

# モーションキャプチャシステムによる移動ロボットの運動計測事例

○佐々木 智典\*<sup>1)</sup>

## 1. はじめに

本稿では、モーションキャプチャシステム（図 1、Eagle Digital Real Time System、Motion Analysis Corp. 製）による計測データを、移動ロボットへの運動指令と実際の運動を比較・検証するために利用する事例を示す。

## 2. 計測方法

図 2 に示す独立 2 輪駆動の移動ロボットの運動を計測する。前進速度  $v=250\text{mm/s}$  及び機体中心まわりの回転速度  $\omega=0.625\text{rad/s}$  を一定として滑りがなければ機体中心の軌跡は、半径  $r=|v/\omega|=400\text{mm}$  の円となる（図 3、軌跡“theoretical”）。初期状態の機体座標系を固定した座標系を基準とすると、円の中心は  $(x, y)=(0, r)$  である。

外部の基準によらずに移動ロボットの位置・姿勢を推定する方法として、左右のモータの回転角度をロータリエンコーダにより検出し、各部の機構の寸法に基づき推定を行うオドメトリがある。図 3 の軌跡“odometry”は、この方法により推定計算の繰り返し実行速度を 10 Hz として推定された軌跡である。駆動輪の滑りによる誤差が影響し、推定軌跡は理論上の軌跡と異なる。

モーションキャプチャの実施にあたり、カメラ 4 台を設置し、移動ロボットに再帰性反射マーカを 4 個取り付けた（図 2）。これらのマーカの中心位置が計測され、モーションキャプチャ及びオドメトリそれぞれの座標系の変換の基準となる。すなわち (1) 点  $\mathbf{p}_t^1$  と  $\mathbf{p}_t^4$  の中点が機体の中心に一致し、(2)  $\mathbf{p}_t^1 - \mathbf{p}_t^3$  が  $x$  軸に平行かつ (3)  $\mathbf{p}_t^3 - \mathbf{p}_t^4$  が  $y$  軸に平行である。この前提の下に、時刻  $t=0$  における基準座標系の原点を  $\mathbf{p}_0^c = (1/2)(\mathbf{p}_0^1 + \mathbf{p}_0^4)$ 、軸方向を定める基底  $\{\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}\}$  を  $\mathbf{i} = N(\mathbf{p}_0^1 - \mathbf{p}_0^3)$ 、 $\mathbf{j}' = N(\mathbf{p}_0^3 - \mathbf{p}_0^4)$ 、 $\mathbf{k} = \mathbf{i} \times \mathbf{j}'$ 、 $\mathbf{j} = \mathbf{k} \times \mathbf{i}$  と求める（ $N(\mathbf{p})$  は正規化。手順上、 $\mathbf{p}_t^2$  は使用せず冗長であるが、他のマーカが隠れる場合を考慮して計測している）。以上により、座標変換を  $\tilde{\mathbf{p}}_t^c = [\mathbf{i} \ \mathbf{j} \ \mathbf{k}]^T (\mathbf{p}_t^c - \mathbf{p}_0^c)$  と定める。変換後の  $\tilde{\mathbf{p}}_t^c$  の軌跡が図 3 の軌跡“motion capture”である（計測速度が 120Hz とオドメトリよりも高く、点数が多いので 1/12 に間引いて表示）。

## 3. まとめ

本稿では、モーションキャプチャシステムによる計測事例を示した。確率統計に基づく、より高度な位置推定や SLAM (simultaneous localization and mapping) では、オドメトリとともに周囲を観測するセンサを併用し、位置や姿勢を推定するが、この場合でもモーションキャプチャシステムによる計測データとの比較は、妥当な推定を行うために有益である。



図 1. モーションキャプチャシステム

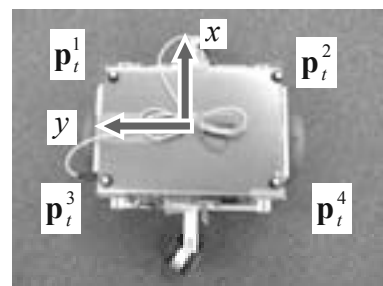


図 2. マーカを取り付けた移動ロボット

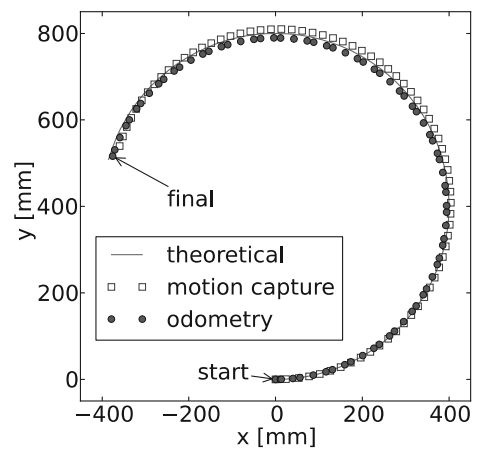


図 3. 計測した運動の軌跡

\*1) ロボット開発セクター