

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

研究代表者：国土地理院

地理地殻活動研究センター

研究期間：平成27年度～平成29年度

研究費総額：約135百万円(予定)

- 技術開発の背景と必要性(P.3)
- 高精度測位社会に向けた現状(P.4)
- 技術開発の概要及び取組状況(P.6)
- 全体計画(P.23)
- 研究成果の基準等への反映について(予定)(P.24)
- 事前評価時における委員からのコメントへの対応状況(P.25)

- 準天頂衛星システム等による衛星測位技術の進展、地理空間情報技術やICTの進展などにより、**高精度測位社会の実現が期待**
- 国家的イベント(**オリンピック・パラリンピック**)を弾みに、**高精度測位社会の発展・サービス展開が期待**
- 屋内の測位環境や、都市空間を表現する3次元地図の未整備等、**高精度測位社会の実現にかかる課題を解決**することが必要
- 国家戦略として3次元地理空間情報(測位情報と3次元地図)を最重要基盤と位置づけ、**国が主導して技術的に方向づけし、基盤整備の効率化、迅速化を図ることが急務**

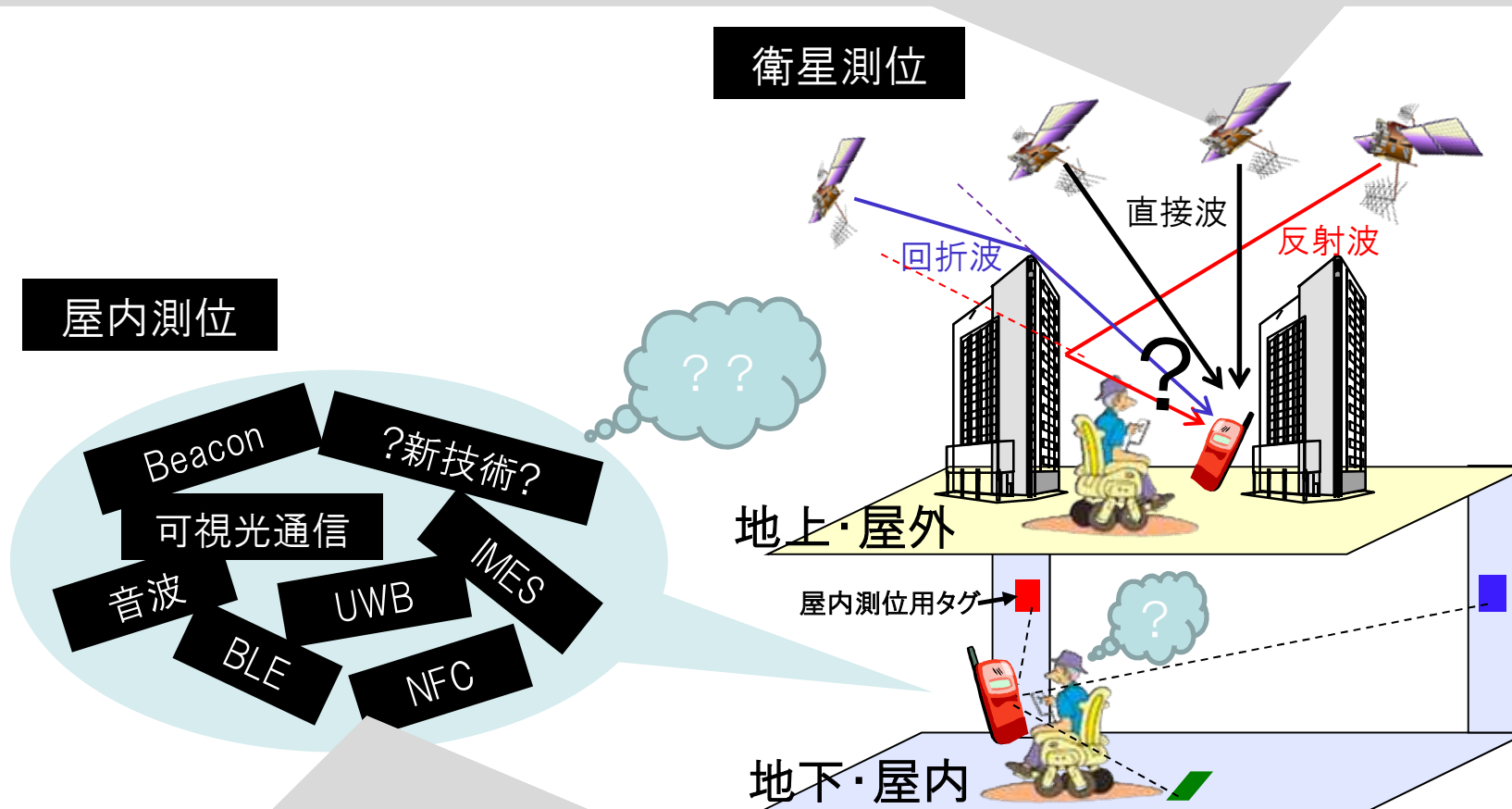


本技術開発

ビル街など衛星測位が困難な箇所の測位環境の改善と屋内外測位のシームレス化、3次元地図の整備・更新に関する技術を開発

高精度測位社会に向けた現状①

高層ビル街や屋内、地下空間など衛星測位が困難な場所においては、サービスに必要な測位精度を確保するのが難しい。



統一的な屋内測位手法(衛星以外による測位技術)がなく、各事業者等が個別に取り組んでいることから、共通の位置情報基盤が効率的に整備されていない。

地下や屋内などの階層構造を持つ空間を、適正かつ整合的に表現しうる3次元地図の体系的整備提供がなされていない。

■課題1－①

屋外3次元空間における高精度衛星測位の適用範囲拡大のための技術開発

高層ビル街等において、測位精度に悪影響を与える乱反射電波の影響を上空視界情報等を用いて軽減することにより、衛星測位の適用範囲を拡大する技術を開発

■課題1－②

屋内外の測位情報のシームレス化に関する技術開発

屋内におけるシームレスな測位のため、各種測位デバイスの設置条件等を標準化し、測位デバイス情報（位置情報、機器情報等）の共通利用が可能となる位置情報基盤を構築することにより、衛星測位とも調和的な屋内測位を可能とする技術を開発

■課題2－①

3次元地図の整備・更新技術 ―既存資料等からの地図作成―

公共的屋内空間における3次元地図データ仕様の検討を行うとともに、**BIM等の設計図面、フロアマップ等の既存情報について**、それぞれが持つひずみ等の誤差を解析・補正するとともに、**地球上の3次元座標と整合させ、それぞれの接続関係を示す情報を付与することにより、これらを基盤的地図として統合する技術を開発**

(BIM: Building Information Modeling)

■課題2－②

3次元空間モデリングシステムの構築

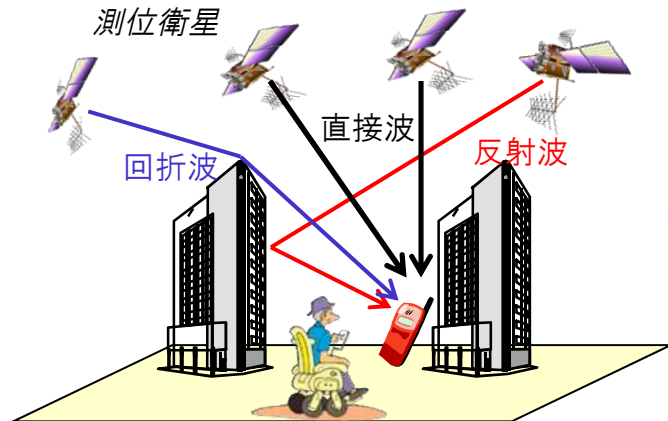
(廉価に3次元空間をモデル化する技術の開発)

MMS(モバイルマッピングシステム)や近接写真測量などの既存技術の活用・最適化、連続写真から立体をモデル化する技術を応用して、**改修・改築された箇所**の新たな**地図情報**を効率的かつ**廉価に取得、作成し、3次元地図を更新する技術を開発**

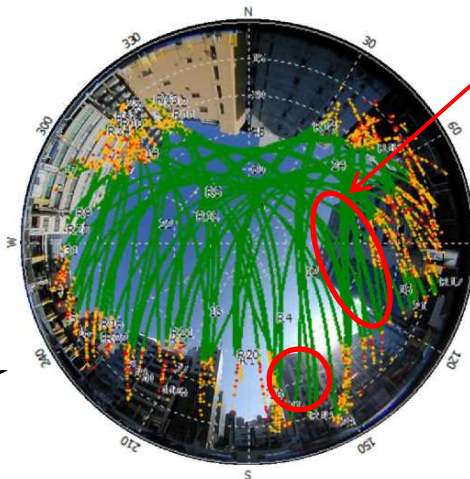
課題1-① 高精度衛星測位の適用範囲拡大のための技術開発

上空視界情報等を用いて、衛星の乱反射電波(マルチパス)の影響を軽減する技術

ビル街等における衛星測位の適用範囲を拡大



衛星からの直接波以外に、ビル等による反射波や回折波(マルチパス)があると、測位精度が低下



魚眼レンズによる上空視界と衛星信号の受信状況

ビル影で見えないはずの衛星データも受信(マルチパスによるゴースト!)

上空視界情報等を用いて見えないはずの衛星データを取り除き、測位計算

マルチパスの影響を軽減し精度向上

より広い範囲で衛星測位が可能に

衛星測位の適用可能性の判断が可能に

ビル街等の遮蔽率の高い屋外における屋内測位インフラ整備を支援

適用範囲を拡大しても衛星測位では高精度測位が困難なエリアが判断できる

民間事業者が、屋内測位インフラ(無線LAN、ICタグ等)の整備範囲を決める際の参考となる

屋内外のシームレス測位の効率的な実現に寄与

課題1ー① これまでの検討状況

マルチパスの影響軽減手法について先行研究の調査を行い、軽減効果やオープンソースとしての公開可能性等の観点から、以下の4つの手法を選定し、検証用プログラムを開発した。

上空視界情報
等によるマルチ
パスを含む
データの除去

① 上空写真による衛星選択

- デメリット: 上空写真撮影が必要
- 課題 : 方位の必要精度の検討

② 3次元建物情報から生成したスカイプロットによる衛星選択

- デメリット: 観測点の概略座標及び3次元建物情報が必要
- 課題 : 観測点の概略座標の必要精度の検討

③ ドップラー観測量に基づく位相差を用いた品質検定

- デメリット: 見えないはずの衛星を排除できないケースがある
- 課題 : 排除できないケースの類型化及び対策の検討

④ ドップラー観測量に基づく速度を用いた精度改善手法

- デメリット: 予めフィックス解が得られていることが必要
- 課題 : 使用するフィックス解の信頼性評価

その他の手法

課題1ー① H28年度の実施内容

大都市ビル街においてGNSS観測を行い、H27年度に開発したマルチパス軽減の検証用プログラムを用いて解析することで、各手法の現実の空間における効果を検証する。

実施する作業

1. 定点観測

- 3次元建物情報が存在する地域(神戸市)において、遮蔽状況が異なる3つの観測点で、GNSS観測をそれぞれ12時間以上行う。
- 様々な衛星配置におけるマルチパス軽減の効果を検証する。

2. 多地点観測

- ビルを含む街区を巡る歩行者用のコースを設定し、そのコースを歩行しながら1秒サンプリングのGNSS観測を行う。
- コース上に20点以上観測点を設定し、各観測点では最低5分間立ち止まる。
- 様々な遮蔽状況におけるマルチパス軽減の効果を検証する。

課題1ー② 屋内外の測位情報のシームレス化に関する技術開発

課題 それぞれの屋内測位手法は位置精度、基準座標系や方位、データの受け渡し方法などが異なり、一つのアプリケーションで複数の測位手法を同様に扱えないため、屋内外シームレス測位の妨げとなっている

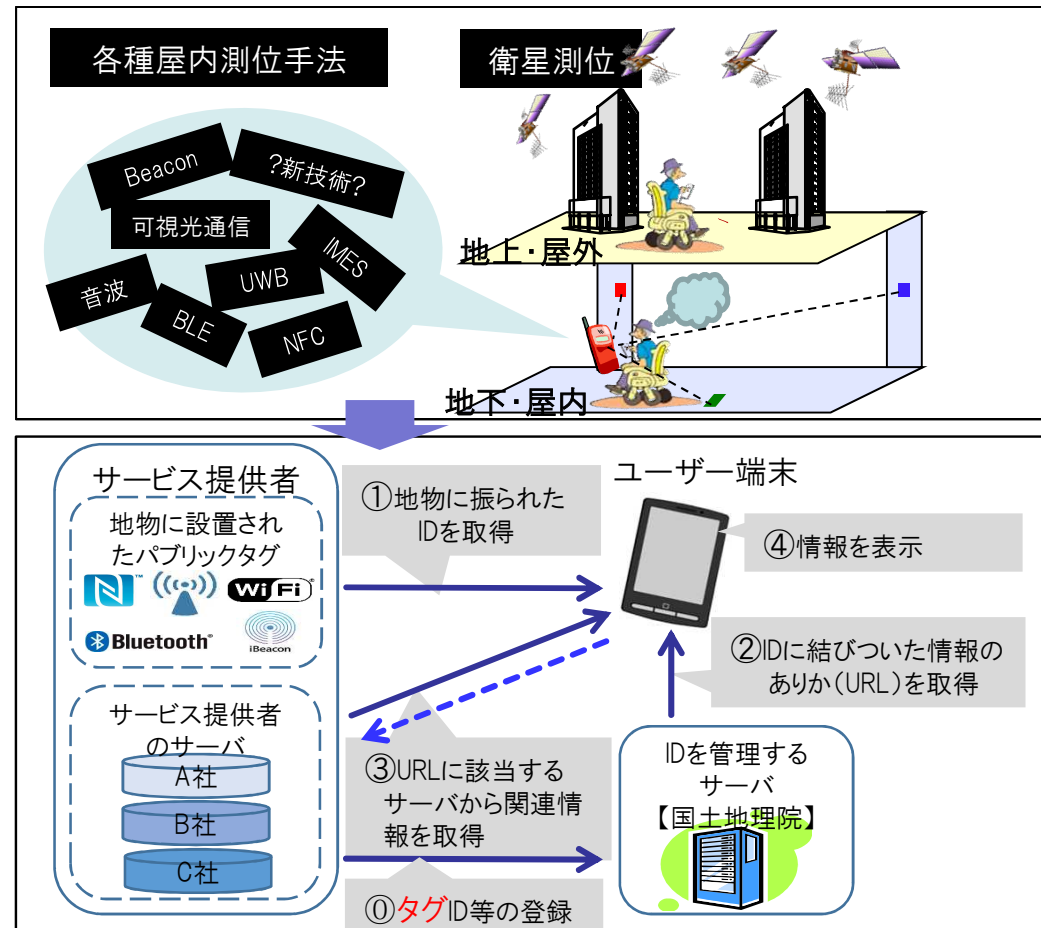
解決策 ユーザーが測位技術の違いを意識することなく、安心して扱える技術を開発する

実施内容

- ・各種測位デバイス情報(位置情報、機器情報等)の共通利用が可能となる位置情報基盤の構築
- ・各種測位デバイスの設置条件等を標準化

得られる成果

- ・屋内外をシームレスにつなぎ屋内測位の取り扱いを標準化する技術基準
- ・同技術の普及促進に資するガイドライン



効果

- ・屋内外の各種位置情報が統一した基準で取り扱える
- ・保証された測位情報を安心して利活用できる環境が整備される

→ 信頼できるシームレスな位置情報の利用環境が実現

課題1ー② これまでの検討状況

各種測位デバイス情報の共通利用が可能となる位置情報基盤の構築

測位デバイスの位置情報等に関する標準化

- 共通利用可能な測位デバイスをパブリックタグとして定義
- 測位デバイスを共通利用するため最低限必要な位置情報、機器情報等の抽出
→ 企業、国、自治体等が設置した測位デバイスを様々な情報サービス提供主体が利用可能となる仕組み作り
→ 屋外と屋内のシームレスを担保するための位置の計測方法を規定
- 測位デバイスの位置情報等を登録するための場所情報コードをキーとしたデータベースの作成と登録

利用環境の整備等

- データベースに登録された情報を提供するプラットフォームの開発
- 測位デバイスの登録、利用方法を解説したホームページの作成
- 国土交通省高精度測位社会プロジェクト屋内外シームレス測位サービス実証実験と連携

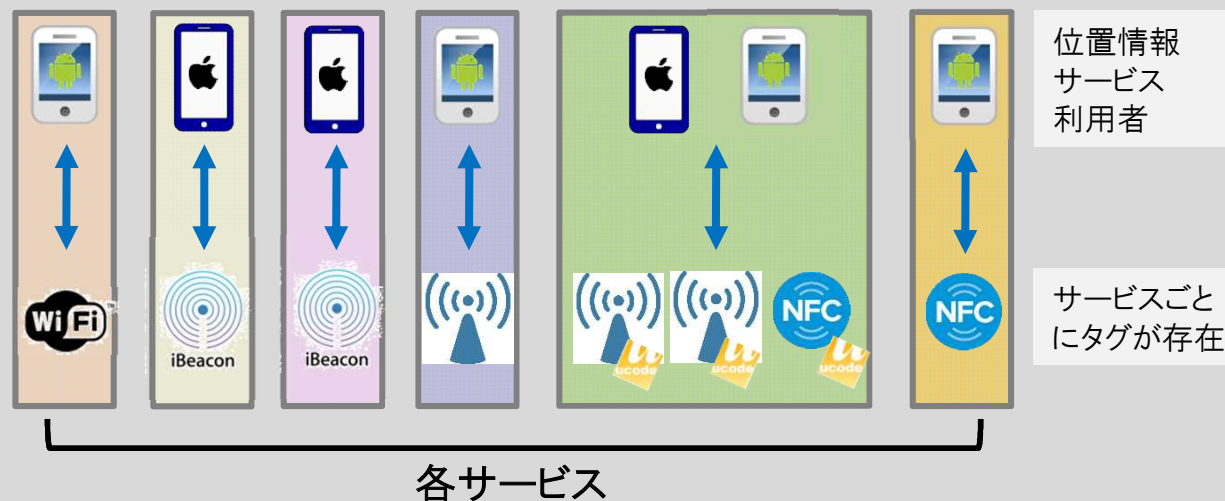


位置情報基盤WGにおいて標準化のための仕様を検討

課題1ー② パブリックタグ情報共有化に向けて

現状

- 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のタグは利用できないしくみが大半



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

場所情報インフラの共有

- 各サービス提供者がパブリックタグとして設置
- パブリックタグの位置情報等を、標準仕様に基づき、情報共有プラットフォームへ登録
- パブリックタグが発信する信号と情報共有プラットフォームを利用することで、位置情報等の共通利用が可能



課題1ー② 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(案) [以下、標準仕様(案)]

タグの位置情報等をパブリックタグとして共有するため、データベース(パブリックタグ情報共有プラットフォーム)への登録手順や登録された位置情報等の利用方法等について定めた標準仕様

パブリックタグ

位置特定に利用可能なWi-Fiやビーコンなどで、標準仕様(案)に基づき標準化された位置情報や属性情報がパブリックタグ情報共有プラットフォームに登録され、オープンデータとして公開されており、検索、利用可能な状態にあるもの。

パブリックタグ情報共有プラットフォーム

パブリックタグの位置情報等を登録し、政府標準利用規約(第2.0版)に基づきオープンデータとして公開しているデータベースのこと。国土地理院が、場所情報コード閲覧システムをそのプロトタイプとして運用している。登録情報の提供方法は、API及びCSV形式ファイルのダウンロードの2種類に対応。

1. 「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(案)」のバージョンアップ及びVer.1.0の策定

2. パブリックタグ登録促進のための取組

- ✓ パブリックタグ登録申請APIの開発
- ✓ 実証実験への対応と実利用促進の取り組み

3. 屋内測位のための位置情報基盤の整備に関する調査・検討

4. 位置情報基盤整備のためのガイドライン改正

- ✓ 「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(案)」へ対応

■ 標準仕様 Ver.1.0 へ反映させる事項

- パブリックタグの位置情報等の品質情報の策定
 - ✓ パブリックタグ同士の相対精度
 - ✓ 登録された精度区分の信頼度
 - ✓ パブリックタグの可用性に関する情報
 - ✓ 登録様式に「位置精度の信頼度」「運用区分」を追加
- 標準仕様(案)を適用した実証実験等から技術的な課題に対する意見等をいただき、内容を精査の上で反映
 - ✓ 高精度測位社会プロジェクト実証実験(国土情報課)におけるアンケート結果等

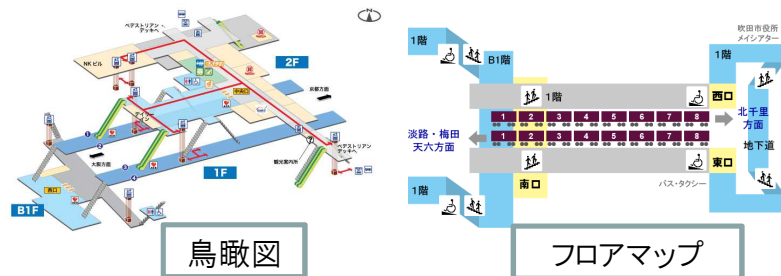
■ 検討課題

- パブリックタグの設置・登録に対するインセンティブ
- 地物の固有名詞や図面等の局所的座標、画像など、位置が特定可能となる様々な表現による登録方法
- 国際標準化
- パブリックタグ情報共有プラットフォームの維持・管理

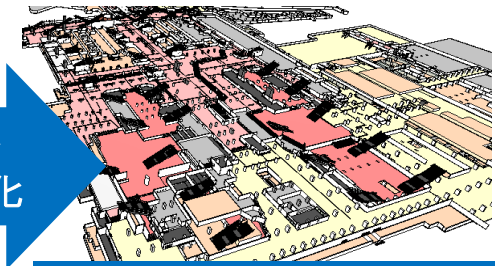
課題2-①② 社会基盤としての3次元地図の整備・更新 国土交通省

課題 駅や地下街などは公共的空間であるにもかかわらず、複数の管理者が混在、屋内地図整備手法が未確立かつ高コストなどの理由で、高精度測位に対応したシームレスな地図の整備が進んでいない

2-① 3次元地図の整備・更新技術



標準仕様で
統合・3次元化



地下街等の全体像を示す
3次元地図

2-② 3次元空間モデリングシステムの構築

頻繁な改修・増改築



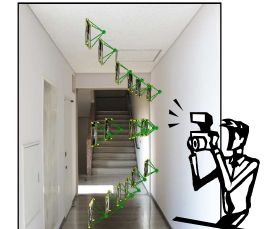
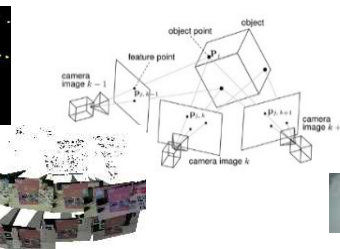
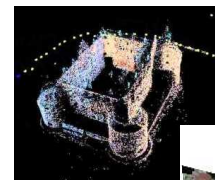
屋内MMS



トータルステーション



近接写真測量、SfM、SLAM技術の応用 など



対象施設の規模、複雑さ等に応じた効率的な3次元地図の整備・更新が実現

課題2ー① 屋内3次元地図整備・更新技術 検討状況

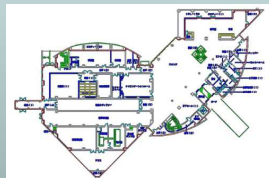
既存の施設情報(設計図面等)

様々な主体が様々な手法でデータ整備している現状(整備目的も様々)

フロアマップ



2次元CADデータ



3次元データ(BIM等)



平成28年度検討内容

①3次元データ
(BIM及びその
国際標準等)の
現状調査及び
将来動向調査

屋内3次元地図の標準的な仕様案

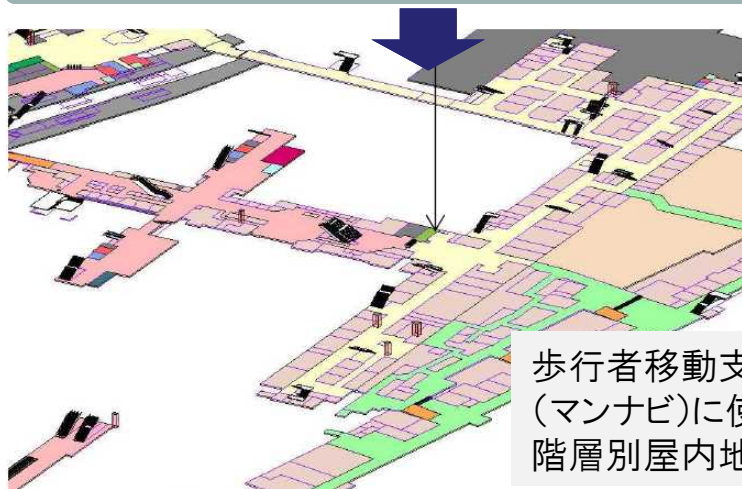
歩行者移動支援サービスでの使用を目的とした
標準的な地図仕様として平成27年度に作成
階層別屋内地理空間情報データ仕様書(案)※

※シェープファイル形式がベース

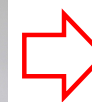
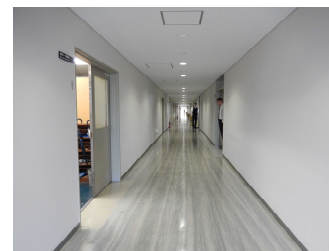
変換

屋内3次元地図データ仕様書(案)を
平成29年度までに作成予定

②標準的な屋内3次元地図仕様
に必要な要件定義・更新の検討



歩行者移動支援サービス
(マンナビ)に使用される
階層別屋内地図データ



平成27年度に引き続き、更新手法の検討

課題2－① 平成28年度の研究内容

①屋内3次元地図に関する国際標準の調査

- 原典データに3次元データが使われる場合を想定
- BIM(Building Information Modeling)及びその交換形式であるIFC (ISO16739:2013)、IndoorGMLの利用事例を含めた現状調査
- スマートフォンの国際的な屋内地図サービス(iOS上での階層別地図サービス)について、利用事例を含めた現状調査

②屋内3次元地図に求められる要件に関する調査

- 「地物」、「POI」及びその品質に関する調査
→ 平成27年度で検討した鉄道関連以外の一般的な屋内地物に検討範囲を拡大
- 調査地区は、成田空港、東京駅周辺、新宿駅周辺、日産スタジアム及び渋谷駅周辺地区の5地区（H28「高精度測位社会プロジェクト」の対象地区）
- 東京駅周辺では、BIMの実データを用いて「階層別」の仕様への変換試験も実施して課題を抽出
- 屋内3次元地図の要件定義を実施

3次元モデル作成手法の調査とモデリングツールの試作

技術的背景

■モデリング手法

- ・Image Based Modeling (and Rendering)
2000年代からCG分野で用いられるようになった2次元の写真から3次元物体をモデリング(復元)する技術。最近では測量分野でも用いられ始めた。

■空間内の自己位置を正確に把握する技術的手段

- ・SLAM(Simultaneous Localization And Mapping)
環境地図の作成と位置の推定を同時に行う技術。3次元地図が無い空間で自分の位置を把握することを目的として、特にロボット分野で利用されている技術。



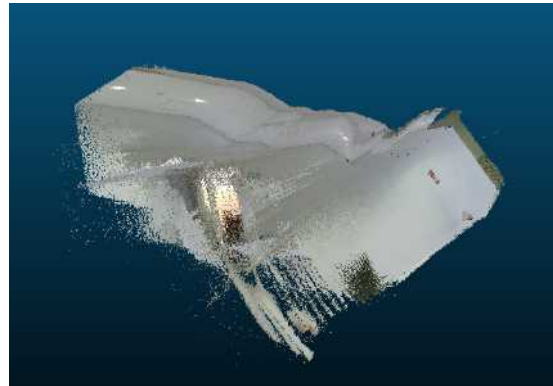
これらの技術から手法を選定し、平成27年度に評価用モデリングツールを試作

- まず、精度・効率性からRGB-Dセンサーを用いたvSLAM(visual SLAM)の手法に絞り込み
(屋内空間は市販の安価な深度センサーでも計測可能と見込まれること、またリアルタイム処理による作業コストの低減を考慮)
- 次に、RGB-Dセンサーを用いたvSLAMの手法として、以下の2種類を評価することとした。
 - ①特徴点抽出による手法
 - ②画像全体の画素を利用するDense Visual手法(Direct Method)

■ 27年度に試作した2種類のモデリングツールにより屋内空間を3次元モデル化し、再現性を比較して採用手法を選定



テクスチャの乏しい廊下を計測



① 特徴点抽出手法による
RGB-D vSLAM



特徴点の追跡が困難で、モデルが大きく歪んだ



② Dense Visual手法による
RGB-D vSLAM



特徴点抽出手法よりも良好なモデルが作成できた

Dense Visual手法によるRGB-D vSLAMの採用を決定

課題2－② 平成28年度の検討内容

■3次元モデルの再現性の評価と課題抽出

- 屋内空間のモデリングシステムを構築
 - ✓ SLAMは連続的に計測しリアルタイムに空間をモデル化するが、一般的に計測の継続とともに徐々に歪みが蓄積し、作成されるモデルも歪んでいくため、歪みを補正する手段が必要
 - SLAMの処理の中に拘束条件を加えて歪みを補正する方法を開発



- このシステムにより、屋内空間を実際に計測しモデリングし、再現性の評価と来年度の改良に向けた課題抽出を行う

■コストの評価

- 3次元モデルの作成コスト(計測時間＋処理時間を尺度とした単位面積あたりの工数)の評価を行う

全体計画(平成28年12月時点)

都市空間の屋内 外シームレス測位 の実現に関する 技術開発

①屋外3次元空間における高精度測位の適用範囲拡大のための技術開発

②屋内外の測位情報のシームレス化に関する技術開発

平成27年度 成果

○有効な手法の特定
○検証プログラムの開発・評価

建物高さデータ
取得高精度化
技術開発

建物データ
作成
マニュアル

平成28年度 実施

マルチパス軽減技術について
大都市における実証実験

平成29年度 予定

マルチパス軽減
技術の改良

マルチパス
軽減アルゴリズム、マルチパス
軽減プログラム

屋外測位
精度向上

屋内外シームレス測位の
技術基準・ガイドライン等

社会基盤としての 3次元地図の 整備・更新技術 の開発

○3次元地図の
整備・更新技術

○3次元空間モデリングシステムの構築

屋内3次元地図 標準仕様案
の素案(階層別の地図)検討、
仕様の実証実験

効率的な更新手法について
整備データの検証

屋内形状取得技術の検討・
調査

○複雑な形状にも対応できる標準仕様
案検討(視覚障がい者にも配慮)
○BIM等の利用の検討

効率的な更新(維持管理)手法の検討

○3次元モデリングシステム開発
○3次元モデル試作・課題抽出

屋内3次
元地図
標準仕様
作成

仕様書及び
整備・更新
マニュアル

低コストな3次元情報取得
手法の改修・精度検証

■公共的屋内空間における共通基盤となる測位環境と3次元地図の官民による整備・更新・活用に資する技術基準、ガイドライン等

- ① マルチパス軽減アルゴリズム及びマルチパス軽減測位プログラム
- ② 航空レーザ測量データ及び基盤地図情報の建築物の外周線(建物ポリゴンデータ)からの建物3次元データ作成マニュアル(案)(公表済み)
- ③ 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(案)
- ④ 3次元地図整備のための階層別屋内地理空間情報データ仕様書(案)及び 屋内3次元地図データ仕様書(案)

■最終目標

官民間問わず関係各主体が円滑かつ効率的に3次元地理空間情報を共通の社会基盤として整備、更新、活用する取組を推進

(1) 「屋内測位の基準点(基準点の役割を果たす機器)の位置の正確性が担保されるように取り組まれない。」

→国土地理院では、測量行政の中で測量の正確性の担保のしくみを構築してきました。この経験も踏まえつつ、正確性担保や、その評価・表現の方法について、作成する技術基準やガイドライン等の中に盛り込む方向で進めています。

(2) 「研究期間中に実証実験を行い、モデルケースを示すことを考慮されたい。」

→技術実証レベルについて、総プロの中で行っています。また、社会実証レベルについては、国土交通省国土政策局国土情報課が行っている「高精度測位社会プロジェクト屋内外シームレス測位サービス実証実験」と連携を取り、広く意見等を求め実施している状況であり、引き続きそのようなモデルケース等をアウトプットとなる技術基準やガイドライン等へ反映するよう検討を進めています。

(3) 「民間において既に技術開発が行われていることから、国が主導的に技術開発を行うべき部分を明確にし、民間との適切な役割分担の下、実施されたい。」

→個々のデバイス等に関する技術開発や、そのようなデバイスによる測位データや地図データの取得技術については、基本的に民間等が開発することを想定しています。国は、そのような個別の技術開発状況をウォッチするとともに、使用する技術に関わらず適用や応用が可能な標準化仕様や共通基盤となるしくみを開発する方向で検討を進めています。