



Title	経済性と信頼性に基づく鉄道通信設備の設計・評価手法に関する研究〔論文内容及び審査の要旨〕
Author(s)	川村, 智輝
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第13528号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74317
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Tomoki_Kawamura_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 川村智輝

学 位 論 文 題 名

経済性と信頼性に基づく鉄道通信設備の設計・評価手法に関する研究

(Study on Design and Evaluation methods for Railway Telecommunication Systems based on
Economic Efficiency and Reliability)

近年、情報通信技術の発達により、鉄道通信設備においても LSI 等の半導体部品を使用した通信機器の導入が進んでいる。半導体部品は、雷サージをはじめとした過電圧に対して脆弱であることから、雷サージ等の過電圧に対する通信機器の耐力は低下傾向にあり、通信機器の過電圧への対策がより重要になってきている。設備の過電圧対策を考えるうえでは、対策にかかる費用（経済性）と過電圧への耐力（信頼性）の両方のバランスを考えて設計を行う必要があるが、鉄道通信設備においては雷サージによる影響を定量的に予測するための手法や、雷サージを考慮した設備設計のための手法が確立されていない。加えて、通信機器への直流給電の導入に関して、電力損失の低減や信頼性の向上等の観点から近年注目が集まっているが、鉄道通信設備においてはその効果について定量的な整理が進んでいないという課題がある。

また、近年、鉄道においても無線通信を活用した状態監視システムが注目されており、列車や鉄道沿線の設備の監視を目的とした通信設備の導入が進められている。列車に設置される通信設備では、車両の増解結や列車の走行によって無線通信への影響を受けることになる。しかし、これらの影響を考慮した通信設備の設計・評価のための手法は確立されていない。同様に、鉄道沿線に設置される通信設備では、沿線の様々な遮蔽物や列車によって無線通信が妨げられるが、これらの影響を考慮してシステムの設計・評価を行うための手法は確立されていないのが現状である。

本論文では、機器室の通信設備、鉄道車両の状態監視用の通信設備、線路沿線の状態監視用の通信設備の 3 種類の鉄道通信設備を対象として、経済性と信頼性の両方の観点から設備の設計・評価を行うための手法を開発することを目的としている。本論文は、以下に示す構成からなる。

(1) 機器室の通信設備を対象とした設計・評価手法

機器室内の鉄道通信設備を対象として、雷サージの影響を予測するための解析モデルを提案した。さらに、提案した解析モデルの精度を検証するため、実際の鉄道通信設備を用いて雷サージ印加試験を実施し、解析モデルを用いた同一条件でのシミュレーション結果との比較を行った。検証の結果、通信ケーブルや耐雷トランスといった個別の機器で見た場合の最大値の誤差は 2.4% ~ 12.6% 程度であり、概ね一致することが確認できた。また、機器室内の鉄道通信設備全体を想定した構成においても、最大値の誤差は 3.4% ~ 10% 程度であり、提案した解析モデルを用いることで、鉄道通信設備における雷サージ解析を精度良く行えることを明らかにした。

さらに、鉄道通信設備を対象として、雷サージ解析シミュレーションと数値最適化を組み合わせることで、雷サージ対策と経済性の両方の観点から機器室の接地方式を設計するための手法を提案した。また、典型的な通信機器室を対象として、提案手法を用いた数値実験を行い、その有効性を検証した。その結果、提案手法を用いることで、接地極数や接地抵抗値の変化が雷サージの発生量に与え

る影響を考慮したうえで、鉄道通信設備の経済的な接地方式を設計できることを示した。

最後に、経済性と信頼性の観点から鉄道通信設備の給電方式を評価するための手法を検討し、機器室を対象として複数の給電方式に対する経済性と信頼性の試算を行った。その結果、機器室に直流給電を導入することで、電力購入コストや変換器故障による設備停止を低減できることが示された。

(2) 鉄道車両の状態監視用の通信設備を対象とした評価手法

センサノードがバッテリーで駆動する車両状態監視用の無線センサネットワーク (WSN) を対象として、車両の増解結や走行による通信環境の変化を模擬するために時系列モンテカルロ法を用いて、バッテリーに関わるコスト (経済性) と通信の信頼性の観点での評価を行うための手法を開発した。また、車両状態監視用 WSN の消費電力量について、いくつかの条件で数値実験を行うことで、開発した手法の有用性に関して検証を行った。その結果、車両状態監視用 WSN において、車両の増解結によるネットワークの再構築やネットワーク形状の変化、列車の走行による通信環境の変化を考慮して消費電力量を予測することの重要性が示された。また、開発した手法を用いることで、車両状態監視用 WSN のバッテリーのコスト等の運用コストの面で効率的なルーティングの検討を行えることが示された。

(3) 線路沿線の状態監視用の通信設備を対象とした設計手法

数値最適化手法と時系列モンテカルロ法を組み合わせることで、鉄道環境における遮蔽物や配置不可能な場所の存在を考慮したうえで、WSN の最適な中継ノード配置・ルーティング手法を算出する手法を提案した。また、鉄道沿線に設置される WSN を対象として、提案手法を用いた数値実験を行うことで、提案手法の有用性に関する検証を行った。その結果、提案手法を用いることで、鉄道環境における遮蔽物による無線通信への影響を考慮したうえで、WSN の経済的な中継ノード数、ノード配置、ルーティング手法の設計が行えることを示した。