JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	Bluetooth Smart 発信機を用いた高齢者見守り機構「見守りプラス」の研究
Author(s)	永井，明彦；マウリシオ，クグレ；白松，俊；王，建青；岩田，彰
Citation	年次学術大会講演要旨集，31：446-451
Issue Date	2016-11-05
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/13909
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

２Ｅ０４
Bluetooth Smart 発信機を用いた高齢者見守り機構「見守りプラス」の研究

○ 永井　明彦（筑波大学），クグレ・マウリシオ，白松　俊，王　建青，岩田　彰（名古屋工業大学）

近年，健康寿命の伸長によって認知症高齢者が増加しているが，多くは MCI か軽度の認知症であり，日常の生活には支障がないため独居・高齢者夫婦で暮らしている。しかし，これらの認知症高齢者はあるきっかけで徘徊行動に陥る危険性を持っている。このような課題を解決するために，名古屋工業大学を中心とする研究グループでは，BLE（Bluetooth Low Energy）による近距離発信機（ビーコン）を用いて行動を観測し，異常な行動が観測された場合に関係者に通知し，事故の発生を未然に防止する見守り機構「見守りプラス」を開発した。

1.　はじめに

社会では携帯型発信機（ビーコン）を利用した見守り機構が提案され，サービスを提供する企業が多く生まれている。特に，認知症高齢者を対象とし，徘徊時の保護を目的とした Bluetooth Low Energy（BLE）による近距離発信機（ビーコン）による「見守り」サービスが注目されている。

わが国は 3,384 万人（平成 27 年）の高齢者を抱える超高齢社会であり[1]，そのうち 20%が認知症高齢者である。認知症高齢者はさらに増加する傾向にあり，2025 年には 700 万人以上になると推計されている[2]。

一般に多くの認知症高齢者は軽度（まだらボケ）であり，通常時は日常生活には支障がないが，あるきっかけで徘徊行動に陥る。

今後独居・高齢夫婦世帯が増加する中で，高齢者の多くが安全・安心な生活を確保するためには，有用な「見守り」サービスを提供することが喫緊の課題である。実際に，認知症高齢者の徘徊が原因による死亡数は年間 10,783 人（警視庁 HP）であり今後も増加する傾向にある。

すなわち，徘徊行動に陥った認知症高齢者をより早く保護することができる「見守り」サービスの普及が社会では強く望まれている。

2.　研究の概要

近年携帯型ビーコンを用いた「見守り」が社会で注目されており，BLE は特に認知症高齢者の徘徊に対応するための「見守り」に有用な近距離通信技術として着目されている。

BLE ビーコンは，サーバーと直接通信する GPS・3G ビーコンと違い，スマートフォンや専用受信機を介してサーバーと通信する必要があるが，消費電力が小さく，「ボタン電池 1 個で 1 年以上利用できる」，「小型・軽量化できる」，という大きな利点がある。これにより，高齢者の「見守り」に有用な手段として期待されている。

その一方で，BLE は 2.4GHz という周波数を通信に用いるため，回折性が低く，障害物（例えば人）の影響を受けやすい課題を抱えている。このため，指向性と安定した発信性能が求められる。

また，ビーコンではなく，受信機（BLE スマートフォンなど）の位置情報を用いるため，半径で最大 50m の誤差が生じる。このため，ビーコンの正確な位置を把握するには，受信したスマートフォンや専用受信機からビーコンの方向と位置を推定する技術が求められる。

名古屋工業大学を中心とする研究グループは，総務省の戦略的情報通信研究開発推進事業（SCOPE）で採択され，（１）指向性と安定した発信性能を実現するビーコン（図 1），受信したスマートフォンや専用受信機からビーコンの方向と位置を推定する技術の研究・開発に取り組んでいる（図１）[3][4][5]。

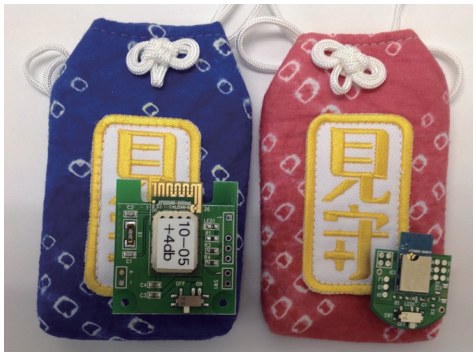


図 1　BLE ビーコン・格納用袋（試作）

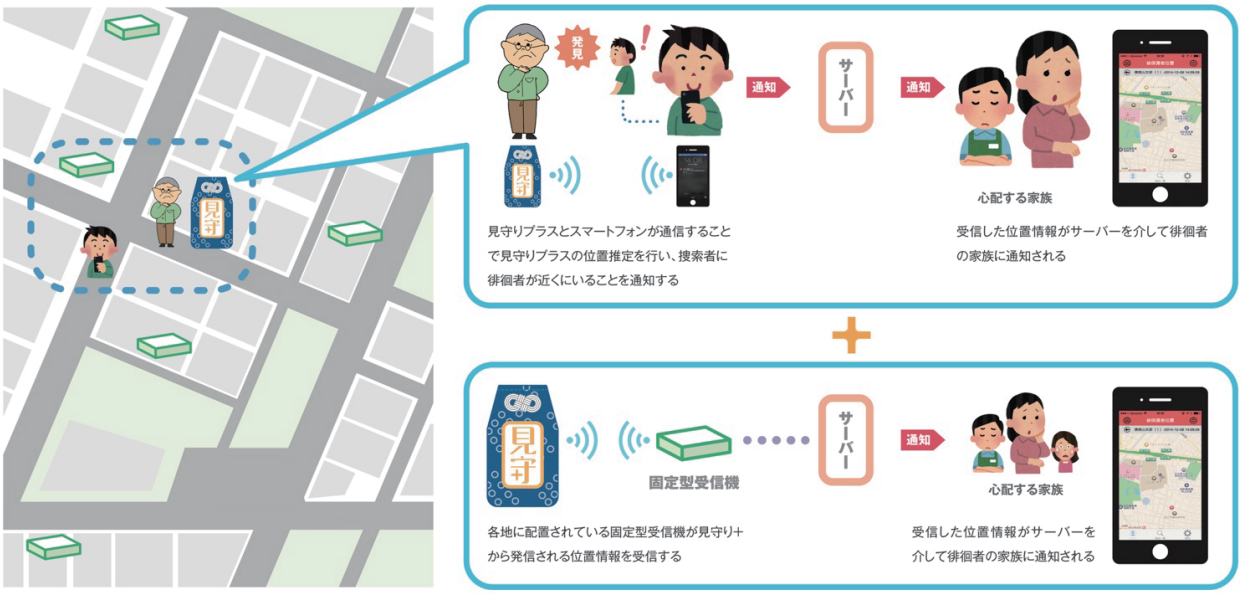


図 2　「見守りプラス」の仕組み

3.　「見守りプラス」の仕組み

本研究グループが提案する見守り機構「見守りプラス」は，BLE ビーコン（見守りビーコン），受信機（スマートフォン，専用受信機），サーバー・システムで構成される（図 2）。

「見守り」ビーコンは一般に普及しているストアビーコンと異なり，受信範囲内でビーコンの信号を確実に受信しなければならない。本研究グループでは，指向性と安定した発信性能を実現するアンテナ設計により，課題を解決するビーコンを開発した。また，スマートフォンや専用受信機が受信したビーコンの位置を推定する技術を開発中である。

さらに，社会実験を通して行動データを収集し，AI が行動履歴を学習することで行動の変化を予測する研究を開始している。本技術を社会実装することで，市場で提供されている全ての「見守り」サービスの行動データを活用し，安心・安全な社会インフラ網を確立することが可能である。各企業のデータを共有し，行動を予測する網羅的な「見守り」網の実現が期待できる。

4.　新規性・優位性

社会では，本研究グループが対象としている BLE ビーコン以外に多くのビーコンによる「見守り」サービスが提案・提供されている。特に，GPS+3G ビーコンを用いたサービスが，最も多く見られている。本ビーコンは，GPS により位置情報を取得し，3G でサーバーに位置情報を送信する。3G で通信できる環境があれば，適宜位置情報を取得できるため，「見守り」に適した機能を持っている。しかし，ビーコンの消費電力が大きく，大容量の二次電池（充電ができる電池）を用いても連続して使用できる時間が短い（最大 60 時間程度）ことが普及を阻害している。

また，920MHz（ISM サブギガ帯）を用いたビーコンによる「見守り」サービスを提供する企業も見られる。920MHz は，回折性が高く，送信距離も最大 1km 程度，大容量の二次電池を用いることで長時間（SAN フラワーというサービスは 300m の送信距離で，約 1.5 か月の連続使用時間となっている）の連続使用ができるという利点がある。しかし，専用の受信機が必要となる（見守り対象地域に網羅的に設置する必要がある），ビーコンの位置を推定する必要がある（BLE ビーコンと同様にビーコンが位置情報を発信しないためである）。

これに対して BLE ビーコンは，消費電力が小さいためコイン型リチウム電池（CR2032）1 個で 1 年以上連続使用が可能，専用の受信機以外にスマートフォンで受信できる（専用のアプリが必要）という利点がある。

しかし，前述したように回折性が低く，障害物（例えば人）の影響を受けやすい。本研究グループが行った電波暗室での試験では，体に密着して携帯（ポケットにビーコン入れて携帯する等）した時に（インピーダンスの）ミスマッチングが発生し，出力が 20%程度まで低下する，という課題がある。さらに，920MHz のビーコンと比べて，送信距離も 100m 程度（理論的には最大 300m）と短い。

また，BLE ビーコンは位置情報を発信しないた

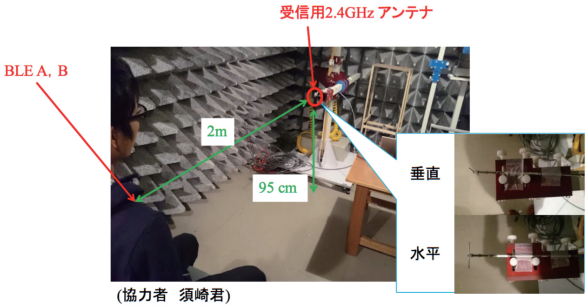
め，信号（ID）を受信したスマートフォンや専用受信機からビーコンまでの送信距離と方向で誤差（半径で最大 50m の誤差が生じる）が発生する。

すなわち，BLE ビーコンを「見守り」に利用するには，（1）指向性と安定した発信性能を検討すること，（2）位置情報を推定すること，が必要となる。

5. 研究の概要

（1）指向性と安定した発信性能を実現する

BLE は ISM2.4GHz を使用するため，電波暗室で放射特性を測定した（図 3）。



（協力者 須崎君）

図 3 伝搬室での放射特性の測定

その結果，人体正面方向への放射が強く，平均 RSSI（Receive Signal Strength Indication:受信信号強度検出，または電界強度検出。受信している電波信号の強さを数値化したもの）は地面に対して垂直になる方が大きいことがわかった（図 4）。

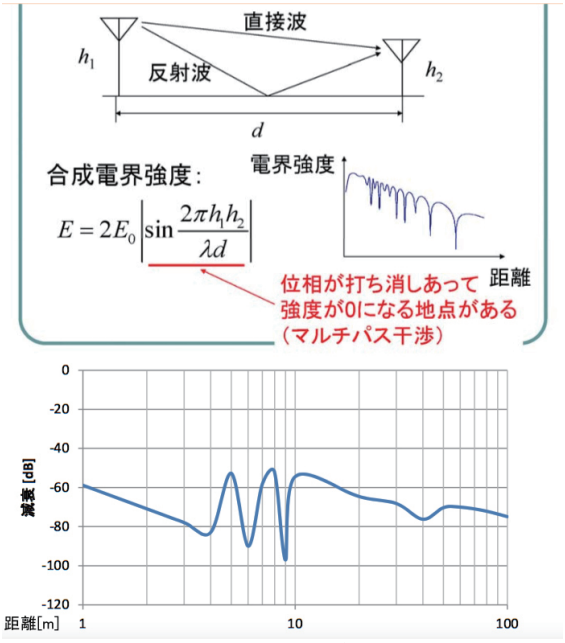


図 4 大地上での伝搬損失

また，回折性が低いことにより，発信する電波が障害物で反射し，発信性能が不安定となる，体に密着して携帯（ポケットに入れて携帯する等）した時に（インピーダンスの）ミスマッチングが発生する（図 5）。

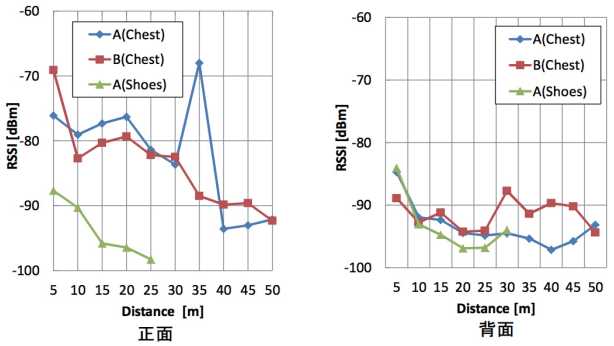


図 5 RSSI の測定結果

測定条件：ビーコン A(Chest)は床から 0.9m，A(Shoes)は，靴の踵部に固定

このため，BLE ビーコンを見守りのような用途で使用するためには，人体とのミスマッチングを解決し，電波に指向性を持たせて，障害物をあってもなるべく受信できるようにアンテナを設計する技術を開発する必要がある。

本研究グループでは，シミュレーションを基に，ビーコン（モジュール）に適切な指向性とミスマッチングを解決する専用アンテナを設計する技術を確立することに成功している。図 6 は，前方方向に指向性を集中した時のアンテナの設計例を示したものである。

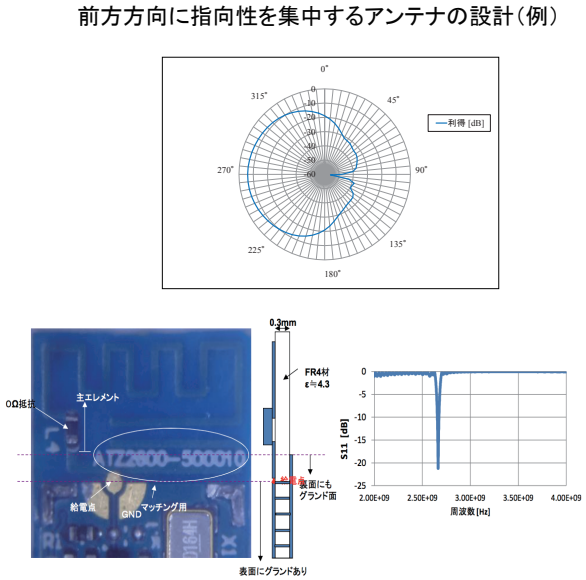


図 6 アンテナの設計例

（2）位置推定

本研究グループは，電波強度から概ねの位置情報との誤差を算出し，多地点計測結果を確率的に統合することで位置を推定する技術開発を行っている[6][7]。

これまで，電波強度から位置推定する時に課題となる電波強度の変動の大きさを解決するために，複数の受信機による対応が提案されていた。

本技術は 1 台の受信機で複数回計測した位置情報（多地点計測結果）を基にグリッド毎の存在確率を算出し，受信位置からビーコンの存在する方向を推定するという大きな特徴を持っている（図 7）。

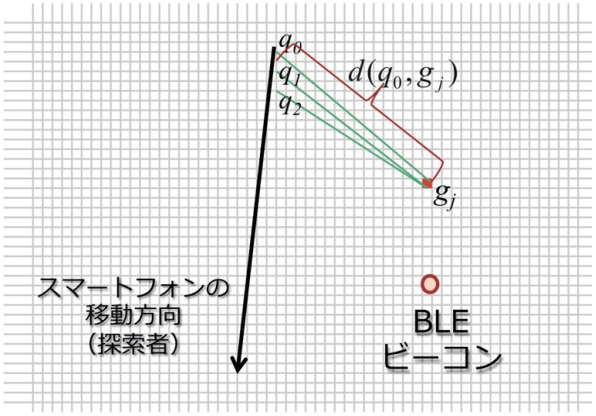


図 7　グリッド毎の存在確率の算出

また，予め学習したビーコンの電波強度毎の距離の確率分布を基に，電波強度のばらつきを補正し，なるべく正しい受信位置とビーコン間の距離を算出する（図 8）。

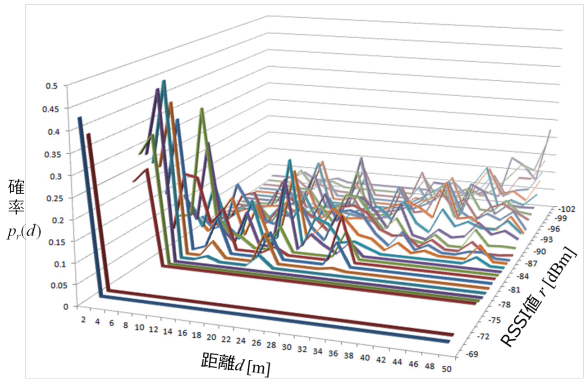


図 8　電波強度毎の距離の確率分布

6.　社会実験の実施

平成 27 年度に実施した社会実験

研究グループが提案する「見守りプラス」は，ビーコンが発信する信号を 50m 以内に存在するスマートフォン（または固定型受信機）が検出し，クラウド・サーバに位置情報を送信する。この時，クラウド・サーバは，スマートフォンが送信する情報を蓄積，管理する。研究グループは見守り機構の有効性を検証するため，愛知県大府市，及び名古屋市中川区で社会実験を実施した（表 1）（表 2）。

本社会実験では，（1）ビーコンの周囲 50m 以内でスマートフォンによる検知，（2）ビーコン携行高齢者の行動観測，に重きを置いて実証を行った。

（1）愛知県大府市

比較的人通りの少ない地域での見守り機構の有効性を検証した。

表 1 愛知県大府市での社会実験

日時	平成 27 年 11 月 14 日（土） 13：00～16：00
場所	吉田公民館近辺で捜索訓練を実施 〒474-0042 愛知県大府市高丘町 2 丁目 2
結果	模擬的に徘徊した高齢者数：3 名 スマートフォン利用数： 14 台（名古屋工業大学　教員・学生） ビーコンの検出数：302 件 サーバーからの通知数：302 件 管理データの記録数：302 件
評価	当日は雨天であったため，探索者は自動車内から捜索訓練となった。自動車の室内には電波が届かず，ビーコン検出距離は 10m 以下であった。

愛知県大府市での社会実験は，雨天の中で決行した。探索者は自動車内でスマートフォンを用いて捜索した。自動車の車内では，10m 程度でないとビーコンが検出できず，有効性を得ることができなかった。これは，自動車のシールド性が高く，室内から電波が受けにくい環境を生み出しているためであると考えられる。自動車でのビーコン受信には，スマートフォンではなく，専用の受信機を検討する必要がある。

（2）名古屋市中川区

人口密集地である都市部での有効性，及び建造物や人が電波に及ぼす影響を検証した。

名古屋市中川区の社会実験は，表通りではビーコンの検出距離が 50m 程度であり，有効性を実証できた。しかし，路地裏では電波が遮断・反射し，受信距離が短くなり，有効性が実証できなかった。これは，都市部は建造物や往来する人が障害物となっているためと考えられる．

このため，アンテナの送信特性の向上を図り，センサ検出性能を改善する必要があることが知見として得られた。また，50m でビーコンを検出

した場合，スマートフォンとビーコンの位置の差が大きく，実際に保護するときに，位置が特定できないという仮説も実証できた。

表 2 名古屋市中川区での社会実験

日時	平成 27 年 11 月 16 日（月） 13：30～16：00
場所	中川福祉会館から八熊コミセン間での捜索訓練 （中川福祉会館） 〒454-0031 名古屋市中川区八幡本通二丁目 40 （八熊コミセン） 〒454-0012 愛知県名古屋市中川区尾頭橋 4 丁目 5-24
結果	模擬的に徘徊した高齢者数：2 名 スマートフォン利用数： 15 台（名古屋工業大学　教員・学生） ビーコンの検出数：590 件 PUSH 通知数：199 件 管理データの記録数：590 件
評価	表通りでは発信機の検出距離は 50m 程度であり，有効性が検証できた。路地裏では，電波が遮断・反射し受信距離は短くなった。このため，有効性を検証できず，アンテナの送信特性の向上を図り，検出性能を改善する必要がある。

（3）平成 28 年度の社会実験（計画）

本研究グループは，（1）（2）の課題を解決する技術を検証するために，技術による愛知県大府市ウェルネスバレー推進室の協力の下，社会実験を実施する。　東海道線　共和駅周辺の 500m×500m のエリアに固定型受信機（18 台）をメッシュに設置し，同エリア内に居住する地域住民 10 名に BLE ビーコンを携行してもらう社会実験を平成 28 年 10 月から平成 29 年 2 月までの 5 ヶ月間に渡る長期間実施する（図 9）。

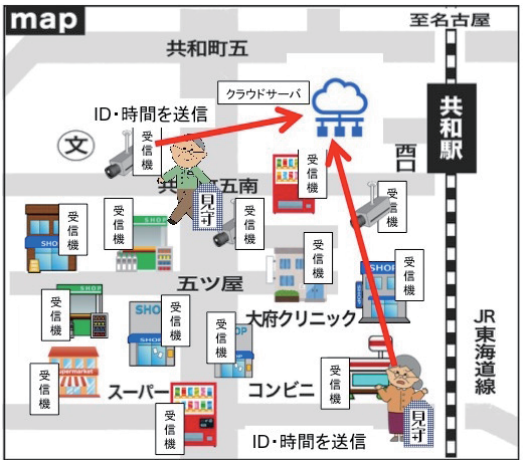


図 9　社会実験の計画図

また，本社会実験は，（1）指向性と安定した発信性能を検討すること，（2）位置情報を推定すること，解決する技術を検証する以外に，ビーコン携行者（認知症高齢者と想定）の行動データを収集する。

これは，AI が行動履歴を基に行動の変化を予測する技術開発に利用するためである。すなわち，軽度の認知症高齢者があるきっかけで徘徊に陥った状況を察知し，いち早く保護するためのデータを収集する。

7.　まとめ

名古屋工業大学を中心とする研究グループは，BLE（Bluetooth Low Energy）による近距離発信機（ビーコン）を用いて行動を観測する見守り機構「見守りプラス」を研究・開発している。

ISM2.4GHz を用いたビーコンは，回折性が低い。このため，研究グループでは，指向性と安定した発信性能を検討した。また，ビーコンが位置情報を提供しないため，ビーコンと受信機（スマートフォン）の位置には半径で最大 50m の誤差が生じる。このため，研究グループでは，受信したスマートフォンや専用受信機の位置情報を基に，ビーコンの方向と位置を推定する技術を開発している。

さらに，AI が行動履歴を基に行動の変化を予測する技術の研究・開発に取り組んでいる。

謝辞

本研究は，平成 27，28，29 年　総務省戦略的情報通信研究開発推進事業（SCOPE）の支援による。

参考文献

[1] 総務省，統計から見た我が国の高齢者，統計トピックス No,90,2015 年 9 月 20 日.

[2] 厚生労働省，今後の高齢化の進展〜2025 年の超高齢社会像〜，第 1 回介護施設等の在り方,2006.
[3] 永井明彦，持田昇一，BLE センサとスマートフォンを利用した認知症高齢者見守りサービスの研究, 開発工学 2015 年度前期号, Vol.35(No.1), pp.55-58, 2015.
[4] 永井明彦，竹尾淳，矢口隆明，村上正知，岩田彰，BLE センサと国内普及 5,700 万台のスマートフォンと利用した認知症高齢者見守りシステムの提案，第 54 回日本生体医工学会大会，2015（名古屋（ポスター）: 2015 年 5 月 7 日− 9 日）.
[5] 永井明彦，クグレマウリシオ，岩田彰，“近距離無線通信技術によるセンサとスマートフォンを用いた高齢者見守り機構の開発”，第 4 回高齢社会デザイン研究発表会（東京大学 : 2016 年 2 月 27 日）
[6] 白松俊，山野太靖，岩田彰，永井明彦，クグレマウリシオ，“徘徊高齢者捜索のための BLE ビーコンの電波強度分布を用いた位置推定手法”, 第 4 回高齢社会デザイン研究発表会（東京大学 : 2016 年 2 月 27 日）
[7] 山野太靖，白松俊，クグレマウリシオ，岩田彰，“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”，情報処理学会第 78 回全国大会（慶応大学（日吉キャンパス）: 2016 年 3 月 11 日）