

屋内測位技術の動向について

ソリューション本部 社会システム部

中尾 浩一

1. はじめに

スマートフォンやタブレット端末の爆発的な普及に伴い、モバイル環境における位置情報の活用ニーズが高まっている。今やスマートフォンやタブレットには Wi-Fi や Bluetooth などの無線機能はもちろんのこと、GPS やジャイロなどの小型で高性能なセンサーが標準で搭載されるようになり、これらを利用した実用的な位置情報ソリューションの提供が望まれている。

屋外測位については、2020 年頃までには準天頂衛星が 4 機体制での本格的な運用を開始する予定であり、これまで測位が困難だったビル陰部や山間地も含めてほとんどの場所で、大幅な測位精度の向上が期待できる。一方、GPS 信号が届かない屋内については、現在、様々な技術が検討されているが、まだ決定打は出ていない状況である。

このような状況を踏まえて、本稿では、これからの位置情報ソリューションを構築していく上で重要となる屋内測位技術について、ベースとしている考え方やアイデア、メリットと課題などを紹介する。

2. 屋内測位技術の紹介

2.1 Wi-Fi 測位

近年、無線 LAN の接続環境は屋内外共に急速に整ってきているが、この状況をうまく活用しようとするのが Wi-Fi 測位である。国内では、クウジツ社の「PlaceEngine」が代表格で、海外では複数の商用

サービスが本格化しており、Apple 社が屋内測位ベンチャーの WiFiSLAM 社を買収するなど話題が多い。

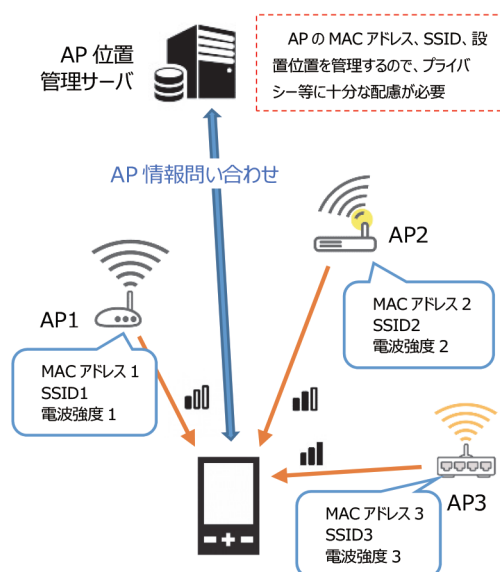


図 1 Wi-Fi による測位 (電波強度による 3 点測位)

Wi-Fi 測位では、無線 LAN のアクセスポイント (AP、以下 AP とする) から発信されるビーコン信号 (MAC アドレス、SSID、電波強度) を受信して、電波強度により AP との距離を推定して測位を行う。GPS と同様に 3 点測位が基本であり、AP の数が増えるほど精度は向上する。

メリットは、既設のものも含めて、一般に市販されている AP を利用できることで設備投資を安価に抑えられること。また、移動体デバイスとして Wi-Fi が標準搭載されているスマートフォンなどをそのまま利用で

きることがあげられる。課題は、測位精度が数 m～数十 m と AP の設置環境に大きく左右されること。また、位置推定のためには AP の MAC アドレスと SSID、設置位置(絶対位置)をセットで関連付けて管理しなければならないが、これらの情報はプライバシーと密接に関わるため、十分に注意して取り組む必要がある。ちなみに、現在 iPhone や iPad では、AP のビーコン情報を取得・管理するようなアプリは Apple 社の承認が下りない状況にある。

2.2 iBeacon

iBeacon は、Bluetooth 4.0 で新たに追加された BLE(Bluetooth Low Energy)省電力近距離通信の信号強度を利用した距離推定技術をベースとしている。Apple 社の iOS 7 に標準搭載されたことで一躍脚光を浴び、O2O(Online To Offline)サービスの切り札として注目を集めている。ちなみに iBeacon は Apple 社の商標である。最近では、来店検知や店舗等での商品案内、クーポン発行など、具体的なサービスが続々と登場している。

iBeacon では、識別子などのビーコン信号を発信する機器をペリフェラル、そのビーコン信号を受信する機器(iPhone など)をセントラルと呼ぶ。通常はこれにペリフェラルを管理するサーバや、セントラルが受信したビーコン信号をもとにセントラルに対して、例えばクーポンを発行するとか、広告を送るためのサーバが必要になる。ペリフェラルからは一方的にビーコン信号が配信されるだけで、相互通信が行われるわけではなく、また、セントラル側では、ビーコン信号を受信してサーバとサービスのやり取りをするためのアプリを事前に起動しておく必要がある。測位については、ペリフェラルが存在する領域への入/出の検知と、

ペリフェラルまでの距離が「至近」、「近い」、「遠い」、「不明」という相対的な距離を把握できるだけで、ペリフェラルまで何 m といった絶対的な距離の測定は基本的にはできないことを理解しておく必要がある。

このように、iBeacon は情報の一方的な垂れ流しであり、容易に傍受できるため、なりすましで受信されて困るようなサービスでの利用には向かないことに留意したい。またアプリ開発の観点では、iOS 7 については iBeacon のクラスが用意されているが、Android については Ver. 4.3 以降で BLE に対応しているというだけなので、iBeacon をハンドリングするための処理は自前で実装する必要がある。

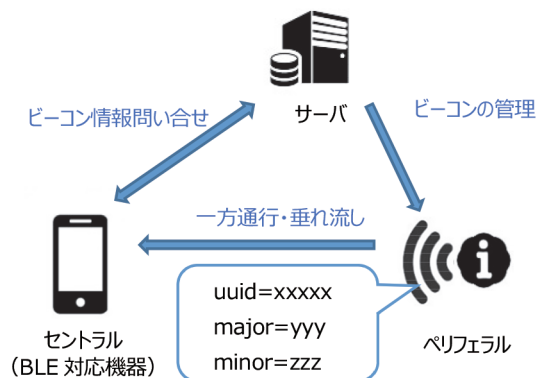


図 2 iBeacon の構成要素

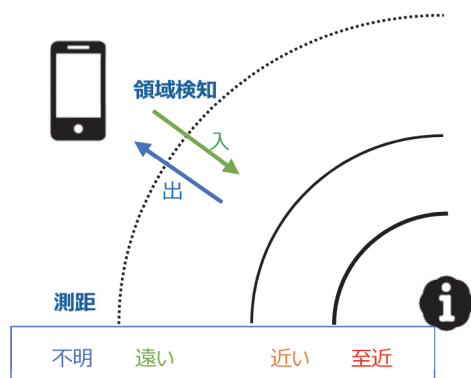


図 3 iBeacon の測距

2.3 UWB

超広帯域無線通信(UWB: Ultra Wide Band)は、数 GHz に渡るかなり広い帯域を使用する通信方式である(携帯電話は数十 MHz 程度)。NICT(情報通信研究機構)が開発中の屋内測位システムでは、7.25-10.25GHz の帯域を使用するインパルス方式 UWB (IR-UWB)を採用しており、測位方法は、GPS と同じ原理で、屋内に設置されている 3 つ以上の固定機と計測対象の UWB 移動機との距離を信号到来時間により計測して位置を特定する。インパルス方式 UWB は、ナノ(10^{-9})秒以下の非常に短いパルス幅の電波を使用することでギガ bps レベルの高速通信を実現でき、電波の空中伝搬時間を高精度に測定できる。このためリアルタイムに数十 cm という非常に高い精度で位置の測定を行えるという優位性がある。また、送信出力がパソコン等の電子機器が発生するノイズの 500 分の 1 以下と非常に小さいので、消費電力も少なく、他の電子機器や人体に与える影響もほとんどないという特徴もある。課題は、専用の固定機と移動機が必要で、現状、スマートフォン単体では活用できないこと。また、測定距離は 30m 程度までで、屋内の形状や遮蔽物の位置など見通しを考慮して、固定機の配置設計を綿密に行う必要があること。このため、広域の測位には不向きだが、工場など特定のエリア内で高精度な測位が求められるようなシーンには有望である。現在は、物流倉庫でのフォークリフトの安全管理や、ショッピングモールにおける視覚障がい者向けのナビゲーションシステムなどの実証実験が行われている。なお、余談になるがインパルス方式 UWB は、IEEE の BAN (Body Area Network)規格に採択されており、体装着型の心電計や脈拍計、病床モニターなど医療分野で生体計測

データを収集するための通信インフラとしても期待されている。

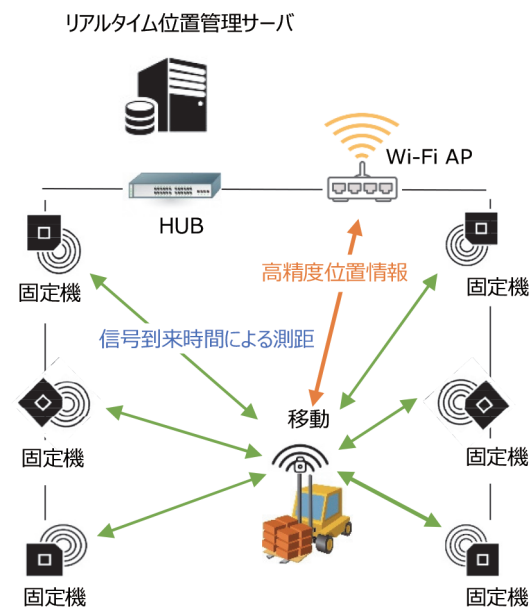


図 4 IR-UWB リアルタイム測位システムの構成例

2.4 IMES

IMES (Indoor MESSaging System) は、JAXA (宇宙航空研究開発機構) が民間企業と協力して発案した日本発の屋内測位技術である。屋内の天井等に GPS 衛星と同等の信号を発する送信機を設置し、屋外⇄屋内での測位を同じ GPS 受信機 (スマートフォンなど) を用いてシームレスに行うことができる。具体的には、送信機からは、設置位置の緯度・経度座標と建物の階数情報そのものが送信されるため、原理的に測位誤差は発生しない。強いて言えば、電波の送信範囲 (カバレッジ、数 m ~ 10m 程度) が測位誤差と見なされる。

メリットは、スマートフォンなど既存の GPS 受信機がファームウェアの書き換え程度で利用できるようになるため、低コスト、かつ短期間で対応端末が普及

する可能性があること。また、国土地理院が取り組んでいる「場所情報コード」との連携も検討されており、今後の新たな位置情報基盤として大いに期待されている。一方、課題については、送信機の設置や運用に関わるコストを誰が負担するかなど具体的にならなく、現状はまだインフラが整っていないことがあげられる。なお、IMES 送信機の設置と運用については、送信機が絶対的な位置座標を提供するため、その位置精度を担保する必要があり、現在は JAXA へ申請することが義務付けられている。

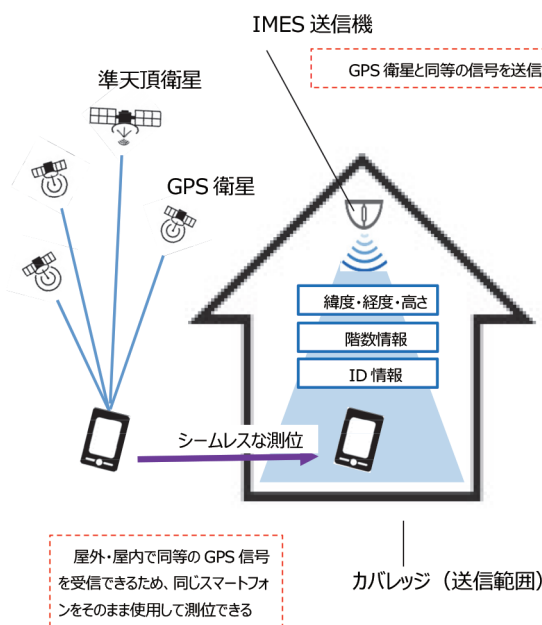


図 5 IMES の概要

2.5 PDR

歩行者自立航法 (PDR: Pedestrian Dead Reckoning) は、歩行者に装着したセンサー機器 (気圧センサー、地磁気センサー、加速度/ジャイロセンサーなど) により、移動方向と移動量を推定する技術である。PDR 単体では、現在位置からの相対量を計

測するため、移動体の動きに合わせて計測を繰り返していくと誤差が蓄積してしまうという問題がある。このため、最近では、PDR による相対位置の計測を補正する目的で、屋内に設置している RFID や超音波発生装置などの絶対位置の情報を組み合わせるハイブリッドな測位方式が検討されている。

PDR 方式のメリットは、使用する各種センサーのほとんどが、既に市販されているスマートフォンに内蔵されており、コストや普及の面で有利であることがあげられる。もちろん、誤差が蓄積しないように位置を補正するための仕組みが別途必要になるが、例えば、超音波発生装置を用いる場合は、スマートフォンに内蔵されているマイクを利用するなど検討されている (超音波で来店検知を行う店舗サービスは、「スマポ <http://www.smapo.jp/>」等で実用化されている)。課題は、歩行者は様々な動きをするし、端末の保持の仕方も一定ではないので、これらの状態をよりうまく解析して PDR 単体での測位精度を向上させること。また、測位補正のためのインフラの設置コストや運用コストをいかに抑えるかが重要である。

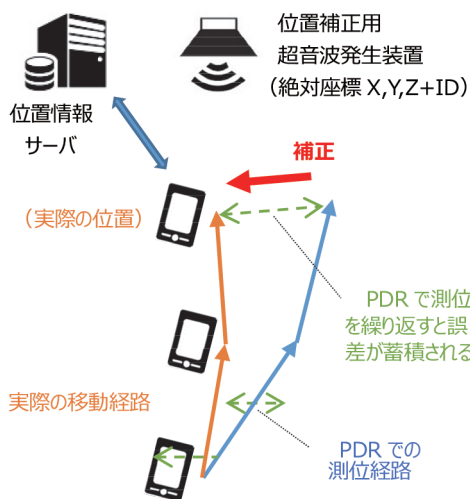


図 6 PDR 測位に超音波発生装置を組み合わせた例

3. 各方式の比較

	Wi-Fi	iBeacon	インパルス UWB	IMES	PDR+位置補正 (歩行者自立航法)
概要	無線 LAN AP(アクセスポイント)の電波強度により距離を計測し、3点測位。 ※信号到来時間により計測する場合もある。	BLE(Bluetooth Low Energy)に対応したビーコン発信装置の電波強度により大まかな距離を計測。 ビーコン領域への出入判定、及び、ビーコン発信機までの距離を「至近/近い/遠い/不明」で判定できる。	インパルス方式の超広帯域無線通信(IR-UWB)のパルス信号到来時間により距離を計測し、3点測位。	送信機の絶対位置座標と階数情報をGPSと同等の信号として送信する。 座標等をそのまま送信するので測位を行う必要がない。 国土地理院主導の「位置情報コード」との連携構想がある。	スマホ等に内蔵の気圧/地磁気/加速度/ジャイロ等の各種センサーにより、現在位置からの移動方向と移動量を計測する。 誤差補正のためにRFIDや超音波発信機などの絶対位置送信機を併用する。
測位方式	電波強度	電波強度	信号到来時間	測位しない	内蔵センサー & 絶対位置補正
信号送信機	無線 LAN AP	BLE ビーコン送信機	IR-UWB 送信機	GPS 信号送信機 (IMES 送信機)	RFID や超音波送信機を補助で利用
移動体デバイス (受信機)	△ ・Android/Win ・現状、iOS 機器は使用できない(Apple のアプリ認証が通らない)。	○ ・BLE デバイス iOS7.0～ Android 4.3～ ・iOS には iBeacon の専用クラスがあるが、Android は相当プログラムを自前で開発する必要がある。	× ・現状は UWB 専用デバイスが必要。	△ ・現状は IMES 専用デバイスが必要 ・近将来には、ファームウェアの書き換え程度で、GPS に対応したスマホ等ほとんどの端末が対応可能。	○ ・iOS/Android/Win ・位置補正手段として超音波発生装置を利用する場合は、スマホ等に搭載されているマイクを利用できる。
認識距離	最大 100m 程度	最大 50m 通常 数十 m 未満	最大 30m 程度	数 m～10m 程度 送信機のカバレッジ	誤差補正に使う機器の精度にも依存
測位精度	数 m～数十 m	1m～数 m	数十 cm	3m～10m 程度	1m～数 m
メリット	送信機は、既設 AP も含めて、市販の安価な AP を利用可能。	BLE に対応した全ての端末が利用可能で、仕様がシンプル。	測位精度が最も高く、高速でリアルタイム処理にも最適。	スマホ等を低コスト・短時間で対応端末化できる可能性大。	必要なセンサーはスマホに内蔵されており、そのまま利用可能。
課題	・電波の反射・干渉等により精度のブレが大きい。 ・iOS 機器は使用できない。 ・プライバシーに留意が必要。	・絶対的な測距は基本的に無理。 ・情報垂れ流しのため、なりすまし等に注意が必要。	・UWB 送信機が多数必要となる。 ・受信デバイスの普及。	・送信機のインフラがまだ整っていない。 ・送信機の設置・運用コスト等に関わる検討が必要。	・PDR 単体では精度が出ない。 ・測定誤差が蓄積されるため、位置補正インフラが必須。
その他	Google 社や Apple 社では、AP 位置 DB の構築に注力している。	O2O の切り札として注目されており、具体的なサービスが多数現れている。	医療分野では BAN 規格に採択されており、生体計測データの通信インフラとして期待されている。	位置精度を担保するため、送信機の設置には JAXA への申請が必要。	-

4. おわりに

屋内測位は、様々な方式が検討されているが、やはりポイントとなるのは、移動体デバイスとして、広く普及しているスマートフォンやタブレットをそのまま利用でき、また、送信機側の設置や運用コストをいかに抑えられるかである。これはすべての方式の課題と言える。決定打がない現状では、それぞれの方式の特徴や精度を十分に把握した上で、利用シーンや用途に応じて、適材適所で活用することが大切である。例えば、限定されたエリア向けとなるが、リアルタイム性や測位精度を重視するのであれば UWB は最も有力であるし、逆に、移動体が近くに来たという程度の大まかな位置把握で構わないのであれば、iBeacon は仕様もシンプルで実装情報も豊富なため、O2O をはじめとして色々なサービスに活用できるだろう。また PDR のように超音波などの他の測位方式と組み合わせることで実用性が高まる方式もある。

個人的には、屋外 GPS からのシームレスな測位連携を大前提とした IMES は、絶対的な位置精度が担保される屋内 GPS 衛星と呼べる存在であり、移動体デバイスについてのハードルも低いため、次世代の位置情報基盤インフラの大本命として注目している。IMES が主流となるためには、送信機の設置・運用などについて国レベルの支援が不可欠である。官民一体となった普及促進に期待したい。

<参考文献>

【Wi-Fi 測位】

- 1) 「日本発の Wi-Fi 測位技術 “PlaceEngine”」
<http://www.placeengine.com/>
- 2) 「米国における WiFi 位置情報ソリューションの動向」(情報処理機構、2013 年 6 月)
<https://www.ipa.go.jp/files/000029440.pdf>

【iBeacon】

- 3) 「位置情報とマッププログラミングガイド」(Apple 公式プログラミングガイド、2014 年 3 月 10 日)
<https://developer.apple.com/jp/devcenter/ios/library/documentation/LocationAwarenessPG.pdf>

【UWB】

- 4) 「UWB を利用した高精度の屋内測位システムを開発」(情報通信研究機構、2014 年 5 月 26 日)
<http://www.nict.go.jp/press/2014/05/26-1.html>
- 5) 「UWB とは What's UWB」(株式会社日本ジー・アイ・ティー)
<http://www.git-inc.com/company.html>

【IMES】

- 6) 「日本発の屋内外シームレス測位の実現へ」(宇宙航空研究開発機構、2014 年 5 月 26 日)
http://www.jaxa.jp/article/special/michibiki/yoshitomi_j.html
- 7) 「IMES の技術動向」(電子情報通信学会誌 Vol.95 No.2、2012 年 2 月)
http://www.gnss.co.jp/file/paper/p75_J41.pdf

【PDR】

- 8) 「歩行者デッドレコニングに基づくハンドヘルド端末の屋内外測位技術」(信学技報 MVE2010-96, pp.171-176, 2011)
http://www.aist-ari.org/papers/distribution/2011/kourogI_MVE2010.pdf