

論文審査の結果の要旨

氏名：浅野 晃

博士の専攻分野の名称：博士（工学）

論文題名：列車保安制御システムへの全球測位衛星システム（GNSS）利用に関する研究

審査委員：（主査） 教授 高橋 聖
（副査） 教授 木原 雅巳 特任教授 泉 隆
名誉教授 中村 英夫

米国のGPS（Global Positioning System：全地球測位システム）や、2018年度末に本格稼働が始まった日本の準天頂衛星（QZSS：Quasi-Zenith Satellite System）などを総称して、全球測位衛星システム（GNSS：Global Navigation Satellite System）と称する。GNSSは世界共通の社会インフラとして利用されており、産業界では準天頂衛星を含めたGNSSによる衛星測位技術を利用した応用システムの研究開発が進んでいる。一方、近年、過疎化・少子化やモータリゼーションなどの影響により、地方鉄道の利用者は減少の一途にあり経営状態は厳しい。このような中、技術者に対しては、鉄道の運行をより柔軟で経済性の高いものに変革していく努力が求められている。今日の列車制御システムは地上主体型と呼ばれ、地上の軌道沿線に列車位置を検知する軌道回路、地上から車上へ制御情報を伝達する地上子、踏切制御を行うための踏切制御子など多くの地上装置が点在しており、設備コストのみならず保守・運用などのコストも大きなものとなっている。これに対し、鉄道の運行をより柔軟で経済性の高いものに変革していく技術として、車上で位置検知を行いその情報を基に列車を制御する、無線式の列車制御システムであるCBTC（Communications Based Train Control）が開発された。このシステムの成否は、車上で安定かつ正確な列車位置検知技術にかかっている。位置検知には車上の速度発電機を用いているが、車輪の滑走・空転による誤差に対応せねばならず、よりシンプルで確実な車上位置検知システムの確立が望まれている。この点で、GNSSの利用による位置検知システムは魅力的ではあるものの、列車保安制御という安全に直結する分野への導入は、安全性に対する懸念から先送りされてきた。

以上のような課題に対し、申請者は、信頼度の高い車上位置検知システムを低コストで実現し、CBTCなどの車上位置検知システムに利用することを目的に、これまでタブーとされてきたGNSSを列車保安制御に利用する技術の確立を目指した。このために、申請者は、「GNSS測位技術を列車保安制御へ利用するには、GNSSから得られた測位情報を列車保安制御に利用できるか否かを判定するためのフィルタリング技術の導入が有効」との考え方を示し、GNSS受信機の基礎試験を基に、各種フィルタリング手法を提案した。そして、長期にわたる実車試験を通し、安定した列車位置検知が可能であることを明らかにした。さらに、GNSSの情報を最大限に活用した試験システムのケーススタディにより、このシステムが実用化レベルに達していることの評価も行っている。

以上のように、申請論文は、社会に与える影響も大きく、また技術領域での水準も高いものである。以下、論文の章立てに沿って審査の内容を報告する。

論文は、第1章の序論から第6章の結論に至る全6章から構成されている。

「第1章 序論」では、本研究の背景や位置づけ、目的および概要がわかりやすく説明されている。鉄道の環境とGNSS利用への期待、そしてGNSSの列車保安制御への導入に対する懸念について述べることで、本研究の課題を明確に浮き上がらせており、申請論文の重要性が明確にされている点が評価される。

「第2章 列車保安制御と列車位置検知」では、鉄道における列車保安制御の仕組みを概観し、列車保安制御装置の中で、列車位置がどのように重要な情報であるかを説明している。まず、既存の列車制御システムが、現場に配置された連動装置や閉そく装置および、運転士の誤りに対しても安全を守るATS（Automatic Train Stop）やATC（Automatic Train Control）システムなどによって構成されていることをわかりやすく説明している。そして、既存の列車保安制御装置の中でもATS-P形やデジタルATCなど先端に位置する装置においては、軌道回路による位置情報のみでなく、詳細な位置情報も保安

制御に用いられている実態を説明している。さらに、今後導入が期待される車上主体型の列車保安制御システムである無線式列車制御システムにおける列車位置検知システムを取り上げ、現状と課題について整理し、GNSSとの関係を説明している。本章は、GNSSの測位情報が列車保安制御に利用できるようになることの重要性を指摘することで、本研究の意義を明確にしている点で評価できる。

「第3章 鉄道におけるGNSS利用の現状と課題」では、まずGNSSに対する基本的な原理と誤差要因について触れ、本格運用を前にした準天頂衛星が稼動した際の精度向上効果について説明している。そして、本研究の重要な考え方である「GNSS測位技術を列車保安制御へ利用するには、GNSSから得られた測位情報を列車保安制御に利用できるか否かを判定するためのフィルタリング技術の導入が有効」であることを述べている。このことは、本研究の中心となるアイデアを明確にしている点で評価できる。次に、鉄道におけるGNSS利用の現状について実例を挙げてサーベイしている。この中で、情報提供サービスや安全性向上といった分野に幅広く導入されている一方、列車保安制御に関しては安全性に対する懸念から、導入が進んでいない実態とその主たる要因について述べている。さらに、GNSSを列車保安制御に利用する上での課題を挙げることで、検討すべき懸念事項を明確にしている。本章は、本研究の中心をなす第4章の導入の役割をしており、論文の構成上も的確な内容となっている点が評価できる。

「第4章 列車保安制御システムへのGNSS利用」では、本研究の詳細について述べている。第3章で導いた「フィルタリング技術の導入が有効」との考え方を推し進め、各種フィルタリング手法を提案し、その有効性を検討している。申請者は、測位誤差軽減のために、次の8つのフィルタリング手法を提案している。すなわち、(1)軌道からの離隔検定、(2)アンテナ間離隔検定、(3)方向検定、(4)軌道曲率半径による検定、(5)軌道カーブ長による検定、(6)S字カーブ変化点による検定、(7)速度発電機速度情報による検定、(8)加減速度を利用した検定である。そして、これらのフィルタリング手法の有効性を検証するために、17ヶ月にわたる長期試験によって動作状態を確認したことは、システムの実用化への確証が得られた点で高く評価できる。また、GNSSから独立して得られる速度情報の列車保安制御への有効利用についても述べており、このことは申請者が初めて明らかにしたことで、高く評価できる。本章において得られたこれら成果は、2017年4月末に制定された「鉄道分野におけるGNSS利活用ガイドライン」(第1.0版)検討時の貴重な資料として参照され、最も安全性が要求される利活用分野の水準(レベル4)に対する要求条件の中に反映された。このことは、本研究の有効性と産業界への貢献を示す点が評価できる。

「第5章 GNSS利用列車制御システムのケーススタディ」では、第4章で明らかにした「速度発電機パルスの積算による位置検知を主体としてGNSSで補完する」ハイブリッド手法のケーススタディとして、地方交通線の列車保安制御システムに組み込んだシステム事例を紹介し、その実車試験の結果について述べている。さらに、提案システムが既存のシステムと比較し、機能的にも経済的にも優れていることを論じており、地方鉄道の変革につながるものとして高く評価できる。

「第6章 結論」では、申請者の行った研究の成果や今後の課題を述べている。

申請者の研究は、これまで安全性に対する懸念から、その導入が先送りされてきたGNSSを、列車保安制御に利用する技術の確立を意図したものである。本研究の成果は、地方鉄道の変革に貢献するだけでなく、広く世界の鉄道産業の発展にも貢献する可能性を持っているものと非常に高く評価できる。

以上のことは、本論文の申請者が自立して研究活動を行い、又はその他の高度な専門的業務に従事するに必要な能力及びその基礎となる豊かな学識を有していることを示すものである。

よって本論文は、博士(工学)の学位を授与されるに値するものと認められる。

以 上

平成31年2月21日