

踏切遮断時間の適正化への取組み

社団法人日本交通計画協会	幡歩浩司	日本信号株式会社	新井健一
東京急行電鉄株式会社	田中秀憲	日本信号株式会社	大塚雄平
東武鉄道株式会社	石井英二	日本信号株式会社	*池田岳雄

Efforts to Optimize Crossing Gate Down Time

Koji Hatabu, Japan Transportation Planning Association	Kenichi Arai, The Nippon Signal Co., Ltd.
Hidenori Tanaka, Tokyu Corporation	Yuhei Ohtsuka, The Nippon Signal Co., Ltd.
Eiji Ishii, Tobu Railway Co., Ltd.	Takeo Ikeda, The Nippon Signal Co., Ltd.

The time that level crossings are closed to road traffic tends to become longer due to heavy railway traffic.

In order to solve this problem, the authors joined 'a society for the study of level crossing system improvement' composed of experts.

The authors have prototyped the fixed-time crossing control system that uses the radio communication-based distance measurement technology (hereinafter, referred to as radio distance measurement) to detect the train location and train speed continuously and determine the start location of a crossing warning according to them.

This paper introduces the system and its demonstration experiment results.

キーワード：踏切、無線

Keyword: Crossing, Radio

1. はじめに

「開かずの踏切」によって引き起こされる諸問題（道路交通の渋滞、踏切事故の発生）が社会問題化しているなか、国土交通省では対策として踏切の削減と踏切遮断時間の低減を推進している。

これをうけ、公共団体・鉄道事業者・警察などの関係各機関によって構成される踏切システム高度化研究会^{※1}では、踏切遮断時間の適正化を図るための新しい踏切制御システムについて検討を行い、実証実験により有用性や実用可能性を確認している。

筆者らはその一環として、無線通信による距離測定技術（以降、無線測距）を用いて列車位置と列車速度を連続的に検知し、それを基に踏切警報の開始位置を決定する踏切定時間制御システムを試作した。

本論文では、そのシステムの紹介と実証実験結果について紹介する。

※1：踏切システム高度化研究会は「開かずの踏切」等の速効対策として道路交通の円滑化を図るため、遮断時間の適正化を図る踏切制御システムの検討を行う組織。

2. システムについて

2. 1 特徴

実証実験をする踏切定時間制御システムは以下の特徴を持つ。

- ① 沿線と列車に無線機を配置し、無線測距技術を利用して列車位置を連続的に計測すると同時に、移動距離の変化から列車速度を計算する。
- ② 計測した列車位置と計算された列車速度から列車が踏切に到達するまでの時間を計算し、踏切ごとに定められる所定の警報時間^{※2}と一致した時点で踏切の警報を開始する。

警報を所定の時間以上にするために、最も早い速度で踏切に接近する列車にあわせて、警報開始位置を定める従来の方式に比べ、列車位置と列車速度に応じて踏切の警報開始位置を決定する本システムは、警報開始位置をより踏切に近づけることが可能となる。

警報開始位置を踏切に近づけることで、警報開始時間を従来の踏切システムよりも遅らせ、余分な警報時間を省略することが可能となり、踏切警報時間の適正化・定時間化を実現することができる。

※ 2

所定の警報時間は、踏切ごとに鉄道事業者によって決められる値であり、踏切警報開始から列車が踏切に到達するまでの時間を示す。

国土交通省令第151号の解釈基準より、警報の開始から遮断動作の終了までの時間は、15秒を標準とすることが規定されている。また、遮断動作の終了から列車が到達するまでの時間は、20秒を標準として15秒以上であることが規定されている。

2. 2 構成

踏切定時間制御システムは、地上装置、軌道沿線に設置する無線機（以降、沿線無線機）、列車に搭載する無線機（以降、車上無線機）から構成される。

地上装置と沿線無線機は通信線で接続され、地上装置の制御により沿線無線機と車上無線機の間には無線ネットワークが構築される。

沿線に設置する無線機間の通信にも無線通信を使用することで、沿線に敷設するケーブルを削減している。システムの構成を図1に示す。

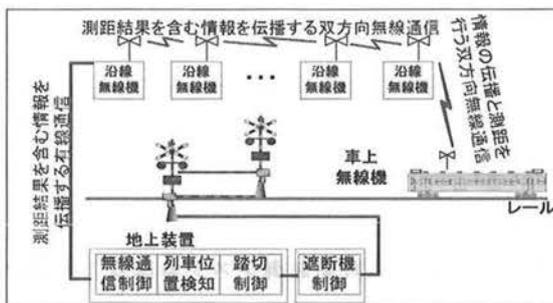


図1 システム構成

2. 3 アルゴリズム

本システムでは、2. 2項の構成を用い、以下に示すアルゴリズムで警報の制御を行っている。

列車が踏切に近づき、無線ネットワークに入る時点から、警報を開始させ、警報を終了させるまでのアルゴリズムを以下に示す。

- ① システムは列車が踏切に近づいた時に、車上無線機と地上無線機の間で通信を確立させる。
(無線機が搭載されていない列車や通信不良により既存の踏切制御子を通じた時点で無線通信が確立されていない列車は、従来の踏切システムを用いて踏切を制御する。)
- ② 無線通信の開始後、無線測距技術を用いて列車位置と列車速度を検出する。検出した値から列車が踏切

へ到達する時間を算出する。

- ③ ②で算出した到達時間が踏切に定められた警報時間と一致または超える時点で、踏切の警報を開始する。また無線通信が停止した場合も警報を開始する。
- ④ 列車が踏切を通過した時点で警報を終了させる。
- ⑤ 列車が踏切から離れることで、通信を解消する。

図2にフローチャートを示す。

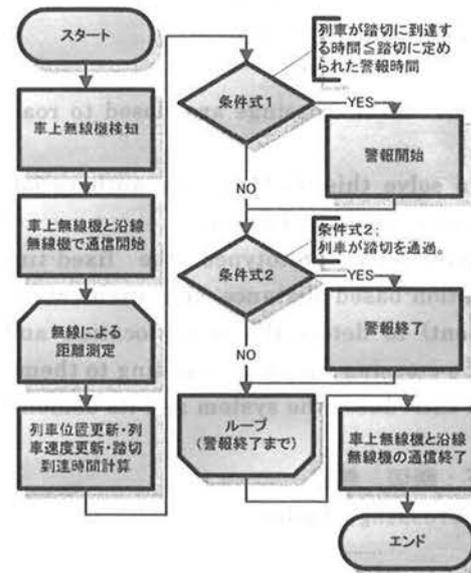


図2 フローチャート

2. 4 機器

システムで使用する機器の仕様を以下の各項に示す。

(1) 地上装置

地上装置は信号制御に使用するバス同期二重系のフェールセーフCPUと安全リレーによって構成した。地上装置内部の主な機能を以下に示す。外形を図3に示す。

① 無線通信制御機能

無線ネットワーク上に存在する各無線機の送信・受信タイミングと無線測距のタイミングを決定し、指示する。無線測距結果と列車の識別番号を無線機から受信する。

② 列車位置検知機能

受信した無線測距結果から、沿線無線機と車上無線機間の距離を決定し、その値から軌道上の列車位置と列車速度の決定を行う。

③ 踏切制御機能

②で決定した列車位置と列車速度および線路の勾配、電車の加速度から、列車が踏切に到達する時間を算出する。

到達時間が踏切に定められた警報時間と一致した時点で、踏切警報を開始する。

列車が踏切を通過した時点で警報を終了する。

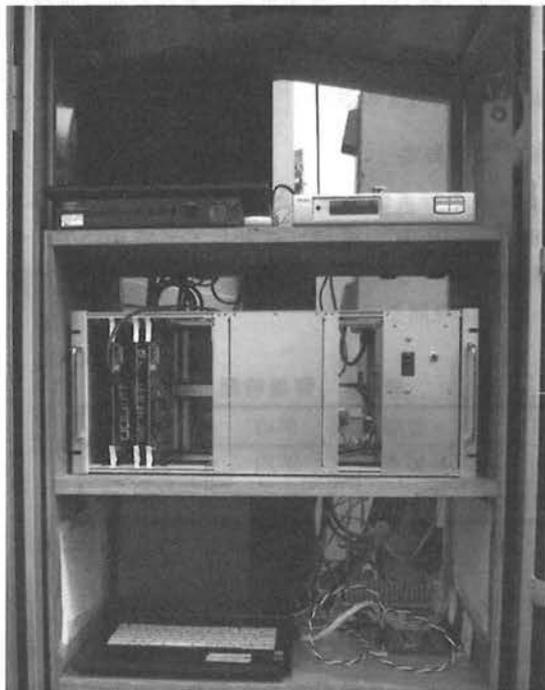


図 3 地上装置 (写真中段)

(2) 沿線無線機・車上無線機

沿線無線機は地上装置の指示により隣接する沿線無線機および車上無線機との間で無線ネットワークを構築する。車上無線機から受信した情報を地上装置に伝送する。

車上無線機は沿線無線機へ車両の識別番号を伝送する。

また、沿線無線機と車上無線機の間では地上装置の指示により相互間の距離を計測する。計測した値を測距結果として地上装置に伝送する。

沿線無線機と車上無線機は同型の無線機を使用している。仕様を表 1 に、外形を図 4 に示す。

表 1 無線機仕様

項目	仕様
割当周波数	2,400~2,483.5MHz
空中線電力	10mW/MHz



図 4 無線機外形

3. 実証実験

3. 1 内容

東武鉄道伊勢崎線と東京急行電鉄大井町線に本システムを取り付け、実証実験を行った。

(1) 実証実験工程

実証実験の工程を表 2 に示す。平成 19 年度と平成 20 年度に基本的な性能評価を行い、平成 21 年度に実用化に向けての実証実験を行った。

表 2 実証実験工程

→ 工程

実証実験 No.	項目	2008	2009	2010
1	東武鉄道伊勢崎線での実証実験	→	→	
2	東京急行電鉄大井町線での実証実験			→

(2) 実証実験場所の特徴

実証実験場所を図 5、図 6 に示す。

実証実験 No. 1 では基本性能の確認を目的とし、電波の伝播に影響が少ないところで性能を確認する必要があったため、東武鉄道伊勢崎線の直線区間かつ低層住宅地において実証実験を行った。

実証実験 No. 2 では実用性を評価することを目的とし、電波の伝播しづらい区間において実証実験を行う必要があったため、曲線区間かつ建物密集地である東京急行電鉄大井町線において、性能の確認を行った。なお、当該踏切は列車種別の選別によって警報地点を切り替える賢い踏切が導入されている。

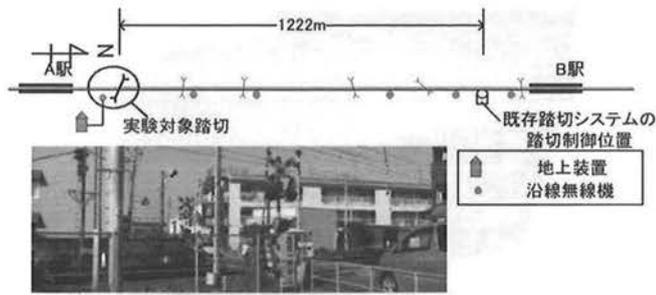


図 5 実証実験 No.1 実験場所 直線・低層住宅部

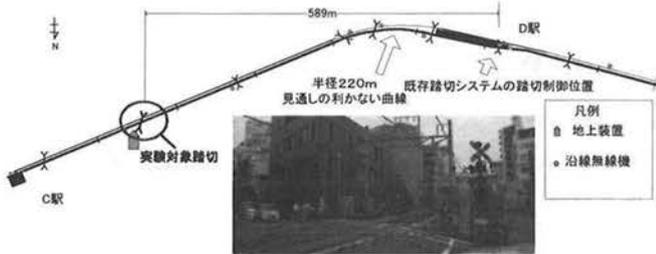


図 6 実証実験 No.2 実験場所 曲線・建物密集部

3. 2 評価方法

実証実験の評価対象を以下とした。

① 踏切警報時間の評価

既設の踏切制御システムと実証実験システムそれぞれの平均警報時間を比較し、本システムを評価する。

② 時間帯毎の警報時間の評価

既設の踏切制御システムと実証実験システムそれぞれの警報時間を時間帯毎に評価し、本システムの効果を確認する。

3. 3 結果

(1) 実証実験 No.1 の踏切

① 警報時間の測定

73回の走行実験を行った。既設の踏切システムに対して、平均11.9秒の警報時間の短縮が認められた。表3に警報時間を示す。

表 3 警報時間

既設踏切システム警報時間	平均	71.3 秒
実証実験システム警報時間	平均	59.4 秒
警報短縮時間	平均	11.9 秒

② 時間帯毎の警報時間短縮効果

列車密度が高まり、走行速度が低下するラッシュ時に、特に警報時間の短縮効果が認められた。

図7に時間帯毎の警報時間の推移を示す。

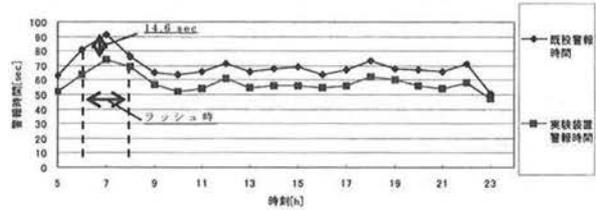


図 7 実証実験 No.1 時間帯毎の警報時間の推移

(2) 実証実験 No.2 の踏切

① 警報時間の測定

191回の走行実験を行った。既設の踏切システム(列車種別選別を用いた賢い踏切)に対して平均6.1秒の警報時間の短縮が認められた。

表4に警報時間を示す。

表 4 警報時間

既設踏切システム警報時間	平均	50.3 秒
実証実験システム警報時間	平均	44.2 秒
警報短縮時間	平均	6.1 秒

② 時間帯毎の警報時間短縮効果

列車密度が高まり、走行速度が低下するラッシュ時に、特に警報時間の短縮効果が認められた。図8に時間帯毎の警報時間の推移を示す。

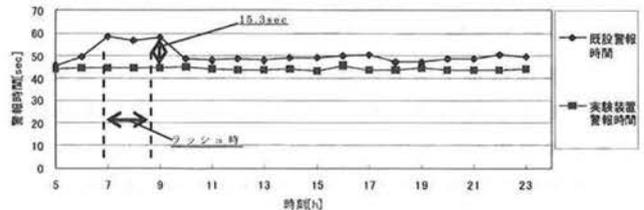


図 8 実証実験 No.2 時間帯毎の警報時間の推移

4. まとめ

3年間にわたる実証実験により、本システムを使用することにより全ての時間帯で踏切の警報時間を短縮することができる事を確認でき、また、線路沿線の地形や環境には影響を受けずに動作することが確認できた。

有効性が確認できたことから、今後はシステムの実用化に向けて取り組んでいきたい。

実証実験へのご協力および貴重なご意見をいただいた踏切システム高度化研究会関係者各位、またノウハウなど貴重な情報、示唆をご提供いただいた東武鉄道と東京急行電鉄の鉄道事業関係者にこの場を借りてお礼申し上げる。