

統計的歩行解析と走力向上のモデリング

研究代表者 鎌倉 稔成 研究員

研究背景

歩容解析

人間の歩行特性の解析を歩容解析と呼び、なかでも映像を用いた歩容解析は、扱いの容易さから「認証技術」「理学療法」などの分野で重要な役割を果たす。→ 解析可能な映像は撮影条件に依存

どういったデータの解析が難しい？

対象が正対して接近してくる場合、映像中で対象が拡大するために解析が困難(図1)。



図1: 対象が正対して接近してくる場合のイメージ図。カメラに近づくために映像上で対象の大きさが拡大する

Okusa & Kamakura (2014) などでのこの問題に対し、概説矩形のスケール補正法を提案 → 歩容認証や解析への適用可能性を示した

提案モデル

$$S(\gamma, M_x, M_y) =$$

$$\sum_{i=1}^n \left\{ \left(x_i - \frac{M_x \gamma}{\gamma + (n-1)} x_n \right)^2 + \left(y_i - \frac{M_y \gamma}{\gamma + (n-1)} y_n \right)^2 \right\} \rightarrow \min.$$

初期値

$$\gamma : \frac{1}{2} \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N \frac{x_i(n-i)}{x_i - M_x x_n} + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N \frac{y_i(n-i)}{y_i - M_y y_n} \right\}, \quad M_x, M_y : 1$$

提案モデルにより歩行時の速度や歩行特性の推定が可能になった
→歩行時の実際の空間上の位置との照らし合わせが必要になる
→**室内位置推定技術の開発**

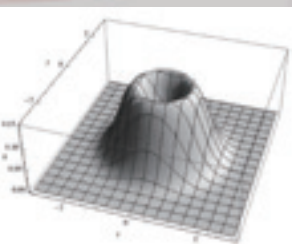
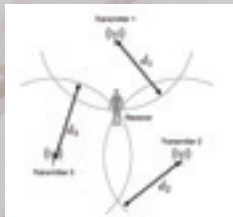
提案モデル I

室内での位置推定にあたって、本研究ではToA (Time of Arrival)方式のデータセットを使用した。ToA方式は、データの到来時間から基地局と対象の距離を推定する方法であり、誤差がなければ三角測量で対象の位置を推定できる。しかし、実際の観測値には誤差が含まれるので、本研究では正の分布を仮定して、対象の位置の推定を行う。

本研究では、以下の円周上の3パラメータワイブル分布を仮定し、対象の位置の推定を行う

円周3パラメータワイブル分布：

$$g(x, y) = \frac{\lambda m}{2\pi} (\sqrt{x^2 + y^2} - g)^{m-2} \exp \left\{ -\lambda (\sqrt{x^2 + y^2} - g)^m \right\} \quad (x, y, g, \lambda, m > 0).$$



← 円周3パラメータワイブル分布 (m=3, λ=0.5, m=0) (左図) と各基地局からの位置推定 (誤差のない理想的な場合) (右上図) 各基地局からの距離の分布に円周ワイブル分布を仮定し、誤差のある状況下でも、確率的に対象の位置の推定を行う。

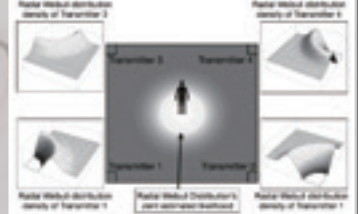
提案モデル II

各基地局における円周3パラメータワイブル分布からの対象の位置推定は、以下の尤度関数における最大尤度を示す座標 (x,y) を計算することで行われる。

$$L(\lambda_1, m_1, g_1, \dots, \lambda_K, m_K, g_K) = \prod_{k=1}^K \prod_{j=1}^{n_k} \frac{\lambda_k m_k}{2\pi} (\sqrt{(x_j - c_{1k})^2 + (y_j - c_{2k})^2} - g_k)^{m_k-2} \exp \left[-\lambda_k (\sqrt{(x_j - c_{1k})^2 + (y_j - c_{2k})^2} - g_k)^{m_k} \right]$$

← 各基地局からの円周ワイブル分布を掛けあわせ、その尤度が最大となる点 (x,y) を対象の位置とする。
(※ここでc1,c2は基地局の座標)

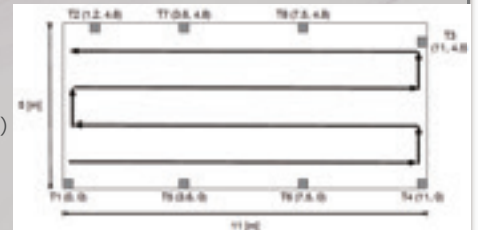
基地局が4つの場合の提案手法による位置推定のイメージ (右図) 密度関数を重ねあわせ、尤度が最大となる点が、対象のいる座標となる。



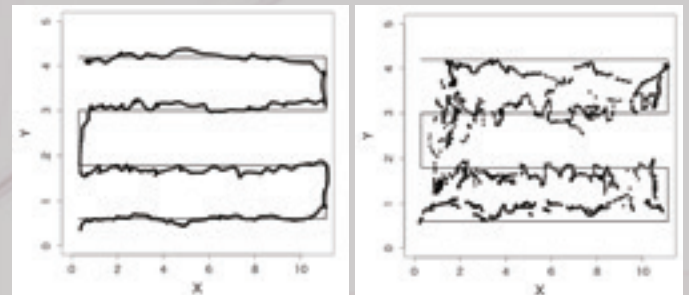
次の実験と結果の節では、提案モデルの有効性を、既存の最小二乗法による位置推定手法と比較することによって確認していく

実験と結果

提案手法の有効性の検証として、以下の11[m]×5[m]の実験環境で、矢印の経路で被験者に移動 (0.3[m]/sec) してもらい、提案手法とGPS等で用いられる最小二乗法を用いた手法で、室内での位置推定精度の比較を行った。



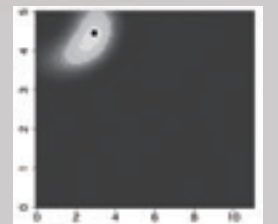
以下の結果が、提案手法 (左) と最小二乗法 (右) で対象の位置推定を行った結果である。



上手より、提案手法 (左図) が、最小二乗法 (右図) による推定結果に比べて、非常に良い推定精度を確保できていることがわかる。

右図は、対象が座標(3.4,5)に居た際の尤度と対象が実際にいた点を示した図であり、図からも提案手法が上手く対象のいちを推定できていることが見て取れる。

今後は、このシステムの実際の実装を行い、提案手法の歩容解析への適用を図っていく予定である。



参考文献

Okusa, K. & Kamakura, T. (2014). Statistical Registration of Frontal View Gait Silhouette with Application to Gait Analysis. Proceedings of the International Conference of Computational Statistics (COMPSTAT 2014), pp.411-418.