

# 衛星利用による列車検知の精度向上に関する研究

- ハイブリッド位置検知方式とソフトウェアによる位置検知精度向上策 -

交通システム研究領域

山口 知宏 吉永 純 水間 毅

## 1. はじめに

全世界的規模の衛星による測位技術の発展は、これまでに様々な応用技術の発展を促しており、今日ではカーナビ・携帯電話をはじめとする日常的に使用する製品の中にも普通に活用されていることを見ることが出来る。

鉄道・バス等公共交通システムの分野においても、乗客向け各種情報サービスは既に一般化しており、さらに様々なサービスの提供が検討されている。

このような状況において当研究所では、平成 13 年度より衛星電波の交通システムへの利用を想定した基礎研究を行っており、平成 15 年度からは日本独自の衛星である準天頂衛星（平成 21 年打ち上げ予定）を意識した研究を鉄道局から委託を受けて行ってきた。その結果、近い将来の衛星技術の進歩により最終的な研究目標である、閑散線区向けの低コストな信号システムの開発の可能性は十分にあることが判明した。<sup>[1][2]</sup>

ただし、こうした衛星電波を利用した交通システムの安全性については、十分な検討と対策が必要である。そのため、衛星技術に地上側で対処可能な安全技術を付加したハードウェアおよびソフトウェアを開発中である。本論文では、衛星電波による測位誤差の低減技術と、衛星電波を受信出来ない地域（トンネル・ビル街等）への補完技術の 2 つの方面から研究を行い、実験検討した内容について報告する。

## 2. 衛星電波による列車位置検知精度向上策

### 2.1. 衛星電波利用による測位誤差要因

衛星電波による測位誤差要因は、大別すると自然的要因と工学的要因の大きく二つに分けられる。工学的要因としては、衛星時計、衛星軌道等による影響があり、自然的要因としては電離層および対流圏による伝

搬遅延、マルチパスや受信機雑音によるもの等が挙げられる。<sup>[3]</sup>

これらの誤差要因のうち、マルチパスの影響については地上側機器・ソフトウェアによりあるレベルまで低減が可能であると考えられる。その低減技術をソフトウェア面から開発し、位置検知精度の向上を目指したので以下に述べる。

### 2.2. マルチパス影響低減用ソフトウェアのアルゴリズム

平成 17 年度の実験として、マルチパス低減用ソフトウェアの開発を行った。マルチパスおよび誤差要因となる衛星の判断方法として、次に挙げる三つの状況を対象とし誤差要因となる衛星を除去することによる位置検知精度向上を目的としている。

1) 3D 地図との組合せにより論理的に不可視となる衛星を除去する。(図 1)

・列車位置、建物位置及び通過時刻が分かれば GPS アンテナと GPS 衛星間の視通可否判断が可能。視通不可の場合はデータを削除する。

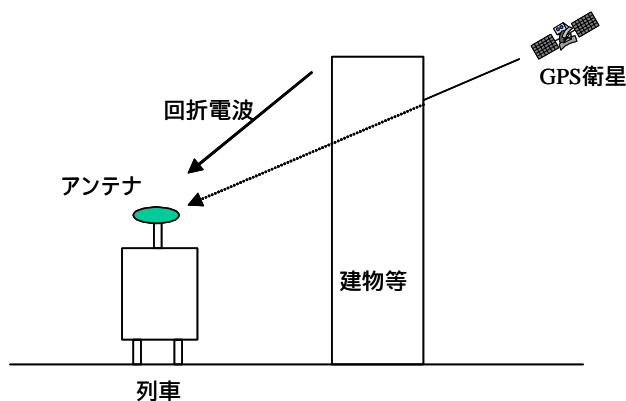


図 1 不可視衛星判断

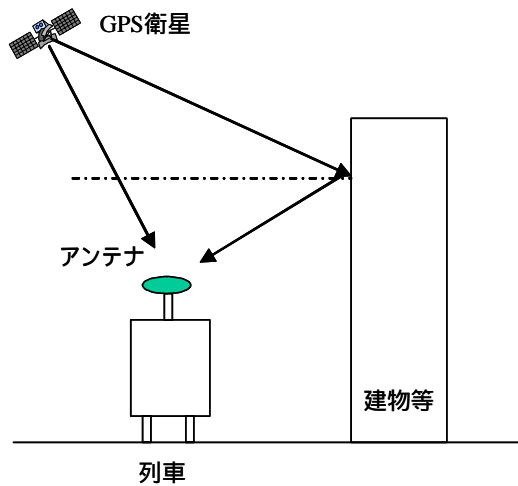


図2 マルチパス判断

2) 3D地図との組合せによりマルチパスの影響が大きいと推定される衛星を除去する。(図2)

・列車位置、建物位置及び通過時刻が分かればマルチパス波の受信判断が可能。マルチパス波受信と判断した衛星は削除する。

3) 基準局との受信電波強度を比較し低下している衛星を除去する。

これらの条件に基づき、開発した処理ソフトウェアのフローを次頁図3に示す。

### 2.3. 開発したソフトウェアによる成果確認

取得した走行実験データを基にソフトウェアの成果確認を行った。最も顕著に効果が出た範囲を図4、図5に示し、表1に測位精度を示す。これはC/Aコードの擬似距離変化量(C/Aコードは擬似伝搬時間を提供するため、擬似距離が算出可能)に着目して、大きすぎる変化量の衛星を除去したものである。これにより、誤差要因である衛星除去の有効性は確認できた。

アルゴリズム自体は基本的に簡単なので考え方に間違いはないが、今回のソフトウェアでは残念ながらメリットよりもデメリットの方が大きく出た。特に除去対象である誤差要因と思われる衛星を全て取り除いた場合、測位に必要な衛星数自体を確保できないという事態も散見された。完全自動化、CAコードによる判定も含め、このソフトウェアには改良の余地がある。また、ソフトウェア面からのみの対応が不可能な部分については、後述の手法による補完を試みた。



図4 マルチパス低減手法処理前



図5 マルチパス低減手法処理後

表1 衛星除去前後の測位精度

項目	衛星除去前誤差	衛星除去後誤差
平均	3.832	0.354
標準偏差	0.450	0.256
最大値	6.349	0.959
最小値	2.690	0.113

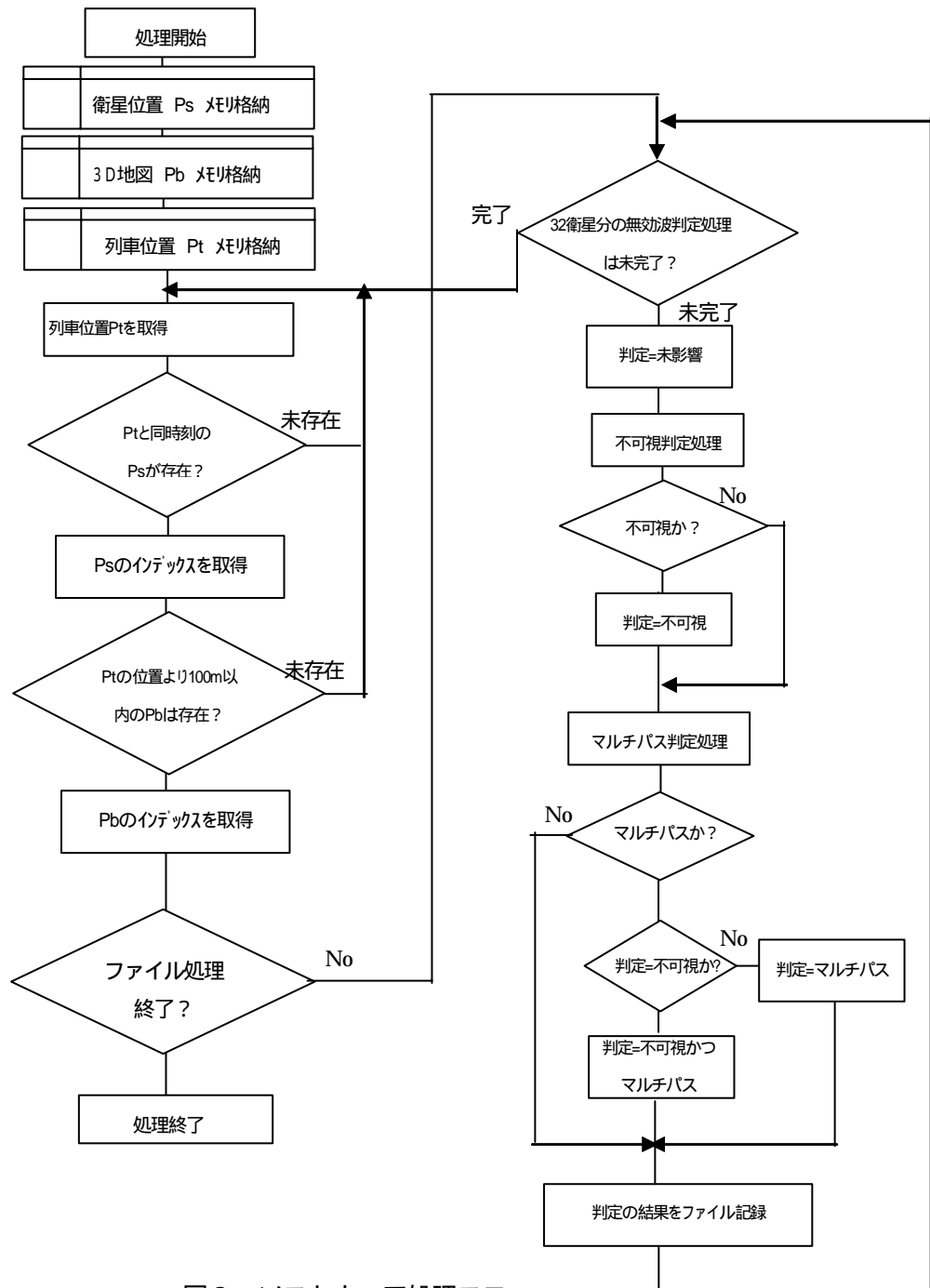


図3 ソフトウェア処理フロー

### 3. 衛星電波による列車位置検知率向上策

列車への衛星応用では、トンネル・地下・市街地等の衛星電波がほぼ遮蔽される区間が存在するのは避けられず、対応する必要がある。例えば、そのような場所には衛星電波に相当するもの（ex.擬似衛星）を用意することも可能であるが、衛星利用の最大のメリットであるインフラコストの低減が図りにくいことから、必ずしも現実的な対応ではない。

そこで既存の鉄道設備との複合による方式を考えると、速度発電機による速度データの利用を検討することとした。トンネル内部等測位不可区間に列車が位置したとき、そのときの速度データにより列車の位置を確認するものである。図6に速度取得装置設置状況、実験結果について、図7および図8に示す。トンネル内部でも列車の位置検知が可能となっている。



図6 速度データ取得装置設置状況



図7 速度データによる位置検知機能の確認例1

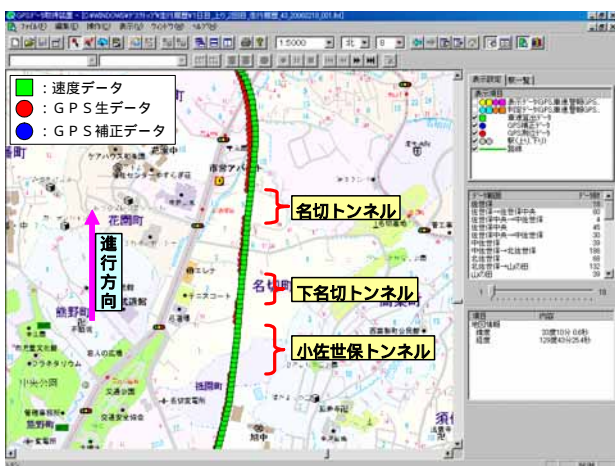


図8 速度データによる位置検知機能の確認例2

一方、速度発電機からの速度データ利用に関しては、車両によってはデータが安定しない問題がある。最近の新型車両は、導入前の設計思想・製作段階から速度データをはじめとした様々なデータを通常営業走行でも使用することが前提のため、各種走行データのアウトプットが作り込まれているが、現在使用され

ている車両の速度発電機データは、特に法令による基準がないために、車両によりデータの取得方法 (ex. センサ取付位置)、精度、および加工方式 (ex. コンバータ方式) まで統一性がないため、個別扱いで対応せざるを得ない。

ただし実験結果より有効なのは確かであるので、低コストで効率的な組合せ方法および速度取得方法の確立について研究を進めていきたい。

#### 4. おわりに

GNSS (= Global Navigation Satellite System) 構想の発展により、間違いなく日本国内での測位精度・測位率は現状より確実に向上するはずである。ただし、そのデータを本研究が目指しているような「安全を担保」できるレベルで用いられるか、ということになると未だ課題が多くあることも間違いはない。また、衛星開発および宇宙技術に関しては、当研究所の技術分野とは少し異なるため、実験研究の他には関係機関やメーカーからの情報を入手し、会議等で希望要求スペックを出すなどの活動をしているのが実情である。

それらを踏まえた上で、地上側でも測位誤差を軽減できる技術はないか、と考え調査検討した結果今回報告した内容のような研究成果となった。

改善の余地はあるものの、研究結果としては概ね良好なものが見られたと思われる。本年度はマルチパス低減用ソフトウェアについては完全自動化および測位率を維持した上での効率化、つまり不要衛星電波の除去判断アルゴリズム改良を図るとともに、ハードウェア部分としては衛星電波による信号を利用したシステムの実験に取りかかる予定である。

最後に実験にご協力頂きました名古屋鉄道株式会社、松浦鉄道株式会社をはじめとした関係者の皆様には厚く御礼申し上げます。

#### 文献

- [1] 山口、水間、林田「衛星システムの鉄道利用に関する検討 (第1報)」交通安全環境研究所研究発表会講演概要,p203-204,Dec.2004
- [2] 山口、水間、林田、吉永「衛星システムの鉄道利用に関する検討 (第2報)」交通安全環境研究所研究発表会講演概要,p159-162,Nov.2005
- [3] Pratap Misra and Per Enge 原著、日本航海学会 GPS 研究会訳「精説 GPS 基本概念・測位原理・信号と受信機」正陽文庫