

(1) 都市部での衛星測位の適用範囲拡大

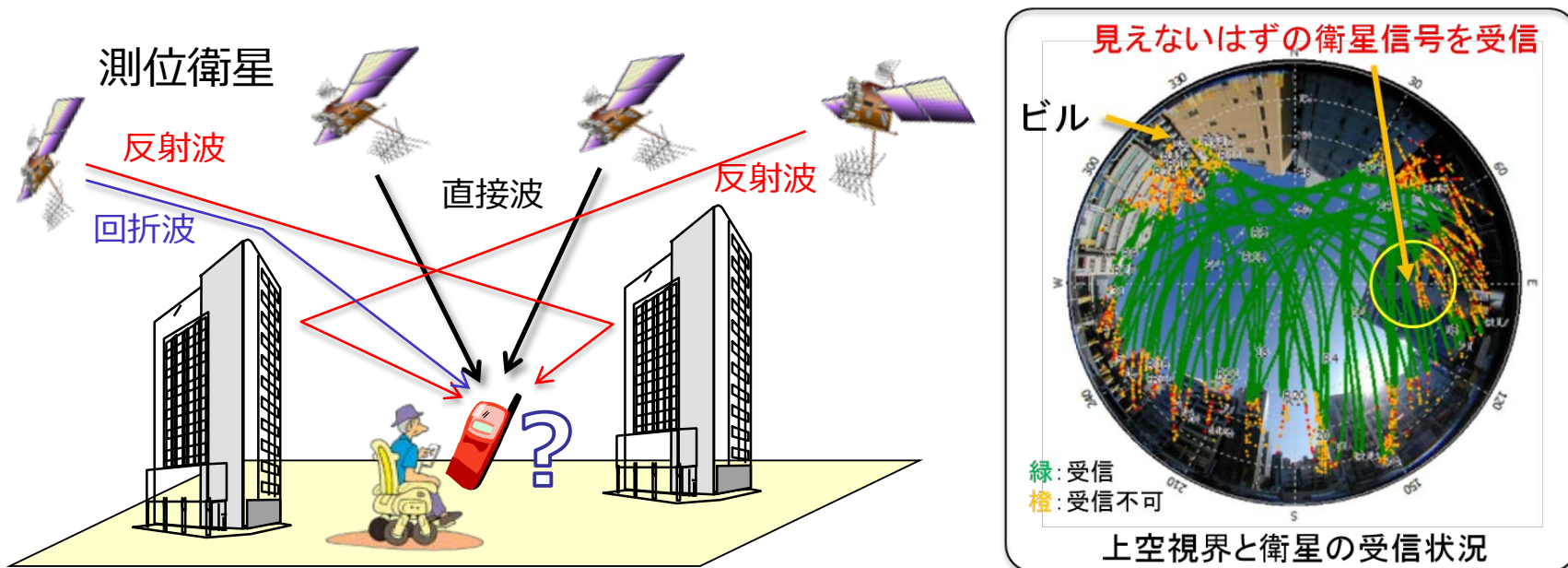
都市空間の屋内外シームレス測位の実現に関する技術開発

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

国土地理院 測地観測センター

平成29年9月

ビル街での測位の現状

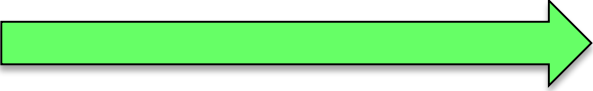
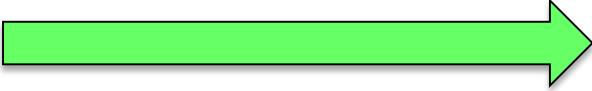
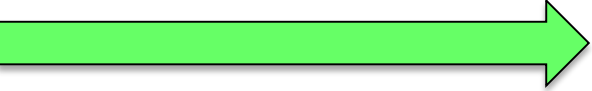


ビル等による**反射波**や**回折波**（マルチパス）があると、**測位精度が低下**

様々な利用者がビル街で高精度な測位を行うには、
マルチパスの影響を軽減する手法が必要

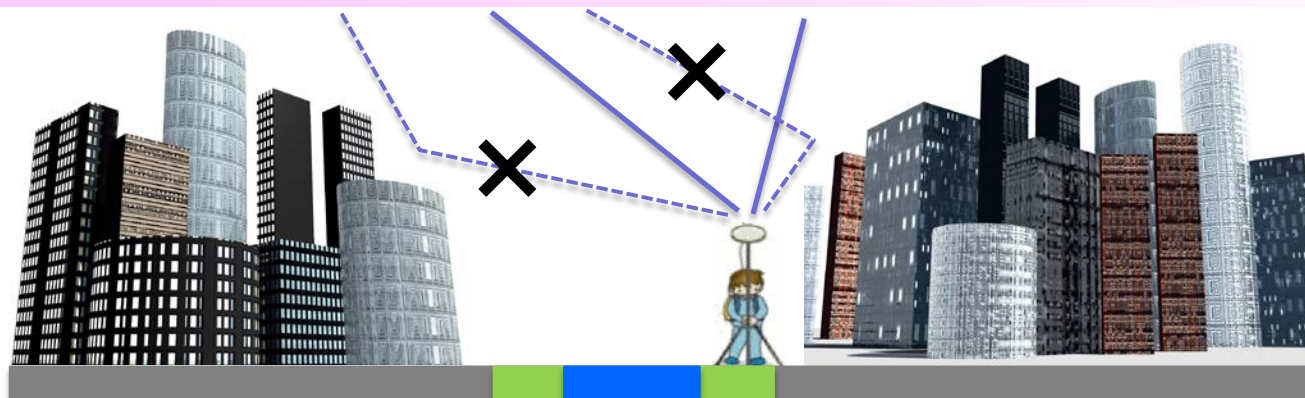
目的



上空視界情報等を利用した**ソフトウェア的な対策**によりマルチパスの影響を軽減し、**高精度衛星測位の適用範囲の拡大**を図る

平成27年度	平成28年度	平成29年度
 <ul style="list-style-type: none"> 有効な手法の選定 検証プログラムの開発・評価 	 <ul style="list-style-type: none"> 大都市における実証実験 (神戸市) 	 <ul style="list-style-type: none"> プログラムの改良 マルチパス誤差軽減アルゴリズム

期待される効果

- 位置情報基盤の整備の推進
- 屋内外測位の相互連携により、歩行者の移動支援等に貢献



-  従来の高精度測位可能範囲
-  マルチパス軽減による範囲拡大

ビル街等の衛星測位が困難な環境で、より高精度な測位を行うため、観測される衛星の中から品質が良好な信号を自動で選択する等の手法について調査、検証を行った。

選定した手法

手法1 上空写真による衛星選択

- 効果：手法2と比較し、Fix率、精度の改善効果は大、手法3と同程度
- デメリット：歪曲補正等の事前準備、現地での写真撮影が必要

手法2 ドップラー観測量に基づく位相差を用いた品質検定

- 効果：通常仰角マスク15度と比較し、比較的明確な改善効果を確認
- デメリット：不可視衛星を排除しきれないケースがある

手法3 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

- 効果：手法1と比較し、大部分の観測点で同程度の改善効果を確認、
現地での事前準備が不要である点は優位
- デメリット：3次元建物情報の事前準備が必要、効果が入力位置座標の精度に依存

これらに合わせて検証用プログラムを開発した

大都市ビル街（神戸市）においてGNSS観測を行い、H27年度に開発した検証用プログラムを用いて解析することで、現実の空間における各手法の効果を検証した。

実施した作業

1. 定点観測

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

2. 多地点観測

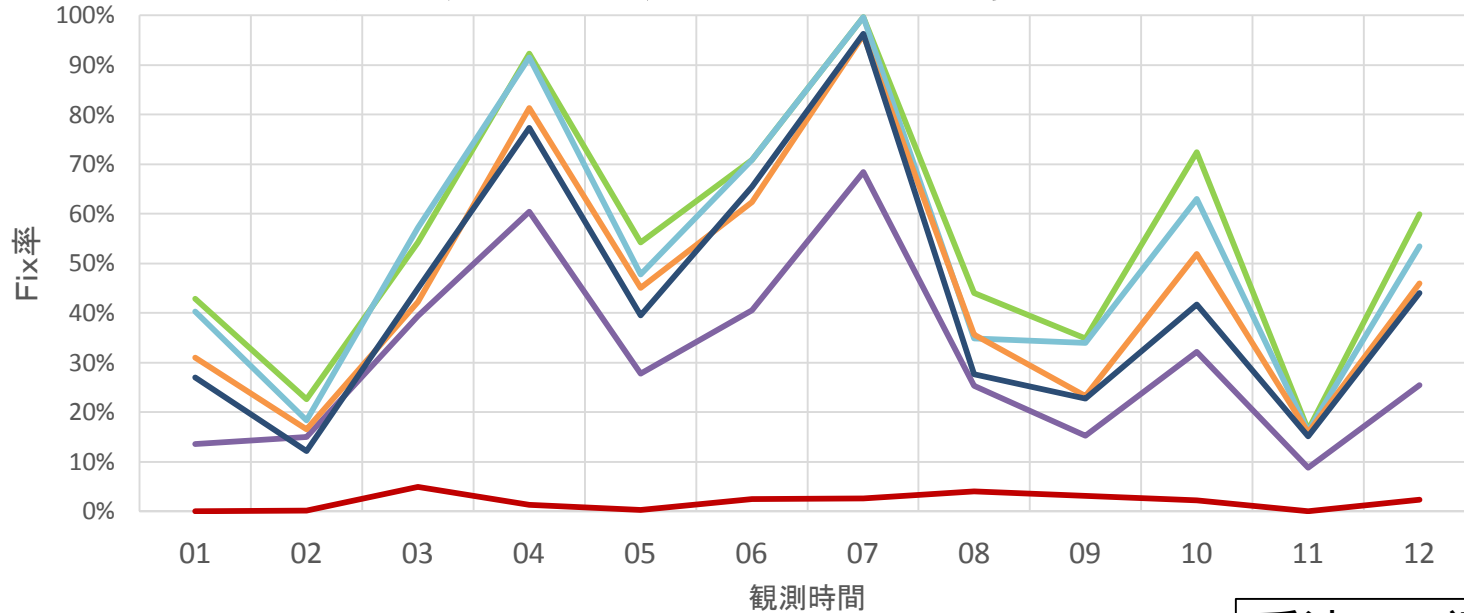
- ビルを含む街区を巡る歩行者用のコースを設定し、そのコースを歩行しながら1秒サンプリングのGNSS観測を行う。
- コース上に20点以上観測点を設定し、各観測点では最低5分間立ち止まる。
- 様々な遮蔽状況におけるマルチパス誤差軽減の効果を検証する。

3. 解析

- 定点観測と多地点解析のいずれについても、電子基準点を既知点とした**3周波**による**スタティック解析**と**キネマティック解析**を行い、GPS, QZSS, GLONASS, Galileoの全データを用いる。

Fix率とは、1時間毎のキネマティック解のうち、整数値バイアスが決定し、かつ参照値（真値）との差が水平方向±100mm以内で得られたものの割合

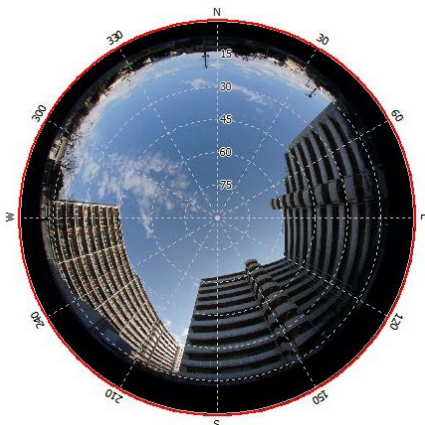
手法及び観測時間の違いによるFix率の変化



— 手法0
 — 手法1
 — 手法2
 — 手法3
 — A
 — B

手法0	: 適用なし
手法1	: 上空写真
手法2	: ドップラー
手法3	: 3次元建物情報
A	: 手法1 + 手法2
B	: 手法3 + 手法2

- いずれの手法を適用してもFix率は改善しており、手法1による改善効果が最も高い
- いくつかの時間帯でFix率が50%に満たないような改善効果が低い時間帯が存在したが、南方向の衛星数が1~2衛星程度と極端に少ない時間帯だった

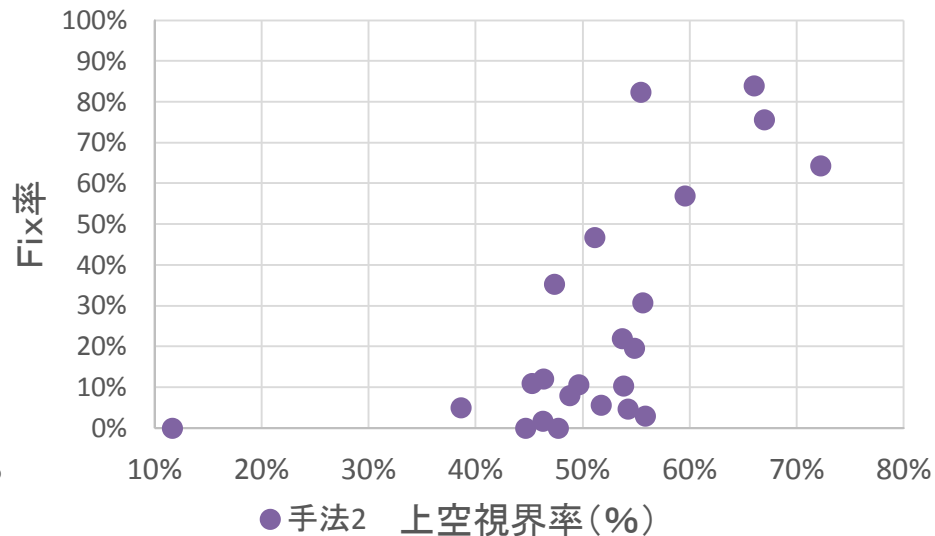
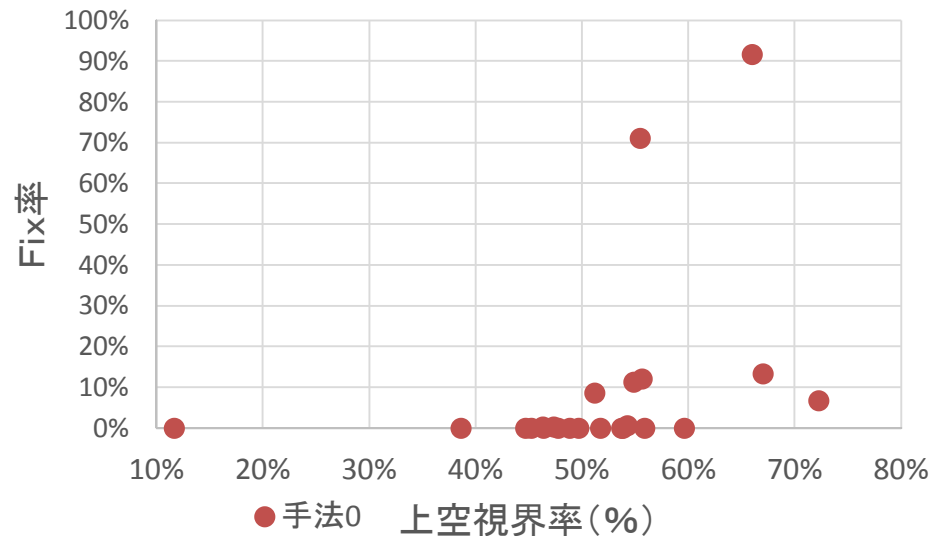
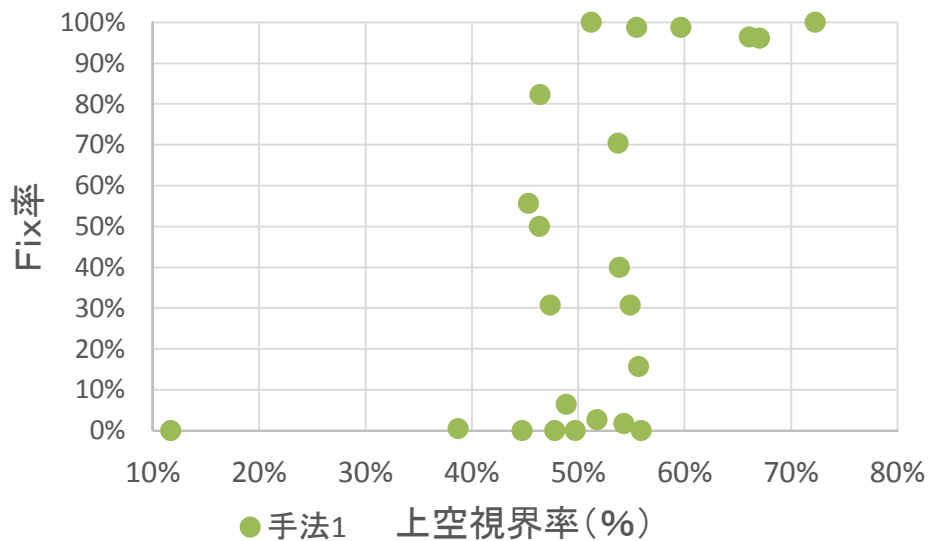


上空写真 (上空視界率 : 50.8%)

手法及び上空視界率の違いによるFix率の変化

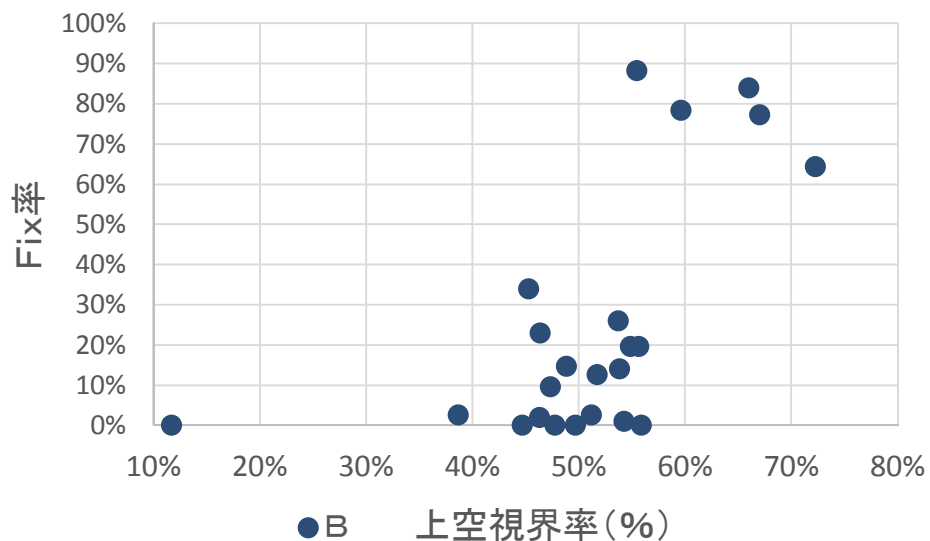
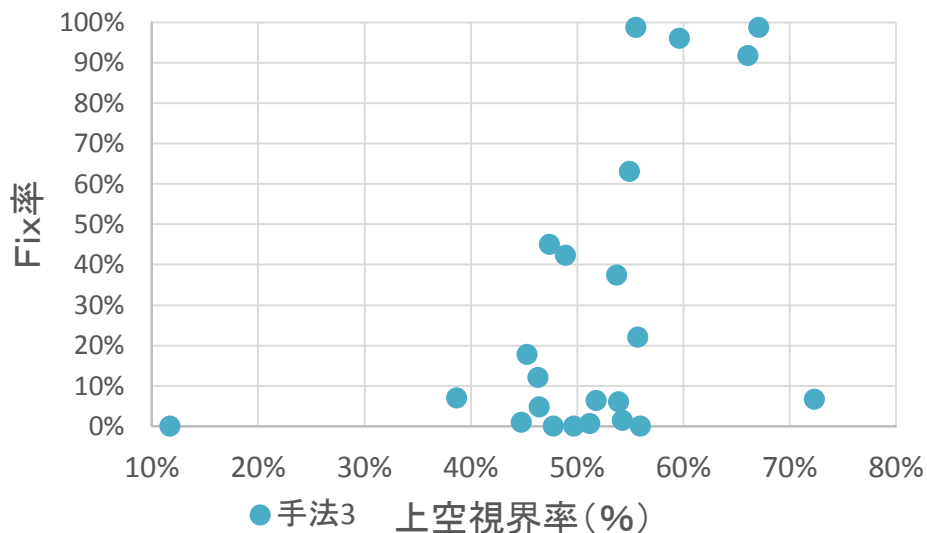
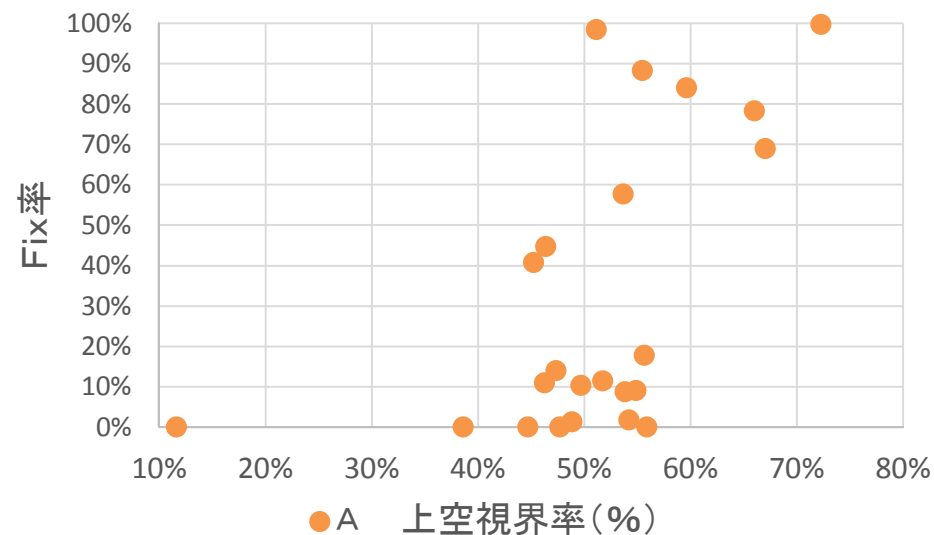
- 手法0** : 適用なし
- 手法1** : 上空写真
- 手法2** : ドップラー
- 手法3 : 3次元建物情報
- A : 手法1 + 手法2
- B : 手法3 + 手法2

- 上空視界率が60%を越える観測点では手法1を適用することで85%以上のFix率を得ることができる



手法及び上空視界率の違いによるFix率の変化

手法0 : 適用なし
 手法1 : 上空写真
 手法2 : ドップラー
手法3 : 3次元建物情報
A : 手法1 + 手法2
B : 手法3 + 手法2



- 手法1：上空写真による衛星選択

- 上空写真の方位合わせ

実用性がある装備（方位磁石）で上空写真の方位を合わせる場合、周辺の磁気に影響され、容易に $\pm 10^\circ$ 程度のずれが生じることがある

- マスクファイル作成手法の簡素化

上空写真に写る電線を消すよう加工したり、上空マスク作成の際のパラメータの調整などの簡素化が必要

- 手法2：ドップラー観測量に基づく位相差を用いた品質検定

- 手法の改良

除去すべきでない信号の除去や、除去すべき信号を除去しきれない場合がある

- 手法3：3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

- 初期座標の推定方法の開発

上空マスクを作成するために観測点の概略座標が必要

- 3次元建物情報以外の障害物による影響

マルチパスが発生する地物についての情報が完全ではないため、手法1に比べてマルチパス誤差軽減効果が得られない可能性がある

マルチパス誤差軽減手法のアルゴリズム確立に向け要求精度の明確化及び技術開発を行うとともに、歩行者が測位端末を用いて移動すること（リアルタイム測位）を想定した検証を行う。

1. マスクファイル作成時の要求精度評価及び関連技術の開発

- マスクファイルそのものに求められる精度の評価
- 手法1に必要な上空写真の要求精度（カメラの向きや傾き等）の評価
- 手法3に必要な初期座標の要求精度の評価と推定手法の開発

2. リアルタイム測位を想定した検証

- 平成28年度の観測データを用いて、歩行者が測位端末（スマホなどをイメージ）を用いて移動すること（リアルタイム測位）を想定して**1周波解析**や**単独測位**を行い、手法の長所、短所、課題等を取りまとめる

3. 最終とりまとめ

- 平成27～29年度の結果を踏まえ、マルチパス誤差軽減手法を測量や歩行者の測位に適用した場合の**測位環境改善効果**（初期化時間の短縮やFIX率の改善等による**測位可能域の拡大・測位精度の向上等**）について評価し、測量、測位の用途毎に最適なアルゴリズムを取りまとめる

1. マルチパス誤差軽減手法の用途別アルゴリズム
2. 検証用のプログラム
3. 測量に適用する場合の作業マニュアルの素案

→ ビル街など衛星測位が困難な箇所での測量、歩行者向けのリアルタイム測位において、高精度衛星測位を最大限活用可能とする環境を構築