pH の関係  
左：レアアース 右：レアメタル

## ■研究の新規性・優位性

従来は廃棄されていた天然資源由来材料であり、石油由来材料である従来品よりも環境に配慮。廃棄時に燃焼させても新たな二酸化炭素は発生しない。また、燃焼させることにより廃棄物の減容化が容易。

## ■産業への展開・提案

- ① 既存の金属イオン捕集材からの置き換え
- ② 安価な水浄化材料への展開

## ■研究に関連した知財

・特願 2014-211950

## 参考文献

- [1] Tetsuto Kajiyama *et al.*, Int. Polym. Process., pp.58-63 (2013)
- [2] Lei Shi *et al.*, Europ. J. Med. Chem., Vol.42, pp.558-564 (2007)
- [3] Charu Tyagi *et al.*, J. Appl. Polym. Sci., Vol.111, pp.1381-1390 (2009)

\*1) 城南支所、\*2) 国際化推進室

## ガラスカレット工場から排出されるガラス含有汚泥の減量・処理技術の開発

○田中 真美<sup>\*1)</sup>、中澤 亮二<sup>\*1)</sup>、佐々木 直里<sup>\*2)</sup>、小林 宏輝<sup>\*1)</sup>

■キーワード ガラスリサイクル、廃棄物処理、微生物機能の有効利用、セルロース分解菌

1. ガラスカレット工場に自生する**微生物を利用した汚泥の減量化**
2. 栄養成分の添加による微生物処理効率の向上
3. **汚泥からガラスを回収し新たに資源化する**フローを提案

### ■研究の目的

ガラスビンを粉砕しカレットと呼ばれるガラス粒に加工した後、ガラス製造原料として再資源化が行われている。一方で、カレット製造に伴いビンのラベルや細かなガラスを含む汚泥が発生しており、その処理が課題となっている。そこで、汚泥の減量及び発生量抑制を目的として研究を実施した。

### ■研究内容

カレット工場から排出される汚泥を観察したところ、その主成分はラベル由来の紙（セルロース）であった。一方で、カレット原料となるビンを屋外に長期間放置した際に汚泥発生量が減少すると言われている。これは、工場に自生する微生物によるラベル紙の分解が関係しているものと推測され、この分解現象を汚泥の減量及び発生量抑制へ利用できると考えた。そこで、本研究では微生物による汚泥の減量・処理技術を提案し、自生微生物による汚泥処理試験及び分解に関与する微生物の分離・同定を行った。

#### (1) 自生微生物による分解試験

微生物による分解現象を確認するため、自生微生物が網羅的に存在していると考えられる工場循環水を採用し、模擬ラベル紙としてセルロース粉末を加えて培養後、セルロース残渣量を測定した。さらにリン・窒素・酵母エキスを加えて、栄養添加による分解の促進効果を調べた。

工場循環水を用いた分解試験の結果を図1に示す。培養開始時に比べ、循環水を培養するだけでセルロース残渣量の減少が確認された。また、窒素・リンといった単純な栄養分を添加することによって、分解を促進できることが明らかになった。

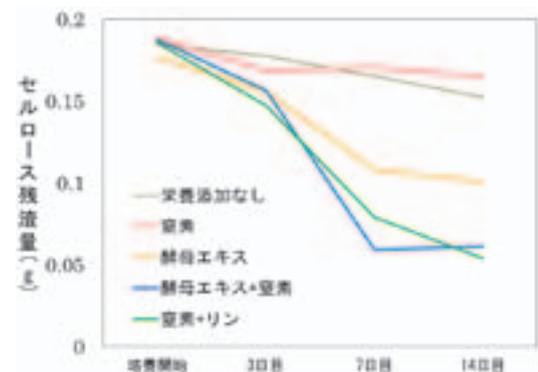


図1. 工場循環水を用いた分解実験

#### (2) 分解微生物の特定

カレット工場からセルロース分解微生物を分離し、菌種を同定した。その結果、細菌 *Cellvibrio mixtus*（セルビブリオ ミクスタス、以下、CM菌という）が分離・同定された。

#### (3) CM菌接種及び湿式分級の併用によるカレット汚泥処理試験

CM菌を用いた汚泥分解処理を検討した。滅菌した汚泥にCM菌と栄養成分を加えて振とう培養し、残渣量を測定した。さらに微生物処理後の汚泥を湿式分級し、ガラス質を回収した。その結果、微生物処理により汚泥量はほとんど減少しなかったが、有機物とガラス質が絡まる分級不良が改善され、比較的の不純物の少ないガラスを回収することができた。CM菌がカレット汚泥分解に関与していることが確認されたとともに、汚泥から回収されたガラスの土壌改良材等への再資源化の可能性が示された。

### ■研究の新規性・優位性

カレット汚泥は有機物及びガラスが含有した特殊な汚泥であり、微生物処理による減量化は新規性が高い。現在のところ有償で埋立て処理されていることもあり、本研究は廃棄コストの低減と、埋立てによる環境負荷の低減に貢献できる。

### ■産業への展開・提案

- ① ガラスカレット業及びセルロース系廃棄物を排出する企業への普及
- ② カレット汚泥用の微生物製剤等の製品化

\*1) 環境技術グループ、\*2) 生活技術開発セクター

H25.4～H25.3、H26.4～H26.3【基盤研究】ガラスカレット工場から排出されるガラス含有汚泥の減量・処理技術の開発

# 音響粒子速度・音圧センサ (PU プローブ) による音響インテンシティの測定

○西沢 啓子 <sup>\*1)</sup>、神田 浩一 <sup>\*1)</sup>

## ■キーワード 音響インテンシティ、音圧、粒子速度

1. 音響インテンシティ (単位面積を通過する音響エネルギー :  $W/m^2$ ) は音響材料評価に欠かせない
2. 音響インテンシティの測定には、音波が伝搬する空気粒子の振動速度の把握が必要
3. 空気粒子の振動速度 (粒子速度) を測定できる音響粒子速度・音圧センサ (PU プローブ) を検証

## ■研究の目的

- ・材料の遮音性能を示す音響透過損失の測定には、音響インテンシティの把握が重要である。
- ・音響インテンシティは「音圧」と「粒子速度」の積の時間平均で表す。従来のインテンシティプローブ (PP プローブ) は粒子速度を近似的に求めていたが、直接測定を可能にした音響粒子速度・音圧センサ (PU プローブ) が近年開発され、従来のプローブとの測定値を比較し、有用性を検証した。

## ■研究内容

### (1) 測定概要

- ・プローブの特性を基礎的に検証する観点から、音波の進行方向が把握しやすい無響室で、プローブを通過する音響インテンシティレベル (dB) を測定した。PP プローブ (2 マイクロホン音響インテンシティプローブ プリュエル・ケアー製)、PU プローブ (音響粒子速度・音圧センサ マイクロフロン製) の2種類を測定した。無響室での設置状態を図1に示す。音源及び受信位置は床から1.1m、音源-受信位置の距離は3mとした。
- ・音源は1kHz 純音及びランダムノイズとした。
- ・PU プローブの音響インテンシティレベルはプローブで実測した音圧 (P) と粒子速度 (U) のクロススペクトルから算出した。

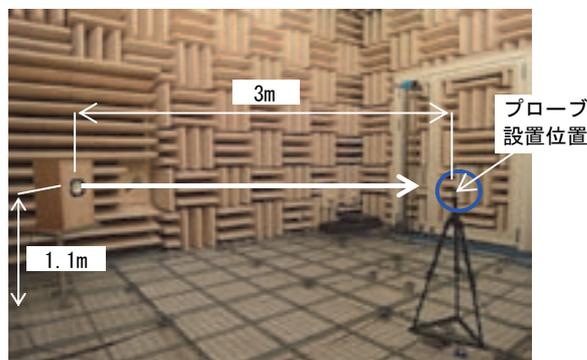


図1. 無響室における測定位置

### (2) 測定結果

- ・1kHz 純音  
PP プローブ 85.6dB, PU プローブ 85.9dB  
音響インテンシティレベルはよく一致した。
- ・ランダムノイズ  
図2に示す通り、100Hz、5kHzを除きPU プローブとPP プローブの音響インテンシティレベルは概ね一致が見られる。

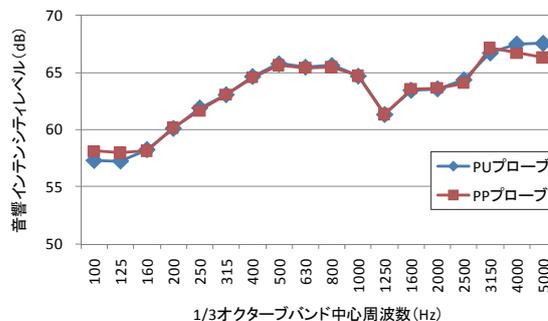


図2. プローブによる音響インテンシティレベルの比較

### (3) 考察

- ・周囲からの音の反射が少ない無響室においては、PP プローブの代わりにPU プローブを用いて音響インテンシティを測定できる可能性が示された。
- ・従来のPP プローブは、2 マイクロホンの音圧差から近似的に粒子速度 (U) を求めていたが、PU プローブで直接測定し、音響インテンシティを得られることは、音響透過損失の精度向上に役立つ。
- ・PU プローブは試料近接音場での測定が可能である。近接音場の粒子速度の分布から試料の振動形状を把握した報告<sup>[1]</sup>がある。音響透過の詳細な検証が可能となり、今後の活用が期待される。

## ■研究の新規性・優位性

従来のPP プローブについては、無響室における音響透過損失測定 (JIS A 1441) が規定されているが、無響室でPU プローブとPP プローブの基礎的特性を比較・検証した報告は見当たらない。

## ■産業への展開・提案

- ① 実測した音響粒子速度から音響インテンシティを得る⇒音響透過損失の精度向上
- ② 近接音場での粒子速度から試料の振動形状の把握⇒音響透過の詳細な検証

## 参考文献

[1] 佐久間哲哉 他, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.209-210 (2010)

\*1) 光音技術グループ

# シリカマトリックス（鋳型）内で安定な六価のクロム酸化物量子ドットの挙動と新規触媒への応用

○染川 正一<sup>\*1)</sup>、渡辺 洋人<sup>\*1)</sup>、緒明 佑哉<sup>\*2)</sup>、今井 宏明<sup>\*2)</sup>

■キーワード 六価のクロム酸化物、再生可能な触媒 / 酸化剤、ナノサイズ、室温から VOC 処理

1. ゼオライト (0.5nm) とメソポーラスシリカ (2 ~ 50nm) の間の細孔を持つポーラスシリカ鋳型を利用
2. シリカ鋳型内に、熱安定性を有するナノサイズ (1nm 前後) の六価のクロム酸化物を合成
3. 再生可能な酸化剤 / 触媒機能を用いた室温から連続的に VOC (悪臭等) 処理が可能な環境浄化材料

## ■研究の目的

健康被害や悪臭苦情の原因となりうる VOC (揮発性有機化合物) の処理技術開発が注目されてきた。処理方法としては、例えば触媒燃焼式や吸着式がある。しかしながら、触媒は 250-350℃ 程度の反応温度が必要であり、逆に吸着材は温度をかけると 100℃ 手前から脱着が始まりかつ吸着量が有限である。本研究の目的は、室温から高温反応条件まで幅広い温度帯で機能する新しい VOC 処理材料の開発である。

## ■研究内容

一般に、六価のクロム酸化物は酸化剤として機能するため、有機物の部分酸化反応等に利用されているが、通常加熱条件下では、不安定なため分解して安定な三価のクロム酸化物になりやすい。一方、三価のクロム酸化物は熱安定性を有し、加熱条件下では VOC 燃焼用触媒としての機能を持つ。本研究において、1nm 程度のシリカ細孔内で作製したクロム酸化物は加熱条件下でも六価が安定に存在しやすいことが分かった。

そこで、室温～中温域では酸化剤として、高温域では触媒として機能させると同時に六価への再酸化が起こりやすいことを利用して、室温から高温領域まで連続的な VOC 処理が可能な技術を開発した。図 1 は得られたサンプル (図 1a、赤色: 六価のクロム酸化物) を室温でエタノール混合空気にさらした際の色の変化を示している。時間が経つにつれ黒くなった (図 1b-d)。これは、六価のクロム酸化物の作用でエタノールが分解され、コーキング物質として細孔内に堆積したためと推測された。これを再加熱すると再び赤くなった (図 1e)。

図 2 は VOC のモデル物質としてエタノールを用いた昇温反応法による活性評価の結果を示す。エタノール (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) が完全に燃焼すると二酸化炭素 (2CO<sub>2</sub>) と水 (3H<sub>2</sub>O) が生成する。縦軸はサンプル通過後のエタノールあるいは CO<sub>2</sub> の濃度、横軸は反応層の温度を示す。30℃ から 5℃/分 の速度で昇温を行い、最終的に 430℃ まで昇温させた。その結果、室温から 430℃ までの昇温過程において、ほとんど VOC は漏れなかった。

本技術において、クロム酸化物を合成するための前駆体のクロムの価数は安全な三価、酸化剤として反応した後も三価等の低価数側にシフトし、350℃ 以上の細孔空間内においてのみ有毒な六価が生成する。それらを踏まえ、六価のクロム酸化物を安全に使用できるようなシステムを検討している。

## ■研究の新規性・優位性

従来加熱条件下では不安定とされてきた六価のクロム酸化物をシリカの細孔内に比較的濃い濃度で安定に存在させることに成功した。強い酸化力を利用して、室温から 200℃ 付近までは酸化剤、高温領域では触媒として機能させることで、幅広い温度帯で連続的に VOC 処理が可能である。

## ■産業への展開・提案

- ① 高温多湿条件等の特殊環境下での VOC 処理
- ② 再生可能な毒ガスフィルター
- ③ 不定期に流れてくる小型の VOC ガス処理用装置
- ④ 再生可能な有機合成触媒

## ■研究に関連した知財

・特願 2014-016833

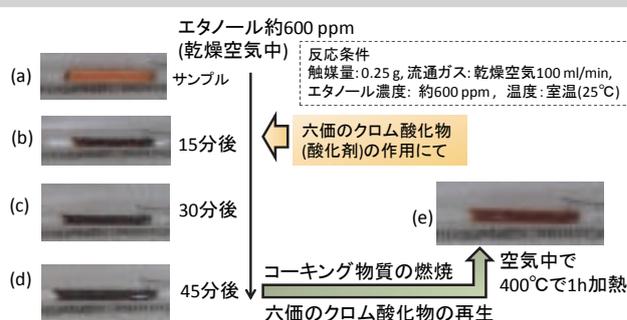


図 1. 室温での反応及び再生

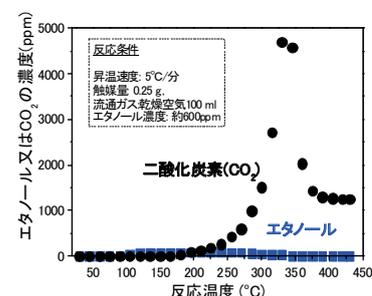


図 2. 昇温反応法による測定結果

## 謝辞

本件は科研費基盤 C(24550181) 研究の一環として実施されたものである。

\*1) 材料技術グループ、\*2) 慶應義塾大学

## 絞り加工用潤滑油の環境負荷低減化技術の開発

○中村 健太<sup>\*1)</sup>、奥出 裕亮<sup>\*1)</sup>、村木 正芳<sup>\*2)</sup>

■キーワード 絞り加工、加工油、ステンレス鋼板 (SUS304)、油溶性ポリマー

1. 潤滑油が必要な絞り加工で使用する加工油の組成から**環境汚染物質を排除**
2. 汚染原因物質である金属系極圧剤の代替として**無灰系ポリマーを提案**
3. 無灰系ポリマーの**加工性は金属系極圧剤に匹敵**

### ■研究の目的

ステンレス鋼板の加工油には、凝着防止用に化学構造に金属を含む極圧剤が添加されている。極圧剤は焼却処分時に大気汚染物質を生成するため、処方量の低減が求められている。そこで、金属を含まず、水素、炭素、酸素から構成されるポリマーを代替とした場合の、SUS304 の絞り性を評価する。

### ■研究内容

#### (1) 供試ポリマーと試料油

ポリマーには、ポリメチルメタクリレート（以下、PMMA という）と、耐摩耗性に優れる<sup>[1]</sup> ポリラウリルヒドロキシエチルアクリレート（以下、PLA/HEA という）を用いた。ポリマーは、合成パラフィンに溶解させて試験に供した。また、ポリマー添加の効果を確認するために、従来ステンレス鋼板の加工に利用される市販油も用いた。表1に試料油の詳細と試験温度における動粘度を示す。

#### (2) ポリマー添加油の絞り性

パンチとダイはSKD11製で、パンチ外径は29.15mm、ダイ内径は30.04 mm、パンチとダイの肩半径は3 mmである。被加工材は直径60mm、板厚0.3mmのSUS304-BAで、絞り比が2.4となる条件で試験した。試験条件はパンチ速度5mm/s、しわ押え荷重4.7kN、室温25℃とした。試験は、試料油を1枚目の加工時にダイ表面に塗油し、2回目以降は給油をせずに加工した。

図1に加工ごとの最大パンチ荷重の変化を示す。図中の×は破断を示し、C-CIは最大パンチ荷重を過ぎた時点で破断したため、15回目のデータがプロットされている。ここで、連続加工できる回数は、C-CIで14回と最も多く、次いでPLA/HEAで11回、C-Sで8回、PMMAで3回の順であった。なお、基油では1回目の加工で破断した。

いずれも破断の原因はダイと被加工材の凝着によるもので、市販油ではダイ表面に極圧剤由来の反応性のトライボ膜が形成され、ポリマー添加油では表面に吸着性のトライボ膜が形成されたために凝着を抑制できたと考えられる。ポリマーの吸着性と反応性は別の実験で評価しており、PMMAの方がPLA/HEAに比べて吸着性はやや優れるものの、反応性は劣ることが分かっている。つまり、ポリマーの種類による違いは、PLA/HEAの方が反応性に優れるためと考えられる。

### ■研究の新規性・優位性

従来ステンレス鋼板の絞り加工においては、反応性の高い極圧剤が利用されていた。しかし、環境保護の観点から、金属を含有しないタイプの添加剤の開発が望まれているが、未だに実現に至ってはいない。本研究で水素、炭素、酸素から構成されるポリマーのみで、金属を

表1. 試料油の添加剤と試験温度(25℃)における動粘度

試料油		基油	添加剤	動粘度, mm <sup>2</sup> /s
開発油	PMMA	PAO4	PMMA	76
	PLA/HEA		PLA/HEA	80
市販油	従来品	C-CI	鉱物油 塩素系極圧剤など 硫黄系極圧剤など	320
	低環境負荷品	C-S		160

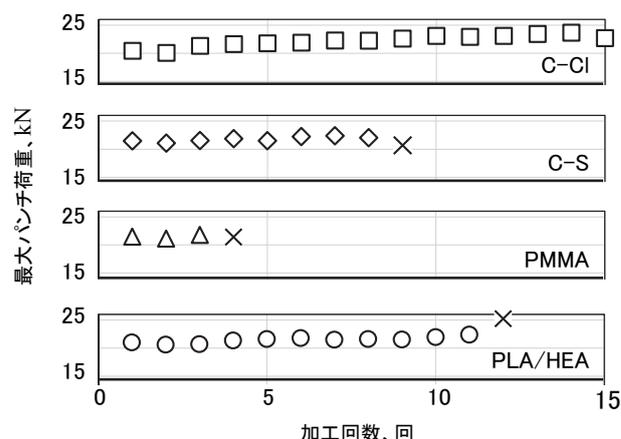


図1. 加工回数ごとの最大パンチ荷重の推移

む添加剤以上の性能が得られたことに、新規性と優位性がある。

### ■産業への展開・提案

- ① 環境を意識した加工といった付加価値の付与
- ② 実験手法を用いた加工油性能の定量的評価
- ③ 絞り・しごき加工に適したポリマーの開発

### 参考文献

[1] 村木正芳 他, トライボロジスト, Vol.59, No.8, pp.507-514 (2014)

\*1) 機械技術グループ、\*2) 湘南工科大学

**6月25日(木)**

**研修室241**

**情報技術 / エレクトロニクス**

## テラヘルツ連続波を用いた材料の電気特性評価

○時田 幸一<sup>\*1)</sup>、太田 優一<sup>\*1)</sup>

### ■キーワード テラヘルツ、連続波、電気特性

1. テラヘルツ連続波を用いた透過法での材料測定
2. テラヘルツ波を透過する材料であれば、非接触・非破壊での測定が可能
3. 0.1THz から 1.8THz までの周波数範囲において、実周波数での材料の誘電特性評価を行った

### ■研究の目的

一般に製品開発においては、使用される材料の電気特性評価が不可欠となる。テラヘルツ波は電波の透過性と光の直進性を併せ持ち、デバイスや集積回路等に使用される誘電体や半導体材料の多くを透過するため、テラヘルツ分光により非接触・非破壊での電気特性評価が期待できる。

本研究では、テラヘルツ連続波を用いた透過法により材料の電気特性評価を行った。

### ■研究内容

#### (1) 研究内容

本研究では、2つのレーザーを用いてテラヘルツ波を発生させる「CW-テラヘルツ波分光システム<sup>[1]</sup>」を用いた。測定試料は図1に示すようにシステムの光学系内に配置し、透過スペクトルを取得する。試料なしのときと試料ありのときの透過スペクトルから、試料の複素屈折率を求め、最終的に電気特性を計算する<sup>[1]</sup>(図2)。

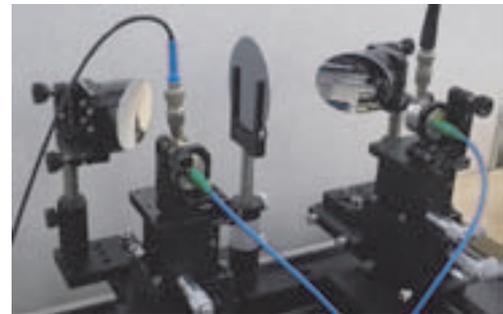


図1. 測定試料の配置例

#### (2) 本研究で得られた電気特性

今回は樹脂やセラミック等、複数種類の測定試料に対して測定を行った。結果の一例として、66-ナイロン(厚さ2mm)のテラヘルツ帯における誘電特性を図3に示す。この結果はパルスを用いた測定方法であるテラヘルツ時間領域分光法(以下、THz-TDS という)による先行研究<sup>[2]</sup>と近い値が得られた。

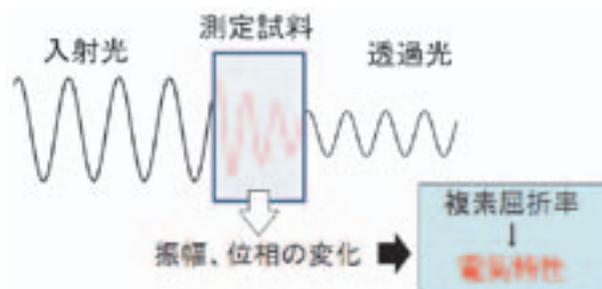


図2. 透過法による電気特性測定概念図

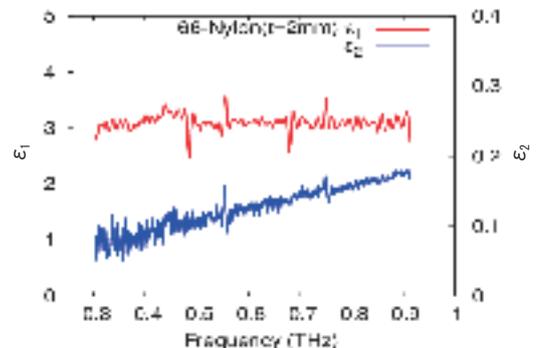


図3. 66-ナイロンの誘電特性

### ■研究の新規性・優位性

- ・現在広く用いられている THz-TDS とは異なり、連続波を用いた実周波数での測定である
- ・THz-TDS と比べ高い周波数分解能が実現できるため、吸収線等シャープな周波数特性を持つ材料の評価に有効である
- ・既存の電気特性評価方法に比べ、非接触・非破壊で測定が可能であり、複雑な試料形状への加工が不要である

### ■産業への展開・提案

- ①電気特性評価(誘電体の高周波誘電特性、半導体の電気抵抗率等)の視点から、新規材料開発を支援
- ②さまざまな分野との連携も含めたテラヘルツ波の産業応用を検討

### 参考文献

- [1] A. Roggenbuck *et al.*, New Journal of Physics, Vol.12, 043017 (2010)  
 [2] 永井直人, レーザー研究, Vol.33, pp.848-854 (2005)

\*1) 電子半導体技術グループ

## 不完全な評価セットに対する検索システムの性能評価指標の開発

○大平 倫宏<sup>\*1)</sup>、富山 真一<sup>\*2)</sup>

### ■キーワード 検索システム、評価指標、ランキング、機械学習

1. **人手をかけずに**検索システムの評価が可能
2. **コストが低い**ため**中小企業**に適している
3. **新規に検索対象が追加**された場合に対応可能

### ■研究の目的

検索エンジンの性能を評価する際には、検索語と対応する検索結果との関連性について、あらかじめ決めておく必要がある。これを人手で行うのはコストがかかるため、一定数の既知の関連性(不完全な評価セット)だけを用いて評価が行えることが望ましい。本研究では、機械学習等の手法を用いて、不完全な評価セットを基に検索システムの性能を評価するための方法及び指標を開発した。

### ■研究内容

#### (1) 機械学習法によって未知の関連性を推定する方法

図1のように、関連性が既知である評価セットを基に、機械学習を利用して、未知の検索対象の関連性を推定する方法の開発を行った。機械学習法としては、サポートベクターマシンを用いた。NTCIR-6 CLIR<sup>[1]</sup>の読売新聞、毎日新聞のデータを利用して実験を行った。得られた推定結果から、従来使用されている検索ランキングの評価指標であるnDCG<sup>[2]</sup>を用いて、評価セットが完全に評価されている場合のnDCGとの比を求めたのが図2である。



図1. 既知の関連性を利用して未知の関連性を推定

#### (2) 未知の関連性の影響を考慮した指標

関連性の推定によらずに、関連性が未知の場合の影響を考慮した指標が存在する<sup>[2]</sup>。本研究では、従来の方法では考慮されていなかった検索意図を考慮した指標を開発した。その性能評価指標に対して、評価セットが完全に評価されている場合の指標値との相対誤差を求めたのが、図3である。対象データとしては、NTCIR-9 INTENT<sup>[1]</sup>を利用している。

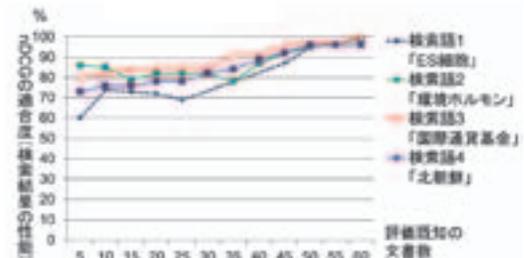


図2. 利用文書数に対する(1)の指標の変化

#### (3) まとめ

(1)の方法は、図2のように、評価の定まっている文書の数が増えるほど正確となり、適合度が100%に収束してゆく。

(2)の指標については、図3のように、提案法は未知の文書数が増加しても安定しており、検索意図を考慮しない従来の方法であるinf-nDCG<sup>[2]</sup>と比べて、同程度の結果となっている。

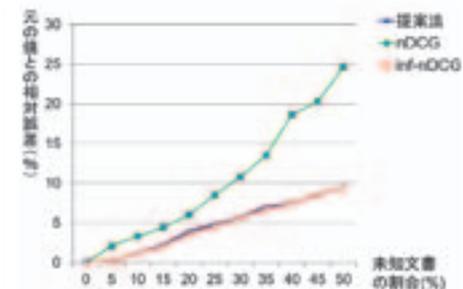


図3. 未知文書数に対する(2)の指標の変化

### ■研究の新規性・優位性

- ・人手をかけずに検索システムを評価可能となり、中小企業でも高性能な検索エンジンの開発が可能となる。
- ・(2)の指標については、従来の指標よりも正確に検索意図を反映することができる。

### ■産業への展開・提案

- ①商品レコメンデーションエンジンへの応用
- ②医療画像診断システムへの応用
- ③海外特許検索システムへの応用

### 参考文献

- [1] NTCIR, <http://research.nii.ac.jp/ntcir/index-ja.html>  
 [2] Emine Yilmaz, Evangelos Kanoulas, Javed A. Aslam, Proceedings of the 31st Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, July 20-24 (2008)

\*1) 生活技術開発セクター、\*2) 情報技術グループ

## 自己強制空冷システムの放熱促進を目的としたヒートシンクの開発

○富山 真一<sup>\*1)</sup>、大平 倫宏<sup>\*2)</sup>

### ■キーワード 放熱、ヒートシンク、自己強制空冷システム

1. ヒートシンクの形状変更だけで放熱を促進
2. 伝熱の状態をシミュレーションで確認しながら実施
3. ヒートシンク底面の風速が高められる

### ■研究の目的

廃熱を利用した空冷システムとして、熱電変換素子とヒートシンクを用いた自己強制空冷システムが提案されている。しかし、熱電変換素子を発熱部品とヒートシンクの間に挟むため、放熱不足になる可能性がある。本研究では、伝熱の状態をシミュレーションで確認しながら、自己強制空冷システムに対して放熱を促進させるヒートシンクの開発を行った。

### ■研究内容

#### (1) 自己強制空冷システム

新藤が提案した自己強制空冷システム<sup>[1]</sup>を図1に示す。熱電変換素子から出力された電圧をファンに供給することで、外部からの電源供給なしで強制空冷が可能となる。本研究では、ヒートシンクの形状だけを検討し、放熱の促進を図った。

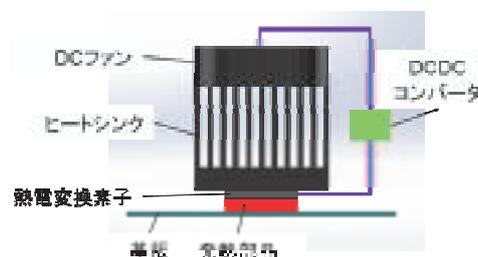


図1. 自己強制空冷システム

#### (2) ヒートシンクの提案

発熱部品は、中央が最も高温になることとヒートシンク底面は、風速が低いため熱がこもりやすいことを考慮し、ヒートシンクの形状の開発を行った。その際、伝熱の状態をシミュレーションで確認しながら行った。

本研究で提案したヒートシンクの形状を図2に示す。この形状により、ヒートシンク中央部分の熱伝導と熱伝達、ヒートシンク底面における熱伝達の向上が期待できる。

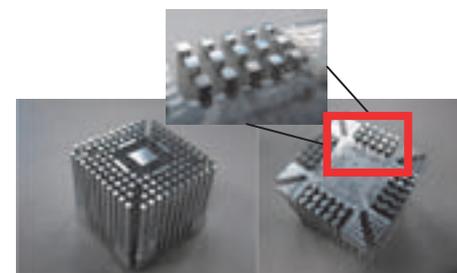


図2. 提案形状を実装したヒートシンク

#### (3) 温度測定による評価

ヒートシンクのフィン厚とフィン間隔が一定、ベース面が平面であるヒートシンク（以下、従来形状という）と提案形状を自己強制空冷システムに実装し、発熱部品の温度測定を行った。その結果を表1に示す。

従来形状より提案形状は、温度上昇が抑制されている。しかし、発熱量が大きい場合、従来形状とほぼ同じ温度になるといった課題が挙げられる。

#### (4) まとめ

自己強制空冷システムの放熱促進を目的としたヒートシンクの開発を行った。また、温度測定を行い、従来形状より提案形状は発熱部品の温度上昇を抑制していることを確認した。提案形状は発熱量が大きい場合、従来形状とほぼ同じ温度になる。そのため、この改善を行うことが今後の課題である。

表1. 温度測定結果

発熱量 [W]	形状	温度 [°C]	熱抵抗 [°C/W]
3.88	従来	67.0	10.8
	提案	62.4	9.64
6.06	従来	81.6	9.34
	提案	79.7	9.03

### ■研究の新規性・優位性

ヒートシンク底面の風速を高くすることで、放熱を促進している点に新規性がある。また、ヒートシンクの形状のみ変更しているため、安価で放熱を促進できる点が優位性として挙げられる。

### ■産業への展開・提案

- ①ヒートシンク開発企業との共同研究実施による製品化
- ②廃熱利用による空冷技術の提案

### 参考文献

[1] 新藤尊彦, 東芝レビュー, Vol.58, No.12, pp.70-71 (2003)

\*1) 情報技術グループ、\*2) 生活技術開発セクター

**6月25日(木)**

**研修室241**

**情報技術**

# レイヤ構造無線センサネットワークの効率的な伝送制御手法

○中川 善継<sup>\*1)</sup>、入月 康晴<sup>\*1)</sup>、山口 隆志<sup>\*1)</sup>

■キーワード マルチレイヤ、無線センサネットワーク、拡張伝送、中間ノード装置

1. 2つの異なるネットワークを介在するデュアル無線搭載ルータ
2. レイヤ構造によりデータの収集と転送を区分し伝送タイミングを効率化
3. 出力増幅により遠方へ複数段ホップすることでスループットが向上

## ■はじめに

行政や自治体が主となる環境モニタリングをはじめ、屋外での活用が主となる農林事業などにおいても無線センサネットワーク技術を通信用の一部として利用することにより、業務効率や品質の向上に貢献するものとして普及が進んでいる。一般に、屋外の活用においてはデータを伝搬する経路の距離が電信柱のように延伸し、かつ伝搬経路が放射状に広がるのが想定される。このため、データを収集する地点に近くに従い、伝送トラフィックの不均衡が発生するとともに、より広範囲にセンサが設置されるに伴って伝送到達の信頼性が低下する原因となり得る。

## ■研究内容

### (1) 提案方式

複数の小規模なクラスタネットワークを包含する基幹ネットワークを考える(図1)。この2つのネットワークは通信の規模に応じて通信チャンネル、ネットワークトポロジが異なり独立している。各クラスタの代表ノードは、クラスタ内のセンサ情報を収集する機能を持つ一方、クラスタ間で収集したセンサ情報をこの代表ノード間で転送する機能を合わせ持つ。このことから、クラスタレイヤとそれより広範囲な基幹レイヤとを接合する中間ノードとして位置し、本ノードをマルチレイヤ中間ノード装置と呼ぶ。中間ノードにおいて、収集と転送にかかる無線通信のチャンネルが異なるため、複数ノードからデータを収集するシーケンスと中間ノードからデータを転送するシーケンスを同時に実行可能であり、単一ネットワークを広域化する従来方式に比べ、密なデータ伝送やホップ数の削減が可能となる。

### (2) 成果と今後の展開

定量的効果を示すにあたり、図2で表すホッピングモデルを評価対象とし、表1に示すパラメータを用いてシミュレーション評価を行った。全てのセンサノードが1回データを伝送するのに必要とする時間を1タームとして、伝送量に対する経過時間を算出した場合、従来手法に比べて到達時間を短縮することができる(図3)。農業支援や公園での監視等モニタリング自由度が高い屋外利用においては、建物内と異なり複雑な地形、電波障害を考慮する必要がある。信頼性を高める工夫としてレイヤ構造による伝送の拡張が期待できる。

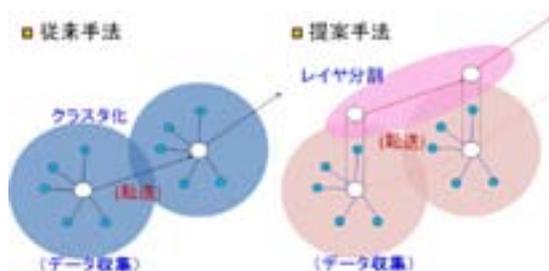


図1. 無線センサネットワークの広域化概念図

表1. モデルのパラメータ

ノード転送量	5ms/回 (1.2kbit/ max)
クラスタ内センサノード数	10 (総数 50)
ホップ数	5 (従来法) 2 または 3 (提案手法)
送受切替割合	50%

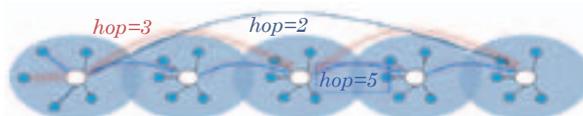


図2. 評価対象とするホッピングモデル

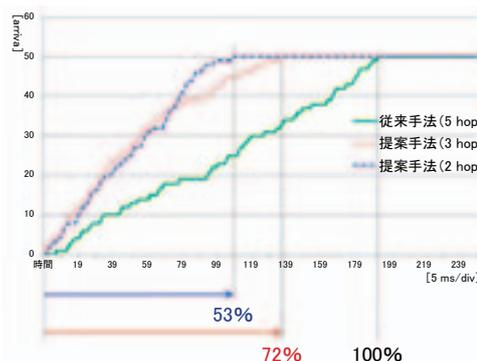


図3. 従来手法と提案手法との伝送効率の対比

## 参考文献

- [1] 中川善継, 山口隆志, 入月康晴, 研究報告, Vol.8, pp.6-9 (2013)  
特許出願番号 特願 2013-194199

\*1) 情報技術グループ

## カルマンフィルタとその改良 -オンライン異常値検出・除去への対応-

○金田 泰昌<sup>\*1)</sup>、入月 康晴<sup>\*1)</sup>

### ■キーワード カルマンフィルタ、異常値、外れ値

1. オンライン信号処理により観測ノイズを低減することが可能
2. 異常値や外れ値と呼ばれる特殊なノイズを少ない遅延で検出・除去することが可能
3. 特殊ノイズの検出・除去に必要なパラメータ調整が不要

### ■研究の目的

観測ノイズを低減する手法としてカルマンフィルタ（以下、KFという）が広く用いられている。しかし、異常値や外れ値と呼ばれる特殊なノイズがセンサに混入した場合、KFでは対応できない。そこで、本研究では、これら特殊ノイズを検出・除去する手法を開発する。また、特殊ノイズの検出・除去に必要なパラメータの設計論を確立し、パラメータの調整が不要な手法を開発する。

### ■研究内容

#### (1) 提案手法の概要

KFは、数学的には図1(a)の最適化問題に帰着される。提案手法は、これに $L_1$ 正則化項と呼ばれる項を追加したものである(図1(b))。ここで $\lambda$ は設計パラメータである。 $L_1$ 正則化を利用することでゼロの値が正確に推定できる<sup>[1]</sup>。一方、異常値はまれに発生する値であるため、通常はゼロの値をとる。そこで、提案手法では、 $L_1$ 正則化を利用して異常値を推定することで、より正確な推定が可能となる。また、提案手法ではパラメータ $\lambda$ が観測ノイズの分散値から設計できることを数学的に証明している(本要旨では説明省略)<sup>[2]</sup>。

$$\min_x J(x) \quad \min_{x,z} J(x) - \lambda|z|$$

(a) KF                      (b) 提案手法

図1. KFの数学的表現とその改良

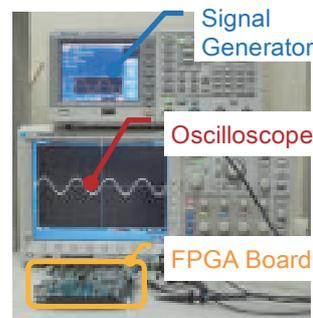


図2. 評価環境

#### (2) 評価条件

評価環境を図2に示す。提案手法をFPGA(Cyclone III / Nios II/e 50MHz)に実装し、テスト信号に対する異常値除去結果を観測する(なお、今回は検出結果の評価は行わない)。テスト信号は異常値を伴う正弦波(振幅1V、周波数1Hz)とし、Signal Generatorから発生させる。

#### (3) 結果

図3より、KFでは異常値が除去できていないが、提案手法では除去できていることが分かる。また、図4より、異常値除去の代表的な手法であるメディアンフィルタは、異常値を除去するためにデータ長Nを大きくする必要があるため、異常値を除去する際に大きな遅延が生じていることが分かる。

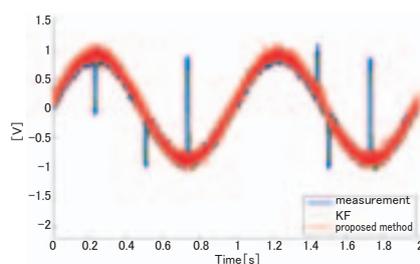


図3. KF vs. 提案手法

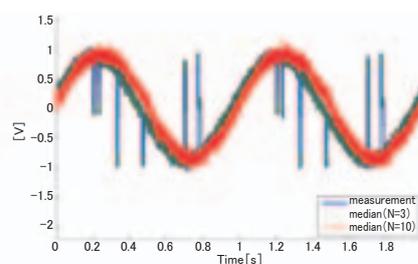


図4. メディアンフィルタによる結果

### ■研究の新規性・優位性

メディアンフィルタに比べて特殊ノイズの除去による遅延が少ない。また、特殊ノイズの検出が可能である。  
特殊ノイズの検出・除去に必要なパラメータの設計論を数学的に導出することで、設計に理論的な妥当性を与えることができる。また、パラメータが自動的に決定されるため、調整が不要となる。

### ■産業への展開・提案

- ① 迷光ノイズ、クラッタの低減
- ② 非接触型センサ(超音波センサ、レーダ計測、画像計測、など)のノイズ低減
- ③ 異常値検出の応用(リアルタイム故障検出、リアルタイムネットワーク侵入検知、など)

### 参考文献

- [1] J. Mattingley and S. Boyd, IEEE Signal Processing Magazine (2010)  
[2] Y. Kaneda, et al., Proc. IECON, pp.2210-2215 (2012)

\*1) 情報技術グループ

## 気球型インタフェース (Aerotop Interface)

○飛田 博章 \*1)

### ■キーワード AR (拡張現実) システム、移動型システム

1. システム自体がユーザにアプローチする新しい AR (拡張現実) システム
2. 気球型インタフェースの特徴
3. 今後の応用、展開

### ■はじめに

人間や環境を拡張する AR (拡張現実) システムが数多く存在する。例えば、壁全体が対話的なディスプレイとなることで、デジタルサイネージやホワイトボードが拡張される。また、机全体が対話的なディスプレイになることで、共同作業やゲームなどを支援するシステムが実現される。こうした AR システムでは、大型ディスプレイを使うため、大勢のユーザが同時に利用できる点に特徴がある。しかし、システム自体が大型で固定されているため、ユーザはシステムが設置されている場所に移動しなければならない。提案する気球型インタフェースは、システム自体がユーザにアプローチする新しい AR システムである。

### ■研究内容

移動型システムは、ロボット研究の分野ですでに研究されており、特に地上を移動するものが数多く紹介されている。しかし、住空間である地上には、多くの障害物や段差があり、そうしたものを克服するために特殊なセンサーや動力が必要になる。

気球型インタフェースは浮遊しながら移動するので、地上の障害物は回避できる。加えて、気球型インタフェースは、大きさや形を自由にデザインできるので、用途やユーザの規模に合わせて自由にシステムを実装できる。気球内部は、ヘリウムで満たされているため、使用が終われば小さく折り畳むことができる (図1(上))。

浮遊して移動できる気球型インタフェースは、これまでの大型ディスプレイシステムでは難しかった新しいアプリケーションを可能にする。例えば、遠隔コミュニケーションを支援するテレプレゼンスシステム、ゲームに応用可能なマーカーベースの AR システムや、移動するスクリーンシステムなどが気球により拡張される (図1(下))。

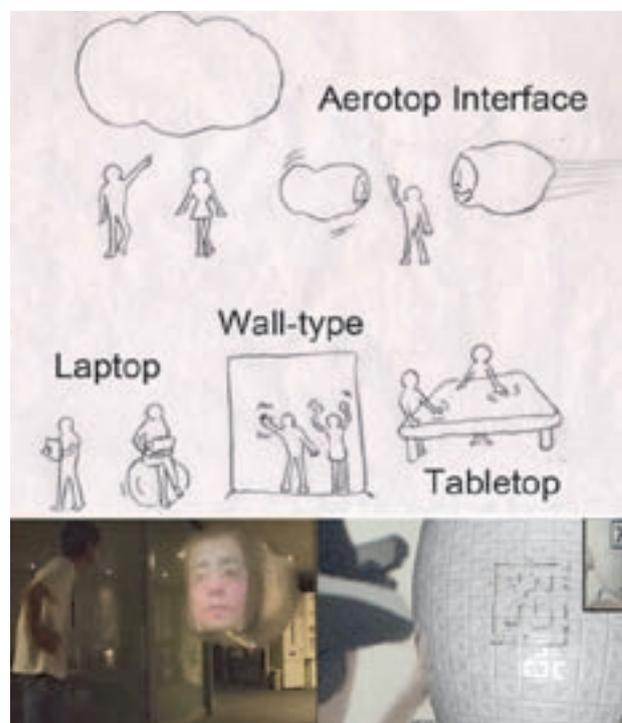


図1. 気球型インタフェース

### ■今後の展開

これまで国際学会等でプレゼンテーションやデモンストレーションを行ってきた。提案コンセプトは多くの研究者に好意的に受け入れられ、また、さまざまなフィードバックも得ることができた。今後は、長時間の運用や、コンセプトの拡張等を考えていく予定でいる。特に、教育、デジタルサイネージや、メディアアートとしての応用に興味を持っている。

\*1) 産業技術大学院大学

## ConfVisor : コンベンションプランナー業務管理システム

○松尾 徳朗 \*1)

## ■キーワード コンベンションビジネス、インバウンドツーリズム、MICE

1. コンベンションビジネスフローを実際の業務に基づき類型化
2. 実務で利用可能な業務管理システムを設計、実装、運用
3. コンベンションプランナー業務の効率化が実現

## ■研究内容

コンベンションプランナーにとって、誘致から開催までには膨大かつ煩雑な業務が含まれている。さらに、イベント参加者数ベースの損益分岐点も存在しており、業務のみならず財務マネジメントの側面においても十分な知識が必要とされる。参加者を確保するためには、コンベンション参加者の参加モチベーションを理解した運営とサービス提供が必須となる<sup>[1] [2] [3]</sup>。また、処理すべき業務間にはサービスの品質向上と関連した業務順序が存在しており、今後の我が国のコンベンション件数増加のためには、コンベンションプランナーが継続してイベントを開催する仕組みが必要である。その方策の一つとしてコンベンションプランナーの業務負担を軽減することが望まれる。多くの場合、コンベンションプランナーの不要な業務発生は、コンベンションプランナーの業務とサービスに関する知識不足に起因することが多く、これらの現状と問題を克服するための支援が望ましい。そこで、著者らは新規にコンベンションプランナーの業務を管理し、コンベンションのための標準的マニュアルを提供するシステム ConfVisor を開発し、サービスを提供している<sup>[4]</sup>。

ConfVisor では、コンベンションの準備において、時期に応じて実施する業務情報を提示する。もし、コンベンションプランナーがある業務の実施を忘れていた場合、よりコンベンションが成功に近づくように、その業務遂行時期を適切な順序で提示する。ミスコミュニケーションによる事業失敗や業務実施忘れなどを回避するために、コンベンション責任者は、全ての委員業務をモニタリングできる。本システムは、ポータル画面からユーザ登録することにより開始される。ユーザ登録後に、コンベンションプランナーはイベント情報を登録でき、その情報に基づいてスケジュールが自動的に構成される。イベント情報を登録した後のコンベンションプランナー用のトップ画面が表示される(図1)。この画面は、ユーザごとにそれぞれの開催予定のコンベンションについて表示され、他のコンベンションプランナーが実施するイベントは表示されない。また、コンベンションの性質に応じてタスクが適切に選択され、必要となる業務が表示される(図2)。ここでは、業務とごとに、業務実施担当、業務名、実施期限などが表示される。各業務は、その概要と実施手順が詳細に記載されており、業務を適切に遂行可能となる(図3)。



図1. トップ画像



図2. 業務リスト



図3. 業務マニュアル

## 参考文献

- [1] M. Oppermann, K. Chon, Annals of Tourism Research, Vol.24, No.1, pp.178-191 (1997)
- [2] Y. Kim, Y. Lee, C. Love, Journal of Convention & Event Tourism, Vol.10, No.3, pp.211-230 (2009)
- [3] J. Choi, Journal of Convention & Event Tourism, No.6, No.4, pp.65-80 (2004)
- [4] T. Matsuo, T. Fukushima, International Congress on Advanced Applied Informatics (2015) (to appear)

\*1) 産業技術大学院大学

**6月25日(木)**

**研修室242**

**EMC・半導体**

## 90 GHz 帯アプリケーション用要素回路の開発 1

○藤原 康平<sup>\*1)</sup>、小林 丈士<sup>\*1)</sup>

## ■キーワード Wバンド、フィンライン、マイクロストリップ回路

1. 導波管回路から平面回路への変換回路
2. テフロンプリント基板で回路を構成
3. 電磁界シミュレータで回路設計

## ■研究の目的

ミリ波回路を製造に適するマイクロストリップ回路等の平面回路で構成するために、電磁界シミュレータで要素回路である導波管平面回路変換器とバンドパスフィルタの設計と試作を行う。また、評価の際にプローブステーションで評価を行わず、ミリ波ヘッドとベクトルネットワークアナライザ (VNA) で比較的容易に測定が行えるように留意した。

## ■研究内容

## (1) プリント基板材の選定

ミリ波回路でよく用いられるアルミナ材は、高周波特性が良好であるが、加工が難しく価格が高価である。本研究では、まず90 GHz 帯の平面回路のプリント基板材に低損失テフロン基板を選定して開発を実施した。表1に採用したプリント基板材の諸特性を示す。

表1. プリント基板材の諸特性

比誘電率	2.2
誘電損失	0.0010
母材厚さ	0.127 mm
銅箔厚さ	0.017 mm

## (2) 導波管平面回路変換器の開発

一般的にミリ波回路では伝送損失を低減するために導波管で信号の伝送を行う。本研究では、要素回路をマイクロストリップ線路で構成することと、測定評価をWR-10型導波管のヘッドとVNAで行うため、導波管のような立体回路から平面回路へ変換することが必要である。図1に開発した変換器の設計値と実測の伝達特性 (S21パラメータ) を示す。この結果から、変換器は75 GHz から102 GHz において損失0.75 dBの平坦性を持つ。

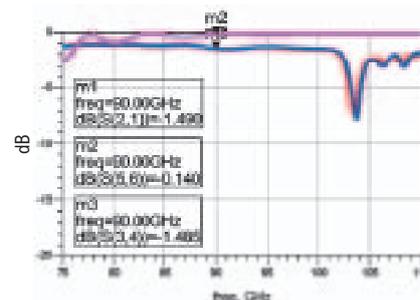


図1. 設計した変換器の伝達特性 (赤)、実測した結果 (青)

## (3) バンドパスフィルタの開発

パスバンドを  $90 \pm 2$  GHz とするバンドパスフィルタを開発した。このフィルタは、測定評価を導波管のヘッドで実施するために、先行して開発した導波管平面回路変換器とバンドパスフィルタを組み合わせて構成した。

図2に電磁界シミュレータで設計したS21パラメータ (黒線) を示す。この結果、実機 (青線) ではパスバンドが97 GHzヘシフトしている。これは製造時にエッチング条件により設計時の線幅よりも全体的に約50  $\mu\text{m}$ 減少しているからである。これを再度電磁界シミュレータへフィードバックして特性を計算すると実機と振る舞いがほぼ一致した (赤線)。したがって、次期開発ではエッチング時にこの条件を加味して製造を行えば所望の特性を得られると考えられる。

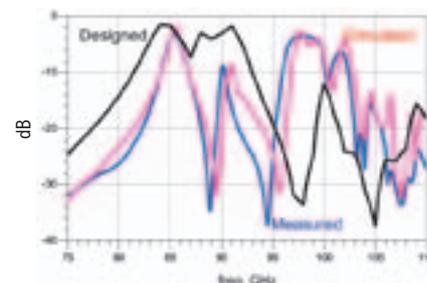


図2. 設計した伝達特性 (黒)、実測した結果 (青)、減少した線幅で再計算した結果 (赤)

## ■研究の新規性・優位性

高周波特性が良好であるが、加工が難しくかつ高価であったアルミナではなく、本研究では製造に伴う加工や取り扱いが容易なテフロン基板で回路を構成した。

## ■産業への展開・提案

- ① 廉価なミリ波回路の開発
- ② 周波数変換器への応用

## 参考文献

- [1] L. J. Lavedan, Electronics Letters, Vol.13, No.20, pp.604-605 (1977)

\*1) 電子半導体技術グループ

## マイクロヒータの開発

○山岡 英彦 \*1)

## ■キーワード マイクロヒータ、中空、白金電極、アンカー

1. 低消費電力：10mW @ 400℃、高速応答（10m秒で400℃）によりパルス駆動可能
2. 高信頼性：熱衝撃による応力を緩和できる構造
3. 低コスト：高価な工程を極力削減し、工程数を減少

## ■研究の目的

MEMS技術を用いたマイクロヒータは、ガスセンサや流量センサ等のさまざまなデバイスに用いられている。しかし課題として、さらなる低消費電力化、高信頼性化、低コスト化が挙げられている。

本研究では、中小企業もMEMS技術に新規参入しやすい低コストプロセスを採用できる構造設計を行い、上記課題に対する対策立案及び効果検証を実施した。

## ■研究内容

## (1) デバイス構造設計及びプロセス設計

「ヒータ部の熱容量削減」、「高価なプロセス数の削減」、「熱衝撃による応力低減」の3点を考慮した。

## ①ヒータ部の熱容量削減

従来構造(図1)にあるメンブレンを削除し、ヒータ単体中空構造(図2)とする。(メンブレンの熱容量削減)

## ②コスト

上記メンブレンの削除による成膜工程削減及びヒータパターンを用いた構造体作製。(フォトリソ削減)

## ③熱応力

マイクロヒータは加熱と冷却を頻繁に繰り返すため、熱応力による破壊対策が必要。片側を自由端とすることで、応力による破壊を抑制する。

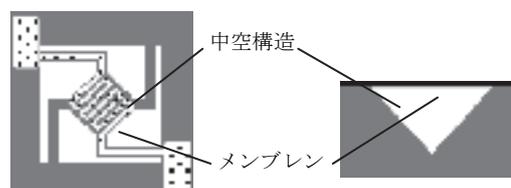


図1. 従来構造のマイクロヒータ

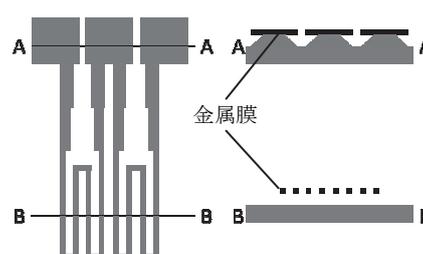


図2. 本研究のマイクロヒータ

## (2) 特性評価

## ①消費電力

ソースメータ(KEITHLEY 2400)で定電流駆動し、電圧値を読み取ることで消費電力を算出した。ヒータ温度は電気抵抗率の温度係数を用いて算出した。結果、約400℃で9.9mWを達成した(図3左参照)。

## ②熱応答性

ソースメータ(KEITHLEY 2400)で定電流駆動し、電圧値の変動を読み取ることで熱応答性を評価した。結果、室温から400℃に達するまでの時間が10m秒以内であることを確認した(図3右参照)。

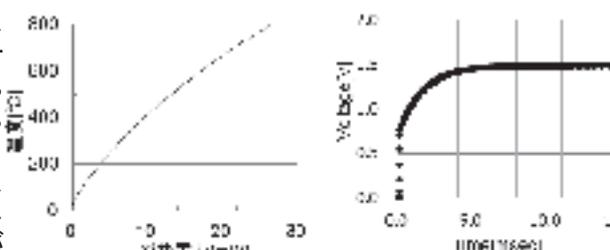


図3. 本研究のマイクロヒータの電気特性

左: 消費電力とヒータ温度、右: 定電流駆動時の電圧変動

## ■研究の新規性・優位性

- ・低消費電力  
ヒータ単体中空構造
- ・低コスト  
高価な工程の削減(成膜・フォトリソ等)
- ・高信頼性  
熱衝撃による応力を緩和できる構造

## ■産業への展開・提案

- ① MEMS デバイスへの参入促進
- ② MEMS デバイスを用いた機器への応用

## ■研究に関連した知財

- ・特願 2014-144888

## 参考文献

- [1] 特開 2011-80809「ガスセンサ素子及びその製造方法」北陸電気工業株式会社
- [2] 特開 2012-107999「ガス検知素子」新コスモス電機株式会社
- [3] 木村光照, Savemation Rev, pp.4-12 (2001)

\*1) 電子半導体技術グループ

## 狭ビームアンテナを用いた GHz 帯測定手法の提案

○佐々木 秀勝<sup>\*1)</sup>、高橋 文緒<sup>\*1)</sup>

## ■キーワード GHz 帯、EMI 測定、仰角制御、SVSWR法

1. 狭ビームアンテナ及び仰角制御を用いて**直接波のみ受信する**測定環境を提案した
2. 試験ごとに床面に追加敷設する電波吸収体が不要となる
3. GHz 帯の測定空間評価方法である SVSWR法の要求を満たす測定手法である

## ■研究の目的

近年、製品の高周波化の影響を受け EMI 測定の規制は、GHz 帯に拡大している。GHz 帯の EMI 測定では、反射波の影響を防ぐために床面に電波吸収体を追加敷設し、自由空間を模擬している。しかし、実際にはこの追加の電波吸収体の吸収特性や敷設方法などが測定結果に影響を及ぼす問題がある。本研究では、追加敷設する電波吸収体を用いずに GHz 帯の EMI 測定環境を提案することである。

## ■研究内容

## (1) 従来手法との比較

従来手法を図 1 に示す。床面に追加敷設した電波吸収体によって反射波を減衰させることで、国際規格 CISPR16-1-4 で規定する測定空間の要求事項 (SVSWR が 6dB 以内) を満たしている。

提案手法を図 2 に示す。狭ビームアンテナ (反射波を受信しないアンテナとして今回定義している) を用いることで直接波を受信し、反射波への受信感度を大きく下げることにより測定空間の要求事項を満たしている。床面への電波吸収体の追加は不要となる。

受信アンテナの高さを上げたときに発生する不感帯を防ぐため、仰角制御を行っている (図 3 参照)。

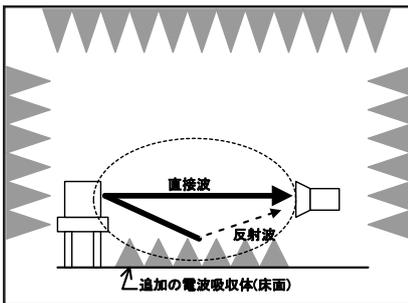


図 1. 従来手法の概要図

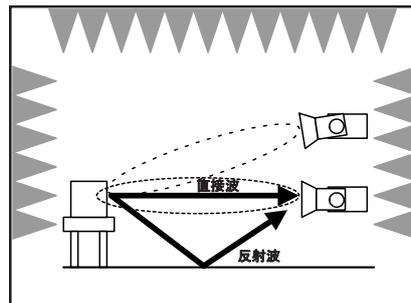


図 2. 提案手法の概要図



図 3. 狭ビームアンテナと仰角制御

## (2) SVSWR 法による評価

GHz 帯の測定空間の有効性は、国際規格 CISPR16-1-4 に規定されている SVSWR 法で評価される。従来手法と提案手法の評価結果を図 4 及び図 5 に示す。図 5 より、本提案手法は GHz 帯の EMI 測定空間の要求事項を満足していることを確認した。

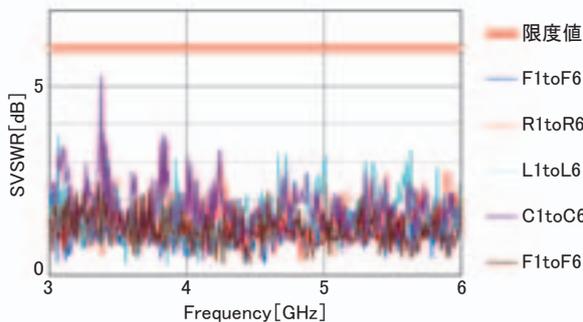


図 4. SVSWR 法 (従来手法) の結果

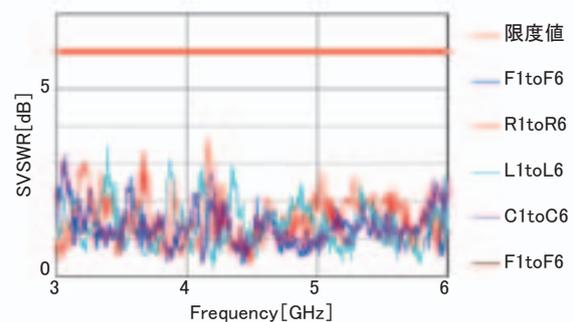


図 5. SVSWR 法 (提案手法) の結果

## ■研究の新規性・優位性

測定空間として不連続性がなく、測定エリア内であれば場所の依存性を受けない。

## ■産業への展開・提案

新規の測定手法として提案し、試験所間の差の低減及び測定結果の安定性に貢献する。

\*1) 電子・機械グループ

## 誘電率測定の不確かさ評価

○加藤 悠人<sup>\*1)</sup>、堀部 雅弘<sup>\*1)</sup>、飴谷 充隆<sup>\*1)</sup>、黒川 悟<sup>\*1)</sup>

## ■キーワード 誘電率、電磁波、計量トレーサビリティ

1. 材料の誘電率計測技術とそのトレーサビリティの確立
2. 反射伝送法と共振法について不確かさ評価手法を開発
3. 2017年度までに誘電率の計量標準整備を予定

## ■はじめに

昨今の電磁波利用の高周波化を受けて、広帯域にわたる材料評価技術のニーズが拡大している。また、さまざまな分野・材料で電磁波利用が進むにつれ、異業種間における測定結果の同等性の保証、つまりトレーサビリティが不可欠となってきている。産総研では、このような要求を踏まえ、誘電率の計量標準の供給に向けて、誘電率計測技術とその不確かさ評価手法の開発を行っている。

## ■研究内容

## (1) 誘電率標準の整備計画

誘電率の計量標準は計量標準整備計画<sup>[1]</sup>に沿って整備を行う予定である(表1)。測定方法としては、高損失材料評価については反射伝送法、低損失材料評価については共振法の利用を検討しており、現在、計測技術とその不確かさ評価手法の開発を行っている。また、測定の国際同等性を確保するために、日本が幹事国となり、9カ国が参加する誘電率測定の国際比較を計画中で、技術プロトコルの作成を進めている。

## (2) 反射伝送法

この方法は高損失材料評価に適し、材料に入射した電磁波の反射・透過量から誘電率を求める。周波数に応じて、材料を同軸線路や導波管に封入する同軸・導波管法とアンテナを用いるフリースペース法に分類される。産総研では、誘電率算出方法と測定機器の校正方法を検討し、不確かさを最小にする測定システムを開発した<sup>[2]</sup>(図1)。また、2種類のミリ波帯材料評価装置を整備した(図2、測定範囲: 30~330 GHz)。

## (3) 共振法

この方法は低損失材料評価に適し、共振器に試料挿入前後の共振周波数とQ値の変化から誘電率を求める。産総研では、Split cylinder 共振器(20, 28, 35, 40, 50 GHz)を整備し、共振パラメータ抽出方法と測定機器の校正方法を検討することで、不確かさを最小にする測定システムを開発した<sup>[3]</sup>(図3)。

## ■まとめ

産総研では誘電率計測のトレーサビリティの確立に向けて、計測技術と不確かさ評価手法の開発を進め、依頼試験の実施や標準物質の供給、国内巡回試験の推進などを通して、開発した技術の社会還元を行う予定である。

## 参考文献

- [1] 経済産業省ホームページ: [http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/sangi/keiryo\\_hyojun/report\\_01.html](http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/sangi/keiryo_hyojun/report_01.html)  
 [2] Y. Kato *et al.*, IEEE Trans. on Instrum. Meas., Vol.64, No.6, pp.1748-1753 (2015)  
 [3] Y. Kato, M. Horibe, IEICE Trans. Electron., Vol.E97-C, No.6, pp.575-582 (2014)

表1. 誘電率標準の整備計画

整備計画	周波数帯	材料定数の範囲
2017年度まで	1-30 GHz	$\epsilon_r < 10, \tan \delta \sim 10^{-4}$ (低損失材料)
2022年度まで	1-110 GHz	$\epsilon_r < 30, \tan \delta \sim 0.01$ (高損失材料)

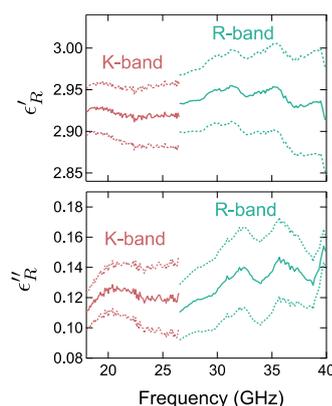


図1. 誘電率とその95%信頼区間

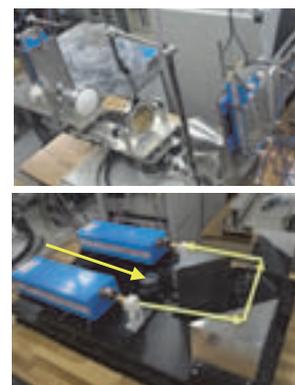


図2. ミリ波帯材料評価装置

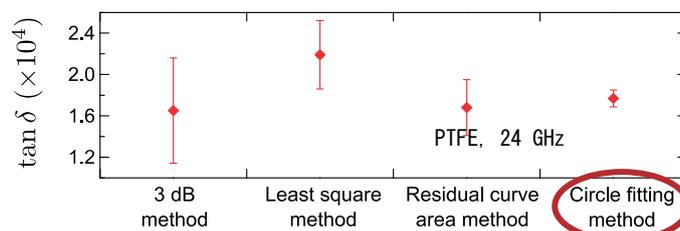


図3. 誘電正接とその95%信頼区間(共振パラメータ抽出方法で比較)

\*1) 国立研究開発法人産業技術総合研究所

## 製品内部における伝導妨害波の伝搬モード変換モデルの検証

○大橋 弘幸<sup>\*1)</sup>、渡部 雄太<sup>\*1)</sup>、大森 学<sup>\*1)</sup>

## ■キーワード EMC、伝導妨害波、雑音端子電圧、ノイズ対策

1. 伝導妨害波測定における製品の内部回路を汎用的な等価回路に置き換える手法を検討
2. 等価回路のパラメータは製品の電源端子から周波数特性を測定し、決定する
3. 製品の設計情報がなくても実施できる簡便なノイズ対策シミュレーション

## ■研究の目的

本研究では、内部回路が不明な製品に対してノイズ対策部品を取り付けた場合の伝導妨害波の抑制量を計算する手法として、製品を汎用的な等価回路に置き換える手法を検討した。伝導妨害波の発生源として代表的な製品であるスイッチング電源のパラメータを使用し、対策後の伝導妨害波について計算結果と実測結果を比較した結果、本手法の有効性を確認できた。

## ■研究内容

## (1) 伝導妨害波測定の等価回路

提案した伝導妨害波測定系の等価回路図を図1に示す。伝導妨害波はEUT内部のノイズ源 $V_{0a}$ 、 $V_{0b}$ に起因して発生し、電源線のL-PE間、N-PE間を伝搬し、EMIレシーバの入力インピーダンス $Z_{mesa}$ 、 $Z_{mesb}$ の端子電圧 $V_l$ 、 $V_n$ として測定される。

## (2) 実験手順

スイッチング電源に対して提案手法を用いて実験を行った。まず、等価回路のインピーダンス $Z_a$ 、 $Z_b$ 、 $Z_c$ を決定するため、電源端子間(L相、N相、PE)のインピーダンスの特性をネットワークアナライザで測定した。つづいて、ノイズ源電圧 $V_{0a}$ 、 $V_{0b}$ は伝導妨害波の測定結果 $V_l$ 、 $V_n$ から式(1)より求めた。

次に、電源端子にコンデンサ(L-PE間)を取り付けた場合の伝導妨害波の大きさを等価回路に基づいて計算し、実測結果と比較した。

## (3) 結果

計算結果が図2(a)、実測結果が図2(b)である。電源端子L-N間で発生するノーマルモードの伝導妨害波は実測結果と比較して平均で4.6dBの誤差範囲内で算定できた。実用にはさらなる精度向上が必要だが、本手法により対策部品による伝導妨害波への影響を推定できる。

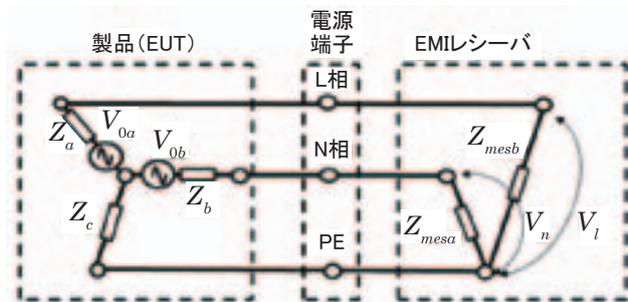


図1. 伝導妨害波測定系の等価回路

$$\begin{bmatrix} V_{0a} \\ V_{0b} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{Z_a + Z_c + Z_{mesa}}{Z_{mesa}} & \frac{Z_c}{Z_{mesb}} \\ \frac{Z_c}{Z_{mesa}} & \frac{Z_{mesb}}{Z_b + Z_c + Z_{mesb}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_l \\ V_n \end{bmatrix} \quad \dots \text{式(1)}$$

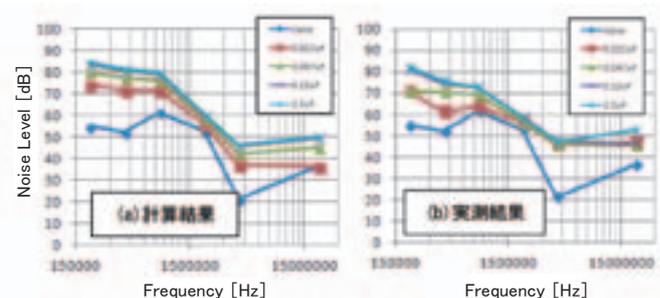


図2. ノイズ対策後の電動妨害波

## ■研究の新規性・優位性

特定の製品を回路モデル化し、伝導妨害波のシミュレーションをする試みは一般的である。しかし製品を限定せずにノイズ対策時の伝導妨害波を計算する手法の取り組みは行われていない。

## ■産業への展開・提案

- ①試験段階におけるノイズ対策支援
- ②ノイズフィルタの設計支援

## 参考文献

[1] 大橋弘幸, 研究報告, Vol.7, pp.78-81 (2012)

\*1) 電子・機械グループ

## 2ch ベクトルシグナルアナライザを用いた EMI 電磁波の位相測定

○ 飴谷 充隆<sup>\*1)</sup>、黒川 悟<sup>\*1)</sup>

■ キーワード ベクトルシグナルアナライザ、空間位相測定、放射妨害波計測

1. 2ch のベクトルシグナルアナライザにより**放射妨害波の空間位相測定**が可能に
2. 空間位相測定により、**外来波と所望波の識別**、**近傍界遠方界変換**などを実現
3. 電波暗室内ではない**実環境における放射妨害測定**の**精度向上**（設置場所試験等への応用）

## ■ 背景

近年、電子情報通信機器に対する放射妨害波試験（EMI 試験）の必要性が高まっている。正確な EMI 試験を実施するためには、電波暗室の利用が不可欠であるが、その維持・管理には大きなコストが発生する。また、装置が大型となるパワーエレクトロニクス機器等では、装置単体では試験を合格していても、他の接続機器との相互影響によって、設置場所において新たな放射ノイズが発生してしまうことが報告されており、設置場所での放射 EMI 試験法標準化の重要性が高まっている。

このような背景を踏まえて、当研究グループでは、EMI 試験対象品の設置場所において、電波暗室内での計測と同精度の結果を得ることが可能な近接 EMI 試験法の開発を目指して研究を行っている。

## ■ 研究内容

## (1) 提案システムの構成

提案するシステムは図 1 に示す 3 つの装置（2ch ベクトルシグナルアナライザ、台車ロボット、光マイクロ波伝送装置）から構成される。2ch ベクトルシグナルアナライザの一方のチャンネルに位置固定のダイポールアンテナを接続し、もう一方のチャンネルに走査用ダイポールアンテナを光マイクロ波伝送装置を経由して接続する。走査用ダイポールアンテナは、台車ロボットに装着し、台車ロボットで EUT の周囲を動かすことによって、チャンネル間の位相差分布（＝空間位相）を計測する。

## (2) 測定結果

500 MHz の放射妨害波が EUT から放射され、495 MHz の外来波が存在している測定環境において、EUT の周りの位相差分布を上記のシステムを用いて測定した。測定結果を図 2 に示す。図から分かるように、EUT から放射される 500 MHz の電磁波の位相差は EUT から同心円状に放射されるため位相変化が小さいが、495 MHz の信号は外来波であるため、波面が平面に近く、EUT の周囲では位相変化が大きくなることが確認できる。以上のことから、空間位相分布を測定することで外来波と所望波を識別することが可能であることが分かる。

## ■ まとめと今後の展開

2ch ベクトルシグナルアナライザによる空間位相分布測定によって、外来波と所望波の識別が可能となることを示した。今後は近傍界遠方界変換理論<sup>[1]</sup>によって、EUT から 1 m の距離の電界分布の測定結果から 3 m 及び 10 m 距離における電界強度の推定を行う予定である。また、具体的な設置場所試験法の開発及び国際標準化を行う予定である。

## 参考文献

- [1] Stuart Gregson *et al.*, Principles of Planar Near-Field Antenna Measurements, IET Electromagnetic waves series 53 (2007)

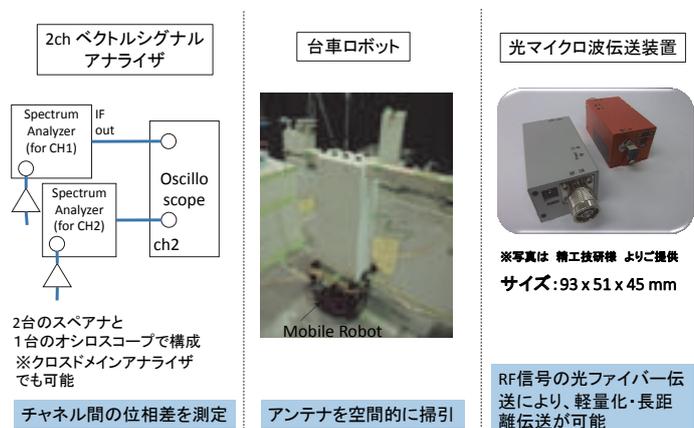


図 1. 提案システムの構成装置

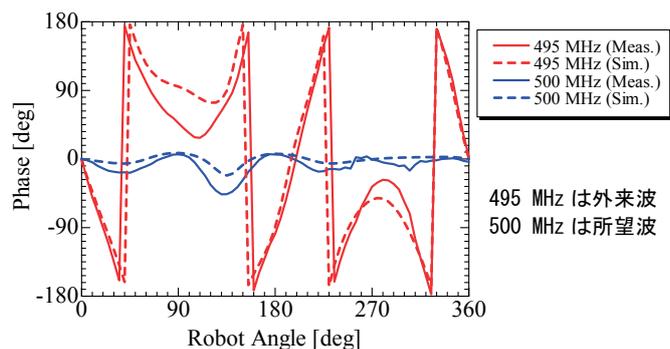


図 2. 外来波と所望波の位相差分布測定結果

\*1) 国立研究開発法人産業技術総合研究所

**6月25日(木)**

**研修室242**

**エレクトロニクス**

## プログラマブル SoC による液面センサの開発

○村井 弘道<sup>\*1)</sup>、小針 保明<sup>\*2)</sup>、小針 良寛<sup>\*2)</sup>、川又 剛<sup>\*3)</sup>

### ■キーワード 液面センサ、PSoC、レベルスイッチ

1. プログラマブル SoC による再設計のメリット
2. センサのインテリジェント化
3. アナログ信号処理のソフトウェア処理化

### ■はじめに

本開発は既存のディスクリート部品で構成された液面センサを Cypress 社のプログラマブル SoC である PSoC3 で再設計を行い、ディスクリート部品の削減と PSoC3 内の MCU を利用したセンサのインテリジェント化を行った。これにより、センサの仕様変更に対する柔軟性、デジタル信号処理によるノイズ耐性の向上、異なる比誘電率の液体に対するセンシングが可能となるなど、多くのメリットが得られたので報告する。

### ■開発概要

#### (1) センサの概要

液面センサは同軸電極構造を有しており、その静電容量を計測することによって既知の比誘電率を有する液体のレベルを計測するものである。ここでは図1に示す船用エンジンのオイルレベルを監視するレベルセンサを最新の Automotive Grade の PSoC3 で再設計を行った。



図1. 液面センサ（レベルスイッチ）

#### (2) 液面レベル計測原理

液面レベルの計測は予め定められた周波数の信号で電極間の静電容量を計測することによって求める。PSoC3 では、この信号源として DMA と DAC を使用し水晶発振器精度の信号を生成し計測信号として利用している。フロントエンド回路では、PSoC3 内のアナログモジュールで構成した計装アンプに必要な信号を生成する。計装アンプで増幅された信号は ADC でデジタル化され、MCU では、ノイズ除去等のデジタル信号処理を行った後に液面レベルの算出処理を行う。また、MCU では、液面低下等のアラームを出力するか否かの判断を液面レベルの時系列値から行う。



図2. 静電容量計測（都産技研試作加工室）

#### (3) プログラマブル SoC のメリット

既設計システムをプログラマブル SoC、特に今回のようにアナログ回路も含めた SoC とすることで、アナログ部品の使用個数を大幅に削減し、回路の安定度を高めることが可能となった。また、アラーム出力等は、時系列の過去値からメジアン、異常値排除等の統計処理を行うことによって、不必要なアラーム出力を行わないなどセンサとしての安定度も向上させることが可能となった。

#### (4) 今後の展開

今回使用した PSoC3 では、演算能力の制約からフロントエンド回路でのアナログ処理が必要であったが、上位の PSoC5 では演算能力が大幅に向上していることから、フロントエンド回路を簡略化し、所要の信号レベルまで増幅した後、直ちに ADC を行いアナログ処理の大部分をソフトウェアで実行可能となると予想される。この手法を共通基盤とし、各種センサへの応用を行っていきたい。

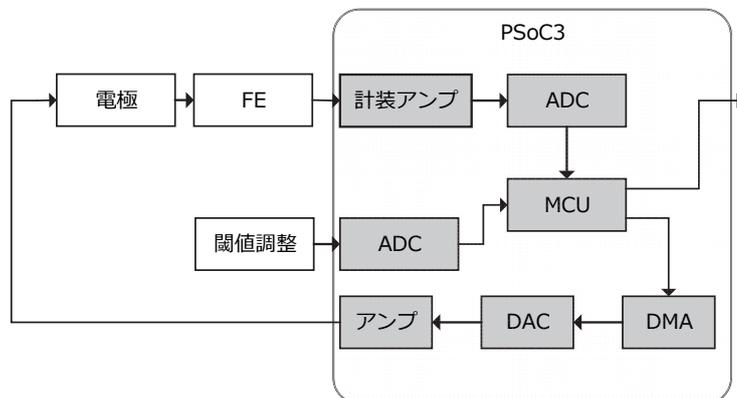


図3. PSoCによるブロック構成

\*1) 株式会社ティ・エフ・ディ、\*2) 株式会社大洋バルブ製作所、\*3) マルカワテクナート

## デスクトップ温調機 [PELNUS] 高機能モデルの開発

○野村 健司 \*1)

### ■キーワード 共同開発、温調機、マイコン基板、カスタマイズ

1. 既存製品をマイコン制御化することで低コスト、高信頼性を両立
2. 機能の追加や変更などのカスタマイズにも短期間で柔軟に対応可能
3. 都産技研との共同開発で製品の高機能化が実現

### ■目的、背景

「PELNUS」(図1)とは、“-55℃から+150℃までの温度をデスクトップで制御する装置”である。半導体の熱負荷試験など、試験体の温度を正確にコントロールすることが求められる用途に適している。

既存製品の電氣的制御部分は、デジタル温度調節器とリレーの組み合わせによって実現していた。客先から各種カスタマイズや、機能の変更、追加を求められた際は、その都度リレーの追加や配線の変更で対応しており、配線の煩雑化による誤配線のリスク、リレーの On/Off では制御しきれない機能への対応などの課題が生じていた。

そこで、機能の追加や変更、カスタマイズにも短期間で柔軟に対応でき、信頼性の高い高機能モデルの開発が必要であった。

### ■取り組み内容

機能の追加・変更に対応するための方式を検討した結果、各種センサーやリレーをマイコンによる制御に変更し、ソフトウェアの変更で対応することが最適との結論に至った。そこで、既存製品の機能や、すでに使用頂いている客先からのフィードバック、そして今後求められるであろう機能の分析をトータルで行い、都産技研のアドバイスを得ながらマイコン制御化の仕様を策定した。客先要求に応じて、機能をソフト的に変更することが可能な形とすることで、配線もシンプルになり、製造工数や部材を減らすことに成功した。

さらに、新規でマイコン基板(図2)を開発するにあたり、今後の拡張性を考慮し、絶縁された入力4系統、オープンドレイン出力4系統、オープンドレイン出力とリレー出力の二種類から選択できる出力2系統を用意し、汎用性の高い入出力を実現した。このことも、配線のしやすさに寄与している。

また、既存製品内部の配線や部材レイアウトの見直しを行ったことで、ソフトウェアはもちろん、製品全体のハードウェアの信頼性も向上した。

都産技研が基板回路設計とソフトウェアの基本設計の面から、弊社がハードウェア面からと、両方向からの最適化を行うことで、製品の大きな特徴の一つでもある「小型」というメリットが損なわれることなく、高い柔軟性と信頼性を両立させた高機能化が実現した。



図1. デスクトップ温調機「PELNUS」



図2. 新規開発したマイコン基板

### ■今後の展開

現在まで、「PELNUS」は大手企業の開発チームや研究チームを中心に採用されている。将来的に「PELNUS」は、単体で熱損失測定器として機能する技術革新的な装置へ発展させ、広く世界へ広めて行くことを目指し、引き続き都産技研と共同研究を進めている。

\*1) キーナスデザイン株式会社

# 低ひずみ出力を実現できる単相7レベル変換器の検討

○綾野 秀樹<sup>\*1)</sup>、大隅 竜太<sup>\*1)</sup>

■キーワード マルチレベルインバータ、7レベルインバータ、THD、二次電池

1. 線間電圧が7レベルとなる単相インバータを実現
2. 従来のアドバンスド型3レベルインバータと同じ構成で直流電圧源は電圧値を2:1に設定
3. 電圧 THD を従来の2レベルインバータの約1/3、3レベルインバータの約2/3に低減

## ■はじめに

電力変換器においては、出力電圧の高品質化が求められており、多段出力が可能なマルチレベル変換器が検討されている。従来のマルチレベル変換器は、多数のスイッチング素子を用いて構成するため、制御回路の複雑化やドライブ回路数の増加が生じる。しかし、マルチレベル変換器は、電圧ひずみの低減を少ないスイッチング回数で実現でき、スイッチング損失の低減にも貢献できる。本研究では、二次電池を用いたシステムを対象に単相7レベルインバータを製作し、電圧 THD の低減効果を評価する<sup>[1]</sup>。

## ■検討内容

### (1) システム構成

図1に、提案する単相7レベルインバータのシステム構成を示す。制御回路では、マイコンで指令値を演算し、ゲートドライブ回路を介してスイッチ素子にゲート駆動信号を与える。主回路構成は、アドバンスド型3レベルインバータと同等であり、DCリンク間に上下アームのスイッチ素子を接続し、その中点と2個の電圧源の中点の間に逆直列接続した2個のスイッチ素子を設けている。提案システムの特徴は、一方の電圧源の電圧値を他方の2倍に設定している点である。測定では、一方を80V、他方を40Vとしている。スイッチ素子にはIGBTを使用した。キャリア周波数は2kHz、デッドタイムは3μsとしている。図2に周波数50Hz、振幅120Vの正弦波指令を与えた場合の実測波形を示す。変化幅が7段の線間電圧を良好に出力していることを確認できる。

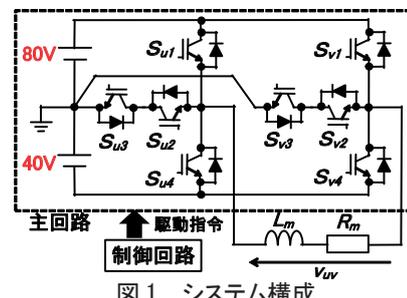


図1. システム構成

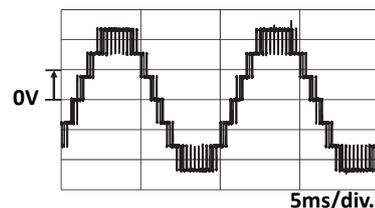


図2. 線間電圧波形

### (2) 電圧 THD の評価

図3に、出力線間電圧の指令をパラメータとして変化した電圧 THD の評価結果を示す。提案方式における実測結果は、シミュレーション結果と極めてよく一致している。この結果から、シミュレーションの妥当性を確認できる。提案方式と従来方式を比較した結果、いずれの出力電圧においても提案する7レベルインバータの電圧 THD が最も小さいことが確認できる。線間電圧指令が120Vの場合の電圧 THD は、従来の2レベルインバータ、3レベルインバータ、提案する7レベルインバータがそれぞれ52%、27%、18%となり、提案方式の電圧 THD は2レベルインバータの1/3、3レベルインバータの1/2となる。

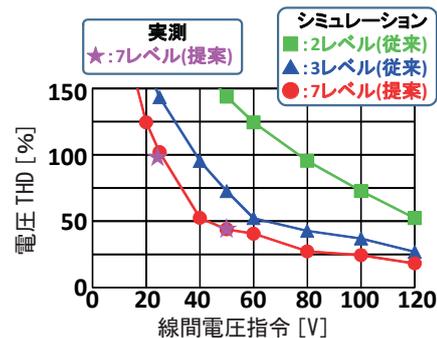


図3. 電圧 THD の特性

## ■まとめ

従来のアドバンスド型3レベルインバータと同じ回路構成で素子数を増価させることなく、一方の直流電圧源を他方の2倍となるように設定した単相7レベルインバータの制御手法を提案した。さらに、ミニモデルを製作し、提案する7レベルインバータが良好に波形を出力できることを実測により確認した。また、シミュレーションと実測により電圧 THD を評価し、電圧 THD を従来の2レベルインバータの約1/3に、3レベルインバータの約1/2に低減可能であることを示した。

### 参考文献

[1] 綾野秀樹, 大隅竜太, 坂本祥太郎, 松井義弘, 電気学会論文誌 D, Vol.134, No.10, pp.904-912 (2014)

\*1) 東京工業高等専門学校

## 狭間隔部品実装技術を用いた部品内蔵基板の開発

○菊地 克弥<sup>\*1)</sup>、氏家 昌章<sup>\*2)</sup>、青柳 昌宏<sup>\*1)</sup>、高山 慎也<sup>\*2)</sup>

■キーワード 狭間隔部品実装技術、部品内蔵基板、電源ネットワークインピーダンス

1. 0.1mmの狭間隔部品実装技術を部品内蔵基板（部品内蔵インターポーザ）へ応用
2. 0402サイズキャパシタ部品内蔵インターポーザによる超低電源インピーダンス化に成功
3. 将来の低消費電力で高速な信号処理に対応できる三次元LSI集積回路システムに寄与

### はじめに

情報ネットワーク社会の実現には、携帯情報端末などの電子機器の高性能化が不可欠である。これまで電子機器に使用されるLSIは、最小構成単位であるトランジスタを微細化することにより高性能化・高集積化してきた。しかし、次世代以降のトランジスタ技術では、寸法が小さいため素子間の特性ばらつきの問題が顕在化し、製品の歩留まりが著しく低下すると懸念されている。そのため、トランジスタの微細化によらず、電子機器全体の処理性能を向上させることが必要であり、これに応える技術として三次元LSI集積回路技術が注目を集めている。

また、医療機器、自動車、ロボット、産業機器、情報通信機器、情報家電などの幅広い産業で電子機器が使用され、総エネルギー消費量のうち電子機器が占める割合が年々増加している。そのため、省エネルギーへの取り組みは優先度の高い課題となっている。電子回路の消費電力を削減するには、電源電圧をより低くする必要があるが、電源ノイズの許容量も小さくなるため、電源ネットワークを高周波帯域まで超低インピーダンス化し、電源ノイズの発生を抑制することができるパッケージ基板（インターポーザ）が求められている。そのため、超広周波数帯域に超低電源ネットワークインピーダンスを実現する部品内蔵基板（以下、部品内蔵インターポーザという）を開発したので、その結果について報告する。

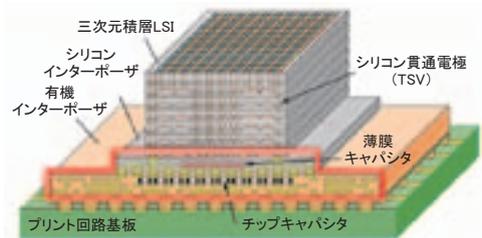


図1. 三次元LSI集積回路システム

### 0.1mm狭間隔部品内蔵インターポーザ

三次元LSI集積回路システムの電源供給系の根幹を成すキャパシタ内蔵インターポーザとして、薄膜キャパシタ内蔵シリコンインターポーザ等の開発を行ってきたが、シリコンインターポーザは半導体プロセスにて製造されること、基板サイズが最大で直径300mmになることからインターポーザの取れ数が少ないことにより、インターポーザ1個の価格が高くなる傾向がある。そのため、基板サイズが大きく、またプロセスコストの大幅な低減が可能な有機樹脂による新たな高機能インターポーザの開発を試みた。今回、アリーナの保有する0.1mm間隔の狭間隔部品実装技術をインターポーザ内層部に応用して0402サイズのキャパシタを高密度に実装し、超広周波数帯域で超低インピーダンスの電源ネットワークを持つ高機能な部品内蔵インターポーザを開発した。高い信頼性を持つ0402サイズチップキャパシタ部品をインターポーザに内蔵することでも、10GHzまで0.1Ω以下の電源ネットワークを実現でき、将来の三次元LSI集積回路システム等含めた低消費電力かつ高機能な実用レベルの電子システムに大きく貢献できると期待される。

### まとめ

アリーナが保有するチップ部品の狭間隔実装技術をキャパシタ内蔵インターポーザに応用した、狭間隔チップキャパシタ部品内蔵基板（部品内蔵インターポーザ）を開発した。今後、アクティブデバイスを用いてデバイス動作時の電源ノイズの影響について検証する予定である。

### 参考文献

- [1] 菊地克弥他, 第24回マイクロエレクトロニクスシンポジウム予稿集, pp.73-76 (2014)

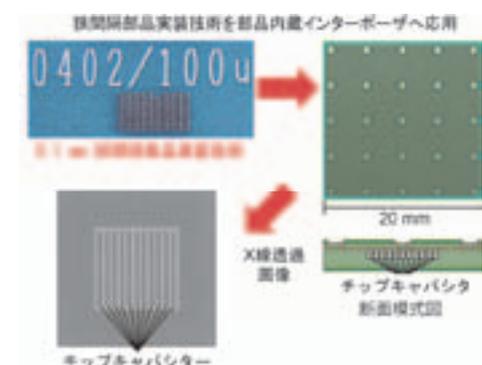


図2. 狭間隔部品内蔵インターポーザ

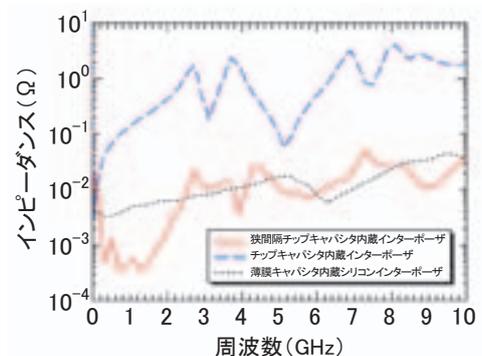


図3. 電源インピーダンスの周波数特性

\*1) 国立研究開発法人産業技術総合研究所、\*2) 株式会社アリーナ

**6月25日(木)**

**研修室243**

**品質強化**

# 都産技研における JNLA 登録試験（鉄鋼・非鉄金属分野：金属材料引張試験）

○櫻庭 健一郎<sup>\*1)\*2)</sup>、小船 諭史<sup>\*1)\*2)</sup>、森口 正夫<sup>\*1)\*2)</sup>、新垣 翔<sup>\*1)\*2)</sup>

■キーワード JNLA、鉄鋼・非鉄金属分野、金属材料引張試験、国際 MRA

1. 金属材料引張試験の品質強化
2. 第三者機関による認定で**試験結果の信頼性を保証**
3. **国際的に通用**する試験報告書の発行（国際 MRA 対応）

## ■背景

金属材料の「引張強さ」は、製品の安全性を確保する重要な因子の一つであり、各材料について JIS にも規定されている。この「引張強さ」は製品の破壊強度に直接関係することから、検査値の信頼性保証は必要不可欠である。都産技研では、「引張強さ」の測定方法である金属材料引張試験（JIS Z 2241）について、試験結果の信頼性確保（品質向上）及び国際的に通用する試験報告書の発行を目指し、JNLA（試験事業者登録制度）の登録認定を試みた。

## ■金属材料引張試験に係る測定値の不確かさ評価

### (1) 金属材料引張試験概要

金属材料引張試験は、JIS Z 2241 に規定されるダンベル形試験片（図 1）を用いて行われる。試験片に対し、一軸試験機により定速度で引張荷重を加え、試験片を破断させる（図 2）。この時に得られた試験荷重から、次式にて引張強さ  $R_m$  を算出する。

$$R_m = F_m / S_0 \dots \dots \dots (1)$$

( $F_m$  : 最大試験力、 $S_0$  : 試験片平行部の原断面積)

### (2) 引張強さの不確かさ算出

引張強さの不確かさ要因を図 3 に示す。引張強さ測定の合成標準不確かさ  $u_c$  は、次式から導かれる。

4号試験片の場合

$$u_c = \sqrt{(c_d \times u_d)^2 + (c_F \times u_F)^2} \dots \dots \dots (2)$$

( $u_d$  : 長さ起因する標準不確かさ、 $u_F$  : 最大試験力測定に起因する標準不確かさ、 $c_d$  及び  $c_F$  : 感度係数)

ここで、長さ起因する標準不確かさは、①マイクロメータの校正値の標準不確かさ、②マイクロメータ使用時の温度による標準不確かさ、③マイクロメータの器差による標準不確かさ、④マイクロメータの分解能による標準不確かさ、⑤直径測定作業の繰り返し性による標準不確かさからなり、最大試験力測定に起因する標準不確かさは、①一軸試験機の校正値の標準不確かさ、②一軸試験機使用時の温度による標準不確かさ、③一軸試験機の偏差による標準不確かさ、④一軸試験機の分解能による標準不確かさ、⑤引張強さ試験作業の再現性による標準不確かさからなるとした。それぞれの不確かさ要因について評価を行った結果、都産技研における引張強さ測定の拡張不確かさ（4号試験片の場合）は、2.1% ( $k=2$ 、信頼性の水準約 95%) となった。

### (3) JNLA 登録認定

本取組みの結果、JNLA 登録認定を受けることができた。

## ■今後の展開

工業製品の安全性確保において、製品・材料の強度評価試験は必要不可欠である。今後は、硬さ試験等の材料試験及び製品（ねじ・ボルト等）の強度評価試験についても試験所登録認定を目指す。信頼性の高い強度評価試験を提供し、都内中小企業の更なる国際競争力向上を支援する。

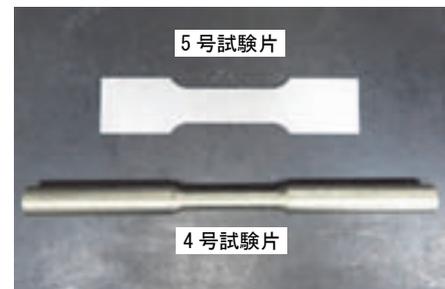


図 1. 試験片形状

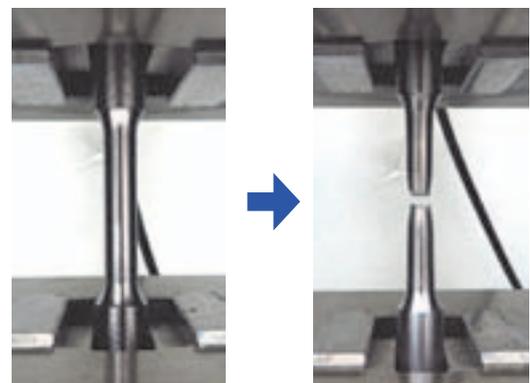


図 2. 金属材料引張試験方法

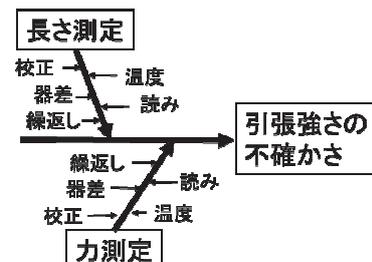


図 3. 引張強さの不確かさ要因

\*1) 実証試験セクター、\*2) 品質保証推進センター

## JCSS 直流抵抗器校正における品質の維持・管理への取り組み

○倉持 幸佑<sup>\*1)\*2)</sup>、佐々木 正史<sup>\*1)\*2)</sup>、沼尻 治彦<sup>\*1)\*2)</sup>

■キーワード 直流抵抗器、ISO/IEC 17025、JCSS

1. 信頼性確保のための取り組み
2. 校正担当者の違いによる信頼性の評価
3. 品質の維持・管理における信頼性の向上

## ■背景

都産技研では、平成18年度からJCSS（計量法校正事業者登録制度）登録認定を受け、その電気区分では直流抵抗器のJCSS校正を依頼試験として行っている。実際の校正において、測定値自体の信頼性が確保されていることはもちろん重要であるが、それ以外においても品質の維持・管理を行うためにさまざまな取り組みを行っている。本報告では、その取り組みの内容について詳しく述べる。

## ■取り組み内容

## (1) 校正担当者の違いによる信頼性の評価

ISO/IEC 17025において、品質の維持・管理のために重要な項目の一つとなるのが、校正担当者の違いによる信頼性の評価である。担当者の力量の違いによって結果が異ならないよう、管理規定で校正手順等を定めている。その上で、都産技研では校正担当者の資格付与認定時や技術能力維持のため、定期的に内部で「測定監査」を実施することで信頼性を高めている。

## (2) 測定監査の手法

表1に示す公称値1Ωの標準抵抗器を使用して測定監査を行った。特定二次標準器を基準として、図1に示すようなデジタルマルチメータを用いた抵抗比較校正法により、被校正器の抵抗値及び不確かさを算出した。測定監査では、外部の技能試験を受けた測定者の結果を参照値として、監査対象者の評価を行った。これにより、技能試験を受けていない測定者の信頼性の確保が可能となる。評価手法は、JIS Q17043の附属書B（技能試験の統計手法）に記載されたEn値を用いた。En値の算出式を式1に示す。

$$En = \frac{x - X}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}} \quad (\text{式1})$$

x：監査対象者の測定値

X：参照値

 $U_{lab}$ ：監査対象者における測定値の拡張不確かさ（ $k=2$ ） $U_{ref}$ ：参照値の拡張不確かさ（ $k=2$ ）

## (3) 監査結果の判定

例として、平成27年4月に行った監査結果を図2に示す。測定は、測定者A、B、Cの3名で行い、測定者Aを参照値として測定者B、Cの評価を行った。図中のプロット及びエラーバーは、それぞれ抵抗値と拡張不確かさを表している。En値は、管理規定により $|En| \leq 1.0$ であることが定められている。式1よりEn値を算出した結果、測定者B、Cともに規定範囲以内であった。したがって、校正担当者としての十分な技術能力が認められ、校正結果における信頼性が確認できた。

## ■まとめ

今回の測定監査により、校正担当者の違いによる信頼性の評価ができ、JCSS 直流抵抗器校正における品質の維持・管理について、より一層の信頼性向上を図ることができた。

表1. 使用機器

機器名 / 公称値	型式
特定二次標準器 / 1Ω	Leeds & Northrup 4210
被校正器 / 1Ω	Leeds & Northrup 4210



図1. 直流抵抗器校正システム

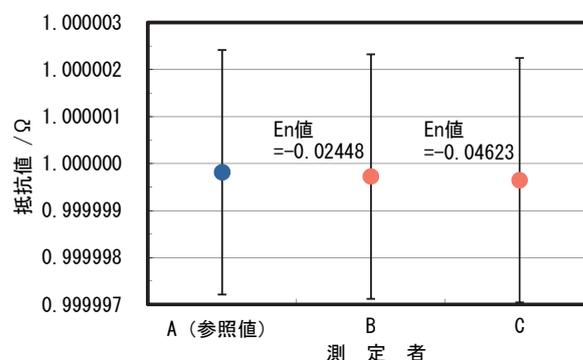


図2. 測定者ごとの結果とEn値

\*1) 実証試験セクター、\*2) 品質保証推進センター

## 直流電圧校正の不確かさ評価

○水野 裕正 <sup>\*1)\*2)</sup>、沼尻 治彦 <sup>\*2)\*3)</sup>、佐々木 正史 <sup>\*2)\*3)</sup>

■キーワード 直流電圧 (direct voltage)、校正 (calibration)、traceability、不確かさ (uncertainty)

1. 国際規格 ISO/IEC17025 準拠の直流電圧校正方法を確立した
2. 直流電圧校正作業の自動化が可能となり、校正作業の効率化が図れた
3. 電圧検出器にデジタルマルチメータを使用することで不確かさが低減化され、信頼性が向上した

### ■研究の目的

製品の信頼性や安全性を確保するために、計測器のトレーサビリティを証明する校正が重要となっている。また、品質管理の技術的根幹である計測手法及び結果表示の国際規格準拠が求められている。本研究は、製造業等で基準器として使用しているキャリブレータ（直流電圧）の校正について ISO/IEC17025 及び ISO-GUM に準拠する校正方法を確立し、依頼試験等で中小企業に標準供給することを目的とした。

### ■研究内容

#### (1) 直流電圧の校正方法

直流電圧の校正システムを図1に示す。都産技研の直流電圧校正システムは国家標準につながる日本電気計器検定所にて年1度、電圧発生装置の10Vを校正してトレーサビリティを確保している。この基準の10Vと分圧器を使用してキャリブレータ（直流電圧）を校正している。



図1. 直流電圧の校正システム

#### (2) 分圧器の校正

直流電圧の校正回路を図2に示す。図2の左側に表示しているR1-1からR5の抵抗器で分圧器を構成している。R1-1とR1-2は10kΩ、R2からR5は20kΩを使用した。図2のセレクトスイッチを自動操作することで分圧比(0.8、0.6、0.4、0.2、0.1)が得られる。この分圧比の校正結果は、おおよそ0.02ppm、0.05ppm、0.03ppm、0.02ppm、0.02ppmの標準不確かさであった。

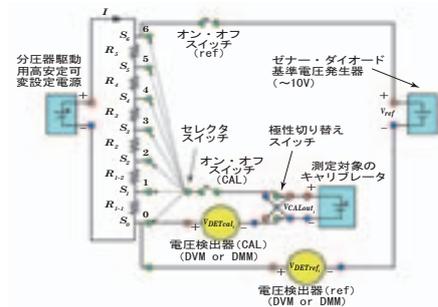


図2. 直流電圧の校正回路

#### (3) 数学モデルと不確かさ要因

ISO-GUMには不確かさ評価を行う時には数学モデル(式)を記載して行うこととなっている。数学モデルを式1に示す。

$$\begin{aligned}
 V_{CALout} &= I \cdot (R_5 + \Delta R_{5-out} + \Delta R_{5-in} + \Delta R_{5-imp} + \Delta R_{5-imp} + \Delta R_{5-out}) \\
 &\quad - \Delta V_{ref} + \Delta V_{ref-out} + \Delta V_{ref-in} + \Delta V_{ref-imp} + \Delta V_{ref-imp} + \Delta V_{ref-out} \\
 &\quad - (I \cdot R_{CAL}) + \Delta V_{CAL-out} + \Delta V_{CAL-in} + \Delta V_{CAL-imp} \\
 &\quad + (I \cdot R_{CAL}) + \Delta V_{CAL-out} + \Delta V_{CAL-in} + \Delta V_{CAL-imp} \\
 &\quad + \Delta V_{CAL-out-ther} + \Delta V_{CAL-out-ther} + \Delta V_{CAL-out-ther}
 \end{aligned}
 \tag{式1}$$

I: 極性(+、0、-)、Si: 電圧分圧比、Vref: 電圧発生装置、VDEtref: 基準電圧と分圧器出力電圧比較の電圧検出器、VDEtcali: キャリブレータの出力電圧と分圧器出力電圧比較の電圧検出器、ΔVCALout-ther: 切替スイッチの熱起電力で構成した。また、式1のΔ(デルタ)項も不確かさ要因を示している。

表1. 100Vレンジ校正結果と拡張不確かさ

100Vレンジ	校正結果 (V)	拡張不確かさ (k=2) (ppm)
100V	99.99962	4.7
80V	79.99973	4.7
60V	59.99978	4.7
40V	39.99983	4.7
20V	19.99991	4.7
10V	9.999949	4.7

#### (4) 100Vレンジの校正と不確かさ評価

基準である電圧発生装置の10Vと校正した分圧器を使用してキャリブレータ（直流電圧）の100Vレンジの校正を行った。表1に100Vレンジの校正結果と拡張不確かさを示す。100Vレンジのすべての拡張不確かさは4.7ppmであった。

### ■研究の新規性・優位性

直流電圧の校正と不確かさ評価の自動化が可能。自動化により校正作業の効率化が図れた。

### ■産業への展開・提案

- ① 依頼試験、技術相談
- ② 共同研究（製品開発支援）

\*1) 技術経営支援室、\*2) 品質保証推進センター、\*3) 実証試験セクター

## 世界に通用するトレーサビリティの確立した精密校正システムの開発

○沼知 朋之<sup>\*1)</sup>

## ■キーワード 精密校正、トレーサビリティ、ISO 対応

1. ゼナーダイオード電圧標準器等「安定した標準器を起点としたトレーサビリティの確立」
2. 高速かつ精密な「校正の自動化」の実現
3. ISO が要求する計測の不確かさ評価等面倒な事項に自動的に対応するシステムの開発

## ■背景

製品を製造すると安全性や国際規格への適合試験を行う必要がある。その際に使用する計測器も国際標準への適合を確認し、宣言することの重要性が増してきている。MTA ジャパン (株) は、この「計測器の国際標準への適合を確認」するためのシステムと、必要なハードウェアの開発を行っている。特に、2000年以降は、ISO の要求で「世界に通じる形で」工場の計測器と国家標準 (国際標準) とのつながりを示さないと先進国への輸出が困難になってきている。都産技研の「校正用」基準器は、各々の量 (直流電圧、抵抗、直流電流、交流電流等) 毎に国家標準とのトレーサビリティが確保されている。したがって、都産技研と共同研究を行い、トレーサビリティを確認することで国家標準 (国際標準) とトレーサブルであることが確認でき、宣言できることになる。

こうした背景のもとで MTA ジャパン (株) は、企業 (工場) の生産ラインで数多く使用されている DMM (Digital Multimeter) の全機能 (直流電圧、交流電圧、直流電流、交流電流、抵抗) 自動校正ソフトウェア及び基準器である Calibrator の全機能自動校正システム開発を完了し、販売を開始している。

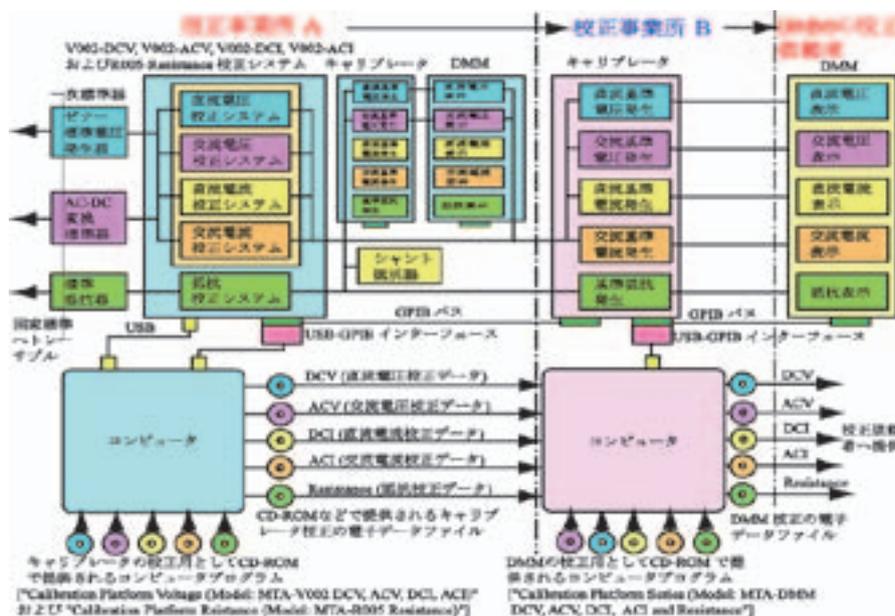
## ■システム全体の特徴

開発したシステムの特徴は以下の通り。

- (1) Calibrator の校正は実行できる校正事業者自身が非常に少ない (メーカ、指定校正機関、認定校正事業者のごく一部)。そうした校正事業者に校正を依頼しても1ヶ月以上かかる。今回のシステムを使用すれば数日で校正完了。(スピードアップ)
- (2) 校正点の数は、上記の既存校正事業者では限定されている。今回開発したシステムを使用すると、校正点は飛躍的に増加 (直線性を評価できる)、精度も向上、ISO から要求されている不確かさ評価も自動でできる。(精度向上、校正対象ポイント著増)
- (3) 面倒な不確かさ評価バジェットテーブルが自動作成される。(全ての校正点に対し)
- (4) 全世界の国際標準へトレーサビリティを宣言できる。
- (5) コンパクトなシステムであり、東南アジアの工業団地等、信頼できる校正事業者がない市場への対応が容易。(運送可能なシステム)

## ■今後の展開

上記 (5) の実証試験としてマレーシアで校正事業を開始予定。それがうまくいけば、他の東南アジア諸国 (フィリピン、インドネシア、ベトナム等) へ展開予定。



\*1) MTA ジャパン株式会社

## 高放射材の分光放射率角度依存性評価

○中島 敏晴<sup>\*1)</sup>、磯田 和貴<sup>\*1)</sup>

## ■キーワード 高放射材、分光放射率、角度依存性、放射温度計、FT-IR、黒体炉

1. 波長領域 2 ~ 20 $\mu\text{m}$  における**分光放射率の角度依存性の評価**
2. 評価対象は、高い放射率特性を有する放射材やセラミックヒータを対象とした
3. 分光放射率データから全放射率を算出し、放射温度計による測温のためのパラメータとする

## ■研究の目的

- ・現場における放射温度計を用いた測定の正確さ及び信頼性向上。
- ・加熱・乾燥技術分野における生産性や加工性の効率化促進及び高品質化。
- ・都産技研ブランド試験への新たな試験項目として追加及びオーダーメイド開発支援体制の整備。

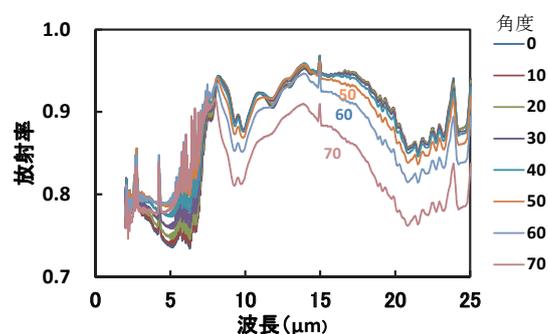
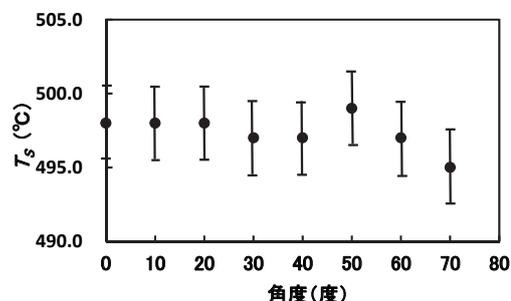
## ■研究内容

## (1) 実験方法

- ・評価対象とした高放射材は、4種の黒色塗料塗布板（アルミ板ベース）やアルマイト処理板などの放射材及びマイクロヒータやセラミックヒータなどの発熱体を用いた。
- ・評価に当たり、赤外分光光度計（FT-IR）と黒体炉で構成する赤外分光放射率測定装置と、評価対象を取り付けるサンプルステージを組み合わせて評価システムを構築した。
- ・温度範囲は、放射材の場合 100 ~ 500 $^{\circ}\text{C}$ 、発熱体の場合 100~800 $^{\circ}\text{C}$ 、角度範囲は、水平方向 0 ~  $\pm 70$  度である。また、測定波長範囲は 2 ~ 20 $\mu\text{m}$  とした。

## (2) 結果及び考察

- ・図1に、0社黒色塗料塗布板の表面温度 500 $^{\circ}\text{C}$  における放射率角度依存性特性を示す。波長範囲 8 ~ 20 $\mu\text{m}$  において、水平角度 0 ~ 40 度では放射率変動が  $\pm 1.0\%$  以内（放射率換算値）と小さいが、50 度以上では放射率変動が顕著となり、この角度以上での放射温度計による測温では、放射率補正が必要である。なお、測定の再現性は、 $\pm 3.0\%$  以内（放射換算値）であった。
- ・図1の結果から、8 ~ 14 $\mu\text{m}$  の波長域における全放射率を求め、これを基に表面温度を 500 $^{\circ}\text{C}$  に安定させた同じ黒色塗料塗布板の表面温度を放射温度計（感度波長 8 ~ 14 $\mu\text{m}$ ）で測定した角度毎の温度値を図2に示す。この結果から  $\pm 0.5\%$  以内の精度での測定が可能であることが分かった。

図1. 0社黒色塗料塗布板の分光放射率角度特性（表面温度 500 $^{\circ}\text{C}$ ）図2. 放射温度計で測温した角度毎の表面温度（0社黒色塗料塗布板 表面温度 500 $^{\circ}\text{C}$ ）

## ■研究の新規性・優位性

波長領域 2 ~ 20 $\mu\text{m}$  における分光放射率の角度依存性についての評価であり、これまで、波長域を特定化した放射測温のための放射率の方向性に関する研究事例はあるが、分光放射率として評価した例はない。  
本研究の成果は、現場における実用的な放射測温や効率的な加熱・乾燥技術分野への活用が期待できる。

## ■産業への展開・提案

- ① ブランド試験「光学特性計測技術」での取り組みにより、都内中小企業はもとより、関連技術分野への技術支援に積極的に活用していく
- ② 放射温度計を用いた依頼試験等での測定の高精度化及び信頼性向上に寄与する
- ③ 平成 27 年度発行予定の技術ガイドへの掲載により、計測手法の普及展開を図る

## 参考文献

[1] 石井順太郎, 第 22 回熱物性シンポジウム予稿集, pp.97-99 (2001)

\*1) 光音技術グループ

## 熱拡散率測定信頼性及び黒化処理の影響

○沼尻 治彦<sup>\*1)\*2)</sup>、佐々木 正史<sup>\*1)\*2)</sup>、倉持 幸佑<sup>\*1)\*2)</sup>、大久保 一宏<sup>\*1)</sup>

## ■キーワード 熱拡散率、黒化処理、キセノンフラッシュアナライザー

1. 省エネルギーや回路の集積化に伴う**熱対策**などに用いる材料開発を支援
2. **黒化処理**などの要因が測定結果に与える影響を評価
3. キセノンフラッシュアナライザーを用いた熱拡散率測定の**信頼性向上**

## ■研究の目的

- ・省エネルギーのための熱利用や回路の小型集積化による熱対策等、材料・素材開発の指標に利用
- ・キセノンフラッシュアナライザー (XeFA) を用いた熱拡散率測定の結果に影響を与える要因の評価
- ・特に黒化処理が結果に与える影響について把握
- ・ライセンス制機器利用の信頼性向上による製品開発支援の強化

## ■研究内容

## (1) 黒化処理の影響

フラッシュ法による熱拡散率測定では、試料の片面から光を当て反対面から放出される熱を測定することで結果を得る。光の吸収をよくするとともに反射を防ぐため、試料に対して黒鉛スプレーを用いて黒化処理を施さなくてはならない。そのためスプレー成分の影響が懸念されている。今回、黒化処理の必要のない黒色セラミックスを用いて段階的に黒化処理の膜厚を変えて処理を施し、測定値との関係からゼロ外挿し、無処理の結果と比較した。膜厚を変えて測定した結果の直線近似式の切片と無処理での測定結果が1%未満で一致した(図1)。このことから、ゼロ外挿することで1%未満の高精度での測定が可能となることが分かった。また精度を必要としない場合、黒化処理を施して測定した結果を用いてもセラミックス系の1mm厚のもので4~5%の精度となることが分かった。

## (2) その他の要因と妥当性確認

その他、測定結果に影響を及ぼすと考えられる要因として繰返し性、厚さ依存性、温度依存性について評価を行った。さらにその結果を踏まえて、国家標準にトレーサブルな校正値が付随した認証標準物質(等方性黒鉛)を用いることで測定値の妥当性確認を行った。産業技術総合研究所により測定された値(校正値)と都産技研が測定した値との比較を行った結果、その差は1%と非常に小さく、不確かさの範囲内で十分に一致する結果を得た(図2)。

## (3) まとめ

XeFAを用いた熱拡散率測定の信頼性について、黒化処理の影響を中心に評価を行った。黒化処理の影響については処理を複数回行いゼロ外挿することで、その影響をキャンセルすることが可能となることが分かった。また他の要因を評価した上で測定の妥当性確認を行った結果、都産技研が所有するXeFAを用いて測定した熱拡散率は十分信頼性のあるものであることが確認できた。

## ■研究の新規性・優位性

ゼロ外挿を行うことで黒化処理の影響を評価することが可能となった。

## ■産業への展開・提案

- ①測定精度を数値で示すことによる信頼性向上
- ②黒化処理の影響に対する明確なアドバイス

## 謝辞

本研究は、産業技術連携推進会議 知的基盤部会 計測分科会 温度・熱研究会において行われた「熱拡散率測定ラウンドロビンテスト」<sup>[1]</sup>での都産技研の結果<sup>[2]</sup>に加え、都産技研独自に行った評価結果を加えたものである。

## 参考文献

- [1] 阿子島めぐみ 他, Proceedings of The 35th Japan Symposium on Thermophysical Properties, B308 (2014)  
 [2] 沼尻治彦 他, 電気学会研究会資料, IM-14-011 ~ 016, pp.23-28 (2014)

\*1) 実証試験セクター、\*2) 品質保証推進センター

H26.4 ~ H27.3【基盤研究】キセノンフラッシュアナライザーによる熱拡散率測定の信頼性向上

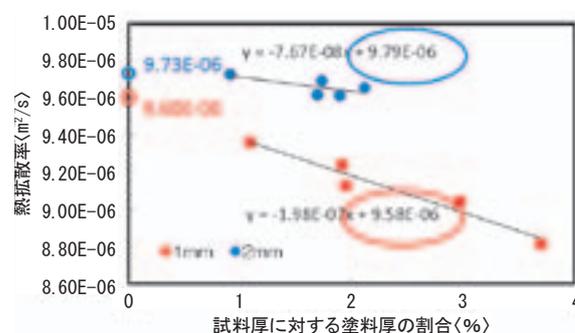


図1. ゼロ外挿による黒化処理の影響

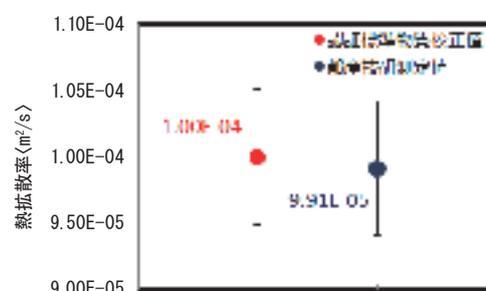


図2. 認証標準物質による妥当性確認

## 濾材誘電形エアフィルタ (CMEA) の開発

○吉長 和男<sup>\*1)</sup>、加藤 仁士<sup>\*1)</sup>

## ■キーワード エアフィルタ、PM2.5 対策、新材料、高集塵

1. カーボン和紙 (CJP) 混紗技術を活用した高機能低環境負荷の濾材誘電型エアフィルタの開発
2. 従来技術との比較
3. 微細粒子の捕集

## ■開発の背景

現状の空気清浄システム機器集塵・吸着フィルタは、「機械式 (濾過式)」と「電気式 (帯電吸着式)」の2種類に大分類される。「機械式 (濾過式)」はHEPA(ULPA)が主流であり、数十年にわたり大きな技術的革新はないのが実情であり、今後も大幅な性能向上は見込めない。「電気式 (帯電吸着式)」は吸気側を通過する空气中粒子にコロナ放電によって生じたイオンを付着させることにより、プラスもしくはマイナスの電荷を与え、フィルタ側を粒子と反対電荷を帯電させ、クーロン力により吸着させるものである。従来の帯電フィルタは、ステンレスやアルマイトアルミ板、めっき銅板等の金属性もしくは導電性粒子を高分子材料に混入させた導電性繊維素材を使用したものが大半であり、種々の問題が見受けられる。

これら従来技術に対して、導電性カーボン繊維と和紙を組み合わせた独自の混紗技術及びさまざまな分野に活用してきたノウハウを生かし、高集塵かつ低圧損失、省エネルギー、軽量、低コスト、焼却可能、臭い成分等微細粒子の大幅な吸着性能向上を目指し、交換時の安全性や環境負荷の低減にも貢献する、「濾材誘電形エアフィルタ (Charged media electric air filter: CMEA)」の開発を行う。



図1. 試作 CMEA

## ■基礎実験結果

- 《第1回》自動車用エンジン排気ガスの触媒試験機を用いて、陰極にはSUSを用いて粒径1~1.5 $\mu\text{m}$ のアルミナ粒子を使用して粒子吸着実験を行った。比較実験試料は、150×150mmサイズの①CJP (帯電)、②SUS板 (金属) ③CJP (非帯電) それぞれに2mm径の穴を90個開けて試験機内の陽極に設置し、①②に5kVを印加し、アルミナ粉塵気体を1,000mL/s流入させ、その吸着量を測定した。

表1. 第1回基礎実験結果

素材	CJP (帯電)	金属板 SUS (帯電)	CJP (非帯電)
捕集量 (mg)	① 62.5	② 29.5	③ 7.5

表2. 第2回基礎実験結果

素材	CJP	金属 (Al)	濾紙
捕集量 (mg)	① 37.5	② 26.5	③ 5.5

【結果】① 62.5mg ② 29.5mg ③ 7.5mg となり、①カーボン和紙は② SUS板の2.12倍の吸着が認められた。

- 《第2回》擬似PM2.5としてタバコ粒子 (粒径0.1~0.3 $\mu\text{m}$ ) の吸着性について試験を行った。対比実験試料の陽極電極には①CJP、②アルミホイル、③濾紙それぞれ同じサイズの試料に40個の穴を開け、タバコ10本の煙を充填した環境にて電圧を可印し、吸着量を測定した。

【結果】吸着重量は① 3.75mg、② 2.65mg、③ 0.55mg となり、①カーボン和紙は②アルミ (金属) 製電極の1.42倍の吸着が認められた。また、対比補足のために、濾紙や和紙に黒鉛、墨、炭素電極棒の粉末、活性炭の粉末を塗って同様の試験を行ったが、導電性や効果は見られなかった。

- 《第3回》第1回と同様の試験設備にて、パルプモールド (PM) の構造体にCJPを貼付けたフィルタにて試験を行った。また、アルミナ粉は2種類の粒径のものを使用した。  
気体粒子濃度: 400~800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、印加電圧: 5kV、気体流入量: 1,000mL/s

表3. 第3回基礎実験結果

・アルミナ粒径 0.5~1.5 $\mu\text{m}$  (100%) 1.0~1.5 $\mu\text{m}$  (50%)

試料	PM+CJP (立体)	PM+CJP (平滑)	金属 (平滑 SUS)	PM+CJP (非印加)	PMのみ
捕集量 (mg)	84.2	58.8	30.2	6.8	7.1

・アルミナ粒径 0.1~1.2 $\mu\text{m}$  (100%) 0.2~0.4 $\mu\text{m}$  (50%)

試料	PM+CJP (立体)	PM+CJP (平滑)	金属 (平滑 SUS)	PM+CJP (非印加)	PMのみ
捕集量 (mg)	87.6	56.7	32.5	6.9	7.9

## ■今後の展開

最適な形状を検証の上、パルプ溶液に導電性カーボン繊維を混合し、パルプモールドにて一体成型することにより、風応力や自重に対する強度を備えかつ生産効率と可用性の高いエアフィルタ及び空気清浄システムの実用化を目指したい。

\*1) 株式会社 MITOMI

**6月25日(木)**

**研修室243**

**環境・省エネルギー**

## 古紙からのバイオエタノール生産

○廣川 隆彦<sup>\*1)</sup>、松本 佳久<sup>\*1)</sup>、高橋 亮<sup>\*1)</sup>、高見 和清<sup>\*1)</sup>、戸川 孝則<sup>\*2)</sup>、  
岡本 昌広<sup>\*3)</sup>、上山 紀代美<sup>\*3)</sup>、吉田 誠<sup>\*3)</sup>、折原 紀子<sup>\*3)</sup>、小原 裕三<sup>\*4)</sup>

### ■キーワード 古紙、分別、糖化発酵、バイオエタノール

1. バイオエタノール原料に適した古紙の品目を明らかにした
2. 固体並行複発酵法により古紙をバイオエタノールに変換した
3. 古紙由来のバイオエタノールに土壤還元消毒効果があることを確認した

### ■はじめに

古紙は神奈川県内での回収量が多いが、再生紙原料としての需要は減退している。そこで、横浜市資源リサイクル事業協同組合の資源分別回収技術を活用して、未利用の古紙から高効率で糖化発酵する品目のみをバイオエタノール原料として分別収集し、経済的に社会実装可能な古紙バイオエタノール生産技術を開発することを目指した。また、古紙由来のバイオエタノールをバイオ燃料や農業用土壤消毒剤として利用することの可能性を評価した。

### ■結果

#### (1) 未利用古紙の評価

古紙を22品目に分類し、それぞれを市販セルラーゼで糖化した時の液化率とグルコース収率を調べたところ、図1に示すように、再生紙原料として循環利用されていない未利用古紙品目を記した白抜き赤色マークが右上に多く位置しており、未利用古紙にエタノール原料として適した品目が多いことが示された。この結果を基に、選別した品目の古紙を原料としてバイオエタノールを製造する方法について特許出願を済ませた(特願 2014-089290)。

#### (2) 古紙の固体並行複発酵

排水量が少なくかつ小型分散型の生産プロセスとして有望な固体並行複発酵(同時糖化発酵)法を用いて古紙のバイオエタノール化を試みた。48時間の糖化発酵で、約8kg(湿重量)の古紙から約18%(w/v)エタノール水溶液を約2L回収でき、量論値の約70%の収率を達成した。

#### (3) 低濃度エタノールを用いた土壤管理技術の開発

固体並行複発酵で得られたバイオエタノールの土壤消毒効果について調べた結果、0.3%(w/v)以上で、市販エタノールを用いた場合と同程度の効果が得られることが分かった。また、小規模圃場において実施した模擬試料による土壤還元消毒試験では、市販エタノールに比べて消毒後10~21日目の殺菌成分濃度が高くなり、副成分が総合的に土壤還元消毒効果の安定性に寄与することを示す結果が得られた。さらに、土壤還元消毒効果が高すぎる場合に起こる土壤還元消毒後の土壤微生物活性(硝酸化成能)の回復度について調べた結果、模擬バイオエタノール試料や1.0%(w/v)エタノールを用いた場合も水処理と差がないことが分かった。

### ■今後の展開

古紙の固体並行複発酵では、酵素糖化の進行に伴い、反応物の増粘、造粒が観察された。造粒は発酵やエタノール回収を阻害するため、造粒の抑制が必要である。現在、コンクリートミキサー型の反応槽をラボスケールで試作し、槽内攪拌翼の形状などを検討している(図2)。反応槽の形状が決まり次第、ベンチスケールでの試作、プラントスケールの実機の製作を予定している。

また、土壤消毒技術の都市農業での実証試験を進め、都市バイオマス資源である古紙から製造したエタノールを都市農業で消費する地産地消を目指していく。

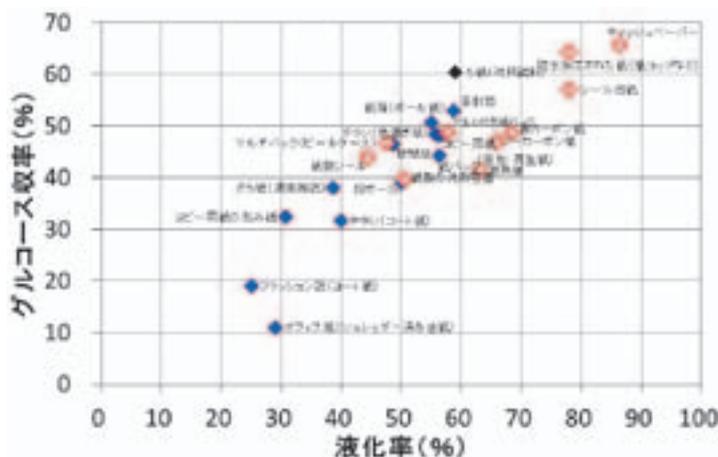


図1. 各種古紙品目の液化率とグルコース収率



図2. ラボスケールの反応槽試作品

\*1) 神奈川県産業技術センター、\*2) 横浜市資源リサイクル事業協同組合、\*3) 神奈川県農業技術センター、\*4) 独立行政法人農業環境技術研究所

## 水素エネルギー材料の表面高機能化処理

○田村 元紀<sup>\*1)</sup>

## ■キーワード 水素エネルギー材料、水素バリア機能、薄膜コーティング

1. 水素エネルギーや燃料電池の普及に伴い、水素エネルギー材料の水素環境脆化が顕在化
2. 水素環境脆化防止に水素バリア機能膜が有効
3. 水素透過機構に及ぼす材料の表面構造を把握し制御することが重要

## ■はじめに

化石燃料の代替エネルギーとして期待されているのが水素である。水素は金属の表面より侵入して脆化させるため、その防止技術が課題となる場合がある。水素の侵入を防止する表面処理技術は、拡大が期待される水素エネルギーや燃料電池関連部材の表面に広く適用できる可能性がある。本講演では、水素用材料として推奨されている SUS316L ステンレス鋼に表面処理を施した場合の、水素透過率の測定法、水素透過機構の考え方、有効な表面処理方法、今後の展望等について講演する。

## ■取り組み内容

## (1) 水素エネルギー材料

高圧水素ガス中では、金属材料中の水素吸収量が高くなり、オーステナイト系ステンレ鋼 SUS304 でも、引張強度や疲労き裂進展速度に影響を与える。SUS316L や A6061-T6 などは、影響が少なく水素用材料として推奨されている<sup>[1]</sup>。

## (2) 水素バリア機能膜の報告例

核融合炉、燃料電池、耐食部材などを対象に、水素透過挙動に関していくつか報告例があり<sup>[2]</sup>、緻密なセラミックス皮膜が水素バリア機能に優れていることが知られている（表 1）。皮膜生成方法は多様であるが、数 $\mu\text{m}$  の厚さの皮膜で、水素侵入を数オーダー減らすことが可能である。しかし、水素透過量の削減比率は、論文によって大きな違いがある。これは、皮膜の微細構造制御が必ずしも十分とはいえず、水素透過挙動がその影響を受けているためと考えられる。

表 1. 水素バリア機能膜の報告例

皮膜の種類	水素透過量の削減比率
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10 ~ 10000
TiC	10 ~ 10000
TiN	10 ~ 10000
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10
BN	100

## (3) 水素透過機構

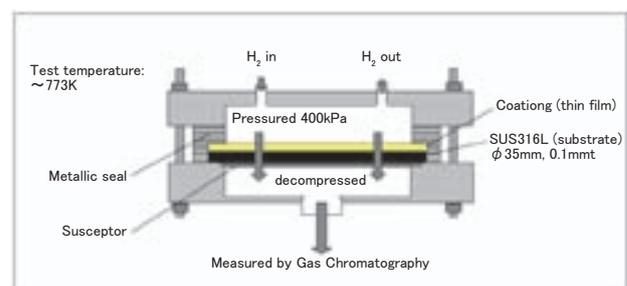
水素透過率の測定は、図 1 に示す差圧式測定装置で実施した（JIS K7126-2）。基材 SUS316L（0.1mm 厚）の片面に約 2 $\mu\text{m}$  の皮膜をコーティングした。水素分子は皮膜表面に吸着し、皮膜と基材中を原子として拡散すると考えられる。本実験範囲では、水素透過は皮膜と基材中の水素拡散律速となった。

## (4) 薄膜コーティング

イオンプレーティングで生成した皮膜 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiN、TiC、c-BN は、いずれも顕著な水素バリア機能を発揮し、試験温度が低いほど、また、皮膜の結晶粒径が小さいほど水素透過量が少ないことが分かった<sup>[3]</sup>。柱状構造や表面に酸化物が生成した皮膜では、水素透過量が大きくなる傾向となった。

## (5) プラズマ窒化

プラズマ窒化処理で窒化鉄層が生成し、水素透過量が削減できることを確認した。

Overall permeation flux  $J$  (diffusion limited process)

$$J = \phi A (P_{H_2in}^{1/2} - P_{H_2out}^{1/2}) / (d_{film} + d_{substrate})$$

Hydrogen permeability of the sample

図 1. 水素透過率の測定

## ■今後の展開

各種表面処理の微細構造（結晶粒径、結晶層、配向性等）に、水素透過挙動が影響を受けると考えられ、その相関関係を把握する。

## 参考文献

- [1] 田村元紀, 柴田浩司, 日本金属学会誌, 第 69 巻, pp.1039-1048 (2005)
- [2] G. W. Hollenberg, E. P. Simonen, G. Kalinin, A. Terlain, Fusion Engineering Design, Vol.28, pp.190-208 (1995)
- [3] M. Tamura, M. Noma, M. Yamashita, Surface & Coatings Technology, Vol.260, pp.148-154 (2014)

\*1) 電気通信大学

## 超臨界法によるバイオディーゼル燃料の実用化開発

○高橋 収<sup>\*1)</sup>、最上 要<sup>\*1)</sup>、野口 典久<sup>\*1)</sup>、早藤 茂人<sup>\*1)</sup>

### ■キーワード 超臨界、バイオディーゼル、BDF、商業プラント

1. 当社開発の超臨界 BDF 製造技術をライセンスした米国企業において、商業プラント建設が進行中
2. 超臨界法は、動物油脂など低品質の原料を BDF 化可能である
3. 本技術の改良として、二段法と触媒の検討を進めている

### ■はじめに

温暖化ガス排出抑制を目的として、再生可能なバイオマス由来の燃料利用が世界中で進められている。我が国ではバイオディーゼル燃料（BDF）が軽油に混合利用されているが、混合割合は極めて低い。これは国内にバイオ燃料の原料が乏しく、かつ原料となる廃食用油の回収コストが大きいためである。したがって、優れた技術を開発した場合、それを国内に適用するだけでなく、海外に視野を広げた展開が重要となる。ここでは、当社で開発した超臨界法 BDF の概要とそれが米国企業にライセンスされ商業プラントの建設にまで至ったこと、さらに最近の開発状況について報告する。

### ■検討状況

#### (1) 超臨界 BDF 技術の開発

当社の開発は創業者が京都大学大学院で BDF の研究を開始した 1992 年に遡る。BDF は、植物油とメタノールからアルカリ触媒を用いるエステル交換反応により脂肪酸メチルエステルとして得られるが、遊離脂肪酸量の多い低質原料の場合、アルカリ触媒は低収率で使用できない。そのため酸触媒法が用いられるが、水分の影響を強く受ける。これに対して超臨界メタノール法は図 1、2 に示すように、これらの欠点がない優れた方法となる。

当社は、2001 年と 2006 年に超臨界 BDF の基本特許を米国で取得し、その特許技術を 2011 年に米国オハイオ州の企業に技術ライセンスした。以降該社では商業プラントの設計を行い、昨年にはイリノイ州の企業に商業プラントを納入することが決定し、現在その建設が進められている。図 3 にはそのプラントと同型の写真を示す。このプラントの生産能力は 5 百万ガロン（約 1.9 万 kL）/ 年で、無触媒、1 段法により BDF が生産される。当面はコーン油を原料として使用するが、将来的には遊離脂肪酸 100% 原料も使用可能な設計となっている。

#### (2) 改良研究

現在は、超臨界法の一層のコストダウンを目的として、低温低压での操作が可能な二段法の検討を行っている。二段法とは、原料油脂を加水分解により脂肪酸とグリセリンとし、得られた脂肪酸をメタノールによりエステル化する。これにより、一段法では 300℃以上の温度が必要であったものが、二段法では 200℃台で反応が進行することを確認した。今回は反応条件の影響や触媒の効果について発表する。

### ■今後の展開

- (1) 米国での商業プラント第 1 号機に続き、2 号機以降の商業化に繋がる活動の展開
- (2) 低コスト条件の検討
- (3) 原料多様化の検討

#### 参考文献

[1] <http://www.patriotrenewablefuels.com/?p=2227> より

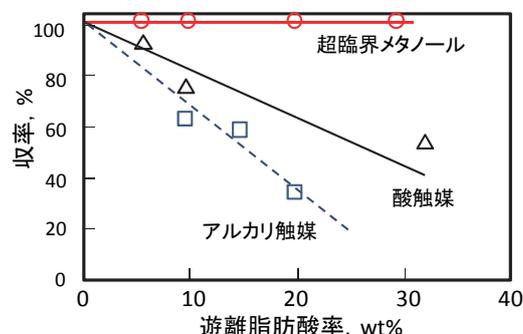


図 1. 遊離脂肪酸含有率の影響

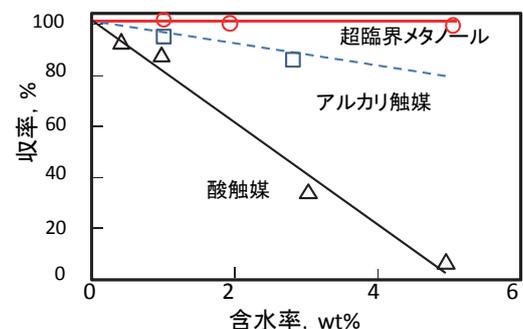


図 2. 水分含有率の影響



図 3. BDF 商業プラント写真<sup>[1]</sup>

\*1) 創イノベーション株式会社

## 室内照明で機能する光触媒の研究

○吉田 浩之<sup>\*1)</sup>、西村 祐二<sup>\*1)</sup>、城之内 一成<sup>\*1)</sup>、魯 云<sup>\*2)</sup>

■キーワード 可視光応答型光触媒、放電プラズマ焼結、酸化チタン、窒素ドーブ

1. 室内照明（可視光下）で使用できる光触媒
2. 多孔質化により光触媒フィルタへの応用可能
3. 一度の操作で粉末から可視光応答型光触媒バルク体が作製可能

## ■はじめに

近年、空気浄化、水浄化、抗菌、防汚等の機能を有するTiO<sub>2</sub>光触媒が注目されており、各種用途への利用が拡大されているが、一般に、太陽光下または紫外光源下では光触媒機能が発現するが、紫外線がほとんどない環境下では機能が発現しない。

本研究では、さらなる実用化へ向けて光触媒の課題の一つとされる可視光応答光触媒の高効率・簡易な作製プロセスを確立するとともに高機能化を目的とする。放電プラズマ焼結(Spark Plasma Sintering:以下、SPSとする。)法を用いて焼結プロセス中にTiO<sub>2</sub>と尿素との反応焼結を行い、可視光応答する光触媒焼結体を作製し、その結晶構造、表面形態及び光触媒機能を解析し、尿素の添加量による可視光応答光触媒活性への影響について検討した。

## ■内容

## (1) 実験

TiO<sub>2</sub>粉末（平均粒径7nm、アナターゼ型）に尿素粉末を0、10、20、30wt%になるよう添加試料粉末を得た。この試料粉末を内径φ20mmのグラファイトダイに3g充填し、SPS装置（SPA-1030、住友石炭鉱（株））で焼結（温度973K、圧力30MPa、保持時間3min）し、光触媒焼結体を作製した。光触媒機能の評価は、JIS R 1703-2を参考に実施した。具体的には、底付円筒状の試験セル（内径φ20mm、高さ50mm）内に洗浄した光触媒焼結体（円板状焼結体）を配置し、色素溶液（メチレンブルー（MB）水溶液（濃度10μmol・L<sup>-1</sup>、7mL））を満す。これに、可視光（光源：蛍光灯・照度5000Lx）を照射し、得られたMB水溶液の濃度曲線より可視光照射開始20minから180minまでの傾きを最小二乗法により求め、これを分解活性指数Rとした。なお、MB水溶液は可視光照射のみでも一部分解が起こるため、その影響を除去した。

## (2) 結果及び考察

図1に、作製した光触媒焼結体の外観写真を示した。30wt%尿素を添加した光触媒焼結体は、割れが発生した。これは尿素量が多く、焼結時に焼結ダイから昇華する量が増えたため、割れたものと考えられる。また表面の色は、尿素の添加量を増やすにつれて、白色から黄色みを帯びた色へ変化し、可視光を吸収していることが示唆された。図2は、分解活性指数と尿素添加量との関係を示したものである。尿素を添加していない焼結体の光触媒機能はマイナスを示しており、光触媒機能が発現していないことが分かる。これは機能が発現していないとともに、事前に吸着したMBが溶出され、濃度が高くなってしまったことを示している。これに対し、尿素を添加した光触媒焼結体は光触媒機能が発現しており、また添加量の増加に伴って高くなった。



図1. 作製した可視光応答型光触媒焼結体

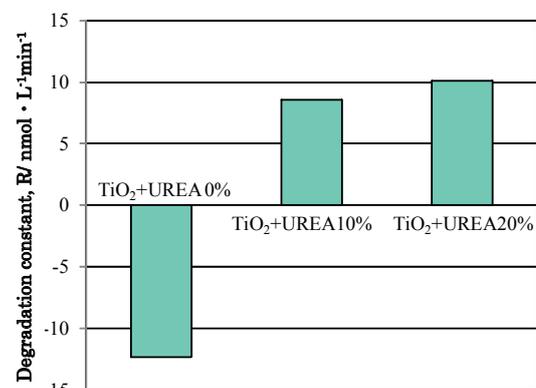


図2. 尿素添加量と光触媒分解活性指数の関係

## ■まとめ

本研究では、可視光応答型光触媒を作製し、その特性評価を行った。その結果は以下のとおりである。

- (1) 尿素の添加量を30wt%とした光触媒焼結体は割れが発生したが、添加量20wt%までの光触媒焼結体を作製することができた。
- (2) MB水溶液による光触媒機能の評価した結果、尿素添加量の増加とともに、可視光下における光触媒活性は向上した。

\*1) 千葉県産業支援技術研究所、\*2) 千葉大学大学院

## 再生ポリプロピレン材料の耐候性評価

○佐藤 圭祐 <sup>\*1)</sup>

### ■キーワード 高分子劣化、ポリプロピレン、リサイクル、耐候性

1. 成形と粉碎の繰り返しによる再生プラスチック試験片の作製
2. 再生プラスチックの耐候性試験
3. 劣化挙動におけるリサイクルの影響

### ■背景

プラスチックの劣化は製品の事故原因の一つとして指摘されており、それらの評価・解析技術の開発についてのニーズは多く、これまで種々の取り組みがなされてきたものの利用可能な手法やデータベースのような形では成果がとりまとめられていない。プラスチックの劣化要因は多くて複雑であり、劣化の評価は長期間を要する場合が多いため、取り組みにくい課題である。一方、環境や資源保護のためにリサイクルが推進され、コストが低く環境への負荷を抑えた再生品は増加している。本研究では、工場内リサイクルを想定した再生ポリプロピレン材料の耐候性試験を実施して劣化挙動を評価した。

### ■内容

#### (1) 再生ポリプロピレン試験片の作製

試験片の作製は射出成形により行い、温度や圧力などの射出成形条件は、JIS K 6921-2 に準拠してダンベルとプレートを作製した。図1に示すようにバージンペレットより成形したダンベル試験片は、暴露と評価試験に使用する分を取り除き、ランナーとスプルーを含めてすべて粉碎機により粉碎し、それを1回再生材の原料とした。同様に成形と粉碎の操作を繰り返してバージン及び1～5回再生材による試験片を作製した。



図1. 成形と粉碎の繰り返しによる再生ポリプロピレン試験片の作製

#### (2) 耐候性試験（屋外暴露試験と促進暴露試験）

屋外暴露は、東大阪市立産業技術支援センター（東大阪市）の屋上（北緯 34 度 40 分、経度 135 度 36 分）で平成 25 年 12 月 14 日に開始した。促進暴露はサンシャインウェザーメーター（WEL-SUN-HCHB、スガ試験機（株）製）で実施し、試験条件は JIS K 7350-4 に準拠し、ブラックパネル温度制御により行った。ブラックパネル温度は  $63 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 、120 分中 18 分のサイクルで水噴霧を行い、フィルタは紫外拡張フィルタを使用した。いずれの暴露においても、放射照度計により暴露試験中の波長領域（300nm ~ 400nm）の放射照度を観測し、予定の放射露光量を受けた試験片を取り出して劣化の評価試験を行った。

#### (3) 再生ポリプロピレン材料の劣化挙動

図2に耐候性試験を実施した再生ポリプロピレン試験片の引張強さ変化率を示した。屋外暴露で放射露光量  $100\text{MJ}/\text{m}^2$  を受けた試験片ではリサイクル回数が進むに従って引張強さ変化率が低下する傾向を示した。さらに、密度や衝撃、酸化誘導時間などのデータを評価して、劣化挙動におけるリサイクルの影響を解析した。

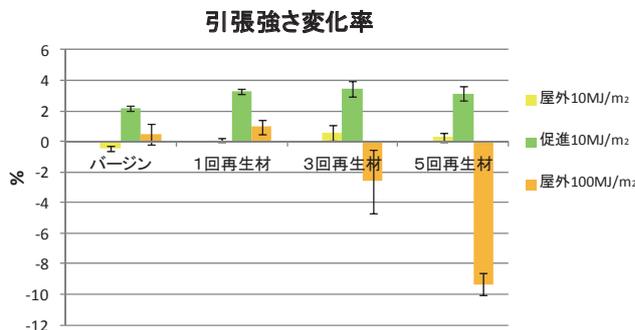


図2. 耐候性試験を実施した再生ポリプロピレン試験片の引張強さ変化率

### ■今後の展開

今後はリサイクルの影響を含めたデータを積み重ねて行くことで、利用しやすいデータベース化を目指していきたい。

\*1) 一般財団法人化学研究評価機構 高分子試験・評価センター

**6月25日(木)**

**研修室244**

**ものづくり基盤技術**

## ほうろうの不具合の評価方法について

○吉野 徹<sup>\*1)</sup>、大久保 一宏<sup>\*2)</sup>、佐々木 正史<sup>\*2)\*3)</sup>、渡辺 茂幸<sup>\*4)</sup>、清水 綾<sup>\*5)</sup>、佐藤 健二<sup>\*6)</sup>

## ■キーワード ほうろう、爪とび、評価方法

1. ほうろうの不具合の一種、「爪(つま) とび」の評価システムを構築
2. コンパクトな評価装置
3. 測定者間のばらつきが小さい評価方法

## ■研究の目的

ほうろうの不具合に「爪(つま) とび」という現象が知られている。現在、市場に出回っているほうろう製品のほとんどは、耐爪とび性能に優れたほうろう用鋼板が用いられている。しかし、その価格は近年高騰しており、より一般的な鋼板への代替を可能とする耐爪とび性能の高い釉薬が求められている。その開発に必要な、耐爪とび性能の評価システムの構築を本研究の目的とした。

## ■研究内容

釉薬を焼成する際に発生した水素が鋼板中に溶解し、冷却後、鋼板から放出された水素が釉薬と鋼板との界面に溜まる。そして、圧力が高まり、最終的に釉薬を剥離することで爪とびが生じると考えられている(図1)。爪とびが生じるまでには、ほうろう製造後数日から数週間程度時間を要し、釉薬を開発する上でその評価方法が課題といえる。

欧州のほうろう用鋼板の規格には、鋼板の水素透過能の評価方法がある<sup>[1]</sup>。鋼板を電極として用い、水の電気分解により鋼板表面に高濃度の水素を発生させ、鋼板の反対側へ水素が透過するまでの時間を計測することで、鋼板の水素透過能を評価する方法である。これを応用したもので、片面を釉薬で覆った試験片を用い、金属側で水素を発生させることで反対側の釉薬層で爪とびを強制的に生じさせ、その生じるまでの時間を基に耐爪とび性能の指標(TFS:Time for first Fish Scale)を求める方法が提案されている<sup>[2]</sup>。しかし、国内ではこの方法は未だ普及していないのが現状である。本評価方法の今後の普及、ひいては活発な釉薬開発を後押しするために、本研究ではより簡便かつ再現性の高い評価方法の構築を目指した。

今回作製した装置は手のひらサイズで、直立させたビデオカメラに設置可能な形状を有している(図2)。実際にほうろうサンプルA~Eについて測定を行ったところ、概ね30分以内に爪とびを観測し、爪とび発生サンプル(サンプルC)については有意に低いTFS値を示した(図3)。また、従来見ただ目で爪とびを検出していたが、はじけ飛ぶ瞬間の見極めはかなり難しい。この点を改善するために、ビデオカメラで動画だけでなく音声も収録し、爪とび発生時の破裂音を爪とび発生時の特定に用いた。これにより、測定者間のばらつきの低減につながるものと期待される。

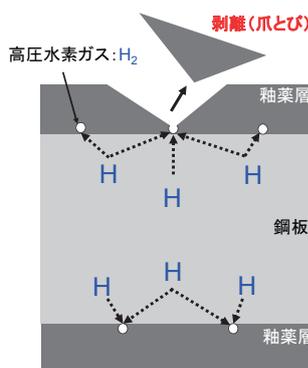
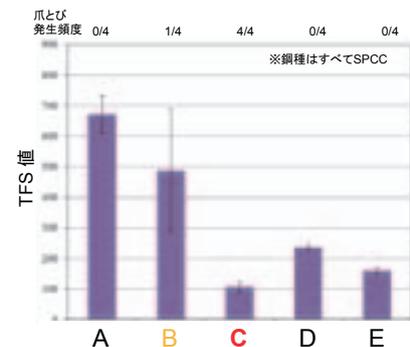


図1. 爪とび発生メカニズムの模式図



図2. 爪とび評価装置

図3. 各サンプルのTFS値  
値が小さい程、爪飛びが出やすい

## ■研究の新規性・優位性

コンパクトなシステム  
再現性の高い検出方法

## ■産業への展開・提案

- ①耐爪とび性能の高い釉薬の開発が可能に
- ②耐爪とび性能の高い鋼板の選定に利用可能

## 参考文献

[1] EN 10209:2013

[2] V. Duchamp, K. Lips, XXI International Enamellers Congress, pp.207-221 (2008)

\*1) 環境技術グループ、\*2) 実証試験セクター、\*3) 品質保証推進センター、\*4) 光音技術グループ、\*5) 経営企画室、\*6) 機械技術グループ

H24.4 ~ H25.3【基盤研究】珐瑯の評価システムの開発

## ポリマーナノコンポジット作製への取り組み

○安田 健<sup>\*1)</sup>、山中 寿行<sup>\*1)</sup>

## ■キーワード ナノシリカ、熔融混練、正透過率

1. ナノシリカとポリスチレンを熔融混練
2. 熔融混練前にホットプレス
3. 光の正透過率により、混練状態を評価

## ■研究の目的

ナノ材料をポリマー中に均一に分散させることができれば、少量の高機能の材料（フィラー）を添加することで高機能なコンポジットが創生できる。本研究では、ポリスチレンとナノフィラーであるシリカを用いてポリマーナノコンポジットを作製することを目的とし、第一段階としてプラスチック中にナノフィラーをナノレベルで分散させる技術を確立させる。

## ■研究内容

## (1) 材料

本研究では、樹脂材料としてポリスチレン（以下、PS という）、フィラーとしてシリカを用いた。図1に使用したシリカのSEM写真を示す。バッチ式二軸混練機ラボプラストミル（(株)東洋精機製作所製）を用いて2つの方法でポリマーコンポジットを作製した。その混練方法を表1に示す。作製するすべてのコンポジットは、体積比でPS：シリカ＝99：1とした。

## (2) 評価方法

本研究では、作製したコンポジットの評価方法として、正透過率の測定を行った。透明であるPSにシリカがナノレベルで分散していれば、光は透過するため、正透過率の大小を評価基準とした。

## (3) 結果と考察とまとめ

表1の混練方法1において、設定温度180℃、混練時間600sで回転数を変えて作製したコンポジットの400nmの光の正透過率を図2に示す。設定温度180℃、回転数300rpmで混練時間を変えて作製したコンポジットの400nmにおける光の正透過率を図3に示す。どちらも混練条件によらずほぼ一定の値を示している。表1の混練方法2で、設定温度180℃、回転数300rpm、混練時間180s、プレス圧力20MPaの条件で、プレス温度を変えたときのコンポジットにおける光の正透過率を図4に示す。混練方法を変えることで、正透過率は高くなったが、まだまだ白濁しているため、今後装置の改良などが必要である。

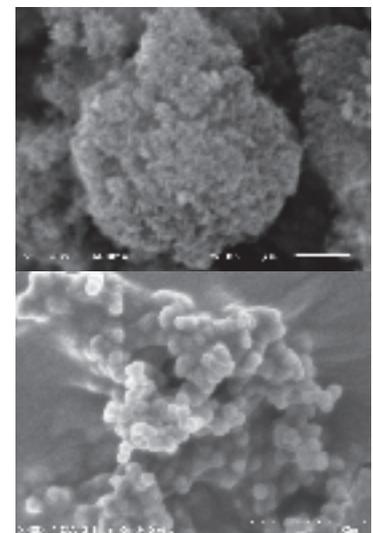


図1. シリカのSEM写真

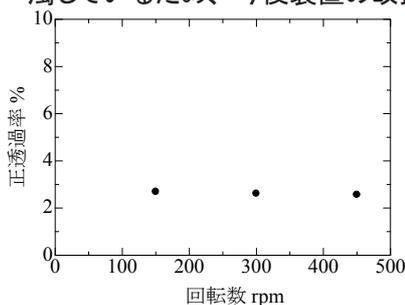


図2. 正透過率の回転数の影響

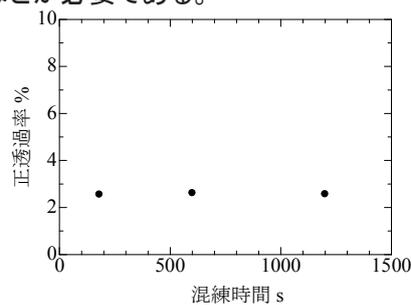


図3. 正透過率の混練時間の影響

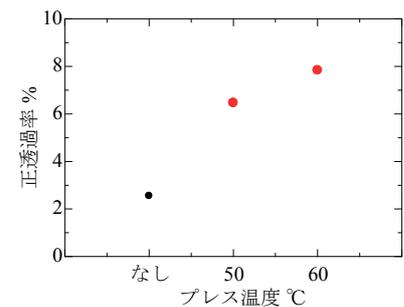


図4. 作製方法の違いによる影響

表1. 混練方法

混練方法 1	混練方法 2
①二軸混練機内に、PSを少しずつ投入	①指定量のPS、シリカをホットプレス機でプレス
②同様にシリカを少しずつ投入	②簡易的に複合された複合体を粉砕
③PS、シリカをすべて投入後、5分間待つ	③②で粉砕した複合体を投入し、5分間待つ
④指定回転数で指定時間混練する	④指定回転数、指定時間混練する

## ■研究の新規性・優位性

- ①少量の高機能フィラーを添加することで機能発現
- ②分散具合を定量的かつ簡易に評価

## ■産業への展開・提案

- ①新規コンポジットの提案
- ②コンポジット作製方法の技術指導

\*1) 材料技術グループ

## e- テキスタイルの燃料電池部材への応用

○峯 英一<sup>\*1)</sup>、窪寺 健吾<sup>\*2)</sup>、小野澤 明良<sup>\*1)</sup>、樋口 明久<sup>\*3)</sup>、伊東 洋一<sup>\*4)</sup>、首藤 登志夫<sup>\*5)</sup>、志村 渉<sup>\*5)</sup>

■キーワード 導電性テキスタイル、スクリーン印刷、燃料電池

1. e- テキスタイルの燃料電池への応用
2. スクリーン印刷によるテキスタイル加工
3. ものづくり技術の活用

## ■研究の目的

直接メタノール型燃料電池 (DMFC) では、燃料のエネルギー密度が水素に比べて高く、燃料の取扱いや備蓄性に優れている。分散型電源や非常用電源として優れた特徴を持つが、発電出力が低いことが欠点である。本研究では、出力向上のためのスムーズな生成物除去と反応物供給を実現する流路を導電性テキスタイルで構成し、DMFC の発電出力向上と低コスト化の両立を図った。

## ■研究内容

## (1) 燃料電池構造と導電性テキスタイル

DMFC は、メタノール水溶液を燃料とした化学反応により発電する。本研究では、電極に燃料を供給・排出する流路を図1のように金属線から成るテキスタイルを電極と流路ブロックの間に挟みこんだ構造とした。この中で、e- テキスタイルは、電極と流路ブロック間のスペーサーであり、発生した電子の導通箇所としても機能する。テキスタイルの構造による導電性や、隣接部材への接触抵抗が発電性能に影響するため、導電性の向上が発電性能の向上に必要となる。

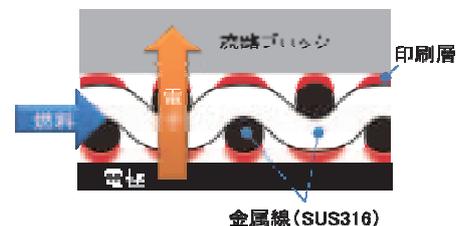


図1. 燃料電池流路の構造

## (2) e- テキスタイル構造と導電性

e- テキスタイルは、織り方である組織や単位長さ当たりの糸の本数である糸密度によって諸物性が変化するが、面方向の電気特性については不明な点が多い。平織の導電性テキスタイルの面方向について導電性を評価した結果を図2に示す。テキスタイルの糸密度が高いほど抵抗が低くなり、低荷重側での差が顕著だった。経糸と緯糸の交点である組織点が多いほど、電気接点数が増加するためと考えられる。

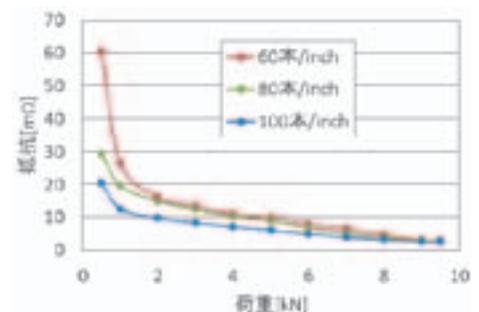


図2. 糸密度と電気抵抗

## (3) スクリーン印刷による表面加工

スクリーン印刷はスクリーン捺染に代表されるテキスタイル加工法である。本研究ではこのスクリーン印刷法でe- テキスタイルに印刷層を形成し、接触抵抗の低減を図った。印刷加工前後のテキスタイルの拡大像を図3に示す。図3右の黒色部が印刷層である。金属線間の目開きを閉塞することなく塗布されており、テキスタイルの構造を維持していることが分かる。開口部は燃料が流通する部分であるため、燃料電池用e- テキスタイル部材の加工法としてスクリーン印刷が適していることが分かった。

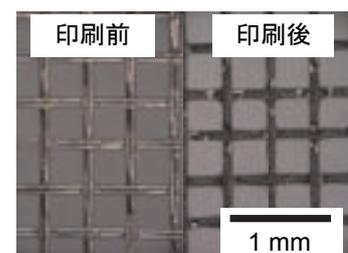


図3. 導電性テキスタイル

## ■研究の新規性・優位性

DMFC の出力を向上する流路構造の考案及び中小企業で利活用できるものづくり技術（製織加工、印刷加工）に基づいた流路部材の開発

## ■産業への展開・提案

- ① 展示会・学協会発表による PR 活動
- ② 事業化を希望する企業への技術供与
- ③ 都内中小企業に対する技術指導

## ■研究に関連した知財

・特願 2013-2565

## 謝辞

本研究は、東京都の「都市課題解決のための技術戦略プログラム」の支援により実施された。

\*1) 表面技術グループ、\*2) 繊維・化学グループ、\*3) 城東支所、\*4) 技術開発支援部、\*5) 首都大学東京  
H24.4 ~ H27.3 高性能燃料電池発電システムの開発

## 大電流パルススパッタ膜の成膜技術の開発

○寺西 義一<sup>\*1)</sup>、近藤 ゆりこ<sup>\*1)</sup>、長坂 浩志<sup>\*1)</sup>、清水 徹英<sup>\*2)</sup>

■キーワード 大電流パルススパッタ成膜、密着性、耐久性、

1. 大電流パルススパッタ成膜法の技術開発を行った
2. 従来スパッタ膜と比較して膜の密着性、平滑性などの優れた膜特性を確認した
3. 精密機械部品や精密金型などへの製品応用が期待できる

## ■研究の目的

精密機械部品や精密金型などの耐摩耗性・耐腐食性向上などを目的に、表面に硬質膜を成膜することが行われている。高出力インパルスマグネトロンスパッタ（以下、HIPIMS という）成膜技術は、低温で緻密かつ密着性の高い薄膜を形成できるものと期待されている<sup>[1]</sup>が、十分に解明されていない。本研究では、従来のマグネトロンスパッタ成膜法と比較して、優れた HIPIMS 成膜法の技術開発を目的とした。

## ■研究内容

## (1) 実験方法

成膜装置として、HIPIMS 用パルス電源システム SIPP2000(Melec 製)を装備した、PVD コーティングシステム DominoMini(Sulzer Metaplas 製)を用いた。HIPIMS プロセスの比較対象として、同 HIPIMS 用電源を従来のマグネトロンスパッタ（以下、DCMS という）モードに切り替え、同じ成膜チャンバー内で DCMS 成膜法により TiAlN 膜を成膜した。詳細な実験条件を表 1 に示す。また、膜の評価には、原子間力顕微鏡などによる表面測定、マイクロビッカース等による硬さ測定、スクラッチによる膜密着性、摩擦摩耗試験機による膜耐久性の評価を行った。

## (2) 結果

図 1 にスクラッチによる膜密着性の評価結果を示す。従来 DCMS 膜は、45N ほどで剥離が生じているが、HIPIMS 膜は約 60N まで剥離しない。よって、HIPIMS 膜は従来 DCMS 膜よりも密着性に優れることが分かった。摩擦摩耗試験による比較測定結果についても HIPIMS 膜は、従来 DCMS 膜よりも優れていた。硬度について HIPIMS 膜は、従来 DCMS 膜の約 3 割以上（約 1570Hv → 約 2290Hv）向上した。また表面粗さ (Ra) についても HIPIMS 膜は、従来 DCMS 膜の約 2 割（約 160nm → 約 130nm）平滑性が向上していることが分かった。

表 1. HIPIMS、DC の実験条件

コーティングシステム	DominoMini (独 Sulzer Metaplas 製)	
成膜モード	HIPIMS	DCMS
基板材料	HSS(JIS:SKH51)	
ターゲット材料 (寸法)	TiAl 33/67at% (45x7.5[cm <sup>2</sup> ])	
T-S 間距離	70[mm]	
プロセス圧力	0.5[Pa]	
基板加熱	450[°C]	
バイアス電圧	-50[V]	
平均出力	7.5[kW]	
ガス流量 (Ar/N <sub>2</sub> )	100/30[sccm]	70/70[sccm]
パルス条件	Ton:50[μs] f=1[kHz]	-

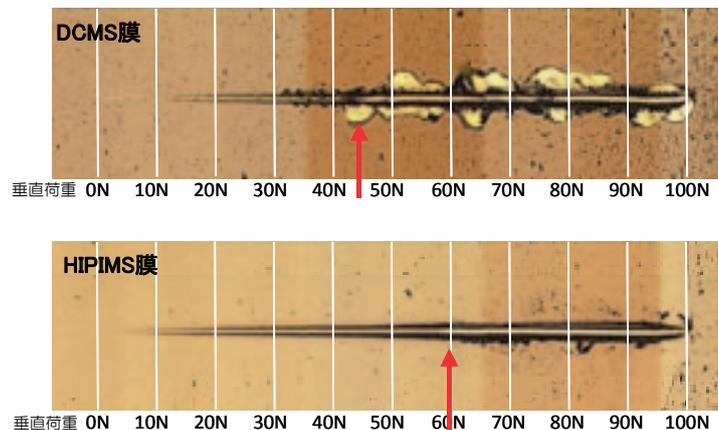


図 1. スクラッチ試験結果

## ■研究の新規性・優位性

従来の DCMS 膜に対して、HIPIMS 膜の表面粗さ (Ra) は平滑性が約 2 割向上し、硬度が約 3 割向上したことで、密着性、耐久性も高い成膜が可能となった

## ■産業への展開・提案

従来膜より平滑性等の優位性を生かした成膜技術を開発することで、精密機械部品や精密金型などへの製品応用が期待できる。

## 参考文献

[1] K. Sarakinos, J. Alami, S. Konstantinidis, Surface and Coatings Technology, Vol.204, pp.1661-1684 (2010)

\*1) 表面技術グループ、\*2) 首都大学東京

H24.4 ~ H25.3【基盤研究】精密金型を対象とした HiPIMS 法による成膜技術の開発

## 全固体電池用マイクロ構造化セラミックスの製造技術開発

○藤巻 研吾<sup>\*1)</sup>、平野 康之<sup>\*2)</sup>、棟方 裕一<sup>\*3)</sup>、金村 聖志<sup>\*3)</sup>

## ■キーワード 全固体電池、精密切削、金型、セラミックス

1. 精密切削による微細パターン成形用の金型加工技術を開発
2. 金型によるマイクロ構造化セラミックスの低コスト生産を実現
3. 固体電解質以外のさまざまな材料への微細パターン成形へ応用可能

## ■研究の目的

次世代の安全な蓄電池として、電解液の代わりに固体電解質を利用し、電極や電解質がセラミックスでできた全固体電池<sup>[1]</sup>が注目されている。全固体電池の実用化のためには、表面に微細な凹凸パターンを持った固体電解質のマイクロ構造化セラミックスが必要である。そこで金型を用いて安価にマイクロ構造化セラミックスを製造する技術を開発することを目的として研究を行った。

## ■研究内容

## (1) 金型加工技術の開発

精密切削による金型加工の様子を図1に示す。金型の材料はSUS420J2改良鋼（プリハードン、硬度27～35HRC）とした。加工装置はrobonano α-0iB（ファナック（株）製）、スピンドルはXpeed1200（エア軸受、タービン駆動）（（株）ナカニシ製）、切削工具は超硬合金製スクエアエンドミル（直径0.05mm、刃長0.075mm、2枚刃、ノンコート）を使用した。

各種加工条件を検討した結果、粗加工において1パス当たりの切込み2μm、送り100mm/min、回転数50000min<sup>-1</sup>、仕上げ加工において1パス当たりの切込み1μm、送り20mm/min、回転数50000min<sup>-1</sup>とすることで、極小径の切削工具を折損させることなく、10mm×10mmの範囲に幅50μm、深さ50μmの直交溝の構造を持った金型の加工を実現した。なお、粗加工と仕上げ加工の間で工具交換を1回行った。

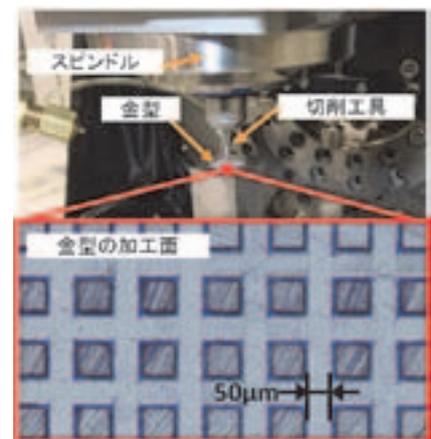


図1. 金型加工の様子

## (2) 材料成形技術の開発

市販の固体電解質粉末は、粒子が粗く微細な金型による成形には適していないため、粒子サイズを1μm以下に粉碎処理を行った。そこへ固体電解質の粒子同士を結合するためのバインダーを添加した。当初は金型へ充填した後の離型が難しく金型に抜け勾配を設ける必要があったが、バインダーの量や成形圧力などの条件を検討することで、抜け勾配のない上記の金型によって微細パターンの成形を実現した。

成形した膜に対して高温炉を用いて脱バインダー及び焼成を行って製作したマイクロ構造化セラミックスを図2に示す。温度や炉内の保持方法などのプロセスを検討することで、割れや反りを生じることなくマイクロ構造化セラミックスを焼成することに成功した。

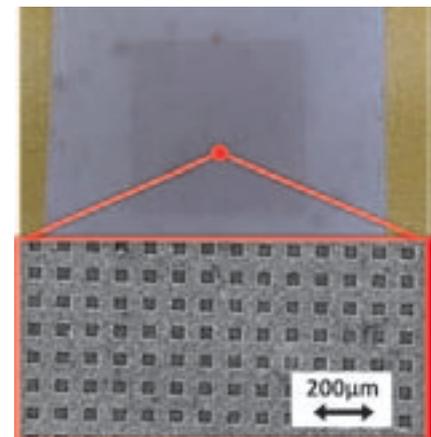


図2. マイクロ構造化セラミックス

## ■研究の新規性・優位性

微細なパターンを持ったセラミックスの量産技術はほとんど確立されておらず、金型により低コストで製造できる点で優位性が高い。

## ■産業への展開・提案

- ① 都内中小企業より製造装置を製品化予定
- ② 他のセラミックス材料や樹脂などのパターン成形に応用可能

## 謝辞

本研究は、東京都の「都市課題解決のための技術戦略プログラム」の支援により実施された。

## 参考文献

[1] 金村聖志, 学術の動向, Vol.16, No.5, pp.38-41 (2011)

\*1) 機械技術グループ、\*2) 城南支所、\*3) 首都大学東京

## 金属間化合物の寸法制御によるマグネシウム焼結合金の高強度・高延性化

○岩岡 拓<sup>\*1)</sup>、青沼 昌幸<sup>\*1)</sup>、中村 満<sup>\*2)</sup>

## ■キーワード 粉末冶金、マグネシウム、金属間化合物、共晶融液

1. 難焼結マグネシウムへの粉末冶金法の適用による casting、圧延、切削以外の製造法の提案
2. 焼結を阻害する酸化皮膜の無害化のため、共晶融液による焼結をねらった助剤の検討
3. 強度特性の金属間化合物の寸法依存性を明らかにし、高強度・高延性化を示唆

## ■研究の目的

マグネシウムは軽量化ポテンシャル（比強度、比剛性）が優れる金属である<sup>[1]</sup>。この潜在的性質を發揮させるため、マグネシウムに適合した合金や材料プロセスが盛んに検討されている。本研究では、焼結が困難な純マグネシウム粉末に低融点金属粉末を添加することで、共晶融液による酸化皮膜の無害化と液相焼結を図り、マグネシウム合金の粉末冶金プロセスを提案することを目的とする。

## ■研究内容

## (1) 実験方法

純マグネシウム粉末に各元素粉末（Sn、Bi、Sb）を単独添加した二元系混合粉を用意した。各混合粉を黒鉛型に充填し、550°Cで10minの通電焼結を行った。その後、生成相や結晶粒の観察を行うために、最終的に0.25 $\mu$ mのダイヤモンドによるバフ研磨で観察面を鏡面まで仕上げた後、各相や粒界が見分けられる程度に適宜腐食を行った。金属間化合物の形態観察及び同定には、FIBによる断面作製後にTEM-EDX及び電子線回折を用いた。焼結体の強度特性は抗折試験により抗折力と曲げ歪を求めて評価した。

## (2) 結果と考察

図1は、Mg-Bi焼結体のTEM像及び各相の電子線回折パターンを示す。焼結界の酸化皮膜（MgO）の形態に沿ってMg<sub>3</sub>Bi<sub>2</sub>が形成されており、焼結中に生成された共晶融液がMgOの複雑な形状に適合した後、焼結界に金属間化合物を形成することで焼結が達成されたと考えられる。図2は、各焼結体の強度（抗折力）と延性（曲げ歪）の関係を示す。金属間化合物の寸法制御により点線に沿って両特性が向上し、二元系混合粉の焼結体の中では、Mg-Sn系が強度と延性に優れる結果となった。

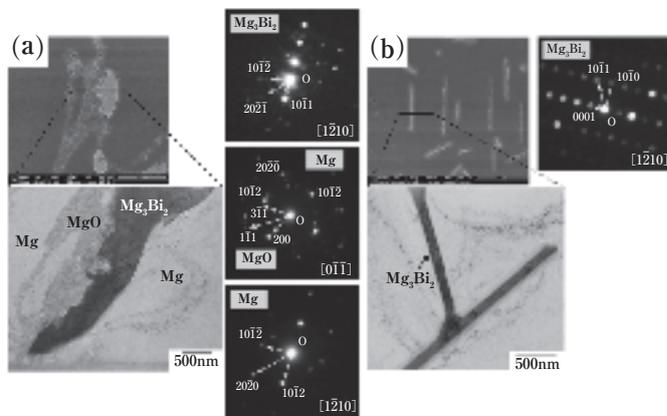


図1. 焼結体のTEM観察結果：(a) 焼結界、(b) 結晶粒内

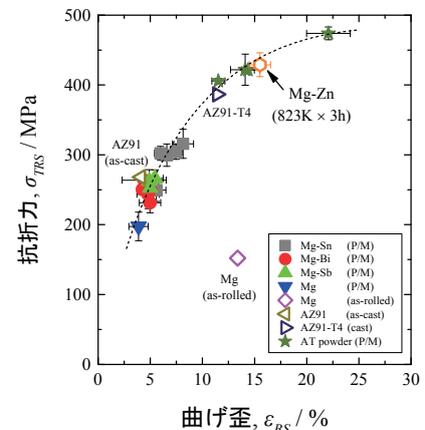


図2. 各焼結合金の強度と延性

## ■研究の新規性・優位性

マグネシウムの液相による粉末冶金法の適用及び市販合金にない組成を検討。安価な元素粉末添加により熱的に安定な金属間化合物を形成し、熱処理や塑性加工等を併用せず、焼結のまま熱的強化と高強度・高延性化を示唆

## ■産業への展開・提案

- ①粉末を原料とするマグネシウム合金プロセスの提案
- ②新しいマグネシウム合金素材の開発

## ■研究に関連した知財

・特願 2014-092371

## 謝辞

本研究の一部は科研費：若手研究B(26820330)の助成により実施されました。

## 参考文献

[1] 原田幸明, 井島清, まてりあ, Vol.43, pp.580-584 (2004)

\*1) 機械技術グループ、\*2) 岩手大学

H26.4 ~ H27.3【科研費】TLPによる難焼結マグネシウムの酸化皮膜を介した焼結挙動の解明

# 元素添加による異材摩擦攪拌接合界面での金属間化合物層厚さの抑制

○青沼 昌幸<sup>\*1)</sup>、岩岡 拓<sup>\*1)</sup>

■キーワード 摩擦攪拌接合 (FSW)、異種金属溶接、チタン、金属間化合物

1. 溶接法での**元素添加とFSWとの併用**により、接合界面の脆化層（金属間化合物層）厚さは減少した
2. 添加元素の合金元素との反応と脆化層の除去効果により、**界面の脆化層厚さの抑制**が可能である
3. 母材組成に合わせた添加元素を用いることで、他の合金に対しても有効な方法と推測される

## ■研究の目的

摩擦攪拌接合 (Friction Stir Welding: FSW) は、接合中の温度が低い固相接合法であり、異種金属接合に有効な接合法とされる。本研究では、強度低下要因となる異材接合界面の脆化層（金属間化合物層）生成の抑制を目的として、FSWと従来溶接法による第三元素の事前添加を併用し、接合界面での金属間化合物生成の抑制効果と、接合界面微細構造の改善効果について検討を行った。

## ■研究内容

本研究では、Ti と反応性の高い Al を含む Mg-Al-Zn 合金と、工業用純チタン (CP-Ti) との異材接合界面における、Ti-Al 系金属間化合物層厚さの減少を目的に検討を行った。本研究の接合の概要図を図 1 に示す。後に FSW での接合界面となる Mg-Al-Zn 合金の突き合わせ位置に対し、アーク溶接法でのビードオンプレートにより事前に細線を溶融添加した。添加元素は、Ti と全率固溶体を生成し、Al とは金属間化合物を生成する Zr (99.5%) とした。添加後、Zr を添加した領域を CP-Ti と突き合わせて FSW により接合し、接合界面における金属間化合物層厚さの抑制効果について検討した。

Mg-Al-Zn 合金側の攪拌部には、添加した Zr が粒状あるいは片状となって分布しているのが確認された。SEM-EDS による特性 X 線像観察により、分布した Zr の表面には Al との反応相が確認され、Zr が Mg-Al-Zn 合金に含まれる Al と反応することで、基地に固溶した Al 量を減少させる効果が確認された。また、分布した Zr 片への Ti-Al 系金属間化合物の付着も確認され、接合界面に生成した Ti-Al 系金属間化合物が Zr 片との摩擦によって除去される効果も認められた。

図 2 に接合界面の二次電子像と EDS による線分析結果を示す。Zr 無添加の接合界面には、Al-Ti 系金属間化合物層が観察されたが、Zr を添加した接合界面では、Zr 無添加と比較して Al の検出強度が減少しているのが確認された。接合界面の層について STEM-HAADF 像による観察を行った結果、Zr を添加した接合界面では厚さ 500nm 未満のごく薄い Al 濃化層が観察された。

これらのことから、事前の Zr 添加により、Mg-Al-Zn 合金に固溶した Al と Zr とが優先的に反応し、さらに、Zr 片が接合界面を摩擦することによる Ti-Al 系金属間化合物層の除去効果が得られ、接合界面での金属間化合物層の厚さを抑制する効果を得られることが明らかとなった。

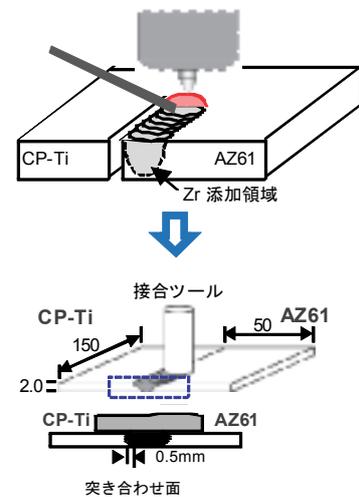


図 1. 接合の概要図

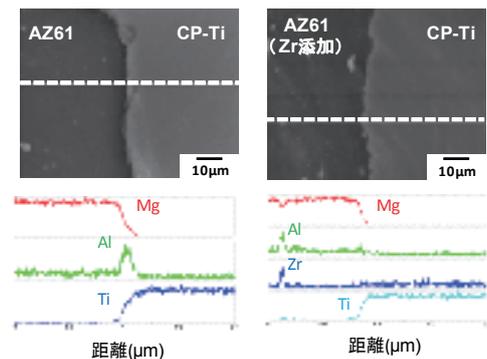


図 2. 接合界面の SEM-EDS による線分析結果

## ■研究の新規性・優位性

摩擦攪拌接合法 (FSW) による異種金属接合は、従来法に比べて高強度の接合部を得られるが、本研究での方法により、さらに高品質な異種金属接合が可能となる。

## ■産業への展開・提案

- ① 接合が困難な異材組み合わせでの接合施工
- ② ボルト締結部の置換による軽量化・低コスト化
- ③ 金属間化合物抑制による接合部特性の向上

## 謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金 (24560902) により実施されました。

\*1) 機械技術グループ

H24.4 ~ H27.3【科学研究費基盤研究 C】組成調整による接合界面反応の制御を利用した異種金属接合

## 近赤外分光法を用いた光学活性医薬品の識別

坂本 知昭<sup>\*1)</sup>、村山 広大<sup>\*2)</sup>、○藤巻 康人<sup>\*3)</sup>、北川 雅博<sup>\*4)</sup>、小金井 誠司<sup>\*5)</sup> <sup>\*6)</sup>、  
小宮山 誠<sup>\*2)</sup>、香取 典子<sup>\*1)</sup>、合田 幸広<sup>\*1)</sup>

■キーワード 近赤外分光法、光学活性、医薬品品質管理、PAT (Process Analytical Technology)

1. 近赤外分光法を**光学活性医薬品の識別**に適用できる可能性を示した
2. 前処理なしで**錠剤のまま**近赤外スペクトルを測定できた
3. **1錠あたり1秒の測定**で解析に十分なスペクトルが得られた

## ■研究の目的

近赤外分光法（以下、NIRS という）は、非破壊・非接触・迅速な分析が可能な分光法である。近年、医薬品の工程管理ツールとして用いられるようになってきたが、汎用分析法としての発展にはさらなる研究が必要である。本研究では、製剤製造工程のリアルタイム計測を視野に入れ、固形製剤（錠剤）を非破壊で迅速に識別できるツールとしての適用可能性を検討した。

## ■研究内容

【緒言】 NIRS は、近赤外領域（800nm～2500nm または  $12500\text{cm}^{-1}$ ～ $4000\text{cm}^{-1}$ ）の光を用いた分光法で、粉体、液体、固体などサンプルの形状を選ばず、非破壊・非接触・迅速な分析が可能な手法である。農業・食品産業分野では、農産物や加工食品の塩分、糖分、食味、粒度などさまざまなパラメータの計測に利用され、医科学分野でも脳の血流量や血中酸素濃度測定などに応用されてきた。近年は医薬品分野でも応用研究が進められ、原料受け入れ検査や混合均一性の確認などに用いられるようになってきた。

本研究では、近赤外分光法の適用可能性の一つとして、固形製剤（錠剤）の非破壊品質評価試験を行った。特異性がありながらもエネルギーが弱く、利用が難しかった短波長側の領域に対して、分散形近赤外分光器を用いたスペクトル解析を試みた。

【実験】 スペクトル測定には、高密度 InGaAs フォトダイオードアレイ検出器を搭載した新開発のポリクロメーター方式の分散形近赤外分光器（プロトタイプ P-NIRs 横河電機（株）製）を用いた。リアルタイム計測への応用を視野に入れ、積算回数は1回（測定時間1秒）とし、拡散反射法及び透過法によって測定した。サンプルにはキノロン系抗菌剤であるレボフロキサシン（LVFX：光学活性体）とオフロキサシン（OFXN：ラセミ体）を用い、主として短波長側の領域（800nm～1300nm）を解析に利用した。

【結果及び考察】 LVFX では1240nmに観測されたCH第二倍音（不斉炭素のCH）が、OFXNでは20nm長波長側にシフトしていた一方で、カルボン酸由来のOH第一倍音とCO伸縮振動の結合音は、両者とも1390nmに観測された。こうしたスペクトルの差異は、結晶中の分子配列の違いに起因するものと考えられる。また、錠剤の拡散反射測定では、CH第二倍音及びカルボン酸由来OHとCOの結合音が1180nm付近に観測された。これらの吸収を用いることにより、光学活性医薬品であっても、錠剤のまま主薬成分の識別が可能であることが示された。

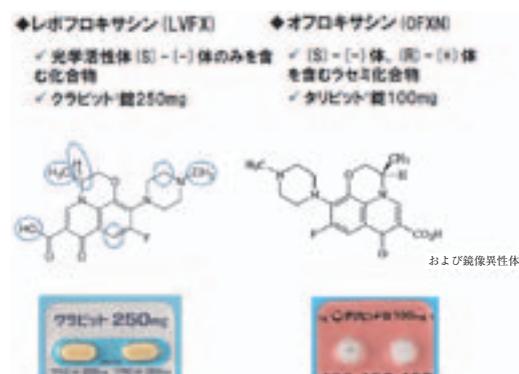


図1. 光学活性医薬品とラセミ医薬品

## ■研究の新規性・優位性

新開発の分散形近赤外分光器を用いることで、エネルギーが弱い短波長側のスペクトルを測定・解析し、錠剤のまま主薬成分を識別できた。

## ■産業への展開・提案

- ① NIRS を用いた医薬品の品質評価
- ② 医薬品製造工程のリアルタイム計測
- ③ 医薬品固形製剤の出荷前全数検査

謝辞 本研究の一部は、厚生労働科研究費補助金により実施された。

参考文献

[1] T. Sakamoto, K. Murayama, Y. Fujimaki, M. Kitagawa, S. Koganei, M. Komiyama, N. Kartori, Y. Goda, PHARMTECH JAPAN, Vol.30, No.3, p.45 (2014)

\*1) 国立医薬品食品衛生研究所、\*2) 横河電機株式会社、\*3) 材料技術グループ、\*4) エーザイ株式会社、\*5) システムデザインセクター、\*6) 機械技術グループ

H26.4～H27.3【共同研究】高度品質分析・評価技術に関する研究

## 高剛性サンドイッチコアの開発

○高橋 俊也<sup>\*1)</sup>、西川 康博<sup>\*1)</sup>、阿保 友二郎<sup>\*1)</sup>

## ■キーワード サンドイッチ構造、高剛性、セル構造体

1. スキン材の剥離を改善
2. 曲げ剛性が向上したサンドイッチコア
3. 衝撃吸収特性を有したサンドイッチコア

## ■研究の目的

ハニカムパネルは、サンドイッチコア材（以下、コア材という）の両端面にスキン材を接着したものであり、軽量で高剛性な構造として交通機械から家具まで幅広い分野で使用されている。

ハニカムパネルの高い剛性は、スキン材の曲げ剛性によるものであり、コア材の曲げ剛性は、ハニカムパネルの曲げ剛性の計算時には無視されるほど低い。また、曲げ荷重を受けた場合にコア材とスキン材が剥離しやすいという課題がある。そこで本研究では、コア材の構造を改善し、スキン材との剥離を改善し、さらに曲げ剛性が高く、衝撃吸収特性を有したコア材を開発した。

## ■研究内容

## (1) コア材の構造設計

スキン材とコア材の剥離を改善するため、接着面積を増加させ、さらにコア材自身に曲げ剛性を与えるため、図1のように多面体構造の凹凸を規則的に持つ板を作製した。作製した凹凸板を図1のように凹凸がかみ合う状態で接着した。図1において赤い面は凹凸の接着面、黄色の面は積層時の接着面、あるいはスキン材との接着面である。図1で接着したものを、図2のように積層してコア材を作製した。

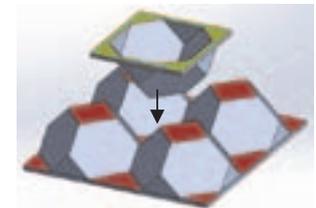


図1. 開発した凹凸板の形状及び接着

## (2) 曲げ試験による検証

コア材はインクジェット式三次元造型装置で造形した凹凸板を接着、積層し、表面にスキン材を接着して作製した。3点曲げ試験により、スキン材とコア材の剥離と曲げ剛性について検討した。曲げ試験の結果を図3に示す。開発したコア材自体が曲げ剛性を持つため、曲げ剛性がハニカムパネルよりも1.74倍高くなった。破壊時には、スキン材とコア材は剥離せず、コア材の内部で破壊し、破壊荷重もハニカムパネルよりも高い荷重であった。

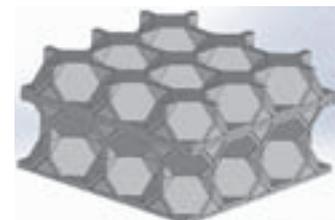


図2. 凹凸板の積層

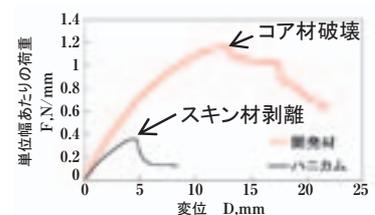


図3. 曲げ試験結果

## (3) 圧縮試験による検証

圧縮試験の結果を図4に示す。図4から圧縮応力が一定になるプラトー領域が確認できた。この領域では一定荷重でコア材の凹凸が崩壊し続けている。そのため、衝撃荷重の作用時にも、凹凸の崩壊にエネルギーが使用されるため、衝撃吸収特性が期待できる。

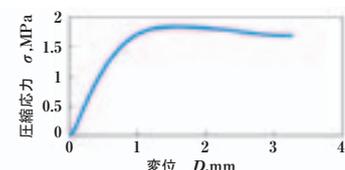


図4. 圧縮試験結果

## (4) まとめ

同一厚さのハニカムパネルよりも曲げ剛性の高いサンドイッチコア材が開発できた。また、曲げ荷重作用時にスキン材との剥離は発生しなかった。さらに、圧縮試験の結果から衝撃吸収能が期待できる。

## ■研究の新規性・優位性

- ①金型で成型可能な形状・接着で積層  
⇒安価に作製可能
- ②ハニカムパネルよりも高剛性、難剥離  
⇒曲げ荷重に強い

## ■産業への展開・提案

- ①高剛性のコア材として自動車などの構造材や家具への適当を提案

## ■研究に関連した知財

・特願 2014-192135

\*1) 電子・機械グループ

## 耐熱 CFRP 製サンドイッチパネルの特性評価

○小山 昌志<sup>\*1)</sup>、後藤 健<sup>\*2)</sup>、荻野 成樹<sup>\*3)</sup>、石田 雄一<sup>\*2)</sup>

■キーワード CFRP、ポリイミド、サンドイッチパネル、耐熱性、高温曲げ特性

1. 耐熱樹脂を用いた CFRP 製サンドイッチパネルの開発
2. サンドイッチパネルの高温耐熱特性評価の実施
3. 250℃～300℃の温度環境における構造体への適用可能性を示唆

## ■背景

人工衛星や航空機などの機体には、軽量・高剛性といった特徴を有したサンドイッチパネルが用いられており、現在、人工衛星ではコア材にアルミハニカム、スキン材に炭素繊維強化プラスチック (CFRP) を用いたハニカムサンドイッチパネルが広く使用されている。しかし、金星探査など太陽近くの観測用人工衛星では従来のサンドイッチパネルが満たしている軽量性、高い寸法安定性、低温での安定した機械特性に加えて、250℃～300℃に耐えうる高い耐熱性も要求される。そこで、本研究では、高耐熱性のポリイミド樹脂を母材として使用したポリイミド CFRP ハニカムサンドイッチパネルに着目した。サンドイッチパネルの機械特性の評価方法として、常温及び高温のフラットワイズ引張試験及び四点曲げ試験を行い、フラットワイズ引張強度、曲げ剛性、曲げ強度を取得し、その結果を基に、ポリイミド CFRP ハニカムサンドイッチパネルの耐熱構造体への適用可能性を検討した。

## ■試験内容、結果

## (1) ポリイミド CFRP ハニカム

強化繊維に炭素繊維 (T300、東レ (株) 製) を用い、母材をポリイミドとした CFRP により成形されたハニカムコアをコア材として、同材料をスキン材としたサンドイッチパネルを作製した。作製にあたり、スキン材の硬化時にコア材と接着を行う Co-Cure 法と、先にスキン材の硬化を行い、板材を作製し、母材樹脂であるポリイミドでコア材と接着する Two-Step 法の 2 種の成形方法を採用した。

## (2) 高温特性評価

サンドイッチパネルのスキン材とコア材の接着強度を測定のために、図 1 に示すフラットワイズ引張試験を ASTM-C292 に準拠し、常温から 300℃の測定温度域で実施した。また、パネルの曲げ特性として、曲げ剛性及び曲げ強度を ASTM-C393 に準拠し同様の温度域で試験を実施した。

## (3) 測定結果

図 2 に示すフラットワイズ試験の結果から、どちらの成形条件で作製したパネルにおいても、1.0MPa を超える高いフラットワイズ強度を示すことが確認された。また、Co-Cure 法で作製したパネルでは、300℃でも強度を維持することが確認された。この結果から、スキン材とコアの接着強度は高温でも維持が可能であることが示された。

図 3 には Co-Cure 法で作製したパネルの曲げ剛性及び曲げ強度の測定結果を示す。図中のオレンジ色のプロットは曲げ剛性を示し、棒グラフは曲げ強度を示している。この結果から、曲げ剛性は常温と 300℃でほぼ同等程度の値を示しており、高い耐熱特性を有することが示された。また、曲げ強度においても 300℃で約 65%の強度保持率を有していることが確認された。この結果から本サンドイッチパネルは耐熱部材としての適用可能性が示唆された。

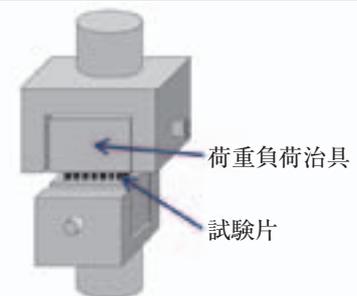


図 1. フラットワイズ試験

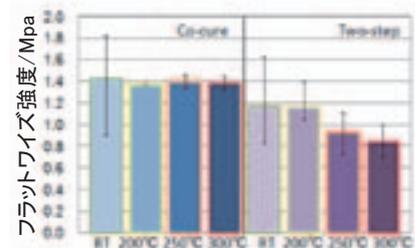


図 2. フラットワイズ強度

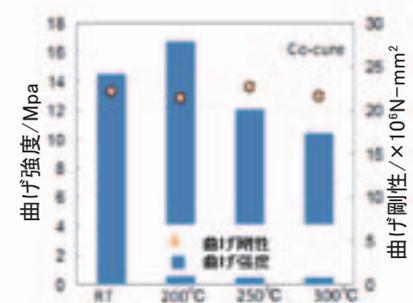


図 3. 曲げ特性

## ■まとめ

本研究により、ポリイミド CFRP 製サンドイッチパネルの 300℃付近までの構造体への適用の可能性が示唆された。今後成形性の改良等などの実用に向けた技術開発が必要である。

\*1) 明星大学、\*2) 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構、\*3) 東京理科大学

## ポリカーボネートをマトリックス樹脂とした炭素繊維強化複合材料の力学特性向上

○小熊 広之<sup>\*1)</sup>、熊谷 知哉<sup>\*1)</sup>、坂本 大輔<sup>\*1)</sup>、井上 裕之<sup>\*1)</sup>、関根 正裕<sup>\*1)</sup>

■キーワード CFRTP、熱可塑性樹脂、オゾン酸化処理、曲げ強度、空洞率、界面

1. リサイクル性等に優れる**熱可塑性樹脂**を用いた炭素繊維強化複合材料の力学特性を評価した
2. 成形圧力と曲げ強さ、空洞率との関係を明らかにした
3. 樹脂と炭素繊維との**界面接着性を向上**させるため、オゾン酸化処理を行った

## ■はじめに

炭素繊維強化複合材料 (CFRP) には熱硬化性樹脂が広く用いられているが、リサイクルが困難であり硬化に時間がかかる等の問題が指摘されている。そこで、使用樹脂に熱可塑性樹脂を用いた炭素繊維強化熱可塑性樹脂複合材料 (CFRTP) が注目されている。しかし、熔融粘度の高い熱可塑性樹脂を連続炭素繊維織物の繊維束内に含浸させることは難しく、炭素繊維 (CF) と熱可塑性樹脂は界面での接着性が低いという問題もある。本研究では、連続強化繊維として平織の CF 織物、熱可塑性樹脂は耐衝撃性が高く、透明性、耐候性、寸法安定性、自己消火性等に優れるポリカーボネート (PC) を用いて CFRTP を作製した。また、CF と PC との界面接着性を向上させるため PC シート表面にオゾン酸化処理を行い、強度向上に対する効果を検証した。

## ■結果と考察

## 1. 成形圧力と曲げ強さ、空洞率との関係

CF 織物に PC シートを重ね、300℃、3MPa で加温加圧することにより作製した CF-PC プリプレグシートを 8 枚積層し、成形温度 300℃、成形圧力を 2～10MPa とした際の曲げ強さと空洞率との関係を図 1 に示した。成形圧力が高くなると CFRTP 内の空洞率が減少し、炭素繊維の体積率 (Vf) が増加し、曲げ強さが 33% 向上することが分かった。

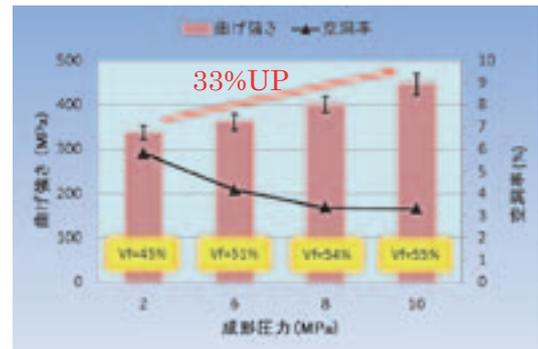


図 1. 成形圧力と曲げ強さ、空洞率との関係

## 2. PC シートに対するオゾン酸化処理の効果

PC シートをオゾン酸化処理し接触角を測定すると図 2 の通り親水性が大幅に向上した。これは、図 3 に示した赤外分光光度計 (IR) による測定結果から、酸化処理により親水性を示すヒドロキシ基 (-OH) が生成されたためと考察した。また、曲げ強さは図 4 の通り 14% 向上した。これは、オゾン酸化処理の効果により CF と PC 界面接着性が向上したためと推測した。



図 2. 接触角測定結果

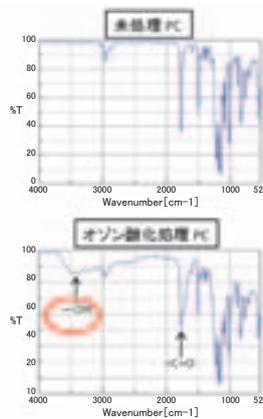


図 3. IR による測定結果

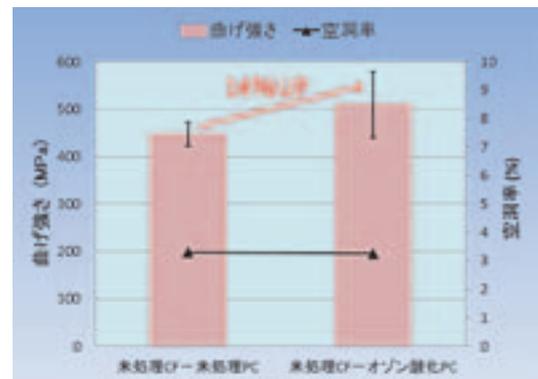


図 4. オゾン酸化 PC の強度向上効果

## ■まとめ

熱可塑性樹脂に PC を使用して CFRTP を作製したところ、成形圧力を 2MPa から 10MPa に上げると空洞率が低下し、曲げ強さが 33% 向上した。また、PC にオゾン酸化処理を行うとさらに 14% 強度が向上した。これは酸化処理の効果により、CF と PC 界面接着性が向上したためと推測した。

\*1) 埼玉県産業技術総合センター

**6月25日(木)**

**デザイン支援室**

**ロボット / メカトロニクス**

## 都産技研のロボット開発事業の紹介

○坂下 和広<sup>\*1)</sup>、益田 俊樹<sup>\*1)</sup>、佐々木 智典<sup>\*1)</sup>、村上 真之<sup>\*1)</sup>、森田 裕介<sup>\*1)</sup>、瓦田 研介<sup>\*2)\*3)</sup>

■キーワード ロボット、おもてなしロボット、事業化推進、プロジェクト

1. 少子高齢化による人口減少に対し、**ロボットによる労働力の補充**の実現は重要である
2. 生活支援型ロボットの**市場は中小企業に向くが**、実現する技術は多岐にわたり**複雑で難しい**
3. **ロボットベース**、**RTM(Robot Middleware)**、**安全認証支援**により、中小企業のロボット事業を支援

### ■背景と目的

人口減少に伴い労働力を補うために、ロボットの積極的な活用が望まれる。また、2020年の東京オリンピック・パラリンピックでは、ロボットが人と協調して活躍する姿を国内外の観光客が目にする事で、東京の洗練された技術を世界中に発信し、日本のおもてなしの心を理解してもらう絶好の機会である。生活支援型ロボットは少量多品種で小市場規模が予想され、中小企業の事業市場に適している。一方、事業化には、複雑多岐な総合技術を理解し、ロボットによる新サービスを提供する必要がある。この発表では、そのための方策に基づき展開する都産技研のロボット開発事業について紹介する。

### ■事業の紹介

#### (1) ロボットとネットワーク

多くのベンチャー企業が IOT 事業の実現に向かって活動している。単体で販売していた製品を、クラウドとスマートフォンにつなげることで、サービスの質を高め、続々と新たな事業が生み出されている。今後、ロボットがこのハードウェアに置き換わることで、さらにサービスの質の向上が期待できる。例えば、単体のカメラが、ネットワークカメラになることで、顧客はスマートフォンで家を監視できるようになった。監視ロボットがネットワークにつながると、スマートフォンでロボットを移動させて好きな場所を監視できるようになる。この変遷を図1に示す。中小企業にはロボットとネットワークによる、新しいサービスの開発に注力してもらえる環境を提供予定である。

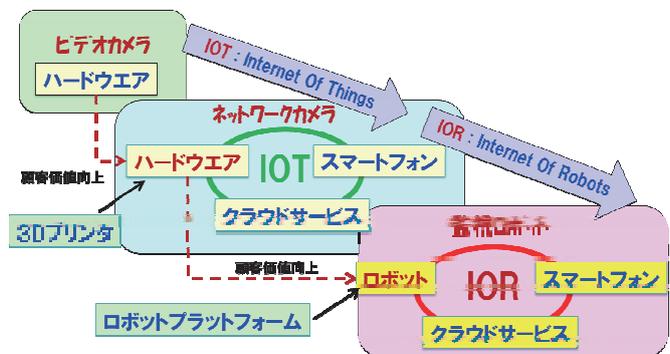


図1. ロボットのネットワーク化によるサービスの質の向上

#### (2) ロボット事業の事業化支援

ロボットの開発では、少なくとも機械、電子回路、組み込み技術、サービス構築に伴う情報処理技術などのさまざまな技術を熟知し、それをバランスよく統合することが必要である。また、事業化には安全に対する備えも必要で、これには ISO 13482 の認証取得と保険適用が望まれる。これらの、課題を解決しやすくするために、ロボットベース、RTM というプラットフォームの開発を進めた。ロボットベースを活用することで、機構系、組み込み系の複雑な開発から解放される。RTM の導入により、モジュール化されたプログラム開発が可能となる。積極的に既存のモジュールを再活用することで短期間でプロトタイプを開発することができる。また、ロボットベースを活用することで、安全認証が取得しやすい環境を提供する予定である。

### ■まとめ、今後の展開

ロボットベースと RTM の導入で中小企業がネットワークを活用したロボットによる新しいサービスの創造に注力できるようにしたい。また、都産技研では、平成 27 年度に安全認証試験関連設備、短期間でのロボット試作が可能な先端加工設備、さらにはロボットの疑似実証スペースなどを増強することを検討している。

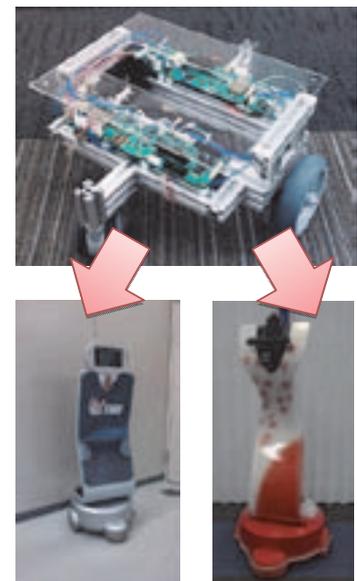


図2. T型ロボットベースによる製品展開

本事業は東京都の長期ビジョンに対応した「ロボット産業活性化事業」(平成27年度の新規事業)として実施される。

\*1) ロボット開発セクター、\*2) ロボット事業推進部、\*3) 経営企画室

## 小型移動検査ロボット DIR-3 (インフラ点検など狭隘部を検査する技術)

○神村 明哉 <sup>\*1)</sup>

■キーワード インフラ点検、小型移動ロボット、遠隔操作・情報取得、高段差乗り越え

1. 小型で低コスト、機動性に優れた遠隔操作移動検査ロボットを開発
2. コの字型アームにより高さ 18cm の段差を自動で昇降
3. 簡単操作、映像・センサ情報の記録が可能なユーザインタフェース

### ■研究のねらい

近年、人が入ることが困難な狭い場所や危険な場所における小型移動ロボットの活躍が注目されている。例えば、家屋の床下検査は、高さ 4、50cm 程の狭い隙間に人が入り這って作業を行う重労働で、日本における高湿度の気候、シロアリ対策、地震被害の調査などを背景に、小型移動ロボットの実用的な活躍の場として期待されている。本研究では、床下検査だけでなく、インフラ点検など狭くて危険なさまざまな現場に投入可能な、小型でありながら高段差を乗り越えることができる低コストの移動検査ロボットの開発を進めている。

### ■研究内容

図 1 に、小型移動検査ロボット DIR-3 の外観を示す。DIR-3 の最大の特徴として、ボディの中央を結ぶ“コの字型アーム”を前後させることで自分の 1.5 倍の高さ(18cm)まで自動で登り降りすることができる(図 2 左)。また、図 2 右に示すように、コの字型アームを使うことでほぼ真上や真下の観察が行え、ひっくり返っても自動で復帰できるなどの特徴がある。

実際の床下点検では、図 3 左のようにロボットからの映像を見ながらリモコンで操作して、床下の状態を調査する。図 3 の右はサーモグラフィ表示をして、高温の物体を検知している様子である。

DIR-3 は姿勢センサ、温度センサ、湿度センサ、ガスセンサ、赤外線センサ、線量計を搭載しており、遠隔からさまざまな情報を取得することが可能である。

将来は機動性を活かして災害現場などでも活躍が期待できる。

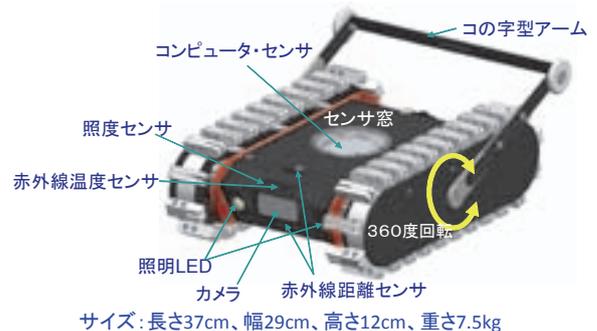


図 1. DIR-3 の外観

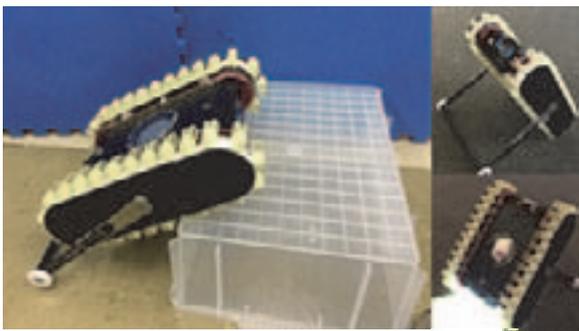


図 2. DIR-3 による 18cm 段差上り(左)、  
上方下方検査の様子(右)

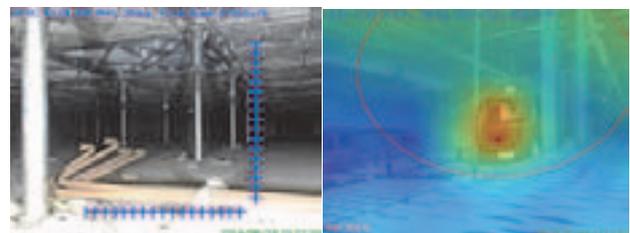


図 3. DIR-3 操作画面  
(左) カメラ映像、(右) サーモグラフィ表示

### ■連携可能な技術、知財

- 高段差乗り越え可能な移動ロボット機構
- 開発した超小型サーボ基板、センサ・GPIO 基板、遠隔操作技術(産総研登録ノウハウ、プログラム)
- 特開 2014-19209(2014/02/03)「クローラ走行装置」
- 特開 2014-19210(2014/02/03)「クローラ走行型探索用ロボット」
- 特許第 4635259 号(2010/12/03)「クローラロボット」

\*1) 国立研究開発法人産業技術総合研究所

## 人の水上活動を支援するロボティックビークルの研究開発

○武居 直行<sup>\*1)</sup>

### ■キーワード 水上、搭乗型、支援、ロボット

1. 人が歩くように立って水上を移動できる
2. ハンズフリーでの操縦なので道具を持って作業ができる
3. リアルにバランス感覚を必要とするアミューズメントにもなる

### ■背景

近年、Segway や Winglet といった人の体重移動で操縦するロボティックビークルが多数開発され、注目を集めている。陸上での移動手段としては同様のものが開発され、今後も盛んになることが予想される。一方、水上におけるパーソナルモビリティとしては水上バイクもあるが、船舶による移動が主流であり、進路を変更する際に舵を切って船体の向きを変えるための時間を要し、また旋回するための水上面積が必要となるので、小回りが利かず繊細な移動が難しい。水上を自由に移動できる乗り物があれば、水質調査や清掃活動、養殖場での作業の他、アミューズメントなどの幅広い用途での利用が期待できる。

### ■研究開発

上記の背景のもと、著者らはこれまでに水上で人の体重移動により、前後・左右・その場旋回が可能な全方位推進型水上移動機を開発してきた<sup>[1] [2] [3]</sup>。

開発当初は、水上での機体のバランスが悪く、座り乗りであったが、機体配置の改善により、立ち乗りが可能となった。

また、機体の傾きを加速度センサにより計測し、操縦意図として利用していたが、傾斜を検知する手法は機体を傾げる必要があるため、手すりを持っていないと操縦が難しかった。新たにフォースプレートによる荷重分布を操縦意図として用いる方法を採用することで、手すりを持たずにハンズフリーでの操縦が可能となった。

さらに、重心・浮心・復元力を考慮して機体形状の最適化を行った最新機 MINAMO (Multidirectional Intuitive Aquatic Mobility) を開発した(図1~3)。従来機に比べ1/6の傾きに抑えることができ、初めての搭乗者でも安心して乗ることができるようになった。



図1. 最新機 MINAMO の概観

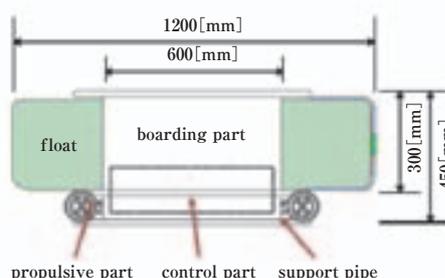


図2. MINAMO の構造



図3. 搭乗して操縦している様子

### ■今後の展開

今後は、さらに操縦しやすいように改善するとともに、風や波、流れなどの外乱環境下における特性を調査し、性能向上を図っていきたい。

### 参考文献

- [1] N. Takesue, A. Imaeda, H. Fujimoto, Industrial Robot: An International Journal, Vol.38, Iss.3, pp.246-251 (2011)
- [2] 本多周吾, 武居直行, 藤本英雄, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2011, 1A2-M07, (2011)
- [3] D. Kobayashi, N. Takesue, Proc. 2014 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2014), pp.741-746 (2014)

\*1) 首都大学東京

## 接地点の切換えを考慮したヘビ型ロボットの多様な運動制御

○田中 基康 \*1)

■キーワード ヘビ型ロボット、冗長性、接地点切換え、障害物回避、段差昇降

1. ヘビ型ロボットの特徴と応用先
2. 接地点の切換えと冗長性を利用した制御方法
3. 実現した多様な動作の例

## ■はじめに

ヘビ型ロボットは生物のヘビを模倣したロボットである。細長い形状で多様な動作を行うことができるため、管内のような狭所の検査や、瓦礫が散在する災害現場の探索といった活動での活躍が期待されている。生物のヘビは環境に対して体幹の接触位置や力を適応的に変化させ、瓦礫が散らばる複雑な3次元環境であっても移動することができる。ヘビ型ロボットもヘビ同様に複雑環境での移動が可能ではあるが、関節数が多い上に接触位置が切換わっていく複雑なシステムとなるため、その制御方法は確立されていない。著者らは主に動作制御の観点で、複雑な環境におけるヘビ型ロボットの多様な動作の実現を目指して研究を行っている。本報告では、著者が最近行っている研究内容をいくつか紹介する。

## ■研究紹介

開発したヘビ型ロボット「T<sup>2</sup> Snake-2」<sup>[1]</sup>を図1に示す。このロボットはピッチ関節とヨー関節が交互に連結されており、ピッチ関節と同軸上に受動車輪が配置してある。受動車輪は、ヘビ同様の異方性摩擦特性（体幹方向に滑りやすく、体幹と垂直方向に滑りにくい）を付与するために用いている。受動車輪には駆動力が生じないため、ヘビ型ロボットは推進の際に体全体を屈曲させる必要がある。著者らは車輪が横滑りしないと仮定してヘビ型ロボットの運動学モデルを導出し、モデルにおける「冗長性」と呼ばれる性質を利用することで多様な制御を行っている。

図1. T<sup>2</sup> Snake-2<sup>[1]</sup>図2. 全身の障害物回避の様子<sup>[3]</sup>図3. 段差昇りの様子<sup>[4]</sup>(1) 接地点切換えを用いた障害物回避<sup>[2] [3]</sup>

ロボットは、地面と接触している部分、すなわち接地点が変わると数式モデルが変化する。ヘビ型ロボットにおいては、数式モデルの変化に伴い冗長性も変化する。文献[2]では、接地点の切換えと冗長性を利用する制御方法を提案した。この制御方法を利用すると、ロボット先頭の任意軌道への追従を実現しながら、移動してくる障害物の回避<sup>[2]</sup>や、ロボット全身の障害物回避<sup>[3]</sup>が可能となる。ヘビ型ロボットを遠隔で操作する場合、カメラ等の情報を元に操作を行うわけだが、全身の動きを人間が指示することは非常に難しく現実的ではない。一方、提案した制御則を用いると、操作者は先頭のみを運動を指示するだけで済む。後続部分は障害物を自動で認識し、自律的に回避するのである。操作者の負担軽減という観点からも、有用な制御方法であると言える。

(2) 段差昇降制御<sup>[4]</sup>

文献[4]では、平行な2平面で構成された段差環境の昇降を実現する制御方法を提案した。段差環境では関節をうまく動作させなければ受動車輪が環境と接触できず、推進することができない。さらに接触点についても逐次変化していく。文献[4]の制御則を用いると、環境とロボットとの接触をうまく保ち、段差昇降を自律的に行うことができる。

## ■おわりに

本報告では、著者が行っているヘビ型ロボットに関する最近の研究を紹介した。今後は、より複雑な3次元環境を対象とした制御方法について研究を進める予定である。

## 参考文献

- [1] <https://sites.google.com/site/motoyasutanakalab/>
- [2] M. Tanaka, F. Matsuno, *Advanced Robotics*, Vol.28, issue6, pp.415–429, (2014)
- [3] M. Tanaka, K. Kon, K. Tanaka, *IEEE Trans. on Control Systems Technology* (Accepted)
- [4] M. Tanaka, K. Tanaka, *IEEE Trans. on Robotics*, Vol.31, No.2, pp.511–520 (2015)

\*1) 電気通信大学

## RTM を活用した課題解決型ロボティクスの提案

○松日楽 信人<sup>\*1)</sup>

### ■キーワード RT ミドルウェア、ロボット、プロトタイピング、課題解決

1. ロボット用ミドルウェアによるプロトタイプロボット開発
2. カメラマンロボットによる実証と課題
3. 短期開発によるビジネスチャンス創出の増大

### ■はじめに

ロボットへの期待は大変高まっており、政府のロボット新戦略、ロボット白書、IT 企業のロボット買収など、ロボットと AI が注目されている。しかし、何を解決するのかという観点が不十分である。本研究では、課題解決のために地域で研究 - 開発 - 実証 - 実用の循環が継続できる環境構築をも目指している。その一例として、RT ミドルウェア (RTM) という共通ソフトウェアを活用して開発したカメラマンロボットについて紹介する。短期間でのプロトタイプの開発には十分と考える。

### ■ RTM とロボット開発

#### (1) RT ミドルウェアとは

- RTM はソフトウェアをモジュール化する仕組みであり、インタフェースが国際標準として定義されていることから、他者が開発したソフトウェアも容易に組み合わせ、システム化することが可能であり、開発者が増えるほど効果がある。
- RTM は講習会、コンテストを通じて普及活動をしており、開発したモジュールの仕様書、マニュアルを残すことが定められているので、継続性、応用性が高い。

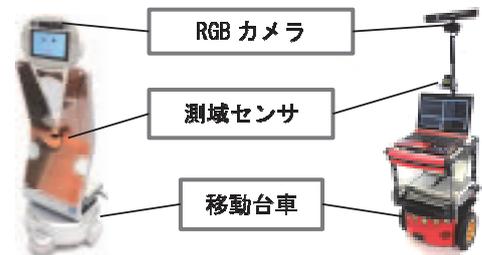


図 1. 2 台のカメラマンロボット

#### (2) 課題解決のためのシステム化技術

- 課題、目的を明確にしてシステムを設計する。不足の部分は自分たちで開発する。
- 組み合わせだけでは目的とするシステムは実現できず、設計技術も必要とされる。

#### (3) カメラマンロボットの実現：部分的な実装ではなく一連の作業を実現することが重要である。

- 図 1 に示すロボットにおいては、ロボットが人を見つけ、顔が中央に来る位置に移動し、声掛けして写真を撮り、印刷する。成功率は現状 7 割程度である。
- RTC からなるロボットシステム構成を図 2 に示す。必ずしも個々の精度を上げるだけではなく、システムとして精度を上げる。
- 他のロボットへの適用が可能である。センサや移動機構の位置や特性を変換することで、ソフトウェアはそのまま使用できる。

#### (4) 課題と応用

- RTM の管理、実用化対応を考えるフェーズにある。
- 写真を印刷するだけではなく、サーバーに送ることで定点観測もできる。RTM 同様に、インターネットを介した共通通信プロトコル RSNP (Robot Service Network Protocol, by RSi) の採用により遠隔地からの操作も可能である。

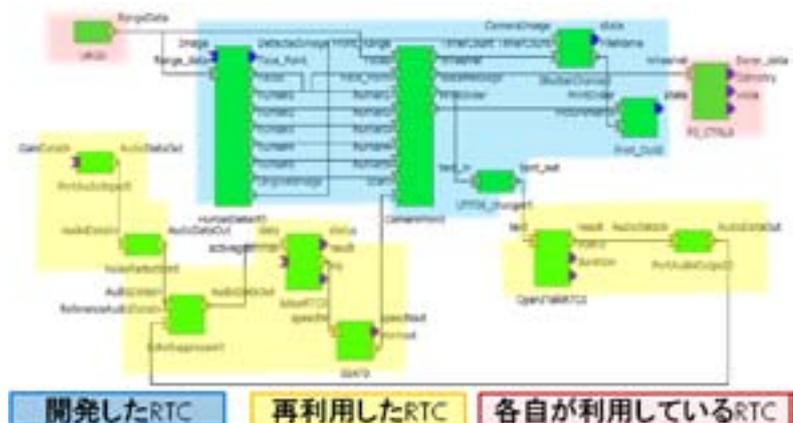


図 2. カメラマンロボットの RT ミドルウェアシステム

### ■まとめ

RTM を活用したプロトタイプロボット開発を提案し、カメラマンロボットを実現した。短期間でデモが可能である。お台場・江東区を中心とした「ベイエリアおもてなしロボット研究会」では、RTM、RSNP を実装した共通プラットフォームとして、オリンピックを視野に入れた課題解決に取り組んでいる。なお、本ロボットシステムは研究成果発表会にて展示実演を行っている。

\*1) 芝浦工業大学

## 千葉工業大学未来ロボット技術研究センターのロボット開発

○平井 成興<sup>\*1)</sup>

## ■キーワード レスキューロボット、原発対応版災害対応ロボット、パーソナルモビリティ

1. レスキューロボットから原発対応版 Quince へ
2. 櫻シリーズによる民間技術移転
3. 未来型パーソナルモビリティの産学共同開発

## ■はじめに

千葉工業大学未来ロボット技術研究センター (fuRo) は、3つの柱からなるコンセプトでロボットの研究開発を行っている。1つ目は未来のロボットの研究開発をすること、2つ目は産学連携（産業界＝企業と大学が共同で研究を進めること）をしながらロボットの新産業を立ち上げること、そして3つ目がロボットのプロダクトデザインとは何かということを追及することで、機能とデザインを一体化して無駄を省くと同時に、デザインを追求することからロボットの性能の向上を目指している。本稿はこれらの代表的なロボット開発事例を紹介する。

## ■事例紹介

## (1) レスキューロボット

被災現場の状況調査を行うことを目的に開発された移動型ロボットで、Quince はその代表例である。特に、閉鎖空間（地下、ビル内）は危険性が高く、隊員の二次災害を防止するためのロボットとして開発された。東日本大震災で発生した福島第一原子力発電所の事故現場の状況を探査するために活用されたのが、この Quince をベースとしてさまざまな改造を施した原発対応版 Quince である。ベースとなっている優れた踏破性で、破壊された建屋内の探索を可能とし、現場の線量分布計測、冷却システムの健全性確認など、多大なる成果を挙げた。



図 1. 櫻式號

## (2) 櫻シリーズ

櫻シリーズとは原発対応版 Quince の運用経験に基づき、ソフトウェアについては操作・操縦性能の良さを継承しつつ、ハードウェアについては、登坂性能、防水性能、耐久性などを飛躍的に向上させたボディを設計し、モータ、電気制御系などを新たに開発したものである。これまでに櫻舌號、櫻式號の2種類のモデルが開発され、民間企業に技術移転され製品化されている。図 1 に示すのは櫻式號である。



図 2. HullcII

## (3) HullcII

HallucII (ハルクツ) は、環境と共存できる未来の乗り物のコンセプトモデルである。56 個のモータを多関節ホイール・モジュールとして 8 脚装備し、これによりビークル（車両）モード、インセクト（昆虫）モード及びアニマル（動物）モードの 3 形態に変形が可能となっている。路面の状態に応じて形態を変形、走行と歩行を切り替えることで、従来にない高い移動性能を実現したものである。



図 3. ILY-A

## (4) ILY-A

ILY-A (アイリー・エー) は、本センターとアイシン精機（株）が共同で企画・開発した未来の電動小型モビリティである。3 輪構成の 1 人乗りで、4 種類の形態に変形させることで多様な用途に対応できる。新開発の「知能化安全技術」により、突然飛び出してくる人や障害物などを動・静止物体に関わらず認識し、自動で車体の速度を減速して制動制御する。安全かつ気軽に使え、人々の行動範囲を広げることで、若者からアクティブシニアまでのあらゆる世代の人々に向けた行動範囲を広げるライフスタイルの提案と新たな“生活ツール”の確立を目指している。

## ■まとめ

当センターでは他にもユニークなロボットを多数開発している。また、ロボット教育用教材なども手掛け、実習授業で活用するなどロボット技術の社会普及に関わる幅広い活動を行っている。スカイツリータウンキャンパスやホームページ (<http://furo.org/>) もご訪問、閲覧いただければ幸いである。

\*1) 千葉工業大学

## 産学公金連携による「おもてなしロボット」の開発

○山口 仁一<sup>\*1)</sup>、矢光 由貴夫<sup>\*2)</sup>

■キーワード おもてなしロボット、産学連携、地域活性化、日野市

1. 2013 年に開催の国体での出場者や観客へのおもてなしを目的に製作
2. 日野市内事業者の技術力の発信と、産産・産学連携の促進となる開発プロジェクト
3. デザインドリブンアプローチによるロボット開発

## ■背景

東京都日野市は、昭和初期から大手企業を誘致し、工業都市として発展してきた歴史を持ち、2003 年から 2008 年にかけては製造品出荷額で都内第 1 位を誇っていた。しかし、近年は大規模工場の市外移転が相次ぎ、製造品出荷額も第 2 位となり、製造事業所数も低下が続いていた。

このような状況のなか、日野市がスポーツ祭東京 2013（第 68 回国民体育大会）の 3 競技の会場に決定した。同大会には市外から大勢の出場者、観客が訪れることが予想され、「ものづくりのまち日野」を対外的に PR できる絶好の機会と考えた。そこで、日野市工業振興基本構想に基づき、「市内企業の製品・技術のみえる化」を目的に、ロボットをプラットフォームとした市内ものづくり産業の PR を検討した結果、市内 6 社が名乗りを上げて実行委員会を組織。それぞれの企業の強みを生かしつつ、首都大学東京、東京都立産業技術研究センター、多摩信用金庫と連携し、日野市の工業を PR できるロボットを製作。スポーツ祭東京 2013 をはじめとするさまざまなイベントに出展し、日野市の PR を行っている。

## ■おもてなしロボットの概要

図 1 に開発したロボット（日野おもてなしロボット）を示す。本ロボットの身長は 1.1m 程、横幅と奥行きは 60cm 程で、日野市の鳥カワセミをモチーフとし、ロボットとの触れ合いをテーマに日野市の工業を体感できるデザインコンセプトで開発された。そして、知的財産に着目した連携手法を用いて、各事業者が持つ強みを安定に結合させながら、5 ヶ月弱という短期間で製作された。2014 年には関節の柔軟動作が可能なバージョンアップも実施された。

外装は、複数のパーツをプラスチックの塊から 3 次元切削加工により削り出し、それらをはめあい結合して構成し、ボルトの頭等が露出しない、彫刻的な佇まいを有する。羽根の裏側には、LED が仕込んであり、呼吸をしているかのように光り、外界の音に反応して色や点滅間隔が変化する。首部には、6 軸方向の距離センサを搭載し、頭部の上面を撫でることで、外部ディスプレイの画面を操作することができる。バッテリーは、制御装置用と駆動装置用の 2 つを搭載し、制御装置は 8 時間程度、駆動装置は 5 時間程度の動作が可能で、駆動装置用バッテリーは、制御装置を動作させたまま交換でき、システムを再起動せずに長時間の運用ができる。安全性を高めるために 2 足歩行ロボットの設計技術が応用されており、高い転倒安全性と受動駆動性、また、衝突が想定される方向への柔軟性を有し、衝突時の対人安全性を高めている。2014 年には、柔軟制御関節システムを開発してロボットの関節部に組み込むことで、安全かつ柔軟な動作ができる。ロボットの移動機構部は、東京都立産業技術研究センターで開発された T 型ロボットベースを改造して用い、ソフトウェアは、産業技術総合研究所が開発・配布している RT ミドルウェア：OpenRTM-aist を用いて開発することで、高い汎用性を有している。また、フレーム骨格構造に外装をはめあい結合する構造により、さまざまなデザインの外装にも対応が容易となっている。



図 1. 日野おもてなしロボット

## ■まとめ

2013 年には外装を中心に全体設計・製作を、2014 年には人間と安全かつ柔軟な物理的インタラクションを可能とする柔軟制御関節システムの研究開発を行い、同システムをロボットの関節部に組み込むバージョンアップを実施した。今後は、要望の多い動作の実現や音声機能の追加など、情緒的インタラクション機能を導入し、より高度なおもてなしができるように研究開発を進める予定である。

## 参考文献

- [1] 広報ひの, 平成 26 年 10 月 1 日号, pp.1-2 (2014)
- [2] e・コロンブス, 1 月号増刊, pp.30-31 (2015)

\*1) ヤマグチロボット研究所（日野おもてなしロボット実行委員会会長）、\*2) 日野市まちづくり部産業振興課

**6月26日(金)**

**会議室531**

**東京オリンピック・パラリンピックに向けた  
クールジャパン**

## 生活技術開発セクターの活用状況

○大泉 幸乃 \*1)

■キーワード 快適性評価、安全性評価、製品化支援、日射環境試験装置、カラー AM (3D プリンタ)

1. 生活関連製品の性能から使いやすさまで総合的な評価が可能
2. 屋外環境を模擬できる日射環境試験装置が人気
3. 製品化支援強化のために都産技研初のインクジェット式カラー AM (3D プリンタ) を導入

## ■背景

都産技研では、生活関連製品の開発支援を強化するために、2013年10月に墨田支所に「生活技術開発セクター」を開設した。このセクターでは、生活関連製品に求められる「快適・健康」「安全・安心」に関する性能、使いやすさについての評価機器を充実させて、感性工学や生理計測に基づく高付加価値なものづくりを目指している。

## ■活用状況

- 生活技術開発セクター（以下、生活 S という）は3担当で構成されている（図1）  
生活 S を総合的に利用することにより、高付加価値製品の開発が可能になる。
  - ① 快適性評価：人が製品を利用する状況を想定して、製品の使いやすさを客観的に評価
  - ② 安全性評価：製品の品質や耐久性、化学的安全性の評価
  - ③ 製品化支援：新たなアイデアを形にするための製品企画や試作品製作

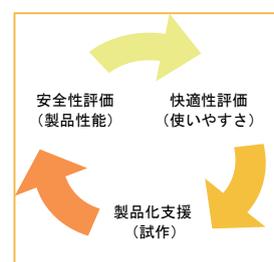


図1. 各担当の連携

- 生活 S 開設後は利用件数が約 160%にアップ（図2）  
製品の使用環境を再現した評価、人間の使用感に関連する評価が人気。利用件数の多い機器は、日射環境試験装置（図3）、多点接触圧測定装置、シート型圧力測定器、生理計測機器、におい識別装置、流体可視化装置等で都外からの利用も増加。  
例えば、日射環境試験装置では疑似太陽光による屋外製品の温度上昇や運動による人体の発熱状態を観測できる。壁材の断熱効果の評価、屋外用デジタルサイネージの動作確認、レジャー製品の耐久性、冷却用品の実証試験等に利用されている。

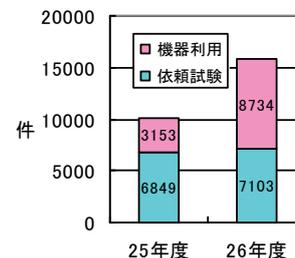


図2. 生活 S の利用実績の推移

## ● 利用業界の拡大

生活 S は卸売・小売業やサービス業等の非製造業の利用率が高い。サービス業では番組制作業、出版業、検査機関、学校、クリーニング業等が利用している。製造業では繊維工業から、玩具、文具、装身具、電気製品、通信機器、自動車、紙製品、家具等に拡大している。



図3. 日射環境試験装置

## ■今後の展開

快適性、安全性、健康に配慮した生活関連製品の開発支援強化のために2014年10月に生活製品開発ラボを開設した。縫製機器に加え、インクジェット式カラー AM (3D プリンタ)（図4）、3D ハンディスキャナ、レーザー加工機を導入し、試作品作製機能を充実させた。繊維製品と電子機器、プラスチック製品等を組み合わせた製品試作が可能となった。2020年東京オリンピック・パラリンピックを控え、スポーツ用品、健康用品等の新製品開発、また、外国人観光客向けのクールジャパンを意識したデザイン性のある生活用品、アパレル製品に電子機器を組み込んだウェアブル製品の開発等を支援していく。



図4. カラー AM (3D プリンタ) と試作例

\*1) 墨田支所

## 長野県工業技術総合センターにおける人間生活関連技術支援事例の紹介

○北野 哲彦<sup>\*1)</sup>、宮嶋 隆司<sup>\*1)</sup>

## ■キーワード 製品開発、生体計測、デザイン支援、3D プリンター

1. 長野県工業技術総合センターの人間生活関連計測・評価機器の紹介
2. 製品開発支援事例① 「らくらくん」お薬用コップの開発
3. 製品開発支援事例② 救急救命士用点滴資器材携行ケース「IVnote™」と専用針回収容器の開発

## ■はじめに

長野県工業技術総合センターでは、人間生活科学部（松本市）が主に人間生活関連技術の支援を行っている。具体的な担当技術は、人間生活工学技術（人間工学、生体計測、デザイン支援、感性工学、繊維・木工技術含む）、健康・医療・福祉機器関連技術である。所有する計測・評価機器を活用し、人の動作等を考慮した製品開発に関する県内企業支援に取り組んでおり、ここでは、機器及び支援事例の一部を紹介する。

## ■支援事例（取り組み内容）

## (1) 計測・評価・試作機器

人間生活科学部では、同分野で技術支援に活用している機器を、「色彩評価システム」「感性計測システム」「製品デザイン試作開発システム」と総称している。「色彩評価システム」は製品の色を中心とした製品の劣化の程度を評価することができる。「感性計測システム」（図1）では指の接触力センサーなどにより、動作や生理反応の計測を行うことができる。製品の使いやすさの評価の支援に活用されている。「デザイン試作支援システム」は、3D スキャナによる計測や3D プリンターやレーザー加工機で様々な試作をすることができ、製品デザインや使いやすさの評価に活用されている。



図1. 感性計測システム  
（指の接触力センサー）

## (2) 支援事例①

## 「らくらくん」お薬用コップの開発支援

介護系のNPO法人より委託を受け、高齢者や幼児を対象にした薬を飲みやすくするための容器の開発支援を行った。多種類の薬を一度に容易に飲むことを目指したものである。委託者のアイデアをシミュレーション評価と3Dプリンターによって具現化し、その使いやすさを評価して、試作品の機能向上を行った。委託者は県内企業と連携して製品化に取り組み、平成26年7月に“らくらくん”お薬用コップ（図2）として販売を開始した。



図2. 「らくらくん」お薬用コップ

## (3) 支援事例②

救急救命士用点滴資器材携行ケース「IVnote™」と専用針回収容器の開発支援

点滴資器材携行ケース（図3）は、静脈留置針や輸液ライン、輸液、消毒綿など静脈確保に関する資器材が使いやすく収納され、携行しやすくしたケースである。この発案は長野県下の消防署に所属する現役の5人の救急救命士で、点滴に係る資器材をコンパクトにまとめて携行できるケースを試作しアイデアを考案した。信州メディカル産業振興会の救急医療機器開発部会の活動を通じて、有限会社等々力製作所と共に製品開発を行った。同ケース専用の使用済み針回収容器について、3Dプリンターで試作を繰り返し使用感の評価などを行った。平成26年6月に発売を開始した。



図3. 点滴資器材携行ケース

## ■まとめ

長野県工業技術総合センターでは、長野市などにある他部署とも連携しながら、計測機器などを活用し人間生活関連技術分野の製品開発の支援を行ってきている。また、同時に、民間の製品開発経験者がデザイン支援を中心に、外部専門家と連携して製品開発をプロデュースする地域資源製品開発支援センターと呼ぶ事業も進めている。今後も所有する各種機器や同事業を活用し人の動作に考慮した付加価値の高いものづくり支援を進めていく。

\*1) 長野県工業技術総合センター

## 岐阜県における木工産業への技術支援

○長谷川 良一 \*1)

## ■キーワード 木製家具、曲げ木、座り心地、製品評価

1. 高品質な木製家具加工技術“圧縮、曲げ加工”
2. 身体計測、高齢者ニーズを考慮した座り心地
3. 製品の評価技術

## ■はじめに

岐阜県は、県土面積の82%が森林で占められている森林資源が豊富な県である。このため、木材資源を活用した産業が各地域で存在する。特に、飛騨高山地域では、古くから豊富な木材資源と、匠の技と称される高度な加工技術とが相まって、木製家具の産地として有名になった。現在、使用する材料は、外材に依存しているが、木製いす、テーブルにおいては全国1位の出荷額を誇り、高いブランド力を有する製品を製造している。岐阜県生活技術研究所は、これら主要な木工産業の支援機関として、素材から製品までの研究開発を実施しており、その取り組み事例を以下に紹介する。

## ■研究支援事例

## (1) 適正な曲げ加工技術

飛騨の家具の特徴である曲げ木の基本原理は、トーネット法による曲げ加工である。その工程は、木材を90～100℃で蒸す→型にはめて曲げる→型にはめたまま乾燥し、形状を固定する。図1に製造現場における曲げ工程の含水率変化を示すが、蒸煮時の含水率のばらつきが大きく、その後の不良につながっているという現状がある。さらに現在では、木材の種類が増え、かつデザイン性のため曲げ形状も多様化している。そこで、蒸煮と乾燥工程に焦点を当て、各樹種の製造条件のデータを収集し、高品質な家具づくりのための情報提供を行っている。

## (2) 座り心地の良い椅子

木製椅子のデザインは、外観的形状の検討が優先となり、基本設計値に対する検討は少ない。そこで、実際の着座時の人の背形状の計測、背板の位置、座面高さの違いによる座り心地に関するアンケート調査、筋電位や体圧分布計測など客観的評価による設計情報を収集した。活用事例として人の自然な背形状による設計指針を提案した。それを基に、共同研究に参加した地元メーカー5社から13アイテム商品化している。図2にローバックチェア的设计指針と製品開発例を示す。

## (3) 高齢者、個別需要へ対応した椅子

加齢に伴い、背中が大きく彎曲した人のための椅子を開発した。図3に開発椅子による姿勢改善を示す。この椅子は、彎曲した背形状の計測に基づき、骨盤部と腰部の支持面が背中形状に沿うように角度調整が可能である。よって、通常の椅子では、背もたれの支持形状が合わず、頭部が下を向いていたところ、これにより前を向いた姿勢が可能となり、食事の介助負担が軽減された。その他の事例としては、腰痛者にやさしい椅子を開発した。これは血液循環を良くする観点と筋肉の負担を軽減する観点の2方向から、岐阜大学医学部、家具メーカーとの産学官共同により実施した。これらは「円背者用椅子」「腰にやさしい椅子」として商品化されている。

## (4) 製品の評価技術

部材段階での性能確認だけでなく、実物製品における強度、耐久性、使用環境下における品質を確認することが出来る各種試験機を所有している。家具に関しては、JIS、ISO試験に準拠した試験を実施しており、高品質な製品、ブランド化に寄与している。

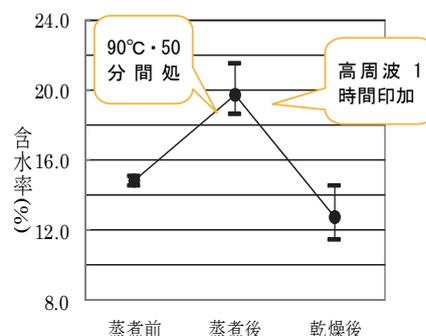


図1. 製造現場における含水率の推移  
(ナラ材：中央部径40mm、L=820mmの丸棒)



図2. 設計指針と商品開発例



図3. 背中が曲がった高齢者のための椅子

\*1) 岐阜県生活技術研究所

## 子供の学習姿勢に関する研究を基に開発した製品の事例紹介

○友延 憲幸<sup>\*1)</sup>、河原 雅典<sup>\*2)</sup>、楠本 幸裕<sup>\*1)</sup>、椛嶋 隆<sup>\*3)</sup>、中山 貴裕<sup>\*4)</sup>、  
横田 圭蔵<sup>\*5)</sup>、隈本 知伸<sup>\*6)</sup>、石川 弘之<sup>\*1)</sup>、刈谷 臣吾<sup>\*1)</sup>

■キーワード 子供、学習姿勢、学童椅子用クッション、学習台、机上作業用グリップ

1. 「子供の姿勢が悪い」と感じる教師がいる学校は、7割以上存在する
2. 小学校で独自に授業中の姿勢を調査した結果、子供の姿勢が悪いことを確認した
3. 姿勢を悪くする要因を探り、改善する仕掛けを検討し、独自の視点で製品開発を実施した

### ■取り組みの流れ



※：2013 福岡デザインアワード入賞受賞、※※：2014 福岡デザインアワード大賞受賞

### ■今後の展開

各製品、適切な姿勢に導くことを客観的に確認したが、今後は各製品の使用により適切な姿勢に導くことが、学力向上につながるかどうかフィールド調査の実施を検討している。

\*1) 福岡県工業技術センター インテリア研究所、\*2) 富山大学、\*3) 株式会社イケヒコ・コーポレーション、\*4) ナカヤマ木工、\*5) 有限会社ヨコタウッドワーク、\*6) 独楽工房隈本木工所

## 富山県生活工学研究所におけるスポーツ分野の取り組み

○浦上 晃<sup>\*1)</sup>、溝口 正人<sup>\*1)</sup>

## ■キーワード 打撃用具、反発性能、竹複合バット、ホッケースティック、バット公認試験

1. 富山県工業技術センター生活工学研究所の概要と施設紹介
2. 打撃特性を改善した竹複合バットの商品化事例とホッケースティックの開発について
3. 国内競技団体との連携によるバット公認試験について

## ■はじめに（生活工学研究所の紹介）

生活工学研究所が所在する富山県南砺市にはさまざまなスポーツ用品の製造企業が集積していることから、当所では「スポーツ科学試験室」を設置して、用具やウェアなどのスポーツ分野に関する試験研究に取り組んでいる。スポーツ関連企業の商品開発を支援するために、多くの専用装置を導入しており、公設試では国内唯一のスポーツ工学の研究拠点となっている。特色のある保有設備を図1～4に示す。

本報では、これまでに実施してきたスポーツ用具に関する取り組み事例について紹介する。



図1. スポーツ科学試験室



図2. スイングロボット



図3. 衝突現象計測システム



図4. バット反発性評価装置

## ■スポーツ用具の開発事例

## (1) 竹複合バットの開発

プロ野球等で使用される木製バットは、打撃時の衝撃により折れたり割けたりするケースが少なくなく、高価でもあるため、主に練習用バットとして、貼り合せた竹材を旋削加工した竹バットが多用されている。しかし、竹バットは木製バットと比べて剛性が小さい、反発に劣る、しなりやすく手に響くなどの欠点がある。そこで当所では、竹バットの芯部に強化木を組み込むことで、従来の木製に匹敵する反発性能を有する竹複合バットを県内企業と共同で開発した。開発した竹複合バットの反発性試験結果を図5に示す。

豊富かつ安価な資源確保が可能な竹材を活用した複合バットの開発により、野球界への高性能な用具の安定供給に貢献している。

## (2) ホッケースティックの開発

五輪種目でもあるグラウンドホッケーのスティックは、素材がFRPになった現在も木製時代の伝統的な形状が踏襲されているが、最大反発点がシャフト上に位置することから、選手は屈んだ姿勢でボールを打撃しており、身体的負担が大きい上、ドリブルなどのボール操作性もよくない。

そこで、プロホッケー選手との取り組みにより、これらの改善を図った新たなスティック形状を考案し、打撃性能を検証した結果、効果を確認した(図6)。

## (3) JSA(日本ソフトボール協会)のバット公認試験

当所は、ソフトボール用バットの新たな安全基準となった反発性試験が行える検査機関としてJSAから指定を受け、2013年の春より各メーカーから申請されるバットの評価試験を実施している。この基準では、反発ボール速度規定値(JSAS)が45m/s以下であることが定められており、当所での試験によりJSASが基準を満たすことが確認された申請バットが、JSAから公認を受けて市販されている。

## ■まとめ

当所では、企業のおきパートナーとして各種技術支援事業を推進している。今後もスポーツ分野の研究開発、依頼試験、技術相談等に取り組むことで、スポーツ界の発展と国民の健康促進に貢献したい。

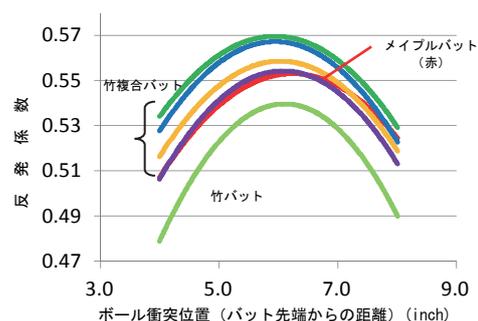


図5. 反発性能の試験結果



図6. ホッケースティックの開発

\*1) 富山県工業技術センター 生活工学研究所

**6月26日(金)**

**研修室241**

**バイオ応用**

# ESR・放射線照射法によるスーパーオキシドアニオン及びOHラジカル消去能の評価

○中川 清子<sup>\*1)</sup>、関口 正之<sup>\*1)</sup>

## ■キーワード ESR、スピントラップ、放射線照射、抗酸化能評価

1. 水の放射線分解を利用したスーパーオキシドアニオン ( $O_2^-$ ) 及びOHラジカル消去能の評価
2. OHラジカル消去能の相対比が、反応速度定数の相対比を再現
3. 既存の装置を利用したシステムの構築が可能

## ■研究の目的

OHラジカルやスーパーオキシドアニオンなどの活性酸素種は発がんリスクがあり、食品や化粧品の抗酸化能を正しく評価する手法が求められている。そこで、水の放射線分解とラジカルをトラップ剤に捕獲してESR（電子スピン共鳴）で測定する方法を組み合わせ、正確な抗酸化能評価をするための条件を検討した。

## ■研究内容

### (1) OHラジカル消去能の評価

スピントラップ剤 DMP0 (5,5-ジメチル-1-ピロリン N-オキシド) と抗酸化物質を溶解した水溶液を亜酸化窒素でバブリングしながらフローし、直径1cmの穴をあけた厚さ5cmの鉛製コリメーターを通してX線(電圧:450kV、電流:10mA)を照射した(図1参照)。照射した溶液はESR測定用の扁平セルに導入し、生成したDMP0-OHラジカルを定量した。

抗酸化物質を添加すると、DMP0-OHの生成量が減少した。DMP0-OHの減衰率を抗酸化物質とDMP0の濃度比に対してプロットすると一次の直線が得られ、傾きがOHラジカル消去能に比例する値となる。得られた傾きの比を表1に示す。得られたOHラジカル消去能の比(第3カラム)は、パルスラジオリシス法で求められているOHラジカルとの反応速度定数の比(第5カラム)とよく一致していることがわかる。X線照射を利用して、OHラジカル消去能の評価が可能であることが示された。

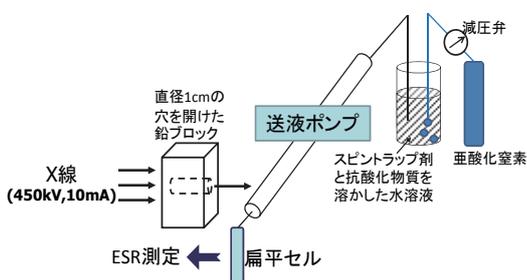


図1. OHラジカル消去能評価システム

表1. 抗酸化物質のOHラジカルとの相対反応速度比

抗酸化物質	求められたOHラジカル消去能 <sup>a</sup>	OHラジカル消去能の相対値 <sup>b</sup>	反応速度定数 <sup>c</sup> / $10^6 M^{-1} s^{-1}$	速度定数の相対値 <sup>d</sup>
p-クマリン酸	6.3	1.00	8.7	1.00
ヒドロキノン	15.6	2.48	20	2.30
カテコール	7.3	1.16	11	1.26
チミジン	3.6	0.57	4.8	0.55
マニトール	1.2	0.19	1.5	0.17

- DMPOと抗酸化物質の競争反応プロットの傾きから得られた値
- p-クマリン酸に対するOHラジカル消去能の相対値
- パルスラジオリシス法で測定されたOHラジカルとの反応速度定数<sup>1)</sup>
- p-クマリン酸に対する反応速度定数の相対値

### (2) スーパーオキシドアニオン消去能の評価

ギ酸ナトリウム、スピントラップ剤 CYPMP0 (5-(2,2-ジメチル-1,3-プロポキシシクロホスホリル)-5-メチル-1-ピロリン N-オキシド) と抗酸化物質を溶解した水溶液を高さ2mmのステンレス容器に入れ、アルミ箔で覆った試料に電子線(電圧:250kV、電流:1mA、照射速度:60m/min)を照射した。照射した溶液は毛細管に採取し、生成したCYPMP0- $HO_2$ ラジカルを定量した。コーヒー酸を添加すると、CYPMP0- $HO_2$ の生成量が減少した。CYPMP0- $HO_2$ の減衰率をコーヒー酸とCYPMP0の濃度比に対してプロットすると一次の直線が得られ、本手法によりスーパーオキシドアニオン消去能の評価が可能であると考えられる。

## ■研究の新規性・優位性

酵素反応や光照射で活性酸素種を生成すると、二次反応の影響で正確な評価が困難である。本手法により、抗酸化能評価の精度が向上する。

## ■産業への展開・提案

- ① 抗酸化能評価法の確立及び普及
- ② ESRを利用した依頼試験の拡充
- ③ ESRを利用した測定システムの共同開発

## 参考文献

- [1] G. V. Buxton, C. L. Greenstock, W. P. Helman, and A. B. Ross, J. Phys. Chem. Ref. Data, Vol.17, p.513 (1988)

\*1) バイオ応用技術グループ

H26.4 ~ H27.3【基盤研究】ESR・放射線照射法によるスーパーオキシドアニオンおよびOHラジカル消去能の評価

# ゲル状配向コラーゲン線維束の開発 - 人工腱マトリクス創成に向けた基盤技術 -

○畑山 博哉<sup>\*1)</sup>、柚木 俊二<sup>\*1)</sup>、海老澤 瑞枝<sup>\*2)</sup>、大藪 淑美<sup>\*1)</sup>、近藤 英司<sup>\*3)</sup>、安田 和則<sup>\*3)</sup>

■キーワード コラーゲン線維束、配向、人工腱、生体吸収性、せん断応力、細胞認識

1. 自家腱移植に替わる**生体吸収性の人工腱**が求められている
2. **腱の一次構造である配向コラーゲン線維を、ゲル状線維束として作製**することに初めて成功
3. 今後は、**配向コラーゲン線維を高次に組み上げ**、生体吸収性人工腱としての実用化を目指す

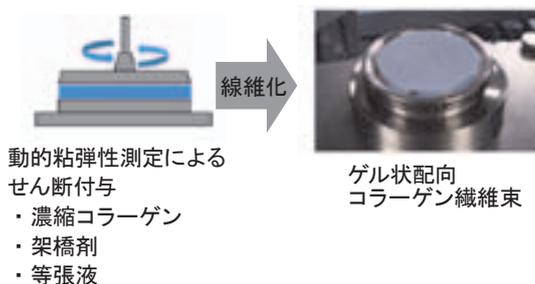
## ■研究の目的

関節外科領域においては患者へのリスクが高い自家腱移植がスタンダードであるが、これを代替する生体吸収性人工腱マトリクスの開発が求められている。従来の人工材料は、埋植後の経時劣化により断裂をきたす場合、あるいは摩耗粉による炎症惹起性が問題視されていた。そこで我々は、生体腱を模倣した「階層化コラーゲン線維束」が生体吸収性人工腱マトリクスになるという仮説のもと、まずは生体腱の一次構造を模倣した配向コラーゲン線維束の作製技術を開発した。

## ■研究内容

(1) ゲル状配向コラーゲン線維束を作製するための要件  
コラーゲンの線維化時にせん断を付与するとナノサイズのコラーゲン線維が配向しながら基板に付着することは知られていたが、本研究は、動的粘弾性装置を活用し(図1)、ミリメートルサイズの厚みを持つゲル状配向コラーゲン線維束の作製に初めて成功した。作製の鍵となる条件を以下に示す。

- ①流動性を喪失する直前までコラーゲン濃度を高める(市販品の上限が1.0%に対し、2.4%まで増加)
- ②体温応答性のコラーゲン線維化速度を飛躍的に高める(特願 2014-210057)
- ③加速されたコラーゲン線維化工程の一定期間だけせん断を付与する
- ④コラーゲンゾルにあらかじめ架橋剤を含ませ、ゲルの硬さを増加させて回収を容易にする



動的粘弾性測定による  
せん断付与  
・濃縮コラーゲン  
・架橋剤  
・等張液

ゲル状配向  
コラーゲン線維束

図1. ゲル状配向コラーゲン線維束の作製

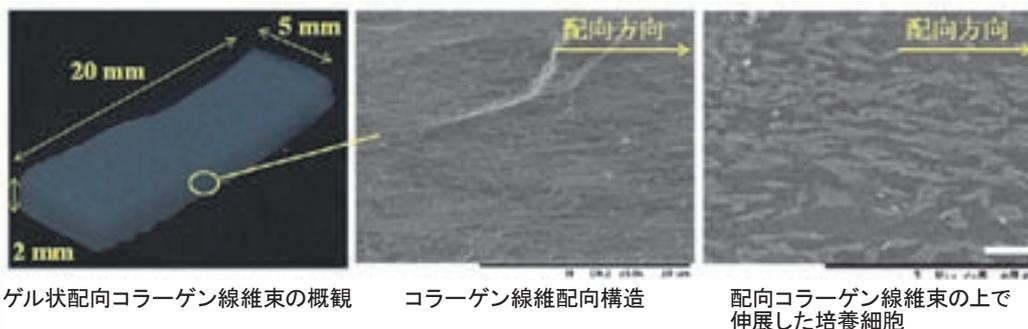


図2. 作製したゲル状配向コラーゲン線維束の細胞認識

(2) 人工腱開発の基盤技術になる可能性

配向コラーゲン線維束上で線維芽細胞を培養したところ、配向軸に沿って細胞が伸展している様子が確認された(図2)。生体が認識するレベルにまでコラーゲン線維の配向度が高められていることが示唆された。

## ■研究の新規性・優位性

せん断配向法はスケールアップ及び機械的制御が容易であり、医療機器の製造技術として有望である。ゲル状に配向コラーゲン線維を作製できたので、構造の階層化が初めて可能になった。

## ■産業への展開・提案

国立大医学部において人工腱としての有効性を実証し、企業との新医療機器開発へと展開したい。

## ■研究に関連した知財

・特願 2014-210057、特願 2014-210060

## 謝辞

本研究の一部は、(独) 日本学術振興会 科学研究費補助金(課題番号: 24500534)の支援を受けて実施された。

## 参考文献

- [1] S. Yunoki *et al.*, J Biomed Mater Res A, Published online, 26 February (2015)
- [2] 特願 2014-210057「コラーゲン水溶液及びそれを用いたゲルの製造方法」
- [3] 特願 2014-210060「コラーゲンゲルの作製方法およびコラーゲンゲル」

\*1) バイオ応用技術グループ、\*2) 光音技術グループ、\*3) 北海道大学大学院

H25.4 ~ H26.3【基盤研究】せん断応力によるコラーゲン配向技術の開発

## 蛍光イムノクロマトリーダの高感度化

○村井 弘道<sup>\*1)</sup>、櫻井 正明<sup>\*2)</sup>

■キーワード イムノクロマト、希土類蛍光錯体、時間分解法、レーダー信号処理

1. 強蛍光性を有する希土類蛍光錯体
2. 蛍光イムノクロマトリーダとレーダー技術の類似性
3. レーダー信号処理による高感度化

### ■はじめに

インフルエンザ簡易検査等に代表される抗原抗体反応を利用した迅速検査では、イムノクロマト法がよく利用されている。近年、そのイムノクロマト法の高感度化のための開発が各方面で行われており、特に蛍光物質を利用した高感度化は、一般的なものとなってきている。本開発では、通信やレーダー技術の観点から高感度化の検討、評価を実施したので概要を紹介する。

### ■開発内容

#### (1) 蛍光物質について

蛍光イムノクロマト法では、各種の蛍光物質が利用されているが、ここでは強蛍光性を有する希土類蛍光錯体  $\text{Eu}^{3+}$  を蛍光物質として選択した。(図1は365nmの励起ビームを照射) この材料は蛍光スペクトル615nmで安定しており、狭いピーク特性を有する。また、ストークシフトが大きく蛍光寿命も数百 $\mu\text{s}$ と長いことが特徴である。この特徴を生かし、バックグラウンドの蛍光を避けるために時間分解法がよく利用されている。

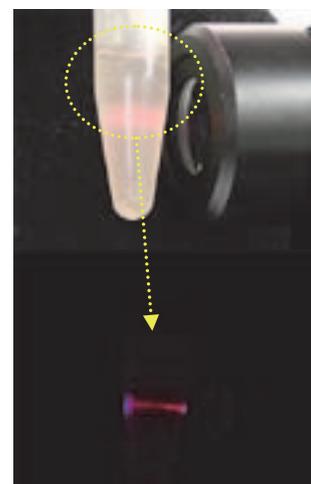


図1.  $\text{Eu}^{3+}$  からの蛍光

#### (2) レーダー技術から見た蛍光検出

励起光を照射することによって蛍光が発せられるという点において、波長の相違を無視して考えるとレーダーの原理と似通っていることが容易に想像される。そこで、近距離マスクに相当する部分をバックグラウンド蛍光時間領域に設定し、標的とする蛍光のみを抽出するためにレンジゲート(図2の黄色枠)を設ける。このようにして、電波またはレーザーレーダーと同様の信号を得ることができる。

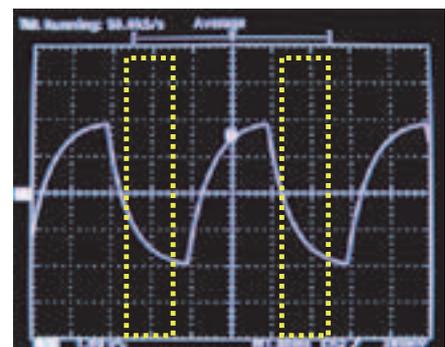


図2. 蛍光信号とレンジゲート

#### (3) 実験

図3の装置で評価を実施した。主要諸元は以下のとおりである。

- ・励起光：365nm、1W(日亜化学工業(株)製)
- ・受光部：光電子増倍管(浜松ホトニクス(株)製)
- ・信号処理：ヘテロダイン方式+ GNU Radio Software

励起された蛍光は集光光学系、光電子増倍管により電気信号に変換される。その信号をADコンバータでデジタル信号とし、ソフトウェアのみで各種のレーダー信号処理を行う。主要なソフトウェアは、GNU Radio Softwareで動作記述はC++で行った。その結果、単純な時間分解法より高いS/N比が得られた。また、想定外であったが、外来ノイズに対する耐性が高いことも確かめられた。



図3. 評価装置

#### (4) まとめ

臨床関連システムは通信、レーダー技術とは一見、無縁のように思えるが、アナロジーを用いると多くの共通点が見いだせることがある。今後も通信やレーダーの要素技術の臨床応用を進めていく予定である。

\*1) 株式会社ティ・エフ・ディ、\*2) 株式会社試薬工房

## 血中脂質を測る高感度分光器

○古川 祐光<sup>\*1)</sup>、栗林 亮介<sup>\*1)</sup>、渡部 愛理<sup>\*1)</sup>

■キーワード 非侵襲血液検査 予防医療、生活習慣病、血中脂質、フーリエ分光法

1. 生体微弱光を**高速・高感度**分光
2. 非侵襲で血中成分を常時モニタリング
3. 食事のカロリー管理など予防医学へ活用

### ■日本のメタボ

肥満度の指標とされているBMI (Body Mass Index) が、 $30\text{kg}/\text{m}^2$  を超える人の割合は日本人で5%以下である。しかしながら、35%のアメリカに比べても、循環器・脳血管疾患の割合はむしろ高くなっている。血管・心臓に負担をかける血中脂質は、見た目で見えないために各個人での血液計測が重要であり、知ってコントロールしなければならない。我々は高感度分光分析技術を開発し、血中脂質を手軽に測れる測定器を目指している。

### ■研究内容

#### (1) 高感度分光器<sup>[1]</sup>

生体組織は光散乱が強いいため、拡散反射での検出が主流であるが、生体内情報を得るためには透過光の検出が理想的である。透過光は微弱であるという問題があるが、我々は高感度な分光分析器を開発することで、安全な光入射強度でリアルタイムの測定を可能とした。

図1に開発した装置の外観を示す。指にハロゲンランプから出た近赤外光を照射し、その透過光は干渉計によって、インターフェログラムとなり、ラインセンサーで検出される(図2(a))。PCにてフーリエ変換処理を行なうことで、図2(b)のように、指の近赤外吸光度スペクトルが得られる。



図1. 高感度分光装置外観

#### (2) 血中脂質の測定

近赤外吸光度スペクトルにおいて、脂質に多く含まれる成分は、波長1200nmの吸収として現れるが、大部分は皮下脂肪などによるものである。開発した高感度分光器では、血管の脈波に追従するため、脈動する血中脂質成分を脈動しない皮下脂肪から分けることが可能となる。

この手法を用いて、食事前後の血中脂質成分を推定したところ、食後に中性脂肪が高くなり、約4時間後にピークを迎える様子が計測された。

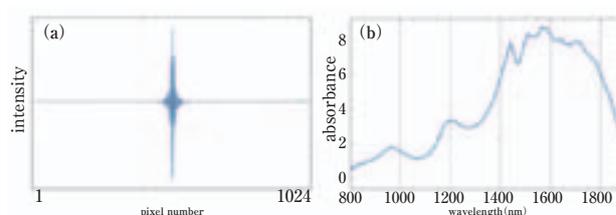


図2. (a) 検出インターフェログラムと (b) 指の近赤外吸光度スペクトル

### ■まとめと展望

非侵襲血液計測の研究は、従来より血糖値計測に偏っているが、いくつかの理由によって現在でも実現しない技術となっている。このため、糖尿病になった方は必要に迫られて、たとえ多少の痛みを伴っても自己血糖測定器(SMBG)などの観血的測定に頼らざるを得ないのが現状である。しかしながら、予備軍の方、未病の方は、切迫感が薄いため、痛みを伴う測定は行わない。このような人々にこそ、気軽に行える非侵襲血液計測は必要なのだろうと考える。

非侵襲血中脂質測定は、摂取カロリー管理や健康管理について目に見える形で示す技術であり、未病の早い段階から生活改善を行える指標を提示できるようになれば、生活習慣病を減らすことが可能である。

#### 参考文献

[1] R. Kuribayashi, H. Furukawa, Proc. SPIE 9313, p.931314 (2015)

\*1) 国立研究開発法人産業技術総合研究所

## 酵素サイクリング法を用いたホルムアルデヒド高感度センサーの開発

○瀧本 悠貴<sup>\*1)</sup>、月精 智子<sup>\*1)</sup>、城 照彰<sup>\*2)</sup>、紋川 亮<sup>\*1)</sup>、和田 俊明<sup>\*3)</sup>、左成 信之<sup>\*3)</sup>

■キーワード ホルムアルデヒド、酵素サイクリング法、水溶性テトラゾリウム塩

1. 酵素サイクリング法を用いた高感度かつ高選択的なホルムアルデヒドセンサー
2. 簡易で小型化可能
3. 酵素の種類を変えることで、さまざまな物質の検出に応用可能

### ■研究の目的

ホルムアルデヒドは、防腐剤や樹脂などに広く使われている揮発性有機化合物であるが、低濃度でシックハウス症候群や癌などを引き起こすリスクがあるため、簡易で高感度なセンサー開発が求められている。本研究では、酵素サイクリング法と吸光度測定を用いて、簡易かつ高感度、高選択性及び迅速な応答性を持ったホルムアルデヒドバイオセンサーの開発を行った。

### ■研究内容

#### (1) 実験方法

酵素サイクリング法において、ホルムアルデヒド (FA) は、FA 脱水素酵素 (FALDH) と NAD<sup>+</sup> によりギ酸へと酸化する (図 1)。生成した NADH とジホラーゼ (DI) によりテトラゾリウム塩 (WST-8) を還元し、ホルマザン色素を生成する。その 460nm における吸光度を測定することで、FA の検出を行う。

リン酸緩衝液 (pH8.0、100mM) を用いて、EDTA 0.1mM、NAD<sup>+</sup> 0.3mM、FALDH 1.0U/mL、DI 1.0U/mL、WST-8 1.0mM となるように反応溶液を調整した。FA 溶液測定では、FA 溶液 (10 ~ 500ppb) を反応溶液に加えて攪拌し、3分後に吸光度を測定した。FA ガス測定では、パーミエーターで目的濃度 (5 ~ 80ppb) に制御した FA ガスを反応溶液に5分間バブリングした後、吸光度を測定した。

#### (2) 結果及び考察

FA 溶液及び FA ガスの吸光度測定結果を図 2 及び図 3 に示す。FA 溶液測定において、FA 濃度と吸光度の間には直線性があり、定量性が確認された。検出限界は 3.3ppb であった。また、FA ガス測定においても直線性があり、定量性が確認された。検出限界は 1.5ppb であった。さらに、FA に対する高い選択性が得られ、ギ酸、アセトン、エタノール及びメタノールは検出されず、アセトアルデヒドもほぼ検出されなかった (図 4)。以上より、高感度かつ高選択的に FA を検出することに成功した。

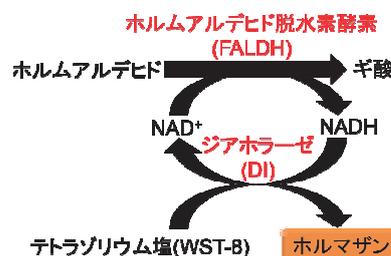


図 1. ホルムアルデヒド検出原理

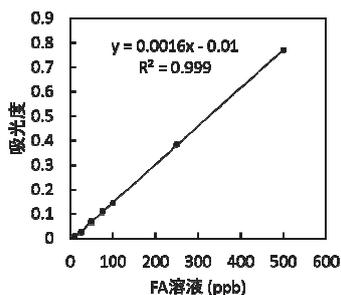


図 2. FA 溶液の検量線

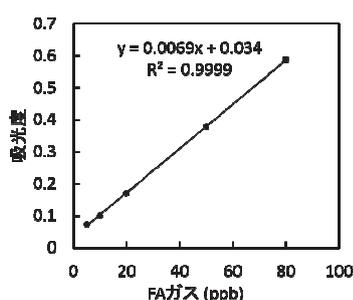


図 3. FA ガスの検量線

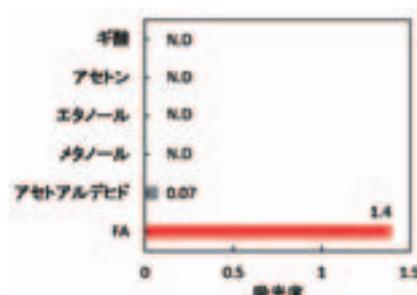


図 4. センサーの選択性

### ■研究の新規性・優位性

本研究で開発したセンサーは、HPLC や GC/MS と比較して、小型で携帯可能であり、操作も容易である。また、酵素を用いることで、従来のガス検知管や化学センサーと比べ、高感度かつ高選択性を有している。

### ■産業への展開・提案

- ①特許使用許諾
- ②ホルムアルデヒドガスセンサーの製品化
- ③酵素の種類を変え、他の物質のセンサーに応用

### ■研究に関連した知財

・特願 2014-001895

### 参考文献

[1] A. Monkawa, T. Gessei, Y. Takimoto, N. Jo, T. Wada, N. Sanari, Sens. Actuators B: Chem., Vol.210, pp.241-247 (2015)

\*1) バイオ応用技術グループ、\*2) 開発企画室、\*3) 柴田科学株式会社

H24.4 ~ H25.3【共同研究】ホルムアルデヒド検出用高感度バイオセンサの開発

## 市販の銀含有創傷被覆材の抗菌性と細胞毒性の in vitro 評価

○ 柚木 俊二<sup>\*1)</sup>、光田 益士<sup>\*2)</sup>、藤井 恭子<sup>\*1)</sup>、大藪 淑美<sup>\*1)</sup>、岩崎 徹治<sup>\*2)</sup>

■ キーワード 銀イオン、スルファジアジン銀、銀ナノ結晶、創傷管理、感染、徐放

- 市販の銀含有創傷被覆材は多様である。基材としては不織布、ハイドロコロイド、フォーム材などが利用され、基材分子に銀をイオン結合させたもの、あるいは銀塩、有機銀化合物、銀ナノ結晶などを複合化したものがある。しかし、どれも同様の性質であると、臨床現場で理解される傾向がある。
- 抗菌性と細胞毒性のバランスが、市販品の間で異なっていた。基材からの銀イオンの徐放性の違いだけではバランスの違いを説明できず、基材との複合要因で創傷被覆材の特性が決まっていることが示唆された<sup>[1]</sup>。

### ■ 研究の目的

市販の銀含有創傷被覆材の抗菌性と細胞毒性を in vitro で並列評価し、創傷被覆材の種類によって抗菌性と細胞毒性のバランスが異なることを実証する。

### ■ 研究内容

表 1. 試験に用いた市販の銀含有創傷被覆材の特性

商品名	製造者	基材	銀
Biohesive Ag	A (国産)	ハイドロコロイド	スルファジアジン銀 (AgSD)
Aquacel Ag	B (輸入)	不織布	イオン
Algisite Ag	C (輸入)	不織布	イオン
Mepilex Ag	D (輸入)	フォーム材	硫酸銀
Polymem Ag	E (輸入)	フォーム材	銀ナノ結晶

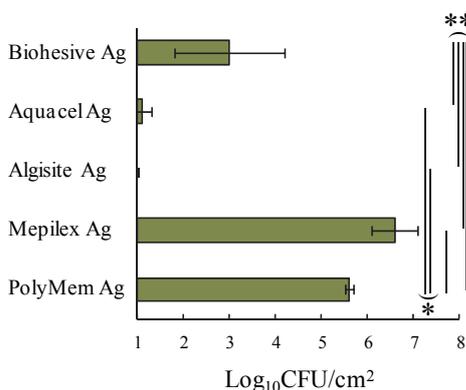


図 1. 黄色ブドウ球菌に対する創傷被覆材の抗菌性  
CFU はコロニー形成単位を示し、初菌数は  $3.4 \times 10^7$  CFC で実施した。データは平均値±標準偏差 (n=3)  
\*: p<0.05, \*\*: p<0.01

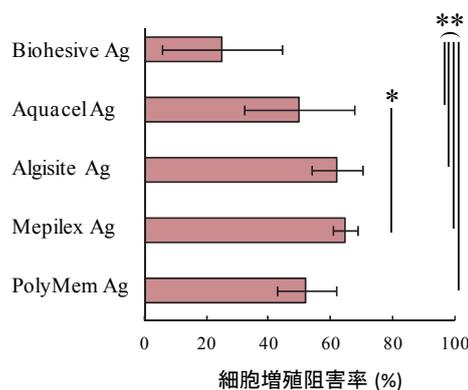


図 2. 線維芽細胞 V79 を用いた細胞毒性試験  
データは平均値±標準偏差 (n=3)  
\*: p<0.05, \*\*: p<0.01.

抗菌剤は細胞毒性も示すため、抗菌性が高くなるほど細胞毒性が増加するという単純な相関が予想されたが、in vitro での並列評価の結果は予想に反していた。抗菌性が弱く細胞毒性が強い製品もあった。銀イオンの溶出量も評価したが、このバランスの違いを説明できなかった。基材の性質との複合要因が考えられた。抗菌性/細胞毒性のバランスに差異があることを理解して創傷管理を行うべきである。

### ■ 研究の新規性・優位性

銀含有創傷被覆材の特性を並列評価した結果は、臨床における創傷管理にとって重要な情報となる。医療機器メーカーとしては、自社製品の特徴を科学的に主張することができる。

### ■ 産業への展開・提案

都産技研では、動物細胞による医療機器の安全性試験を実施できる。多様な評価系と組み合わせ、Evidence-Based Medicine の加速に貢献する。

### 参考文献

[1] S. Yunoki *et al.*, Chronic Wound Care Management Research, Vol.2, pp.1-9 (2015)

\*1) バイオ応用技術グループ、\*2) アルケア株式会社 医工学研究所  
H26.4 ~ H27.3【共同研究 A】創傷治癒評価のための皮膚モデルの構築と新規セラミド含有ドレッシング材の機能検証

## 熱ルミネッセンス (TL) 法による照射食品の検知 - ドロマイト (標準鉍物) を用いた校正照射の課題と標準化の試み -

○関口 正之<sup>\*1)</sup>、中川 清子<sup>\*1)</sup>

■キーワード 熱ルミネッセンス、ドロマイト、照射食品検知法、校正照射

1. TL 法による照射食品検知法の判定に影響を与える照射場の雰囲気、測定条件を評価した
2. そのツールとしてドロマイト (標準鉍物) で TL 標準試料を作成し、その特性と精度を調べた
3. LiF 素子より TL 試料の状態、校正照射に適合した評価ができ、発光ピークの識別も容易であった

■背景と目的

熱ルミネッセンス (TL) 法は、地層や土器等の年代測定、医療での放射線治療、放射線や放射性物質使用施設における被曝管理、また、食品の放射線処理の有無を検知し、食品衛生法上の行政管理 (照射履歴表示を含む) に使用される。測定対象は、鉍物質であり放射線照射により特異な熱発光を示す。TL 法では、試料皿の熱伝導、質量、厚さ、昇温速度や試料量が発光ピーク温度をシフトさせ、再照射線源と照射場の雰囲気は発光量に影響を与える。現在、TL 法は EN1788(2001) 及び厚生労働省通知 食安発 0910 第 2 号 (2012) で照射食品検知の公定試験法とされ、手順や判定基準が示されているが、両者には一部不整合な部分が残る。標準化に必要な校正照射に関して両者とも線量評価に具体的な指針がなく、試料皿の規定も異なる。昇温時の温度校正は熱電対、または TLD-100 (LiF: Mg,Ti) の発光ピークによる補正が示されているが、発光ピーク温度は試料と測定条件に影響を受けるため実試料に近い形での評価が望ましい。食品から分離した鉍物質に適合した手法をとることで試験所間の測定結果の変動を最小限にし、判定の閾値にある試料の誤判定を避け、判定の信頼性を高めることができる。そこで、TL 測定装置の性能評価及び TL 法による照射食品の検知試験の標準化への使用の可否を検討するため、ドロマイトで作製した TL 標準試料の熱発光特性 (ピーク温度及び発光量の安定性及び照射場の影響等) を調べた。

■照射食品検知に使用する TL 法の適正化と信頼性向上 (依頼試験、相談対応、規格基準の改訂)

- (1) ドロマイト (JDo-1: 産総研, フランス ECISS702-1) で作製した標準 TL 素子の特性の評価 (発光スペクトル、積算発光量、アニーリングと繰り返し測定安定性)  
⇒ TLD-100 と同等
- (2) 標準 TL 素子による照射場の評価 (試料皿、散乱γ線等)  
⇒ 薄層のドロマイト TL 素子は実試料の状態を反映
- (3) TLD-100 及び他の線量計との比較  
⇒ 水等価ではないが試料鉍物質の照射による応答に対応



図 3. <sup>137</sup>Cs γ線照射装置



図 4. TL 測定装置

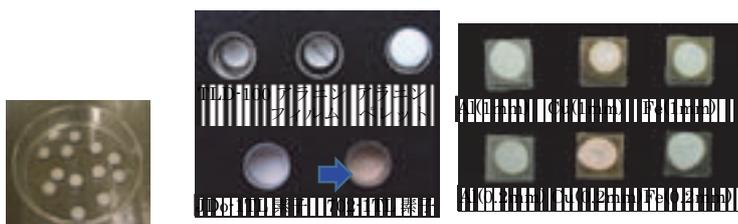


図 1. 試料皿中の線量計と TL 標準素子 (100μL の鉍物懸濁液を乾燥して作製)

図 2. JDo-1 を付加した金属板 (25μL の鉍物懸濁液を乾燥して作製)

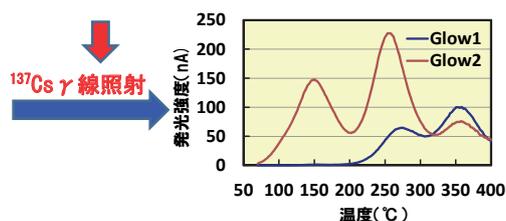


図 5. ドロマイト (JDo-1) の TL 発光曲線 (<sup>137</sup>Cs γ線未照射: —, 照射: —)

■まとめ、今後の展開

- (1) TL 標準試料の発光量は、試料皿に付加したドロマイトの重量ではなく、発光能で基準化することにより素子間の発光量の変動を低減し、TLD-100 に比べ精度の高い測定が可能であった。
- (2) 実試料と同等レベルの重量に標準試料を作製でき、実際の食品分離鉍物質とほぼ同等の発光能を持つ鉍物質を使用することで同時に照射することも可能である。試料皿へのドロマイトの固着が比較的稳定なため、輸送して TL 装置間及び校正照射に使用する照射装置間の条件の比較検討に利用できる。
- (3) TLD-100 や他の線量計素子に比べ薄層であるため、試料皿近傍での照射環境や昇温条件を精度よく比較することができる。

参考文献

[1] 宮原誠, 厚労科研究成果データベース, 文献番号 200501058A (2006)

\*1) バイオ応用技術グループ

**6月26日(金)**

**研修室242**

**ロボット / メカトロニクス**

# おもてなしのコミュニティ・セントリック・システム構築のための ソーシャルロボティクスとソーシャルビッグデータ

○山口 亨<sup>\*1)</sup>

■キーワード ロボティクス、ビッグデータ、ソーシャルシステム、QOL & 防災コミュニティ支援

1. 普及が始まる**ソーシャルロボット**がもたらす新たな**ソーシャルビッグデータ**の**イノベーション**
2. 平常時の QOL コミュニティと被災時の防災コミュニティ両方に活用の**ソーシャルロボット**
3. **ソーシャルロボット**の QOL & 防災コミュニティ活用事例と**ソーシャルビッグデータ**への展開

## ■はじめに

近年、大地震等の災害が引き起こすさまざまな場面において、ロボット技術の活用が求められている。本研究では、災害時の被害の最小化・復興の円滑化を目的とし、防災活動へ繋がる日常支援型ロボットシステムを**ソーシャルロボティクス**活用事例として開発した。さらに、その**ソーシャルビッグデータ**への展開もあわせて紹介する。

## ■支援事例とその展開

事例の避難生活は、平常時における周囲の環境が大きく変化し不便な生活を送ることになるため、QOLが低下し、親族や近隣の知人が遠隔地で避難生活を送ることが、孤独や不安から心的なストレスを増加させることになる。避難生活において、支援するコールセンタでは、少ない情報量（ログ）から生活の様子を推測しなければならないため、ケアを十分に行うことができない。一方で、対面型のコミュニケーションは、顔の表情から読み取れる情報量が多く、非常に有効であり、遠隔地にいる親族や知人とのコミュニケーションにもこの**プレゼンス機能**は有用である。南相馬 PJ の実施例では、利用場面を図1のように平時から避難生活までを想定し、生活ログ取得とその利活用を考慮し**テレプレゼンス機能**を備え、ロボットとの**ノンバーバル**（非言語）コミュニケーションを達成するロボットのシステムを構築する。図2にネットワーク部として利用する**RSNP**、図3に**ソーシャルロボット**概要と実験風景を示す。

利用場面	平時・避難前	被災・避難時
サービス1	<p>① 情報収集（生活ログ取得、生活履歴分析） ② 情報共有（遠隔地へ） ③ 生活ログの活用（生活ログ）</p>	<p>① 情報収集（生活ログ取得、生活履歴分析） ② 情報共有（遠隔地へ） ③ 生活ログの活用（生活ログ）</p>
サービス2	<p>① スマイルームでの大規模なコミュニケーション支援 ② スマイルームでの大規模なコミュニケーション支援 ③ 生活ログの活用（生活ログ）</p>	<p>① スマイルームでの大規模なコミュニケーション支援 ② スマイルームでの大規模なコミュニケーション支援 ③ 生活ログの活用（生活ログ）</p>
サービス3	<p>① コールセンタとの遠隔地でのコミュニケーション支援 ② 情報共有（遠隔地へ） ③ 生活ログの活用（生活ログ）</p>	<p>① コールセンタとの遠隔地でのコミュニケーション支援 ② 情報共有（遠隔地へ） ③ 生活ログの活用（生活ログ）</p>
サービス4	<p>① 遠隔地での大規模なコミュニケーション支援 ② 情報共有（遠隔地へ） ③ 生活ログの活用（生活ログ）</p>	<p>① 遠隔地での大規模なコミュニケーション支援 ② 情報共有（遠隔地へ） ③ 生活ログの活用（生活ログ）</p>

図1. 実施事例：南相馬避難生活アシストロボット活用PJ

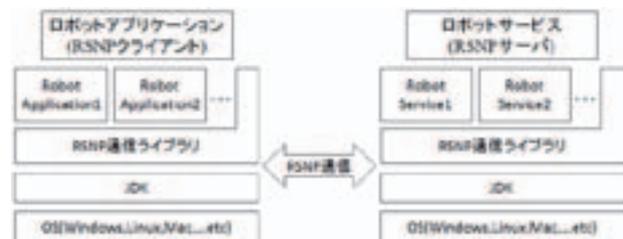


図2. ネットワーク部 (RSNP 構成概要)  
(RSNP とは RSI 規定の通信プロトコル)

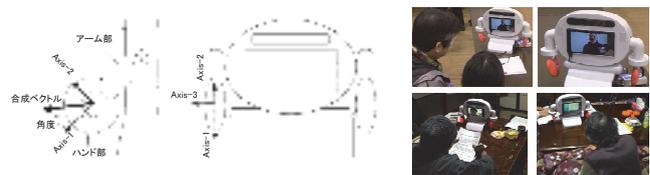


図3. アシストロボットのマイリー概要と実験風景  
(利用ロボットのマイリーは、VECTOR 社製)

## ■まとめ

ソーシャルロボットの一例として、避難生活ログに基づいた**テレプレゼンス機能**をロボットシステムに実装した。**テレプレゼンス機能**については、「相手の顔を見て話す」ということに良い評価を得た。また、ログ獲得に有効であることを示した。今後の展開で獲得した**ソーシャルビッグデータ**の活用を示す。

## 参考文献

[1] 尾上聡, 山本健太, 田中一晶, 中西英之, 情報処理学会論文誌, No.54, Vol.4, pp.1462-1469 (2013)  
 [2] 中西英之, 日本ロボット学会誌, Vol.29, No.1, pp.23-26 (2011)  
 [3] 村上友樹, 中西英之, 野上大輔, 石黒浩, 情報処理学会研究報告, HCI, ヒューマンコンピュータインタラクション研究会報告, pp.27-34 (2008)

\*1) 首都大学東京

## スマートフォン連動型ロボットパートナー

○久保田 直行<sup>\*1)</sup>、Janos Botzheim<sup>\*1)</sup>、武田 隆宏<sup>\*1)</sup>

### ■キーワード ロボットパートナー、スマートフォン、高齢者、見守り

1. スマートフォンの機能を活用したロボットパートナーとセンサネットワークシステムの統合
2. 高齢者の見守りを考慮したコミュニケーションシステムと情報支援システム
3. 高齢者にとってのユーザビリティを考慮したアプリケーションの設計指針

### ■背景

- ・超高齢社会における独居高齢者への見守りや外出の促し、日常生活での情報支援などが必要である
- ・高齢者は、スマートデバイスへの興味が増し、使いやすいアプリケーションの開発が急務である
- ・地域自治体において、高齢者の安否確認などを行うため、SNSの導入が検討されている

### ■スマートフォン連動型ロボットパートナー

#### (1) 人と人、人と情報、人と環境をつなぐ「ライフハブ」

- ・QOL(Quality of Life)の向上には、人々が住む地域の質(Quality of Community; QOC)の向上も重要である。本研究では、人と人、人と情報、人と環境をつなぐためのインタフェースとして、「ライフハブ」の概念を提案し、ロボットパートナーとスマートデバイスを活用してきた(図1)。

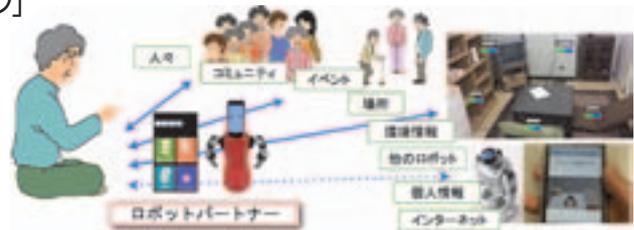


図1. 高齢者のためのライフハブとしてのロボットパートナー

#### (2) スマートデバイスとロボットパートナー

- ・スマートデバイスのタッチインタフェースやセンサ、通信機能を活用することにより、低価格なロボットのハードウェアの開発を実現する。
- ・スマートデバイスで、個人情報や各種データを一元管理し、使用するシーンにあわせて、ロボットパートナーからシニアカーへと装着し、日常生活の情報支援を切れ目なく行う(図2)。
- ・高齢者にとってのユーザビリティを考慮し、目的にあわせたメニューを階層的に表示することにより、情報支援を行う(図3)。



図2. スマートデバイスとの連動

#### (3) 見守り・コミュニケーションシステム

- ・ロボットの内蔵センサ、センサネットワークデバイスとの連携により、ライフログを収集し、日常生活のパターンを抽出する(図4)。
- ・コミュニケーションモードとして、基本日常発話、情報支援発話、シナリオ発話を実装した。基本発話モードは、「あいさつ」や「独り言」の他、スマートフォンにダウンロードされたコンテンツに基づく発話や各種個人データを参照しながら、会話を行う。
- ・発話形式として、ランダム発話の他、設定された時間に基づく発話を行う時間依存発話、各種センサの反応状態にあわせて発話を行う、イベント駆動型発話を行うシステムを開発した。
- ・人と人をつなぐために、ツイッターなどで書き込まれた内容をダウンロードし、ロボットが発話するとともに、音声認識された内容を書き込むシステムを開発した。



図3. 高齢者向けアプリケーション

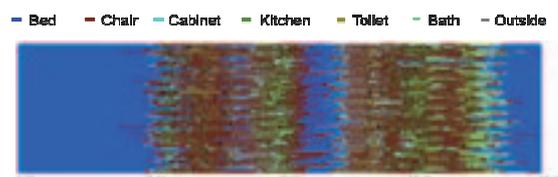


図4. ライフログ計測の例

### ■今後の展開

- ・高齢者の嗜好や日常生活パターンに基づく情報推薦システムの構築
- ・人と人をつなぎ、コミュニティを活性化するための対話コンテンツの開発

\*1) 首都大学東京

# 1mmの変位量を有する静電アクチュエータの試作

○長谷川 孝<sup>\*1)</sup>、殿谷 保雄<sup>\*1)</sup>

■キーワード アクチュエータ、高電圧、気中放電、絶縁体、研磨紙

1. 1mmの変位量で駆動する静電アクチュエータを実現するための手法として、印加電圧の向上を検討
2. 電極間での放電と帯電による密着を避けるために、研磨紙を貼付した絶縁体を電極間に介在
3. 卓上型 3D プリンタを用いてアクチュエータを試作

■研究の目的

静電アクチュエータは構造が単純であるため、小型・軽量化でき、制御性にも優れている。そのため、MEMSの駆動機構として活用されている。しかしながら、出力が小さいことが弱点である。本研究では、静電アクチュエータのさらなる用途拡大を目指して、3Dプリンタを用いて1mmの変位量を有する静電アクチュエータの試作に取り組み、前記弱点の改善手法を検討した。

■研究内容

(1) 電極間における気中放電の回避

静電アクチュエータの出力は、印加電圧の二乗に比例する<sup>[1]</sup>。したがって出力(変位量)を向上させるには、印加電圧を大きくすればよい。ところが、空気の絶縁破壊電圧は、1mmの離隔において3kV以下である。そのため、電極間距離を1mmにして3kVを超える電圧を印加すると、電極間で放電が発生し、所望の静電気力が得られない<sup>[1]</sup>。そこで絶縁体である高誘電率ガラス布基材(比誘電率:約10、板厚:約0.6mm)をアクチュエータ固定部電極上に接着し(図1(a)参照)、駆動部と固定部の電極間に介在させることで、電極間で発生する放電を回避した。

(2) 帯電による駆動部電極と絶縁体との密着の抑制

絶縁体を電極間に介在すると、絶縁体が帯電して駆動部電極が絶縁体に密着し、アクチュエータの往復運動を妨げる。そこで、絶縁体表面に研磨紙を貼付することで、絶縁体表面に凹凸を設けて、帯電下での駆動部電極と絶縁体との密着を抑制した(図1(b)参照)。

(3) 駆動回路の作成

ファンクションジェネレータでパルス信号を入力し、NチャンネルMOSFETとリレーを用いて、コンバータ出力電圧のON/OFFが入力パルス(0~約5Vpp)の周期とシンクロする設計とした(図2参照)。主な仕様としては、出力電圧:0~±15kV、波形:パルス波、周波数:DC~10Hz程度(リレーに依存)、である。

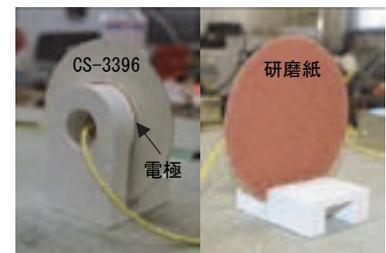
(4) アクチュエータの試作と評価

卓上型3Dプリンタを用いて試作した試作機の写真を図3に示す。試作機の電極は、φ50mm平行平板電極である。評価結果を表1に示す。

(5) まとめ

アクチュエータ駆動部と固定部の電極間に絶縁体を介在させ、駆動部電極の絶縁体への密着を抑制することで、往復回数5Hz以下で1mm以上の変位量を有する静電アクチュエータが実現できた。

今後はさらなる高出力化に向けて、最適な絶縁体と密着抑制手法を検討していく。また、高電圧を取り扱うので、感電に十分配慮した安全設計が課題である。



(a) 電極接続側 (b) 駆動部接触側

図1. アクチュエータ固定部

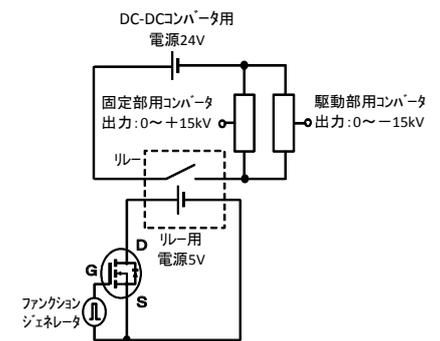


図2. 駆動回路図

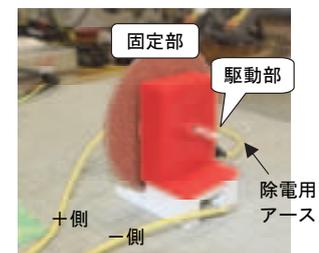


図3. 卓上型3Dプリンタ製の試作機

表1. 試作機による評価結果

入力パルス 周波数 [Hz]	最小駆動電圧 (設定値) [kV]	変位量 [mm]
2	10.5	1以上
3	12.0	
4	13.5	
5	15.0	

■研究の新規性・優位性

静電アクチュエータは、制御性に優れている。現在はMEMSでの活用が中心となっているが、本研究の課題を克服することでMEMS以外の用途での活用が期待できる。

■産業への展開・提案

- ① mm オーダ可動域の高精度小型マニピュレータ
- ② 小型・軽量化したロボットアクチュエータでの製品応用が考えられる

参考文献

[1] Kothari Dp and Nagrath Ij, Electric Machines (Sigma Series) (2006)

\*1) 城東支所

## 運搬ロボットの研究開発

○益田 俊樹<sup>\*1)</sup>、森田 裕介<sup>\*1)</sup>、佐々木 智典<sup>\*1)</sup>、小林 祐介<sup>\*1)</sup>、小林 隆一<sup>\*2)</sup>、坂下 和広<sup>\*1)</sup>

■キーワード ロボット、運搬、不整地、人追従

1. 屋内外での不整地対応可能な運搬ロボットの開発
2. 人追従機能による半自律的な運搬ロボット
3. 施設内における実機実験の検討

### ■研究の目的

労働力確保のために、人に代わるロボットが必要である。しかしながら、産業に役立つロボットは少ない。産業の中で「運搬」という作業は、農業等の第一次産業から第三次産業までどの産業においても必要不可欠である。そこで、本研究では、都産技研内で使用することを目指した運搬ロボットの研究開発を行った。今回は、運搬ロボットの研究開発過程や実機実験を行った結果を示す。

### ■研究内容

#### (1) 運搬ロボットの仕様、解析、シミュレーション

運搬ロボットの仕様として、運搬重量 100 kg を想定し、屋外環境として、電動車椅子の試験規格から 10 度の傾斜、40 mm の段差が踏破可能であれば十分だと判断した。ロボットの車輪は 4 つとし、車輪配置は、旋回しやすいように十字型とした。これらの仕様に対して、運搬ロボットの運搬部が耐えられるかどうか機構解析ソフト SolidWorks Simulation を用いて、静的、動的解析を行った。また、10 度の傾斜、40 mm の段差に対して踏破が可能なトルクの算出を行い、機構解析ソフト RecureDyn を用いて、踏破可能かどうかを検証した（図 1）。

これらの結果より、運搬ロボットを設計した（図 2）。アクチュエータとなるモータは 200W24V の RE50 (Maxon 製) を使用し、コストを抑えるために、小型バイクの部品（タイヤ、サスペンション、フロントフォーク、チェーン、スプロケット）を使用した。モータとバイク部品との接続はプーリーとタイミングベルトを採用し、モータのトルクが不足した場合でもプーリーやスプロケットを付け替えることによって減速比を変更することが可能である。また、バッテリーはリチウムリン酸鉄イオン電池 (24V4400mAh) を使用した。前方部分に人追従用のセンサ Xtion (Asus 製) を搭載した。

#### (2) 運搬ロボットの試験と施設実験の検討

実機実験として、100kg の重量を載せた実験、10 度の登板実験、40 mm の段差の乗越実験を行った結果、シミュレーション同様に、問題なく踏破できることを確認した。また、人追従機能は、OpenRTM-aist を用いて実装し、追従される人とロボットの距離は、可能な限り近くした方が危険性が低いため、0.5m としロボットの移動速度は 0.3m/s とした。最後に、都産技研内において実験を行った。今回シナリオとして、①駐車場⇒②荷物用ドア⇒③廊下⇒④エレベータ⇒⑤廊下⇒⑥ドア⇒⑦試験室を想定し、それぞれ局所的に行った。検討結果として、ドア、壁、人を検知するセンサは搭載されていないため、今後は、衝突軽減化、障害物の回避手段、人の検出等を行う必要がある。また、ロボット自体の低重心化、小型化等の改良を行っていく予定である。

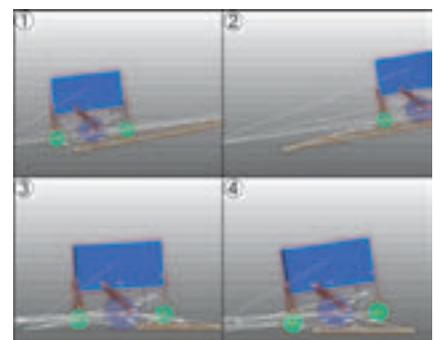


図 1. 坂道、段差シミュレーションの様子



図 2. 運搬ロボット試作機



図 3. 施設実験の様子

### ■研究の新規性・優位性

運搬ロボットは、工場の特定の場所で使用されている。この研究では、一般的な普及を目指して、信頼性、安全性を確保し、製品化する。

### ■産業への展開・提案

- ① 運搬ロボットの安全性を高めて、中小企業と製品化予定
- ② 都産技研での実装、オリンピック事業への展開

\*1) ロボット開発セクター、\*2) システムデザインセクター

## USB を用いた機械制御システムのための低コストな安全技術

○村上 真之<sup>\*1)</sup>、森田 裕介<sup>\*1)</sup>、益田 俊樹<sup>\*1)</sup>、佐々木 智典<sup>\*1)</sup>、坂下 和広<sup>\*1)</sup>

### ■キーワード 保護停止、緊急停止、USB、サービスロボット

1. 制御通信に USB を用いた機械制御システムのための**低コストで高信頼な保護停止機能**
2. **USB の通信を用いず**に USB インタフェースを介した汎用 PC から駆動部への緊急停止が可能
3. 制御系と独立した回路で USB の電源線あるいは信号線の電圧レベルを監視

### ■研究の目的

機械制御システムの多くは、システム全体の動作を統括する上位ユニットと、駆動部を制御する下位ユニットが汎用の通信バスで接続されている。サービスロボット分野では、ロボットを低コスト化して普及を図りたいことから、上位ユニットには安価な PC、下位ユニットとの通信には USB の使用が想定される。この構成において、システムの低コスト性を維持した上でのリスク低減手法を提案する。

### ■研究内容

#### (1) USB インタフェースを介した保護停止方法の検討

都産技研では、移動サービスロボット用の下位ユニットであるロボットベースを開発している。ロボットベースは、上位ユニット (PC) から USB 経由で速度指令を受け、駆動車輪を動作させる。ロボットベース内のマイコンの故障によって生じるロボットの危険事象に対し、PC のソフトウェアがロボットベースの駆動電源を直接遮断する保護停止機能は、リスク低減方策として有用である。PC とロボットベース間に冗長な配線を設けることなく、そのような機能を低コストかつ高信頼に実装する方法として、一つは、USB ケーブルの電源線 (VBus) の活用がある。緊急時に PC のソフトウェアが VBus の出力をオフに切り替え、ロボットベース側の電圧監視 IC が VBus の電圧低下を検出し、駆動用電源を遮断すればよい。ただし、ユーザーのソフトウェアが VBus の出力を制御できるのは、一部の組み込み用 PC のハードウェアに限られているのが現状である。もう一つの方法は、次に述べる USB ケーブルの信号線の活用である。

#### (2) USB のサスペンド機能を用いた保護停止

USB のサスペンド要求は、USB デバイスを低消費電力モードに移行するときに用いられ、PC のハードウェアに依存せず、ユーザーのソフトウェアによって制御できる。USB デバイス側でサスペンド機能をサポートするかは任意であるため、上位ユニットからの指令により駆動用電源を遮断する保護停止に USB のサスペンド要求を用いる。

USB では、データ転送がない場合もバス上では周期的に信号遷移が生じる。サスペンド要求があると、バスはアイドル状態になり、差動信号線の D+ と D- は、それぞれ電源レベルと GND レベルに固定される。図 1 は、保護停止機能を付加した下位ユニットの概略回路である。D+ 信号線にオープンドレイン出力のバッファ IC を接続し、D+ 信号が電源レベルを一定時間維持したときに駆動用電源を遮断する。USB の信号線への負荷接続は、通信に影響を与える恐れがあるため、バッファ IC (SN74LVC1G07、TI 製) を実装した評価基板を製作し、USB コンプライアンステストで評価した結果、ハイスピード及びフルスピードとも信号品質テストに合格した。図 2 は、ハイスピードの試験時のアイパターンである。

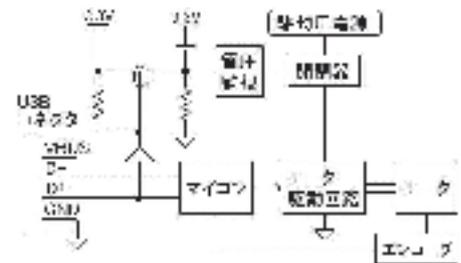


図 1. 下位ユニットの概略回路

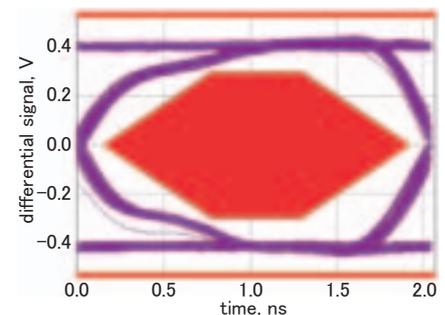


図 2. USB 信号のアイパターン

### ■研究の新規性・優位性

通常、下位ユニットのマイコンを別のデバイスで監視、あるいは、外付けの保護装置を搭載し、マイコンの処理を介さずに駆動部の動力を遮断することで機械システムの安全性を確保する。機械制御システムの分野によっては、計算能力が高い上位ユニットでしか危険を判断できない状況がある。本研究では、上位ユニットの PC か

ら保護停止を発動する機構を提案し、システムの低コスト性と高信頼性の両立を実現している。

### ■産業への展開・提案

- ① サービスロボットの保護停止に活用
- ② ユーザーアプリケーションによる VBUS の出力停止を可能とする汎用コンピュータの普及

### ■研究に関連した知財

・特願 2015-019615

\*1) ロボット開発セクター

## 人位置・姿勢検出と音声対話によるユーザ対移動ロボット間 インタラクション・システムの試作開発

○佐々木 智典<sup>\*1)</sup>

### ■キーワード 人検出、点群データ処理、音声認識、音声合成

1. 運動と音声による人間-移動ロボット間インタラクション実施について試作
2. 並行動作するソフトウェアモジュールの RT ミドルウェアによる統合
3. 移動ロボットによる人間の追従運動タスクの実施

### ■はじめに

人間同士がコミュニケーションを行うときには、視覚、視覚刺激（ジェスチャ動作、歩行運動）、聴覚、聴覚刺激（音響、音声言語）が同時並行に活用されている。人間とロボットの間でも同様にコミュニケーションを行えば、協調作業の実施に有益である。本稿では、移動ロボットが人間の後ろに追従する運動タスクを題材として試作開発したインタラクション・システムについて述べる。

### ■取り組み内容

インタラクション・システムは、所定のシナリオに従うコミュニケーションを前提としている。シナリオは初期状態、追従状態等の場面に対応する状態により構成される。シナリオを実現する状態遷移はユーザの運動（歩行、ジェスチャ）、発話に応じて進行する。図1にインタラクション・システムの構成を示す。図中の各ブロックはハード/ソフトウェアのモジュールに対応し、並行動作する。各モジュール間の通信には産業技術総合研究所において開発された RT ミドルウェア<sup>[1]</sup>を利用している。

音声認識、音声合成には情報通信研究機構において開発された rospeech<sup>[2]</sup>を利用している。rospeech は、音声認識の前処理として必要な発話区間検出・雑音抑制信号処理機能も提供する。音声認識及び音声合成は、インターネット上のサーバにおいて実行されるが、ユーザプログラム側は rospeech のインタフェースを利用することにより、直接通信の管理を行わずに処理結果を利用できる。rospeech 内部ではサーバとのデータの送受信に HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) 及び JSON (JavaScript Object Notation) が使われる。

rospeech は RTM と異なるミドルウェアである ROS を利用している。このため、両者の接続ができるように、ROS 及び RTM のコンポーネントの両方として機能するモジュールを構築した。両者の処理ループは別々のスレッドにおいて実行され、両者の間ではキューを介してデータの受け渡しを行う。

ユーザの運動の検出は、深度画像センサによって行われる。深度画像センサ (ASUS Xtion を利用) は周辺物体上の 3 次元点群データを取得する。取得された点群データに基づき人間に相当する点群の抽出、人体位置・姿勢の推定が行われる。ロボット近傍のユーザ候補点群及びシナリオ上の質問への回答から、追従対象が決定される。追従対象の位置を基に追従のための運動計画が行われ、速度指令が生成される。この速度指令により車輪ロボットベースの制御が行われる。

### ■今後の課題

現状のシステムでは音源が単一であり、雑音も比較的小さいことを前提としているが、現実の環境はより複雑である。人間同士が会話するような距離・状況下でコミュニケーションを行うには、音源位置推定やロボットからの発話音の考慮などの音環境理解<sup>[3]</sup>、発話の途中に割り込み話し出すような状況への対応が必要となる。今後、これらと点群データに基づくユーザ位置推定との統合を検討する。

### 参考文献

- [1] 安藤慶昭, 神徳徹雄, 末廣尚士, 計測自動制御学会誌, Vol.52, pp.778-781 (2013)  
 [2] 杉浦孔明, 堀智織, 是津耕司, 信学技報, Vol.113, pp.7-10 (2013), <http://rospeech.org/top-ja/>  
 [3] 奥乃博, 中臺一博, 水本武志, 電子情報通信学会誌, Vol.95, pp.401-404 (2012)

\*1) ロボット開発セクター

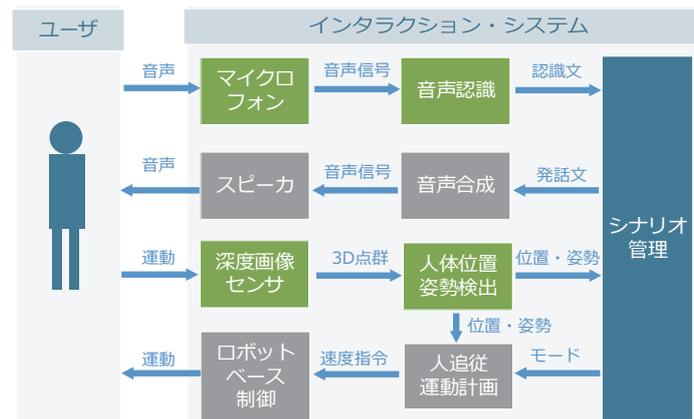


図1. インタラクション・システムの構成

## 移動作業型ロボットのリスクアセスメント

○森田 裕介<sup>\*1)</sup>、益田 俊樹<sup>\*1)</sup>、村上 真之<sup>\*1)</sup>、佐々木 智典<sup>\*1)</sup>、坂下 和広<sup>\*1)</sup>、中坊 嘉宏<sup>\*2)</sup>、角 保志<sup>\*2)</sup>、藤原 清司<sup>\*2)</sup>、Biggs Geoffrey<sup>\*2)</sup>、花井 亮<sup>\*2)</sup>、松本 治<sup>\*2)</sup>、横塚 将志<sup>\*2)</sup>

■キーワード サービスロボット、リスクアセスメント、移動作業型ロボット、安全性

1. 中小企業によるサービスロボット開発のための**リスクアセスメント手法の提案**
2. **コンセプトの明確化、危険源の同定**、リスク見積り・評価のガイドラインの作成
3. T型ロボットベースを活用したサービスロボットの**危険源分析の簡略化**

### ■研究の目的

近年、労働力不足といった社会問題を解決するため、サービスロボットの活用が期待されているが、市場へ投入された例はまだ少ない。都産技研では、中小企業のサービスロボット分野への参入を促進するために、安全なサービスロボット開発のための具体的なガイドラインの作成を課題としている。ここでは、中小企業への開発支援のポイントとなるリスクアセスメントについて報告する。

### ■研究内容

サービスロボット分野の安全規格として、ISO 13482<sup>[1]</sup>がある。さまざまなサービスロボットに対し、一律に安全基準を規定することは難しいことから、ISO 13482は、ロボット製造者によるリスクアセスメントの結果を重視している。それゆえ、ロボット製造者には適切にリスクアセスメントを実施する能力が求められる。サービスロボットのリスクアセスメントは、①コンセプトの明確化、②危険源の同定、③リスク見積り、④リスク評価の順で行う。そして、個々の危険源ごとに適切な保護方策を施し、リスクを受容可能なレベルまで低減する。

#### (1) コンセプトの明確化

安全規格では、開発プロセスの妥当性も安全要求事項の規定に含まれている。製品コンセプト立案から開始し、安全に関連する事柄だけではなく、「いつ」「どこで」「どんな人が」「どのような目的で」使用するかを具体的に明確化する。コンセプトの明確化のための制約条件の例を下記に示す。

- ・空間的条件：施設マップ、路面条件、周囲環境（図1）
- ・対人関係：ロボットの大きさ・重量、周りの人、管理者（図1）

#### (2) 危険源の同定

コンセプトが決まると、危険源チェックリストの活用や開発チーム内でのブレインストーミングを実施して、ロボットの危険源を特定する作業に移る。これを危険源の同定と呼ぶ。図2は危険源から危害に至るプロセスを示したものである。危険源は、ロボットの要求仕様、ユースケース、使用環境から特定することができる。図1はロボットと空間条件、対人関係をモデル化した図である。図1より、ロボットと人は隔離されておらず、ロボットから直接危害が及ぶ。また、ロボットとガラスがあり、ロボットがガラスを破損させることで、破片の飛散という間接的な危害も想定できる。このようにシステム全体をモデル化することは、危険源抽出の抜け防止、抜けによるロボットの安全機能の不足を未然に防ぐことに繋がる。

#### (3) リスク見積り、リスク評価

リスクは危害の酷さと危害の発生確率を組み合わせで見積る。一般的に、リスク見積りは、複数の設計者間のばらつきが多いことや基準が設計者任せになることから、安全に関する規格書やガイドラインにはリスクを見積るための判断基準の例が挙げられている。今後は、サービスロボットの具体的な判断基準の検討を行い、中小企業の開発に受け入れやすいツールの開発に取り組む。

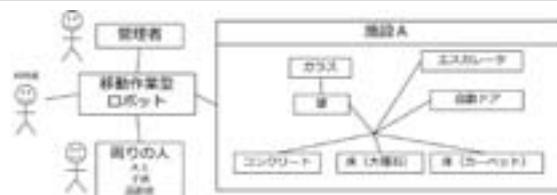


図1. 制約条件のモデル化



図2. 危害に至るプロセス

### ■研究の新規性・優位性

コンセプトを明確化したリスクアセスメントに特長があり、要求仕様、ユースケース、使用環境の各々要素がロボットの危険源と密接に関係していることが把握できる。

### ■産業への展開・提案

- ①リスクアセスメント雛形の利用
- ②中小企業が利用しやすいリスクアセスメント手法の普及
- ③オリンピック事業への展開

### 参考文献

- [1] ISO 13482: Robots and robotic devices - Safety requirements for personal care robots  
(ロボット及びロボティックデバイス-生活支援ロボットの安全要求事項)

\*1) ロボット開発セクター、\*2) 産業技術総合研究所

## ロボットにおいてデザインが機能するもの

○小山 久枝<sup>\*1)</sup>、大熊 栄一<sup>\*1)</sup>、矢崎 徹<sup>\*1)</sup>、飯田 亮瑠<sup>\*1)</sup>

■キーワード ロボットと人間の共生、デザインの機能、警戒心を解く親和性、和の心

1. **ロボットと人間が共生**するためには、人々のロボットに対する強い**警戒心**を解くことが必須
2. 警戒心を解く鍵は、人からロボットに近づきたくなる**親和性**
3. 親和性を生み出すのは、礼儀作法など**和の心**の研究に裏付けられた**デザインの機能**

### ■人々が抱くロボットへの強い警戒心

VECTOR 株式会社が、案内ロボットや介護ロボットを製作し始めて早 4 年。展示や実証実験を重ね、分かったことがある。介護現場や一般の消費者は、ロボットに強い警戒心を持っている。通常、ロボットや機構を毎日のように見慣れている開発者や技術者には、想像し得ない感覚だ。人とロボットが共生する社会を実現するためには、人々が抱くこの強い警戒心は、必ず超えねばならない課題の一つ。この解決案の一つとしてデザインがある。デザインが果たす機能とは何かを考えたい。

### ■和の心の研究から生み出されたデザイン 案内ロボット「コンシェルジュ」「マヌカン」

多くの技術を機構に入れ込まなくてはならないロボットに対し、開発者は技術に裏付けられた安全性を消費者に分かりやすく伝え、使ってみたくと思わせる工夫が肝要である。つまり親和性である。親和性とは何か。

- ・ 怖くない、あるいは不気味でない
- ・ 人なつっこい雰囲気
- ・ 人が自ら近寄りたくなる感じ
- ・ 高齢者もつい触りたくなる
- ・ 高齢者でも簡単に操作ができる

では、ロボットに親和性をもたせるにはどうしたらよいか。注目したのは

和の心である。常に相手を敬う和の心を研究し、日本古来より伝わる武士の作法、心地よい接客の技法、人間心理に至るまでを調査・集約することにより、親和性をデザインで機能させたロボットが、VECTOR 株式会社の案内ロボット「コンシェルジュ」(図 1) だ。

「コンシェルジュ」のデザインには、次の 6 つのポイントを盛り込んだ。

- ・ 姿勢 (正座から腰を浮かした姿勢、相手に敵意をもたない表現)
- ・ 所作 (軽いお辞儀で腕は膝に、仲居が客に声を掛けるイメージ)
- ・ 視線高さ (見下ろさない低身長、圧迫感の回避)
- ・ 安心感 (足はなく車輪移動で腕は絵図、不気味さの回避)
- ・ 表情 (微笑ましい丸顔、安心感や人なつっこさを表現)
- ・ 場所、環境への適応 (着せ替え方式、場に馴染む心地よさを表現)

同様のポイントに基づき、さらに落ち着きや気品を高めて案内ロボット「マヌカン」(図 2) をデザインした。



図 1. 案内ロボット「コンシェルジュ」

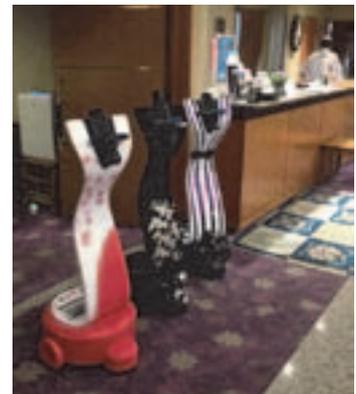


図 2. 案内ロボット「マヌカン」

### ■親和性のあるデザインが果たす機能

「コンシェルジュ」や「マヌカン」に限らず、VECTOR 株式会社は常にこの親和性を意識してロボットをデザインしている。理由は、親和性が人々のロボットに対する強い警戒心を解くための重要な機能だからだ。「研究者や技術者たちの高い技術の総合知である機械体としてのロボット」と「社会的で感覚をもつ生活主体としての生身の人間」を取り持つ重要なパイプ的役割、これこそが親和性であり、デザインだからこそ果たすことができる機能の一つと考える。

\*1) VECTOR 株式会社

## T型ロボットベース (TYPE III) 事業化のための量産設計

○前田 政昭<sup>\*1)</sup>

■キーワード サービスロボット、ロボットベース、センサーネットワーク、品質・安全性

1. 制御基板の見直し
2. DC 電源出力対応
3. 躯体部の新規設計

### ■研究内容

弊社は、T型ロボットベース (TYPE III) 「都産技研 平成 25 年度共同研究」の事業化に向けた量産設計を担当した。量産設計においては、コスト、機能、性能を重視し、回路基板の実用化技術、部品選定、コスト計算を推進し、開発を行った。

### ■取り組み内容

#### 1. 制御基板の見直し

MAIN 基板と外部 I/F 部が一体になっているため、配線接続が集中してしまう (図 1)。モーター駆動 1 個につき DRV 基板を 1 枚必要とするため、計 2 枚となる (図 3)。

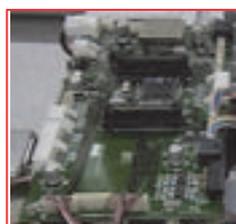


図 1. MAIN 基板と外部 I/F 部

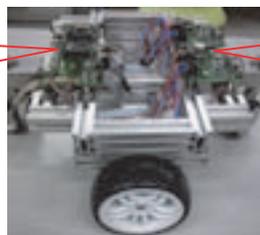


図 2. T型ロボットベース (TYPE III)

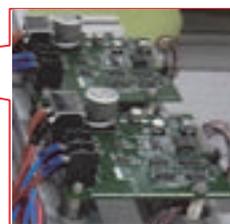


図 3. DRV 基板

コネクション基板を独立化することにより、配線の集中を回避し、ロボット筐体に基板を収納するとき場所を限定しないよう自由度を持たせた (図 4)。

図 3 の DRV 基板回路を MAIN 基板に統合化することによりコストダウンを図った (図 6)。



図 4. コネクション基板 (外部 I/F 部)

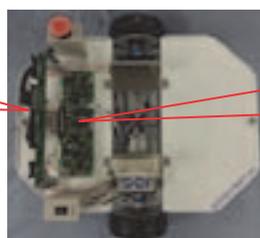


図 5. 当社開発製品



図 6. 改良後の MAIN 基板

#### 2. DC 電源出力対応

TYPE III では外部への電源供給手段がなかった。テストなどで制御 PC を搭載する場合等、電源供給の方法必要性を考えた。

図 6 の改良後の MAIN 基板では 5V、19V (または 12V) の出力可能とした。これにより、BOX 型制御 PC 等への電源供給が可能となった。

#### 3. 躯体部の新規設計

曲げ加工で強度を持たす板金加工を採用した。

### ■今後の展開

1. センサー等の搭載により、走行、安全性を向上させること。
2. 遠隔操作走行を可能とすること。
3. 自力走行を可能とすること。

\*1) 株式会社システムクラフト

**6月26日(金)**

**研修室243**

**ナノテクノロジー**

## 新規細分化法によるナノ粒子の作製

○川口 雅弘<sup>\*1)</sup>、渡邊 禎之<sup>\*1)</sup>、林 英男<sup>\*1)</sup>、徳田 祐樹<sup>\*2)</sup>、森河 和雄<sup>\*1)</sup>、中西 正一<sup>\*1)\*3)</sup>

## ■キーワード ナノ粒子、MSE、粉碎法、液中プラズマ

1. マイクロスラリーエロージョン技術を応用し、固体材料をナノオーダーで粉碎
2. 液中プラズマ処理技術を応用し、二次粒子を分散
3. 任意の固体材料の粒子化に成功

## ■研究の目的

昨今、日本のナノ粒子市場の成長は著しく、経産省では2010年に400億円の市場規模が、2020年には1000億円、2030年には3000億円に成長すると予測している。本研究では、マイクロスラリージェットエロージョン (Micro-slurry jet erosion: MSE) 法を用いて任意試料の浸食摩耗を行う。また、液中プラズマ処理を用いて回収した摩耗粉の分散処理を行い、新規細分化法としての可能性について検討する。

## ■研究内容

## (1) 浸食摩耗による粒子化

MSE法による浸食摩耗の概略を図1に示す。本研究では、試料基板としてグラファイト板(10×10×1[mm])を用いた。また、イオン交換水にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粒子(平均粒径0.3~3μm)を混入し、投射スラリーとして用いた。浸食摩耗処理後のスラリーに対して遠心分離処理を行い、グラファイト粒子を含む懸濁液を抽出した。

## (2) 二次粒子の分散処理

グラファイト粒子を含む懸濁液をSi基板上に滴下・乾燥し、走査電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope: SEM) で観察した結果を図2に示す。図より、粒径1μmを下回る粒子も存在するが、基本的には粒子同士が凝集した二次粒子となっていることが確認された。懸濁液に対してパルス電源を用いた液中プラズマ処理を適用し、二次粒子の分散を試みた。図3に液中プラズマ処理の概略を示す。また、液中プラズマ処理を施した懸濁液をSi基板上に滴下・乾燥し、SEMで観察した結果を図4に示す。図より、各粒子は概ね粒径1μm未満であることから、二次粒子の分散に対して液中プラズマ処理は効果的であることが分かる。液中プラズマ処理により、粒子表面は水素、あるいは水酸基により終端化されるため、ゼータ電位が変化し、イオン交換水中で再凝集が起こりにくくなったと考えられる。

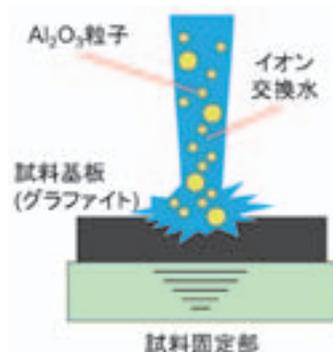


図1. 浸食摩耗の概略

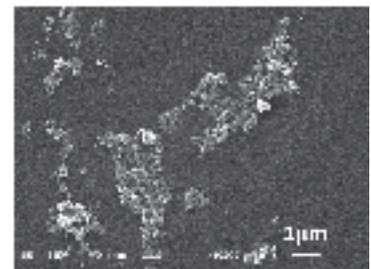


図2. グラファイト粒子の観察像

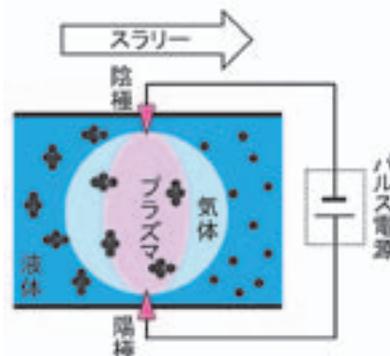


図3. 液中プラズマ処理の概略

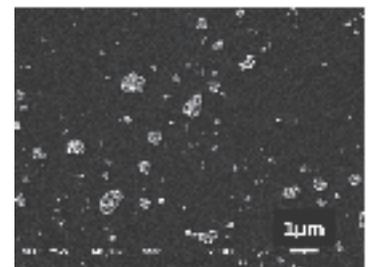


図4. 液中プラズマ処理後のグラファイト粒子の観察像

## ■研究の新規性・優位性

従来の細分化法では困難であった粒径100nm未満の粒子製造に成功した。また、各種分散処理を組み合わせることで、二次粒子の分散処理を達成した。

## ■産業への展開・提案

- ① 粒子製造技術の評価技術への転用として、H26.11より共同研究を実施中
- ② 製造した粒子を利用した機能性材料の開発として、H26.11より共同研究を実施中

## ■研究に関連した知財

・特願 2014-250421

\*1) 高度分析開発セクター、\*2) 城東支所、\*3) 品質保証推進センター

## 種々のグラフェン粒子の水分散液の作成と粒度分布の評価に関する検討

○柳 捷凡<sup>\*1)</sup>、植松 卓彦<sup>\*2)</sup>

## ■キーワード グラフェン、分散、粒度分布

1. グラフェン粒子水分散液の分散安定性の向上
2. GP 粒子の粒度分布を評価する各手法の適用範囲の確認
3. GP 粒子の粒度分布測定における測定条件の検討

## ■研究の目的

近年、粉末状グラフェン（以下、GP という）製品が数多く市販されている。これらナノ粉末の用途開発において、安定した分散液の作製と粒度分布の評価が求められる<sup>[1] [2]</sup>。しかし、GP 粒子は形状が不規則であり、水中で凝集しやすく、粒度分布を適切に評価することが難しい。これらの課題に対処する知見を得るために、GP 粒子の分散安定性の向上及び粒度分布の評価に関する検討を行った。

## ■研究内容

市販の粉末状（単層・多層）GP、酸化 GP 及び部分酸化 GP などの水分散液を超音波分散法により作製し、粒度分布と粒子分散安定性の重要指標であるゼータ電位に及ぼす超音波印加エネルギーと界面活性剤の影響を比較検討した。

粒度分布の測定は、原子間力顕微鏡（AFM）写真の画像解析、動的光散乱法（DLS）、レーザー回折散乱法（LD）、走査型移動度粒子計測法（SMPS）により行った。ゼータ電位の測定は、電気泳動光散乱測定法（ELS）により行った。

超音波照射と適切な界面活性剤を添加することにより、ゼータ電位絶対値が従来品の

1.4 倍の分散安定性の高い GP 分散液を作製できた。粒度分布の評価に関しては、従来は AFM 等単一の測定法によって行っていたが、本研究は、LD、DLS 及び SMPS の各測定法で測定可能な共通試料を作製し、各測定法によって同一試料の粒度分布を測定した（図 1）。LD と DLS 法で測定した粒度分布を個数基準に換算した結果、個数基準での Median 径の大きさが LD > DLS > SMPS の順になっていることが分かり、測定法による結果の違いを確認できた。

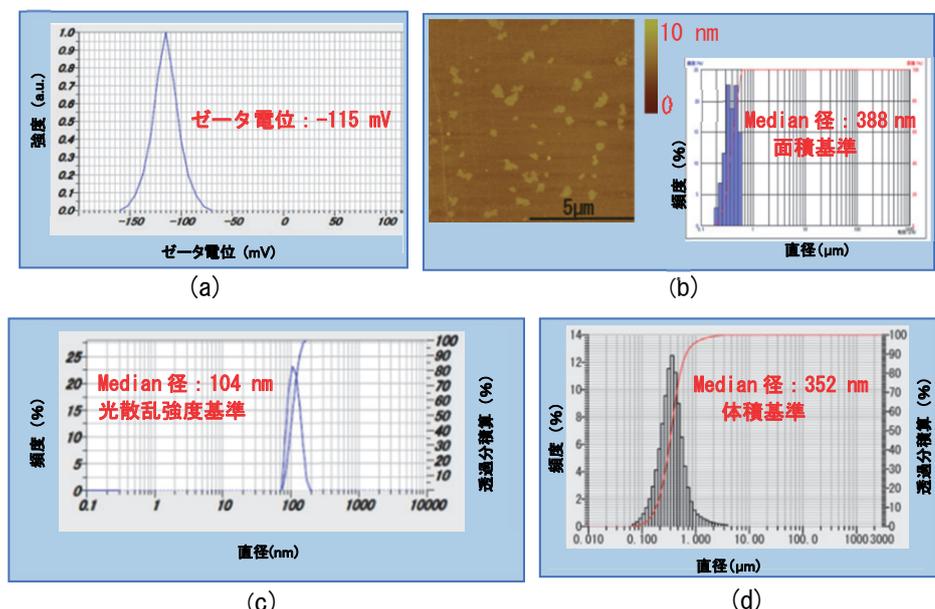


図1. 多層GP粉末（1～2層粒子が約30%、多層粒子は約70%）をイオン性界面活性剤水溶液に超音波により分散させた後、ろ過処理して作成した同一試料の計測結果  
 (a) ELS法で計測したゼータ電位分布  
 (b) GP粒子のAFM像と画像解析により作成した粒度分布  
 (c) DLS法で計測した粒度分布  
 (d) LD法で計測した粒度分布

## ■研究の新規性・優位性

- ①分散安定性の高い GP 分散液を作製できた
- ②複数の測定原理により GP の粒度分布を比較検討し、測定法による結果の違いを確認した

## ■産業への展開・提案

- ① GP 粉末の物性評価・品質管理
- ②分級による GP 粒子径の制御
- ③共同研究による塗料・インクの開発
- ④導電性複合材料の開発

## 参考文献

- [1] U. Khan, A. ONell, H. Porwal, P. May, K. Nawaz, J. N. Coleman: Carbon, Vol.50, p.470 (2012)  
 [2] X. Wang, H. Bai, G. Shi: J. Am. Chem. Soc., Vol.133, p.6338 (2011)

\*1) 材料技術グループ、\*2) 機械技術グループ

H24.4～H25.3【基盤研究】グラフェン系ナノ粒子の分散と複合化

## 第一原理計算による電子状態解析

○太田 優一<sup>\*1)</sup>

## ■キーワード 第一原理計算、密度汎関数理論、電子状態、バンド理論

1. 第一原理計算による高精度な物性予測
2. コンピュータシミュレーションによる材料設計
3. 新規材料探索

## ■背景

近年、材料開発の現場でも第一原理計算というコンピュータシミュレーションが活用されている。第一原理計算とは、基本的に原子の種類と位置を与えるだけで、その系の電子状態を計算する手法のことである。本発表では、最近注目されている材料を例に第一原理計算による電子状態解析の例を紹介する。

## ■解析事例

## (1) 解析手法

密度汎関数理論に基づいた第一原理計算を実施した。計算コードは Gnu GPL で配布されている Quantum Espresso<sup>[1]</sup> (QE) を使用した。このコードでは、平面波展開+擬ポテンシャル法で計算する。下記の計算例では、スーパーセルを構築し、原子の入れ替えや削除を行うことで欠陥や不純物の状態を模擬した。

## (2) 窒素 (N) ドープ炭化珪素 (SiC) の電荷密度分布

次世代パワーデバイスの材料として SiC が盛んに研究されている。この材料は結晶成長中に N が混入することが知られており、その N がドナーとしての役割を果たす。この N が炭素 (C) サイトに置換して入るとどうなるかを、第一原理計算によって解析した。計算モデルは 4H-SiC で、C を 1 つ N に置き換えたものを採用した。図 1 に電荷密度分布を示す。C と N の両方に高い電荷分布をしていることが分かる。このように等高線で電荷分布を可視化することで、電荷の偏りや結合様式を明らかにすることができる。

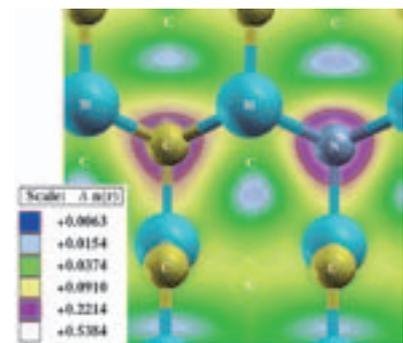


図 1. 4H-SiC の電荷密度分布

## (3) 窒素欠陥を有する窒化ガリウム (GaN) の構造最適化

GaN は青色発光ダイオードの材料として実用化されている<sup>[2]</sup>。この材料は有機金属気相成長法 (MOCVD) などで作製すると、N 欠陥が発生しやすいことが知られている。N 欠陥が発生したときに結晶の構造がどのように変化するかを、原子間に働く力を最小にすることで明らかにした。

図 2 に構造最適化に伴い、Ga 及び N 原子が変位している様子を示す。図中の緑色の矢印が原子間に働いている力を、白い点線で表記した部分が本来窒素があるべき場所を示している。矢印の方向が示すように、窒素欠陥に向かって近接する Ga 原子が変位し、エネルギーを低くしようとしている様子が見て取れる。

以上のように、欠陥や不純物といった実験では解析しにくい情報を第一原理計算によって、高い精度で予測することが可能である。

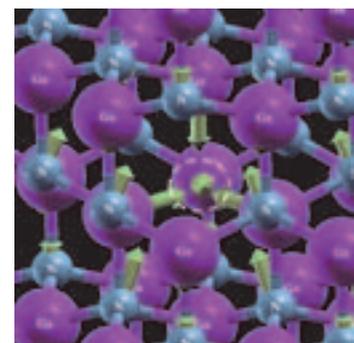


図 2. GaN の構造緩和の様子

## ■今後の展開

- ・有効遮蔽体法 (Effective Screening Medium: ESM)<sup>[3]</sup> による帯電した表面の第一原理計算
- ・企業や大学などとの共同研究 (新規材料開発)
- ・平成 27 年度下半期セミナー開催 (第一原理計算による電子状態計算入門)

## 参考文献

- [1] P. Giannozzi *et al.*, Phys.: Condens. Matter, Vol.21, p.395502 (2009)  
 [2] S. Nakamura and G. Fosol, "The Blue Laser Diode" (1998)  
 [3] M. Otani *et al.*, Phys. Rev. B, Vol.73, p.115407 (2006)

\*1) 電子半導体技術グループ

## ワイドギャップ半導体窒化ホウ素における不純物添加効果

○太田 優一<sup>\*1)</sup>、時田 幸一<sup>\*1)</sup>、渡辺 洋人<sup>\*2)</sup>

## ■キーワード ワイドギャップ半導体、窒化ホウ素、不純物、第一原理計算

1. 深紫外領域にバンドギャップを持つ窒化ホウ素
2. 遷移金属ドーピングの効果検証
3. 第一原理計算によるドーパント探索

## ■研究の目的

窒化ホウ素 (BN) は広い禁止帯幅 (ワイドバンドギャップ) を有することが知られており、デバイス応用が期待されている材料である<sup>[1]</sup>。しかし、この結晶の合成は極めて困難であることが知られ、基礎的な物性も未だ明確になっていない状態である。このような材料には、実験結果を参照せずに電子状態をシミュレーションできる第一原理計算が有効である。そこで、本研究では第一原理計算によって BN の不純物添加により可視光応答する準位を形成する元素を決定した。

## ■研究内容

## (1) 計算方法

不純物を添加した状態を模擬するために、BN のスーパーセルを構築した。これは、例えば  $B_{31}N_{32}X$  という基本単位を持つ結晶を計算することに相当する。ここで X には遷移金属元素を入れる。このようにして構築したスーパーセルの例を図 1 に示す。図 1 の例は、立方晶窒化ホウ素 (c-BN) で、B サイトに X を置換させたモデルとなっている。

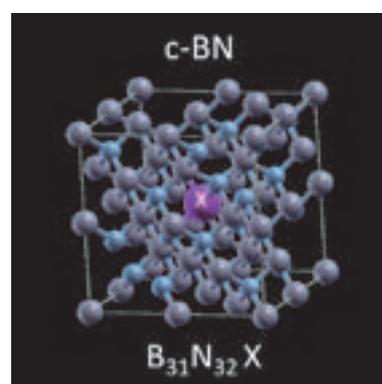


図 1. c-BN のスーパーセルモデル

## (2) 可視光応答する準位を形成する元素の決定

X に導入する遷移金属元素は原子番号 21 ~ 30 までをそれぞれ入れ替えて計算した。まず、バンドギャップ中に準位を形成するか否かを状態密度図 (Density Of States: 以下、DOS という) を計算することによって判断した。これによってバンドギャップ中に準位形成可能な元素をスクリーニングした。その後、バンドギャップを正確に求めるために、F. Tran らによって提案された手法でバンドギャップの補正を行った<sup>[2]</sup>。

最終的に各不純物導入の容易さを形成エネルギーで比較した。その結果 Ni を導入する場合が最も形成エネルギーが低く、不純物として添加しやすいことが判明した。Ni を導入した場合の c-BN の DOS を図 2 に示す。価電子帯上端 (VBM) から伝導帯下端 (CBM) の距離がバンドギャップに相当する。このバンドギャップの間にアップスピン及びダウンスピンそれぞれ 1 つずつ準位が形成されていることが分かる。この準位は Ni の d 電子の局在によって作られており、これによって BN の可視光領域での応答が可能になることを意味する結果が得られた。

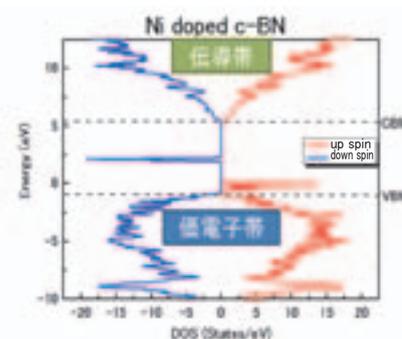


図 2. Ni ドープ c-BN の状態密度図

## ■研究の新規性・優位性

中間バンド (または準位) を形成する元素を見出した。これによって可視光応答する BN 系デバイスの研究開発が可能であることが明らかになった。本研究で採用した第一原理計算では、実験的に検証しにくい物性の予測も可能であり、材料の研究開発の指針として活用できる。

最先端の材料の研究開発において第一原理計算の活用は非常に優位である。

## ■産業への展開・提案

- ①新規材料探索
- ②物性の正確な予測
- ③実験結果の検証

## 参考文献

- [1] K. Watanabe *et al.*, Nature Materials, Vol.3, pp.404-409 (2004)  
 [2] F. Tran *et al.*, Phys. Rev. Lett., Vol.102, pp.226401-1-226401-4 (2009)

\*1) 電子半導体技術グループ、\*2) 材料技術グループ、

## ナノフォトニクスを応用した微量物質検知技術（技術紹介）

○加澤 エリト \*1)

■キーワード 表面プラズモン共鳴、SPR、局在表面プラズモン共鳴、LSPR、ナノフォトニクス

1. 表面プラズモン共鳴を用いると、ナノメートルの範囲に存在する微量物質の検知が可能となる
2. 表面プラズモンの発生には、金属ナノ構造や金属薄膜が用いられる
3. この物質検知技術は、ウイルス検知や有害ガス検知（ガスセンサ）に応用できる

### ■はじめに：江戸切子の赤い色

東京都の名産品のひとつである切子ガラスや、教会のステンドグラスの赤いガラスは、ガラスの中に封じ込められた金ナノ粒子によって発色している<sup>[1]</sup>。このガラスの発色は、金ナノ粒子の表面で発生する表面プラズモン共鳴<sup>\*1</sup>によって、緑色の光が吸収されることに起因している。金ナノ粒子が緑色の光を吸収する様子を図1に示す<sup>\*2</sup>。

※1: Surface Plasmon Resonance:SPRともいう。金属ナノ粒子で生じる場合には、特に、局在表面プラズモン共鳴(Localized Surface Plasmon Resonance:LSPR) とよばれる。

※2: 図1は、FDTD法(時間領域差分法)とよばれる電磁場解析手法を用いて算出している。グラフより、金ナノ粒子が波長500nm、すなわち緑色の光を強く吸収し、赤色の光だけが透過することが分かる。この結果、金ナノ粒子は赤く発色する。

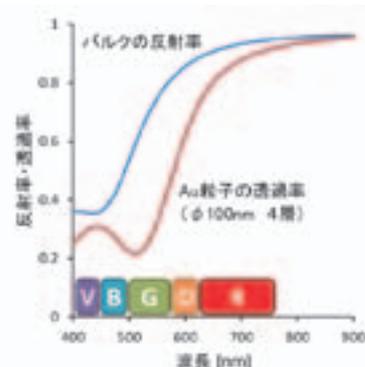


図1. 金の光スペクトル

### ■プラズモン共鳴を用いた物質検知

金属ナノ粒子に光を照射すると、ナノ粒子表面の自由電子が振動し、光エネルギーの一部を吸収する。この物理現象を表面プラズモン共鳴とよび、次に示すような特徴がある。

- ・周囲の誘電率<sup>\*3</sup>に応じて共鳴波長が変化する：物質検知
- ・影響を受ける範囲は数百nm程度の範囲：ナノ領域<sup>\*4</sup>

表面プラズモン共鳴を用いると、単に発色するだけでなく、物質検知が可能になる。物質検知の例を図2に示す。表面プラズモン共鳴の応答範囲は限定的であるので、バックグラウンドの影響を受けにくい。この結果、高感度の物質検知が可能となる。

※3: 誘電率は媒質固有の値を持つ。通常は媒質の屈折率の2乗に比例する。

※4: ナノメートル領域に限定される光学現象をナノフォトニクスとよぶ。表面プラズモン共鳴はナノフォトニクスの一つである。

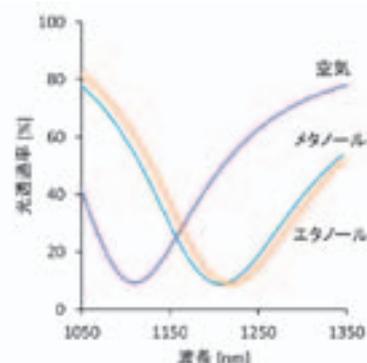


図2. 物質検知の例  
φ400nm h50nmの金ナノディスク構造を800nm間隔で配置し、周囲媒質を変えたときの光透過スペクトル(実験値)

### ■高感度・高性能センサへの応用

都産技研では、金属ナノ粒子に生じる表面プラズモン共鳴をセンサに応用する研究を行っている。例えば、金属ナノ粒子の周囲を多孔質体であるメソポーラスシリカで被覆すると、周囲のガス濃度に応じて光透過率が変化ようになる<sup>[2]</sup>。プラズモン共鳴をガスセンサに応用した場合のガス応答特性の一例を図3に示す。表面プラズモン共鳴を用いることで、市販のガスセンサよりも高速に応答復帰する<sup>\*5</sup>。

※5: グラフは、市販の酸化物半導体式のガスセンサと表面プラズモン共鳴を応用したガスセンサ(LSPRと記載)をそれぞれ2000ppm程度の高濃度アルコール雰囲気暴露した後、一般大気に戻したときの応答信号を示している。

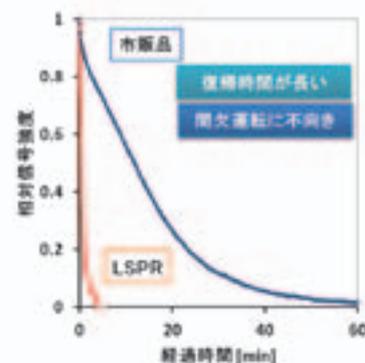


図3. ガスセンサの応答例

#### 参考文献

- [1] 化学と工業編集幹事会, 化学と工業, Vol.62-4, April (2009)  
[2] A.Monkawa *et al.*, Sensors and actuators B, Vol.196, pp.1-9 (2014)

特許：特許第5460113号、特開2010-210253号、特開2014-59316号公報、その他1件(未公開)

\*1) 電子半導体技術グループ

## 水素含有 DLC 膜の表面性状制御による低摩擦化

○徳田 祐樹<sup>\*1)</sup>、中西 正一<sup>\*2)\*3)</sup>、川口 雅弘<sup>\*2)</sup>、林 英男<sup>\*2)</sup>、渡邊 禎之<sup>\*2)</sup>

■キーワード 水素含有 DLC 膜、表面性状、低摩擦化、ラマン分光分析

1. 「水素含有 DLC 膜」と「表面性状制御」のシナジー効果による低摩擦化手法を開発
2. 水素含有 DLC 膜の表面性状の制御により **40%の摩擦係数低減に成功**
3. 表面性状制御によりグラファイト化した摩耗粉を摺動界面にトラップすることで低摩擦化を発現

## ■研究の目的

水素含有 DLC 膜は、 $sp^2$  結合及び  $sp^3$  結合の炭素と水素で構成されたアモルファス構造を持つ硬質炭素薄膜であり、高硬度や高耐摩耗性、低摩擦係数などの優れた摺動特性を示すことで知られている。本研究では、水素含有 DLC 膜の摺動特性のさらなる改善を実現するため、表面性状（表面粗さやうねりを含む表面輪郭形状）の制御による低摩擦化の手法について検討を行った。

## ■研究内容

## (1) 実験方法

本研究では、下記の2種類の水素含有 DLC 膜の特性を比較した。

- ①鏡面研磨 DLC 膜：産業界で一般的に使用されている鏡面研磨を施した平滑な表面に DLC 膜を成膜したもの
- ②MSE 加工 DLC 膜：マイクロスラリージェットエロージョン加工を利用して微細な凹凸形状を作成した表面に DLC 膜を成膜したもの（図1）

上記2種類のサンプルの摺動特性を摩擦試験機により比較した。また同時に、ラマン分光分析による膜構造の解析や SEM による摺動痕観察等の化学分析を実施することで、水素含有 DLC 膜の表面性状が及ぼす摺動特性への影響について膜構造の観点から解析を行った。

## (2) 実験結果及び考察

摩擦試験の結果より、鏡面研磨 DLC 膜と比較して MSE 加工 DLC 膜では摩擦係数が約 40%低下するとともに、摩擦係数が終始安定化するという現象が確認された（図2）。このことから、水素含有 DLC 膜の表面性状を適切に制御することで、摺動特性を向上する効果があるものと考えられる。この摺動特性向上メカニズムの解明に向けた各種化学分析を実施した結果、MSE 加工 DLC 膜では摺動痕上における膜構造のグラファイト化が発生しており、かつ摩擦により生じた摩耗粉が摺動痕上に堆積していることが確認された。このことから、MSE 加工 DLC 膜では、表面の凸部の摩擦により生じた摩耗粉においてグラファイト化が発生しており、この摩耗粉が表面の凹部にトラップされることで摺動痕に堆積していたものと考えられる（図3）。その結果、摺動面に介在するグラファイト化した摩耗粉が界面での低せん断抵抗化に寄与し、摩擦係数の低減に寄与したものと考えられる。

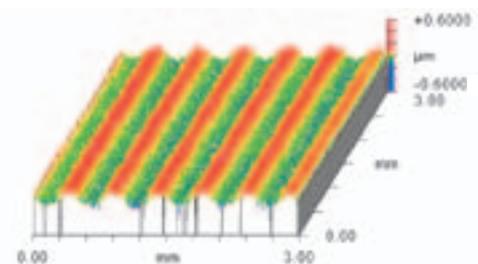


図1. 表面性状制御 DLC 膜の輪郭形状

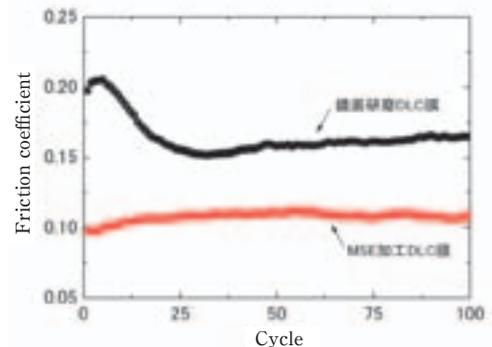


図2. 摩擦試験結果

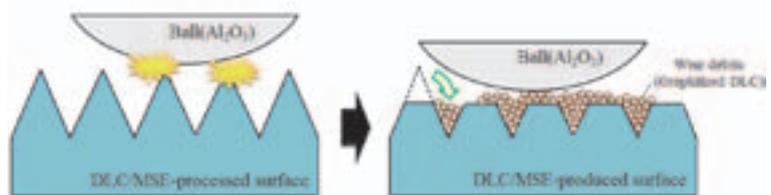


図3. 表面性状制御 DLC 膜の低摩擦化メカニズム

## ■研究の新規性・優位性

グラファイト化した摩耗粉による低摩擦化効果を狙った水素含有 DLC 膜は前例がなく、産業的にも学術的にも新規性が高い。

## ■産業への展開・提案

- ①都内中小企業との共同研究を開始予定
- ②論文や学会発表による成果発信を実施

\*1) 城東支所、\*2) 高度分析開発セクター、\*3) 品質保証推進センター

粉末処理前後における<sup>13</sup>C-DLCの構造変化○川口 雅弘<sup>\*1)</sup>、渡邊 禎之<sup>\*1)</sup>、林 英男<sup>\*1)</sup>、国村 伸祐<sup>\*2)</sup>■キーワード PBIID、<sup>13</sup>C-DLC、粉末処理

1. PBIID法を用いて、<sup>13</sup>CのDLCを成膜
2. 溶出法などを用いて、<sup>13</sup>C-DLCの粉末を精製
3. <sup>13</sup>C-DLCの各種材料分析

## ■研究の目的

昨今、優れたトライボロジー特性を有するDLC(diamond-like carbon)膜は、あらゆる産業製品に実装されており、日本の受託成膜加工市場は100億円を超える規模に成長している。DLCの $sp^3/sp^2$ 比の定量評価として固体NMR法が挙げられるが、試料を粉末にする必要があるため、粉末処理前後における試料の構造変化を正確に把握する必要がある。そこで本研究では、<sup>13</sup>C-DLCの構造変化について検討した。

## ■研究内容

## (1) 試料作製

本研究では、重畳型プラズマイオン注入成膜(PBIID)法を用いて成膜を行った。PBIID法は、被加工物をアンテナとすることでイオン注入と成膜を両立できる特徴を有する。原料ガスに<sup>13</sup>CH<sub>4</sub>を用いて<sup>13</sup>Cの純度100%に近いDLCを成膜した。純鉄及び純アルミ基板上に成膜した試料を、純水で希釈した塩酸溶液を用いて基板を溶解させることで、DLC粉末が得られた。

## (2) 結果

Al基板上に成膜した<sup>13</sup>C-DLC膜の、粉末処理前後のラマン分光分析結果を図1に示す。図1より、粉末処理を行うことで、ラマン分光分析結果が明らかに異なることが分かる。この結果を詳細に検討したところ、粉末処理を行うことで、総じてGピークとDピークを中心位置が高波数側へシフトすること及び各ピークの半値幅が狭くなることを確認した。一方、各試料のX線光電子分光分析(XPS)を行ったところ、粉末処理前後においてC1sピークの形状及び $sp^3/(sp^2+sp^3)$ 比に大きな変化はないことを確認した(ここで $sp^2$ は284.5eV、 $sp^3$ は285.3eVとなるようにピーク分離を行った)。粉末処理後の試料を走査電子顕微鏡(SEM)で観察したところ、図2のように膜が曲面化した片状粉となっている様子を確認した。

## (3) 考察

一般に、ラマン分光分析におけるピーク中心位置の高波数側へのシフト及びピーク半値幅の狭小化は、材料構造の変化及び内部応力の緩和により引き起こされる。XPS分析結果より、C1sの分析結果に大きな差異は見出せなかったことから、材料構造の変化に及ぼす粉末処理の影響は小さいと考えられる。一方、SEM観察結果より粉末処理後の膜は曲面化した片状粉が観察されることから、膜上のDLC内部には一定の応力が掛かっていたが、粉末となることでその応力が緩和されたことが示唆される。したがって、粉末処理前後のラマン分光分析の結果の差異は、材料構造の変化よりはむしろ内部応力の緩和の影響が大きいと考えられる。以上より、構造変化に及ぼす粉末処理の影響は小さく、処理後の粉末を用いた固体NMRによる $sp^3/sp^2$ 比の定量評価は十分可能であることが示唆される。

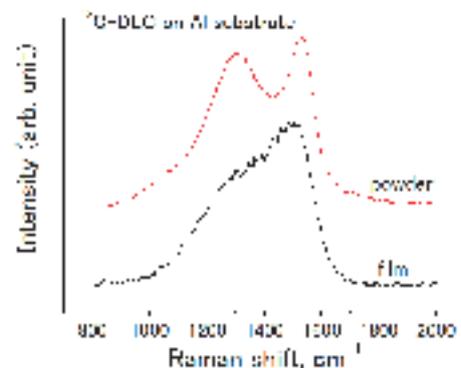


図1. ラマン分光分析結果の概略

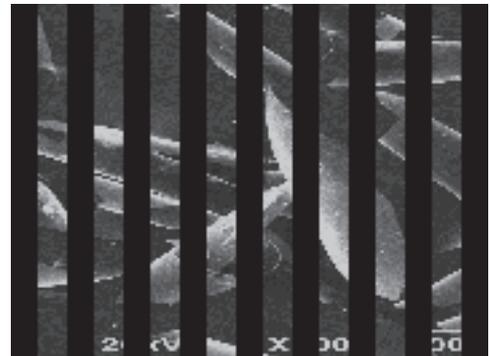


図2. 粉末処理後の試料の観察結果

## ■研究の新規性・優位性

DLC膜の構造変化に及ぼす粉末処理の影響を明確にすることで、固体NMRによる $sp^3/sp^2$ 比の定量性向上に資する成果を得ることができた。

## ■産業への展開・提案

現在遂行中の科研費若手研究Bの学術的成果として発信し、固体NMRによる $sp^3/sp^2$ 比の定量評価法として依頼試験環境の充実を図る。

\*1) 高度分析開発セクター、\*2) 東京理科大学

H26.4 ~ H29.3【科研費若手研究B】固体NMRを用いたDLC膜構造の定量評価手法の開発

**6月26日(金)**

**研修室243**

**環境・省エネルギー**

## TiO<sub>2</sub>/WO<sub>3</sub> 複合量子ドットにおける光触媒活性の向上

○渡辺 洋人<sup>\*1)</sup>、染川 正一<sup>\*1)</sup>、太田 省吾<sup>\*2)</sup>、鈴木 貴文<sup>\*2)</sup>、緒明 佑哉<sup>\*2)</sup>、今井 宏明<sup>\*2)</sup>

■キーワード 量子ドット、光触媒、ナノ粒子、多孔質シリカ、環境浄化材料

1. 約1nmのTiO<sub>2</sub>/WO<sub>3</sub>複合量子ドットを合成
2. 複合化させることにより光触媒活性が大幅に向上
3. 高機能光触媒構築に向けた、量子ドットの新たな可能性を提示

### ■研究の目的

近年、粒子サイズが励起子ボア半径以下になった粒子“量子ドット (QD)”が高活性な新規光触媒として大きな期待を集めている。しかし、量子ドットでは光照射によって生成した電子・正孔対の空間的電荷分離が困難なため、光触媒活性の大幅な低下が起こるといった懸念がある。そこで、本研究では異種量子ドット界面での電荷移動を利用した複合量子ドット光触媒の可能性を追究した。

### ■研究内容

本研究では第一に、これまでの研究によって合成法が確立された単独量子ドット<sup>[1][2]</sup>の光触媒活性評価を行った。多孔質シリカ<sup>[3]</sup>の細孔を鋳型として用い、それぞれ1.2、1.6nmのTiO<sub>2</sub>、WO<sub>3</sub>量子ドットを合成した。各量子ドットのバンドギャップは、量子サイズ効果の影響を受け、それぞれ3.3、3.2eVまで増大した。各量子ドットについてエタノール蒸気の光分解活性を測定し、単独量子ドットの活性の基準とした。また、TiO<sub>2</sub>量子ドットでは、バルクのTiO<sub>2</sub>と比較して活性低下が見られた(図1)。

続いて、二段階の量子ドット合成を行い、TiO<sub>2</sub>/WO<sub>3</sub>複合量子ドットの合成を試みた。本研究では、WO<sub>3</sub>量子ドット内包多孔質シリカの細孔内にTiCl<sub>3</sub>溶液を浸潤させ、空气中で60°Cに加熱することで複合量子ドットの合成を行った。細孔内のTiCl<sub>3</sub>は加熱により酸化されて白色のTiO<sub>2</sub>が生成するため、Ti<sup>3+</sup>由来の紫色は徐々に消失する。一方、複合量子ドットの合成系ではTi<sup>3+</sup>由来の吸収の消失とともに、W<sup>5+</sup>由来のブロードな吸収が新たに観測された。系内では、Ti<sup>3+</sup>→Ti<sup>4+</sup>の酸化とW<sup>6+</sup>→W<sup>5+</sup>の還元が同時に進行しており、WO<sub>3</sub>が酸化剤として働きながら、TiO<sub>2</sub>量子ドットが界面において優先的に進行することを示唆している。最終的に600°Cで焼成した後、無色透明の複合量子ドットを得た。

TiO<sub>2</sub>/WO<sub>3</sub>複合量子ドット界面における電荷移動の検証のため、単独のTiO<sub>2</sub>、WO<sub>3</sub>量子ドットとTiO<sub>2</sub>/WO<sub>3</sub>複合量子ドットをそれぞれ水中で紫外線照射し、W<sup>5+</sup>に由来するフォトクロミズムの時間変化を調査した。その結果、TiO<sub>2</sub>/WO<sub>3</sub>複合量子ドットにおいてはW<sup>5+</sup>由来の吸収強度の上昇が単独の量子ドットと比較して顕著に低下することが確認され、複合体では界面での電荷移動が起こっていることが示唆された。この複合体の光触媒活性を評価したところ、単独のTiO<sub>2</sub>量子ドットと比較して10倍以上の活性向上が観測された(図1)。本研究で用いた複合量子ドットの有効質量近似から推定した価電子帯・伝導帯準位は、単独のTiO<sub>2</sub>量子ドットと比較して大きな差がないことから、観測された光触媒活性の大幅な向上は、主に空間的電荷分離が促進されたことに起因すると考えられる。

このように本研究では、異種量子ドットを複合化させることで空間的電荷分離を促進させ、光触媒として機能させることが可能であることを明らかにし、複合量子ドットが高機能光触媒系の構築に有効であることを示した。

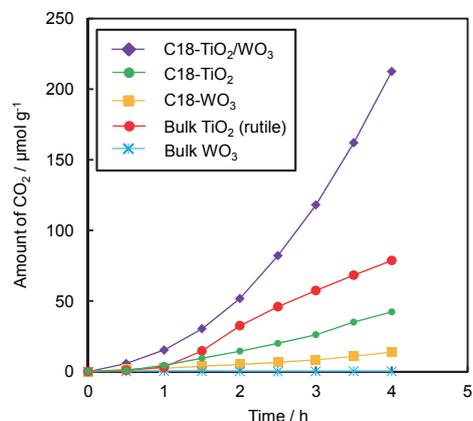


図1. QDのエタノールの光分解特性

### ■研究の新規性・優位性

- ①量子ドット技術の光触媒材料への応用
- ②複合量子ドットの作成技術
- ③新規光触媒システムの開発

### ■産業への展開・提案

- ①高機能光触媒
- ②多孔質材(吸着材)と光触媒の複合材料

### ■研究に関連した知財

・特願 2014-223328

### 参考文献

- [1] H. Watanabe, K. Fujikata, Y. Oaki, H. Imai, Chem. Commun., Vol.49, pp.8477-8479 (2013)  
 [2] H. Tamaki, H. Watanabe, S. Kamiyama, Y. Oaki, H. Imai, Angew. Chem. Int. Ed., Vol.53, pp.10706-10709 (2014)  
 [3] H. Watanabe, K. Fujikata, Y. Oaki, H. Imai, Mesopor. Mater., Vol.214, pp.41-44 (2015)

\*1) 材料技術グループ、\*2) 慶應義塾大学

H26.4 ~ H27.3【共同研究】多孔質シリカの細孔空間を活用した機能性量子ドットの用途開発の研究

## 促進耐候（光）性試験と発光計測による劣化評価

○杉森 博和 \*1)

## ■キーワード 製品の耐候（光）性、高分子材料、発光計測、レーザー誘起

1. 光や熱による高分子材料の劣化をより迅速に評価する方法を検討
2. 高分子材料に紫外線レーザー光を照射し、誘起される発光を検出
3. 検出される光の量とスペクトルは、高分子材料の劣化度合いと関連性がある

## ■研究の目的

屋外で使用する製品のライフサイクルを見積もる上で、耐候性の評価は欠かせない。光や熱などで劣化する高分子材料の耐候性は、促進試験と強度や測色などの各種劣化解析を組み合わせて評価されることが多いが、この方法は評価全体に時間がかかる。本研究では、高分子材料の表面に紫外線レーザー光を照射したときに誘起される発光を解析することにより、劣化を迅速に評価する手法の検討を行った。

## ■研究内容

## (1) 実験試料と促進耐候（光）性試験

高分子材料として、含有する添加剤が異なるポリプロピレンやポリエチレンなどを使用した。この高分子材料について、ブラックライト（図1）、紫外線カーボンアーク灯による促進耐光性試験や、恒温槽を使用した熱劣化試験を実施した。

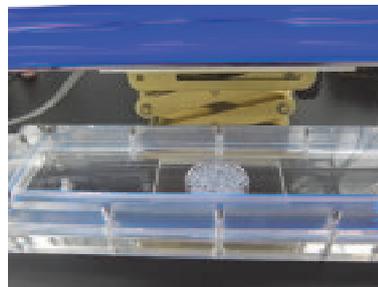


図1. ブラックライトによる促進耐光性試験

## (2) 新規に検討した劣化評価方法

測定用セルに入れた劣化前後の試料に波長 375 nm の紫外線レーザー光を照射し（図2）、そのときに検出される光の量とスペクトルを計測した。光量の測定時間は、1 試料あたり 3 分とした。劣化試験時間が異なる試料の結果から、劣化の度合いとの関連性を評価した。

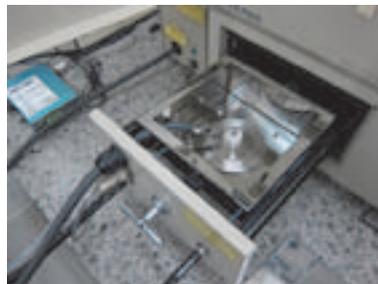


図2. 実験に使用した発光測定装置

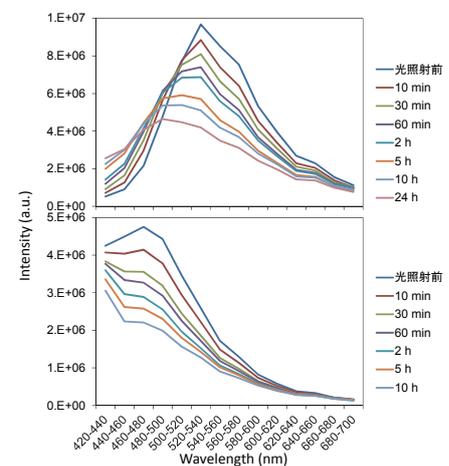


図3. ブラックライトを照射したポリプロピレンに紫外線レーザー光を照射したときの光スペクトル  
上：Polypropylene(A)  
下：Polypropylene(B)

## (3) 結果と考察

試料にレーザー光を照射することにより、試料からの発光と考えられる光を検出した。検出された光の量とスペクトルは高分子材料の種類によって異なり、同じポリプロピレンでも添加剤の違いによって結果が異なることが分かった。また、促進劣化試験により、検出される光量やスペクトルに変化が現れ（図3）、今回の検出法で劣化の度合いを診断できる可能性が示唆された。

## ■研究の新規性・優位性

高分子材料の初期劣化診断法として、熱誘起による化学発光計測が研究されているが、半導体レーザー光による誘起はこれまでほとんど研究されていない。この方法が確立されれば、熱誘起による測定よりも、測定時間を短縮できる可能性がある。

## ■産業への展開・提案

- ①新旧材料の耐候（光）性の比較に最適
- ②この方法が確立されれば、より短時間の促進試験で劣化の診断が可能となり、開発のスピードアップを図ることができる

## 謝辞

本研究の一部は、（公財）スガウエザリング技術振興財団の研究助成により実施された。

\*1) 繊維・化学グループ

## 汚染ガスと光による複合試験

○岡田 明子<sup>\*1)</sup>、小柴 多佳子<sup>\*1)</sup>

### ■キーワード オゾン、窒素酸化物、紫外線、複合作用

1. 汚染ガスと紫外線を同時に暴露する複合試験装置を試作
2. 試作した複合装置を用いて染色布の暴露試験を実施
3. 汚染ガスと紫外線の複合作用が染色布に与える影響について検討

### ■研究の目的

繊維製品は、製造から保管、消費過程において光や熱、汚染ガス等、種々の作用を受けることにより変色する。実使用状況下では、さまざまな作用が重複して起きることも多い。本研究では、汚染ガスとしてオゾン及び窒素酸化物を用いて、それらのガスと紫外線を同時に暴露できる試験装置を試作し、汚染ガスと紫外線の複合作用が染色布に与える影響について検討した。

### ■研究内容

#### (1) 実験方法

装置の概略図を図1及び図2に示す(図1. オゾン、紫外線 図2. 窒素酸化物、紫外線)。ガスの供給について、オゾンは試験槽内の濃度を約10ppmに保つように供給し、窒素酸化物は試験槽に濃度約30ppm 流量約1 L/minのガスを連続的に供給した。暴露試料には、アセテート平織及びナイロン添付白布を分散染料(C.I. Disperse Blue56、Blue27とYellow42の配合)で染めた染色布4種を用いた。暴露による試料の変化は分光光度計により反射率測定を行った。

#### (2) 結果・考察

図3にBlue27とYellow42の配合で染めた染色布のオゾン暴露による色相の変化を示した。アセテート染色布では、オゾン単独の暴露とオゾンと紫外線を同時に暴露したときの色相の変化が大きく、ナイロン染色布については、紫外線単独の暴露とオゾンと紫外線を同時に暴露したときに同方向へ大きく変化する結果となった。また、アセテート染色布については、オゾンによる影響が大きく、ナイロン染色布については紫外線による影響が大きいことが確認された。

図4にはBlue56で染めた染色布の窒素酸化物暴露による色相の変化を示した。アセテート染色布では、いずれの暴露方法においても色相は、それぞれ異なる方向へ変化する結果となった。それに対して、ナイロン染色布については、紫外線単独の暴露と窒素酸化物と紫外線を同時に暴露したときの色相は、同方向へ変化する結果が分かった。

#### (3) まとめ

本研究では、汚染ガスと紫外線を同時に暴露する複合試験装置を試作し、汚染ガスと紫外線の複合作用が染色布に与える影響について検討した。汚染ガスと紫外線を同時に暴露したときには、単独での暴露とは異なった変化を示す染料があることが確認された。また、素材により汚染ガス暴露と紫外線暴露による色相の変化の方向が異なることが確認された。

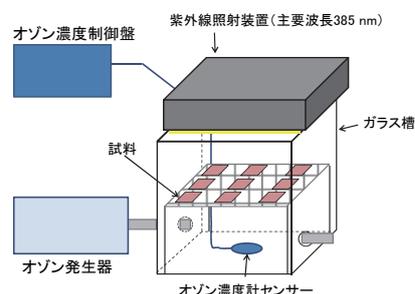


図1. 複合試験装置概略図 (オゾン、紫外線)

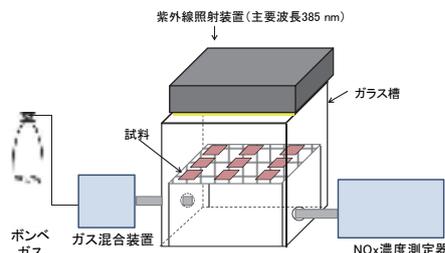


図2. 複合試験装置概略図 (窒素酸化物、紫外線)

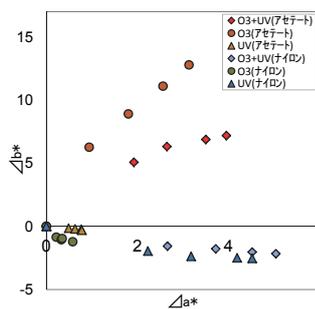


図3. 暴露による色相の変化 (Blue27とYellow42の配合)

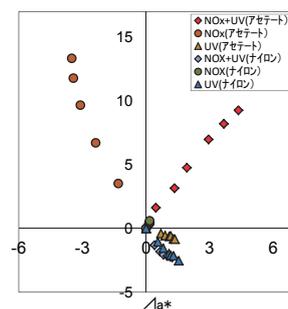


図4. 暴露による色相の変化 (Blue56)

### ■研究の新規性・優位性

紫外線及び汚染ガスを同時に暴露する方法で装置を試作し染色布の変退色挙動を明らかにした。

### ■産業への展開・提案

- ①繊維製品の汚染ガス、紫外線による複合試験
- ②クレーム品の再現試験

#### 謝辞

本研究の一部は、(公財)スガウェザリング技術振興財団研究助成により実施された。

\*1) 繊維・化学グループ

## 分光応答度測定装置の概要と活用例

○中田 修<sup>\*1)</sup> <sup>\*2)</sup>

## ■キーワード 分光応答度、分光感度、光センサ、受光器、受光素子

1. 分光応答度測定装置は光センサの分光感度特性の評価に用いられる
2. 光センサに単色光を照射してそのときの出力 (A/W) を分光応答度という
3. 受光素子と光透過フィルタを組み合わせることにより所望の感度特性を持つ光センサができる

## ■はじめに

- ・分光応答度測定装置とは、光センサや太陽電池などの性能評価に使用される装置である。測定結果は光の各波長エネルギーに対する出力電流 (A/W) という形で表される。
- ・都産技研で導入したこの装置は、各種光センサの開発や性能評価に有用であるので、本稿では装置の概要と活用例を紹介する。

## ■装置の紹介

## (1) 原理と仕様

図1のように、装置内で光源（ハロゲンランプ、重水素ランプ）を点灯させ、この光を回折格子で分光（波長成分ごとに分ける）して、波長 250nm から 2000nm（紫外～可視光～近赤外）の単色光を得る。この単色光をビームスプリッタで均等に2つに分け、一方を標準受光器で値付けしたモニタ受光器に照射し、他方を評価対象の光センサ（被測定受光器）に照射する。そうすると、両者の関係から被測定受光器に何ワットの単色光を照射したとき、何アンペアの電流が流れるかを測定することができる。

## (2) 活用例

この装置を用いて、Si フォトダイオードの分光応答度を測定した事例を図2に示す。これは受光素子単体の分光感度特性を示しているが、例えばこれにフィルタを組み合わせ、図3のような人の目の感度に近似させた光センサにすると、人が感じる明るさと同じ特性を持つ光センサが出来上がる。これはVλ受光器といって照度計など広く使用されている。

このほか、植物工場などの分野では、植物の成長に効果がある光の波長成分について研究されており、図4のような光合成の効果の評価できる光センサの開発も行われている。

このように受光素子に、各用途に応じた特性を持つようにフィルタを組み合わせることによって、新しい光センサを開発することができる。開発した光センサの評価には分光応答度測定装置が使用されている。

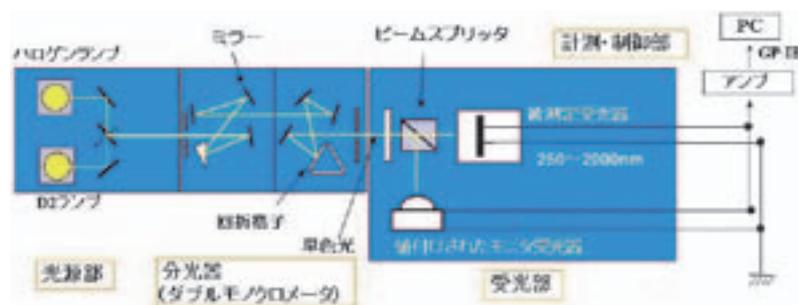


図1. 分光応答度測定装置の概要

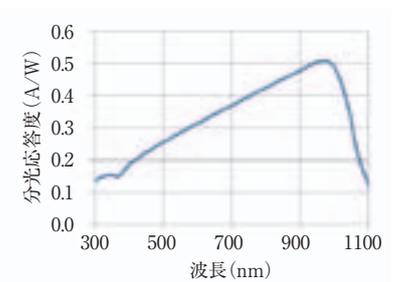


図2. Si フォトダイオード

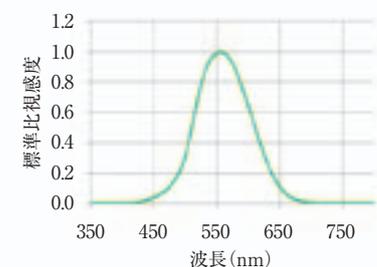


図3. Vλ受光器（目の感度）

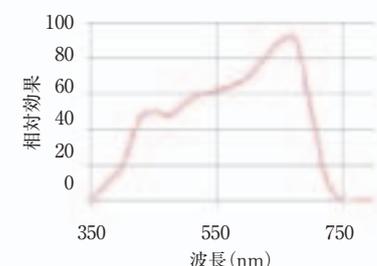


図4. 光合成効果用の光センサ

## ■まとめ

分光応答度測定装置は、光センサの性能評価に有用な装置である。依頼試験等を通じて中小企業の実業開発支援に活用していきたい。

\*1) 光音技術グループ、\*2) 品質保証推進センター

## 環境低負荷型のめっき浴

○水元 和成<sup>\*1)</sup>、逸見 英一<sup>\*2)</sup>、平井 和彦<sup>\*3)</sup>、竹村 昌太<sup>\*4)</sup>、浦崎 香織里<sup>\*4)</sup>、大川原 敏夫<sup>\*2)</sup>

### ■キーワード 非シアン浴、亜硫酸金めっき、環境低負荷

1. 亜硫酸金試薬の安定性の評価
2. シアンを用いない金めっき浴の開発
3. 開発浴による金めっき製品の試作

### ■研究の目的

装飾品や電気接点部などへの金めっきには、シアン化金塩を用いためっき浴が広く用いられている。しかし、この浴によるめっき加工は、薬品の管理や作業工程の安全面、あるいは電子基板上のレジストへダメージを与える等の問題を抱えている。そこで、これらの問題を解決するために、亜硫酸金による非シアンめっき浴を開発した。

### ■研究内容

亜硫酸金試薬は、紫外線受光等で還元する不安定性を有するため、金めっき浴としての利用が進まなかった。共同研究者の共栄メタル(株)では、亜硫酸金試薬の安定性について取り組んできた。本研究では、この試薬を用いた金めっき浴を試作し、安定性、析出条件、光沢剤等の選択を行った。析出した皮膜の物性評価をした結果、安定性に優れた金めっき浴を開発した。

#### (1) 金試薬の安定性

本研究で調整した亜硫酸金試薬(A1)と、市販の亜硫酸金試薬(A2)を元に、導電塩と安定剤等の役割を担う試薬<sup>[1]~[3]</sup>の組み合わせを5種類ずつ作製し、模擬金めっき浴とした。これらの試薬について紫外線(最大波長:352nm、出力:3.0Wのランプを使用)照射実験を行った。A2を用いた模擬めっき浴の一部は照射開始2日目から、金の還元析出が確認され、1週間経過後にはすべてで金の析出が確認された。一方、A1を用いた浴では、いずれの組み合わせでも金の析出は見られなかった。その後実験室で約半年放置させた状態を図1に示す。



図1. 紫外線照射による試薬の安定性

#### (2) 金めっき製品の試作

(1)で組み合わせた模擬めっき浴の組成から、ストライク浴及び本浴を作製しめっき条件等を検討した。得られた金めっき浴(本浴)の組成を表1に示す。なお、この浴は、既存のシアン浴の設備で使用可能である。本浴によりめっきした製品の写真を図2に示す。外観はシアン浴のものと同様であった。

表1. 金めっき浴(基本浴)

亜硫酸金(共栄メタル製:金として)	5.0g/L
電導塩	60.0g/L
pH安定剤	20.0g/L
金属安定剤	10.0g/L
光沢剤	0.5~1.0g/L
pH	7.8~8.2
電流密度	0.3A/dm <sup>2</sup>
浴温度	30~60°C

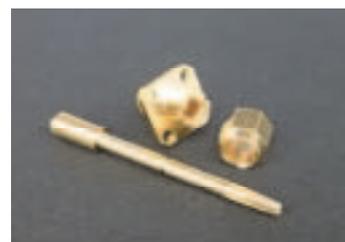


図2. 機能部品への金めっき

### ■研究の新規性・優位性

- ・開発した亜硫酸金めっき浴は安定性に優れ、かつシアンを使用しない浴であるため、安全性にも優れている。
- ・回路基板のレジストへの影響が少ないため電子部品関連での応用が期待できる。

### ■産業への展開・提案

- ①シアン浴を使用しているめっき業者
- ②基板や端子へのめっきを行っているメーカー

### ■研究に関連した知財

- ・特願 2014-031747

### 参考文献

- [1] 逸見英一, 電気化学および工業物理化学, 34(7), 34(9), 34(10) (1966)
- [2] 岩井良太, 千田一敬, THE CHEMICAL TIMES, No.2, p.14 (2009)
- [3] 古藤田哲哉, 貴金属めっき, p.30 (1992)
- [4] 青谷薫, 合金めっき, pp.4-5 (1999)

\*1) 繊維・化学グループ、\*2) 共栄メタル株式会社、\*3) 広報室、\*4) 表面技術グループ  
H24.4~H25.3【共同研究】環境低負荷型のめっき皮膜の開発

## 微生物製剤の木材青変菌用防カビ剤への適用

○飯田 孝彦<sup>\*1)</sup>、小沼 ルミ<sup>\*1)</sup>、濱野 智子<sup>\*1)</sup>、瓦田 研介<sup>\*2)</sup> <sup>\*3)</sup>

## ■キーワード 微生物防除剤、木材、カビ、青変菌

1. 木材のカビ変色汚染に対し、環境負荷の低い微生物製剤による防除法を検討
2. 微生物製剤処理木材の青変菌及び JIS 指定カビ抑制効果の検討
3. 森林及び木材加工工場などにおける伐採材のカビ汚染対策に活用

## ■研究の目的

森林や木材加工工場では、カビ汚染により木材の変色被害が生じ、製品の品質や歩留まりの低下が問題となっている。防カビ対策として、化学合成農薬による防除が行われているが、環境や人体に対する安全性が懸念されている。そこで、天然系抗菌成分として安全性が既知である生物農薬 *Bacillus subtilis* について、木材を変色させるカビに対する木材用防カビ剤としての利用の可能性を検討した。

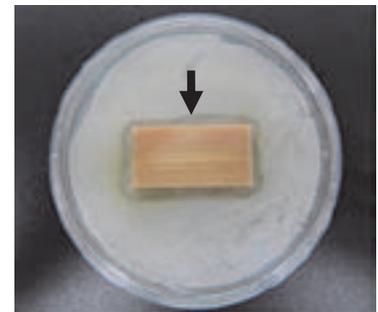
## ■研究内容

## (1) 実験方法

生物農薬 *B.subtilis* 菌液中にスギ辺材試験片 (5 × 20 × 40[mm]) を1分間浸漬後風乾したものを防カビ性能試験に用いた。防カビ性能は、青変菌4種類に加えて、JIS Z 2911 かび抵抗性試験 (一般工業製品) 指定カビ4種類の単独孢子懸濁液を用いて行った。単独孢子懸濁液を試験片に接種、26°C、95% RH 以上で2週間培養し、防カビ性能を JIS Z 2911 の判定基準に準じて判定した。



図1. 青変菌による変色 (スギ材)

図2. *Bacillus subtilis* による阻止帯の形成表1. *B.subtilis* 菌体溶液処理試験片の青変菌に対する防カビ性能

試験片	菌体濃度 (cfu/ml)	青変菌に対する防カビ性能			
		<i>Ophiostoma piceae</i>	<i>Leptographium truncatum</i>	<i>Leptographium pini-densiflorae</i>	<i>Leptographium wingfieldii</i>
無処理	—	2	2	2	2
<i>B.subtilis</i> 処理	$2 \times 10^9$	0	0	0	0

## (2) 結果及び考察

*B.subtilis* 菌体溶液で浸漬処理した試験片の青変菌4種類に対する防カビ性能試験の結果を表1に示す。*B.subtilis* 菌体溶液で処理した試験片は無処理試験片に比べて、代表的な青変菌に対して明らか

な防カビ性能を有していた。また、*B.subtilis* 菌体溶液で浸漬処理した試験片は、無処理試験片に比べて JIS 指定カビ4種類に対しても明らか防カビ性能を有していた。ただし、完全にカビの発生が抑制されたカビと一部発生が見られたカビがあり、*B.Subtilis* 菌体液処理試験片の JIS 指定カビに対する防カビ性能の強さは、カビの種類により異なることも分かった。さらに、*B.subtilis* 菌体溶液で浸漬処理した試験片の周囲には、図2に示すように青変菌に対する阻止帯の形成が認められた。このことは試験片に着生している *B.subtilis* 菌体が青変菌との拮抗関係で忌避性の二次代謝物を生成したことによると考えられた。

カビ抵抗性判定基準 (JIS Z 2911)

木材試験片表面のカビ発育面積比率

0: 試験片表面にカビの発育が見られない。

1: 試験片表面のカビ発育面積が 1/3 未満

2: 試験片表面のカビ発育面積が 1/3 以上

## ■研究の新規性・優位性

微生物製剤は、重金属などの有害物質を含まないため、環境及び人体に対して負荷の少ない木材用防カビ剤として使用が可能。また、重金属を含まないことから、防カビ処理木材のリサイクルや廃棄が容易である。

## ■産業への展開・提案

森林及び木材加工工場における伐採材などの変色汚染を引き起こすカビや青変菌の防除技術への利用を展開が期待できる。

## 参考文献

[1] 谷内博規, 岩手県林業技術センター研究報告, Vol.15, pp.21-25 (2007)

\*1) 環境技術グループ、\*2) ロボット事業推進部、\*3) 経営企画室

H24.4 ~ H25.3【基盤研究】微生物製剤を用いた木材青変菌防除技術の開発

**6月26日(金)**

**研修室244**

**少子高齢・福祉 / 震災復興支援技術**

## 原発事故からの農業と林業分野での復興支援 —汚染水処理への取り組み—

横田 かほり<sup>\*1)</sup>、新井 志緒<sup>\*1)</sup>、中村 立子<sup>\*1)</sup>、○吉田 博久<sup>\*1)</sup>

■キーワード 放射性セシウム吸着フィルター、固定化、水処理、環境モニタリング

1. 水溶性放射性セシウムは、生体系への影響が大きい
2. 水溶性放射性セシウムは、木質廃棄物の処理に伴い発生する（福島第一原発内では常時発生）
3. 水溶性放射性セシウム吸着フィルターによる汚染水処理と環境モニタリング

### ■はじめに

2011年3月11日の東日本大震災による東京電力福島第一原子力発電所事故の放射性物質が引き起こした環境汚染は、東日本一帯に広がっている。我々は2011年4月から福島に入り、環境汚染の実態を調査してきた。原発事故は福島県の二大産業である農業と林業に深刻な影響を与え、復興の大きな妨げになっている。放射性セシウムの環境中での分布と化学的形態の調査に基づく対策を市立公園の除染、水田の汚染防止、木質廃棄物の安全な処理実証試験、果樹・原木栽培キノコ再建実証試験で行ってきた。これらの取り組みの中で基盤技術となるのが、新たに開発した放射性セシウム吸着フィルターである。

### ■支援事例

#### (1) 木質廃棄物の安全な処理

放射性廃棄物となる汚染樹皮や枝葉などを焼却処理するには、焼却ガスに含まれる放射性物質（主に放射性セシウム）を環境中に放出しない技術と、放射性物質が高濃度に濃縮された焼却灰の安全な取り扱いと保管が重要な課題となる。実験室ならびに福島県林業研究センターで行った試験で、500℃以上の焼却で廃棄物中の放射性セシウムの約30%が排煙に含まれること及び、排煙を水で洗浄することでそのほとんどを吸収できることが明らかになった。

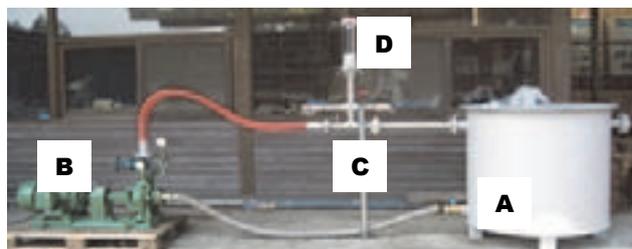


図1. 木質廃棄物の焼却ガス処理システム

木質系廃棄物の焼却灰は主成分が酸化カルシウムで数種類の元素を固溶化している。焼却灰に含まれる放射性セシウムの約40%は水溶性で、飛灰による散乱や保管中の流出防止の対応が不可欠である。発生した焼却灰を吸引し真空パックする自動化装置を開発し、両者を組み合わせて実証試験を行った。汚染廃棄物中の放射性セシウムの約95%を回収することができた。

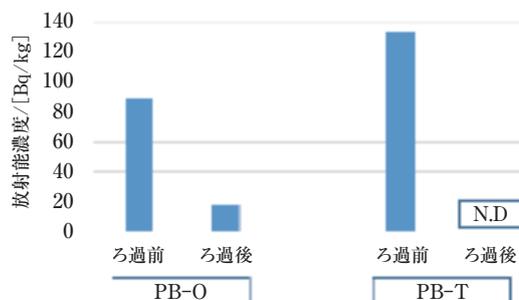


図2. 放射性セシウム吸着特性

#### (2) 放射性セシウム汚染水処理フィルター

焼却灰から得た放射性セシウム水溶液（汚染水）を、研究室で開発したプルシアンブルー（PB）型フィルター（疎水性表面フィルター：PB-O、親水性表面フィルター：PB-T）で吸着処理実験を行った。直径：35 mm、厚さ：30 mm、質量：10 gのフィルターを使用してろ過速度 0.5 L/minで処理し、90～130 Bq/Lの汚染水を1回のろ過で検出限界（0.2 Bq/L）以下にすることができた。減少した放射性セシウムは全てフィルターに吸着していた。セシウムを吸着したPBがフィルターから離脱しないことも確認できた。本フィルターの効率的な吸着特性は、担体表面に50～200 nmの微細な結晶サイズのPBが高分散していることによる。

油分を含む木質廃棄物の焼却ガスを洗浄した汚染水をPB-OとPB-Tを共存させたフィルターで処理し、油性、水性成分に含まれる放射性セシウムを同時に処理することが可能であった。

### ■今後の展開

放射性セシウム吸着フィルターPB-OとPB-Tは、低濃度の水溶性放射性セシウムを高選択・高感度で吸着する。この特性を利用して、環境中の水溶性放射性セシウムのモニタリングを福島県内の農業用ため池と森林で行っている。モニタリングと同時にため池の水溶性放射性セシウムの除去を実施する予定である。さらに河川、海での水溶性放射性セシウムのモニタリングを計画している。

\*1) 首都大学東京

## 高齢者の自立した日常生活を支援する、立ち上がり・歩行システムの開発

○新田 収<sup>\*1)</sup>

### ■キーワード 高齢者、起立動作、歩行、リハビリテーション

1. 機能低下した高齢者の起立動作の特徴を解説する
2. **リハビリテーションの視点**から考えた起立・歩行支援の方法について解説する
3. 開発した**起立・歩行支援システム**について解説する

### ■目的

高齢者が健康に自立して暮らし続けることのできる社会の創造は緊急課題となっている。機能が低下した高齢者の移動を支援する装置はさまざま開発されている。しかし、高齢者本人の機能を維持向上させながら、生活の自立が期待できる装置は見当たらない。我々は、運動機能低下のために日常的に介助を必要とする高齢者を対象とし、起立・歩行をシームレスにアシストする装置の開発を行ったので紹介する。

### ■開発内容

#### 1. 高齢者における起立動作の特徴

機能低下した高齢者では、その動作の特徴として重心移動の円滑さが失われることが知られている。起立動作時介助を必要とする場合も多い。この現象は、動作時に必要な加速が得られずに、体重心が後方に残ってしまうためであるとされている。

#### 2. 起立支援の方法

起立動作は体重心を前方へ移動させ、その後上方へ移動させる二つの相に分解される。起立動作は本来重心を上方へ移動させることが主な仕事と考えられるが、動作中の運動負荷、つまり必要な関節トルクとしては、前方移動の要素が重要である。高齢者の体重心を前方へ牽引することで起立を促す方法は、健常者の起立軌跡を再現し、高齢者自身の筋力を最大限利用した起立介助方法と言える。高齢者自身の機能を引き出すことで、起立・歩行動作を行うことは介助方法の基本である。

#### 3. 開発した起立・歩行支援システム

起立時に使用者の動作に同期し、起立を支援する手すり装置の開発を行った。具体的には、握った手すりが対象者の動作に合わせて前方へ、そして上方へ動く機構を持つ設計とした。手すりの動きはアクチュエータで行い、手すりの運動軌跡は人の起立動作を分析し、前・上方への運動を再現するため、パーソナルコンピューター制御とした。モータは直線で最速約 450mm/sec で動作可能とし、この時の最高出力は 490N とした。直行する 2 本のアクチュエータ交点に手すりを取り付けた。

さらに、起立・歩行を支援するシステムとして、インテリジェントシルバーカーの開発を行った。起立支援に関して、特に体重心の前方向移動を誘導することが重要であることから、高齢者の起立動作に同期して、前方へ重心を牽引する装置の設計を行った。試作装置の駆動部分は、電動車いす駆動部を応用した。高齢者は、装置後方に位置し、背もたれ後方に高齢者の姿勢を判断させるためのレーザーレンジファインダーを設置した。



図 1. パーキンソン患者に対する起立介助方法  
介助者が患者の体重心を前方へ牽引することで起立を促す

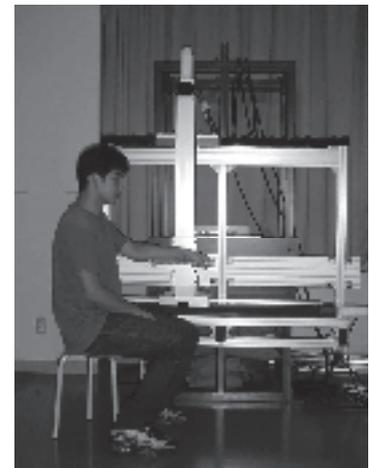


図 2. 起立支援装置  
2本のアクチュエータの交点に手すりが設置されている

### ■今後の展開

開発を進め、商品化をめざし連携企業を募集している。

#### 参考文献

- [1] Osamu Nitta, Yasunari Fujimoto, John Surya, Yoshiyuki Tkahashi, BIOSIGNALS2012 Proceedings of the International Conference on Bio-inspired Systems and Signal, pp.189-192 (2012)

\*1) 首都大学東京大学院

## 電力変動からの操作機器推定アルゴリズム

○武田 有志<sup>\*1)</sup>、後濱 龍太<sup>\*2)</sup>、岡野 宏<sup>\*3)</sup>

### ■キーワード 電力変動、機器操作、安否確認、スマートメータ

1. 家庭に設置されている分電盤での電力変動から、個々の機器操作を推定
2. 変動前後の電力波形を抽出し、増減した実効電力と高調波成分の類似度で機器を分類
3. スマートメータの活用方法として高齢者の安否確認等の住環境モニタリングへの展開が期待

### ■研究の目的

総務省統計局の調査では、65歳以上の人口が2025年には48.0%になると予想されている。こうした中、電力監視に基づく安否確認システムがあるが、多くは総電力使用量の増減で判断されるため、本来必要とされる食生活（調理機器）の変化や、転倒時の即時性が必要な対応等、健康面への配慮が不足している。本研究では電力監視による健康管理への拡張に向け、個別機器への操作推定方法を開発する。

### ■研究内容

#### (1) システム構成

図1は電力解析を行うためのシステム構成を示す。分電盤には電流プローブ（以下、CTという）が取り付けられ、現在の電流量は端子台及びA/D変換器を通じて小型端末へと渡される。また、小型端末には、(a)電流量の実効値と50Hz奇数次高調波を20msec間隔で連続記録する機能、(b)電流量の立ち上りを検知し、類似度を求めて機器に分類する機能が備わる。CTは分電盤のみで各機器への取り付けは不要である。そのため、本システムは既存のシステムのソフトウェア拡張で実現できる。

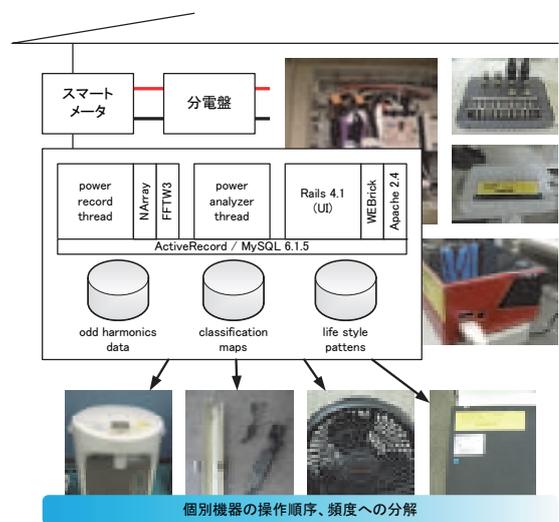


図1. システム構成

#### (2) 抽出・類似度計算

抽出は電力変動、すなわち、電流が急激に変化した前後の信号系列で行われる。エッジ検出には直前の突発的なノイズによる誤認識を避けるため、今回はラグランジュ補間を用い直近2点による補外との差で行った。一方、類似度は抽出された信号系列における実効値と奇数次の差の積によって求められる。これは単一機器において、一次高調波と奇数次高調波が相関性を有することを利用している。

#### (3) 性能評価

図2は実際に取得した12機種種の単一電流波形を基に任意の時刻で合成し、その際の機器の検出率と類似度で分類した機器の正解率を表す。同時に生じる機器が多いほど、検出率・正解率は下がるが、3分に1回の頻度でONされる機器が10台程度であれば、特定精度（＝機器検出率×分類正解率）80%以上となることが分かった。

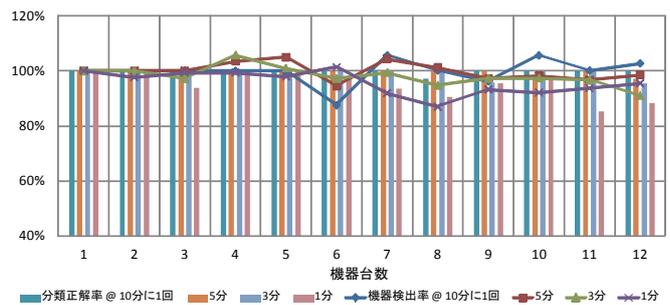


図2. 検出・分類性能の評価

### ■研究の新規性・優位性

- ・開発したシステムは、分電盤における電力変動から機器個別の操作状況を把握
- ・設置前の機器個別の学習操作は不要であり、設置コストを抑制
- ・今後、健康管理のためのウェアラブルセンサと協調させることで、センサの抱えるバッテリー問題や導入コスト削減に貢献

### ■産業への展開・提案

- ①電力監視に基づく安否確認・見守りシステムから、健康管理システムへの発展
- ②個別機器の電力使用量の見える化に基づいたさらなる省エネ化
- ③スマートメータの新しいサービスとしての提案

\*1) ロボット開発セクター、\*2) 生活技術開発セクター、\*3) 城東支所  
H25.4～H26.3【基盤研究】電力測定に基づく高齢者安否確認のための住環境モニタリング技術の開発

# 木材 - ボルト接合における締付け時の座金めり込み降伏荷重の算定

○松原 独歩<sup>\*1)</sup>、中野 貴啓<sup>\*2)</sup>、島田 勝廣<sup>\*3)</sup>

## ■キーワード 木材、ボルト接合、締付け、座金めり込み

1. 締付け時の座金のめり込み挙動
2. 座金寸法の最適設計
3. 座金のめり込み降伏荷重

## ■研究の目的

木材のボルト接合において、ボルトを締付けたときの座金の曲げ変形及び木材への過剰なめり込みは、接合部の品質低下及び性能低下を招く恐れがある。これを防ぐには、座金のめり込み挙動を把握し、めり込み降伏荷重を算定しておく必要がある。

そこで本報では、座金のめり込み実験を行い、座金のめり込み降伏荷重の計算法について検証する。

## ■研究内容

### (1) 実験方法

実際のボルト接合を想定し、木材はスギを用いて図1のように木材上に座金とナットを置き、ナットに荷重をかけた。座金は40mm、60mm、80mmの角座金で、厚さを2.3mm、4.5mm、6.0mmとし、それぞれの条件につき6体の合計54体の座金めり込み実験を行った。

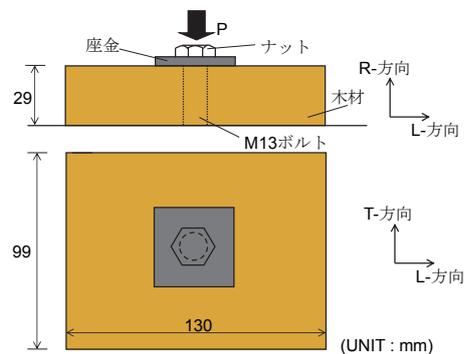


図1. 座金のめり込み実験方法

### (2) 結果と考察

図2に実験より得られた座金厚と降伏荷重の関係を座金幅ごとに示す。80mm角座金では、座金厚を大きくするに従い明確に上昇傾向を示した。一方、40mm、60mm角座金では、座金厚4.5mmよりほぼ同じ値をとることが分かった。すなわち、40mm、60mm角座金では、4.5mm厚が降伏荷重を上昇させる最低厚であると考えられた。

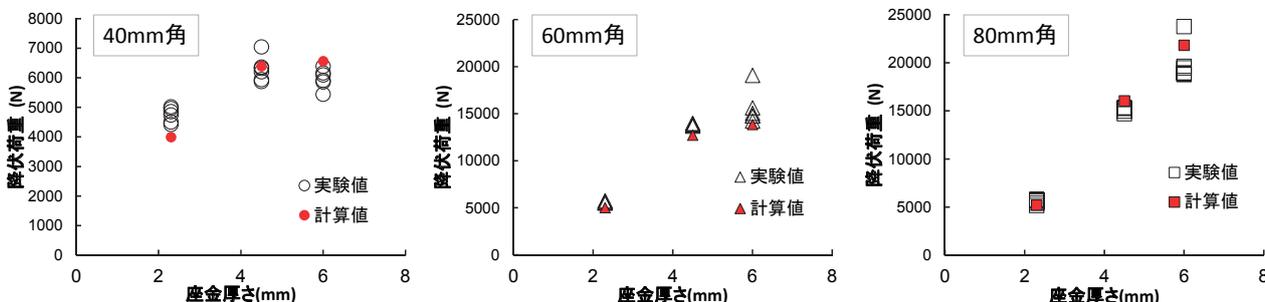


図2. 実験結果と計算結果

実験で確認されためり込み挙動から、図3のように座金を弾性床上の梁とみなして、力学モデルを作成した。力学モデルより導かれる計算式による計算結果と実験結果の比較を併せて図2に示した。計算結果は、実験結果の傾向をよく捉えており、計算手法の妥当性が確認された。よって、この計算手法を用いることで、座金を含めた各パラメータの設計が可能と考えられる。

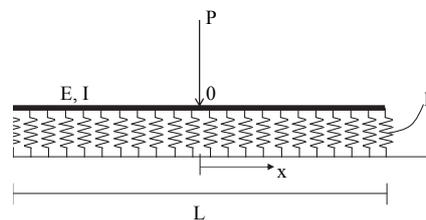


図3. 力学モデル

## ■研究の新規性・優位性

これまで座金のめり込み挙動について、有限要素法による解析的研究が行われているが<sup>[1]</sup>、本報の算定手法は有限要素法に頼らないで座金のめり込み降伏荷重を推定することが可能である

## ■産業への展開・提案

- ①木材のボルト接合における座金設計法
- ②座金めり込み降伏荷重を指標とした部材同士の摩擦抵抗力制御
- ③高強度木材接合法の開発

## 参考文献

[1] 辻野哲司, 平井卓郎, 竹内則雄, 曲げ解析岩手大学教育学部研究年報, Vol.65, pp.121-128 (2006)

\*1) 城東支所、\*2) 城南支所、\*3) 交流連携室

## 間仕切壁の遮音性能向上手法

○渡辺 茂幸<sup>\*1)</sup>、宮入 徹<sup>\*1)</sup>、西沢 啓子<sup>\*1)</sup>、服部 遊<sup>\*1)</sup>、神田 浩一<sup>\*1)</sup>

### ■キーワード 間仕切壁、遮音性能、音響透過損失

1. 壁厚、壁内部の吸音材の仕様を変更することで、約 3dB の遮音性能向上が期待できる
2. 間柱を独立させて設置することで低域共鳴透過及びコインシデンス効果による遮音性能低下を緩和することが大いに期待できる

### ■研究の目的

プレハブ住宅や仮設住宅などの簡易型住宅は、品質のばらつきが少なく工期が短いことが利点であるが、隣戸及び室外からの騒音に対する対策が不十分な場合が多い。しかし、実際の簡易型住宅の遮音性能に関する調査研究は十分に蓄積されておらず、また改善方法も明確になっているとは言い難い。本研究では、隣戸間を仕切る間仕切壁の遮音性能向上手法について検討した。

### ■研究内容

#### (1) 実験概要

JIS A 1416 に準拠したタイプⅡ試験室にて音響透過損失の測定・比較し、性能向上手法の効果を検証した。今回の検討に用いた間仕切壁の仕様を表 1 に示す。厚さ 45mm の下地(共通間柱)の両面に石膏ボード 12.5mm と 9.5mm を貼り、内部にグラスウール(以下、GWという)を充填した壁を基準壁とした。検討用の壁は、基準壁の両面に石膏ボードを増し貼りした壁(Type1)、下地厚を厚くして内部の GW の密度及び厚さを変更した壁(Type2)、下地厚を厚くして間柱を独立させた壁(Type3)とした。

#### (2) 実験結果と考察

250Hz から 1000Hz 帯域では、どのタイプも約 3dB の遮音性能向上が見られ、性能向上の程度はほぼ等しい。しかし、125Hz、2000Hz、4000Hz 帯域では Type1 及び Type2 で約 2dB 程度の性能向上であるのに対して、Type3 では約 10dB の向上となった。これは、共通間柱を伝わる壁面の振動が独立間柱にすることで振動伝搬経路が減少し、低域共鳴透過及びコインシデンス効果の影響が緩和されたためと考えられる。

表 1. 各間仕切壁の仕様

間仕切壁	下地	表面材	GW
基準壁	45mm 共通間柱	石膏ボード 12.5mm+9.5mm	密度：10kg/m <sup>3</sup> 厚さ：50mm
Type1	45mm 共通間柱	石膏ボード 12.5mm+9.5mm+12.5mm	密度：10kg/m <sup>3</sup> 厚さ：50mm
Type2	105mm 共通間柱	石膏ボード 12.5mm+9.5mm	密度：32kg/m <sup>3</sup> 厚さ：100mm
Type3	105mm 独立間柱	石膏ボード 12.5mm+9.5mm	密度：10kg/m <sup>3</sup> 厚さ：50mm



図 1. 音響透過損失測定（試験室内部）

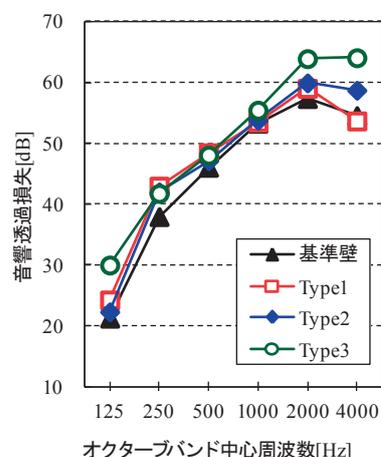


図 2. 各間仕切壁の遮音性能

### ■研究の新規性・優位性

簡易型住宅の遮音性能については実態的な調査研究の蓄積が少なく、性能向上に関する改善手法が明確とは言い難い。また実際の施工時の経済性・施工性を考慮した場合でも、本研究は音環境改善への寄与が期待できる。

### ■産業への展開・提案

- ① 応急仮設住宅の音環境改善
  - ・ 地方自治体への情報提供、壁仕様の提案
  - ・ プレハブ建築協会への情報提供
- ② パーティションなどの建築部材への応用
- ③ 一般住宅への界壁、外壁などへの応用

### 参考文献

- [1] 渡辺茂幸, 音響技術, No.165(Vol.43 no1), pp.33-38 (2014)
- [2] 日本建築学会, 建築物の遮音性能基準と設計指針(第二版)(2010)

\*1) 光音技術グループ

## 震災で発生した廃木材の塩素濃度簡易自動測定装置の開発

○安藤 恵理<sup>\*1)</sup>、杉森 博和<sup>\*2)</sup>、荒川 豊<sup>\*3)</sup>、田熊 保彦<sup>\*1)</sup>、瓦田 研介<sup>\*4)\*5)</sup>、大石 正行<sup>\*6)</sup>

■キーワード 塩素濃度測定、廃木材、自動測定装置

1. 新規の塩素濃度測定法である電気分解-DPD 吸光光度法を開発
2. 廃木材中の塩素濃度測定に適した全自動測定装置を開発
3. 木材チップを原料とするバイオマス発電用燃料などのスクリーニング分析への活用

### ■研究の目的

東日本大震災により生じた大量の廃木材の焼却処分やリサイクルでは、燃焼炉などの腐食原因となる海水由来の塩素濃度を把握する必要があり、作業現場では多数のサンプルを自動測定できる装置が求められていた。そこで、本研究ではチップ化された廃木材中の塩素濃度測定に特化し、木材チップの粉碎、木粉からの塩素抽出、塩素濃度測定を自動化した塩素濃度簡易自動測定装置の開発を目的とした。

### ■研究内容

#### (1) 塩素濃度測定法の開発

イオン電極法等の既存法を含めた塩素濃度測定法について、開発装置への適用性を検討したところ、測定感度が不十分、試薬が高価等の問題があった。そこで、電気分解-DPD 吸光光度法を開発した。本法は、木粉抽出液に含まれる塩素（塩化物イオン）を電気分解により、定量的に次亜塩素酸イオンに変換し、発色試薬（ジエチル-p-フェニレンジアンモニウム、DPD）と反応させ、その吸光度から塩素濃度を算出する方法である。本法を用い、所定濃度の塩素を含む塩化ナトリウム水溶液を測定したところ、塩素濃度 0～30 mg/L の範囲で良好な直線性が得られた（図 1）。

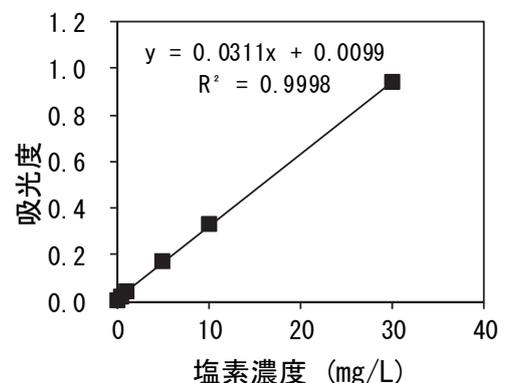


図 1. 電気分解-DPD 吸光光度法により作成した検量線

#### (2) 装置の自動化

木材チップの粉碎、木粉からの塩素抽出、塩素濃度測定を自動化した装置の設計・開発を行った。図 2 に開発装置の外観、表 1 にその仕様を示す。本開発装置では、粉碎機で粉碎した木粉を、活性炭を加えた純水（抽出液）が入ったバイアル容器に加え、蓋をした状態で装置に投入する。投入後は自動で振とう抽出、抽出液と木粉の分離、抽出液に含まれる塩素の電気分解-DPD 吸光光度法による測定が行われ、結果がモニターに表示される。



図 2. 開発装置の外観

図 1. 開発装置の仕様

項目	内容
所要時間	10 検体で 100 分
投入検体数	10 検体
塩素濃度計測方法	電気分解-DPD 吸光光度法
測定下限値	0.03%（木粉に含まれる塩素の重量%として）
電源	AC100V 8A
寸法	W140 × D85 × H140 [cm]
重量	約 160 kg

本装置は、専門知識や特別な技術が不要で、誰でも容易に自動測定が可能である。

### ■研究の新規性・優位性

- ・既存の塩素濃度測定法よりも、測定感度やコストに優れた手法を新規開発
- ・専任オペレーターが不要で、誰でも容易に動測定が可能

### ■産業への展開・提案

- ・木材チップを原料とするバイオマス発電用燃料や混練型 WPC（木材・プラスチック成形複合材）などの製造現場での原料の品質管理に活用

### ■研究に関連した知財

- ・特開 2014-199256

### 謝辞

本研究は、経済産業省「平成 23 年度震災復興技術イノベーション創出実証研究事業」にて実施された。

\*1) 環境技術グループ、\*2) 繊維・化学グループ、\*3) 総合支援課、\*4) ロボット事業推進部、\*5) 経営企画室、\*6) 大起理化学工業株式会社

H23.3～H25.3【外部資金研究】震災で発生した廃木材・土壌等に含まれる塩分の簡易自動測定器の開発  
H25.4～H26.3【共同研究】廃木材の簡易型塩分自動分析装置の改良

## 横編機を用いた無縫製かつらベースの開発

○唐木 由佑<sup>\*1)</sup>、菅谷 紘子<sup>\*2)</sup>、岩崎 謙次<sup>\*2)</sup>、横溝 侑大<sup>\*3)</sup>、亀井 省吾<sup>\*3)</sup>、長谷川 久美<sup>\*3)</sup>、片野 希保<sup>\*3)</sup>

### ■キーワード 横編、無縫製ニット、かつらベース、快適性

1. 立体形状を有する**無縫製**かつらベース<sup>\*</sup>を開発した(<sup>\*</sup>植毛をする際の土台となるネット状の基布のこと)
2. 開発品は伸縮性とフィット感に優れていた
3. 植毛は従来の方法を適用できた

### ■研究の目的

- ・既製品かつら製品へ無縫製ニット技術の展開を図る。
- ・既製品かつらベースのフィット感を向上させる。
- ・裁断・縫製工程を省略し、製造コストの削減と、工程の短縮を図る。

### ■研究内容

#### (1) 無縫製かつらベースの開発

従来の既製品かつらベース(図1)の製造は、たて編生地を裁断、縫製している場合が多い。たて編は生地に伸縮性が少なく、フィット感を高めるため、複雑な処理が必要である。また、縫製部分でごろつき感、チクチク感が生じ、装着時のストレス低減が求められている。これを解決するため、本研究では伸縮性に優れ、無縫製編成が可能なるよこ編(横編)に着目し、新たな既製品かつらベースを開発した。

##### ・ベースの形状

当初は円錐型を想定したが、試作検討を繰り返し、より頭部形状にフィットしやすい、かまぼこ型形状を選定した(図2)

##### ・材料

PET系を採用し、種々の試作を行った(表1)。開発品Aは、編成しやすいマルチフィラメント糸を用いた結果、編成時不良は比較的発生しにくい、厚さと張り感に課題があった。次に、開発品Bではモノフィラメント糸を用いたところ、厚さ、張り感ともに良好であったが、編成しにくく不良が生じた。そこで、開発品Cにおいて、モノフィラメント糸と弾性糸(PAG/PU)をプレーティング編成したところ、良好な結果であった

##### ・植毛

植毛時の課題として、かつらベースが植毛針に引っ張られ、糸の飛び出し、糸切れが発生し、作業性が低下した。これを解決するため、かつらベースをPVA水溶液で一時的に固化したところ、糸の飛び出し、糸切れを防止でき、従来品と同じ方法で植毛が可能になった

#### (2) 性能評価

40代女性の平均寸法ダミーへかつらベースを装着し、三次元スキャナー(浜松ホトニクス(株)製)を用いて、フィット感を比較した(図3)。その結果、開発品は頭部へのフィット感が向上していることが分かった。また、植毛後の開発品の着用感について、官能検査試験を行ったところ、生地の風合い、伸縮性について、開発品は良好な評価を得た。

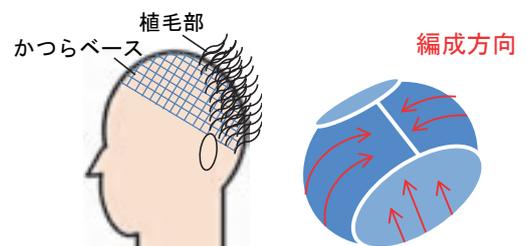


図1. かつらベース

図2. かまぼこ型

表1. 試作結果(かまぼこ型)

	従来品	開発品		
		A	B	C
糸形状(PET系)	マルチフィラメント	マルチフィラメント	モノフィラメント	モノフィラメント+弾性糸
厚さ[mm]	0.21	0.79	0.48	0.36
張り感	○	×	○	○
編成時不良	○	△	×	○

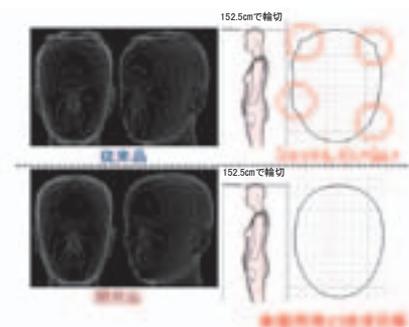


図3. 三次元スキャンによるフィット感評価

### ■研究の新規性・優位性

無縫製で伸縮性のある既製品かつらベースは前例がなく、新規性がある。さらに研究を進めることで、フルオーダーメイド製品へ応用が期待できる。

### ■産業への展開・提案

- ①無縫製ニット技術の高付加価値製品への展開
- ②ニット製立体成型品開発方法の提案

### ■研究に関連した知財

・特願 2015-006392

\*1) 繊維・化学グループ、\*2) 生活技術開発セクター、\*3) 株式会社アートネイチャー

H25.4～H27.3【共同研究】横編機による無縫製かつらベースの開発

## 歩行型腰部柔らかダミーを用いた衣服圧測定方法の確立

○菅谷 紘子<sup>\*1)</sup>、岩崎 謙次<sup>\*1)</sup>

■キーワード 衣服圧、歩行型腰部柔らかダミー、静止時、前後開脚静止時、動作時

1. 柔らかダミーを用いることで、これまで測定不可であった動作時衣服圧が測定可能となった
2. 直立姿勢と前後開脚姿勢では、鼠蹊部にかかる衣服圧の差が大きい
3. 動作時の衣服圧は、平均衣服圧と振幅などにより表現できる

### ■研究の目的

サポート製品は衣服圧で評価されることが多く、一般的にはダミー等を用いた静止時の測定が行われているが、その評価方法が確立しているとは言い難い。また、実用を想定した場合、動作による影響を無視できないが、現状では動作を含めた評価装置は存在しない。そこで本研究では、都産技研で開発した歩行型腰部柔らかダミーを用いた衣服圧測定方法の確立を目的とした。

### ■研究内容

#### (1) 方法

試料として、市販のロングガードル2種類を用いた。衣服圧測定はエアバック方式(株式会社エイエムアイ・テクノ製)により、腰部及び脚部の11ヶ所を測定した。試料装着用ダミーには、従来より用いている硬質ダミー(株式会社七彩製)と、都産技研で開発した歩行型腰部柔らかダミー(以下、柔らかダミーという)<sup>[2]</sup>を用いた。静的な測定では、直立姿勢及び前後開脚静止時における検討を、動的な測定では、歩幅、速度を変化させ検討を行った。



図1. 歩行型腰部柔らかダミー

#### (2) 結果

- ① 直立姿勢において硬質ダミーと柔らかダミーでは、部位により測定値のレベルは異なるが、試料間の測定値の傾向は近似していた。
- ② 前後開脚静止時は、直立姿勢と比較して鼠蹊部や臀溝部などの部位において、測定値に差がみられた。
- ③ 動作時は、歩幅が大きくなるにつれ、衣服圧の振幅が大きくなり、速度が速くなるにつれ、変動が小さくなった。

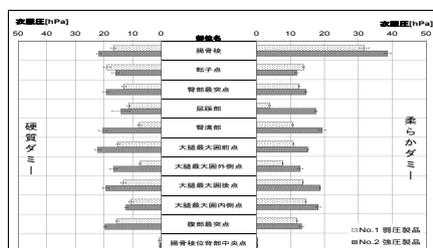


図2. 硬質ダミー及び柔らかダミーによる位静止状態の衣服圧測定結果



図3. 柔らかダミーの前後開脚静止の様子(左:左脚前、右:左脚後)

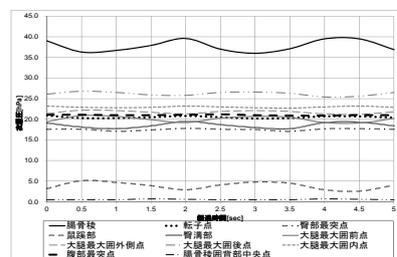


図4. 歩行時の時間に伴う衣服圧変化の一例

### ■研究の新規性・優位性

動作時のサポート製品の衣服圧測定は、これまでそのほとんどが被験者によるもので、測定の再現性などに課題があった。企業の製品開発の現場では、実用状態を想定した評価装置が必要とされてきた。本研究で検討した、歩行型腰部柔らかダミーを用いる方法を取り入れることでこれまで評価できなかった、より実用状態に近い製品評価が可能となる。

### ■産業への展開・提案

- ① 動作時衣服圧測定が可能な評価手法の提案
- ② 測定時間の短縮、測定の再現性の向上
- ③ 被験者実験にかかるコストの削減

### ■研究に関連した知財

・特開 2013-032601号

### 謝辞

本研究に対して助成を賜りました、公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団へ厚く御礼申し上げます。

### 引用文献

[1] 菅谷紘子、岩崎謙次、デサントスポーツ科学、Vol.36 (2015)

### 参考文献

[2] 菅谷紘子、岩崎謙次、研究報告、Vol.7, pp.58-65 (2012)

\*1) 生活技術開発セクター

## 情報技術に基づく災害発生時対応支援用具の開発

○加藤 貴司<sup>\*1)</sup>、橋本 美芽<sup>\*2)</sup>、久保田 直行<sup>\*2)</sup>、武田 隆宏<sup>\*2)</sup>、菅谷 紘子<sup>\*1)</sup>、岩崎 謙次<sup>\*1)</sup>

■キーワード 防災、高齢者、二次元バーコード、すれちがい通信、スマートフォン

1. 二次元バーコード(情報)が付加されている衣料品や雑貨の開発
2. 二次元バーコードを用いて、暗号化された個人情報を読み取るためのシステムの開発
3. 災害時オフライン環境における、Bluetoothを利用した情報伝達システムの開発

### ■研究の目的

- ・地震などの都市災害が起きた場合、円滑な救助活動を行うため、高齢者や障がい者などから保護者や持病などの個人情報を正確に取得すること
- ・災害発生時は、基地局を経由する通信が麻痺している可能性があるため、オフライン環境での通信機能を開発すること

### ■研究内容

#### (1) 二次元バーコードの付加された衣類や雑貨の開発

情報を身につけておくことができれば平常時、災害時を問わず、常に情報を確認することが可能である。そこで、繊維製品の加工技術を応用し、二次元バーコード(以下、2Dbという)を付加した衣類や雑貨の試作(図1)を行った。60歳から85歳までの高齢者180名を対象に身につける物品のアンケートから試作する物品を抽出し、肌着、スカーフ、ハンカチ、靴の中敷などを試作した。



図1. 2Db 付加されている衣類や雑貨

#### (2) 二次元バーコード読み取りシステムの開発

個人情報を保護するために一般的なアプリケーションでは読み取りが不可能な形式で暗号化を行った。暗号化を解除する方法は、本人の顔を使った生体認証を用いた。また繊維製品は着用時に皺などが想定できるが、皺による2Dbの歪みも補正を行いながら読み取ることが可能なシステムになっている。

#### (3) 災害時を想定した情報伝達システムの開発

災害時には、基地局アンテナの故障や停電などの影響で、携帯電話の電波の使用が困難になる状況が想定される。そのような状況下にあっても、家族や知人の安否情報、避難所の受入状況などの情報を伝達可能なシステムが必要である。本システムでは、スマートフォン内蔵のBluetoothを使用し「すれ違い通信ネットワーク」を構築することで、災害時にも使用可能な情報伝達システムの開発を行った。

一般的なすれ違い通信では近距離の端末間で情報のやりとりを行うが、本システムでは指向性を持たせることで、他者から受け取った情報をさらに別の端末に転送することを繰り返し(図2)、遠距離の情報伝達を可能としている。



図2. 指向性を考慮したすれちがい通信

### ■研究の新規性・優位性

ICチップなどに情報を埋め込む技術と比べ、二次元バーコードを用いる技術は電源の供給も不要であり、衣類に用いる転写技術を応用することで洗濯などの耐水性も考慮することができる。災害時を想定した情報伝達のためのソフトウェアの研究開発も見られるが、災害時のオフラインを想定した情報伝達技術に本研究の新規性がある。

### ■産業への展開・提案

- ①災害時のシステムとして見守りサービス提供
- ②自治体の災害発生時における要援護者への情報支援システム
- ③有料老人ホーム・サービス付き高齢者向け住宅などの入居者情報管理への利用

### ■研究に関連した知財

・特願 2013-197298

### 謝辞

本研究は、東京都の「都市課題解決のための技術戦略プログラム」の支援により実施された。

### 参考文献

- [1] 中央防災会議, 防災情報の共有化に関する専門調査会(第10回会合), 資料-2, pp.1-13 (2003)
- [2] 独立行政法人防災科学技術研究所 他, 科学技術総合研究委託重要課題解決型研究等の推進 危機管理対応情報共有技術による減災対策, 平成18年度委託業務成果報告書, pp.159-246, 452-515 (2007)

\*1) 生活技術開発セクター、\*2) 首都大学東京

## 林業作業における先進工具の活用

○中村 健一<sup>\*1)</sup>、吉岡 さんご<sup>\*1)</sup>、小野 仁士<sup>\*1)</sup>

### ■キーワード 集材作業、先進工具、効率化、安全性

1. 先進工具の導入による作業の効率化
2. 先進工具の導入による作業の安全性向上
3. 作業地の地形に応じた先進工具の改良

### ■はじめに

林業は、森林から木材等の林産物を生産する産業であるとともに、その生産活動を通じ、森林の持つ多面的機能の発揮に貢献する産業である。我が国の林業は、木材価格の下落等により、植林から伐採までの長期にわたる費用に見合った収入を得ることが困難な状況になっている。このようなことから、林業の採算性の向上には、林業の中でも最も費用の要する集材費用を縮減することが特に重要である。そこで、集材作業(図1)の効率化を図るため、荷掛けロープを従来のスリングロープ(図2)ではなく、リモコンにより荷外しを自動的に行うことができる先進工具の一つである、ワイヤレスコントロール式ヨーカーワイヤーロープ(図3)を導入し、その効率性を評価する。また、森林の地形は一様ではなく、さまざまな形に富んでいる。先進工具について、作業地の地形に応じた改良を試みる。



図1. 集材作業

### ■取り組み内容

#### (1) 効率性の評価

荷外しの際、先進工具を使用することにより、リモコン操作で伐採した木からロープを解除できるため、従来のスリングロープよりも作業にかかる人員が1名削減されるとともに、作業時間が大幅に短縮されることが明らかになった(図4)。また、荷外しの際、人が携わらないため、伐採木との衝突などのリスクを回避でき、安全性の向上も図ることができた。

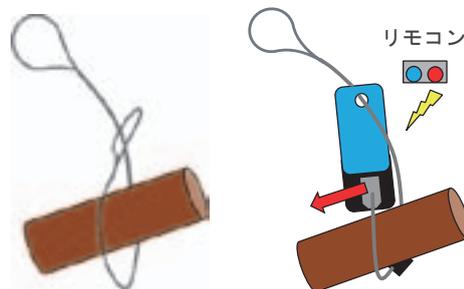


図2. スリングロープ

図3. 先進工具

#### (2) 先進工具の改良

伐採木の搬出中、地形により荷掛け位置が移動してしまい、先進工具から伐採木が外れる作業地では、使用する先端工具について、以下の改良を施した。

- ①先端部の改良：既存の先端部は、リモコン操作でスムーズに荷外しができるように、面取りが施されている。荷掛けした伐採木の落下を防ぐために、先端部を面取りしなかった。
- ②中間部のカシメの除去：既存の専用ロープには、ロープが切断した場合に工具の紛失を防ぐため、中間部にカシメが付属している。このカシメは、専用ロープと伐採木との間に隙間をつくる原因となるため除去した。
- ③専用ワイヤーの変更：伐採木と専用ロープの密着性を高めるため、柔軟性の高いロープに変更した。これらの改良の結果、伐採木が先進工具から外れることはなくなった。

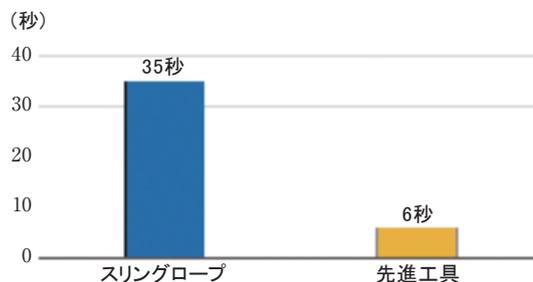


図4. 荷外し作業に要した時間

### ■まとめ

先進工具を導入することにより、集材作業の効率化ならびに安全性の向上を図ることができた。しかし、先進工具は高価なため、長期間使用して減価償却費も検討する必要がある。

\*1) 公益財団法人東京都農林水産振興財団 東京都農林総合研究センター

## 日本の独自規格のトレーラーハウスの開発

○土屋 真<sup>\*1)</sup>

### ■キーワード 災害支援、トレーラーハウス、移動式インフラ

1. 日本の都市スケールにあったトレーラーハウスの規格の開発
2. **トレーラーハウス供給システムの構築**
3. トレーラーハウス連結システムの開発

### ■研究の背景

東日本大震災の住居支援に関しては、既存の仮設住宅方式の他にさまざまな試みがなされた。これは被害があまりにも広範囲だったために、既存の仮設住宅供給方式では、すべてをカバーできなかったためである。具体的には、木造のログハウスを利用した仮設住宅や、仮設住宅団地に建設されたコミュニティー施設、トレーラーハウスを使った災害支援のソリューションが見られた。筆者は中でもトレーラーハウスを用いた災害支援の方法に注目し、研究を行ってきた。

これまでの筆者の取り組みとしては、二階建てに展開可能なトレーラーハウス（図1）のデザインを行った。規格としては、幅2.5m、長さ8m、高さ（二階折りたたみ時）3.8mで、運搬時には二階部分を折りたたみ、設置時には折りたたんだ二階部分を展開するものである。本トレーラーハウスの用途は、図2のようなことを想定している。本研究では、日本の都市スケールにあった、さらにコンパクトなトレーラーハウスのデザインを考える。



図1. トレーラーハウスのプロトタイプ

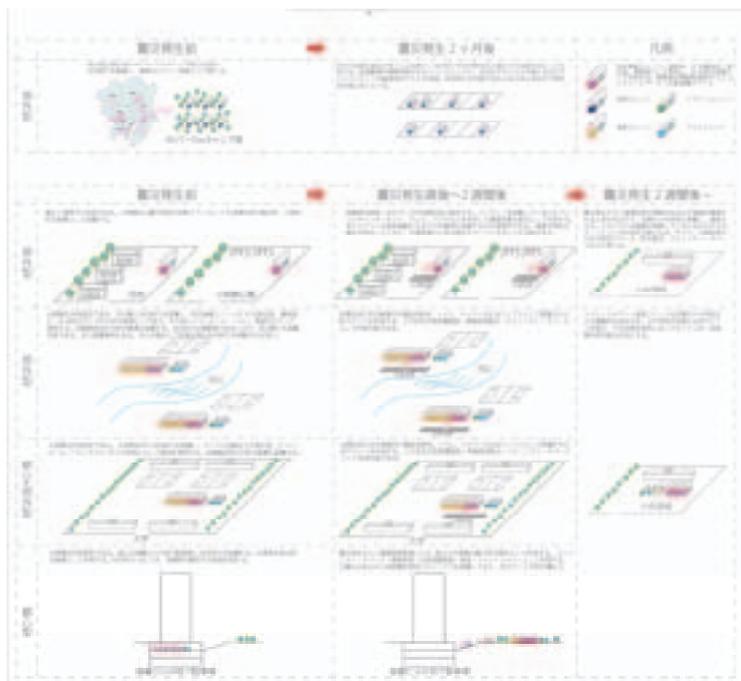


図2. トレーラーハウスの使用想定

### ■日本の都市スケールにあったトレーラーハウスの規格

プロトタイプとして製作したトレーラーハウスでは東京の道路でも主な幹線道路などの広い道路なら運搬可能であるが、狭い道などを運搬するのは難しい。また一般に普及させるには、専用の牽引車両ではなく、軽乗用車などで気軽に運搬可能なものをデザインする必要があると考えた。

そのために設計するモジュールには日本の伝統モジュールである尺寸法による基本グリッドを使用することにした。大きさは3～4畳程度の茶室サイズで住宅の離れとしても使用できる想定とする。また重量は750kg以下に抑えることを大前提とした。この重量を越えると牽引免許が必要になるばかりでなく、軽乗用車での牽引が難しくなる。

また普及させるにあたっては行政による購入費用の補助の仕組みや災害時に避難場所として使用するシステムを構築する。また用途も多様化し、それぞれが連結することでより多くの用途、多くの人々を受け入れることが可能になるような連結システムについても考案する。

\*1) 首都大学東京

**6月26日(金)**

**デザイン支援室**

**品質強化**

## 高感度グロー放電質量分析 (GD-MS) による軽金属材料中の極微量成分の迅速定量

○山田 健太郎<sup>\*1)</sup>、上本 道久<sup>\*1)</sup>

■キーワード グロー放電質量分析、微量成分分析、アルミニウム、マグネシウム

1. 新しい高感度・高分解能 GD-MS による、極微量成分の固体ままでの迅速定量方法の確立
2. アルミニウム及びマグネシウムなどの軽金属材料中の不純物・極微量成分の定量
3. 従来型装置と異なる大きな放電電流 (約 70mA) 下での相対感度係数 (RSF) の実験的検討

## ■研究の目的

近年、新しい二重収束型の高感度・高分解能 GD-MS が開発され、先端材料の迅速な不純物・極微量成分の評価法の一つとして期待されている。本研究では、検出されるイオン強度比を分析元素濃度に変換するための係数である相対感度係数 (以下、RSF という) を、アルミニウム及びマグネシウム合金の標準物質を用いて実験的に求め、変化挙動を明らかにし、極微量成分の定量性向上を目的とする。

## ■研究内容

10 種類のアルミニウム合金及び 7 種類のマグネシウム合金標準物質を用い、それぞれ 26 及び 19 元素について実験的に RSF を求めた。使用装置は ELEMENT GD (サーモフィッシャーサイエンティフィック製) である。

RSF 値の測定結果は、RSD が低く (約 15% 以下)、安定している元素 (図 1 に  $RSF_{Zn/Al}$  の例を示す。アルミニウム中では Si、Fe、Cu、Mn、Mg、Cr、Ni、Zn、V など、マグネシウム中では Al、Si、Ti、Mn、Fe、Ni、Cu、Ni、Zn、Ag、Cd など) と RSD が高く (約 15% 以上)、ばらつく元素 (図 2 に  $RSF_{Pb/Al}$  の例を示す。アルミニウム中では Ti、Pb、Sn、Zr など、マグネシウム中では Y、Sn、La、Ce、Nd、Hg、Pb など) に大きく分かれる。また、Si 含有量の多いアルミニウム合金では、総じて RSF 値が低くなる傾向が見られた (図中に○で囲み示した)。

各合金で共通の RSF を算出し、用いた測定では、認証値とよく一致し、偏りの少ない分析値が得られた。しかしながら、上述した RSF 値の変動が大きい元素に関しては、測定される分析元素の濃度値の RSD も大きくなってしまふ。

この変動の要因としては、測定するスポット位置を変えて測定することに起因することから、偏析による試料中の元素の局在化の寄与が大きいと考えられる。また、各元素の放電によるイオン収率そのものの変動も要因となっていると考えられるため、偏析の大きな元素について実験的に RSF を求める場合は、偏析と他の要因による影響を分離し、偏析の影響を取り除いて RSF 値を評価する必要がある。

## ■研究の新規性・優位性

溶解操作を伴う高純度金属材料の不純物評価は測定が多元素にわたるため容易ではなく、新しい高感度型 GD-MS による迅速分析は、今後の先端金属材料評価の先駆となる。欧米では研究例が近年急速に増加しているものの、国内では研究例や公的研究機関への装置導入例はほとんどない。

## ■産業への展開・提案

- ① 高純度金属を用いた高機能金属製品の開発支援 (白色 LED のターゲット材など)
- ② 次世代軽金属材料 (航空機用マグネシウム・生体用チタンなど) の微量成分評価による先端金属材料開発・加工分野の製品開発支援
- ③ 軽金属材料の履歴評価による水平リサイクルの推進

本研究の内容は日本分析化学会第 63 年会で発表した。

\*1) 城南支所

H25.4 ~ H26.3【基盤研究】GD-MS による高純度軽金属材料中の極微量成分定量法の確立による材料評価

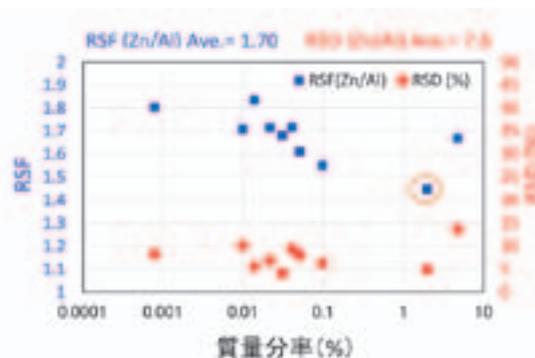


図 1. アルミニウム中の Zn の RSF 値及び RSD と質量分率との関係 (変動が小さい元素の例)

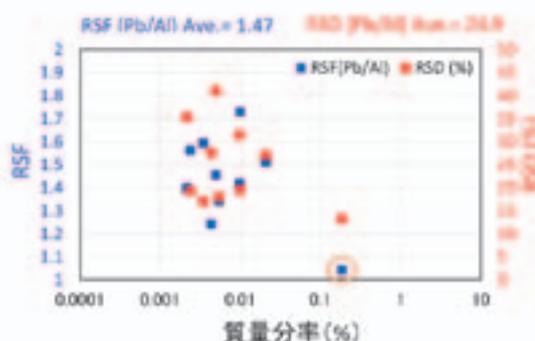


図 2. アルミニウム中の Pb の RSF 値及び RSD と質量分率との関係 (変動が大きい元素の例)

## 仮想三次元測定 (VCMM) を用いた不確かさ算出の検討

○樋口 英一<sup>\*1)</sup>、中西 正一<sup>\*2)\*3)</sup>

■キーワード 不確かさ、三次元測定機、計量標準、トレーサビリティ

1. 三次元測定の信頼性に関する技術の確立
2. 測定手法の違いによる本部および城南支所の幾何学誤差における VCMM 評価
3. VCMM の実用化に向けた検証

### ■研究の目的

三次元測定機（以下、CMM という）のトレーサブルな測定を仮想三次元測定（以下、VCMM という）の概念によって構築することを目指す。VCMM の手法では、CMM の測定機としての幾何学モデルが計算機システムの中に仮想的に構築される。このモデルを使って、CMM の測定の不確かさが計算機シミュレーションによって計算されるが、この手法は日本ではあまり普及されていないことや他の不確かさ評価手法との検証実験があまりされていないことから VCMM を詳しく検証する必要がある。

### ■研究内容

#### (1) 実験方法

CMM の多くのシェアを持つカールツァイス製 UPMC（城南支所）及び（株）ミットヨ製 LEGEX（本部）にてリングゲージ（直径 50 mm）を用いた不確かさの数値 VCMM 比較検証を行い、測定結果の差を確認するとともにその要因を確認する。また、VCMM の基本構成を図 1 に示す。

#### (2) 結果・考察

測定戦略は、均等分布計測、密着分布計測等を用いた比較測定項目（内径の直径、真円度）を測定し、不確かさの数値の検証を行った。

##### ○直径の比較評価

- ・ UPMC を用いた不確かさの数値が大きくなった
- ・ 測定ポイントの多い方は、不確かさが小さい
- ・ 測定戦略の違いで不確かさも変化が見られた
- ・ マルチ測定法を行っても不確かさの変化が見られない

##### ○真円度の比較評価

- ・ UPMC を用いた不確かさ評価では、 $k = 2$  のみの評価であった
- ・ UPMC を用いた不確かさの数値が大きくなった
- ・ 測定戦略の違いでは、不確かさは変化しない
- ・ UPMC を用いた VCMM は、マルチ測定法により不確かさは軽減された

リングゲージの結果から UPMC の不確かさが大きくなるのが分かった。図 2、3 に示す。

#### (3) まとめ

本研究において、メーカーにより VCMM の不確かさの数値が大きく異なることが分かった。LEGEX のシミュレーションは、毎 200 回のシミュレーションデータ（長さ）からの標準偏差を行い、ノミナル値との UPMC のシミュレーションは、1 点ずつの 200 回シミュレーションにより 1 点のバラつき幅を評価し標準偏差を行っていた。このことから、シミュレーション方法が異なることが明確になった。

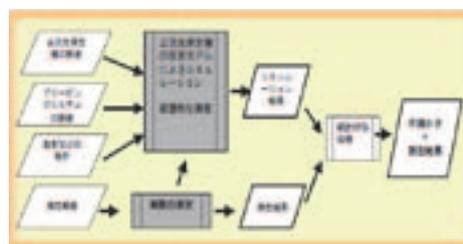


図 1. VCMM の基本構成

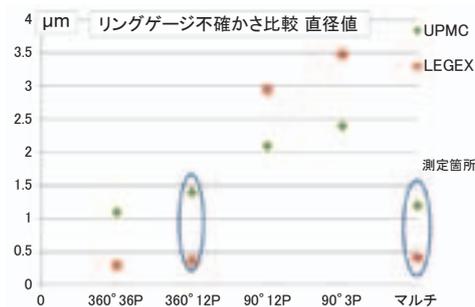


図 2. リングゲージの結果（不確かさ U 直径）

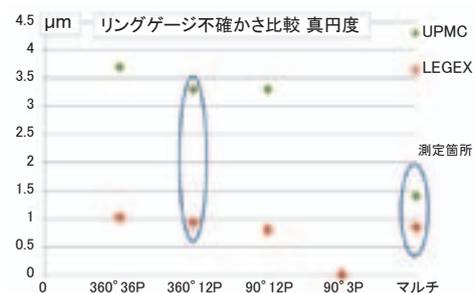


図 3. リングゲージの結果（不確かさ U 真円度）

### ■研究の新規性・優位性

日本では、VCMM が普及されていないことや他の不確かさ評価手法との検証実験があまりされていない。また VCMM の外部発表もされていない。

### ■産業への展開・提案

現在審議が止まっている ISO/TS 15530-4 の規格化・実用化に向け VCMM の統一化を図り、国際的なスタンダード推定方法として依頼試験及び JCSS 校正等で中小企業に結果を提供することが期待されている。

\*1) 城南支所、\*2) 高度分析セクター、\*3) 品質保証推進センター

## マグネシウム材料中微量元素定量法に関する JIS 及び ISO 標準化

○上本 道久<sup>\*1)</sup>

■キーワード マグネシウム材料、微量成分分析、スズ、ベリリウム、標準化、ICP 発光分析法

1. ICP 発光分析法による、標準化のためのマグネシウム材料中微量元素の定量方法の確立
2. 共同実験による分析プロトコルの最適化と手法としての妥当性確認
3. JIS 提案による新規制定 (4 件) と ISO 提案 (2 件)

## ■背景

マグネシウム及びマグネシウム合金は、構造用金属材料の中で最も軽量で質量強度比が高く、環境対策省エネルギーが必要とされる輸送機器や携帯機器の分野で活用されている。マグネシウムは、人体に無害で資源としても豊富に存在し、他にも振動吸収性や電磁波遮断性に優れている。このため、用途及び材料開発も盛んで、航空機の分野でも耐熱性や耐食性を高めた新しい合金が採用されている。

この状況の中で、マグネシウム、マグネシウム合金ともに、ISO 及びそれに対応した JIS の標準規格が制定されている。特に純金属では環境対策を反映して、含有する微量元素（スズ、鉛など）の上限濃度について規制が強化されているが、分析方法が標準化されていなかったことから、分析値にばらつきが見られ、材料評価の信頼性に課題があることから、早急な標準化が期待されていた。また、ベリリウムは、合金の難燃性を高めるため微量添加されているものの、毒性が強くその含有量をモニターする必要がある。（一社）日本マグネシウム協会分析委員会委員長として、標記分析法の標準化に取り組んだ成果を報告する。

## ■標準化活動の内容

## ●共同実験の実施

本材料を取り扱う関連機関（公的研究機関、材料製造企業他）の間で共同分析を実施し、標準化すべき分析プロトコルの最適化とともに分析法の妥当性を確認した。標準化すべき分析方法としては、以下の考え方に沿った手法を構築する必要がある：

- a. 平易な手法であり、試料処理に分離濃縮などの特別な熟練技術を要さないこと
- b. 使用する装置・器具は、どの地域の分析室でも適用可能なこと（特に ISO の場合）
- c. 分析装置は複数機種用いて比較すること

ここでは、酸溶解-直接噴霧導入による ICP 発光分析法を選択し、マトリックスマッチングを伴う検量線法により測定した。手順として、まず分析プロトコルを作成して実験参加者に配布し、濃度既知の試料（認証標準物質：CRM）を用いた分析を指示することで、分析値の真度（かたより）と精度（ばらつき）を評価した。スズ及び鉛に関する測定結果を表 1 に示す。平均値は CRM が持つ認証値と一致しており、95%信頼区間は不確かさの範囲内あることが分かる。次に装置の測定パラメーターによる分析値の影響を調べ、最適な条件（マトリックス濃度として 2%（質量分率））を見出した。最後に市販の実試料について同様の共同実験を実施して手法の妥当性を確認した<sup>[1]</sup>。

確立した分析法は、JIS 原案作成委員会を経て新規提案を行い、JIS 規格として制定された<sup>[2] [3]</sup>。なお、カドミウムとベリリウムについても同様のプロセスで新規制定に至った<sup>[4] [5]</sup>。ISO については、スズとベリリウムの分析法について、現在 TC79/SC5 にて Working Draft（作業原案）として審議中である。

表 1. 認証標準物質によるマグネシウム中スズ及び鉛の分析値

実験者番号	C <sub>Sn</sub> /μg g <sup>-1</sup>	C <sub>Pb</sub> /μg g <sup>-1</sup>
1-1	70	55
1-2	74	57
2-1	68	56
2-2	70	52
3-1	81	59
6-1	72	57
平均値	73	56
標準偏差	4.6	2.4
相対標準偏差	6.4	4.2
データ数	6	6
95%信頼区間	4.9	2.5
認証値	73	61
不確かさ	6	7

## ■今後の展開

審議中の ISO 規格の制定が急務である。また国際的な規制物質となった水銀に関する分析法の提案も必要である。材料における計測手法の標準化を通して、我が国の材料業界の発展に貢献していきたい。

## 参考文献

- [1] M. Uemoto, M. Nagaoka, and H. Fujinuma, Anal. Sci., Vol.25, pp.717-721 (2009)
- [2] JIS H1342:2008, マグネシウム及びマグネシウム合金中のスズ定量方法（日本規格協会）
- [3] JIS H1343:2008, マグネシウム及びマグネシウム合金中の鉛定量方法（日本規格協会）
- [4] JIS H1339:2010, マグネシウム及びマグネシウム合金中のベリリウム定量方法（日本規格協会）
- [5] JIS H1344:2010, マグネシウム及びマグネシウム合金中のカドミウム定量方法（日本規格協会）

\*1) 城南支所

## 城南支所における X 線 CT への取り組みについて

○竹澤 勉<sup>\*1)</sup>、中野 貴啓<sup>\*1)</sup>

■キーワード X 線 CT、非破壊検査、寸法測定、肉厚解析、CAD 比較

1. 非破壊検査を目的とした X 線 CT スキャン
2. 寸法測定を目的とした X 線 CT スキャン
3. 設計やシミュレーションと比較するためのデータ取得を目的とした X 線 CT スキャン

## ■はじめに

近年、X 線 CT 装置は X 線管球、検出器及び PC などの性能向上に伴い、従来の装置に比べ鮮明な断層画像が取得できるだけでなく、さまざまな目的に用いられるようになってきている。

都産技研 城南支所では、平成 25 年に X 線透過・CT 装置を GE センシング&インスペクション・テクノロジー社製 v|tome|x L300 に更新し、さまざまな機能がアップグレードした。そこで城南支所における X 線 CT への取り組みについて報告する。

## ■取り組み内容

## 1. 非破壊検査

サンプルの内部を非破壊で観察する。クラックや断線箇所を観察、ポイドや異物の解析を行う(図 1)。従来の“樹脂封止 → 研磨 → 観察 → 研磨 → 観察 → …”の断面観察作業に比べ、X 線 CT スキャンを用いると断面観察作業時間を大幅に短縮することができる。

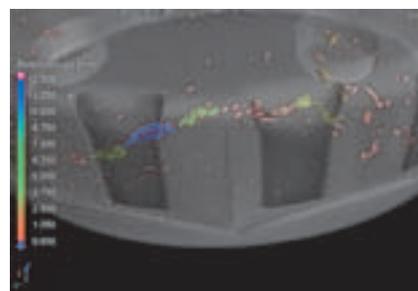


図 1. ポイドの解析

## 2. 寸法測定

キャリブレーション実行後、X 線 CT スキャンを行い寸法の測定をする(図 2)。外部表面に加えて内部の寸法測定、幾何公差への対応、STL データへの書き出しが可能である。

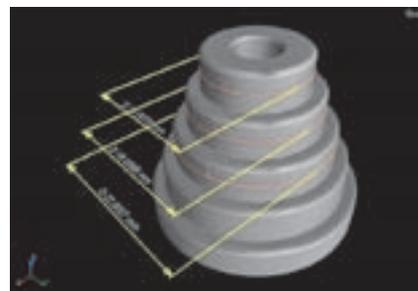


図 2. 寸法測定

## 3. 比較するためのデータ取得

内部構造が分かるため、外内部寸法測定に加えて肉厚の解析や CAD データとの比較が可能。全面での比較が行えるため、面のそりやヒケなどの評価管理もできる(図 3)。

サンプルを小さくする必要があるが、繊維強化プラスチック(FRP)の繊維配向も識別可能で、シミュレーションと比較するためのデータを取得できる(図 4)。

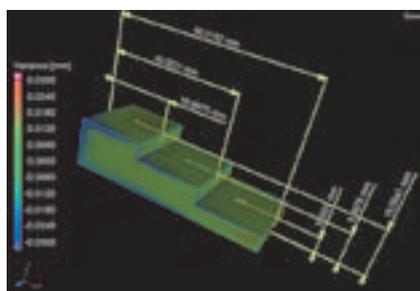


図 3. CAD データとの比較



図 4. 繊維強化プラスチックの観察

## ■まとめ

X 線 CT 装置の機能が向上し、単純に断層画像を得る以上の利用が可能になってきている。今後は、三次元座標測定機や 3D プリンターなどの他装置との連携を図り、寸法測定の信頼性向上やリバースエンジニアリングなどへの展開を進めていく。

\*1) 城南支所

**6月26日(金)**

**デザイン支援室**

**システムデザイン**

## 構造解析を利用したコンセプトデザイン

○上野 明也<sup>\*1)</sup>、角坂 麗子<sup>\*1)</sup>、小林 隆一<sup>\*1)</sup>、薬師寺 千尋<sup>\*1)</sup>、濱野 智子<sup>\*2)</sup>

■キーワード 構造解析、コンセプトデザイン、トポロジー、位相最適化

1. 審美性と安心・安全が両立した製品の開発
2. プロダクトデザイナーが利用できる構造解析手法の開発
3. トポロジー最適化形状からデザインする手法の開発

### ■研究の目的

構造解析におけるトポロジー最適化は、与えられた設計領域内で材料や荷重等の条件を与えることにより、最適な材料レイアウトを表示することが可能である。プロダクトデザインにおけるアイデア構築段階の形状検討（コンセプトデザイン）の際に、その材料レイアウトから形状のアイデアを得るとともに、構造的に適した形状でかつ審美性が高い製品をデザインする手法の開発を目的とする。

### ■研究内容

#### (1) トポロジー最適化の条件設定方法の確立

プロダクトデザインの代表的テーマである椅子をテーマとして開発を進めた。椅子の製品仕様として、ソファを使えないような狭いリビング等で利用する座椅子で、製品サイズ（設計領域）を480×480×480mm、座面は全体と座面の大きさのバランスから地上から200mm程度とした。

以上の仕様から設計領域を作成し、荷重の設定としてJIS規格（JIS 1203-1998）より、座面の静的強度試験と背もたれの静的強度試験の荷重の条件、材料の条件等を加えてトポロジー最適化を行った結果、図1右図のような形状となった。

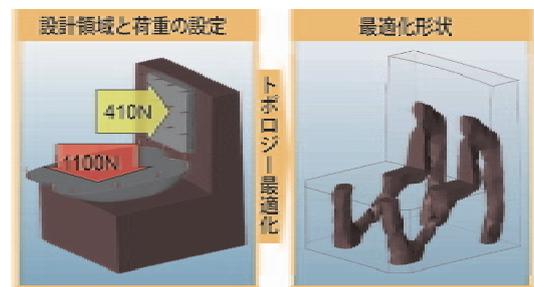


図1. トポロジー最適化

#### (2) 最適化形状からデザインする手法の開発

最適化形状からデザインする手法として、一度3面図化した後に3次元CADによるモデリングを行う“トレース法”を開発した。実際にトレース法によるデザインを行ったところ、図2のような結果となった。その他のデザイン手法として“押し出し法”（図3）、“モチーフ法”を開発した。

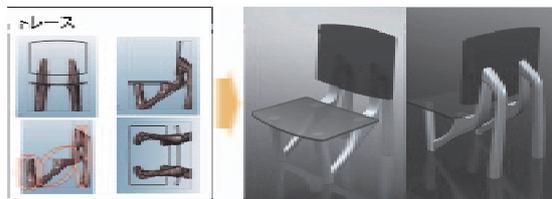


図2. トレース法からのデザイン

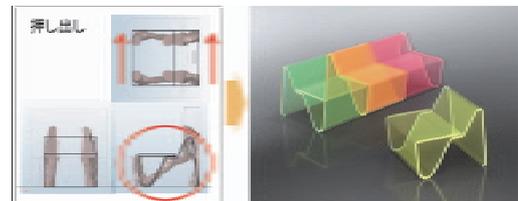


図3. 押し出し法からのデザイン

#### (3) 試作の作成及び強度の検証

図2のデザインの試作及び強度試験を行い、良好な試験結果を得ることができた。（図4）



図4. 試作及び強度試験

### ■研究の新規性・優位性

現在、構造解析を利用したコンセプトデザインが製品化された事例は確認されていない。本研究を利用することにより、強度不足が原因となる設計変更や形状修正が減るため、開発時間の短縮が可能となる。

### ■産業への展開・提案

- ①強度と審美性を要求する製品開発への本研究の利用。共同研究の実施
- ②デザインの先例がないような新製品、アイデアが煮詰まってしまった製品への本研究の利用
- ③本研究のデザイン手法のセミナー開催

\*1) システムデザインセクター、\*2) 環境技術グループ

## 粉末焼結型 AM 技術におけるそりの補正と制御

○山内 友貴<sup>\*1)</sup>、小金井 誠司<sup>\*1)\*2)</sup>、横山 幸雄<sup>\*1)\*2)</sup>、安田 健<sup>\*3)</sup>

## ■キーワード 粉末焼結、Additive Manufacturing (AM)、そり、データ補正

1. 粉末焼結型 AM 技術で頻発するそりについて、**経験則ではなくデータで把握**
2. 設計時にそりやすさを判断、**ユーザが設計に盛り込むことが可能**
3. **そりによる精度悪化を解決**する手法を提案

## ■研究の目的

- ・粉末焼結型 AM 技術は、高靱性、高生産性が特徴であり、製造装置としても期待されている。しかし工法ゆえの“そりによる精度悪化”が問題となっており、現状では現象把握と対策が不十分である。
- ・本研究では、造形条件とそりの関係をポイントとした調査が目的である。さらに得られたそりのデータを活用し、精度の高い部品を造形する手法についても検討する。

## ■研究内容

## (1) 造形条件とそり量の関係

そりによる変形量を把握するため、対象とする部品を 100 × 50mm の板形状とし、板厚方向を Z 方向に配置した。そりの変形量の定義は、XY 平面に対する Z 方向の変形量とした。以下の条件について検討を行った。

- ・焼結時のレーザ出力
- ・部品の板厚 (Z 方向の寸法)
- ・部品の長さ (XY 方向の寸法)

結果の一例として、部品の板厚とそりの変形量のグラフを図 1 に示す。これらには相関が見られ、板厚 1mm あたり 14% 程度変形量が増加した。同様に焼結時のレーザ出力とそりの変形量にも相関が見られ、出力を下げることでそりが低減された。部品の長さともそりの変形量についても、長い部分ほどそりが大きくなることが確認された。以上から焼結する部分が多いほど、熱応力や収縮が大きく発生し、そりが大きくなると考えられる。

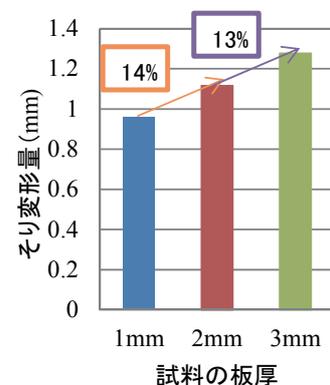


図 1. 板厚とそりの変形量

## (2) そりの制御

得られたそりの変形量から、図 2 に示すように設計データの補正を行った。補正方法は、そりの発生を抑制するのではなく、そりが発生することによって、設計寸法になるようにした。そのため、補正する方向は、そりが発生した方向 (Z 方向) を反転させて行った。補正量は、実際に発生したそりによる変形量と同じ値とした。

補正前後の部品を図 3 に示す。補正前はそり上がっていたが、補正後はフラットに近い平面を形成することができている。実際に変形量を測定し、所望とする設計データと比較したところ、補正前よりも約 70% の寸法誤差低減を実現できた。以上のように本研究では、設計データを補正し、そりを利用、制御することによって AM 技術の高精度化に成功した。

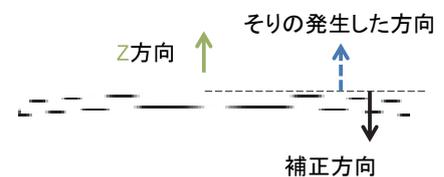


図 2. 補正した設計データ

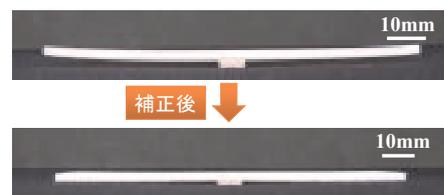


図 3. 補正前後の部品

## ■研究の新規性・優位性

造形品のそりについて、造形条件との関係を明らかにすることで、経験則ではなくデータで把握できた。それにより、そりを考慮した設計を行うことができる。また、従来なかったそりの制御についても、得られたそりのデータから補正方法を提案し、AM 技術の高品質、高精度化を図った。

## ■産業への展開・提案

- ① データ作成時の補助、提案
- ② 質の高い試作品を提供することで検証効率・検証精度が向上
- ③ AM 関連装置自体の改良に寄与

## ■研究に関連した知財

・特願 2015-57992

\*1) システムデザインセクター、\*2) 機械技術グループ、\*3) 材料技術グループ

## 塗装による光硬化性樹脂 AM (3D プリンタ) モデルへの意匠性付与

○小野澤 明良<sup>\*1)</sup>、峯 英一<sup>\*1)</sup>、村井 まどか<sup>\*1)</sup>、木下 稔夫<sup>\*1)\*2)</sup>、石堂 均<sup>\*3)</sup>、木暮 尊志<sup>\*4)</sup>、高橋 俊也<sup>\*5)</sup>

■キーワード 積層造形、Additive Manufacturing(AM)、3D プリンタ、塗装

1. 光硬化性樹脂 AM への塗装による平滑面の作製
2. 前処理から上塗り工程までの一連の塗装仕様の設定
3. 製品モデルに活用できる高い意匠性をもつ塗装の検討

## ■研究の目的

意匠モデルやコンペ・展示会用モデルの作製を目的として、積層造形 (Additive Manufacturing: AM) の需要が高まっている。これらの多くは単色の樹脂造形品であるため、製品と同様の意匠性を得るには塗装によってカラーモデル化する必要がある。「ナイロン樹脂 AM への意匠性付与の検討」<sup>[1]</sup> を基に、光硬化性樹脂 AM に対する意匠性付与について検討を行った。

## ■研究内容

## (1) 研究の背景と課題

AM の可能性は大きいものの、さまざまな課題も顕在化している。その一つが、製品レベルの外観を得るための表面処理である。光造形法は、粉末をレーザーで焼結させながら積層造形する焼結法に比べ、仕上がり表面の凹凸が少なく、透明なモデルが得られる特徴がある。しかし、一般的な金型成形によるプラスチック製品と比べ滑らかな表面でないこと、透明であることから、実際の製品と同様の色彩・質感を得ることが難しい。このことから、AM を塗装によりカラーモデル化するために、平滑性、色調付与などを含めた塗装仕様の検討を行った。

## (2) 光硬化性樹脂 AM で作製した平板への塗装仕様の検討

素材表面の凹凸は、塗料の付着性や外観の仕上がりに大きく影響する。今回、検討した光造形型 AM へアセトンによる脱脂後に塗装しただけでは、十分な平滑性を得ることができなかった。塗膜の膜厚を 30 $\mu$ m 以上に塗装した後に、表面研磨すると素地の露出もなく、製品レベルまでの平滑性を得ることができた。また、色調付与では、光硬化性樹脂 AM へ上塗りしただけでは、素地自体透明であることが影響し、見本帳の色に近づけることができなかった。そのためには、白色系の下塗り工程が必要であった。

これらのことから光硬化性樹脂 AM の塗装においては、白色系の下塗りを行い、乾燥後に平滑に研磨する工程が重要であることが分かった (表 1)。

## (3) AM (3D モデル) への塗装の適用

表 1 に示した塗装仕様により作製したカラーモデルの外観写真を図 1 に示す。塗装前と比べ、鮮やかな色彩と滑らかな曲面が得られ、製品モデルとして有効な AM を実現することができた。

表 1. 光硬化性樹脂 AM への基本的な塗装仕様

工程	使用材料	塗布方法	備考
1 素地調整	アセトン	—	溶剤による脱脂
2 下塗り	二液形ウレタン樹脂系ホホワイト	スプレー	常温で、1 時間以上放置
3 研ぎ	フィルムタイプ研磨材 (P2000 ~ 2500 相当)	—	空研ぎにより、全面平滑にする。形状次第では、機械式研磨も可能。
4 上塗り	二液形ウレタン樹脂系エナメル	スプレー	常温で、12 時間以上放置



図 1. 光硬化性樹脂 AM モデルへの塗装前後の外観写真

## ■研究の新規性・優位性

AM のカラーモデル展開によるデザイン・製品試作の技術向上・迅速化が可能となり、製品化を見据えた上流技術支援を促進できる。

## ■産業への展開・提案

- ① 中小塗装専門企業へ AM 造形品の新規塗装事業として展開
- ② 新素材への塗装加工
- ③ 学協会、講習会などによる普及・開発支援

## 参考文献

[1] 小野澤明良 他, 研究報告, 第 8 号, pp.130-131 (2013)

\*1) 表面技術グループ、\*2) 開発第二部、\*3) 城南支所、\*4) 城東支所、\*5) 電子・機械グループ

## めっきによるナイロン樹脂 AM (3D プリンタ) モデルへの意匠性付与

○竹村 昌太<sup>\*1)</sup>、浦崎 香織里<sup>\*1)</sup>、土井 正<sup>\*1)</sup>、桑原 聡士<sup>\*1)</sup>、  
小野澤 明良<sup>\*1)</sup>、山内 友貴<sup>\*2)</sup>、木暮 尊志<sup>\*3)</sup>

■キーワード 積層造形、Additive Manufacturing(AM)、3D プリンタ、めっき

1. 難めっき素材へのめっき仕様・方法
2. 親水化処理による樹脂 AM 基材表面の濡れ性の改善ならびに均一なめっき皮膜の形成
3. 環境低負荷型クエン酸ニッケルめっきの活用

## ■研究の目的

都産技研では、意匠モデルやコンペ・展示会出展用モデルの作製を目的として、機器利用事業で積層造形 (Additive Manufacturing: AM) が非常に多く利用され、めっきによるメタルモデル化の要望もある。本研究では、製品モデルとして活用可能な外観を得ることを目的として、都産技研本部で需要の多いナイロン樹脂 AM モデルへのめっきによる意匠性付与の検討を行った。

## ■研究内容

## (1) 実験方法

粉末焼結法により作製したナイロン樹脂 AM 基材を試験片とした。この基材に、電気めっきの前処理として、親水化処理及び無電解ニッケルめっき (カニゼン法) を施した。めっきした基材のめっき付着状況の確認には目視による外観及びテスターによる表面抵抗の評価により行った。また、電気めっき後の基材の意匠性の評価は、拡大・レーザー顕微鏡、蛍光 X 線式膜厚計、ハンディー光沢計により表面状態、表面平均粗さ (Ra)、めっき皮膜厚さ、表面光沢度測定により行った。

## (2) 結果

ナイロン樹脂 AM 基材にめっきした工程と結果を表 1 に示す。

前処理として、無電解ニッケルめっき処理した基材は、電気銅めっき時間を 20 分から 40 分と時間を延長することで、めっき皮膜の厚みの増加に伴い光沢度が向上した。また、電気めっき処理することで表面平均粗さが Ra = 10.6 $\mu$ m (めっき前) から Ra = 5.0 $\mu$ m (金めっき後) に減少し、表面の平滑化ならびに意匠性付与の向上に効果があることが分かった。

## (3) まとめ

難めっき素材であるナイロン樹脂 AM 基材に親水化処理することで、均一なめっき皮膜が得られた。また、基材へのめっき条件は、ナイロン樹脂 AM 立体モデルにも十分適用できることが分かった (図 1)。

表 1. めっき工程及び評価結果

めっき工程		前処理	電気めっき			
		(1)無電解 Niめっき	(2)Cuめっき		(3)Niめっき	(4)Auめっき
樹脂AM基材	PA	45°C、10分	25°C、20分	25°C、40分	50°C、20分	40°C、40秒
外観						
表面状態 ×1066						
Ra ( $\mu$ m)	10.6	12.2	5.1	4.8	5.6	5.0
膜厚 ( $\mu$ m)	—	—	18.7	27.5	7.6	0.11
光沢度	—	—	51	77	46	39



図 1. ナイロン樹脂 AM 立体モデルへのめっき完成品

## ■研究の新規性・優位性

樹脂系の AM 基材へのめっき仕様やめっき方法は十分な検討がなされていないため、めっきによるメタルモデル化を可能とすることで、製品化を見据えた上流技術支援を促進できる。

## ■産業への展開・提案

- ① 中小めっき専門企業への新規めっき事業支援
- ② デザイン試作及び製品化の迅速化による競争力アップ
- ③ オーダーメイド開発による製品開発支援

\*1) 表面技術グループ、\*2) システムデザインセクター、\*3) 城東支所

H25.4 ~ H26.3【基盤研究】RP 基材へのめっき技術の開発

## 動吸振器の3Dプリンタを用いた設計

○岩田 雄介<sup>\*1)</sup>、西川 康博<sup>\*1)</sup>、阿保 友二郎<sup>\*1)</sup>

■キーワード 動吸振器、AM (Additive Manufacturing)、3Dプリンタ、振動特性、振動低減

1. 3Dプリンタならではの動吸振器形状の検討
2. 動吸振器の形状変化に伴う振動特性変化を事前に予測
3. 設計した動吸振器の振動低減効果検証

## ■研究の目的

動吸振器を用いた振動低減に関する研究は数多く行われており、振動対策として極めて有効な手段であることが示されている。しかし、設計時の計算が複雑であったり、装置が大掛かりになったりするので、適用できるケースが限定される。本研究では、動吸振器の簡易的な設計手法を検討し、3Dプリンタ (AM) を用いて製作することで、従来設置が難しかった対象にも適用しやすくすることを目指した。

## ■研究内容

## (1) 動吸振器の形状検討

パイプや手持ち工具などの形状は、おもりと弾性体で構成された一般的な動吸振器の設置が難しい。本研究では、3Dプリンタを用いることにより自在な形状が製作できることから、動吸振器の中心の空間を利用して、制振対象を動吸振器の内側に通すことができる図1、図2の形状を提案する。

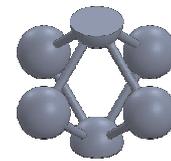


図1. 提案した動吸振器の形状

## (2) 動吸振器の設計

動吸振器を用いて振動を低減するための設計には、対象の振動特性に合わせて動吸振器側の固有振動数を調整する必要があるが、質量やばね定数などのすり合わせに手間を要する。そこで、本研究ではこれを容易にするため、腕の長さを変更するだけで所望の固有振動数を得られる計算モデルを作成した。

本モデルを用いて計算した動吸振器の固有振動数と加振実験による共振振動数を比較したグラフを図3に示す。これより、腕の長さが20mm以上では、両値が近くなっていることが分かる。一方、15mmでは、差がやや大きくなっていることが分かる。これは、モデル化を行う際に近似式を用いたことによる誤差だと考えられる。

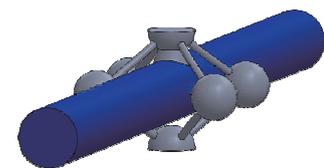


図2. 動吸振器内側への設置

## (3) 動吸振器の性能評価

動吸振器の性能を実証するため、アルミの片持ち梁を制振対象に、3Dプリンタで製作した動吸振器を搭載して、加振実験を行った。搭載前後の梁の加振加速度に対する応答加速度の周波数応答関数 (FRF) を図4に示す。これより、動吸振器を搭載することで160Hz付近の最大ピーク高さが約63.2%減少したことが分かった。

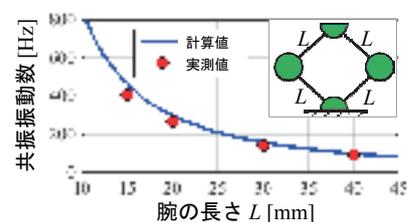


図3. モデルによる計算値と実測値

## (4) まとめ

従来設置が難しかった対象に合わせた動吸振器を、腕の長さを変更するだけで容易に設計、製作できた。これを搭載することで、対象の振動を低減できることが実証できた。本手法により、モデルから得た任意の固有振動数の形状を3Dプリンタを用いて製作することで、所望の性能を得た動吸振器を容易に製作することができる。

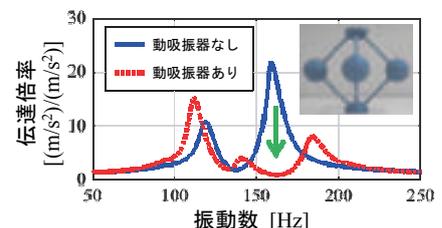


図4. 加振実験による梁の周波数応答関数

## ■研究の新規性・優位性

- ①形状設計とシームレスな製作  
⇒ 手軽に導入可能
- ②3Dプリンタならではの形状  
⇒ 多様な設置方法

## ■産業への展開・提案

- ①振動を課題とする製品開発の支援
- ②3Dプリンタ所有企業への研究成果の普及

\*1) 電子・機械グループ

H25.10 ~ H26.9【基盤研究】高速造形機を用いた動吸振器の設計手法の開発 (形状変化に伴う振動特性変化の利用)

## 粉末焼結型 AM 装置による造形品の異方性緩和手法の提案

○木暮 尊志<sup>\*1)</sup>、山内 友貴<sup>\*2)</sup>、横山 幸雄<sup>\*2)\*3)</sup>、小金井 誠司<sup>\*2)\*3)</sup>、小林 隆一<sup>\*2)</sup>、山中 寿行<sup>\*4)</sup>

■キーワード Additive Manufacturing (AM)、粉末焼結、引張試験、焼結熱量

1. Additive Manufacturing による造形品の異方性
2. 異方性が発生する原因の考察
3. 引張強さの異方性を緩和する手法の提案

## ■研究の目的

- ・粉末焼結型 AM 装置による造形品の引張強さ、弾性率、破断伸びの異方性を確認する
- ・造形品内部の状態を観察し、異方性が生じる原因を明らかにする
- ・後処理により、異方性を緩和する方法を考案し、提案する

## ■研究内容

## (1) 研究背景

Additive Manufacturing (AM) は 3D プリンティングともよばれる材料を付け足して、所望の形状を得る製造技術である。この手法による造形品には、方向によって力学特性が異なるという異方性が存在することが知られている。AM を構造部品の製造技術とするには、この特性を把握し、考慮した設計を行う必要がある。また、異方性があまりに強くと多方向からの荷重がかかる用途では使用できない可能性があるため、上記した設計手法の他に、異方性を緩和する手法を考案することも重要である。そこで本研究は、引張強さにおける異方性の確認とその発生原因を明らかにするとともに、簡便な異方性の緩和手法を提案することを目的とした。

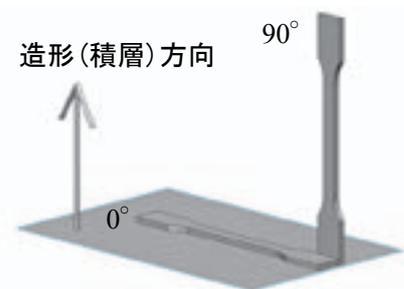


図1. 試験片データ配置図

## (2) 試験方法

粉末焼結型 AM 装置により、図1に示すように積層面に対して長手方向が0°と90°になるようにデータを配置して試験片を作成し、引張強さを測定した。材料はナイロン12粉末を使用した。

一部の試験片の表面をフライス加工することで表面にある積層による段差を取り除き、異方性の緩和を試みた。

## (3) 結果・考察

図2に得られた引張強さを示す。0°と90°では、およそ30%の違いがあり、異方性が生じていることが確認できる。90°の方が低い値を示すのは、層間に対して垂直に荷重がかかり、応力集中が生じるからであると考えられる。

図3にフライス加工により、表面の積層段差を取り除いたときと、何も後加工しなかったときの0°と90°の引張強さの比を示す。何も加工しないとおよそ3割の差が生じていたが、加工を施すことにより、異方性がほぼ緩和されていることが分かる。このため、異方性を緩和するには、表面に切削加工などを施し、表面の積層段差を取り除くことが有効な手段の一つであることが確認できた。

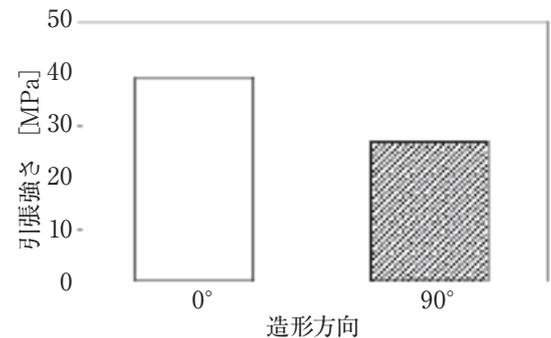


図2. 引張強さ

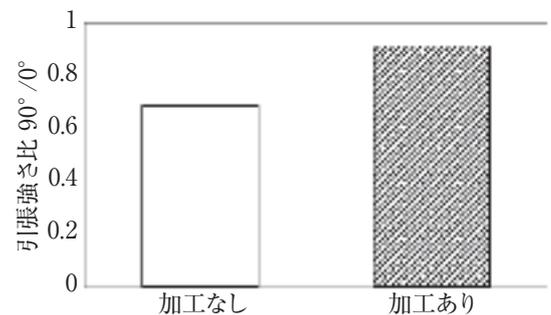


図3. 引張強さの比

## ■研究の新規性・優位性

AM 技術による造形品の異方性に注目した研究は少なく、緩和手法を提案することで適用範囲を広げることができる。

## ■産業への展開・提案

- ① AM 技術による最終製品の製造
- ② 造形品の特性に関する情報提供
- ③ 造形品の品質向上

\*1) 城東支所、\*2) システムデザインセクター、\*3) 機械技術グループ、\*4) 材料技術グループ

H25.10 ~ H26.9【基盤研究】粉末焼結型積層造形品の品質安定化

## 生活技術開発セクターのカラー Additive Manufacturing (AM) 活用手法

○島田 茂伸 \*1)

■キーワード カラーAM (3D プリンタ)、機器利用、技術相談、製品化支援、ワンストップサービス

1. 有色アクリル系樹脂噴射型 AM が導入された
2. フェースツーフェース対応によるサービス利用の容易さ
3. 都産技研の技術ネットワークを活用したワンストップサービス

## ■背景

生活技術開発セクターでは生活関連製品の開発支援強化のために、平成 26 年 10 月、生活製品開発ラボを開設した。代表的な機器としてカラー AM (3D プリンタ) やレーザ加工機が導入されている。どちらも生活関連製品の高速試作や高付加価値化を想定したものであるが、本稿では、このうち前者の特色と活用手法について詳説する。

## ■特色

## 1. カラーである

生活技術開発セクターに導入されたカラー AM (以下、本機という) を図 1 に示す。Stratasys 社のインクジェット式 AM で造形材料は、アクリル系樹脂である。造形材料自体が有色であり、その種類は、シアン、マゼンタ、イエロー、白、黒、クリアである。このうち任意の 3 材料が造形時に選択でき、さらに選択された 3 材料が混合噴射されることで最大 46 色が出力可能である。例えば、CMY 系でのカラフルな造形や、クリアと有色材料との混合によるスケルトンモデルの造形、半透明造形が行える。また、製品試作検討段階のバリエーション出力では、類似形状を色でラベル付けして管理するといった運用が想定できる。図 2 に造形例を示す。

## 2. フェースツーフェース対応による利用の容易さ

市井の 3D プリンタ出力サービス業者のほとんどは、データ入稿をインターネット経由とし、処理を自動化することで人件費を抑制している。経営手法として否定するものではないが、データ作成手法、データのエラー修正方法、造形特有のノウハウ活用による仕上がりの違いといった、細々としているが重要な技術支援が皆無になることが多い。そもそもネットワーク環境が使用困難なカスタマには門戸が開かれていないとも言える。一方、都産技研はこうした質問に答える「技術相談」が業務であり、「3D プリンタって何？」レベルの質問から回答する体制が整備されている。「利用したい」が、何から手をつけるか皆目見当がつかないカスタマは利用をご検討いただきたい。

## 3. 所内ネットワークを活用するワンストップサービス

AM 造形品の質感向上のために塗装を施すことは、ポピュラーな後処理である。これについて塗装分野の技術職員が研究開発を行っている事例がある。加えて、従前からの依頼試験、機器利用メニューによる造形品評価・試験が行える。例えば、引張試験、繰返荷重試験、加振試験、促進試験が代表的なものであろう。事例によっては、こうした知見への紹介パスを活用した、都産技研でのワンストップサービスを利用することも可能である。

## ■今後の展開

本機はメリットばかりではない。カラー出力が最大の特徴としながらも複数色出力のためにはモデル作成段階での作業が従属する。これは、本機使用上の困難性の一つであるが、こうしたモデル作成の段階から技術相談を承り、問題解決を支援する。ただし、この問題に限定すれば、将来的には次世代ファイルフォーマット AMF (AM File) のリリースによる問題解決が予想される。こうした業界動向についてもフォローすることで、AM に関する最新の情報提供及び利用環境向上に努めていく。



図 1. Stratasys Objet500 Connex3



図 2. 造形例

\*1) 生活技術開発セクター

## 溶融積層造形装置による技術支援と今後の可能性

○豊島 克久<sup>\*1)</sup>、平野 康之<sup>\*1)</sup>

■キーワード 3D プリンター、Additive Manufacturing (AM)、ものづくり、熱可塑性樹脂

1. 熱可塑性樹脂の材料押し出しにより、**熱的安定性に優れ、材料選択性のある** 3次元造形が可能
2. 航空機産業や医工連携産業での技術支援に向けた各種造形樹脂にも対応
3. 具体的な産業応用からのアプローチにより技術支援、並びに地域の産業育成を図る

### ■はじめに

3D プリンターを家電量販店でも見かけるようになってから数年程経過しているが、その多くの製品に用いられている溶融積層法 (Fused Deposition Modeling: FDM) については、1980 年代後半に米 Stratasys 社で開発された技術である。この方式は熱的安定性に優れ、材料選択性があることが大きな特長であることから、城南支所の先端計測加工ラボの設置に当たり、航空機産業及び医工連携産業での技術支援にも対応できる耐熱・高強度の樹脂や生体適合性を有する樹脂の利用が可能な装置の導入を図った。本発表では、導入した装置と今後の可能性について紹介する。

### ■取り組み内容、並びに今後の可能性

#### (1) 導入した装置について

図 1 は、導入した装置の外観であり、表 1 に装置の基本スペックを示す。モデル材料は 6 種類から選択可能であり、ABS 樹脂、ポリカーボネート (PC) 樹脂、ポリエーテルイミドベース素材となる ULTEM 9085 樹脂、ポリフェニルスルホン (PPSF) の他、生体適合の ABS 樹脂及び PC 樹脂に対応している。

#### (2) 造形材料の特徴と今後の可能性

一般的には、ABS 樹脂が多く用いられるが、ABS に比べて高強度・耐熱性のある PC 樹脂による造形も可能である。また、ABS 及び PC については、ISO-10993 の認証が得られた生体適合材料による造形も可能である。ガンマ線、エチレンオキサイドガスによる滅菌が可能であり、手術用ツールや体内埋め込み器具などの試作への利用が期待される。

図 2 は ULTEM 9085 樹脂により試作した操縦桿である。この樹脂は米連邦航空局認証 UL-94 規格に対応した耐熱・難燃性の材料であり、ABS 樹脂に比べて約 2 倍の強度を持っている。航空機内装部品の実機試作のほか、耐熱・高強度の材料特性を生かした用途として、機械加工における型の試作、無人航空機やロボティクスの分野における応用の可能性がある。

図 3 は、骨盤の医療モデルである。モデル材料とサポート材料を同時に積層し、サポート材料をアルカリ洗剤により除去することで、複雑な 3 次元形状の試作が可能となる。表 2 は選択可能な材料と積層ピッチについて示したものである。ABS 及び PC については、アルカリ洗剤に溶解可能なサポートが使用できるが、PC-ISO、ULTEM 9085、PPSF は手でサポートを剥離・除去するタイプとなる。

また、PPSF 樹脂は、耐熱・耐薬品性が特徴であり、滅菌可能医療機器や自動車分野などへの適用が可能となる。なお、PPSF のサポート材料については、温度が高いうちに除去する必要がある。

### ■まとめ

先端計測加工ラボでの技術支援として掲げた航空・医療分野にも対応できる溶融積層造形装置の導入を図った。今後は、耐熱・高強度、並びに生体適合性などの材料特性を活かした具体的な応用事例や応用想定例を探っていくとともに、用途開発に力を入れながら技術支援を行っていく予定である。



図 1. 装置外観

表 1. 導入装置の基本スペック

製造元	Stratasys 社(米国製)
型番	FORTUS 400mc-L
造形エリア (mm)	W406 × D355 × H406
モデル材料	ABS-M30, ABS-M30i PC, PC-ISO, ULTEM 9085 PPSF
積層ピッチ (mm)	0.127, 0.178, 0.254, 0.330 (材料により異なる)



図 2. 航空機の操縦桿  
(ULTEM 9085 樹脂)



図 3. 骨盤の医療モデル  
(ABS 樹脂)

表 2. 導入装置における材料と積層ピッチの選択肢

モデル材料	サポート材料	サポートタイプ	モデル材料の積層ピッチ(mm)			
			0.127	0.178	0.254	0.330
ABS-M30	SR-30	Soluble	○	○	○	○
ABS-M30i (生体適合)	SR-30	Soluble	○	○	○	○
PC	SR-100	Soluble	○	○	○	
	PC-S	Break Away		○	○	○
PC-ISO (生体適合)	PC-S	Break Away		○	○	○
ULTEM 9085	ULT-S	Break Away			○	
PPSF	PPSF-S	Break Away			○	○

\*1) 城南支所

## 東京オリンピック 2020 のスタッフ用モビリティのデザイン開発 (おもてなしモビリティ in 東京オリンピック 2020)

○小山 登<sup>\*1)</sup>

■キーワード トランスポーターデザイン、サービスデザイン、小型モビリティ、フルサイズクレイモデル、モデルの軽量化

1. 東京オリンピック 2020 での運営スタッフ用の新しい「おもてなしモビリティ」の開発
2. フルサイズモデルの製作設備レスでのフルサイズクレイモデルの製法
3. モデルの軽量化のための工夫

### ■目的・背景

2020 年開催の東京オリンピックのために、東京都の法人として何か協力や提案できることはないかと考え、世界各国から来日する観客や選手に対して「おもてなしの心」を体感していただく小型モビリティのデザインを開発実施した。運営スタッフが競技会場や選手村の移動に関して、エコで効率的なパーソナルな移動ができる、かつ、周囲の人々に的確な情報を提供できるモビリティを開発することの意義は大きいと考える。小型モビリティの開発提案では、「フルサイズ設備（定盤やレイアウトマシンなど）レスでのフルサイズクレイモデルの製作」の試行とモデル製作プロセスを確立させた。

### ■研究・実施内

#### (1) 市場提案型プロジェクト

本プロジェクトは、新たな市場を開拓し、新しいデザインを実施することを目的としているため、会場周辺のフィールド調査を基に、その問題点や疑問点を東京都のオリンピック・パラリンピック準備局にインタビュー調査を実施し課題を取りまとめた。



図 1. T 型（左）と S 型（右）オリジナルスケッチ

#### (2) モビリティとしてのおもてなし

上述の検討結果により、ベイエリア地域にかかる橋が過度の渋滞を引き起こして、大会関係スタッフの移動の遅延などで大会運営に支障をきたすと考察して、橋や高速道路の側面をモビリティの移動に利用する専用交通網 T 型（移動支援）と観客が不慣れな場所で不便にならないように会場周でのヘルプデスク的サービスを提供する S 型（サービス支援）の 2 タイプを提案した。



図 2. S 型レンダリング



図 3. 走行時（左） 停車時（右）

#### (3) S 型モビリティのフルサイズクレイモデル製作

S 型の提案では、より実感ができるようにとフルサイズのモデルを製作することにした。従来は、フルサイズのクレイモデルを製作するには、フルサイズ定盤とレイアウトマシンなどの製作設備が必要となるが、本研究ではフルサイズ製作設備レスの条件下で次の工夫をすることで試作した。

- a) 木材とフォームを用い通常 50 mm 程度盛付けるクレイを 10 mm 以下に抑え、軽量化を図る。
- b) 軽量化と運搬の簡素化を目的として、ハーフモデル（車両右側）としミラーで立体的に表現する手法。
- c) 軽量化と寸法だしのために中組み木枠を工夫し、極力空洞部分を多く構成する。



図 4. モデル木枠とクレイ盛り付け



図 5. 完成モデルとミラーリング

### ■まとめ（今後の展開）

クルマは、本来人が乗って移動するという製品で、そのデザイン検討にはスケール（縮尺）ではなくフルサイズ（実物大）で実施されるべきである。ところが、設備や製作期間など難しい条件が多々ある。本研究では、フルサイズモデルを製作する設備が無い条件下で、その製作方法や表現の工夫などで、フルサイズクレイモデルを製作したことに大きな意義がある。今後は、室内のモデル製作などにも展開していければと考える。

\*1) 産業技術大学院大学

※本要旨集から転載する場合には、前もって都産技研に連絡の上、了承を得てください。  
本要旨集の内容は、ホームページにてPDFファイルとして提供しております。

ホームページ：<http://www.iri-tokyo.jp/>

登録番号 27 (本) 7

地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター  
平成 27 年度研究成果発表会要旨集  
平成 27 年 6 月 24 日発行

発 行 地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター  
広報室  
〒135-0064 東京都江東区青海 2-4-10  
TEL 03-5530-2521  
FAX 03-5530-2536  
URL <http://www.iri-tokyo.jp>

平成27年度 研究成果発表会要旨集  
平成27年6月



古紙配合率70%  
白色度70%の再生紙を使用しています

石油系溶剤を含まないインキを使用しています