

# 非オープンスカイ環境での簡易なロバスト測位方式の開発

## Development of a simple robust positioning system in a non-open sky environment

板東幹雄 谷川原誠

Mikio Bando Makoto Tanikawara

株日立製作所 研究開発グループ, 株日立産機システム  
Hitachi, Ltd. R&D group, Hitachi Industrial Equipment Systems Co., Ltd.

### 1. 背景と目的

建物や樹木などの遮蔽物による衛星信号の減衰や反射が発生する非オープンスカイ環境では、測位精度が著しく劣化する。このような環境下では、従来の補正情報を用いた測位手法では誤差要因を十分に補正できず、測位の安定性が低下するという課題がある。本研究の目的は、非オープンスカイ環境下でもロバストな測位を実現することである。

### 2. Smart Satellite Filter アルゴリズム

非オープンスカイ環境下で安定した測位を実現するために、マルチパスなどの誤差を含んだ衛星からの信号を取り除く方式が提案されている[1][2]。しかし、これらの方針を車載機等に適用する場合、GNSS 受信機の内部処理に手を加えたり、計算コストが高くなるなどの実装の課題が生じる。そこで、軽量かつ効果的なアルゴリズムの開発が望まれる。本稿では非オープンスカイ環境における衛星信号の特徴に着目し、可視衛星選択アルゴリズム (SSF:Smart Satellite Filter)を提案する。

非オープンスカイ環境では、衛星からの電波が遮蔽や反射による誤差要因に影響され、測位精度が劣化する。そこで、電波強度が強い衛星の散らばりから、天頂遮蔽物がないと推定される範囲を決定し、この範囲内に存在する可視衛星のみを選択して測位させることで測位の安定化を図り、多くの GNSS 受信機で採用される電波強度マスクと仰角マスクのみを用いて、誤差要因となるマルチパスや電離層遅延の影響を受ける衛星の大部を排除する方式とした。

この 2 種のマスク値の決定には、交差エントロピー最適化を適用し、可視衛星と判断した衛星を可能な限り多く含み、その他の衛星を可能な限り除去できる 2 値を決定した。この手法を採用することで、GNSS 受信機を改造せず、低コスト計算で動作する信頼性の高い測位演算が可能となる。

### 3. 実験環境の構築

提案する SSF の効果検証のため、衛星信号の減衰や遮蔽が顕著に発生する非オープンスカイ条件を満たす屋外フィールドにおいて、延べ約 400 分の検証データを取得した。

検証データとしては GNSS 信号の机上再生が可能な Labsat を乗用車に搭載し、GNSS 信号を記録した。記録した GNSS 信号を再生することで、同一信号による SSF 適用前後の測位結果を比較し効果を検証することができる。

検証に使用する GNSS 受信機は u-blox 社の F9P を用いた。SSF の適用は、F9P から出力される衛星位置および衛星からの信号強度を得るために衛星情報(NMEA GSV, NAV-SIG)を取得し、電波強度および仰角のマスク値を決定し、F9P に動的に設定することで実現した。

### 4. 評価と考察

SSF の適用前後で、F9P から出力される測位結果を同時に計測した Trimble 社 POS-LV の結果を同社の POS-Pac にて後処理した結果を真値とおいて、精度比較した。Fig. 1 に検証データの全体像、また Fig. 2 に特に効果が判るエリアにおける、衛星画像と測位点を重畳させた結果を示す。また各点の色は誤差量を表す。



Fig.1 Effect of SSF application (Over View)



Fig.2 Effects of SSF application on tree-lined streets

Fig. 1 から、SSF 適用前(Default)に比べ SSF 適用後(SSF applied)は全体的に誤差が 2.00m 以上となる点が少なくなっていることが判る。また、Fig. 2 は走行車線両側を樹木に覆われたエリアであり、SSF 適用後は測位点の散らばりも少なく、誤差の発生を大きく抑制できていることが判る。

### 5. 結言

本研究では非オープンスカイ環境下での測位精度向上を目的とした SSF を開発し、その効果を検証した。その結果、衛星信号の電波強度と仰角を基準に衛星を選択することで測位精度を改善可能であることが判った。

### 参考文献

- [1] Machine Learning-Based Fault Detection and Exclusion for Global Navigation Satellite System Pseudorange in the Measurement Domain
- [2] GNSS Fault Detection and Exclusion (FDE) Under Sidewalk Constraints for Pedestrian Localization in Urban Canyons