

② 車上主体型列車制御システムにおける列車位置検知技術の評価に関する基礎検討

交通システム研究部 ※山口 大助 工藤 希 竹内 俊裕 長谷川 智紀
篠田 憲幸 (客員研究員)

1. はじめに

鉄道ではこれまで軌道回路などを用いて列車の位置検知を正確に行う列車制御システムによって安全を確保してきた。しかしながら、地方鉄道をはじめとする採算性の厳しい路線では、軌道回路のような地上主体の設備の維持や更新に係るコストが大きな負担となっている。これを解決する手段として、軌道回路によらない車上主体型の列車位置検知を基本とした列車制御システムがあり、無線式列車制御システムとして JR 東日本が ATACS¹⁾を実用化したほか、鉄道総合技術研究所 (鉄道総研) が RFID (Radio Frequency Identification) によって検知した情報を車上から通信で中央装置に伝送し列車制御する方式の開発などを進めている²⁾。交通安全環境研究所では、これまで衛星測位システム (GNSS; Global Navigation Satellite Systems) と汎用無線による列車制御システムを提案してきたが^{3),4)}、この過程で GNSS の測位精度が課題となり、精度向上を図る手法の検討を行ってきた⁵⁾。

本稿では GNSS の測位精度向上を図る手法のこれまでの検討を総括するとともに、GNSS を補完するシステムを含む車上主体型列車制御システムにおける列車位置検知技術の評価に関する検討の今後の進め方を示す。

2. GNSS の測位精度向上の検討

2. 1. 衛星測位

衛星測位とは、少なくとも 4 機の人工衛星からの電波を受信して、衛星から受信機に到達するまでの時間を求め、電波の速度を乗じて距離を得て現在位置を算出することである。2018 年 3 月現在、GNSS として最も有名な米国の GPS (Global Positioning System) の 31 機をはじめ、日本も準天頂衛星 (QZSS; Quasi-Zenith Satellite System) を 4 機打ち上げており、これらの衛星の電波を受信して測位することができる。

GNSS による測位を補正なしに行った場合には最

大で数十メートルの誤差が生じることもある。誤差の要因には、電波が通過する電離層や対流圏の影響のほか、時々刻々変化する衛星の配置やマルチパスによるものがある⁶⁾。マルチパスとは衛星から送信された電波が建物などに反射してから受信機に伝わることを指す。電離層や対流圏は自然界のものであるため影響を回避することは難しい。衛星配置やマルチパスによる影響はその時々々の走行環境に大きく依存するが、マスキング処理により測位に用いる衛星を絞り込むことによって誤差を抑えられる可能性がある。

2. 2. 仰角マスク

衛星測位の精度は多くの衛星の電波を捉えることで向上すると考えられるが、仰角 (衛星と受信機を結ぶ線が水平線となす角度) が低い衛星が放つ電波はマルチパスの影響を受けて誤差を含む可能性が高くなる。そこで、仰角の低い衛星を除く「仰角マスク」と呼ばれるマスキング処理による測位精度の向上について検討した⁵⁾。具体的には、予め分かっている沿線の障害物の位置と自列車の位置の関係から仰角マスクを動的に制御し (例えば建物が集中する駅周辺ではマスキングし、駅間の空の開けたところではマスキングしない)、見通しのよい線路方向はマスキングせずに測位に適した衛星を選択する手法とし、実車走行実験を複数回を行い測位精度向上の効果を検討した。仰角マスクの例を図 1 に示す。図 1 において、「線路直角方向マスク」は見通しのよい線路方向をマスキングせずに測位に適した衛星を選択することに相当する。



図 1 仰角マスクの例

同一駅間で測位精度向上の効果を比較検討したところ、実車走行時ごとに衛星の配置状況が全く異なり、高い測位精度につながる衛星の配置のため、マスク処理を行う必要がないケースがあった。その一方、仰角マスクによって測位精度が向上したケースもあれば、仰角マスクによって多数の衛星が除かれ、少ない衛星数で測位したためにかえって精度が悪化するケースもあった。このことから、衛星の配置状況によって仰角マスクによる測位精度向上の効果が違いが見られた。仰角マスクによる効果が一定ではなかったことから、GNSS の測位精度を向上させる手法については引き続き検討が必要な状況となった。

3. 車上主体型列車位置検知技術の評価に関する検討

車上主体型の列車位置検知を基本とした列車制御システムにおいて、特に列車位置情報は制御のみならず旅客サービスや保守作業などにも活用したいというニーズがある。これを受けて、列車位置検知技術の一つである GNSS については『鉄道分野における GNSS 利活用に関するガイドライン』⁷⁾がとりまとめられた。このガイドラインの中では運行記録、運行管理、保守・警報装置、保安制御などの利用レベルごとに要求事項が示されている。車上主体で列車位置検知を行うために現在活用可能なセンサとして GNSS のほかに、速度発電機、慣性計測装置、レーザセンサ、RFID など数多くある。各々のセンサの特性や生じる誤差は異なるが、これらのセンサを適切に組み合わせることでガイドラインの要求事項を満たすことができ、列車制御のみならず保守やサービスなど様々なニーズに応えられるものと考えられる。

そこで、今後は以下の検討を進めていく。

初めに、①車上主体型の列車位置検知に対して GNSS の利用に限らず現状の技術を整理する。次に、②要求される位置検知精度（要求精度）や要求精度の達成に向けて解決すべき技術的課題を整理するとともに、③要求精度に適したセンサの組み合わせについて具体例を検討し、車上主体型列車制御システムや車上主体型列車位置検知の技術要件の具体化につなげる。更に、④この検討に基づいてシステムに対する安全性や信頼性の考え方を鉄道事業者間で共有する。

この検討の進め方のチャートを図 2 に示す。検討にあたっては、衛星測位サービスの進展（センチメートル級測位補強サービスなど）による測位精度の向上、セ

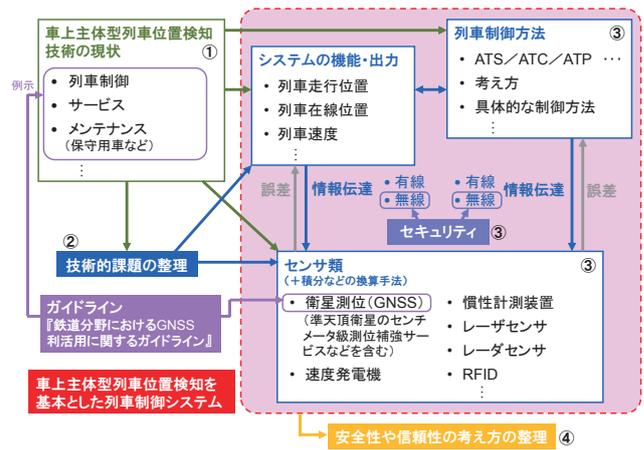


図 2 今後の検討の進め方

ンサの低コスト化など技術の進展を踏まえるものとする。

4. おわりに

本稿では仰角マスクによる GNSS の測位精度向上の検討を総括するとともに、GNSS を補完するシステムを含む車上主体型列車制御システムにおける列車位置検知技術の評価に関する検討の今後の進め方を示した。これから検討を進めていくにあたり、関係各位のご意見やご知見を多く賜れば幸いである。

参考文献

- 1) 馬場ほか，“無線による列車制御システム (ATACS)”，JR EAST Technical Review, No.5, pp.31-38 (2003)
- 2) 寺田ほか，“新技術による地方交通線向けの列車制御システム”，RRR, Vol.74, No.1, pp.20-23 (2017)
- 3) 田中ほか，“鉄軌道における衛星測位の活用技術に関する研究”，交通研フォーラム 2015 講演概要集, pp.121-124 (2015)
- 4) 工藤ほか，“列車制御システムにおける衛星測位利用に関する取組”，交通研フォーラム 2016 講演概要集, pp.65-68 (2016)
- 5) 篠田ほか，“列車制御に衛星測位を利用する際の処理方法の検討”，第 24 回鉄道技術・政策連合シンポジウム (J-RAIL2017), S7-5-1 (2017)
- 6) トランジスタ技術編集部，“GPS のしくみと応用技術”，CQ 出版社, (2009)
- 7) 鉄道分野における GNSS 利活用ガイドライン検討委員会，“鉄道分野における GNSS 利活用に関するガイドライン”，(2017)