

高齢者徘徊見守りシステムのための Bluetooth と GPS を併用した位置推定手法

山野 太靖[†] 白松 俊[†] 岩田 彰[†] 永井 明彦[‡] Mauricio KUGLER[†]

[†]名古屋工業大学 [‡]筑波大学

1. はじめに

近年，日本では医療技術の進歩により平均寿命が伸び老人の数が多くなり高齢化社会となっている。それに伴い，2025年には65歳以上の5人に一人が認知症になると言われている[1]。特に，徘徊高齢者の探索にかかる負担が大きく，その支援技術に対する社会的需要が高まっている。

本研究では，認知症患者の徘徊を見守るための小型 BLE (Bluetooth Low Energy) ビーコンと GPS を併用した位置推定手法を提案する。BLE ビーコンを徘徊高齢者が保持し，探索者がスマートフォンで捜索している状況を想定する。このとき，例えば「認知症サポーター」と呼ばれるボランティアが探索にあたる場合も想定されるため，仮に面識が無くても声掛けの手がかりとなる測位精度が要求される。小型 BLE ビーコンを使用するメリットとしては，低消費電力による長期携行可能な点，軽量のため所持者に負担をかけにくい点が挙げられる。また，小型 BLE ビーコンの受信機としてスマートフォンの使用を検討しているため新たなインフラ整備の必要が無いことも利点として挙げられる。

BLE センサの電波強度 RSSI (Received Signal Strength Indication) の値は，基本的に距離が近いほど強くなる特性があるので，これを用いて位置推定を行う。ただし，RSSI 値の変動は非常に大きく，また周囲の環境の影響も大きいいため 1 回の測定だけでは位置推定は難しい。この点をいかに解決するかが本研究の課題である。図 1 に，この課題に対するアプローチの概要を示す。探索者が移動するにつれ一定時間間隔でセンサからの RSSI 値と探索者の GPS 位置情報を取得し，複数回の計測結果を統合し位置推定精度の向上を図る。さらに，あらかじめ BLE センサの RSSI 値の分布を測定しておくことで，RSSI 値の変動を考慮した確率的な位置推定を行う。これらのアプローチから大きく変動する RSSI 値

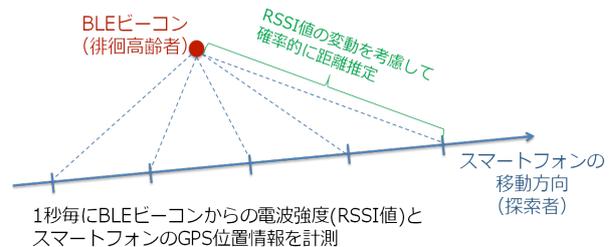


図 1: RSSI 値の変動を考慮した位置推定へのアプローチを用いた位置推定が可能になるかを検証する。

2. RSSI の変動を考慮した確率的な位置推定手法

従来研究[2]では，あらかじめ測定しておいた事前分布を利用し，RSSI 値の変動を考慮した位置推定手法が提案されている。測定された RSSI 値ごとに，ビーコンと受信機の距離の確率分布を求めておき，位置推定に利用する手法である。このような距離の確率分布を測定する際，RSSI 値の固定はできないため距離を固定して RSSI 値の変動を計測することになる。すなわち，まずは距離 10m における RSSI 値の頻度分布，次は 20m における RSSI 値の頻度分布，というように距離ごとに分布を測定する。このとき，距離 $d[m]$ のとき RSSI 値 $r[\text{dBm}]$ が観測された回数を $\text{freq}(r, d)$ と置くと，距離の確率 $P_r(d)$ は以下の式で算出できる。

$$p_r(d) = \frac{\text{freq}(r, d)}{\sum_q \text{freq}(r, d)}$$

ただし，計測回数を十分に確保できない場合は平滑化(smoothing)が必要となる。具体的には，確率の積算処理などの際に確率ゼロが混じると最終的な確率もゼロになってしまうというゼロ頻度問題[3]に対処するため，すべての $\text{freq}(r, d)$ に 1 を足すラプラス平滑化を行う。また，RSSI 値が 1[dBm] ずれた場合の頻度を重み 0.5 で加味することで，計測回数の少なさを補う平滑化も行う。これらの平滑化を行った場合の確率 $P_r(d)$ は，以下の式で算出される。

$$p_r(d) = \frac{\text{freq}(r, d) + 0.5(\text{freq}(r-1, d) + \text{freq}(r+1, d)) + 1}{\sum_q [\text{freq}(r, d) + 0.5(\text{freq}(r-1, d) + \text{freq}(r+1, d)) + 1]}$$

A Localization Method Using Bluetooth and GPS for an Aged Wanderer Monitoring System

Taisei YAMANO[†], Shun SHIRAMATSU[†], Akira IWATA[†], Akihiko NAGAI[‡], and Mauricio KUGLER[†]

[†]Nagoya Institute of Technology

[‡]University of Tsukuba

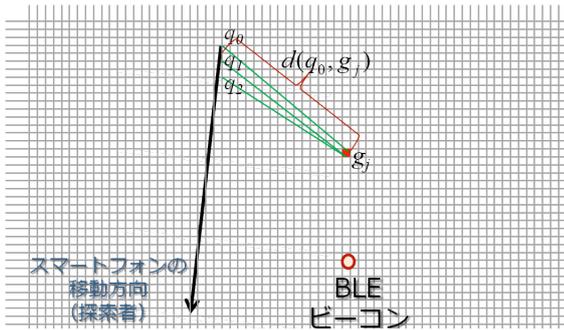


図 2: 一定時間毎の計測地点とグリッドの関係

上記の平滑化に加え、対数正規分布の混合分布としてモデル化などを行ってもいいが、まずは上記の式による確率 $P_r(d)$ を位置推定に用いる。まずは図 2 に示すように、50cm 四方の細かいグリッドを設定し、グリッド毎に BLE センサの存在確率を計算する。そのため探索者の移動につれ一定時間間隔で計測する地点を $[q_t]_{t=0,1,\dots}$ と置き、各計測地点での RSSI 観測値を $[r_t]_{t=0,1,\dots}$ 、計測地点 q_t からグリッド g_j への距離を $d(q_t, g_j)$ と置くと、グリッド g_j に BLE センサが存在する確率 $p(g_j)$ は以下のような確率の式で算出できる。

$$p(g_j) = \frac{\prod_t p_r(d(q_t, g_j))}{\sum_j \prod_t p_r(d(q_t, g_j))}$$

グリッド g_j を $p(g_j)$ の降順にソートし、上位 n 個のグリッドを BLE センサの推定位置と見なす。これにより徘徊高齢者が動いていないと仮定した場合には確率的に位置推定することができる。

3. 障害物のない空間での位置推定実験

比較的広く、障害物の少ない名古屋工業大学のグラウンドで実際に BLE センサの位置推定実験を行った。事前に RSSI 値の頻度分布を計測し、 $\text{freq}(r, d)$ 及び $p_r(d)$ の事前分布を求めた。これを平滑化した分布を図 3 に示す。図 3 を見ると複数の山を持つ分布となっていることがわかる。これは直接届く電波と地面からの反射波が逆位相となる距離で打ち消し合うことが原因と考えられる。

この事前分布を用いて、実際の位置推定実験

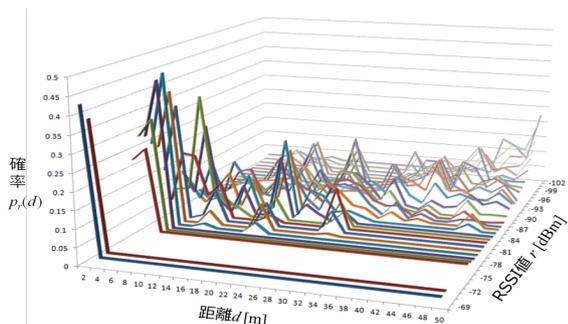


図 3: RSSI 値ごとの距離の確率分布

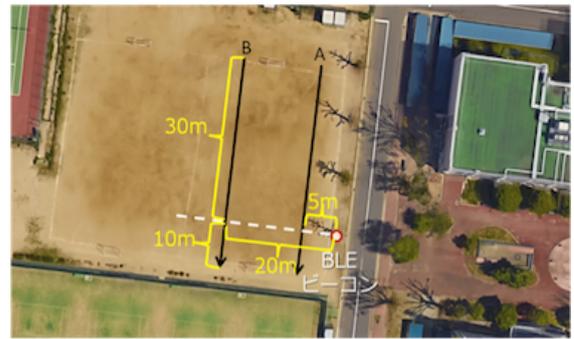


図 4: 位置推定実験での探索者の歩行ルート A, B

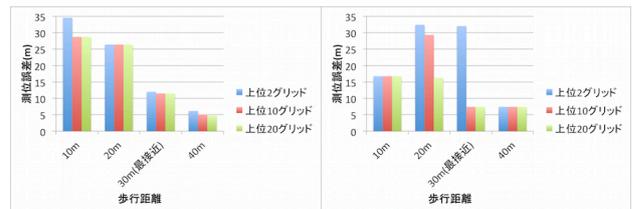


図 5: 各ルートにおける測位誤差 (左:A, 右:B)

を行った。図 4 に示すように A, B の 2 つのルートを歩行した。探索者はスマートフォンを体の前に保持し、歩行速度 1[m/s] で各ルートを 5 回ずつ歩行した。スマートフォンによる計測の間隔は 1 秒とした。図 5 に実験より得られた測位誤差の平均を示す。なお、測位誤差は $p(g_j)$ 上位 n 個のグリッドのうち、最も真の BLE センサの位置に近いグリッドからの誤差とする。これらの結果から、探索者が徘徊高齢者を追い越したタイミングでは、仮に両者の間に面識が無い場合でも、声掛けの手がかりとして十分に参考にできる測位精度を実現できる可能性が示唆された。

4. おわりに

本研究では事前に測定した確率分布を用いてグリッド毎のセンサの存在確率を推定する位置推定手法を開発し、その測位精度を検証した。今後の課題として、グリッド毎の存在確率をヒートマップ的に可視化することや徘徊高齢者の移動も考慮した手法への拡張などが挙げられる。

謝辞 本研究は、総務省 SCOPE 地域 ICT 振興型研究開発、および、JSPS 科研費(25870321)の支援を受けた。

参考文献

- [1] 牧陽子 (2015). 認知症の作業療法への提言—認知症を含む社会的弱者を包摂する地域づくりへの貢献と日本からの発信. *作業療法ジャーナル*, 49(7), pp. 780-785.
- [2] Jie, Zhan, Liu Hongli, and Huang Bowei (2011). A new algorithm of mobile node localization based on RSSI. *Wireless Engineering and Technology*.
- [3] Chen, Stanley F., and Joshua Goodman (1999). An empirical study of smoothing techniques for language modeling. *Computer Speech & Language* 13(4), pp. 359-393.