

「パブリックタグを用いたシームレス測位の検討」

「屋内測位のためのBLEビーコン設置に関するガイドライン」 の概要

(2018年2月22日)

ビーコンの設置と活用に関する検討部会事務局
事務局：(一財)日本情報経済社会推進協会

屋内測位のためのBLEビーコン設置に関するガイドライン	
1. 総則 <ul style="list-style-type: none"> ・はじめに ・目的と適用範囲 ・用語の定義 	2. 屋内測位技術の概要 屋内測位を構成する要素と多様な測位技術及びハイブリッド測位の概要説明。
2. 屋内測位技術の概要 <ul style="list-style-type: none"> ・屋内測位を構成する要素 ・測位技術と測位アルゴリズム ・測位精度とサービス ・複数の測位技術の組み合わせ 	3. 屋内測位及び環境構築のための基礎的情報 BLEビーコンによる屋内測位に関して説明。BLEの特性や測位の仕組み等を説明。また、実証実験からの学び、ソフトウェアや端末との関係性についても説明。
3. BLEによる環境構築の基礎的情報 <ul style="list-style-type: none"> ・BLEビーコンによる屋内測位 ・機器設置の考え方 ・実証実験 ・バリアフリーへの配慮 ・他の要素との関係(端末、ソフト、データ) 	4. BLEビーコンの設置 BLE設置計画策定から設置作業及び運用保守までの一連の作業を説明(道路占用協議や新申請等の事務手続きについては、概要のみ説明。) <ol style="list-style-type: none"> ①概要設計は、測位技術、測位アルゴリズム、BLEビーコンの選定等の検討から、ソフトウェアが求めるビーコンの役割を確認した上で公開資料(施設図、案内図等)を基に行う概要設計について説明。 ②現地調査時の確認項目を明示し、完成した詳細な屋内図を基に測位環境の設計(ビーコンの配置、パラメータ設定、IDの決定等)を説明 ③設置作業は、BLEへのIDインストールから、実際の取り付け法、落下防止策やアンテナの方向等、取付時の考慮点について説明。また、設置後の性能評価と改善法の検討についても説明。 ④BLE機器の運用と保守について考慮事項を説明
4. BLEビーコンの設置 <ul style="list-style-type: none"> ・全体計画の策定 ・作業フローの確認 ・概要設計 ・詳細設計 ・設置作業 ・運用と保守 	5. 位置情報の測定方法 設置したBLEの位置情報を図面より算出する手法について、数種類の手法を整理して説明。
5. 位置情報の測定方法 <ul style="list-style-type: none"> ・測定のフロー ・測定準備 ・測定手法 ・課題と解決法 	6. パブリックタグ情報共有プラットフォーム ・パブリックタグの説明。登録法と活用法について説明。
6. パブリックタグ情報共有プラットフォーム <ul style="list-style-type: none"> ・パブリックタグとは ・パブリックタグの登録 	参考資料・実証実験 新横浜駅、日産スタジアムにおける作業手順に従った実施概要と得られた知見について整理した記載。
参考資料・実証実験 <ul style="list-style-type: none"> ・実証実験の方針 ・新横浜駅における実証事件 ・日産スタジアムにおける実証実験 ・実証実験における知見の整理 	付録: <ul style="list-style-type: none"> ・民間の共用タグに関する事例紹介と共用時に考慮点を整理して記述。 ・平成24年度情報セキュリティ対策推進事業「位置情報の精度・信頼性に関する調査事業」から要点を抜粋し、情報の信頼性やセキュリティについて記述。位置情報の精度、信頼性の担保、評価指標や今後に向けた課題を説明。
付録: <ul style="list-style-type: none"> ・共用(民間)タグの取組み ・位置情報の精度と信頼性について 	

1. 総則

記載項目：

- 1.1 はじめに
- 1.2 目的
- 1.3 適用領域
- 1.4 設定条件
- 1.5 用語の定義

目的:

本ガイドラインは、国土交通省国土地理院が推進する「3次元地理空間情報を活用した安全・安心・快適な社会実現のための技術開発」の取り組みの一環として策定した「位置情報基盤を構成するパブリックタグ情報共有のための標準仕様」に基づき、屋内測位のためのBLEビーコン設置に関する情報及び考慮点を整理したものである。また、関連図書として国土交通省国土政策局が進める高精度測位社会プロジェクトによる「屋内測位環境構築ガイドライン（骨子案）」を補完するものである。

適用範囲:

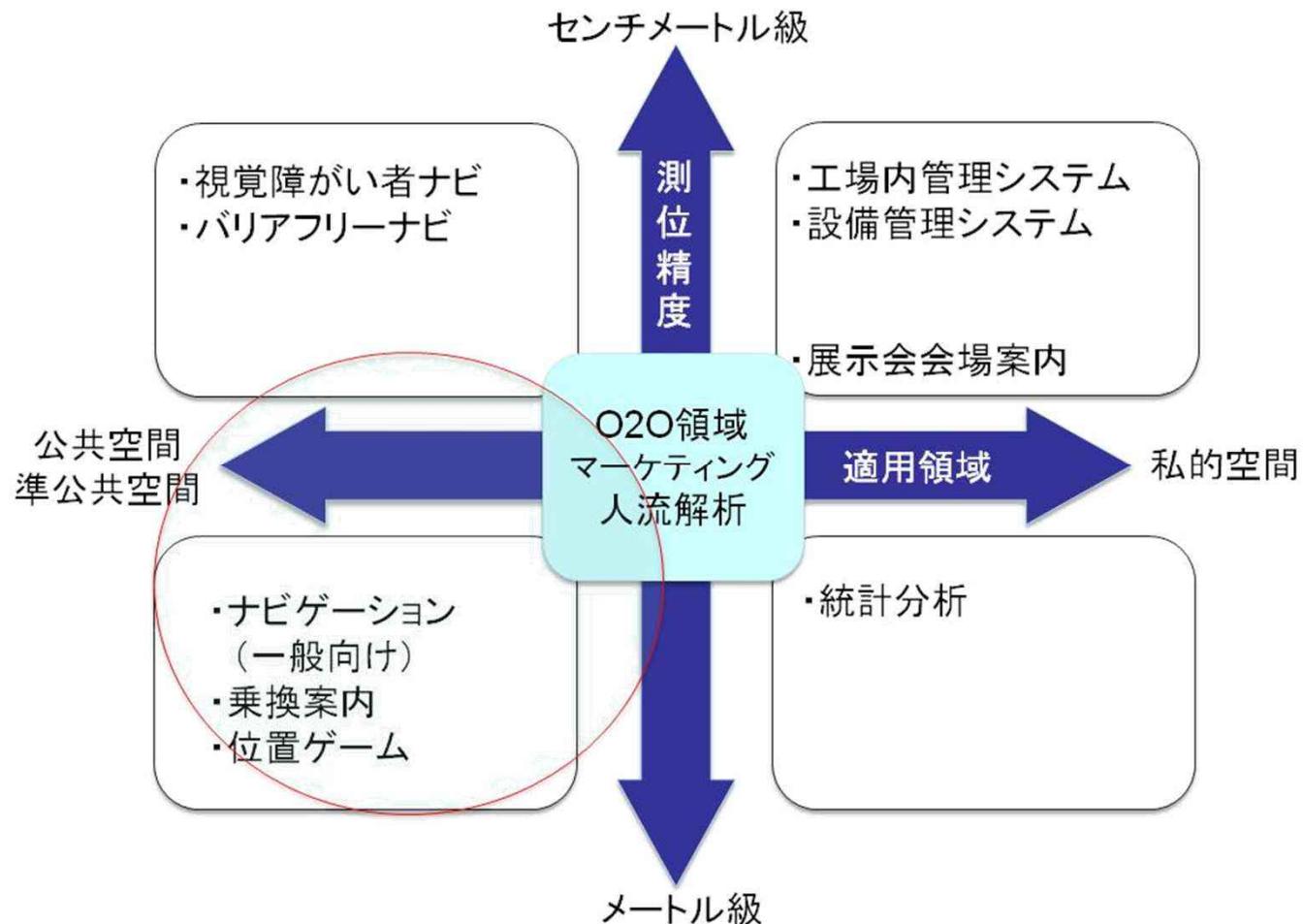
屋内における測位手法は、特性の違う多様な手法があり、その精度は日々向上している。ここでは、近年普及が進んでいるBLEビーコンの設置に関する情報を中心に整理する。

なお、パブリックタグへの登録を前提とし、公的な空間における一般対象者の利用を適用領域と設定し、被測位対象者を「自律移動可能な健常者及び車いす移動者」、測位精度を数メートル程度と想定する。

また、パブリックタグへの登録のため、屋内における位置情報（緯度・経度・階数）の測定方法についても整理し加える。

ガイドラインの適用領域

- 屋内測位の利活用領域は幅広いが、本ガイドラインでは、パブリックタグへの登録を前提としているため、私的空間（駅構内、工場、オフィス等）ではなく、一般利用を想定した公共空間における測位環境構築を適用領域とした。そのため、用途はナビゲーション等の移動支援に関するアプリで利用される測位環境を想定した。



No.	用語	定義	解説
1	ビーコン	電波を発信する固定された装置の総称でBLE、Wi-Fi AP等が該当する。	BLE=Bluetooth Low Energyの略。 AP=Access Point
2	歩行ネットワークデータ (歩行NWデータ)	歩行ネットワークデータは、段差や幅員、スロープなどのバリア情報も含んだ歩行経路を表すデータで、歩行経路を示すリンクと、リンクの結節点を示すノードから構成されており、ナビゲーションで経路探索や案内時に活用される。	国土交通省より、共通仕様として歩行空間データ等整備仕様案が提示されている。
3	パブリックタグ	位置を特定するために利用可能なタグの中で、国土地理院の仕様に基づき位置情報や属性情報がプラットフォーム(データベース)に登録され、その情報を検索・取得・利用可能な状態にあるものをいう。	国土地理院が運用する共通プラットフォーム。
4	POI	地図上の特定のポイント(地点)を指す。一般的には「目標物」を指すことが多く、トイレやエレベーターなどの施設やAEDや消化器等の設備の場所もPOIと表現する。また、店舗やランドマークとなる看板等も同様であり、地図上であらゆるものがPOIとして設定できる。	POI=Point of Interestの略。
5	場所情報コード	緯度・経度・高さ(階層)によって定義される空間と、その空間に存在する地物を唯一無二に識別するID。国土地理院に申請し、申請に基づき国土地理院が発行する。	商標登録: uPlace
6	GNSS	Global Navigation Satellite System(全球測位衛星システム)の略であり、GPS、GLONASS、Galileo、準天頂衛星等の衛星測位システムの総称である。	
7	歩行者自律航法(PDR)	スマホに搭載されている、ジャイロセンサー、電子コンパス、加速度センサー等を利用して、測位開始位置からの移動位置(方向、移動距離等)を相対的に推定する手法。位置測位のためには、測位開始位置の座標情報と方位情報が必要となる。一般的に、PDRと呼ばれている。	PDR=Pedestrian Dead Reckoning 歩行者ではなく、車いす等の他の対象を含めることを想定した“X”DRという表現も今後考えられる。
8	ハイブリッド測位	複数の測位手法を組合せて、場所に応じて測位手法を切り替えて利用することにより、測位精度向上のための手法をいう。	例えば、屋外(GNSS)+屋内(PDR x BLE)のハイブリッド等
9	シームレス測位	屋内・外で途切れなく被測位対象者の位置を測定できることを意味し、屋外では準天頂衛星システムを含むGNSSを利用し、屋内では、複数の測位の手法を組合せて利用する(ハイブリッド測位)ことが一般的である。	

2. 屋内測位技術の概要

記載項目

- 2.1 屋内測位を構成する要素
- 2.2 屋内測位技術と測位アルゴリズム
- 2.3 測位精度とサービス
- 2.4 複数の測位技術の組合せ
- 2.5 屋内測位技術のまとめ

この章では、屋内測位技術の概要について説明する。測位技術の特性や測位精度などの概要に加えて、単一技術ではなく複数の測位技術を組合せて使用するハイブリッド測位についても説明する。

①測位技術

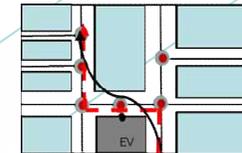
- ・GNSS測位 (GPS, QZSS等) 
- ・屋内測位   Wifi (BLE, Wi-Fi, IMES, 非可聴音、可視光、(地磁気)等)
- ・歩行者自律航法 (PDR=Pedestrian Dead Reckoning)

②測位アルゴリズム

- ・近接性方式 (チェックイン)
- ・三点測量方式
- ・環境分析方式 (フィンガープリント)

⑤ソフトウェアの論理補正機能

- ・使途・対象者別の機能 (ナビゲーション等)
- ・論理的な精度補正機能



※マップマッチング等

課題:

- ・環境構築の標準的なガイドラインが不在。
- ・環境の標準的な評価/測定ツールが不在。

課題:

- ・指標となる測位アルゴリズムが不在。(測位精度は開発者に依存)

課題:

- 測位精度を向上させる論理的な補正機能の搭載は個別対応。

④測位端末 (スマホ等)

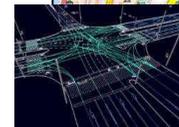


- スマートフォン搭載のセンサー類
- GPS
 - 加速度センサー
 - ジャイロセンサー
 - 電子コンパス (地磁気センサー)
 - 気圧センサー
 - 環境光センサー
 - 近接センサー
 - 指紋センサー
 - 虹彩センサー
 - Wi-Fi
 - Bluetooth
 - マイク
 - カメラ

課題:

- ・同様の部品を使用しても、デザイン等の違いで測位精度は機種別に差がある。
- ・頻繁に新機種が市場投入されたり、OSのバージョンアップが行われるため、全ての機種の確認や対応は難しい。

③データ群

- ・屋内・外の詳細地図 
- ・歩行ネットワークデータ 
- ・パブリックタグ 
- ・POI(重要目標物)
- ・(環境調査DB(フィンガープリント)) 

課題:

- ・データの標準仕様が不在。
- ・データの鮮度・信頼性の指標が不在。
- ・パブリックタグの登録数の増加。

屋内測位技術の機能比較

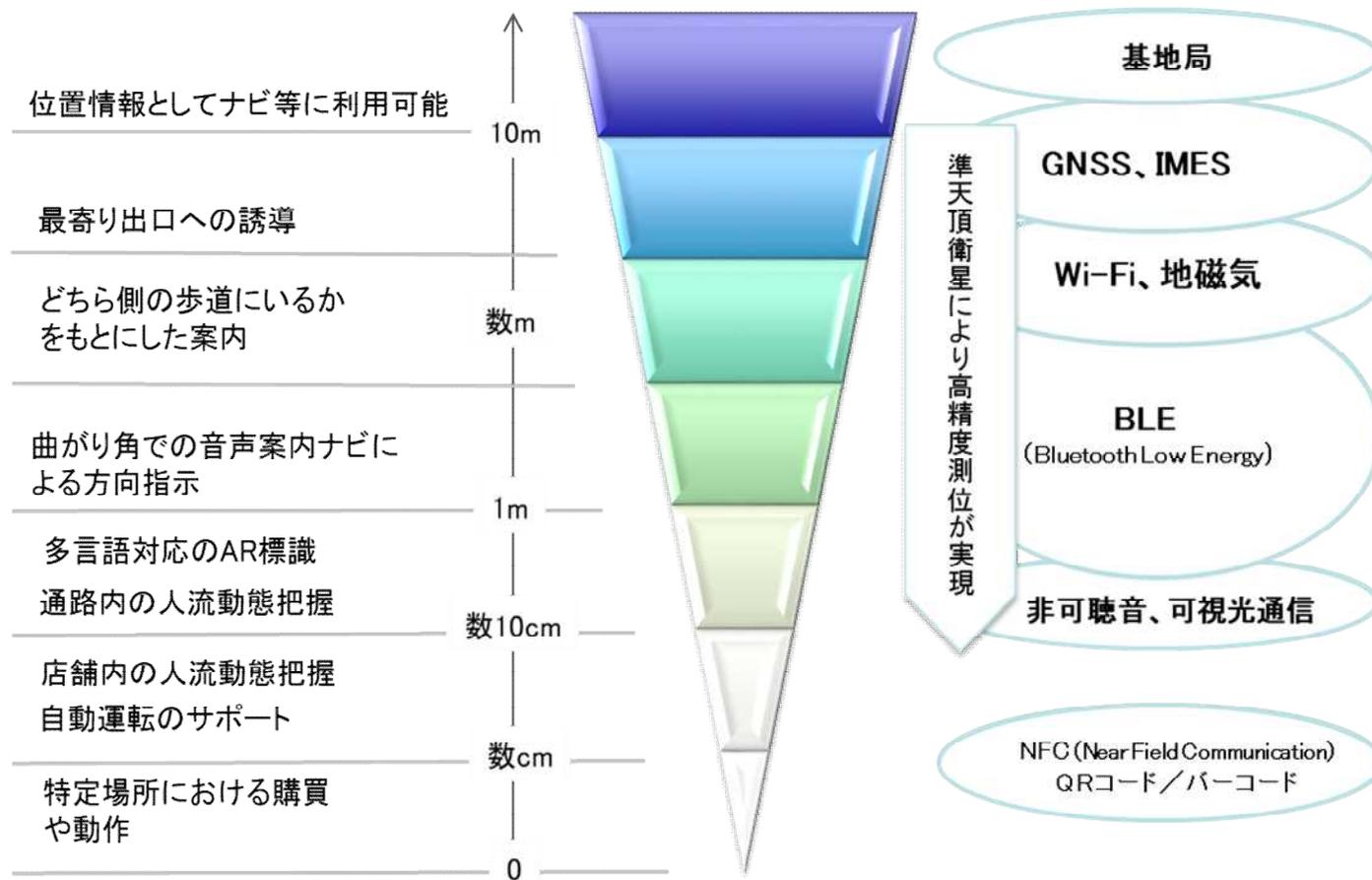
測位技術	専用機器の設置	事前の環境調査	説明
基地局	不要	不要	携帯電話の基地局の所在確認信号を利用して、凡その位置を推定する技術。
Wi-Fi AP	不要	不要(※)	複数の無線LANのアクセスポイント(AP)の電波強度、到達時間差等を利用して位置を推定する技術。Wi-Fi APのID(SSID、MACアドレス)と電波の強さを測位に利用。基本的に、無線LAN用に設置されたAPを活用するため、場所により測位の精度にばらつきがある。そのため、精度向上のため、測位補正用のAPを設置する必要がある。
IMES	必要	不要	IMES (Indoor Messaging System) は、GPS/QZSS測位信号と同一のRF特性を持つ電波を発する専用機器を屋内に設置し、直接発信された位置情報を受信することにより測位する技術。
Bluetooth (BLE)	必要	不要(※)	BLE (Bluetooth Low Energy)ビーコン等から発せられる電波を基に位置を特定する技術。BLEビーコンの電波は距離の二乗に反比例して減衰する特性を利用して位置を推定する。BLEのID(UUID、Major/Minorコード)と電波の強さを利用。
非可聴音	必要	不要	人間の耳に聞こえない超音波を発するスピーカーを設置して、端末のマイクで音を検出することで位置を推定する。
可視光	必要	不要	LED照明の点滅を利用して信号を送り端末のカメラで検出することで測位する技術。
カメラ画像	不要	必要	測位対象場所の風景を予めデータベース化し、端末のカメラが捉えた画像とのマッチングすることで位置を推定する技術。
NFC	必要	不要	NFC (Near Field Communication) 10cm程度の範囲で非接触で通信規格で、NFCタグにタッチすることで、その位置を特定する技術。
地磁気	不要	必要	構造物等から発せられる場所ごとの磁気特性を、事前の環境調査を通じて予めデータベース化した上で、端末の地磁気センサで測定した場所ごとの地磁気の磁束密度や方向などを基にデータベースとマッチングし位置を推定する技術。
歩行者自律航法 (PDR)	不要	不要	端末に搭載された加速度、ジャイロ、地磁気等のセンサのデータを基に、測位開始位置から「どの方向にどれだけ移動したか」の相対位置を推定する技術。地図上で位置を推定するためには、測位開始の位置情報(緯度経度)と向いている方向(方位)の情報が始点情報として必要。また、適時位置補正を行わないと測位誤差が蓄積する。

※フィンガープリントで使用する場合に事前環境調査が必要。

■【位置情報を元にした、サービスを行う場合に必要となる測位精度に関するヒアリング結果】

測位環境の構築方針を決めるためには、位置情報サービスを提供する対象者、対象場所、提供したいサービスレベル等の検討から始める。

下記は、サービス事業者はじめ関係者へのヒアリング結果から、提供サービスと要求される測位精度及び対応した測位技術を整理したものである。測位環境を構築する際に、要求精度や測位機器に求められる機能をまずは明確にする必要がある。



①近接性方式(チェックイン)

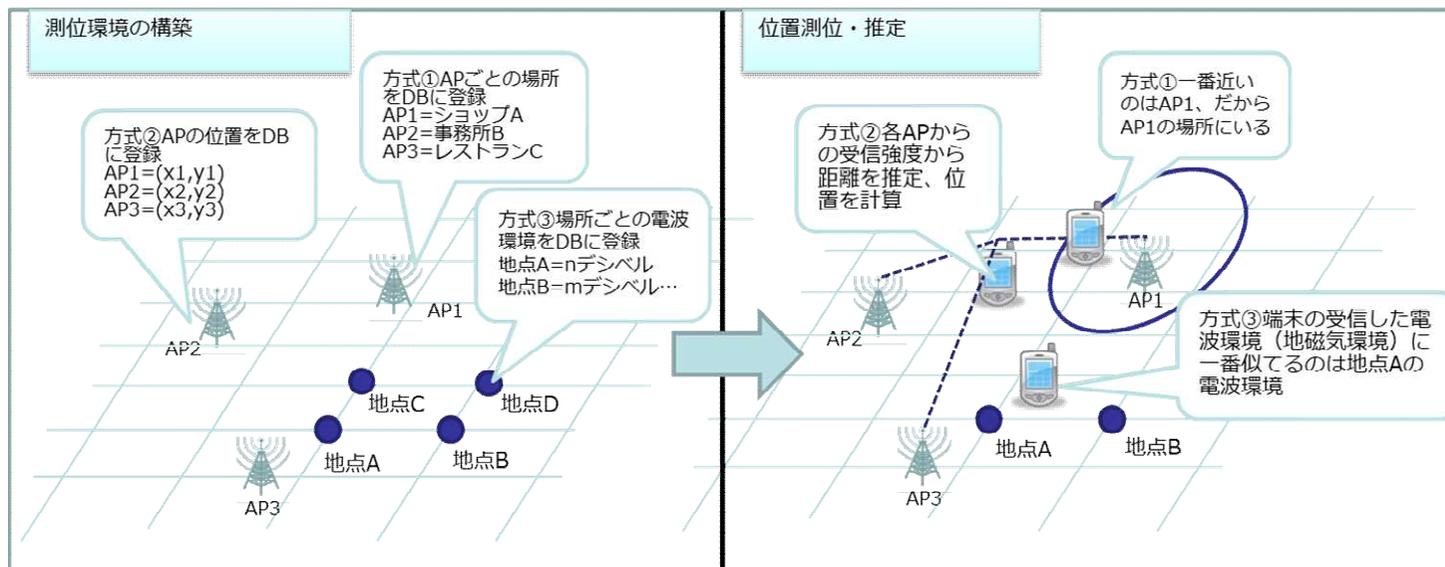
- 最も近いビーコン(Wi-Fi AP、BLE、音響等)のID(BSSIDやUUID等)に紐づけられた位置を現在位置とする。
- 位置をピンポイントで的確に測位することが可能であるが、一番近いビーコンの位置しかわからないため測位精度を上げるためには、ビーコンの設置数を増やす必要がある。

②三点測量方式

- 位置が自明な(IDと位置が紐づいた)ビーコンからの距離を電波強度から推定し、三点測量を行い自己位置を推定する。
- ビーコンの正確な位置情報が必要であり、電波の受信状況の変化に測位精度が左右される。

③環境分析方式(フィンガープリント)

- 予め調査した場所ごとのビーコンの電波受信強度や地磁気強度に、最も似た場所を自己位置と推定する。
- 機器設置は不要であるが、事前環境調査(電波強度マップの作成)が必要であり、精度を出すためには対象となる全ての場所を細かく調査しなければならない。また、間仕切りの設置等環境変化の影響を受けるので、定期的な情報更新が必要であり、手間とコストがかかる。



■ シームレス測位への要求

- 平成29年度総務省通信白書によると、日本国内におけるスマートフォンの平均普及率は56.6%と2011年の14.6%と比較して4倍に急増している。年齢別では、20代~30代では、90%を超える普及率であり、ほぼ一人1台の保有する状況になった。一方、測位環境は、屋外では準天頂衛星の運用により高精度測位の環境整備が進みスマートフォンの新型機には準天頂衛星の受信機能が搭載されるようになった。反面、屋内における測位環境の整備は進んでおらず、場所を問わずに測位可能な「シームレス測位」への要求は高まっている。

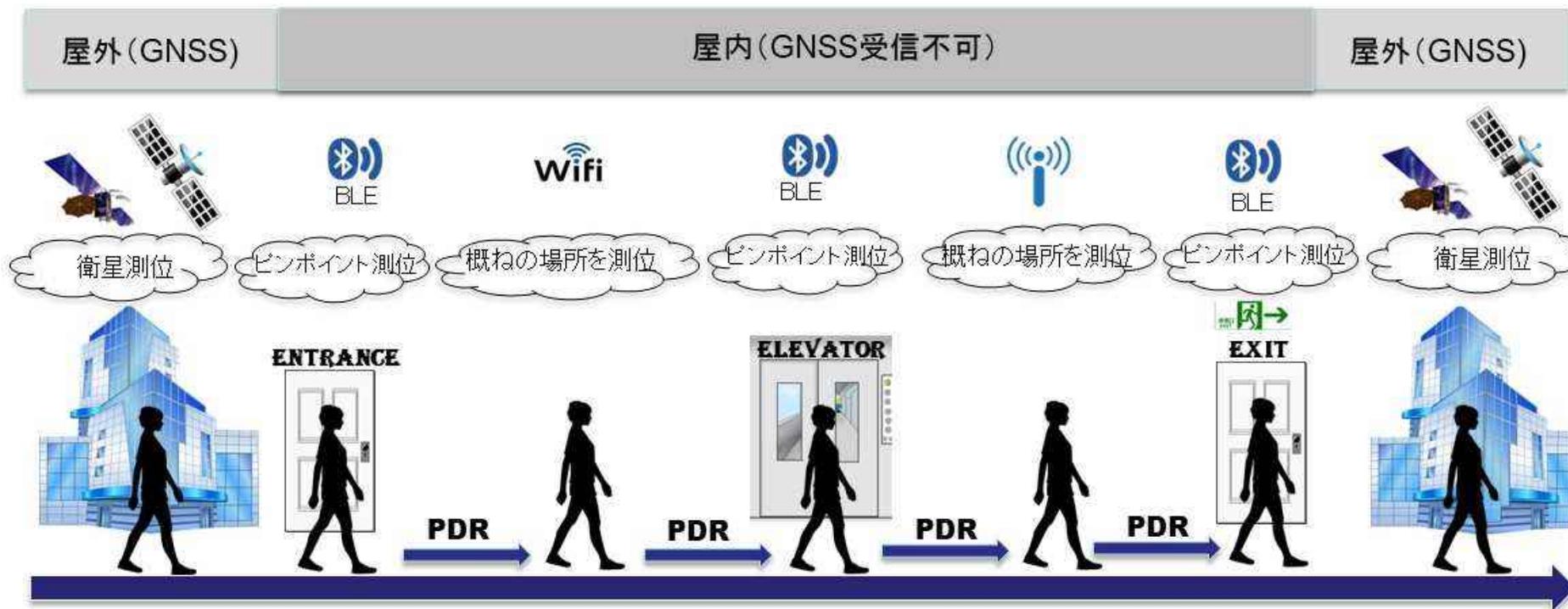
■ ハイブリッド測位

- 屋内・外を途切れなくシームレスに測位するためには、GPS等の衛星電波の受信が困難な屋内での測位環境構築が必要である。
- 屋内の測位技術は、多様な技術が提案されているが、それぞれに特性や特徴があり一つの技術で全てをカバーすることは難しい。
- そこで、複数の測位技術を組合せて利用することにより、測位精度を担保する手法をハイブリッド測位という。技術進歩の早い分野であるため、検討に際しては最新の測位技術や実現コスト等の情報確認が必要である。

Wi-Fi AP	測位精度は、Wi-Fi APの設置場所に影響を受けるため、安定した精度が担保されない。また、測位誤差は数m~数十m程度とされ、数m以下の高精度測位には適していない。
Bluetooth (BLE)	安価なBLEビーコンが普及し始めており、ビーコンの設置により手軽に測位環境を構築できる。精度も比較的高いが、基本的にビーコンとの相対的な距離を把握する手法である。
PDR	測位開始の起点からの距離と方向の相対的な移動量をスマホ内蔵のセンサーで計測して測位する。相対測位であるため、開始位置の座標と方向を知る必要がある。また、誤差が蓄積して、徐々に誤差が大きくなる弱点があり、何らかの方法で適時位置補正をする必要がある。
地磁気	予め、測位対象場所の地磁気マップ(データベース)を事前環境調査により作成し、定期的に更新する必要がある。また、大きな金属の移動体(電車、車、エレベーター等)などの影響を受けやすい。

ハイブリッド測位の例

- 以下は、GNSS x PDR(or/and Wi-Fi AP) x BLEのハイブリッド測位による屋内外シームレス測位の一例である。ソフトウェアが要求する測位機器の機能や測位精度により、適用する測位技術を使い分けをしている。BLEビーコンは、必ず検出したい場所のピンポイント測位での利用を想定。
 - 屋外はGNSS測位。
 - 出入り口等の“地図切り替え地点”は、ピンポイント測位が必要であるため、BLEによるスポット測位。
 - 屋内の移動時は、凡その位置測位ができれば良いとして、PDR(または、既存設備を利用したWi-Fi AP測位等)を組合せによりシームレスな測位を実現している。
- なお、設計の検討にあたっては、測位精度の設定に加えて、管理・運用を含めたトータルコストを勘案する事も重要である。



■ 多様な測位技術を選択する際に必要な考慮事項

➤ 用途の検討

- ・ サービス対象者
- ・ サービス内容
- ・ サービスレベル

- ・ 測位の要求精度の特定
- ・ ソフトウェアが要求する機能の特定

➤ 対象となる空間特性との相性

- ・ 閉鎖空間や開放空間等の対象場所の特性
- ・ 人の混雑や障害物等の障害の程度
- ・ 他の音波や電波の障害のレベル

➤ 機器設置の可否

- ・ 既存設置機器の確認
- ・ 物理的な新規機器設置の可否
- ・ 測位機器の設置可能数

- ・ 適した利用技術の検討
- ・ 適した測位アルゴリズムの検討
- ・ 管理運用コストの検討

➤ ソフトウェアとデータ

- ・ 測位アルゴリズムの調達 or 開発
- ・ パブリックタグの有・無
- ・ 事前環境調査の工数

- ・ 測位精度補完／向上機能の検討
- ・ 開発工数・コストの検討

➤ 対象とする利用端末の特定

- ・ Android or/and iOS、等

屋内測位のまとめ

- Wi-Fi AP測位は、測位のための機器設置は不要であるが、APは測位用に設置されているわけではないので、設置場所の偏りにより、場所ごとの測位精度にばらつきが大きい。精度を上げるためには、測位用APを新規に設置する必要がある。
- 地磁気測位は機器設置は不要であるが、事前の環境調査(磁気強度マップ)と定期的なデータ更新が必要であるため、初期投資と継続したコスト負担が必要である。
- PDRは、端末のセンサー情報を利用するため機器設置は不要であるが、基本的に移動量と移動方向を算出する方法であるため、始点として位置情報の取得が必要である。また、誤差が蓄積する特性があるため補正のための位置情報を適時取得する必要がある、単独では絶対測位ができない。
- BLE、音波、IMESは、いずれも専用機器の設置が必要である。設置の簡便さ、コストの面でBLEが優れている。受信機はスマホでの受信が可能であるが、音波は端末がカバンやポケットの中ではマイクで音を拾えないので、受信可能状態が限定される。
- 可視光通信は、LEDを介して光でデータを送信するので、送信機と受信機が必要である。



- パブリックタグへの登録を前提に、O2O目的でも設置が進んでいるBLEビーコンは比較的扱いやすくコスト面でも優位である。
- BLEビーコンの測位性能を引き出すために、環境構築上で考慮すべき事項を整理。

3. 屋内測位

及び環境構築のための基礎的情報

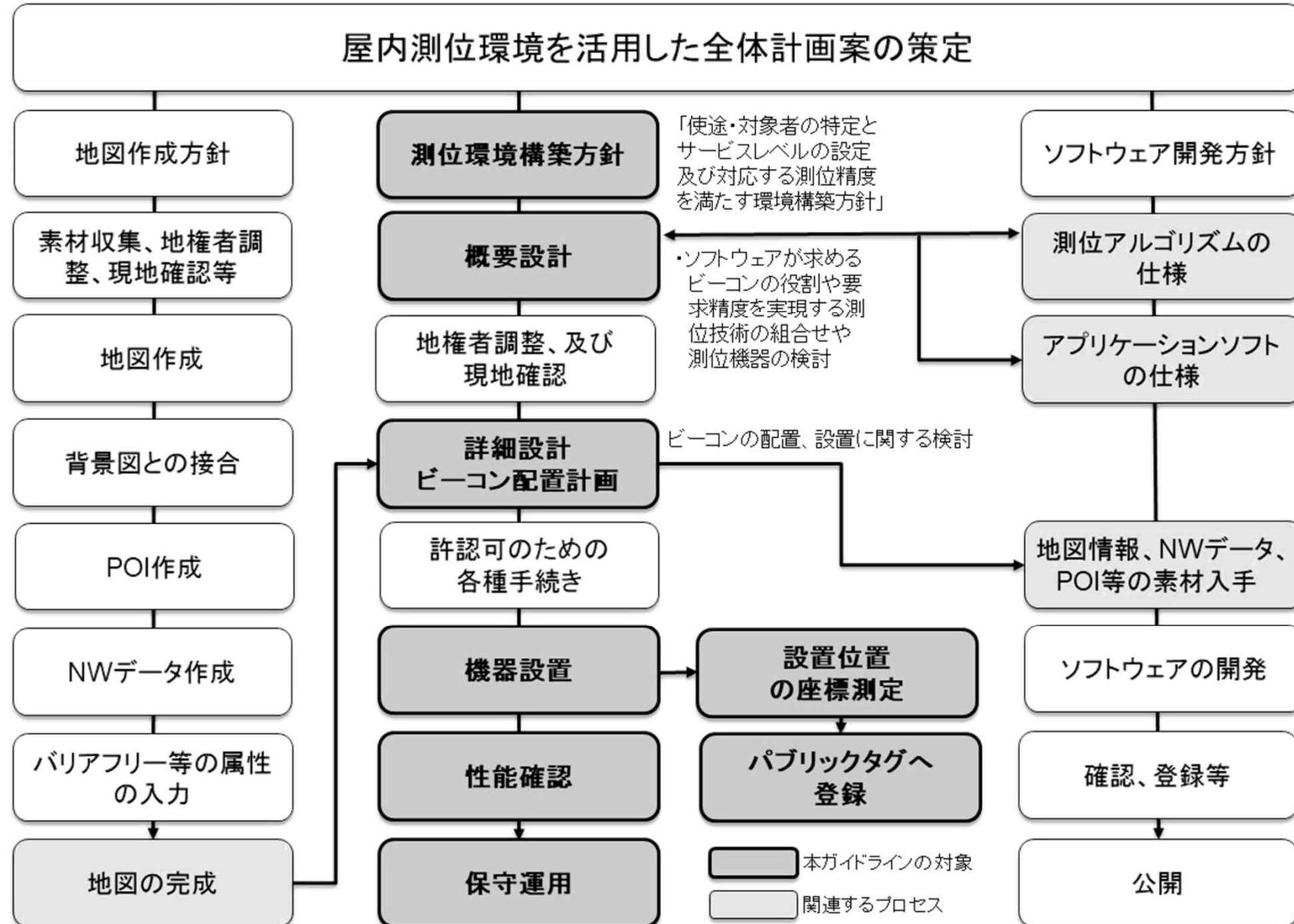
- 3.1 測位環境構築の全体計画
- 3.2 BLEビーコンによる屋内測位
- 3.3 測位機器の設置の考え方
- 3.4 屋内測位環境と受信端末との関係
- 3.5 屋内測位環境とソフトウェアとの関係

この章は、BLEビーコンによる測位環境構築にあたり、理解しておいた方が良くと思われる基礎的な情報について説明。

また、考慮事項として、ソフトウェア及び端末との関係についても説明。

なお、地権者調整や申請手続き等の調整事項や事務的事項は、概要説明に留めて詳細の説明はしない⇒「屋内測位環境構築ガイドライン(案)」へ誘導。

- 測位環境の構築は、全体計画に基づき、屋内図整備、ソフトウェア開発と同期して 進行する。



Bluetooth4.0で登場したBLE (Bluetooth Low Energy) は、2.4Ghz ISM帯 (Industrial, Scientific, Medical) という高い周波数を使う低消費電力の通信規格で、この帯域は、Wi-Fi、電子レンジ、ワイヤレス電話機・ビデオトランスミッター等の多くの機器が使用している帯域である。

Bluetooth3.0 (3.0以前はクラシックBluetoothと呼ばれて区別されている) 以前の規格との互換性はない。また、2016年12月には、Bluetooth5の最新規格が発表され、現在のバージョン4.2比で、通信速度2倍、通信範囲4倍、メッシュ通信機能の標準搭載等の大幅な機能強化が明らかにされ、更に利用領域の拡大が期待されている。

なお、近くに電源、鉄道架線、発電所等がある場合には、電波干渉の原因となること等が指摘されている。

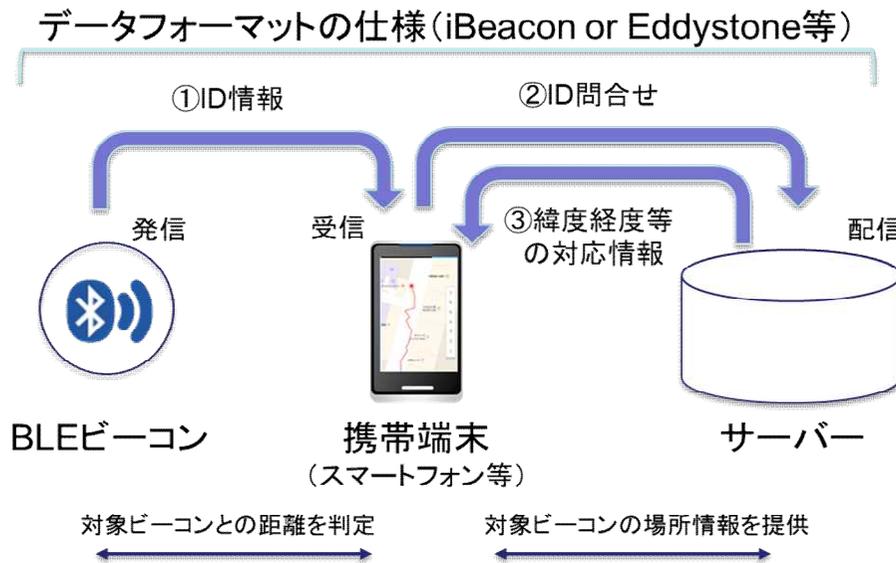
Bluetoothのバージョン	データレート	特徴
Bluetooth4.0 (BLE)	1 Mbps	省電力化
Bluetooth4.2	1 Mbps	IPv6対応
Bluetooth5	125Kbps ~ 2Mbps	高速モード、長距離モードを追加、メッシュネットワーク対応

一般的に電波が受ける影響としては、以下と言われている。

- ・何もなければ直進する (直進)
- ・障害物の材質により反射や吸収等の現象が起こる (反射/透過)
- ・周波数が低いと回り込む (回折)
- ・類似電波が有ると強めあったり弱めあったりする (干渉)

電波干渉しやすいものとしては、コンクリート、金属、レンガ・大理石、水等が挙げられている。BLEビーコンは、通常アンテナを中心に球形に電波を発信するが、壁に設置した場合は、金属やコンクリートの壁は電波を反射するため壁とは反対側へ電波を放射する。設計時に、電波の基本特性を理解した上で検討を進める事が重要である。なお、人体も水分が大半なので、電波干渉を起こす対象となるので、混雑地帯への環境構築時には考慮する必要がある。

- BLEビーコンが発する電波は、距離の二乗に反比例して減衰する特性を利用して距離を推定する
 - 位置測位の仕組みは、アップル社が提供するBLE通信のデータフォーマットを規定した仕様であるiBeaconを例(図表:XX)にすると、発信側のBLEビーコンと受信に対応したiPhone等の受信端末の組合せで、BLEビーコンから発信されるアドバタイズパケットというID情報(UUID、Major、Minorの3種類の識別子)を受信した端末のOSが、ビーコンの領域に入ったことを検知してアプリが反応するという仕組みを使う。ビーコンの領域内では、ビーコンとの距離を「遠い」「近い」「非常に近い」の3段階で検知する。同様のデータフォーマットの仕様として、グーグル社からはEddystoneというオープンな仕様が提供されている。
 - なお、BLEビーコンか、IDではなく、直接場所情報コードを発信することができるBLEビーコンもある。
- BLEビーコンが発する電波の減衰
 - BLEの電波は、一定距離(約5m程度)の間で減衰し、その後は大幅な減衰はなく一定の強弱の幅の中で波打つ。
 - 一定の距離以外では、減衰による距離測定が難しく、遠方のビーコン電波に反応することもあるという特性があることも環境構築時には考慮が必要である。



距離に応じた電波の減衰



※TxPower: デバイスの発信電波出力 (+4 > 0 > -4 > -8 > -12 > -16)

※デバイスの発信間隔設定は100msecで固定し測定

■ 設置の考え方

- 空間の物理的な形状を考慮して設置位置と設置密度を検討する必要がある。空間に対する設置の考え方を以下に整理する。

No.	測位方法	配置方針	設置の考え方	設置場所例
1	1点測位	点	特定の位置に存在することを判定する	出入り口
2	2点測位	線	通路等において、移動方向を判定する	通路 分岐点
3	多点測位	面	空間内で、移動方向が一定方向でない場合に精度の高い位置を判定する	分岐点 空間

■ 測位範囲と設置密度

➤ 全域測位 と スポット測位

- BLEビーコンが担うべき役割(主の測位手法として空間全域の測位の役割を担うのか、補完的な役割としてPOI等のスポット測位を実現するのか?)

➤ “密”設置 と “疎”設置

- 対象の空間で、対象者の移動を詳細にトレースするのか、凡その位置測定でよいのかで、設置の密度が変わる(1点測位 or 多点測位?)

- 様々な形状や給電方式のものが登場しており、その種類や形、チップセット、ファームウェア、電池サイズ等、多岐にわたるバリエーションのBLEビーコンが登場している。
 - 給電方式の違い(電池式、給電式、ソーラー式等)
 - 形状の違い(様々な形状、屋内用/屋外用、蛍光管や感知器などへの組み込み型等)
 - ボタン型(ボタンを押したときに電波を発信する)
 - ハイブリッド型(様々なセンサーとの組合せ)
 - ネットワーク型(通信機能を搭載)
 - 高機能型(複数のIDを出力等)

蛍光管内蔵型ビーコン (DNP)



ソーラービーコン (DNP)



長寿命型ビーコン (DNP)



ボタン型ビーコン (ACCESS)



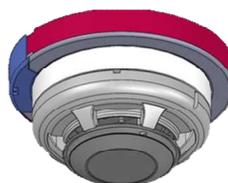
ボタン電池型ビーコン (ACCESS)



メッシュネットワーク型 (Where)



火災感知器組み込み型ビーコン (ニッケン)



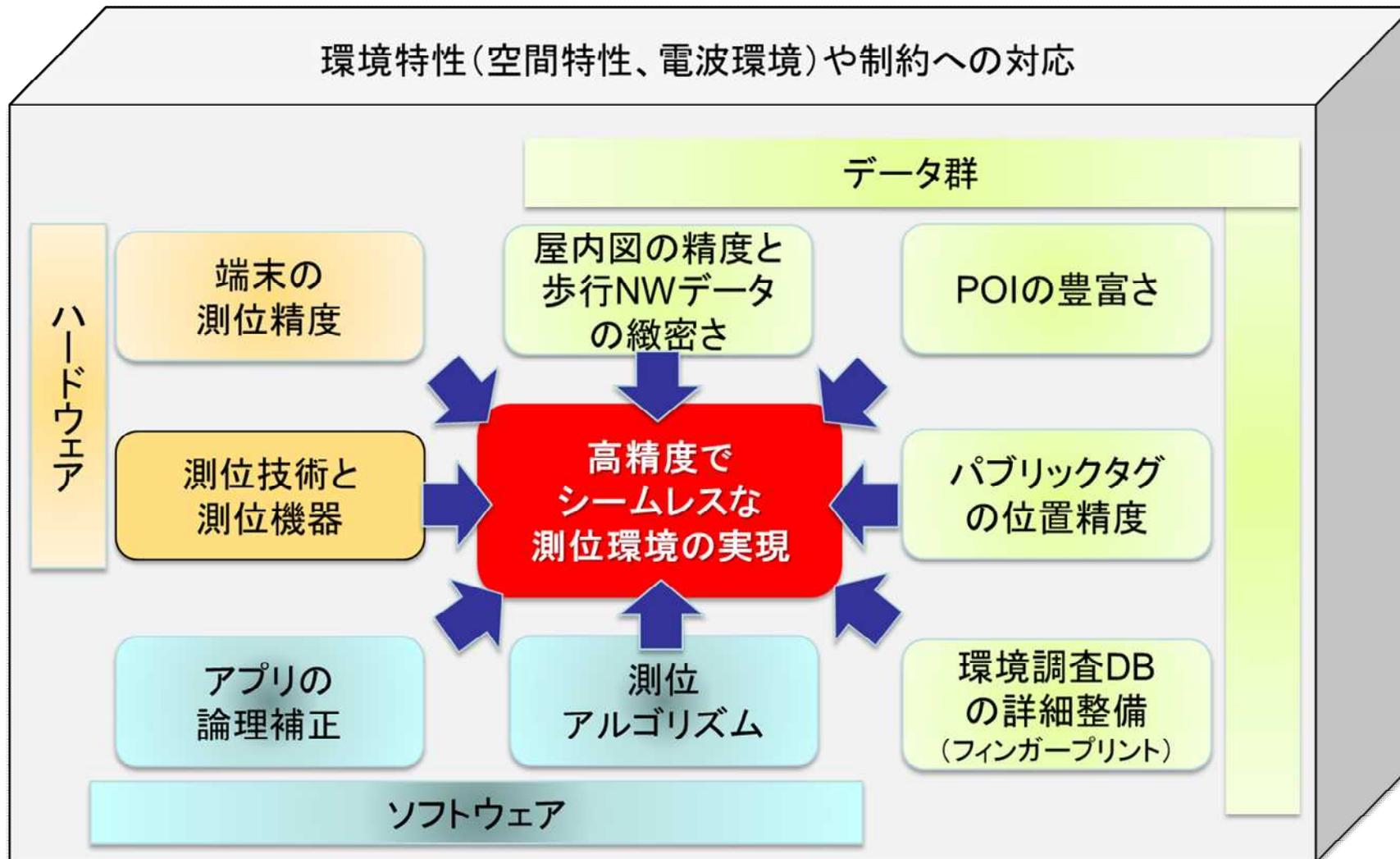
USB型ビーコン (ACCESS)



単3電池型型ビーコン (ACCESS)



- 測位機器は、高精度測位を実現するための一つの要素にすぎない。測位環境構築と、他の要素との関連性を理解することが必要。
 - 本ガイドラインでは、受信端末及びソフトウェアとの関係性を説明。



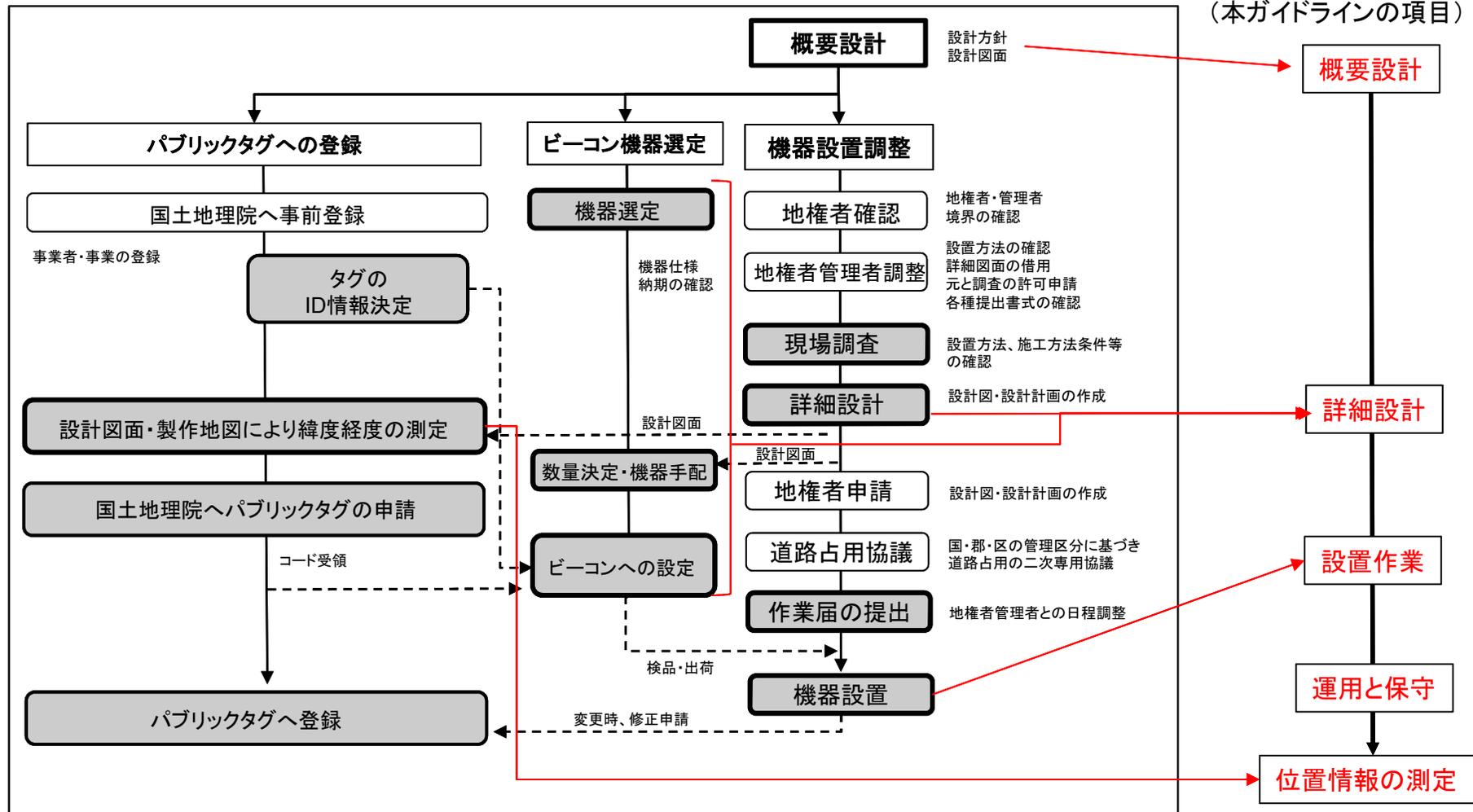
4. 屋内測位環境の構築

- 4.1 作業フロー
- 4.2 概要設計
- 4.3 詳細設計
- 4.4 設置作業
- 4.5 運用と保守

この章は、作業フローに沿って一連の対応すべき作業と作業時の考慮点について説明。また、BLEの機種選定についても説明に加える。

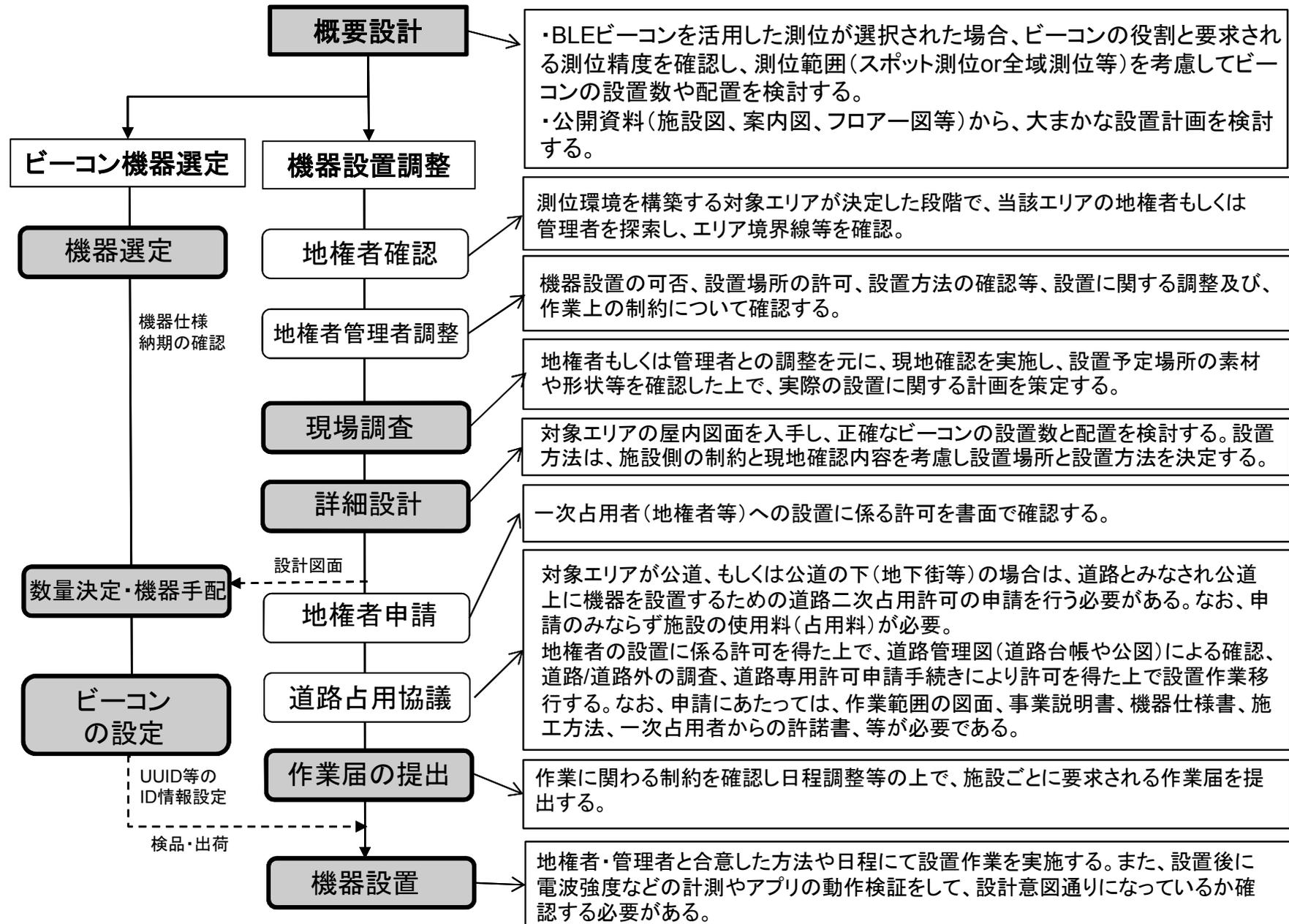
測位環境の構築フロー

本ガイドラインは、「屋内測位環境構築ガイドライン(案)」で提示されている手順と同期し説明しており、概要設計、詳細設計、設置作業、機器設置後の運用と管理、位置情報の測定で整理している。



出典:「屋内測位構築ガイドライン(案)」

 本ガイドラインに関連する項目



- 測位環境の構築方針が決定し、BLEビーコンに求められる要求精度や役割が特定されて後に、設置に向けた作業に入る。

概要設計:

- BLEビーコンに求められる要求精度や役割を実現するため、その時点で入手可能な情報を確認し、仮の設計を行うことにより測位環境の全体イメージを具現化する工程である。
 - 地権者調整等の調整事項、申請事項の確認
 - フロアーマップ等、その時点で入手可能な図面情報の収集
 - BLEビーコンの配置、設置密度、設置数の机上検討
 - 設置可能場所の現地確認と設置方法の検討
 - BLEビーコンデバイスの機種選定
 - トータルの概要コストの算出

詳細設計:

- 図面入手後に、設置場所や配置案に関して考慮事項を中心に記載。
 - ビーコンの配置や設置数の決定
 - 場所ごとに最適な設置法の検討
 - ビーコンのパラメータ値、IDの決定。
 - 凡その電池の寿命期間を設定(電波出力、送信間隔は電池の寿命に影響を与えるため)
 - 作業計画の策定と作業スケジュールの調整

設置作業:

- 準備作業
 - 施設管理者と設置場所や設置方法の調整
 - 工事実施時に要求される作業届の作成と提出
 - BLEビーコンへのID,パラメータ設定(電波出力と送信間隔)とラベリング
- 本設置作業
 - 設置位置と落下防止策の確認
 - 設置時のアンテナの向き等設置に関わる詳細を確認
 - 計画した場所への設置が不可の場合の対応策検討
- 設置後の性能評価と測定
 - 電波出力、受信範囲、電波干渉等の確認
 - 必要があれば、BLEビーコンの再配置もしくは追加設置の改善策の提示

運用と保守:

- 性能の維持
- 保守メンテナンスと管理

■ 性能・機能

- 電波方式 (Bluetooth4.0 Smart もしくは以降の仕様)
- 最大出力 (Class 1, 2, 3)、送信間隔 (電波の送信間隔)
- 信号方式 (複数IDの送信、ネットワーク機能の搭載等)

Class	電波出力強度 (上限値)	通信距離 (想定)	備考
1	100mW	およそ100m	日本では電波法の関係で、更に低い出力設定となる。
2	2.5mW	およそ10m	Class2のデバイスが多いと思われる。
3	1mW	およそ1m	対応したデバイスはほとんど出ていない。

※単位の関係性:
1mW=0dBm、2.5mW=4dBm、100mw=20dBm

■ 給電方式

- 給電式、電池 (電池容量)、バッテリーレス (太陽光式、振動式..)、組込式 (電灯、感知器等)
 - ・ 電源の確保、電源工事、電池交換等、初期費用や継続的に発生する手間とコストを考慮。
 - ・ 電池式は、消費電力より想定される電池寿命

■ 機器の設定方法

- 機器の設定方法の容易さと秘匿性。
 - ・ 個別設定が基本だが、一括設定やネットワークによる設定変更ができる機種もある。
- 当初設定の変更の可否や、変更方法の煩雑さ等も考慮する必要がある。

■ デザインと品質

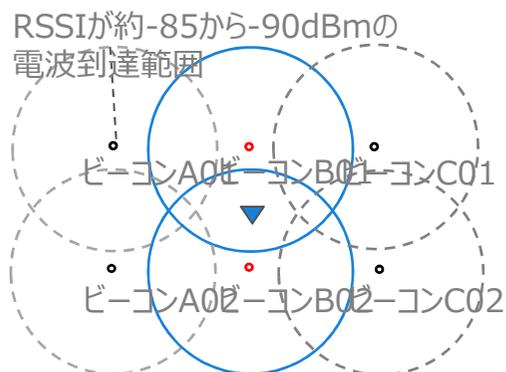
- プリント回路板のデザインと造りの丁寧さ
- 外観のデザイン (大きさ、重量、周辺環境との親和性)
- 設置の柔軟さ (両面テープ、ビス留め、磁力) → メンテナンス性、盗難防止
- アンテナのデザイン (形状の違いで電波特性が異なる。)

■ コスト

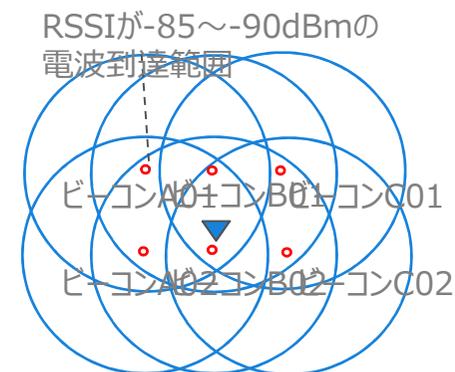
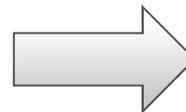
- 初期コスト (デバイスコスト、キットニングコスト、設置作業費等)
- 運用コスト (メンテナンスサイクル、電池交換等)

■ 図面を入手し、配置案を検討。

- 設置間隔(概要設計時に仮決めし、詳細設計時に決定)
 - ・ 機種によって異なるが、スポット測位では測位端末から最低1つ以上のビーコン電波が受信できる設置間隔(20~30m程度)として概要設計時に仮決めする。
 - ・ 全域測位の場合は、設置間隔を密にし、凡そ5~8m程度の間隔が目安。
- 設置個数(概要設計時に仮決めし、詳細設計時に決定)
 - ・ 過密すぎると、電波干渉と輻輳により検知ロスが懸念される。
 - ・ 優先選定の検討(重要箇所):分岐点、出入口、エレベータ、階段、トイレ等。
 - ・ 他の階層への影響確認(他階への影響が小さくなる位置を選定する。)
- 設定値の検討(概要設計時に仮決めし、詳細設計時に決定)
 - ・ 電波出力強度TxPower、送信間隔等の設定値、想定電池寿命の算定。
 - ・ ビーコンのID(場所情報コード、UUID、Major、Minor等、一意性を確保。)
- ナンバリング(ラベリング)
 - ・ 管理の正確さを担保するため、図面と設定値リストの共通名称の付与。



設置間隔が狭すぎると
検知ロスが発生



- 測位範囲と用途から、BLEビーコンに与えられた役割を検討し、凡その設置位置を仮決めする。
 - 全域測位で、BLEビーコン単独で多点測位を実現する場合は、BLEビーコンの配置密度は最も高く、概ね5~8メートルごとにビーコンを設置する。設置台数が最も多くなる例である。
 - スポット測位で、他の測位技術を組合せたハイブリッド測位は、設置台数の絞り込みが可能。
 - 本ガイドラインの前提とした設定条件(ハイブリッド:GPSxPDRxBLE)におけるBLEビーコンの設置の考え方。

- 出入り口(非常口)、エレベーターや階段など、通過時に該当する地図への切り替え場所に設置する。(屋内・屋外・フロア一図等)
- 障がい者席、対応トイレ、AED等のPOIに設置する。
- 分岐点等のノードを検出するために設置するが、進行方向はPDRもしくはビーコン検出順位によるソフトウェアの論理補正機能をソフトウェア側で搭載することを前提に複数個は設置しない。
- 分岐のない通路は、PDRの補正の範囲を考慮しつつ、設置個数を減らす。但し、誤った位置検出の可能性があるところには追加する。
- 広い空間の場合は、ある程度の間隔を持って最低一つ以上の電波を受信できるように設置する。(できるだけ電波空白エリアを作らない)

■ ファームウェア

- BLEビーコンを作動させるためのファームウェアが各ビーコンデバイスには搭載されており、このファームウェアにより、動作環境や各種のパラメータの設定が行われる。
- 電波出力、送信間隔の設定範囲や設定方法なども、ファームウェア毎に異なる。

■ 電波出力

- BLEビーコンは、TX出力として一定の出力でID信号を送信する。TX出力が高ければ、電波は遠くまで到達するし、弱ければ電池の消費を少なくする。
- 距離の二乗に反比例して電波が減衰する原理を利用して測位する。

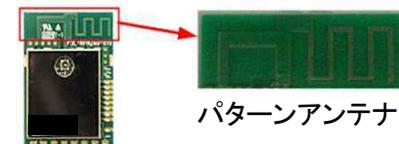
■ 送信間隔

- ビーコンが、ID信号を送信する間隔のこと。送信間隔100mSec(ミリ秒)とは、1秒間に10回のID信号を送信する意味。
- 送信間隔が長くなるほど電池の寿命は伸びるが、スマホ側の反応が遅くなることもあるので注意が必要。例えば、500mSecの設定では、1秒間に2回のID信号しか発信しないので電池寿命は伸びるが、スマホを持つ人間は移動するので移動速度に追いつけずに受信不良の要因となる恐れもある。因みに、iBeaconお仕様では100mSecと指定されている。

■ 参考: ホシデン製ビーコンHRM5011仕様(高精度測位社会プロジェクトで使用)

- 幅50.0mm × 50.0mm × 高さ17mm 21g
- CR2450 コイン電池
- Bluetoothチップ(Nordic製チップ)
- パターンアンテナ
- 電波出力: -20dbm~+4dBm(選択式)

アンテナ形状例:



※-20dBm=0.01mW、4dBm=2.5mW

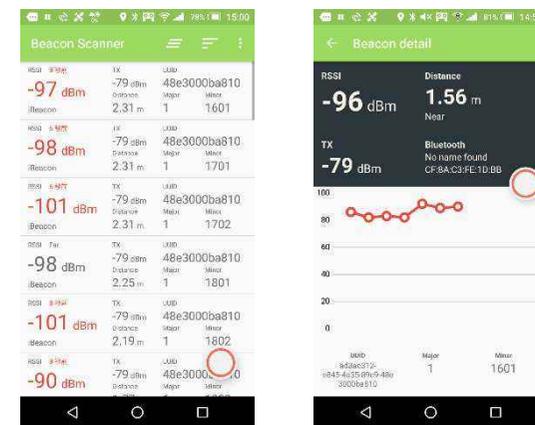
■ 設置方法

- BLEビーコンの設置
 - 屋内設置と屋外設置
 - 天井設置
 - 壁設置
 - その他
- 落下防止策
 - ビス止め
 - アンカーワイヤー
 - 両面テープ(耐候性、粘着力)
- デバイスの向き
 - 干渉物への対応
 - 見通しの良い場所における考慮事項



■ 性能確認項目

- ID確認(※設計図通りに設置されているか)
- 受信強度(※RSSI値計測と距離による変化)
- 受信個数(※複数の端末機種で確認)
- 電波干渉等の確認
- 近傍ビーコン判定(※チェックイン測位)



※Beacon Scanner画面キャプチャー

■ 測位性能の維持

- 運用上に必要な考慮事項を整理。
 - 性能の維持
 - 定期的な受信強度の確認等
 - 環境変化への対応
 - 設備環境の変化による影響
 - 想定外の事象への対応
 - 他階への影響(吹き抜けやエスカレータ)
 - 人流の変化による影響(混雑状況の変化等)

■ ビーコンの管理と保守

- 保守に関する考慮事項を整理して記載
 - 保守サイクルの検討
 - コストを考慮した保守サイクルの設定
 - 死活監視
 - 盗難、紛失、故障、電池切れ等
 - 電池交換
 - 電池寿命の試算と交換時期を設定
 - 清掃
 - ソーラーパネル等の定期的な清掃

5. 実証実験からの知見

- 5.1 実証実験の方針
- 5.2 新横浜駅における実証実験
- 5.3 日産スタジアムにおける実証実験
- 5.4 実証実験からの知見の整理

この章は、実証実験の概要の紹介と、実験結果からの示唆に関して説明。

■ 実施目的

- シームレス測位を実現するための測位機器の最適配置、設定の検証。
 - ・ 開放空間(スタジアム)の環境構築
 - ・ 閉鎖空間(地下通路)の環境構築

■ 実験エリア

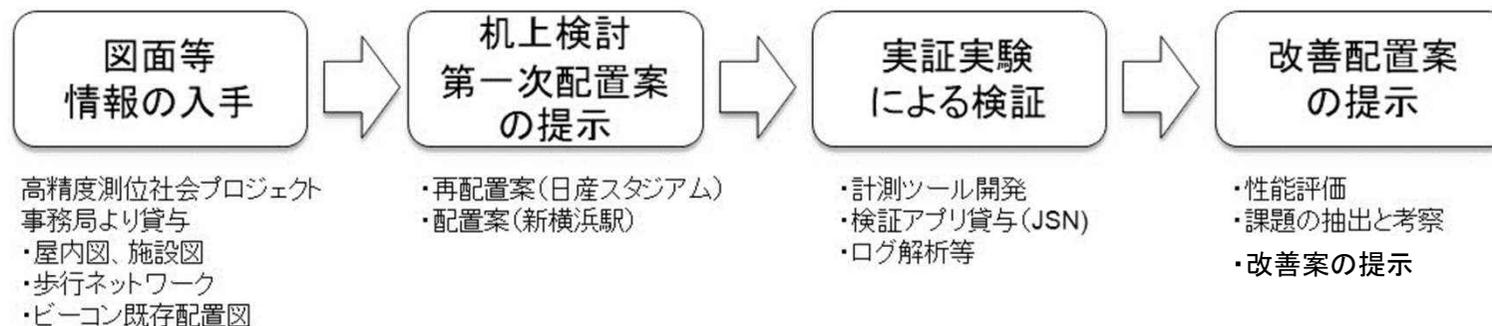
- 日産スタジアムは、東から北ゲートの4階～7階迄の1/4。(11月9日、15日実施)
- 新横浜駅は、地下鉄改札口から地下コンコース、通路。(12月25日実施)



■ 設定条件の確認

- スマホによる、ハイブリッド測位を想定。GPS x PDR(自律航法)x BLE(チェックイン)。
- 高精度測位社会プロジェクトの実験環境を利用。
 - ・ 実験場所、屋内図、NWデータ、BLE、アプリ(Japan Smart Navi、以降JSN)

■ 実験のプロセス



■ 検証内容

1. BLEビーコンの配置案の検討

- ・ 日産スタジアムは、既設ビーコンの精度向上のための再配置案。
- ・ 新横浜駅は、新規設置案。

2. 測位性能の確認

- ・ 測位性能の検証。(電波特性)
- ・ 空間特性(電波干渉)
- ・ 電波障害の確認と回避法の検討。(障害物)
- ・ 設定値確認の適正值の確認(電波出力、送信間隔の設定)

3. 配置に関する検証

- ・ ノード、POI検出を想定したBLE検出範囲の確認。(近傍ビーコン判定)
- ・ PDRの位置補正を想定した自位置測位。(自位置計測判定)
- ・ 経路案内を想定した、シームレス測位検証。(移動軌跡確認)

4. 端末及びソフトウェアとの関係による測位精度への影響を検証

- ・ 機種性能差の確認のため、複数の端末を持ち込み検証(Android)
 - － 日産スタジアム :16端末
 - － 新横浜駅 :14端末
- ・ 2種類の測位アルゴリズムによる測位精度への影響を検証
 - － 測定ツール(DNP製)
 - － JSN(高精度測位社会プロジェクトより貸与)

■ 検証方法(計測ツール)

➤ スマホ用の計測ツール(3種)

- ・ RSSI計測、測位アプリ、JSN

➤ 測定地点

- ・ 移動経路を2種設定(健常者用、車いす用)
- ・ 移動経路上に計測ポイントを設定(静止計測)

➤ 測定方法

- ・ 静止計測: 計測ポイントで、1分停止しデータ取得。
- ・ 移動計測: 経路上を歩行し、計測データを取得。
- ・ 移動計測(ナビアプリ): 移動ログの取得

➤ 測定回数

- ・ 日産スタジアム: 既存配置(既存設定、~~設定変更~~)、再配置(擬似的に構築)
- ・ 新横浜駅: 午前、午後、通勤時間帯(夕方)

RSSI計測アプリ



測位アプリ(DNP)

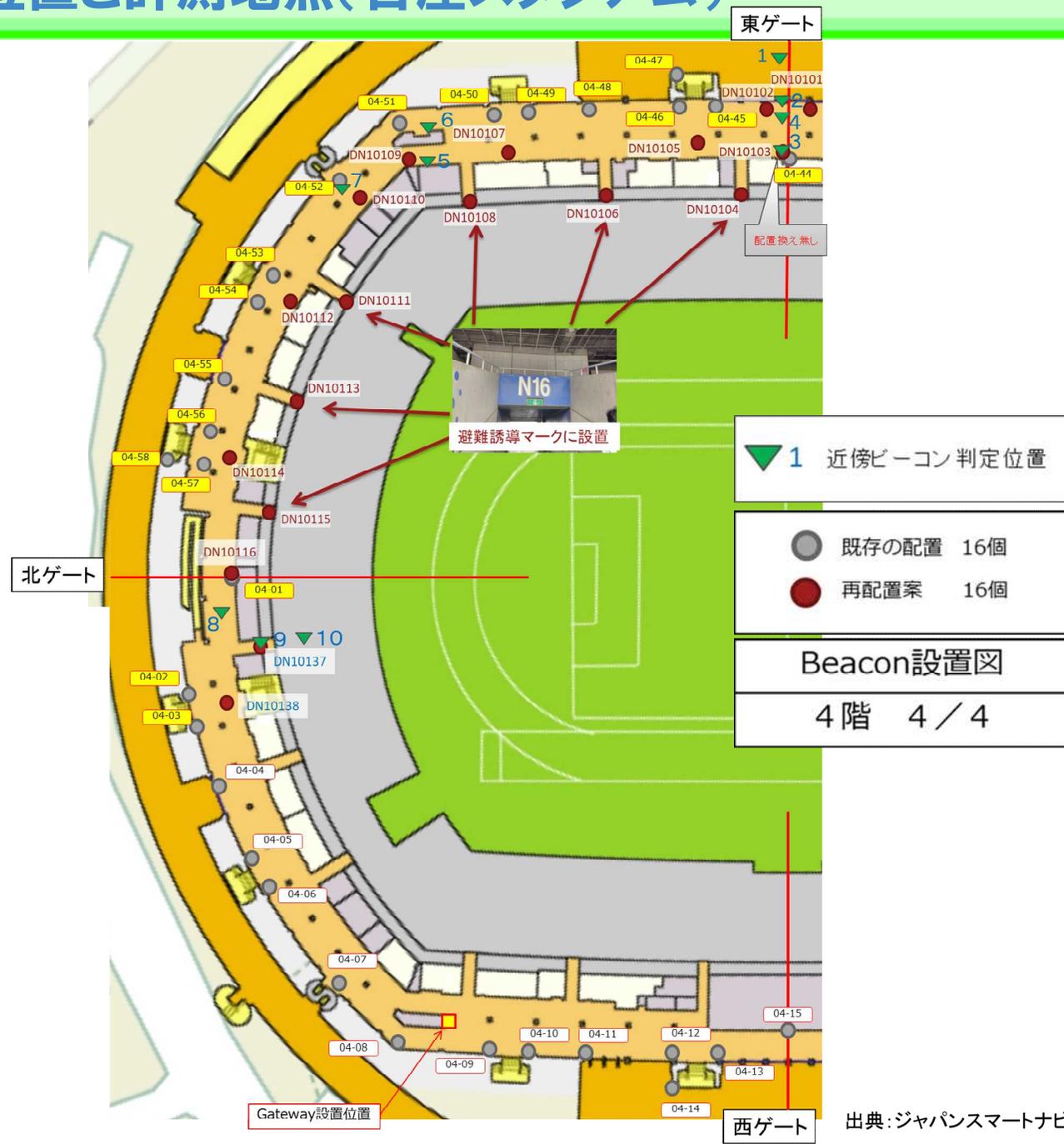


JSNアプリ

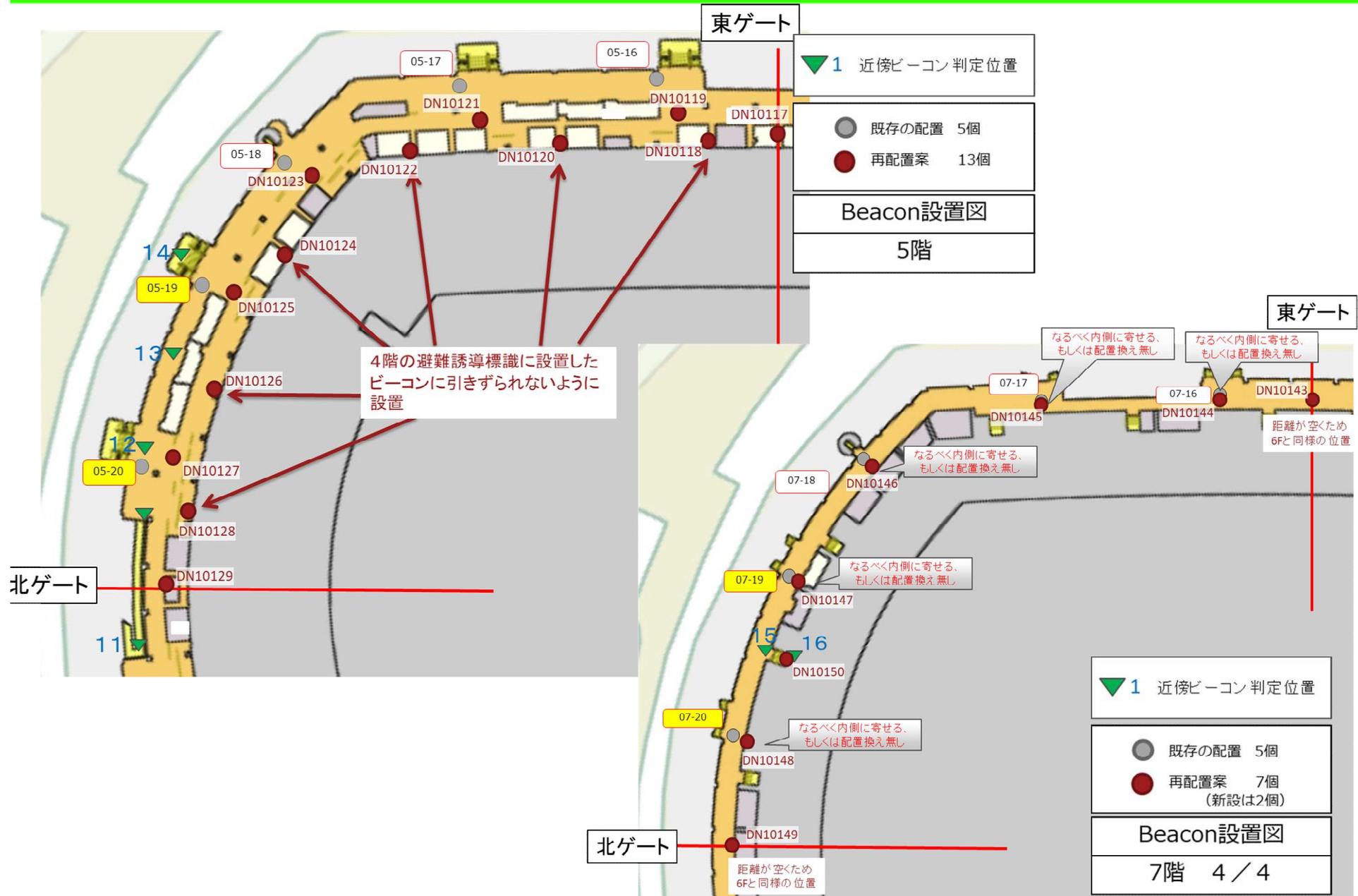


施設名	日産スタジアム	新横浜駅
空間特徴	開放空間	閉鎖空間
ビーコン設置数	約46個 (1/4区間のみ)	21個
静止状態でのRSSI計測地点数	27の計測地点を設定	18の計測地点を設定
近傍ビーコン判定の計測地点数	16の計測地点を設定	13の計測地点を設定
歩行状態での計測	健常者想定 of 1コースと 車いす想定を1コースを設定	健常者想定 of 2コースと 車いす想定 of 1コースを設定

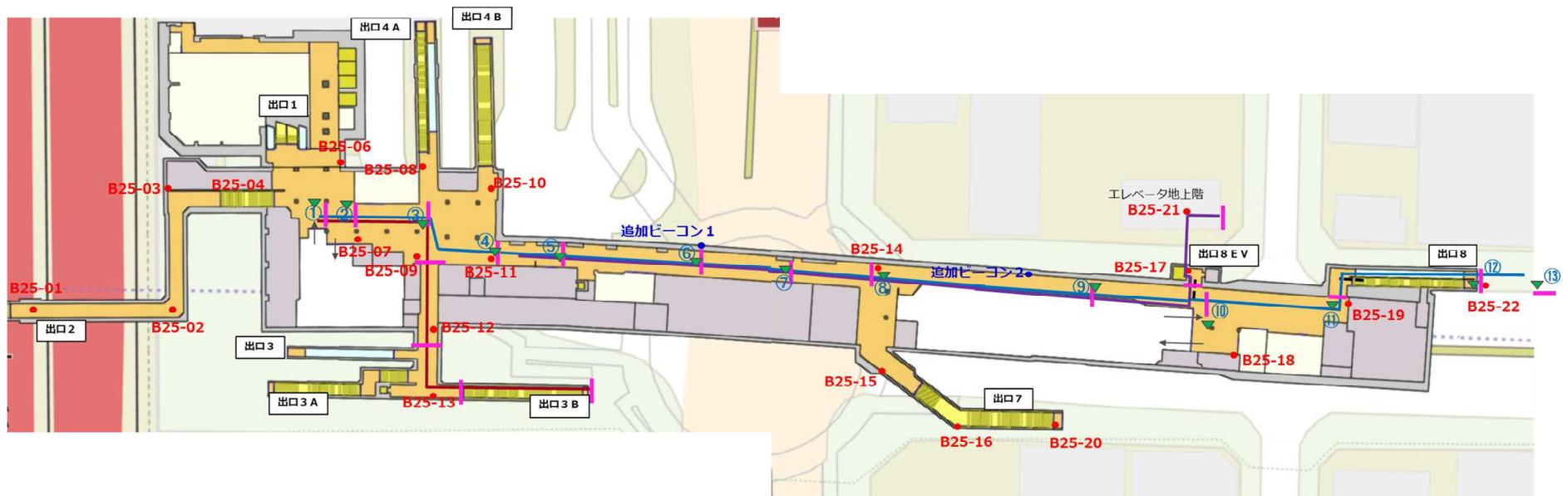
参考:ビーコン位置と計測地点(日産スタジアム)



参考:ビーコン位置と計測地点(日産スタジアム)



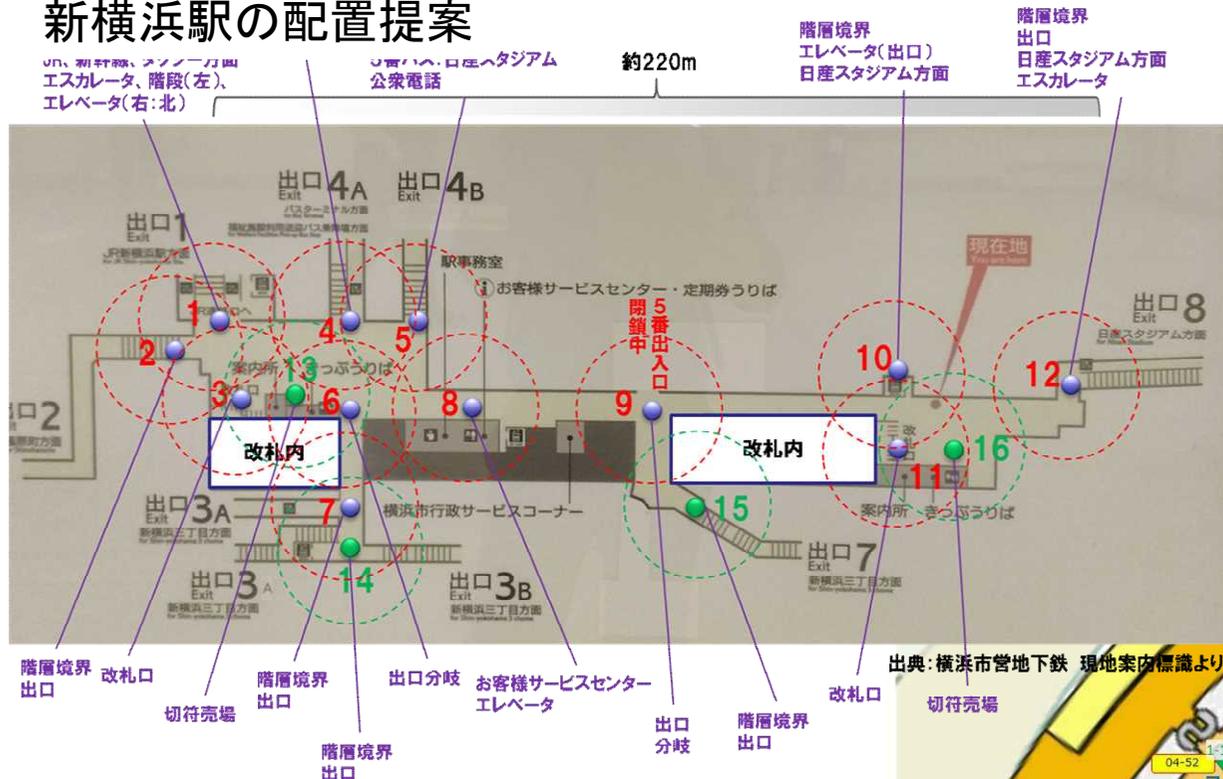
参考:ビーコン位置と計測地点(新横浜駅)



- ビーコン設置位置
- ▼ 近傍判定位置
- 案内看板 (サイン)
- 歩行測位ルート1
- 歩行測位ルート2
- 歩行測位ルート3

出典:ジャパンスmartナビ屋内図

新横浜駅の配置提案



設定値の提案:
(0dBm、100mSec)

・設置されたビーコンの設定
日産スタジアム、新横浜共に以下の設定値。
(-4dBm、300mSec)

日産スタジアムの再配置提案



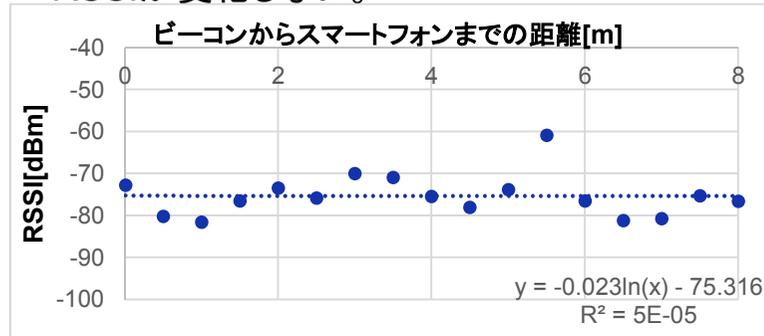
POIの設定(新横浜駅)

カテゴリー	詳細
駅関連	案内看板 インフォメーションセンター サービスセンター 観光案内所 券売機
行政関連	救護施設 医務室 交番
その他	トイレ AED 公衆電話

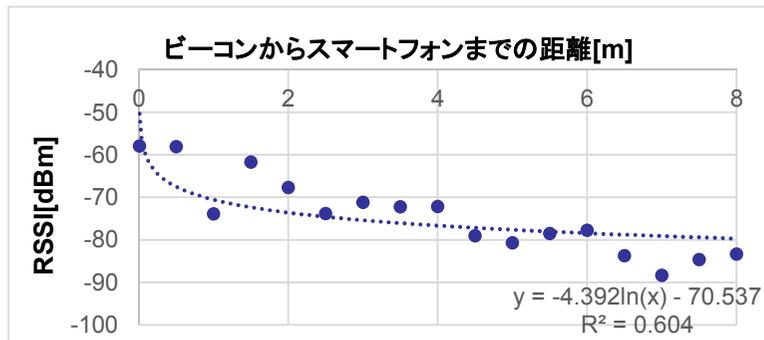
日産スタジアム実験結果(抜粋)

①BLEデバイスの電波特性

- 既存設置BLEビーコン(メッシュ型)
- 既存の設定値。(-4dBm、300mSec)
- ビーコンに近い場所でも電波が弱く離れてもRSSIが変化しない。



- 再配置のBLEビーコン(ホシデン製)
- 提案の設定値。(0dBm,100mSec)
- 全体傾向として距離に応じて減衰。



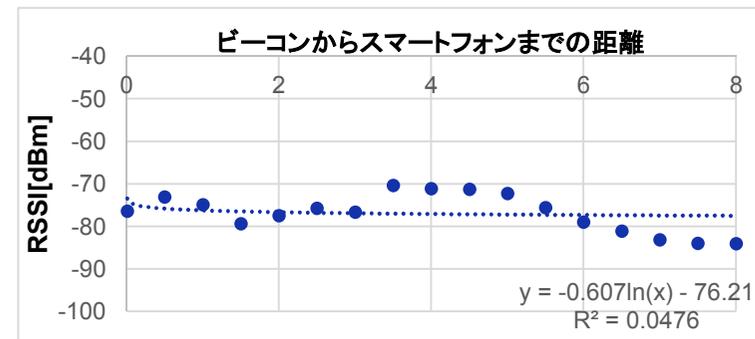
➡ 用途に適したデバイス選定(指向性等)と設定値(電波出力、送信間隔など)の選定・設定が必要。

②障害物の影響



BLEビーコン近くには大きな梁が存在

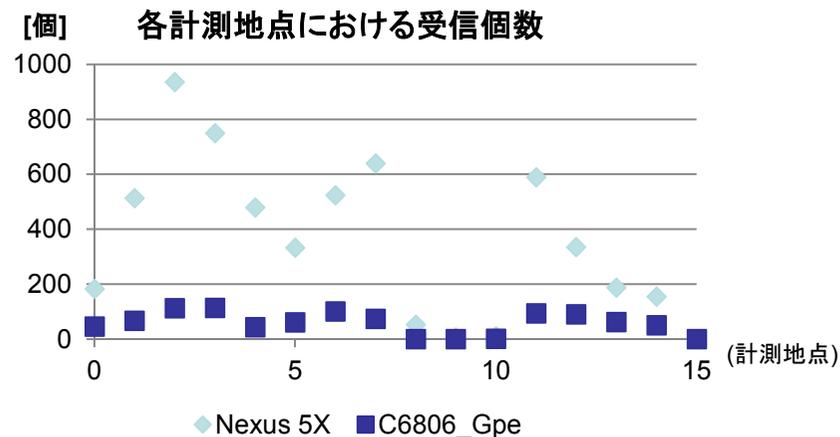
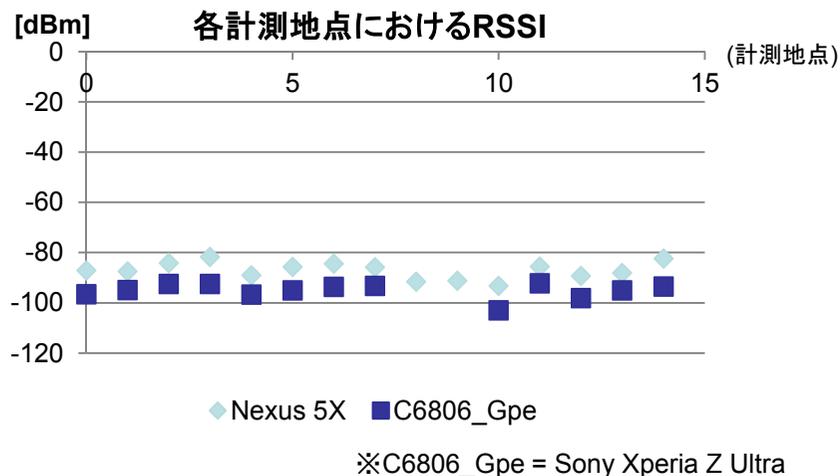
- 梁などは現地検証でないとなりが付きにくい。
- CADではわかりにくい、障害物の存在や素材特性。
- 障害物によって電波の乱れが発生。



➡ 図面だけでは無く、現地にて仮配置等を行い測位に適したビーコン配置を検討する必要がある。

日産スタジアム実験結果(抜粋)

③スマートフォンの機種性能差



RSSI(受信強度)以上に、受信個数で機種差が顕著に確認された。送信間隔の設定値を短くする等の検討が必要。

④測位アルゴリズムによる測位結果の差

- 自位置測位を測位アプリとJSNで実施
- 測位アルゴリズムにより、測位結果に違いが生じることを確認。



同じビーコン配置であっても、測位アルゴリズムにより、測位結果に違いが生じることを確認。環境構築後に、測位アルゴリズムの事前確認とチューニングが必要。

⑤再配置前後の結果(日産スタジアム4~7階)

再配置前の近傍ビーコンの判定精度

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
02_C6806_Gpe	44	44	45	46	49	51	52	1	#N/A	#N/A	58	78	76	97	118	#N/A
04_Nexus 5	44	44	46	45	46	51	52	1	2	#N/A	#N/A	78	77	97	118	#N/A
07_Nexus 6	41	44	46	46	49	51	52	1	3	#N/A	#N/A	75	75	94	115	#N/A
08_Nexus 6P	44	44	46	45	49	51	52	1	#N/A	#N/A	#N/A	78	77	97	118	#N/A
09_Nexus 9	41	44	46	46	52	51	52	1	1	#N/A	58	78	77	97	118	#N/A
10_Pixel	41	44	45	46	49	51	52	1	1	#N/A	59	78	55	77	118	#N/A

再配置後の近傍ビーコンの判定精度

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
02_C6806_Gpe	101	102	105	105	109	107	110	116	137	139	129	127	127	125	150	150
04_Nexus 5	102	102	105	105	109	109	110	116	137	139	129	127	127	125	125	150
07_Nexus 6	102	102	105	105	119	109	110	110	137	137	129	127	128	125	125	150
08_Nexus 6P	103	102	105	105	109	107	110	116	137	139	129	127	125	125	150	150
09_Nexus 9	105	102	105	105	105	109	107	110	116	137	137	139	127	127	125	150
10_Pixel	102	102	105	105	105	109	107	110	116	137	139	139	127	125	125	150

黒文字:理論上の近傍ビーコンIDと実際の近傍ビーコンが同じ場合

赤文字:理論上の近傍ビーコンと実際の近傍ビーコンのIDが異なる場合

再配置案に基づく計測:



階毎の構造、障害物、ビーコンの設定を考慮した配置によって、ビーコン誤り検知が減少し測位精度の向上を確認。

①チェックイン測位の受信レベル (近傍ビーコン判定)

- ・地点4はどのビーコンからも離れているため
端末により色々なビーコンを近傍判定。

⇒ビーコン設定の再考及び増設の検討

②BLEビーコンの設置環境による違い

- ・ 計測地点7では、ほとんどの計測端末において誤判定が発生
- ・ 周辺の柱やBLEビーコンからの距離に依存すると思われるため、再配置等の検討が必要

⇒ビーコン設定の再考及び再配置の検討

計測地点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
04_Nexus 5	B25-6	B25-6	B25-7	B25-9	B25-8	B25-10	B25-7	B25-4	B25-4	B25-12	B25-13	B25-13	B25-13
14_Nexus 6	B25-6	B25-6	B25-9	B25-8	B25-8	B25-10	B25-7	B25-4	B25-4	B25-12	B25-12	B25-13	B25-13
15_Nexus 5X	B25-6	B25-4	B25-9	B25-11	B25-8	B25-10	B25-10	B25-4	B25-4	B25-7	B25-12	B25-13	B25-13
13_Nexus 5X	B25-6	B25-4	B25-7	B25-10	B25-8	B25-10	B25-7	B25-4	B25-4	B25-12	B25-13	B25-13	B25-13
16_Nexus 6	B25-6	B25-6	B25-7	B25-9	B25-8	B25-10	B25-7	B25-4	B25-4	B25-12	B25-13	B25-13	B25-13
02_C6806_Gpe	B25-6	B25-6	B25-7	B25-8	B25-8	B25-10	B25-7	B25-4	B25-4	B25-12	B25-12	B25-13	B25-13
07_Nexus 6	B25-6	B25-4	B25-7	B25-11	B25-8	B25-10	B25-7	B25-4	B25-4	B25-12	B25-13	B25-13	B25-13
08_Nexus 6P	B25-6	B25-6	B25-7	B25-10	B25-8	B25-10	B25-7	B25-4	B25-4	B25-12	B25-13	B25-13	B25-13
09_Nexus 9	B25-6	B25-4	B25-7	B25-10	B25-8	B25-10	B25-7	B25-4	B25-4	B25-12	B25-13	B25-13	B25-13
10_Pixel	B25-6	B25-4	B25-7	B25-10	B25-8	B25-10	B25-7	B25-4	B25-4	B25-12	B25-13	B25-13	B25-13
12_SOL25	B25-6	B25-4	B25-7	B25-9	B25-8	B25-10	B25-8	B25-4	B25-4	B25-12	B25-13	B25-13	B25-13
17_Nexus 5X	B25-6	B25-6	B25-9	B25-11	B25-8	B25-10	B25-11	B25-4	B25-4	B25-12	B25-12	B25-13	B25-13
18_Nexus 6	B25-6	B25-6	B25-9	B25-8	B25-8	B25-10	B25-7	B25-4	B25-4	B25-12	B25-12	B25-13	B25-13
19_Nexus 7	B25-6	B25-6	B25-7	B25-10	B25-8	B25-10	B25-7	B25-4	B25-4	B25-12	B25-13	B25-13	B25-13

赤: 理論上の近傍ビーコンと計測値が異なる箇所
 緑: 理論上の近傍ビーコンと計測値が同じ箇所



③混雑状況と機種性能によるRSSIの差の比較

⇒ビーコン設定の再考と測位アルゴリズムの再検討(近接方式ではなく、3点測量方式等)

機種によってRSSIに大きな差(最大15dBm程度)が発生
 単純な閾値判定によるチェックイン測位は機種性能差が大きく現実的でない

※閾値判定=電波の減衰による距離判定ではなく、閾値以下を切り捨て、閾値以上のRSSIを検出した時に反応する仕組み。

	1回目		2回目		3-1回目(混雑)		3-2回目(混雑)		3-3回目(混雑)		平均
	地点1	地点2	地点1	地点2	地点1	地点2	地点1	地点2	地点1	地点2	
315_Nexus 5X	-75.17	-78.14	-66.88	-75.24	-63.06	-70.55	-75.16	-76.45	-75.01	-74.96	-73.06
1217_Nexus 5X	-68.42	-68.19	-71.60	-68.05	-78.09	-73.69	-75.98	-78.62	-75.53	-77.51	-73.57
4113_Nexus 5X	-70.60	-75.41	-75.06	-74.98	-71.22	-72.90	-74.62	-77.64	-75.03	-75.52	-74.30
909_Nexus 9	-70.95	-78.02	-76.88	-73.25	-73.82	-76.45	-73.71	-77.53	-73.33	-75.97	-74.99
1010_Pixel	-79.94	-86.63	-72.60	-67.17	-76.23	-72.20	-76.43	-77.41	-77.31	-80.54	-76.65
104_Nexus 5	-77.48	-80.21	-77.55	-75.47	-78.15	-78.20	-78.83	-81.09	-79.35	-79.75	-78.61
1112_SOL25	-81.04	-79.34	-77.58	-75.83	-79.28	-82.75	-80.45	-81.19	-76.54	-80.40	-79.44
1319_Nexus 7	-79.65	-84.85	-76.50	-78.96	-79.55	-77.00	-80.83	-80.50	-74.36	-83.67	-79.59
602_C6806_Gpe	-79.52	-79.77	-82.30	-80.56	-84.70	-81.85	-82.79	-81.29	-78.22	-83.54	-81.45
808_Nexus 6P	-79.23	-81.71	-79.66	-79.15	-83.62	-87.18	-89.92	-87.94	-89.10	-90.09	-84.76
707_Nexus 6	-88.26	-86.29	-82.68	-88.81	-86.23	-87.06	-80.57	-86.94	-84.60	-87.83	-85.93
214_Nexus 6	-89.90	-89.74	-86.23	-86.44	-82.86	-84.92	-85.64	-90.51	-88.43	-88.19	-86.99
516_Nexus 6	-88.93	-90.36	-89.51	-87.63	-83.86	-88.10	-91.51	-91.74	-94.50	-93.71	-89.99
平均	-79.16	-81.44	-78.08	-77.81	-78.51	-79.43	-80.50	-82.22	-80.11	-82.21	

混雑度の高い3-2回目や3-3回目では、RSSIが3dBm程度低下

- 測位に適した電波特性のBLEビーコンを選定
 - ビーコンによる測位では、RSSIと距離の関係が理論値に近いほどよい。距離に応じてRSSIがきれいに減衰するビーコンを選定する必要がある。
 - 距離判定ができるビーコンであれば、単純なチェックイン測位での測位精度は、ビーコンの配置数に比例する。
- 測位端末の機種別性能差の考慮
 - 測位端末によって、RSSI値が大きく異なる結果となった。RSSIの受信個数が極端に少ない端末も存在するため、代表的な機種による事前検証が必要である。
- 測位アルゴリズムによる影響を考慮
 - 同じ環境であっても、測位アルゴリズムにより測位性能に差が出ることを確認できた。測位アルゴリズムによる測位精度は開発者任せとなるため、BLEビーコン設置や設定に関する情報をできるだけ開示し、事前検証の必要性を促す必要がある。
- 適正な設定値の確認
 - 電波出力と送信間隔が設定できる物が多いが、電池寿命と電波出力、送信間隔の設定はトレード・オフの関係にあるが、設定を下げ過ぎると、測位端末や測位アルゴリズムによっては測位精度への影響がでるものもあるため、実測による事前検証が必要である。
 - 混雑等によるRSSI低下は、閾値判定の測位アプリの場合は注意が必要。
- BLEビーコンの最適な配置
 - 机上の配置案を策定後に、可能であれば仮配置等によって事前に問題箇所を検証した上で、最終の配置案を決定する方が効率的である。
 - 他(階)への影響も考慮し、ビーコンの設置の高さや、階毎の配置は揃えた方が良い。

6. 位置情報の測定

- 6.1 測定のフロー
- 6.2 測定準備
- 6.3 測定手法
- 6.4 課題の整理

この章は、屋内に設置したビーコンの位置情報(座標)の測定手法についての説明。

■ 目的

- パブリックタグ登録に必要な位置情報(緯度、経度、階層数)の取得を、できるだけ簡便・安価でありながら、位置精度を可能な限り高めた上で取得可能な手法を検討し、それぞれの手法の適用条件や特性について整理する。

■ 手法の検討

【前提】 施設図面(縮尺レベル500以上を推奨)を入手し、ビーコン設置位置をプロットしておく。

➤ 地理院地図重畳(図1)

- ジオリファレンサ(QGIS等)で取り込んだ施設図面と、地理院地図を重畳し、ビーコン位置を特定し、座標を取得する。

➤ 基準点測位(図2)

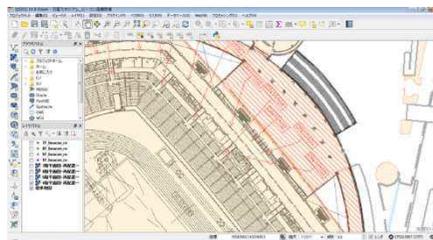
- 可能な限り天空が開け、図郭方向の離れた箇所(3~4地点)において、GNSS測位※により座標を取得。ジオリファレンス後の図面を地理院地図と重畳し、ビーコン位置の座標を取得する。

※ RTKLIB+PPP測位機器など、できるだけ高精度測位が可能な機器により座標を計測

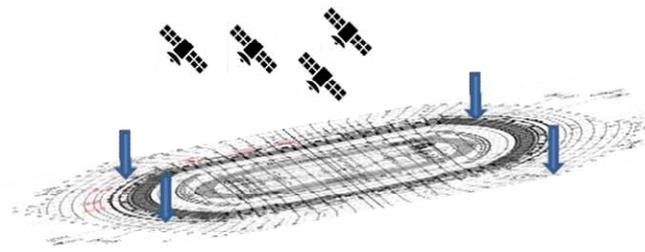
➤ 2次出典間接重畳(図3)

- 地下鉄構内のように、地理院地図と直接重畳できない場合、2次出典(調製地図/航空写真)と対応付け可能なリファレンスポイントを設定。

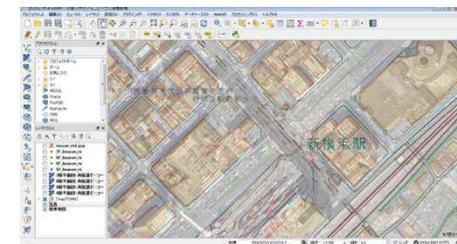
2次出典をハブとして地理院地図を重畳することで、ビーコン位置の座標を取得する。



【図1】
施設図面と地理院地図の
重畳イメージ



【図2】
施設図面の基準点
測位イメージ



【図3】
施設図面と2次出典の
重畳イメージ

■ 測定手順による計測結果とパブリックタグ座標との比較

- 一元的に設計図面が整備されている施設では各測定手順との比較結果は良好であった(図4)
- 複数施設に及ぶ屋内空間ではパブリックタグ登録座標と較差が生じたものもあったが、屋内図の精度かパブリックタグのマーキングの問題か特定できなかった。(図5)

■ 課題

- 位置リファレンスを規定
 - 地下空間形状をリファレンス情報として基盤共用化
 - 屋内外の接続点(出入口)をリファレンス情報として基盤共用化
- 屋内図とパブリックタグを一元化
 - パブリックタグ座標は基盤地図情報に標定された屋内地図から一元的に整備
 - 屋内図整備にパブリックタグを基準点として利用

■ 対応

- 屋内図とパブリックタグの位置情報を一致
 - パブリックタグの位置情報計測は、「階層別屋内地理空間情報データ仕様書(案)」に基づく屋内電子地図を標準とする。
- 基盤地図情報にない屋内地図のリファレンスポイントの設定
 - 仕様に基づいた屋内電子地図が存在しない場合には、測定手順1～3を含む「位置情報基盤を構成するパブリックタグ情報共有のための標準仕様」による。

7. パブリックタグ情報共有プラットフォーム

7.1 パブリックタグとは

7.2 パブリックタグへの登録

この章は、パブリックタグの紹介と登録手順についての説明。

公共的な屋内や地下街などに設置されたタグ（Wi-Fiやビーコン等）の位置情報を共有可能とするため、位置情報の記述方法や利用方法の標準化を図る。

また、標準化した情報が共有可能なタグを「パブリックタグ」と定義し、「場所情報コード（ucode）」の仕組みを基本とした、オープンデータとして共通に利用できる環境を構築する。

従来

サービス提供者ごとに専用のタグを設置
他のサービス提供者は、利用できないしくみが大半



各サービス提供者が設置するタグの位置情報等を、仕様に基づき、データベースに登録しオープンデータとして公開

パブリックタグが発信する信号とオープンデータを利用することで、位置情報等の共通利用が可能



標準仕様に基づき登録し、オープンデータとして公開することで、複数の主体が設置したタグでも、共通に利用でき整合した位置情報が得られるため、シームレスなサービス提供が可能に

「パブリックタグ」屋内測位の標準仕様

- 様々な施設管理者等が個別に設置するビーコンやWi-Fi等の位置特定に利用可能なタグの位置情報や属性情報の標準化
- 標準化した情報をデータベースに登録し、オープンデータとして共有可能なタグを「パブリックタグ」として定義し、その要件及び設置場所の選定、品質情報、登録及び管理、利用方法について規定

目次

1. 総則
2. 用語の定義
3. タグ要件及び設置場所の選定
4. パブリックタグの品質情報
5. パブリックタグの登録及び管理
6. パブリックタグの利用

■ 定義

- 位置特定に利用可能なタグのうち、本仕様に基づき位置情報や属性情報がデータベースに登録され、それらの情報を検索、取得、利用可能な状態にあるもの。
- データベースの管理は、場所情報コードを使用。
- パブリックタグ情報の検索、取得、利用は、場所情報コードだけでなく、タグを一意に特定できるID（MACアドレスなど）でも可能。タグ固有IDの発信や読み出しが可能な機器であればその種類は特に指定しない。

■ パブリックタグの登録及び管理

- パブリックタグ情報の登録及び管理はパブリックタグ情報共有プラットフォームで行う。
- 情報の登録及び管理は、申請者が必要な情報を国土地理院へメール等で送信。

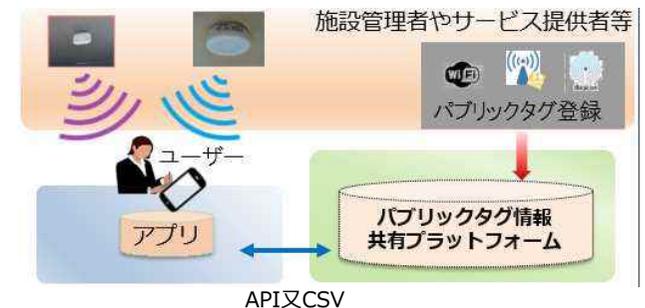


■ 品質情報

1. 設置位置の測定方法と絶対精度
2. パブリックタグ間の相対精度
3. 測定精度の信頼度の推定
4. 緯度、経度を用いない場所情報
5. 可用性の指標

■ パブリックタグの利用

- オープンデータに関する政府標準利用規約（第2.0版）に基づく国土地理院コンテンツ利用規約により提供する。
- 国土地理院コンテンツ利用規約に同意の上、パブリックタグ検索用API又はCSVテキストファイルより情報を取得して利用できる。



パブリックタグ登録 利用の流れ

申請者登録

登録申請を行う申請者を国土地理院に登録します

登録方法: メールもしくは専用サイトにより申請者登録を行います。

専用サイトを利用
場所情報コード 申請者登録

国土地理院がメールで【申請者ID】を送付します

IDの決定

設置する場所の大まかな緯度・経度・階数を計測・準備します

- ・タグの設置又は予定箇所の緯度・経度・高さ(階層)を測定します。
- ・タグに関する属性情報を確認します。
- ・タグを一意に特定できるID(以下、タグ固有IDという。)を使用する場合は、MACアドレス、UUID+メジャー+マイナー等の確認を行います。

屋内電子地図活用
G空間情報センターサイトより

設計図面等と基盤地図情報又は地理院地図との重畳による計測

地図で読み取り

GNSS測位

申請

国土地理院へ発行申請します

発行申請方法: メールもしくは専用サイトによる。

申請・発行の簡略化

パブリックタグ登録申請者 メール添付

国土地理院

登録申請APIを利用

国土地理院がメールで【場所情報コード】を発行し送付します

コードの書き込み

BLEビーコン等のタグに場所情報コード (uPlace) 又は固有IDを書き込みます

申請者が利用目的により選択し、書き込みます。

場所情報コード (uPlace) 固有ID

設置

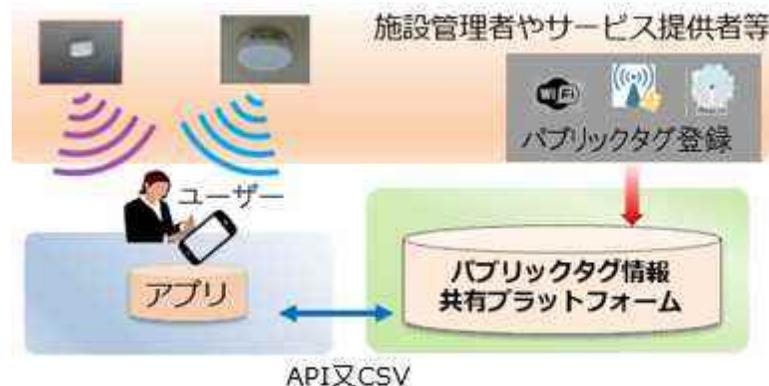
現地にコードを書き込んだタグ等を設置します

公開

パブリックタグ情報共有プラットフォームより公開します

国土地理院コンテンツ利用規約に同意の上、パブリックタグ検索用API又はCSVテキストファイルより情報を取得します。

必要に応じて、登録情報の更新を行います。



付録:

付録1. 共用ビーコンの取り組み

付録2. 位置情報の精度と信頼性

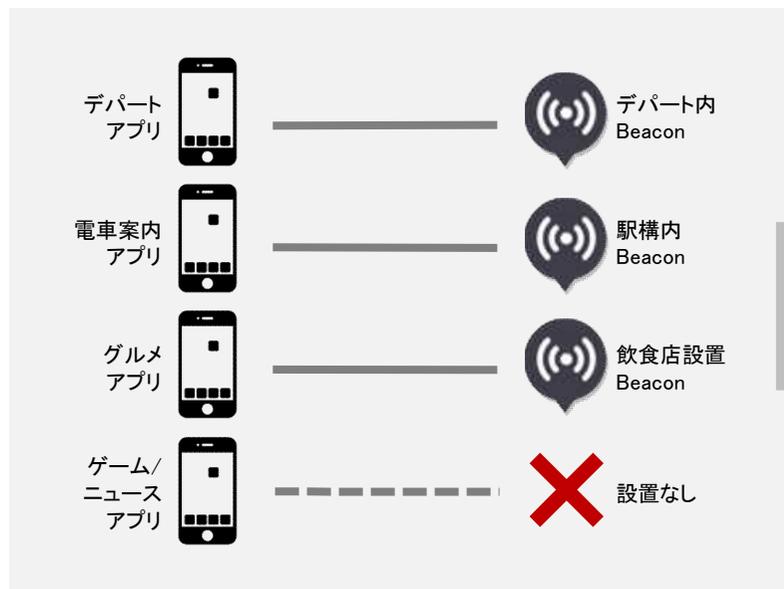
この章は、共用タグの民間事例(『Beacon bank』)を紹介しながら、共用時の考慮点について説明。

また、位置情報の精度と信頼性に関する考え方について説明。位置情報のセキュリティ要件についても説明に加える。

- 様々な主体が整備したビーコンを相互利用できる仕組み
- 主に自動販売機等に設置されているビーコンを共用
- オープンプラットフォームで、あらゆる業種・エリア・利用用途のビーコンをフレキシブルに利用し、網羅的なオフライン行動データを取得可能にする。

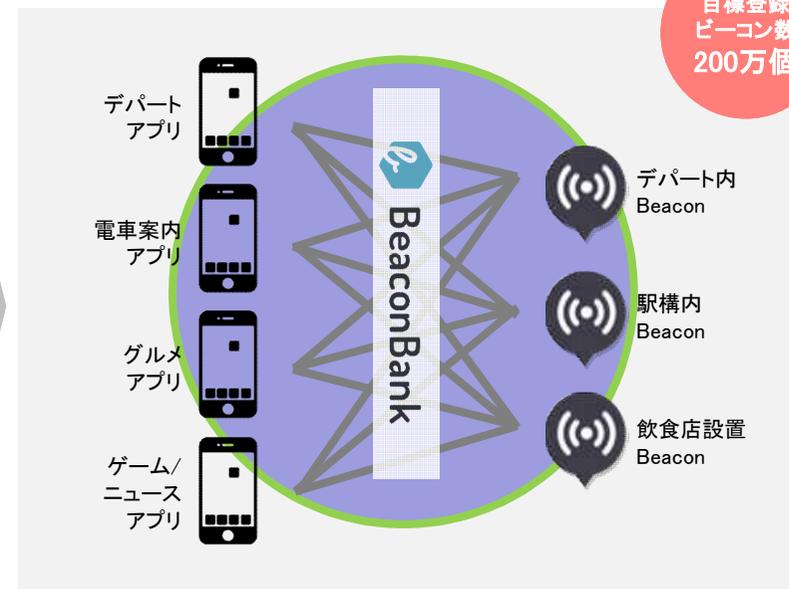
これまで

大きなコストがかかり
サービスの広がりも限定的だった



Beacon Bankによる解決

各社のBeaconをシェアすることで
高い網羅性を実現

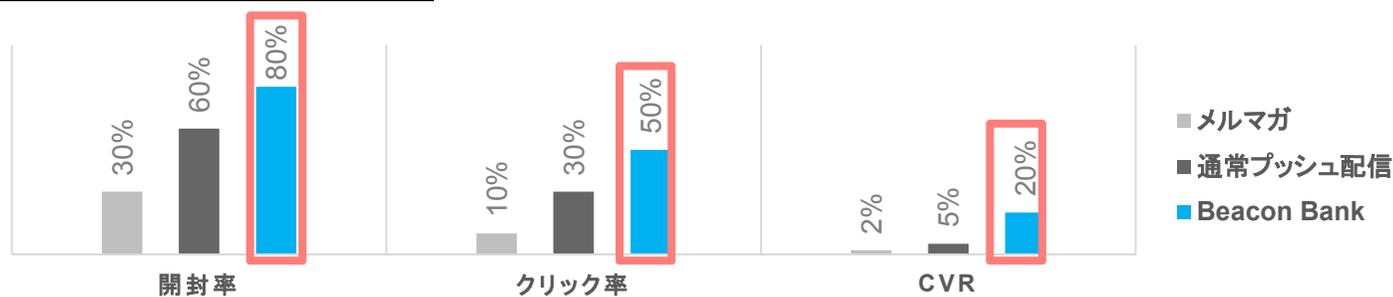


資料提供: unerry Inc.

- 世界最大級のBeacon Network実現のための技術特許を保有し、高度な分析基盤も合わせて提供し、通常の10倍の効果をベンチマークとした施策を展開。

- ① 大規模提携によるBeacon数拡大(200万個目標)
- ② Beacon相互流通の技術特許
- ③ 顧客行動習慣・パターン(行動DNA)の可視化技術
- ④ 高度・広範囲の位置情報分析
- ⑤ 主要ソリューション・企業と連携が可能

▼ファニチャーショップでの効果実績



資料提供: unerry Inc.

■ 共用時の課題への対応

- iBeaconの仕様では、各アプリでUUIDは20個までに制限されている。
- 同社のサービスでは、この20個の壁を解決する仕組みを(同社の特許)を実現シ提供している。

■ パブリックタグとの連携に関する期待

➤ 課題認識:

- 個々の企業が自社用途のみで利用するだけでは投資対効果が低く、ビーコン設置は拡大しない。
- iBeaconはアプリでしか反応できないこと、そのためのSDK導入のハードルが高い。
- GNSSかBLEビーコンかという技術比較の論点に留まる企業もまだ多い。
- ビーコン関連各社も顧客囲い込み色が強く、業界全体を広げていく意識が低い。

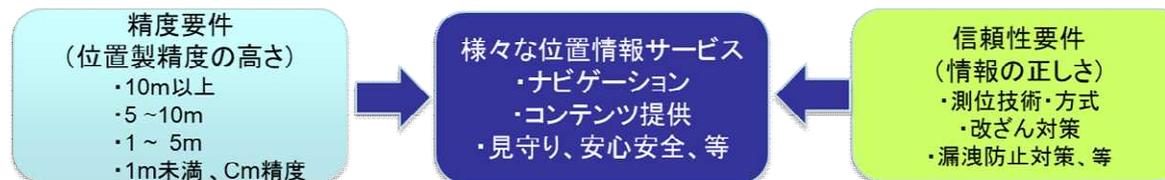
■ プラットフォームとして果たしていく役割:

- オープンなプラットフォームとして、できるだけ多くのハードウェア事業者、ソリューション事業者、データ分析事業者、アプリ事業者、広告事業者と利用企業をつなぎ、日本全体でのBLEビーコンの設置台数向上、利用者拡大に貢献したい
- 同時に、平時に民間利用、有事に公共利用(災害対応等)ができるような、パブリックタグとのシームレスな連携も追求していきたい。

資料提供: unerry Inc.

■ 位置認証への期待と課題

- 位置情報は時間情報を合わせることで対象を特定できるため、サービスのネットワーク化の進展に伴い精度の高い認証への活用が期待されている。
- 測位された位置情報の、送信時の意図しないデータの変更、欠落、作為的な改ざんや漏洩等が課題となる。
 - 例えば、自律移動支援システムでは、いつどこにいたかという位置情報の履歴が、第三者に漏洩し悪用される恐れや、位置ゲームでは、位置の改ざんによるポイントなどの不正入手がゲームバランスやエコシステムを壊す事例が報告されている。
 - 米国では、長距離トラックの運転手が自己位置を取得させないようにジャミング機器を搭載して走行するため、周辺の測位情報が狂い、携帯電話が不通になるなどの障害が報告されている。



- 測位精度を担保する、測位の根拠(測位の状況)が取得できない。
 - OSでの処理がブラックボックス化されており、アプリケーション開発者はそれを信じるしかない。
 - Geolocation APIによりユーザーの位置情報を取得できるが、測位に利用した技術は特定できず誤差が一定ではない。また、利用にはユーザーの許可が必要である。
 - 測位精度は、測位の状況により影響を受ける
 - 静止、移動(徒歩、車、電車)による影響、受信場所による影響、天候により影響、端末の違い。
- セキュリティ要件
 - 改ざん、情報漏えい、なりすまし、妨害などが該当。
 - 位置情報の品質基準や評価指標が明確に提示されていない。

■位置情報サービスの類型化

位置情報の求める要件を整理するため、サービスの類型化を行い、品質項目と評価基準として「精度」「信頼性」「真正性」「測位時間」「測位頻度」を想定し、サービスの類型ごとに位置情報が満たすべき要件を整理。

No.	サービス	精度	信頼性 真正性	測位時間 測位頻度	精度と信頼性 以外の課題
1	自己位置参照サービス	中～高	低～中	高速測位 低頻度	
2	他者位置参照サービス	低～高	高	低～中頻度	プライバシー
3	地図参照サービス	中～高	中～高	高速測位 低頻度	位置情報の第3者利用
4	緊急通報	高	高	高速測位 低頻度	測位精度
5	位置情報によるユーザー認証	中～高	高	低頻度	端末利用者の本人確認

■評価指標の考え方と観点

位置情報の良し悪しをきていすることではなくその位置情報をどのような性質(取得方法等の明示)で、どのような誤差を含んでいるかを、できるだけ定量的に示すことが必要である。

※GPSの位置精度の誤差の目安。測距誤差(大気、電離層、受信環境等様々な要因)により測位点は散らばる。この散らばりの点の平均位置までの距離を二乗平均して平方根をとったものDRMS。平均値の2倍が2DRMSで98%の確率で数値に示された半径の中に存在していることを表す。(XX 2DRMSと表記)

※DOP(Distribution of Precision)の略。精度低下率。天空におけるGPS衛星の配置によって単独測位、干渉測位とも測位精度が影響をうける。その度合いを示す数値で、数が大きくなるほど精度が低くなる。

項目	指標	観点
精度	DOP(精度低下率)	GPS等の衛星状況
	2DRMS	GPSの測位結果の分布確率
	誤差の目安値(Accuracy)	端末から取得するAPI等の指標
	測位方法(測位技術)	測位方法ごとの公称の精度
真正性 信頼性	測位機器	信頼できる測位機器であること
	セキュア通信	測位情報が改ざんされていないこと
	測位方法(測位技術)	信頼できる測位方法であること 誰が測位したのか明らかであること
	測位時間(タイムスタンプ)	いつ測位したのか判断できること

作成日 : 平成30年2月20日

資料作成

委託者:国土交通省 国土地理院 測地部

受託者:(一財)日本情報経済社会推進協会

協力事業者:大日本印刷株式会社

株式会社ゼンリン