

論文内容の要旨

氏名 岩田浩司

列車制御システムにおいては、高密度の列車運転を可能とするために車上制御装置での速度照査パターンによるブレーキ制御が行われるようになり、車上制御装置での位置検知機能が重要になっている。さらに、2011年に ATACS(Advanced Train Administration and Communications System) が JR 東日本 仙石線にて実用化され、首都圏への展開も予定されているほか、無線を用いた列車制御システム (CBTC: Communication Based Train Control) が海外で展開が進みつつある。このような速度照査パターンあるいは無線による列車制御システムでは、車上制御装置での列車位置検知 (以下、車上位置検知) 結果は、地上制御装置での列車追跡情報として使われるため、より重要になっている。しかしながら、車上位置検知のための方法としては、依然として速度発電機単体による方式が採用され、速度発電機を取り付けた軸での車輪の滑走・空転の影響を受けるため、改善が必要とされている。

また、列車制御システムには輸送における高い安全性と安定性の確保が求められている。安全性確保に直結する列車制御システムにおける安全性レベルの選択には実質、余地はないが、輸送の安定性に関するアベイラビリティについては、列車制御システムを適用する線区の状況を考慮して対策を適用する自由度が残っている。しかしながら、アベイラビリティについては、本来、障害の発生頻度と障害に伴う影響度の二次元的な検討が可能であるが、これまで個々の装置の高信頼化などを中心とするアベイラビリティ向上のための対策検討に留まっているのが実情である。

以上のことに鑑み、本博士論文では、列車制御システム用途での、慣性センサと速度発電機を併用した車上制御装置での列車位置検知手法を提案した。また、現状の鉄道信号装置を対象に障害の発生頻度と障害に伴う影響度の二成分に分けて分析するアベイラビリティ向上対策の決定法を提案した。最後に、提案するアベイラビリティ向上対策決定法を慣性センサと速度発電機を併用した車上制御装置での列車位置検知手法に適用し、その改善策の適用効果を明確化した。

これらの検討を行うことで、列車制御システムにおいて重要な役割を担う車上位置検知システムを新たに開発するとともに、提案するアベイラビリティ向上対策決定法の有用性を示した。

本研究成果は以下のとおりである。

1. 車軸に設置した速度発電機を用いた走行距離の算出方式は、車輪の滑走・空転の影響を受けることから、その対策の一手法として、滑走・空転の検知時に、慣性センサを用いた距離算出方式を提案した。提案手法は、速度発電機と慣性センサを併用した列車速度・距離算出手法であり、非駆動軸を持たない車両や短編成車両でも適用可能である。路線勾配と曲線が組み合わさった区間での補正処理における誤差低減のために、慣性センサの加速度 (3 軸) と角速度 (3 軸) を用いた補正処理を適用

し、現車試験で時刻管理して記録したデータにもとづくシミュレーション解析を行い、提案手法の有効性を明らかにした。

2. 鉄道信号装置の目標アベイラビリティ達成のための対策の決定法を提案した。提案手法では、目標アベイラビリティを達成するための対策について、単位時間あたりの障害件数の低減成分と、1 障害あたりの平均停止時間の短縮成分の両面から総合的に考慮して戦略的に決定する。これにより、線区ごとに異なる障害内容に応じた効果の高い対策の適用を可能にする。目標アベイラビリティについては、構成機器の故障による遅延を受けた乗客数で定義した輸送損失を反映して設定し、提案手法を適用している。この結果、障害発生頻度と障害発生後の影響を総合的に考慮して、戦略的に効果的な適用対策を決定できることを明らかにした。
3. アベイラビリティ向上対策決定法を車上位置検知システムに適用し、補正開始点を複数選定し補正論理の並列処理による対策が特に再粘着判定不能後の復旧時間が長い線区において有効であることを示した。これらの結果は線区の条件によって異なるが、アベイラビリティ向上対策決定法の有用性を明らかにした。

提案する速度発電機と慣性センサを併用した車上位置検知システムは、非駆動軸を持たない車両や短編成列車だけでなく、近年導入が進みつつある無線を用いた列車制御システム（CBTC）にも適用可能なものであり、列車制御システムの基盤となる成果である。また、提案する障害の発生頻度と障害に伴う影響度の二成分に分けて分析するアベイラビリティ向上対策決定法は、システムの障害データに基づく新たな手法であり、装置間がネットワーク接続され大規模化した列車制御システムの評価において基盤となる成果である。