

衛星システムの鉄道利用に関する実験および検討（第2報）

交通システム研究領域

山口 知宏

水間 毅

林田 守正

吉永 純

1. はじめに

平成 15 年度の実験では、準天頂衛星システム（平成 20 年度打ち上げ予定）を擬似衛星（スードライト）で模擬し、自動車および路面電車を使用して測位精度の確認試験を行った。その結果、低速時（0～40km/h 程度）には現状の GPS 衛星による移動体測位と比較して大幅な測位率・測位精度の向上が確認でき、準天頂衛星システムを鉄道システムのアプリケーションとして利用できる可能性が出てきた。

平成 16 年度の研究では、実際に導入・利用されると想定される環境においての高速走行（0～130km/h 程度）測位実験を行うことにより、測位データを入手し、衛星システムの利用に関してさらなる検討を進めている。

本稿では、その実験結果および結果に関する考察を述べる。

2. 鉄道車両による高速走行実験について

2.1. 高速走行時の測位精度確認実験

2.1.1 実験概要

可能な限り直線区間が長く、平地部にある路線を選定して走行実験を行った。本実験の目的は、衛星測位における良環境（＝アンテナ遮蔽物小、GPS 衛星配置状態良）での高速移動体の測位精度検証である。そのため、衛星配置の良い時間を選定し、仰角が大きく取れる平地で数 km の直線区間があるこの路線を選択した。

実験内容は以下の通りである。

地上を高速走行する移動局（＝鉄道車両）による測位データの入手（直線部 80km/h 走行×1、120km/h 走行×3 の 4 往復を 2 日間で計 8 往復）

仰角 70° 以上に位置する衛星を準天頂模擬とし、その有無による測位精度への影響をシミュレーションにより評価する。

図 1 に実験機器構成を示す。GPS 受信機として単独

測位用 2 種類、ネットワーク測位用 1 種類の計 3 種類を使用している。また走行中の周囲状況を把握するため、走行実験時には車両の先頭および後部にビデオカメラを設置して録画を行った。なお今回の実験では正確な測位データを得るため、実験の前準備としてリファレンス用の測量を地上踏切部 8 箇所および軌陸車走行により行っている。

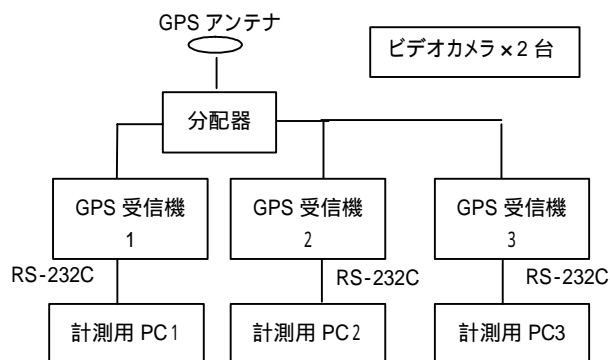


図 1 実験機器構成

2.1.2 実験結果

図 2 に実験結果の一例を示す。中央の緑色部分が電子基準点である。先述した実験前の事前準備として入手したリファレンスデータを真値とした場合、測位誤差値については取得データより抽出中した結果最大で 4.27m、最小 0.00m、平均 0.68m の値が得られた。



図 2 実験結果例

受信アンテナを複数搭載しているため、そのアンテナの特性により多少の違いはあるものの、おおむね測位誤差1m以内に収まっているといえるデータが入手できた。測位率としては平均して90%前後であった。

測定不可の区間および測位誤差が大きな地点を、車上ビデオカメラで撮影した動画と地図により、照会して確認したところ、ほぼ鉄塔・陸橋・歩道橋や架線の合流部等 GPS アンテナの受信に影響があると思われる構造物が存在する地点であることが判明した。図3に受信障害地点の一例を示す。図3の左下部の測位不能原因は、陸橋下通過のためであるといえる。右上部の周囲状況については、図4に示すとおりである。図4を見る限りでは、左部の鉄塔による影響等が推定される。

また、シミュレーションにより準天頂を模擬した衛星からの電波を無視した場合と電波を利用した今回の実験結果を比較したところ、測位率・測位精度ともに数%程度の向上にとどまった。



図3 受信障害地点例



図4 受信障害地点周囲状況例

これは、本実験環境が平成15年度の実験と比較しても良環境（オープンスカイ、周辺構造物少、衛星配置良等）であったためと思われる。参考までに実験時の衛星配置を図5に示す。また、表1に高仰角衛星の有無による影響の一例を示す。

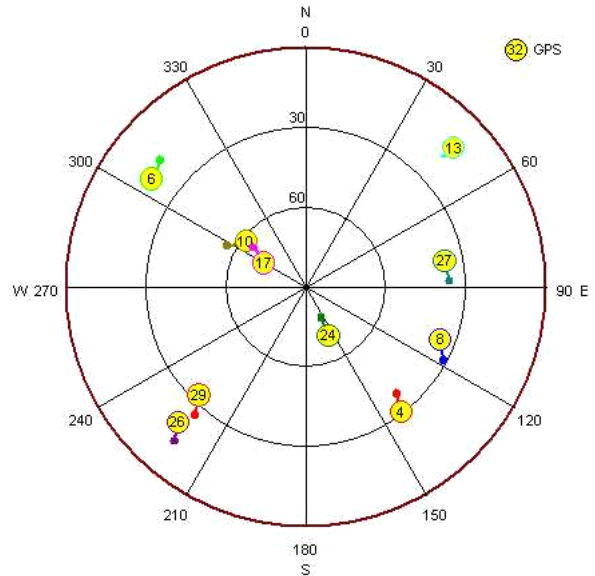


図5 実験時衛星配置例

表1 高仰角衛星による影響例

	測位率(単位:%)			
	上り区間		下り区間	
	GPS受信機1	GPS受信機2	GPS受信機1	GPS受信機2
高仰角衛星有り	86.9	93.5	90	94.4
高仰角衛星無し	81.2	93.1	87.6	93.8

2.2 高速走行時マルチパス影響確認実験

2.2.1 実験概要

GPS衛星測位における自然現象による誤差要因は、電離層、対流圏、マルチパスによる影響等が挙げられる。また工学的な誤差要因としては、衛星位置、時計、受信機の影響等がある。

このうちの、自然的な誤差要因であるマルチパスによる影響は地上側機器により低減できる可能性があるため、まずは都市部における高速走行時のマルチパスの実態を把握するために、走行実験を行うこととした。実験内容は以下の通りである。

地上を高速走行する移動局 (= 鉄道車両) による測位データの入手

ただし、本実験はあくまで現状でのマルチパス実態調査が主目的であるため、2.1項の実験とは異なり、

高精度測位のための事前リファレンス入手や衛星配置に関する考慮等は一切行っていない。しかしマルチパスの影響を多く観測するためには、構造物が多い市街地が望ましいため、市街地を走行する路線を選択した。実験機器の構成は図1と同等である。図6に実験環境を示す。また、アンテナ取付状況を図7に、走行中のアンテナ俯瞰図を図8にそれぞれ示す。



図6 実験環境



図7 アンテナ取付状態

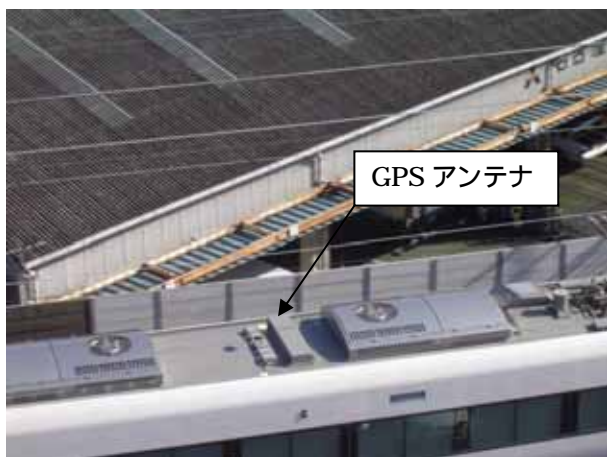


図8 アンテナ設置状況俯瞰図

2.2.2 実験結果

実験結果の一例を図9、図10に示す。今回の実験でも同様に、地図と走行風景のビデオ撮影により受信阻害原因を推定し、図中に注釈を入れている。また実験の目的上、衛星配置等の良環境条件は考慮しなかったが、測位率は平均85%程度となった。表2に測位率を示す。



図9 実験結果例(2)

表2 マルチパス実態調査実験測位率例

試番	測位率(%)
22	86
23	79
26	84
27	89



図10 実験結果例(3)

測位率が2.1項の衛星測位における良環境での測位実験と比較して数%しか変わらなかったのは、実験実施日時が衛星配置の良いときだったこと等が挙げられるが、測位精度自体は実質2倍以上の差が出ており、市街地と郊外平地部の環境の違いによるマルチパスによる影響と思われる。

3. おわりに

以上、鉄道車両を利用した衛星測位実験の内容について述べた。今回の実験で、予想通り環境さえ整えば高速走行(～120km/h程度)でも問題なく低速走行時(～40km/h程度)と遜色ない測位精度が確保できることが確認でき、鉄道における安全管理に最低限必要であると考えられる測位誤差1m未満についても、2.1項で述べた実験の範囲内ではほぼ達成された。

しかしながら、測位不可地点および測位阻害地点の扱いやマルチパスの影響、アンテナ特性による測位

率・測位精度への影響等、解決すべき問題はまだまだ残っているのが現状である。それら諸問題に対応するためには、まずは正確な現況の把握および対策の検討が急務であるといえる。平成17年度の測位実験ではマルチパス対策を行って収集したデータにより、測位精度向上を目指すことを目的としている。

また、この原稿で詳しくは触れないが、衛星測位データを利用した鉄道信号システムに関する実験を、山間部の路線区で平成16年度には行っていた。図11にその概要を示す。

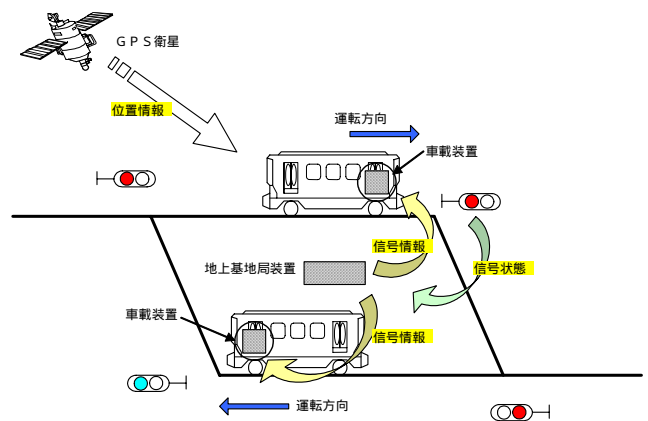


図11 衛星信号利用鉄道信号システム(試作)

上記については、一応目的の機能を達成することには成功したが、平成17年度に改めて機能を付加し、より実情に合わせた試験を検討しているので、その実験結果も含め併せて次回報告する予定である。

最後に、実験にご協力頂きました高千穂鉄道株式会社、名古屋鉄道株式会社、北海道旅客鉄道株式会社および関係各位に厚く御礼申し上げます。