

## 第3回 地方鉄道向け無線式列車制御システム 技術評価検討会

日時 令和3年3月30日(火) 16:00~17:30

場所 合同庁舎3号館6階鉄道局大会議室(WEB開催)

### < 議 事 次 第 >

1. 開会
2. 挨拶
3. 議事
  - 3-1 地方鉄道向け無線式列車制御システムの開発の実施状況
  - 3-2 GNSS 無線踏切制御システムの概要について(情報提供)
4. その他
5. 閉会

### < 配 布 資 料 >

- |      |                           |
|------|---------------------------|
| 資料 1 | 議事次第                      |
| 資料 2 | 委員名簿                      |
| 資料 3 | 配席図                       |
| 資料 4 | 地方鉄道向け無線式列車制御システムの開発の実施状況 |
| 資料 5 | GNSS 無線踏切制御システムの概要について    |

## 第 3 回 地方鉄道向け無線式列車制御システム技術評価検討会

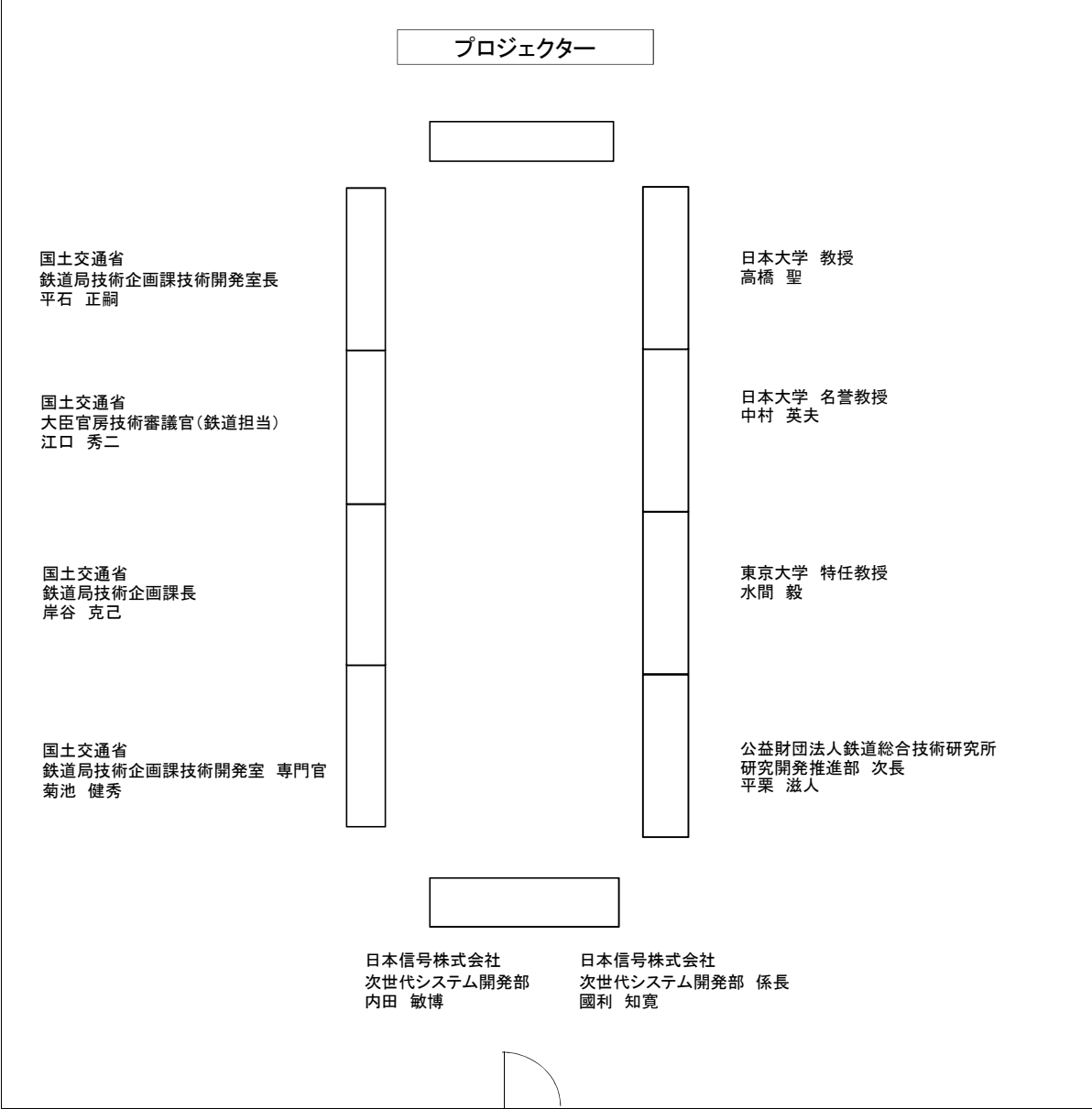
## 委員名簿

(敬称略)

委員長	中村 英夫	日本大学	名誉教授
委員	水間 毅	東京大学	特任教授
〃	高橋 聖	日本大学	教授
〃	藤田 浩行	伊豆箱根鉄道株式会社	執行役員 鉄道部長
〃	押切 榮	山形鉄道株式会社	専務取締役
〃	佐藤 安弘	独立行政法人自動車技術総合機構	交通安全環境研究所 交通システム研究部長
〃	平栗 滋人	公益財団法人鉄道総合技術研究所	研究開発推進部 次長
〃	荒木 尚人	一般社団法人日本鉄道電気技術協会	常務理事
〃	高橋 俊晴	一般社団法人日本民営鉄道協会	常務理事
〃	吉田 捷治	第三セクター鉄道等協議会	常任幹事
〃	中山 修一	一般社団法人日本鉄道車両機械技術協会	車両部長
〃	石田 弘文	一般社団法人日本鉄道運転協会	安全企画部長
〃	江口 秀二	国土交通省大臣官房	技術審議官
〃	岸谷 克己	国土交通省鉄道局	技術企画課長
オブザーバー	澤田 秀樹	北海道旅客鉄道株式会社	電気部副部長
〃	杉浦 弘人	東日本旅客鉄道株式会社	電気ネットワーク部信号システム管理センター 次長
〃	田口 尚	東海旅客鉄道株式会社	総合技術本部技術開発部信号通信技術チームマネージャー
〃	木村 哲也	西日本旅客鉄道株式会社	鉄道本部 電気部 信号課長
〃	谷 芳彦	四国旅客鉄道株式会社	鉄道事業本部 工務部長
〃	佐藤 孝之	九州旅客鉄道株式会社	電気部信号通信課担当部長
事務局	国土交通省	鉄道局	

第3回 地方鉄道向け無線式列車制御システム技術評価検討会

令和3年3月30日(火) 16:00~17:30  
 中央合同庁舎3号館6階 鉄道局大会議



オンライン出席者	
伊豆箱根鉄道株式会社 執行役員 鉄道部長	藤田 浩行
山形鉄道株式会社 専務取締役	押切 榮
独立行政法人自動車技術総合機構 交通安全環境研究所 交通システム研究部 主任研究員	工藤 希
一般社団法人日本鉄道電気技術協会 常務理事	荒木 尚人
一般社団法人日本民営鉄道協会 常務理事	高橋 俊晴
第三セクター鉄道等協議会 常任幹事	吉田 捷治
一般社団法人日本鉄道車両機械技術協会 車両部長	中山 修一
一般社団法人日本鉄道運転協会 安全企画部長	石田 弘文
北海道旅客鉄道株式会社 電気部 副部長	澤田 秀樹
東日本旅客鉄道株式会社 電気ネットワーク部 信号システム管理センター 次長	馬場 裕一
西日本旅客鉄道株式会社 鉄道本部 電気部 信号課長	木村 哲也
東海旅客鉄道株式会社 総合技術本部 技術開発部 信号通信技術チームマネージャー	田口 尚
四国旅客鉄道株式会社 鉄道事業本部 工務部 電気課長	池上 英孝
九州旅客鉄道株式会社 電気部 信号通信課 担当部長	佐藤 孝之



# 地方鉄道向け 無線式列車制御システムの開発 検討結果報告（中間）

Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

 日本信号株式会社

2021年3月30日

日本信号株式会社

1. 背景
2. 開発工程
3. 前回の技術評価検討会
4. 令和2年度の進捗
  4. 1 「システム検討」について(振り返り)
  4. 2 「仕様の具体化」について
  4. 3 「安全性評価」について
  4. 4 「安定性・取扱い」について
  4. 5 「機器製作・工場内試験」について
  4. 6 「準備工事」について
5. 令和3年度の開発

# 1. 背景



Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

- ✓ 人口減や高齢化により生産年齢人口(働き手)が減少
- ✓ 地域の人口減少等による事業環境の悪化

## Key Point

特に地方の鉄道事業者において  
鉄道運営や施設維持管理の**効率化・省力化**



地方鉄道の課題について複数の地方鉄道事業者にヒアリングを行った結果、フィールド機器の故障対応や保守メンテナンスへの負担が大きいことが挙げられた。



# 1. 背景

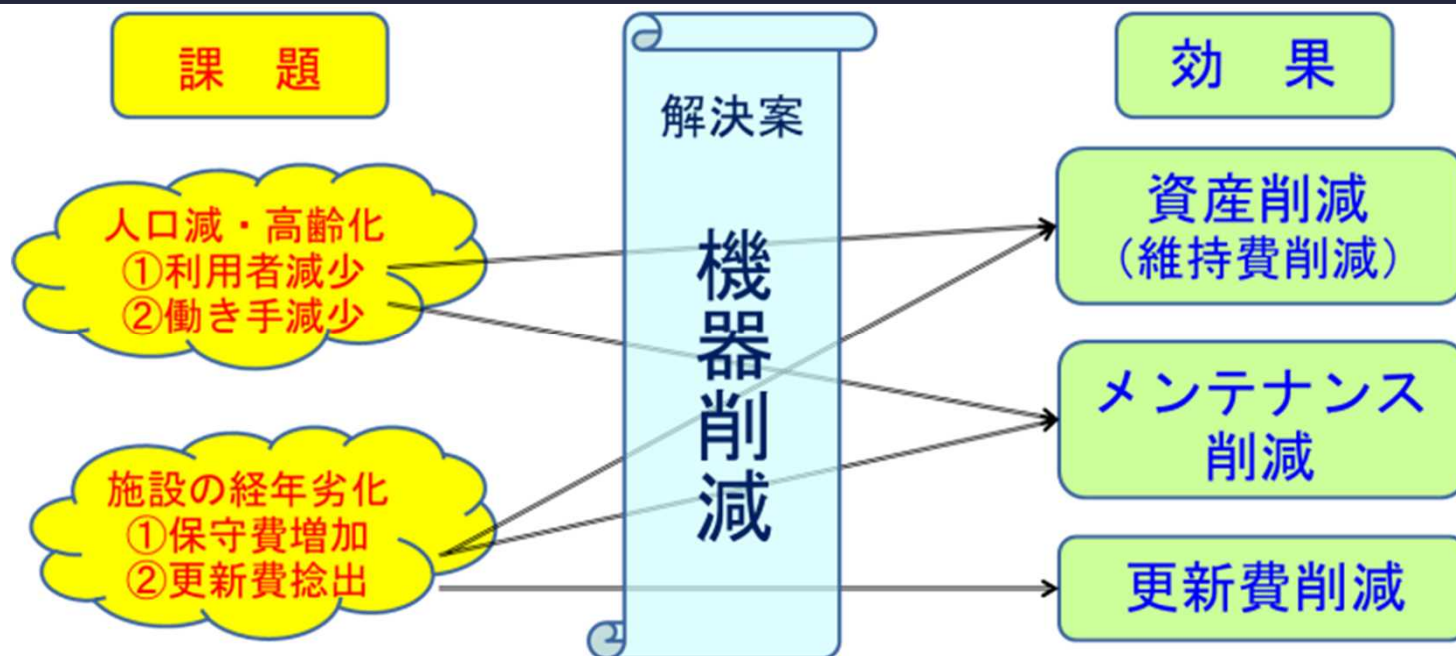


Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

フィールド機器を削減して故障を減らすことを考え、無線等を活用した地方鉄道向けの運転保安システムを開発し、効率化ならびに省力化を行うことで、永続的な地方鉄道の運営に寄与することができる。

## 機器削減 & ケーブルレスによる施設システム簡素化

- ✓ 無線伝送 + 車上位置検知技術の導入
- ✓ 機器削減・更新により維持費、メンテナンスコスト削減

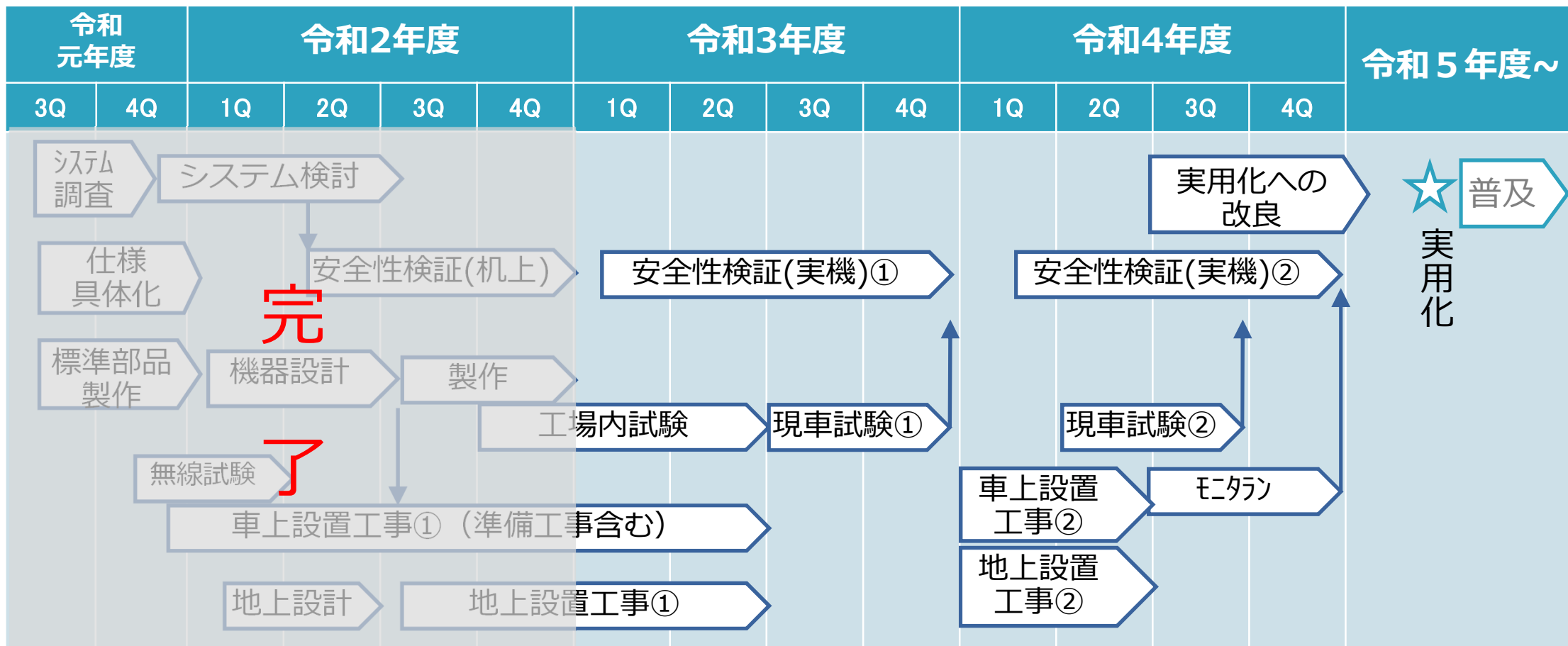


# 2. 開発工程



Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

- 令和元年度 : 現状システムの調査と仕様の具体化を行う。成果物はシステム概要書など
- 令和2年度 : 試験導入に向けたシステム検討・機器製作を行う。成果物はシステム機能仕様書など
- 令和3年度 : 3駅1編成での試験・安全性検証を行う。成果物は試験・検証報告書など
- 令和4年度 : 5駅2編成での試験・安全性検証を行う。成果物は試験・検証報告書など



まずは前回の技術評価検討会の振り返りを行い、令和2年度の進捗を報告する。





# 3. 前回の技術評価検討会



Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

令和2年9月に行われた「第2回 地方鉄道向け無線式列車制御システム技術評価検討会」で頂いたご意見として、以下のようなものがあった。

## ○コスト面

・イニシャルコストが重要になってくると思うが、コスト目標としてはどの程度を狙っているのか？

→事業者殿の設備状況やどの構成にするかにもよってイニシャルコストは変わりますが、都市部向けCBTC (SPARCS) の50%を目標としています。

## ○安全性

・このシステムの安全性の本質が何で、どう分類するのか、他のパターンがあるのかが検討できれば、地方鉄道事業者殿への導入も行いやすいのではないか？

→中央集約(理想案)と現地試験構成の差分を抽出することでどこに本質があるのか検討すれば、今回の伊豆箱根鉄道殿と異なる装置構成でも導入しやすいと考えています。



# 3. 前回の技術評価検討会



Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

## ○実証試験

・在線位置を無線にすることにより、列車検知の境界が曖昧になると思う。軌道回路と無線の場合の列車検知の精度の差を実証試験で確認して欲しい。

→安全性を担保するための在線位置のマーヅンがてっ査の制御やシステム全体の動作、運用・保守にどういふ影響を与えるか、実証試験で確認させていただきます。

・実証試験は専用無線で実施する構成になっているが、一部だけでも4Gを使用しで試験が出来たりしないか。

→機器の改造、工程、費用等を検討の上、再来年度に実施可能か確認させていただきます。

## ○運用面

・故障対応が少ないことも重要になるので、故障からの回復時間がどの程度になるか、精度は粗くても良いのでFMECAなどの手法を使つて検討して欲しい。

→車上装置故障時の対応が重要となりました。(後述)



# 4. 令和2年度の進捗



Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

## 4. 1 「システム検討」について

- ・「理想とするシステム構成」について(振り返り)

## 4. 2 「仕様の具体化」について

- ・伊豆箱根鉄道殿で行う「実証試験の構成」について

## 4. 3 「安全性評価」について

- ・基本的な考え方と安全性の確認(FTA、FMEA)について

## 4. 4 「安定性・取扱い」について

- ・安定性と取扱いの確認(FMECA、ETA)について

## 4. 5 「機器製作・工場内試験」について

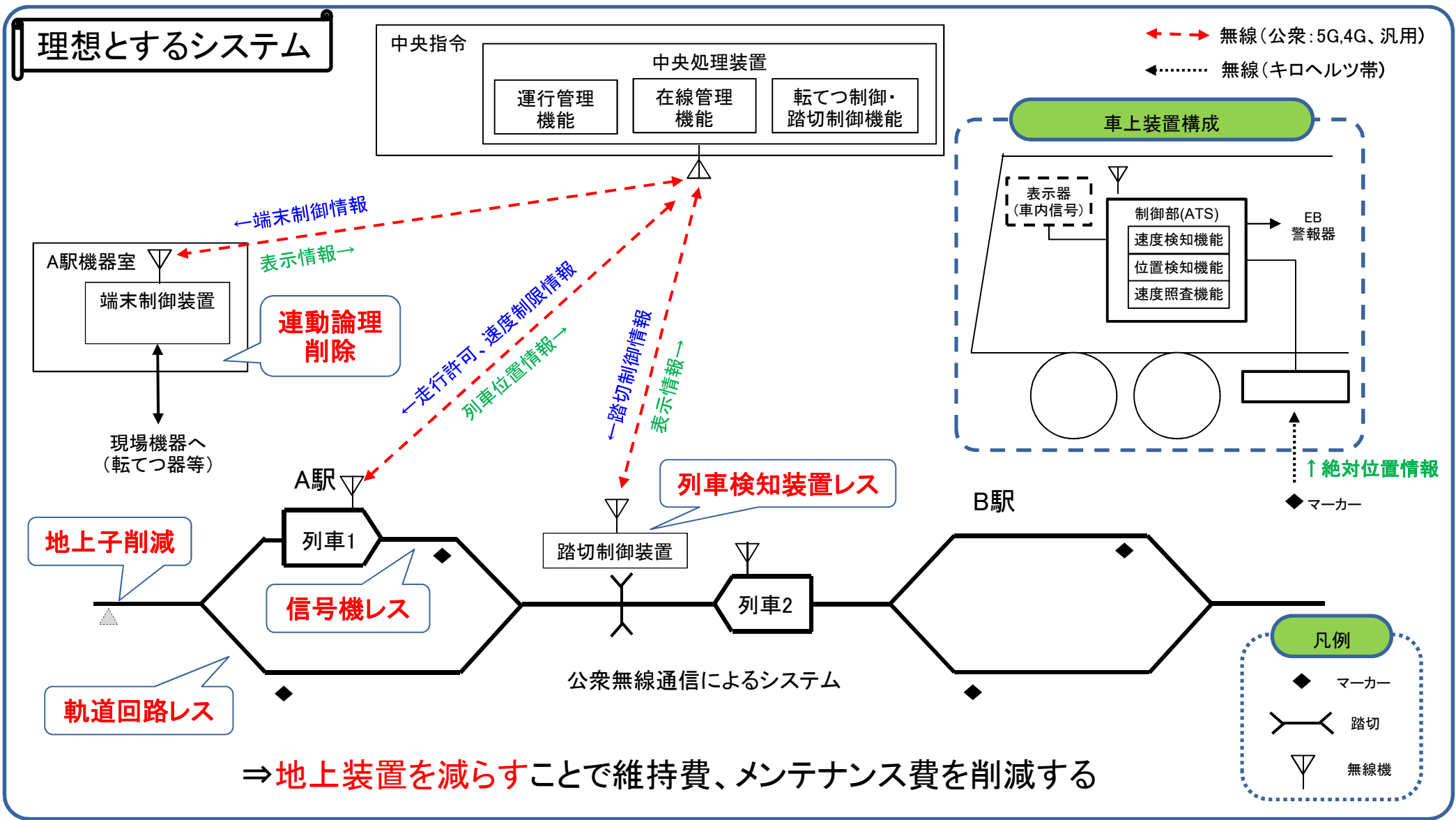
## 4. 6 「準備工事」について

- ・車上と地上の現地確認等の状況について



# 4. 1. システム検討

## 4. 1. 1. 理想とするシステム構成(概要)



# 4. 1. システム検討

## 4. 1. 2. 装置間通信①



Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

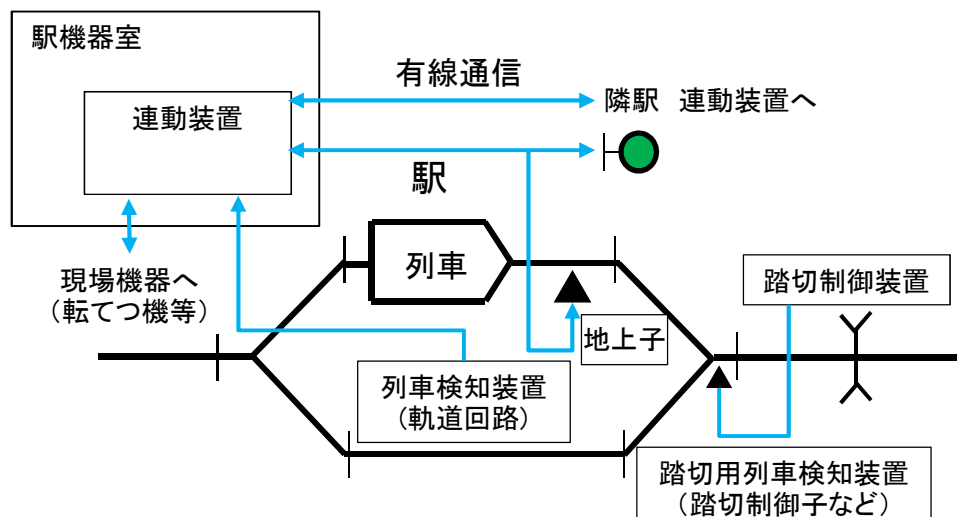
### 「5Gの鉄道活用に向けた検討」の報告書より

(一財)日本鉄道電気技術協会 2020年2月発行

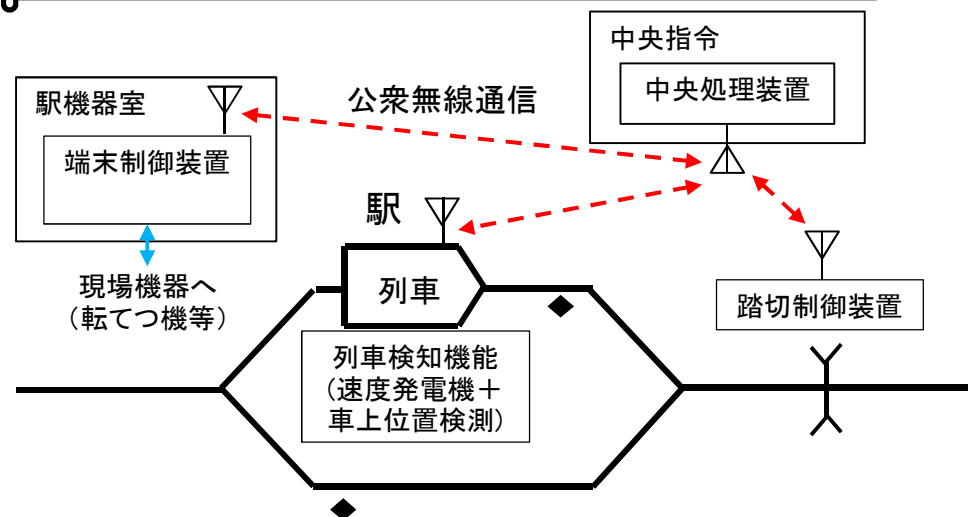
- 5Gのみならず、4G回線(但し線区の状態等による)を含めて、鉄道の保安通信用途や信号保安用途に公衆無線通信サービスを活用することに問題はない
- 線区の状態等を勘案し、鉄道事業者がシステム全体としての要求レベルを設定する必要がある

導入コストやメンテナンス等を考慮すると、装置間の通信を公衆無線通信とすることが理想と考える。  
 ⇒地方交通線の実状に合わせた要求レベル(通信品質、遅延時間等)の設定が必要となる。

#### 現行のシステムにおける装置間通信



#### 理想とするシステムにおける装置間通信



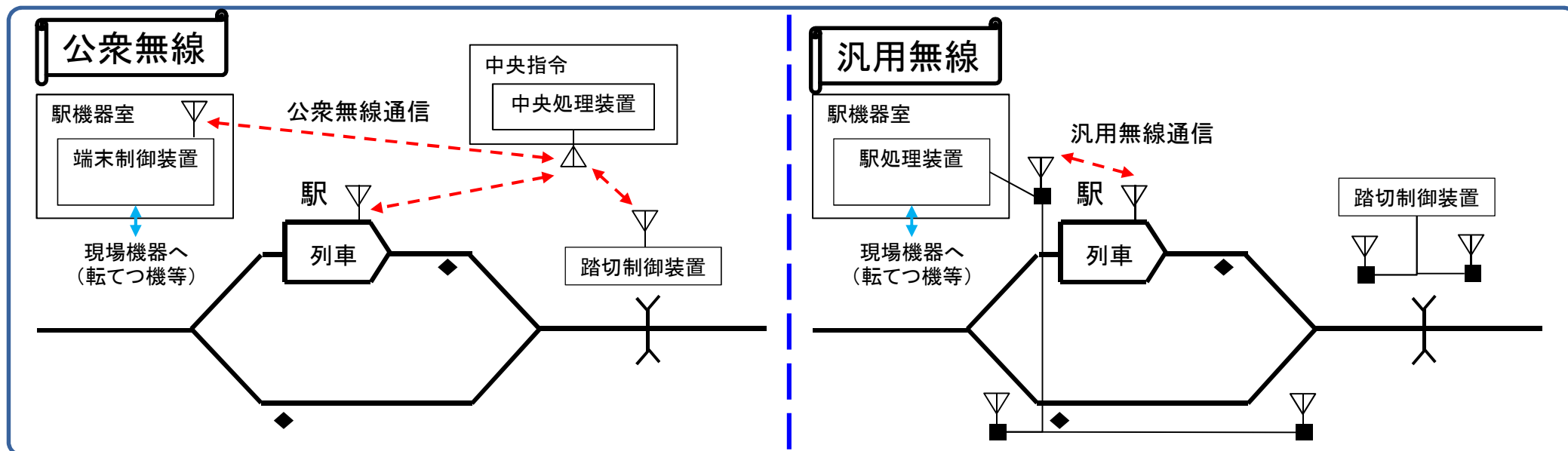
# 4. 1. システム検討

## 4. 1. 2. 装置間通信②



Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

項目	公衆無線	汎用無線
通信品質	○ 線区による	○ 同帯域を使用する機器が多い
遅延時間	○ ベストエフォート	◎ 専用のため上限を規定可能
セキュリティ (無線通信)	◎ VPNなどを使用すれば高い	◎ 専用の通信方式であれば高い
保守	◎ 通信会社が二次対応を行う	○ 事業者が二次対応の場合が多い
異常時の対応	○ 複数通信会社の切替等で対応	○ 事業者が機器交換等で対応可能

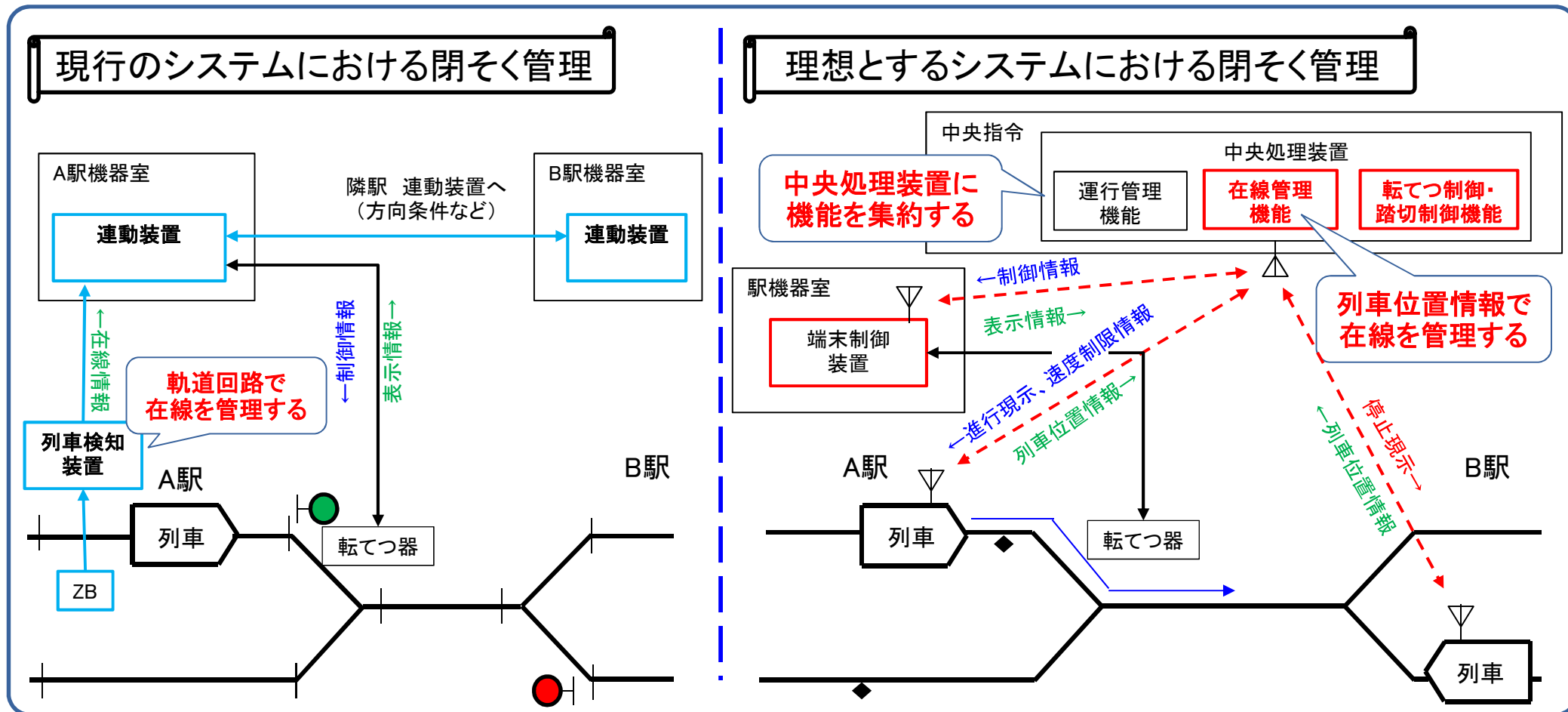


# 4. 1. システム検討

## 4. 1. 3. 閉そく管理・ルート設定



Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.



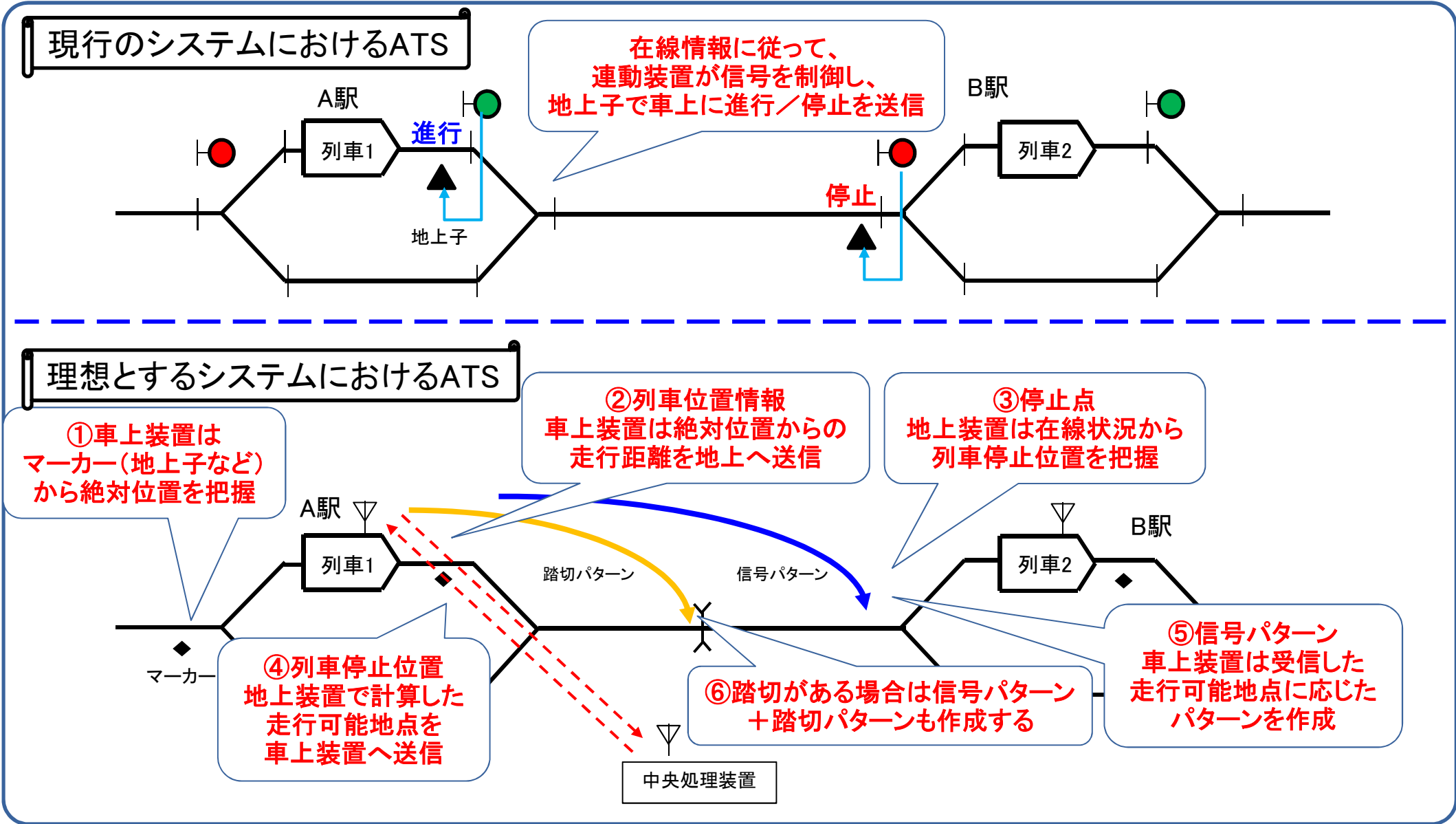
- ⇒ 連動論理の中央集約により、線区全体の一括ルート設定が可能
- ・ 駅間の閉そく管理を行うための方向条件の授受が不要になる
  - ・ 中央処理装置の1か所で線区全体のルート設定・管理が可能
- 運転要員に対するコスト削減が可能となる。





# 4. 1. システム検討

## 4. 1. 4. ATS機能





## 4. 2. 仕様の具体化

### 4. 2. 1. システム構成の比較(概要)



理想とするシステム構成の検討を行ったが、実際のシステムの導入にあたっては、**現在使用中の設備、技術の普及状況、事業者の体制**等に応じ、様々な制約が考えられる。  
本開発の終了時に**実用化レベル**に到達でき、そこから**段階的に理想とするシステムに近づけられる**よう、伊豆箱根鉄道殿で行う実証試験の構成を、以下の観点で深度化した。

- 開発終了時点で実用化レベル到達を目指す
- 現行設備をできる限り活用する
- 運用を大きく変えない
- 一部を置き換えて理想とするシステムに近づけられる



## 4. 2. 仕様の具体化

### 4. 2. 1. システム構成の比較(概要)



Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

理想とするシステム構成の検討を行ったが、令和3年度までに実証試験を行う必要がある。  
令和元年度に検討した実証試験を行う構成を伊豆箱根鉄道殿向けで深度化した。

機能	現行のシステム	理想とするシステム	実証試験の構成
列車検知	軌道回路	公衆無線等	無線(2.4GHz帯)
信号現示	信号制御ユニット + 信号灯器	+ 中央処理装置 (運管・在線・転てつ制御) + 地上子(デジタル)	+ 駅処理装置 + 連動装置(各駅分散:既設) + 地上子(デジタル)
		公衆無線等 + 車上装置	無線(2.4GHz帯) + 車上装置
ATS	地上子+ATS車上装置	公衆無線等 + 中央処理装置 (運管・在線・転てつ制御) + 端末制御装置	有線+PRC+自動進路制御 + 駅処理装置 + 連動装置(各駅分散:既設)
踏切制御	有線 + 踏切装置	公衆無線等または有線 + 踏切装置	無線(2.4GHz帯) + 踏切装置【一部踏切で検証】
機器保全 (※1)	現場巡回、検査が必要	保全レス(軌道回路、信号機) 遠隔監視モニタ、車上検測化	保全レス(軌道回路) 遠隔監視モニタ、車上検測化

※1 無線機や地上子などの信号設備を対象とする

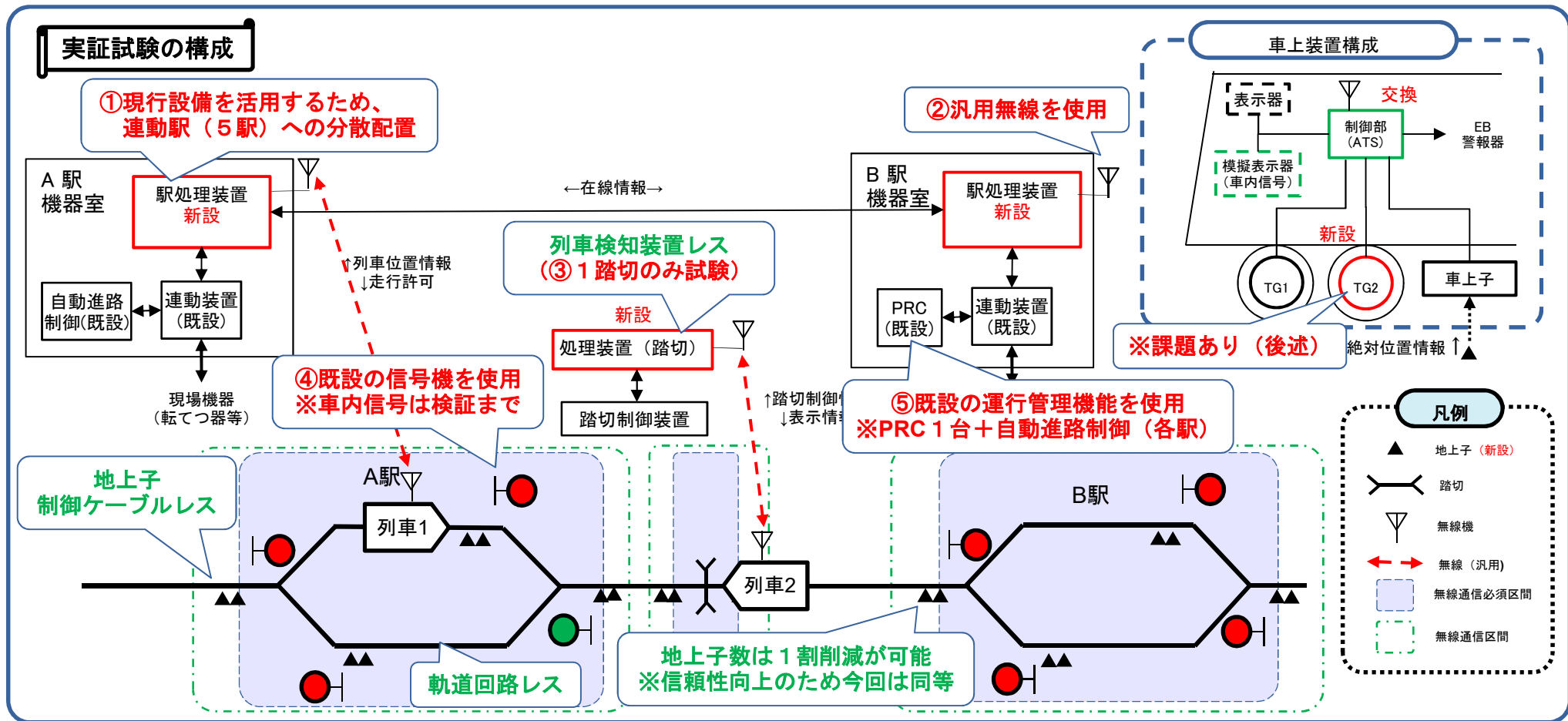


# 4. 2. 仕様の具体化

## 4. 2. 2. 実証試験の構成



Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.



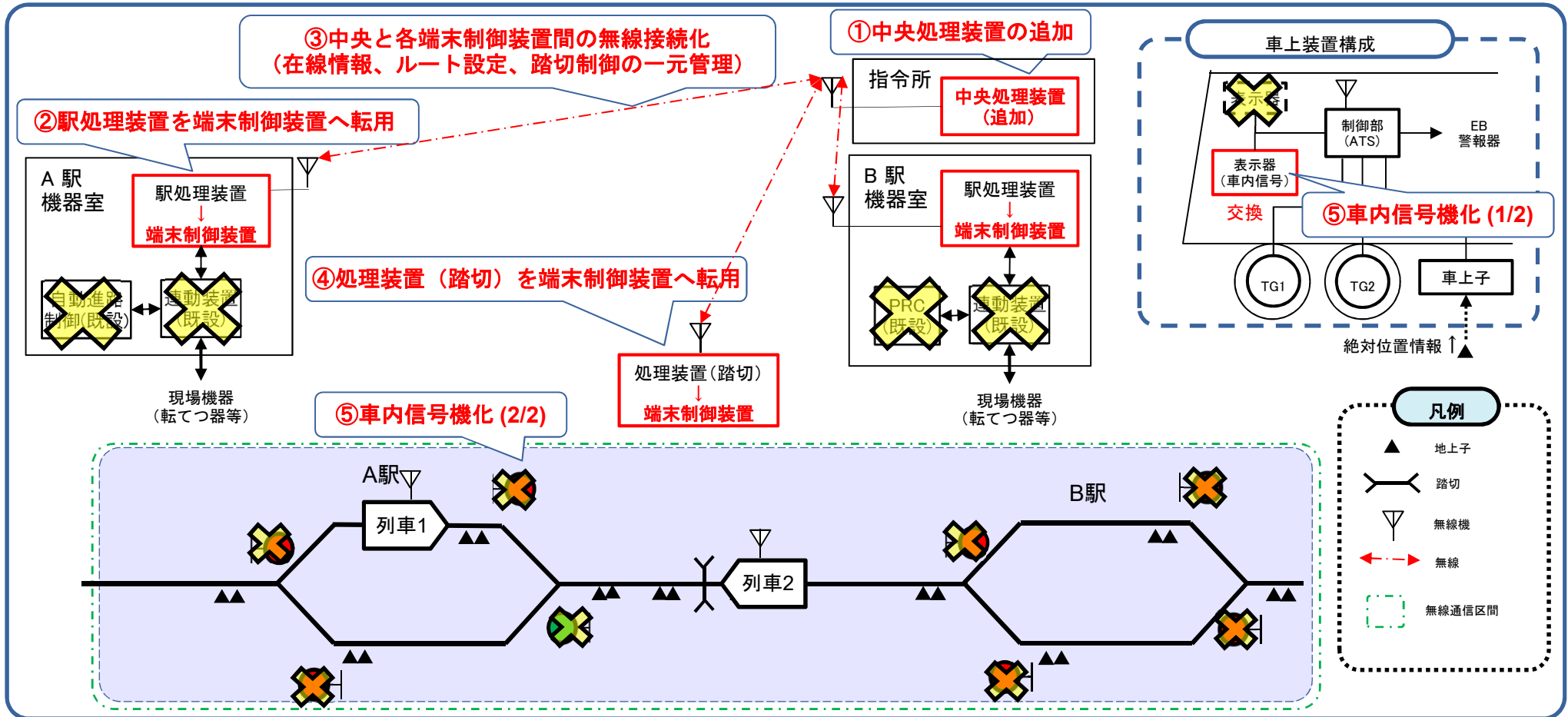
駅処理装置の機能は中央集約した場合の「在線管理」と同じで、規模が違うだけであり、基本的な在線管理の考え方は、そのまま踏襲可能である。



# 4. 2. 仕様の具体化

## 4. 2. 3. システムのアップグレード

Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.



駅間通信を無線に変更し、機器を増設し機能追加した駅処理装置を中央処理装置に、他駅の駅処理装置を端末制御装置へ転用することで、踏切も含め、1駅での集中制御が可能になる。また、車内信号機化することで、沿線の信号機の撤去が可能になる。



# 4. 3. 安全性検証

## 4. 3. 1. 基本的な考え方



理想とするシステムにおいて、安全に対する基本的な考え方を整理した。

### ①ルート設定

- ・従来の進路構成の考え方を踏襲（鎖錠、列車による占有）

### ②ATS

- ・従来のパターン式ATSの考え方を踏襲

### ③無線通信

- ・システム全体で7つの脅威対策(IEC62280)を考慮すること
- ・遅延を加味した制御を行うこと

### ④在線管理

- ・システム外/隣駅からの進入時に列車を把握する

### ⑤列車位置検知

⇒今回のシステムで新たな考え方が必要だった部分。次頁以降で説明



# 4. 3. 安全性検証

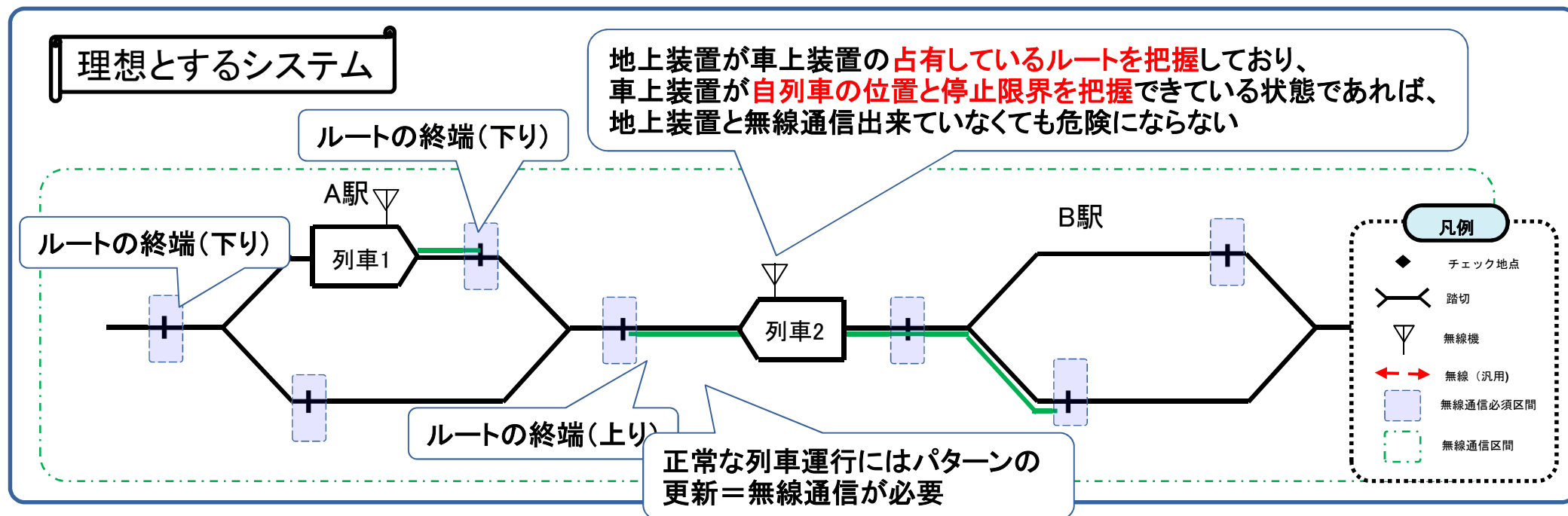
## 4. 3. 2. 列車位置検知①



Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

列車位置検知に対する基本的な考え方を整理した。

まず、無線通信区間を「通信必須区間」「通信区間」「通信不要区間」に分けて、ルート上の終端や踏切近傍など安全に関わる情報を地車間でやり取りしないと進行できない箇所である「通信必須区間」について、地車間の連続通信を必須とする区間として安全性について検証した。



この考え方により、安全性を確保するための無線通信が必須な区間を最小限にすることが可能になるため、無線通信機器の配置や通信強度を安定性とコストを考慮して、ある程度自由に設計することができる。(※分割すればするほどチェック地点(後述)が増える)





# 4. 3. 安全性検証

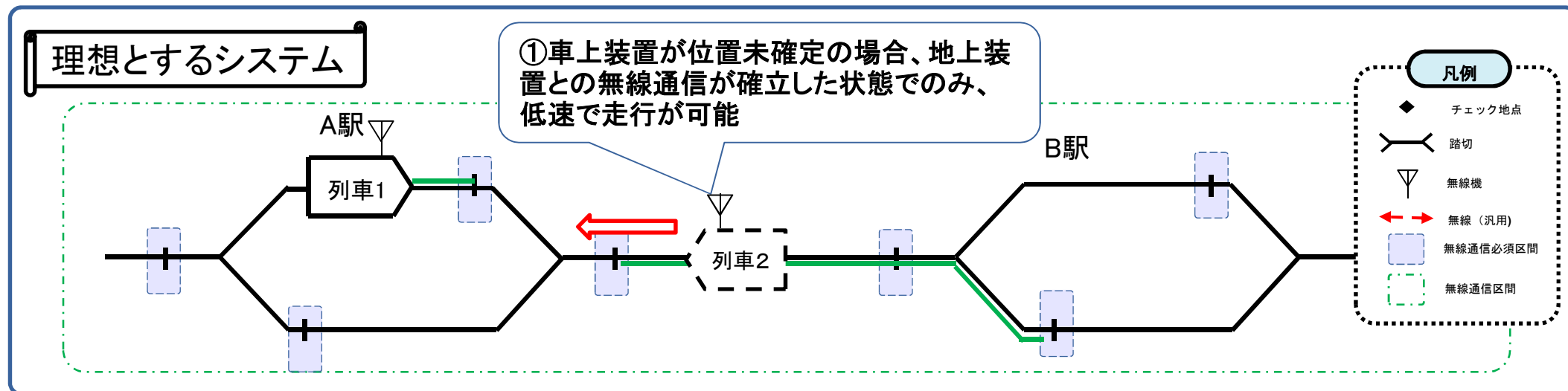
## 4. 3. 2. 列車位置検知②



Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

以下に、机上の検証により発見した危険事象(一例)とその対策を説明する。

- 故障等により、運行途中で車上装置を再起動すると位置未確定となる
- その状態で通常の運転を行うと安全を確保できない



### 【対策1】

まず、地上装置がこの列車を認識していることを確認するため、位置未確定の場合は無線通信必須とし、「①車上装置が位置未確定の場合、地上装置との無線通信が確立した状態でのみ、低速で走行が可能」とした。

これにより、基本的に地上側で列車の存在が確認できない状態では列車は走行できない。但し、無線通信区間外で車上装置を再起動した場合は、列車を無線通信区間まで移動させないと復旧できないので、指令に連絡の上、非常運転モード(低速)で走行可能とする。



# 4. 3. 安全性検証

## 4. 3. 2. 列車位置検知③



Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

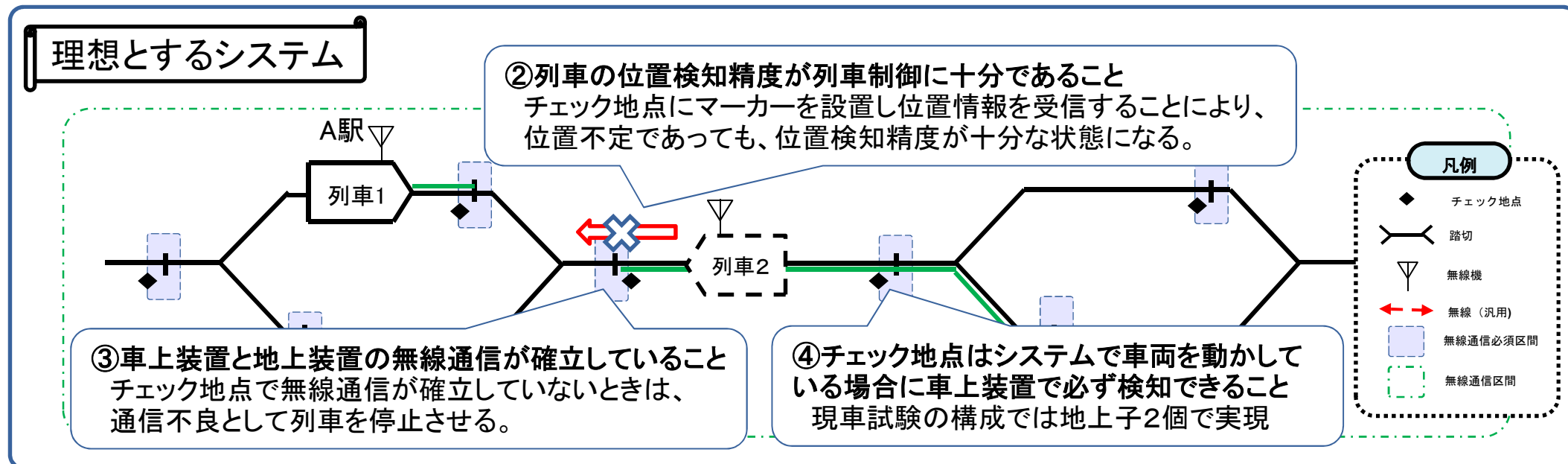
### 【対策2】

次に、位置未確定の列車が位置未確定のまま、意図せず安全を確保したルート of 終端を越えないように、ルート of 終端の手前、無線通信必須区間の入り口にチェック地点を設け、以下の条件を満足しない場合は車上装置が列車を停止させることとした。

- ②列車の位置検知精度が列車制御に十分であること
- ③車上装置と地上装置の無線通信が確立していること

また、このチェック地点には以下の機能が必要となる。

- ④チェック地点はシステムで車両を動かしている場合に車上装置で必ず検知できること





# 4. 3. 安全性検証

## 4. 3. 2. 列車位置検知④

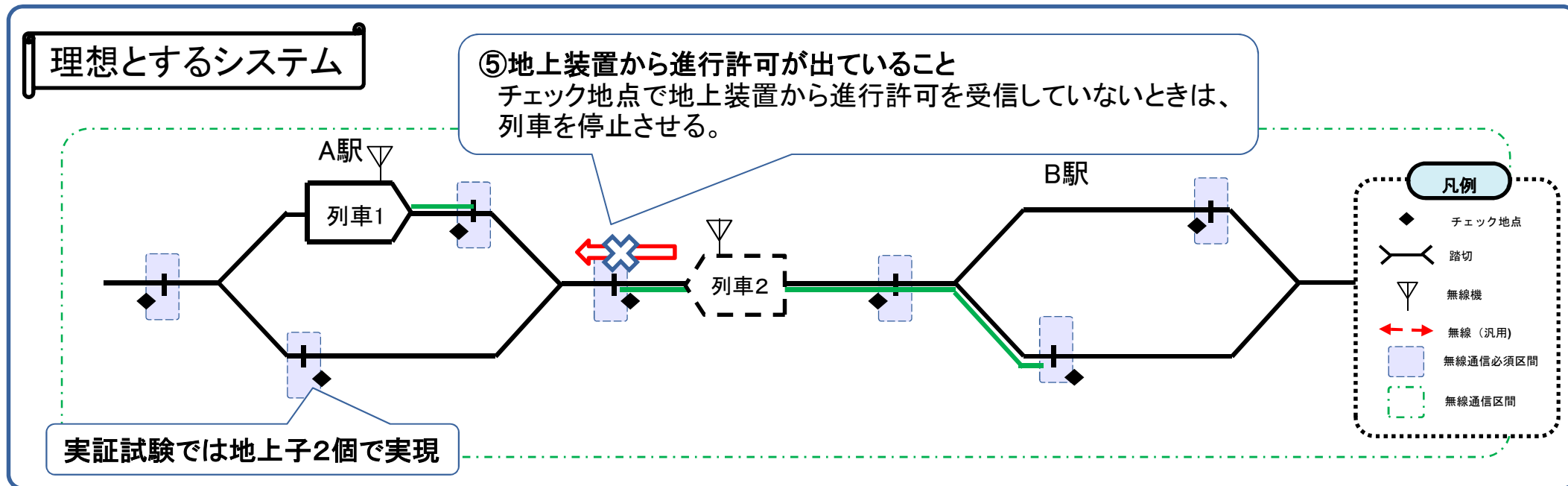


Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

### 【対策3】

最後に、地上装置から進行許可が出ていない状態で安全を確保したルート of 終端を越えないように、チェック地点で以下の条件を満足しない場合は車上装置が列車を停止させることとした。

#### ⑤地上装置から進行許可が出ていること



### 【対策まとめ】

対策①～⑤を実施することで、駅中間などで車上装置を再起動して位置未確定状態になったとしても、意図せず安全を確保したルート of 終端を越えないことを保証できた。



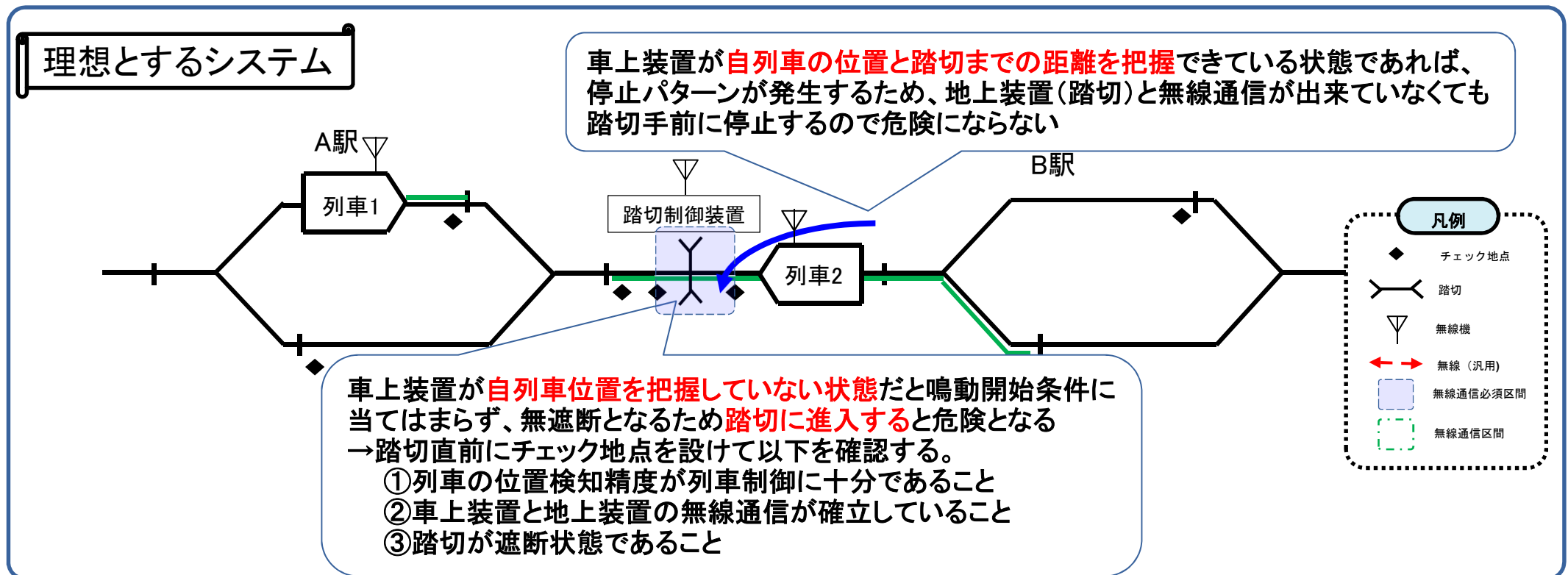
## 4. 3. 安全性検証

### 4. 3. 3. 列車位置検知(踏切)



同様に、再起動などにより位置未確定となった列車が意図せず踏切に進入しないように、踏切付近を無線通信必須区間としてチェック地点を設け、以下を確認する。

- ①列車の位置検知精度が列車制御に十分であること
- ②車上装置と地上装置の無線通信が確立していること
- ③踏切が遮断状態であること



## 4. 3. 安全性検証

### 4. 3. 4. 実証試験の構成における安全性

Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

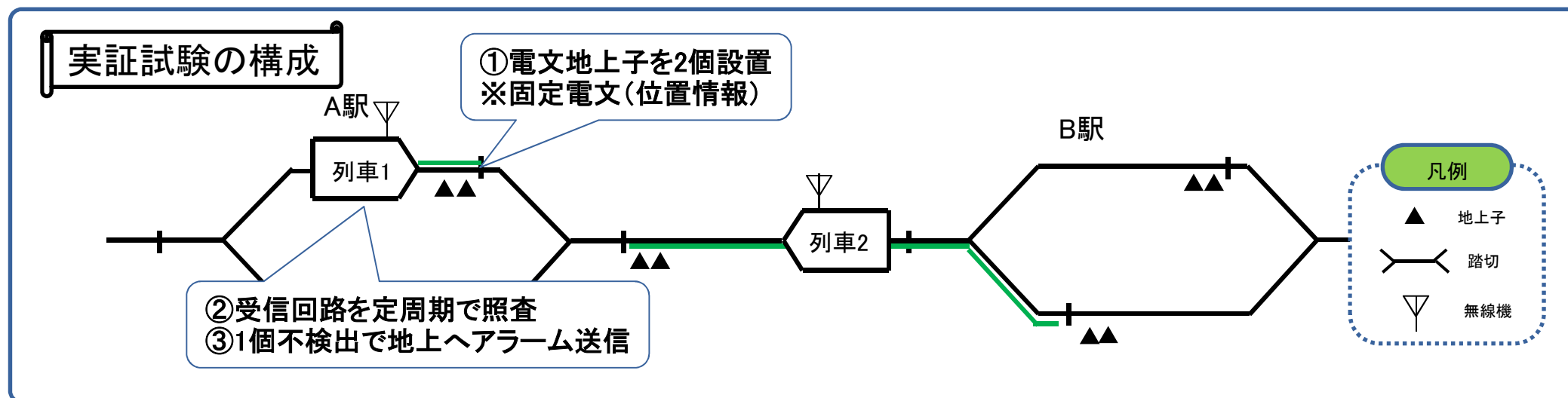
安全であることを保障するためにシステムの構成の具体化を行った。

【要件(例)】車上装置がチェック地点を必ず検出できること

以下の方法により実現し、FMEAにて安全であることを確認した。

実証試験において、チェック地点としての機能を検証する。

- ①チェック地点には電文地上子を2個セットで配置する
- ②車上装置は電文受信回路が正常であることを定周期の照査により保証する
- ③車上装置は2個セットの地上子を1個しか検出しなかった場合、無線を通じて地上装置にアラームをあげ、確認・保守を実施



# 4. 3. 安全性検証

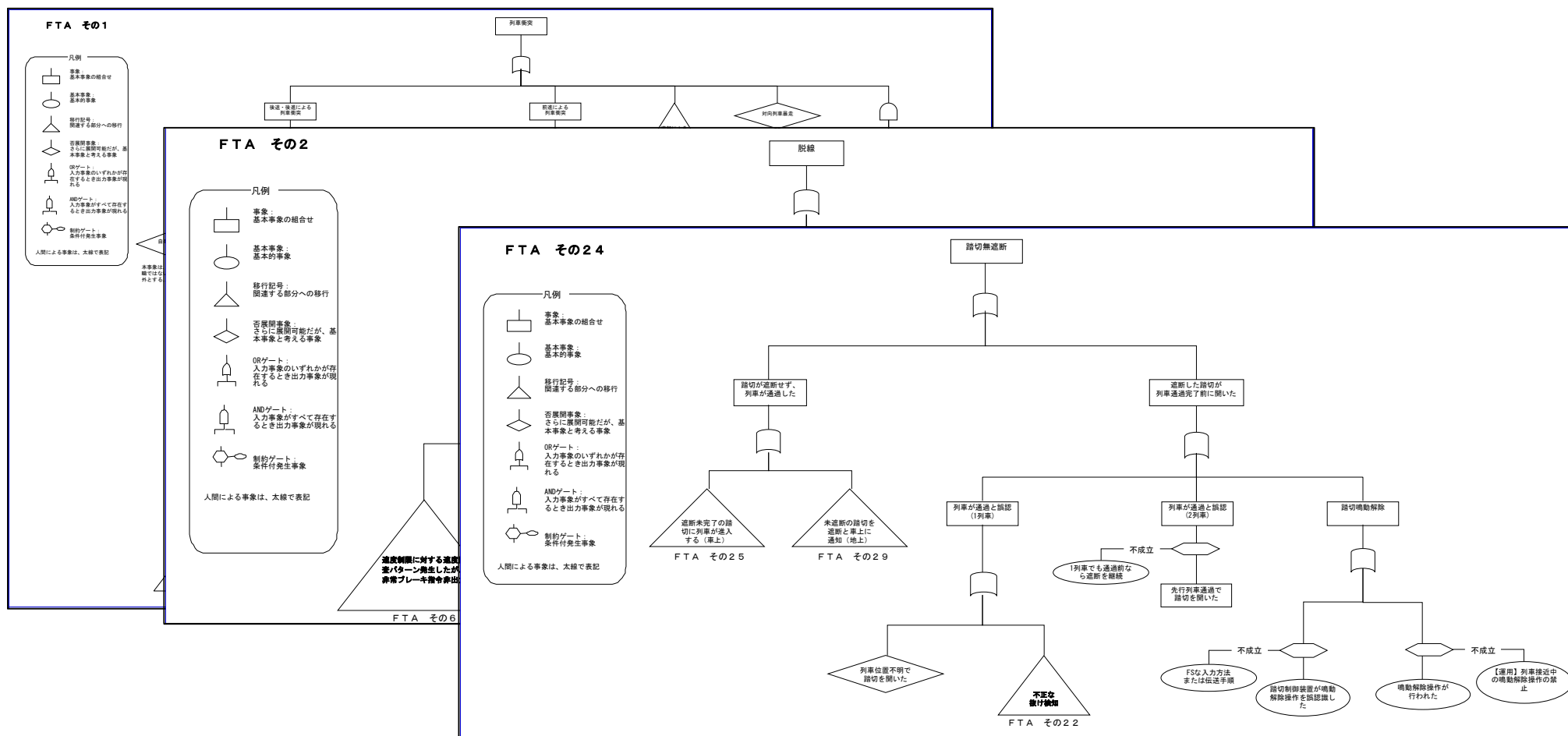
## 4. 3. 5. 安全性の確認(FTA①)



Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

実証試験で具体化した仕様に対してFTAを行い、以下のトップ事象に対する「故障」or「障害要因」を抽出し、その全てに有効な対策(制約ゲート)があることを確認した。

- ①列車衝突、②脱線、③踏切無遮断







# 4. 3. 安全性検証

## 4. 3. 6. 安全性の確認 (FMEA)



実証試験で具体化した仕様に対してFMEAを行い、各機能において故障が発生した際に、システムの動作がハザードレベルⅢ以下であり、安全性を確保するものであることを確認した。  
 ※ハザードレベル Ⅰ：影響なし Ⅱ：一部機能使用不可 Ⅲ：装置全体の停止 Ⅳ：錯誤動作(危険事象)

### FMEA抜粋

番号	機能ブロック	対象	故障モード	発生タイミング	影響機能		知得方	ハザードレベル	対策		
					機能	発生する事象			システム	運転取扱い	保守
1-1	在線管理	サバ機能ブロック 在線範囲盲出	在線範囲の誤発生 (不要な発生)	・常時	在線管理	閉そくの誤設定による運行阻害	運行阻害により、乗務員より連絡	Ⅲ			
1-2			在線範囲の誤発生 (発生しない)	・列車が線路ブロックを渡る時 ・システム外⇒システム内への進入時 ・地上装置の再起動時	在線管理	閉そくの誤解除による衝突 閉そくの誤解除による脱線	FS-CPUを使用してA/B系の不一致により検出する。検出時は装置故障とすることで、担当範囲を全在線とし、車上装置は通信異常により非常B動作となる。	Ⅲ			
1-3			在線範囲の誤発生 (発生範囲のミス)	・列車が線路ブロックを渡る時 ・システム外⇒システム内への進入時 ・地上装置の再起動時	在線管理	閉そくの誤解除による衝突 閉そくの誤解除による脱線	FS-CPUを使用してA/B系の不一致により検出する。検出時は装置故障とすることで、担当範囲を全在線とし、車上装置は通信異常により非常B動作となる。	Ⅲ			
1-4			在線範囲の誤消去 (不要な消去)	・常時	在線管理	閉そくの誤解除による衝突 閉そくの誤解除による脱線	FS-CPUを使用してA/B系の不一致により検出する。検出時は装置故障とすることで、担当範囲を全在線とし、車上装置は通信異常により非常B動作となる。	Ⅲ			
1-5			在線範囲の誤消去 (消去しない)	・列車が線路ブロックを抜ける時 ・システム内⇒システム外への進出時	在線管理	閉そくの誤設定による運行阻害	運行阻害により、乗務員より連絡	Ⅲ			
1-6			在線範囲の誤消去 (消去範囲のミス)	・列車が線路ブロックを抜ける時 ・システム内⇒システム外への進出時	在線管理	閉そくの誤解除による衝突 閉そくの誤解除による脱線	FS-CPUを使用してA/B系の不一致により検出する。検出時は装置故障とすることで、担当範囲を全在線とし、車上装置は通信異常により非常B動作となる。	Ⅲ			
1-7			在線範囲の誤保持 (不要な在線範囲変更)	・常時	在線管理	閉そくの誤解除による衝突 閉そくの誤解除による脱線	FS-CPUを使用してA/B系の不一致により検出する。検出時は装置故障とすることで、担当範囲を全在線とし、車上装置は通信異常により非常B動作となる。	Ⅲ			
1-8		在線管理(谷駅)	駅間在線情報の誤発生 (不要な発生)	・常時	在線管理	不要な在線による運行阻害	運行阻害により、乗務員より連絡	Ⅲ			
1-9			駅間在線情報の誤発生 (発生しない)	・列車が駅間の線路ブロックを渡る時	在線管理	在線設定ミスによる衝突	隣駅の駅処理装置とは常時伝送を行い、アンサによる確認とCRCなどによる誤り検知を実施する。伝送異常発生時は隣接する線路ブロックを在線とする。	Ⅲ			
1-10			駅間在線情報の誤発生 (発生内容のミス)	・列車が駅間の線路ブロックを渡る時	在線管理	在線設定ミスによる衝突	隣駅の駅処理装置とは常時伝送を行い、アンサによる確認とCRCなどによる誤り検知を実施する。伝送異常発生時は隣接する線路ブロックを在線とする。	Ⅲ			
1-11			駅間在線情報の誤消去 (不要な消去)	・常時	在線管理	在線状態の消去による衝突	隣駅の駅処理装置とは常時伝送を行い、アンサによる確認とCRCなどによる誤り検知を実施する。伝送異常発生時は隣接する線路ブロックを在線と	Ⅲ			



## 4. 3. 安全性検証

### 4. 3. 7. 安全性評価



安全性評価済みの既存システムとの差分として、①安全性の考え方（差分によるリスクとその対策）②FTA ③FMEAの内容を整理したことで、「伊豆箱根鉄道向け無線列車制御システム」において鉄道総合技術研究所殿より、システムの安全性に対する考え方については問題ないとの評価を頂くことができた。

ただし、施工標準や運用マニュアルの整備が必要であるとの指摘も頂いた。

#### 鉄道総合技術研究所殿報告書 概要(抜粋)

安全を確保する考え方が示されており、特に問題ないと考えられる。  
ただし、本システムにおいては地上子の設置位置が安全性の担保に直結しているため、安全を担保するために必要な余裕距離の設定を考慮した施工標準などを定めることが望ましい。また、機関車を用いて車上装置の電源が投入されていない車両の入換を実施する際に、人間系による確認が必要となる箇所があり、鉄道事業者にてマニュアルを定めて安全に運用できる仕組みを定める必要がある。



## 4. 3. 安全性検証

### 4. 3. 8. 別の実現構成での安全性評価



Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

理想とするシステムなど、別の実現構成でも今回実施した安全性評価の結果を活用できるように、「伊豆箱根鉄道向け」での評価内容を一般化し、資料として整理する。

来年度、この資料を元に線区によらない共通部分の安全性評価を受ける予定である。

#### 共通部分のリスク分析(抜粋)

No.	リスク	危険事象	要件
1-1	列車の位置情報で列車位置が一意に定まらない	列車の在線箇所誤認による衝突	地車間でやり取りする列車の位置情報から列車位置が一意に定まること
1-2	地上装置が受信した列車位置情報がどの列車の情報かわからない	列車の在線箇所誤認による衝突	列車は固有の列車IDを持ち、地車間でやり取りする情報には列車IDをつけること
1-3	地上装置が認識する列車の先頭位置を実際の列車先頭位置より後方に誤認	列車が支障地点に進入してしまう	地上装置が認識する列車の先頭位置が実際の列車先頭位置より前方になること
1-4	地上装置が認識する列車の終端位置を実際の列車先頭位置より前方に誤認	列車が支障地点を抜けたと誤認してしまう	地上装置が認識する列車の終端位置が実際の列車先頭位置より後方になること
1-5	無線通信必須区間において、車上制御装置の位置精度が列車制御に十分でない	列車が支障地点に進入してしまう	無線通信必須区間に入る箇所で車上制御装置の位置精度が列車制御に十分であるかチェックすること  不十分な場合、安全側の制御を行うこと



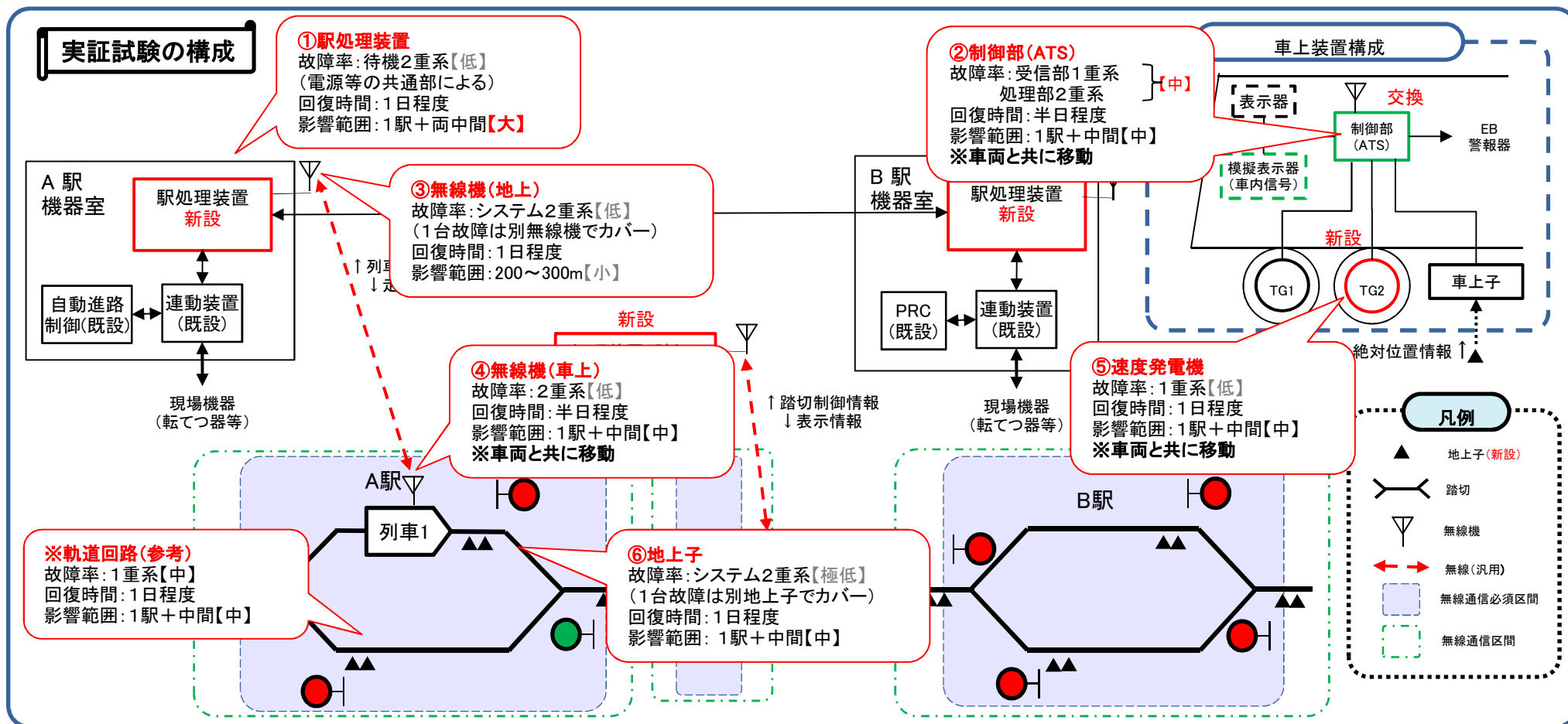


# 4. 4. 安定性・取扱い

## 4. 4. 1. 安定性の確認 (FMECA)



実証試験の構成に対して故障率、回復時間、影響範囲を確認した。



故障率は1重系部分の多い車上制御部(ATS)が一番大きかった。

車上制御部以外の回復時間は1日程度かかると想定するが、2重系が基本のため、直ちに運行に影響を与えるものではない。



# 4. 4. 安定性・取扱い

## 4. 4. 2. 取扱いの確認(ETA①)



Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

FTA、FMEAで抽出したリスクに対する安全対策のうち、人の扱いで防護する内容について、想定外の取扱いで危険事象に繋がるおそれがないかETAを作成して分析し、対策をまとめた。

### ETA抜粋

起回事象	イベント1	イベント2	イベント3	判定	対策
	車両の移動	閉そくを	転てつ器を		
車上装置故障	不要	→	→	地上装置が停止限界までの範囲を在線状態にしているため	
車上無線機故障	必要	越えない	→	地上装置が停止限界までの範囲を在線状態にしているため	
		越える	越えない	地上装置が認識しない列車在線による衝突が発生する可能性がある	車上装置が故障した状態で列車を走行させ、閉そくを越える場合、先に進入先を手動で在線状態にして、他の列車が進入しないよう、運転取扱いを定めること。
			越える	地上装置が認識しない列車移動による脱線が発生する可能性がある	車上装置が故障した状態で列車を走行させ、転てつ器を越える場合、鎖錠されるよう運転取扱いを定めること。

起回事象	イベント1	イベント2	イベント3	判定	対策
	車両の移動	閉そくを	転てつ器を		
地上装置故障	不要	→	→	地上装置の担当範囲が在線状態になるため問題ない	
	必要	越えない	→	地上装置の担当範囲が在線状態になるため問題ない	
		越える	越えない	地上装置が認識しない列車在線による衝突が発生する可能性がある	地上装置が故障した状態で列車を走行させ、閉そくを越える場合、先に進入先を手動で在線状態にして、他の列車が進入しないよう、運転取扱いを定めること。
			越える	地上装置が認識しない列車移動による脱線が発生する可能性がある	地上装置が故障した状態で列車を走行させ、転てつ器を越える場合、鎖錠されるよう運転取扱いを定めること。

ETAによってまとめた対策を整理すると主に以下に集約される。

- ①異常時に閉そくを越えて列車を走行させる場合の運転取扱い
  - ②線路ブロックの在線状態を手動で解除する場合の確認方法、手順
- ※地上装置の起動時など



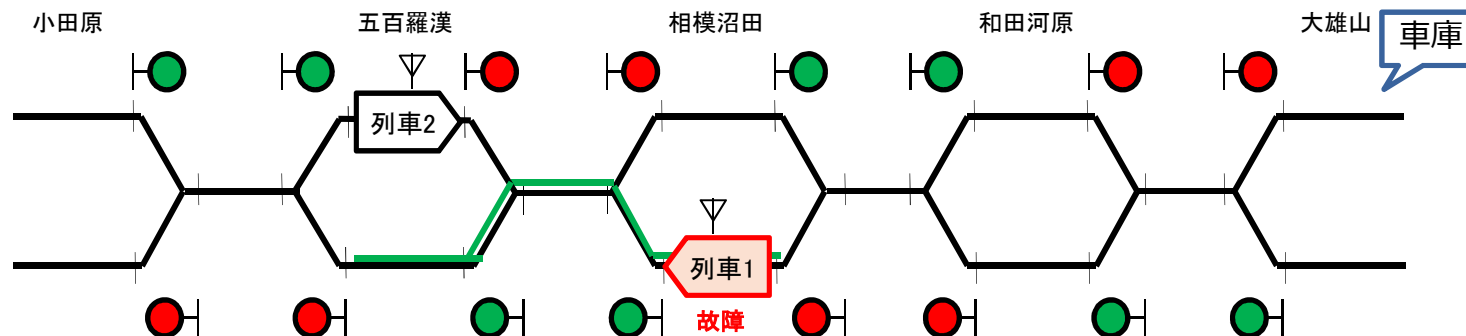
# 4. 4. 安定性・取扱い

## 4. 4. 2. 取扱いの確認(ETA②)



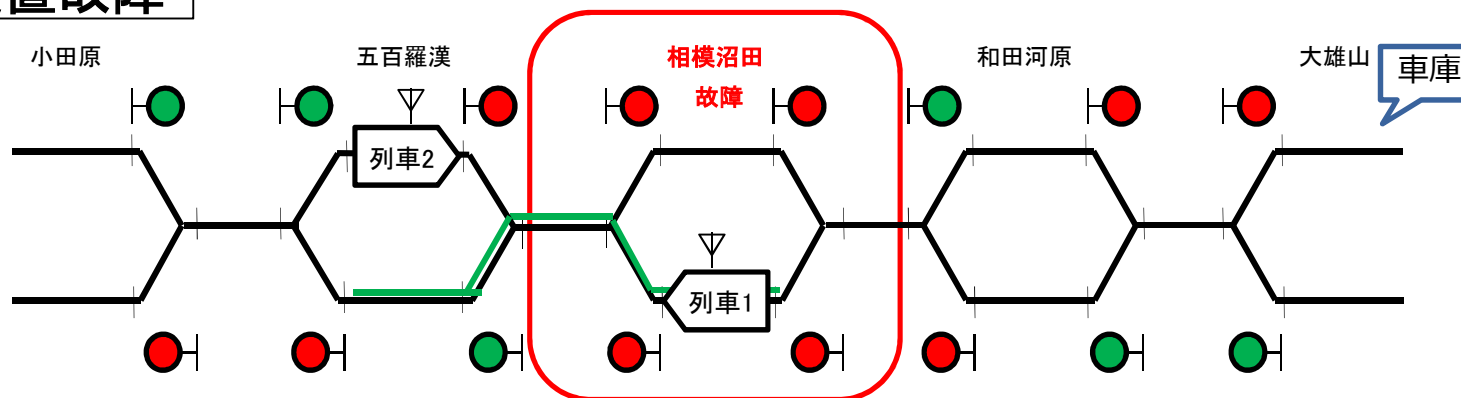
次の2つの事象は運行に与える影響が大きく、事業者との協議が必要と考える。

### ①車上装置故障



- 故障した地点から車庫まで**進入禁止の範囲を設定/解除しながら**、どう車両を動かすか？  
⇒従来のATS故障＋列車検知装置故障相当

### ②地上装置故障



- 故障した駅＋両中間で車両をどう動かすか？



## 4. 5. 機器製作・工場内試験



Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

車上制御装置、地上装置を製作し、来年度のシステム試験に向けて工場内試験(単体試験)を開始した。

車上制御装置



地上装置(論理部)





# 4. 5. 準備工事(車上)について①



Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

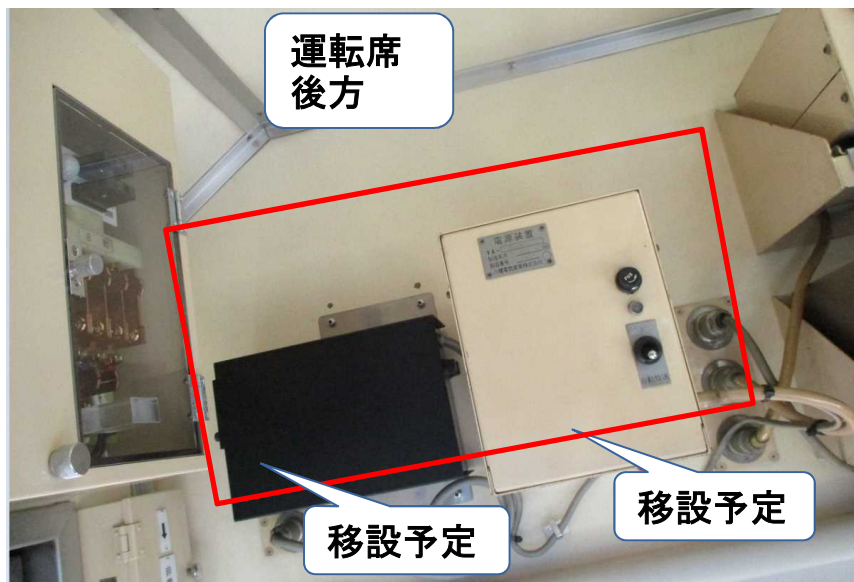
車上制御装置、無線機、アンテナの設置位置の調査・設計を実施した。

- ①車上の制御部は現在のATS受信器の置き換え
- ②無線機(2重系)は運転席後方の機器を移設して設置
- ③アンテナ(2重系)は屋根上へ設置

## ①制御部設置予定箇所



## ②無線機設置予定箇所



## ③アンテナ設置予定箇所



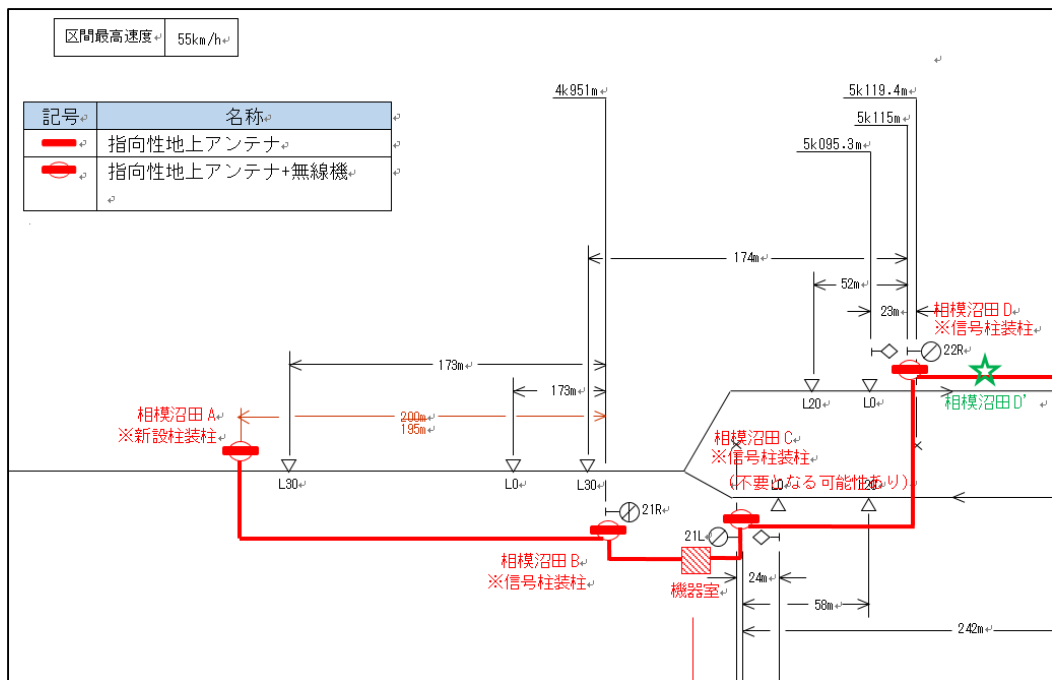
# 4. 5. 準備工事(地上)について①



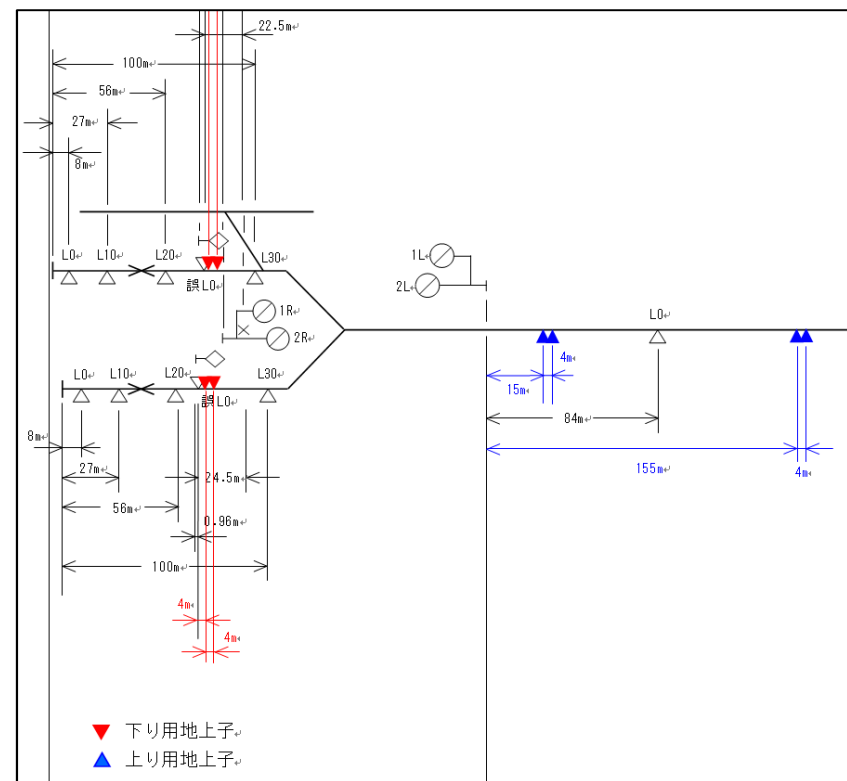
Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

伊豆箱根鉄道 大雄山線にて、システムを実現するための機器構成、配置を検討し、無線機や地上子の設置位置の調査、準備工事を実施した。

## 地上無線機 設置予定箇所



## 地上子 設置予定箇所



## 4. 5. 準備工事(地上)について②

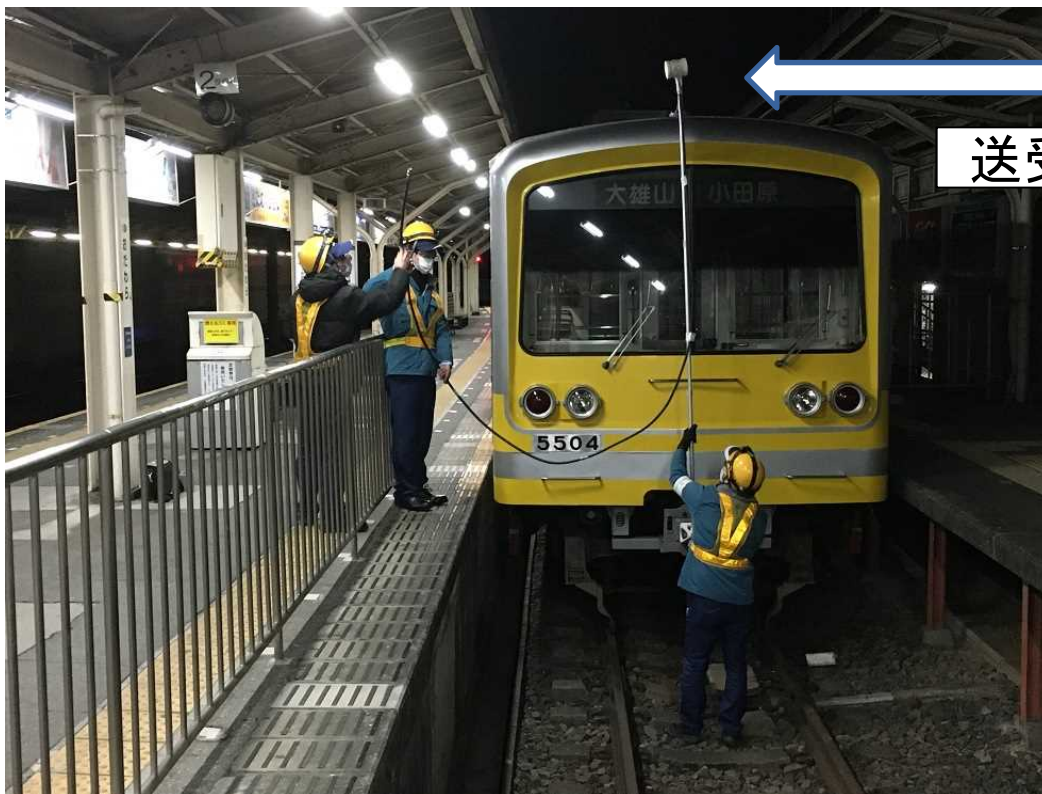


Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

地上無線機のアンテナ設置予定位置～車上無線機のアンテナ設置予定位置（抜粋）間で通信レベルを確認し、測定した全ての箇所において社内基準値を満足していることを確認できた。

アンテナ設置予定位置(車上模擬)

アンテナ設置予定位置(地上)



送受信レベルを測定





## 4. 5. 準備工事(地上)について③



Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

地上子設置予定位置を現地調査した結果、設置するには不適な箇所が見つかった。  
(計10箇所)

- ①地上子取付金具と脱線防止用のガードレールが干渉する可能性のある箇所
- ②レール継目が地上子設置予定位置の近傍にある箇所
- ③設置予定位置に地上子取付に適した枕木がない箇所 (レールが低い : 37kgレール)



来期の現車試験に向けて、これらの箇所での取付方法や別の位置への移設などの検討を実施していく。





# 4. 5. 現車試験に向けての課題

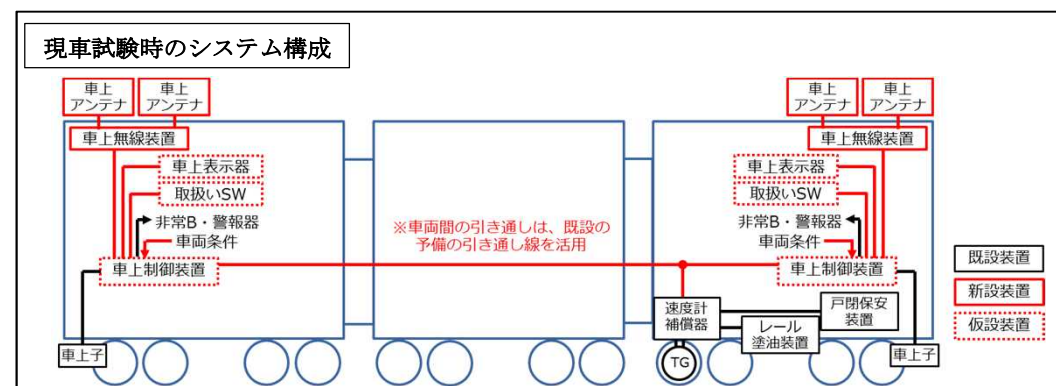
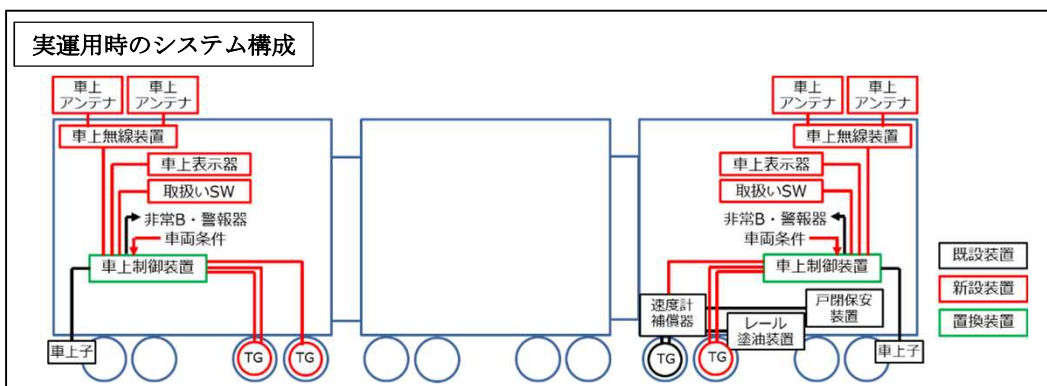


Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

速度発電機(TG)について、当初は2軸での現車試験を予定していたが、TG追加に必要な部材を製作できるメーカーが見つからなかったため、現車試験を1軸で実施する構成を検討した。

2軸目は故障検知に使用するため、現車試験で重要となる列車の位置精度や列車速度に対する制御については1軸でも問題なく確認できる。

2軸目を使用する故障検知機能の正当性は工場内試験で確認する。



他の地方鉄道事業者へ展開する場合も、大手私鉄で使用しなくなった車両を転用している状況を考慮すると同様の事態が発生することが懸念される。

TG以外の方法も使うことを検討し、最終的な報告書では「提言」という形で記載する



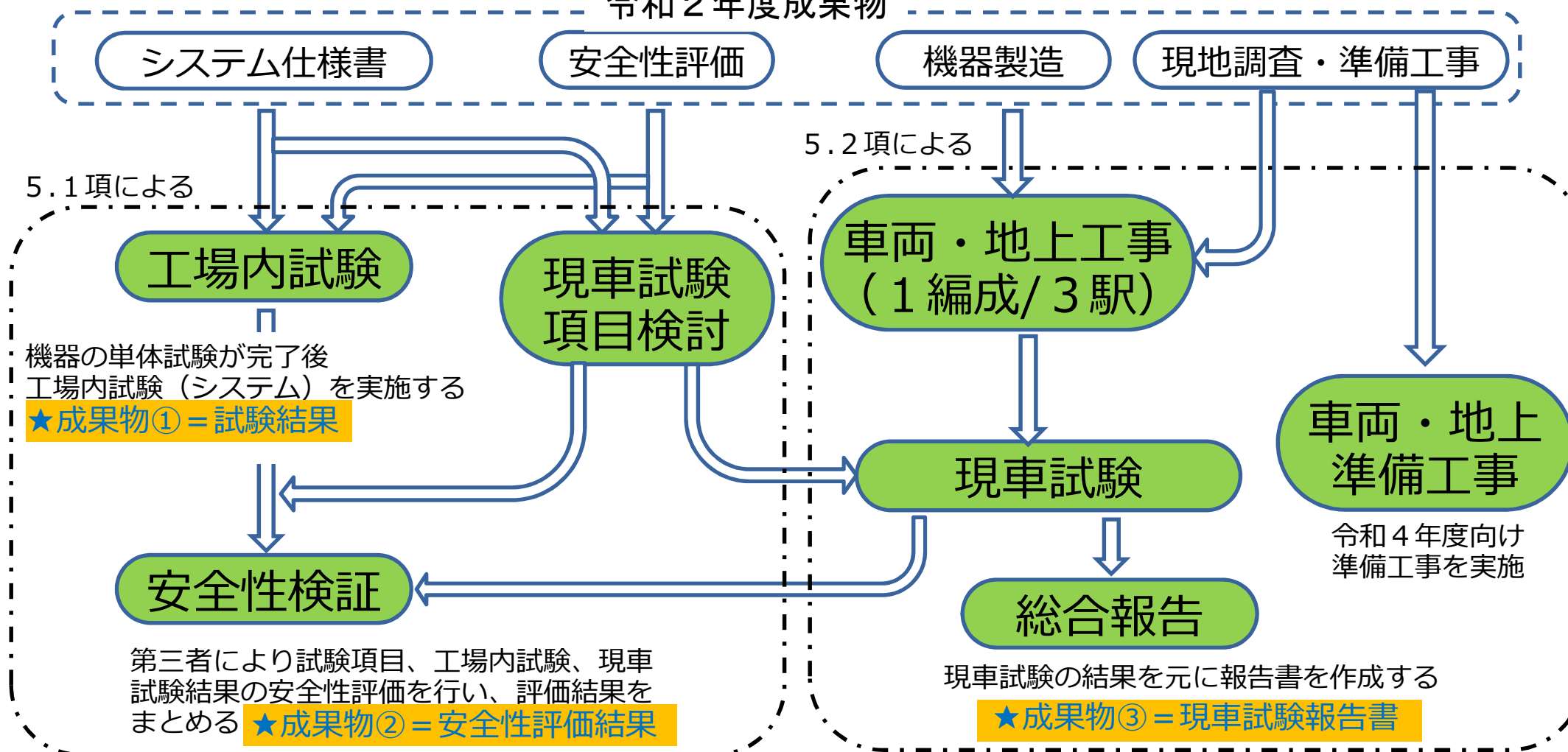
# 5. 令和3年度の開発 ～具体的な流れ～



Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

令和2年度の結果をもとに、令和3年度は工場内試験、現車試験によるシステムの検証を行う。 ※車上1編成、地上3駅

令和2年度成果物



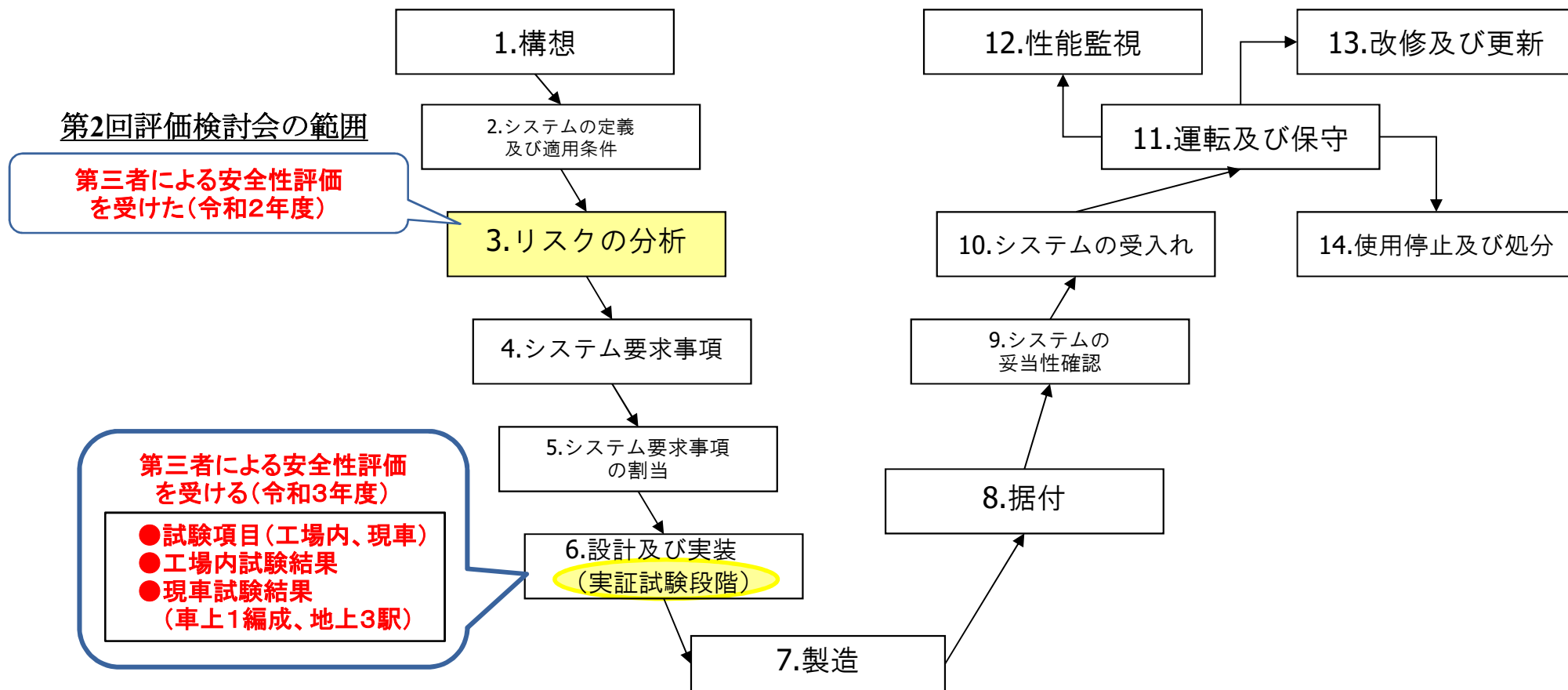
# 5. 令和3年度の開発

## 5. 1. 試験・安全性評価



システム仕様書、安全性評価の結果をもとに、工場内試験、現車試験項目の検討を行う。  
※車上1編成、地上3駅  
システム要件、リスク分析の結果との対応を確認し、漏れがないことを確認する。

### 《今回実施する安全性評価とシステムライフサイクルとの対応》

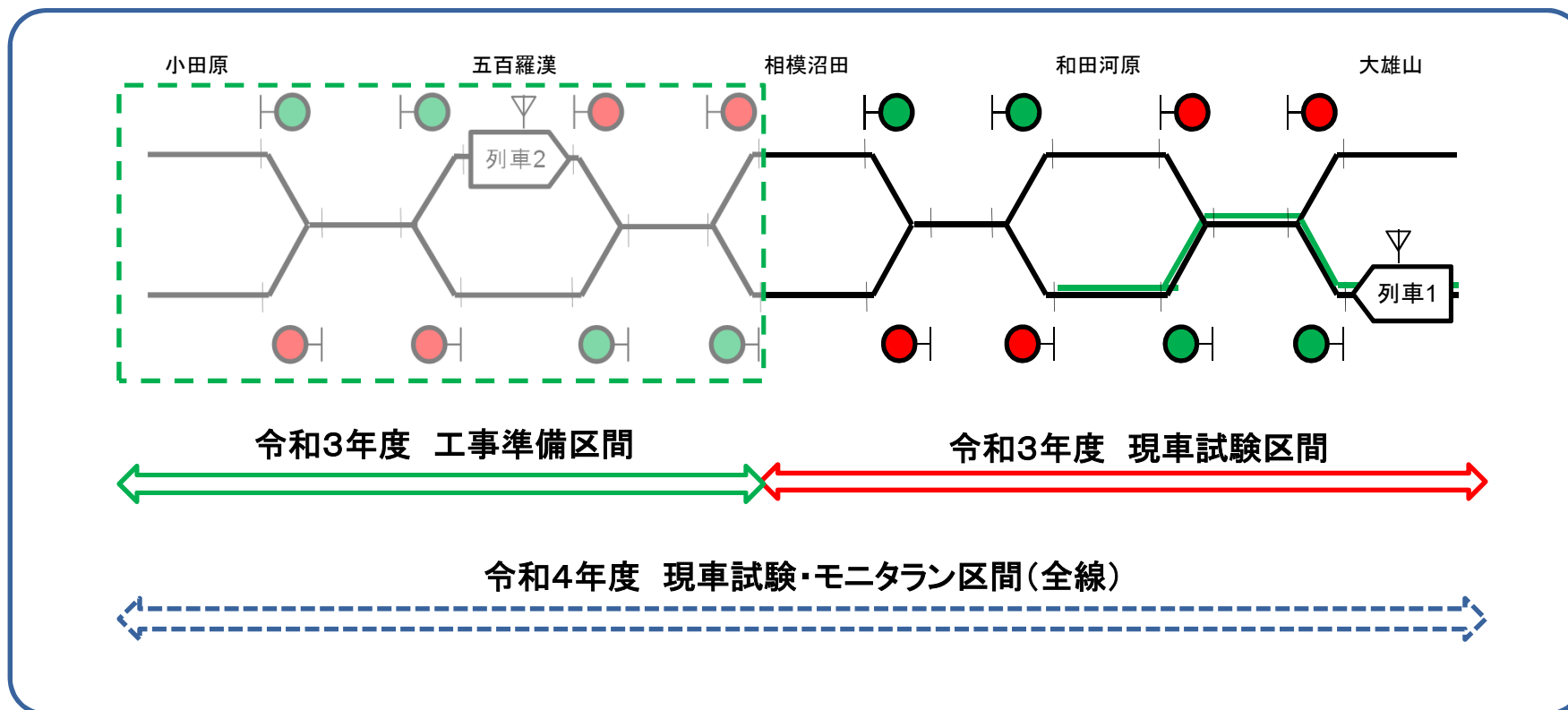


# 5. 令和3年度の開発

## 5.2. 現車試験・準備工事①



安全性評価を受けた現車試験項目にしたがって車上1編成、地上3駅で現車試験を実施する。システムの基本動作、安全性に関わる内容、そして、列車検知精度など現地でしか検証できない項目（次ページ）を中心に実施し、システムとしての課題を洗い出していく。



また、令和4年度の車上1編成、地上2駅追加工事に向けて、準備工事を実施する。



# 5. 令和3年度の開発

## 5.2. 現車試験・準備工事②



### 令和3年度試験項目

分類	内容	備考
基本動作	大雄山駅⇔相模沼田駅の走行	進行現示、停止現示
	大雄山駅での折り返し	
	中間駅での滞泊	
	踏切制御	
	入換モードの動作	番線変更
	システムへの進入/進出	
安全性に関わる内容	無線通信異常（必須区間、駅中間）	
	滞泊⇒誤出発	
	地上装置起動時/故障時の動作	
	駅間通信異常	
現地特有	列車位置検知精度	
	無線通信環境	
	連動装置とのIF（タイミング）	



# 5. 令和3年度の開発

## 5.2. 現車試験・準備工事③



令和4年度以降の試験項目（抜粋） ※令和3年度 安全性評価対象

分類	内容	備考
基本動作	大雄山駅⇔小田原駅の走行	進行現示、停止現示
	大雄山駅での折り返し（2編成）	
	中間駅でのすれ違い	
	先行列車ありの走行	
安全性に関わる内容	無線通信異常（必須区間、駅中間）	同じ駅に2編成在線
	滞泊⇒誤出発	同じ駅に2編成在線
	地上装置起動時/故障時の動作	同じ駅に2編成在線
	駅間通信異常	到着駅に1編成在線
現地特有	列車検知精度	TGや車輪径の違い
	無線通信環境	折返し、すれ違い
	連動装置とのIF（タイミング）	同じ駅に2編成在線
モニタラン	長期動作試験	

※赤字：令和3年度との差分





# 6. 今後の展望と期待される波及効果



Copyright © NIPPON SIGNAL CO., LTD. ALL rights reserved.

項番1～6から必要な機能を選択してシステム構築可能



事業者の要望に合った  
最適なシステムを導入しやすく  
地方鉄道の維持発展に寄与

項番	内容	備考
0	①車上位置検知機能 ②無線を利用した列車検知	令和3年度に現車試験（導入前提）
1	連続速度照査式（パターン式）ATS	令和3年度に現車試験（導入前提）
2	信号現示の車内点灯化	令和3年度に現車試験（試験のみ）
3	車上検測機能	令和4年度に現車試験（試験のみ）
4	無線による踏切制御	令和3年度に現車試験（試験のみ）
5	全線在線管理による連動機能の集約化	オプション（将来構想）
6	自動運転	オプション（将来構想）





本技術開発を行うことにより、鉄道の運営や施設の維持管理の効率化・省力化を可能とし、利用者の利便性の向上にも資する鉄道分野での生産性革命を進めることに寄与していければと考えています

# ご清聴ありがとうございました

# GNSS無線踏切制御システム の概要について



試験車両（3両編成）



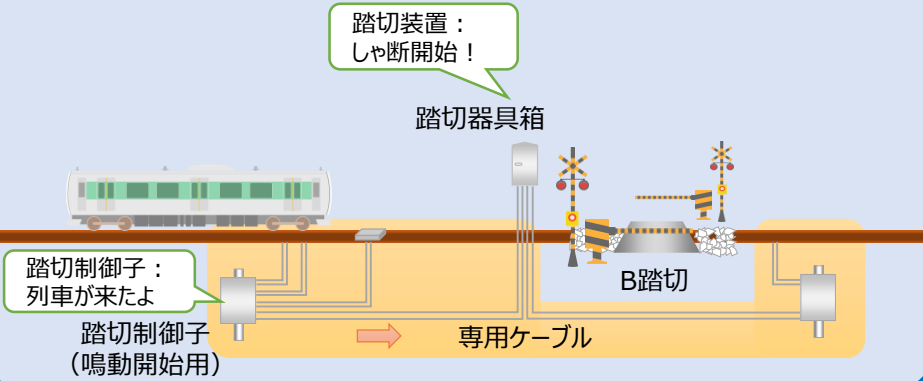
踏切装置

# 踏切の制御方法の変更概要

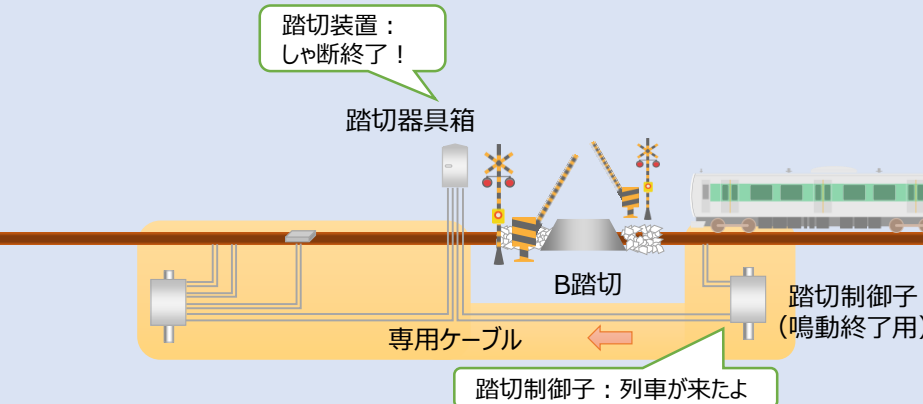
## 今～現行システム～

踏切制御子(検知装置)で列車の位置を検知し、専用ケーブルを用いて、踏切をしゃ断開始、終了。

### ①踏切を閉じるとき



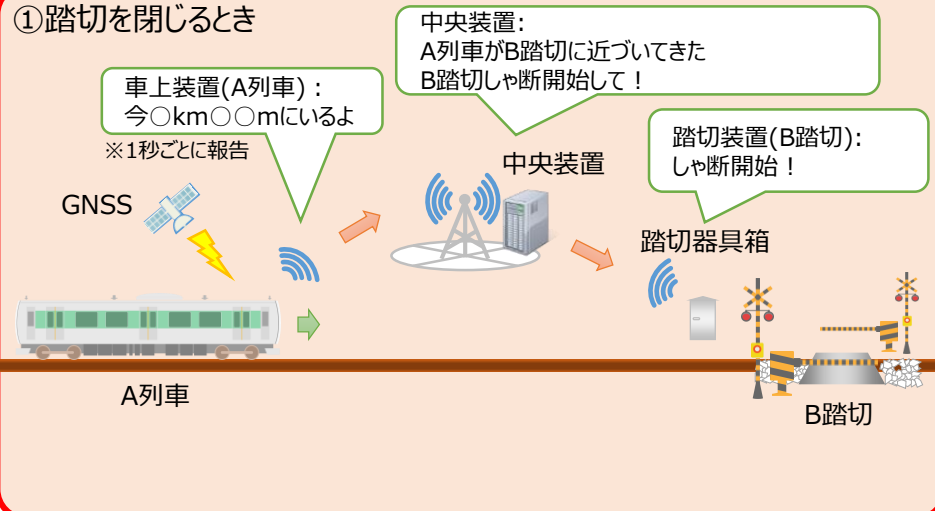
### ②踏切を開けるとき



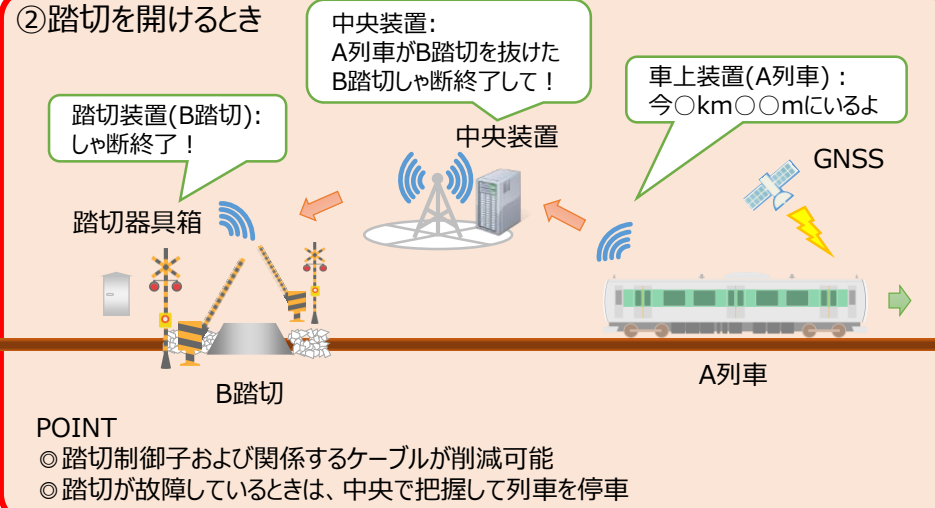
## これから～開発システム～

GNSSを用いて列車の位置を把握し、汎用携帯回線を用いて、踏切をしゃ断開始、終了。

### ①踏切を閉じるとき



### ②踏切を開けるとき



# 踏切異常時の制御方法の変更概要

## 今（現行システム）

異常時（PB押下等）には、**専用ケーブル**を用いて、**特殊信号発光器の点滅**により乗務員に伝達。

○踏切で異常が発生し、非常ボタンが押されたとき



特殊信号発光器：  
点滅開始！

PB用制御装置：  
PBが押されたよ

特殊信号発光器

踏切器具箱

B踏切



運転士：  
特発が光っている！  
緊急ブレーキだ！

通行人：  
踏切道に危険あり！  
PBを押そう！

PB（非常ボタン）



## これから（開発システム）

異常時（PB押下等）には、**汎用携帯回線**を用いて、**車内に警報**により乗務員に伝達および緊急時のブレーキ制御。

○踏切で異常が発生し、非常ボタンが押されたとき

運転士：  
警報がなっている！  
緊急ブレーキだ！

車上装置(A列車)：  
車内に警報開始！  
踏切を絶対に冒進しないように  
ブレーキパターン出力！

中央装置：  
B踏切でPBが押されている  
A列車がPBが近づいてきているから知らせよう

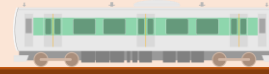
踏切装置(B踏切)：  
PBが押されたよ

GNSS

中央装置

踏切器具箱

B踏切



A列車

ブレーキパターン



PB（非常ボタン）

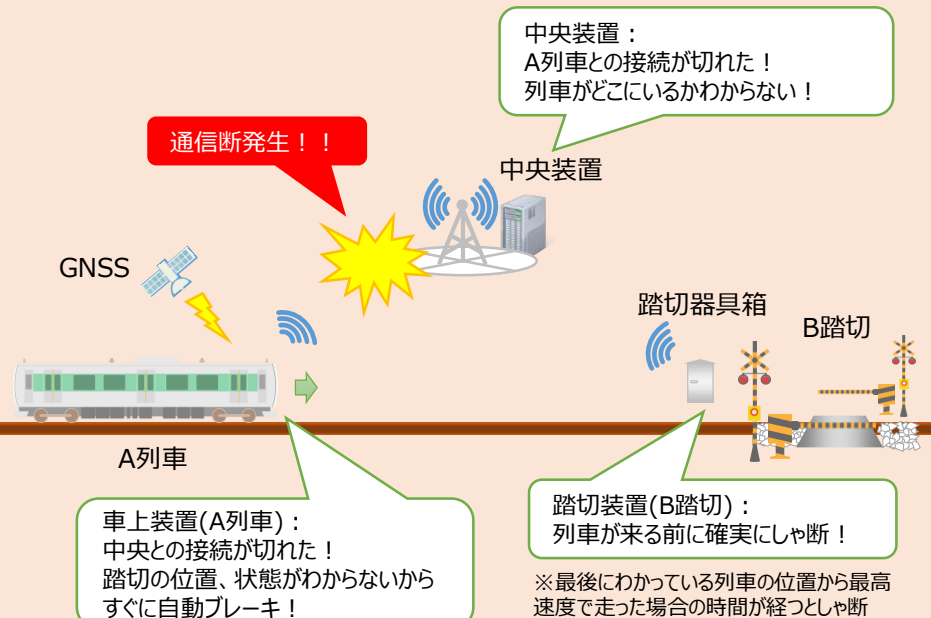
通行人：  
踏切道に危険あり！  
PBを押そう！

### POINT

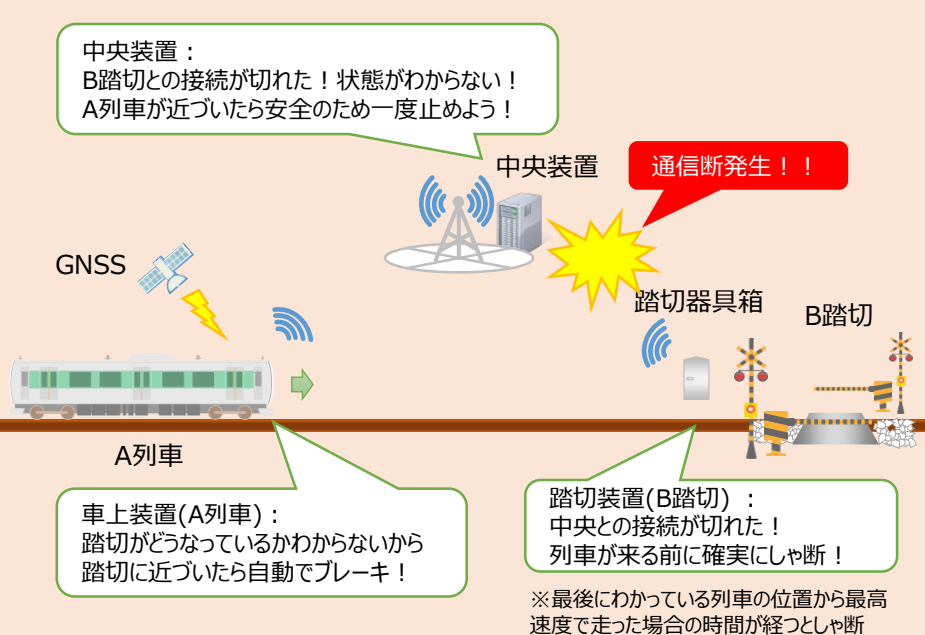
- 特殊信号発光器および関係するケーブルが削減
- ブレーキパターンを出力することにより、  
万が一の場合には踏切の手前までに自動で停車させる

## もし携帯回線が切れたら。。。

### ○中央装置～車上装置が切れたら



### ○中央装置～踏切装置が切れたら



## もしGNSSが受信できなくなったら。。。

### ○GNSSが受信できなくなったり、受信データが不正データだったら

車上装置(A列車)：  
GNSSのデータが使用できないから  
TG(速度発電機)に切り替えて自分の位置を計算しよう！

※TG(速度発電機)：  
車軸の回転数を検知して列車速度を算出できる装置。  
車両に標準的に搭載されている。

※GNSSの不正データの排除：  
車両についている2つのGNSSアンテナからの  
データを比較して検定をかけている

