

# 歩行者自律航法に基づく 屋内測位技術に関する研究

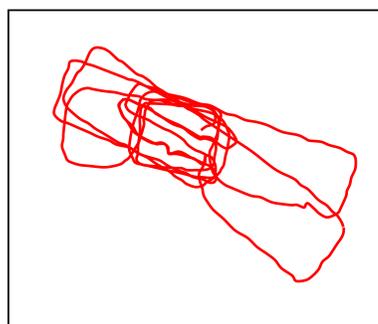
## PDR/BLEビーコン補正を用いた方法

- ▶ PDRにおける技術課題であるセンサ・個人差校正を実現した。
- ▶ BLEビーコンとの連携によるPDR軌跡の絶対化を実現した。
- ▶ スマートフォンを用いたリアルタイム屋内測位を実現した。

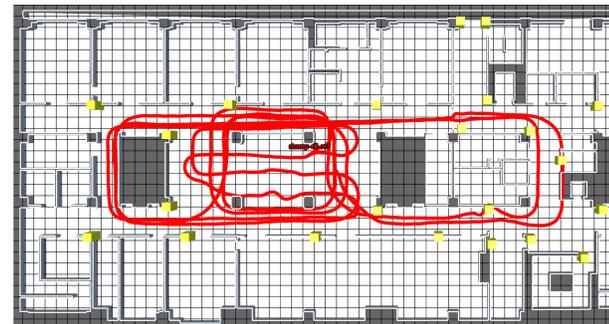
## 校正と軌跡の絶対化を同時実現するアプローチ

■ 歩行速度と線形相関性が高い振動特徴量を用いて速度を推定し、移動方向との積算によりPDR軌跡を仮生成する。

■ 仮生成された相対軌跡に対して、回転・平行移動・角速度オフセット補正・個人差パラメータ補正を行う変換を適用し、絶対測位方法との整合性が最も高くなる最適化パラメータを求めることで、測位の絶対化とセンサ・個人差パラメータ校正を同時実現する。



仮生成された相対軌跡



最適変換された絶対軌跡

校正と軌跡の絶対化を同時実現するアプローチ

## 目的関数のパラメータ最適化による校正と軌跡絶対化

目的関数：

$$e(X, Y, \theta, B, s, V_c) = \sum_{k=0}^{N_B} (x_k - x_{B_k})^2 + (y_k - y_{B_k})^2$$

平行移動：(X, Y)、回転： $\theta$ 、 $(x_{B_k}, y_{B_k})$ ：BLEビーコンの設置位置

角速度オフセット（鉛直方向成分）： $B$

速度推定スケール係数： $s$ 、切片： $V_c$

$$\begin{cases} x_k = X + \sum_{i=0}^k (s v_{DR_i} + V_c) (\Delta x_{DR_i} \cos(\theta + B t_i) - \Delta y_{DR_i} \sin(\theta + B t_i)) \\ y_k = Y + \sum_{i=0}^k (s v_{DR_i} + V_c) (\Delta x_{DR_i} \sin(\theta + B t_i) + \Delta y_{DR_i} \cos(\theta + B t_i)) \end{cases}$$

$(\Delta x_{DR_i}, \Delta y_{DR_i})$ : PDRに基づく相対移動単位ベクトル

$v_{DR_i}$ : PDRに基づく歩行速度

■ 目的関数をBLEビーコンの設置位置と変換軌跡上の点の距離の二乗和と設定する。

■ 変換パラメータは、平行移動・回転・角速度オフセット・速度推定スケール・切片の計6パラメータとする。

■ ニュートン法のような勾配ベース最適化手法の適用により高速収束するため、スマートフォン内蔵のCPUでもリアルタイム処理が十分に可能である。

## スマートフォンPDRによる評価実験

■ スマートフォン（Google Pixel 5a・腰部に装着）を用いて、一般的なオフィス環境を歩行したときの9軸センサデータを取得・処理して絶対測位・速度推定した結果と、LiDARによる測位・速度推定（真値）との比較によりその効果を検証し、以下の結果を得た。

	測位誤差 [m]	速度誤差 [m/s]
個人差パラメータ補正無し (4パラメータ最適化)	2.9	0.34
個人差パラメータ補正有り (6パラメータ最適化)	1.9	0.20



推定された軌跡の一例

青：提案手法、赤：未校正、緑：真値