

汎用伝送技術を用いた車両制御 情報システムの概要



清水 康吉* 安井 義隆*

安定した伝送システムの構築とコストダウンを目的として、汎用伝送技術を活用した「車両制御情報システム」の開発を行い、AC Trainに搭載した。車両の制御を行う上で必要な信頼性について、現車走行試験によって評価を行い、通勤・近郊形電車をはじめとする今後の営業車両への適用が可能であることを確認した。

●キーワード：AC Train、汎用LAN技術、イーサネット、ツイストペア線

1 はじめに

次世代の通勤近郊形電車を目指すAC Trainでは、抜本的なシステムチェンジによる「コストダウン」と、ITの積極的活用による「輸送の安定性向上」「コストダウン」「情報サービスの提供」などを行うことをねらいとしている。

車両情報制御装置についても、システム構成の見直し

や汎用伝送技術の活用により一層のコストダウンを行うこととし、AC Trainに「車両制御情報システム（AIMS:Advanced Train Information Management System）」を構築した。

最近の営業車両では、制御指令をシリアル伝送化して少ない電線や、光ケーブル等で多くの異なる指令を送る機能を備え、編成内の引き通し線の削減を進めている。車両内の機器間の配線についても、車両情報制御装置の

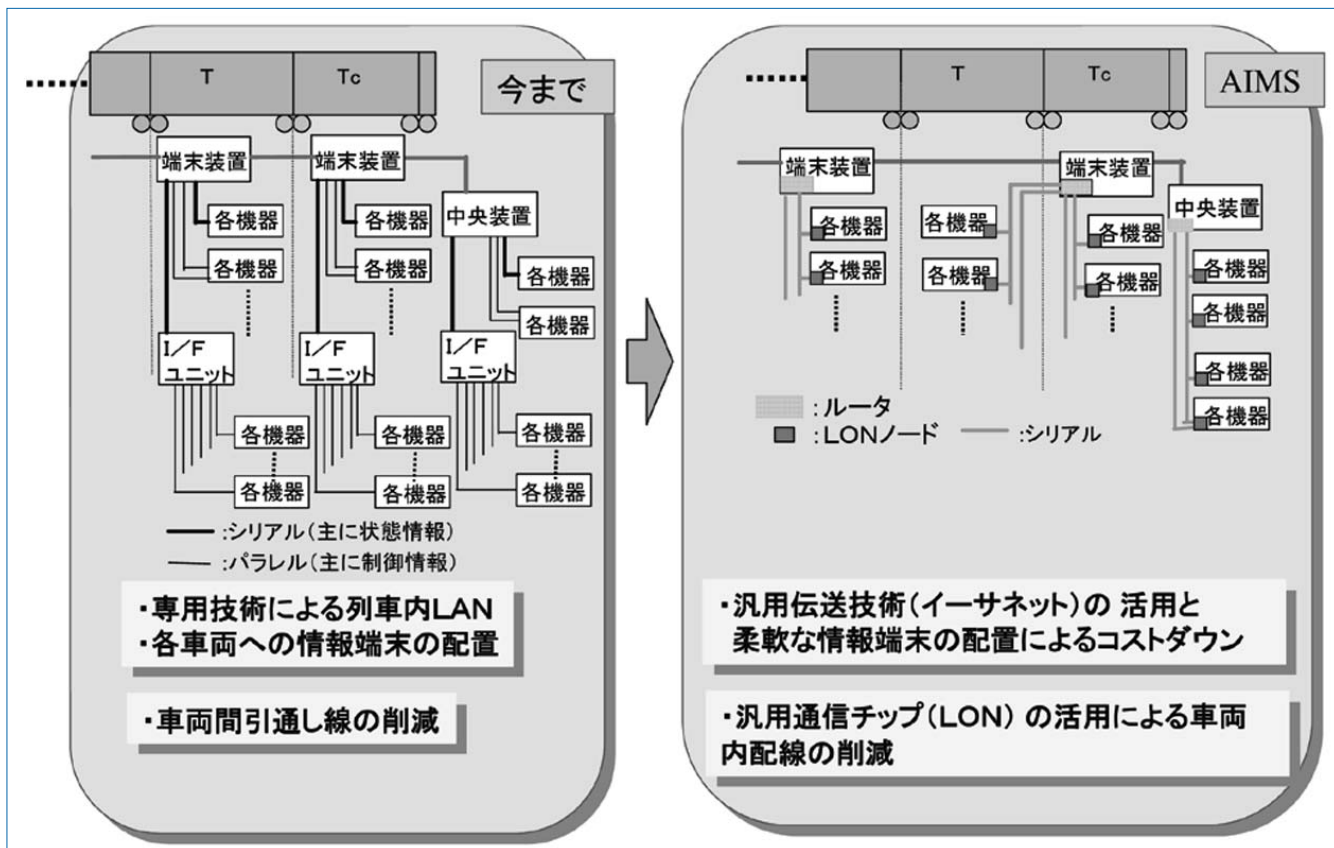


図1：配線削減のイメージ

インターフェイス (I/F) ユニットにより、端末装置～インターフェイス間の配線削減が進んでいる。しかし、インターフェイスユニットと各機器間には、多くの配線が残っており、更なる配線削減の余地がある。

そこで、今回汎用通信チップを活用することにより、更なる配線削減を図ると共に、端末配置数の削減による車両製作コストの削減に取り組んだ。配線削減のイメージを図1に示す。

2 システムの概要

AIMSの開発にあたり、車両の制御を行う上で必要な信頼性を持つことを前提にコストダウンを図ることとした。

また、伝送の大容量化や、機能拡張、付帯機能の実現を図ることのできる拡張性のあるシステムとすることもねらいとした。

これらを踏まえ、以下のようなコスト低減のアプローチを行なった。

① 汎用伝送技術を活用した効率的な開発、安価な材料の

選定

② 情報の伝送化により車両内の制御用配線を削減し、ぎ装、材料コストを削減

③ 最適な機器構成、機器配置を得るため、既存の車両情報制御装置の構成にとらわれず、情報種別や伝送量に応じたシステム機器構成、機器配置を実現

図2にAIMSシステム構成を示す。

2.1. 幹線伝送

2.1.1 幹線伝送の方式

幹線の伝送方式は、10Mbpsのイーサネットを基本とした方式とした。イーサネットを使用する利点は次のとおりである。

- ① イーサネットはLANにおいて最も普及していることから、通信チップ等も豊富で安価なうえ、開発ツール等が充実しており、機器やソフトの開発に有利
- ② 機器の増設などが容易に可能であり、編成内での機器の増設等に対応に有利
- ③ 高速な通信が可能

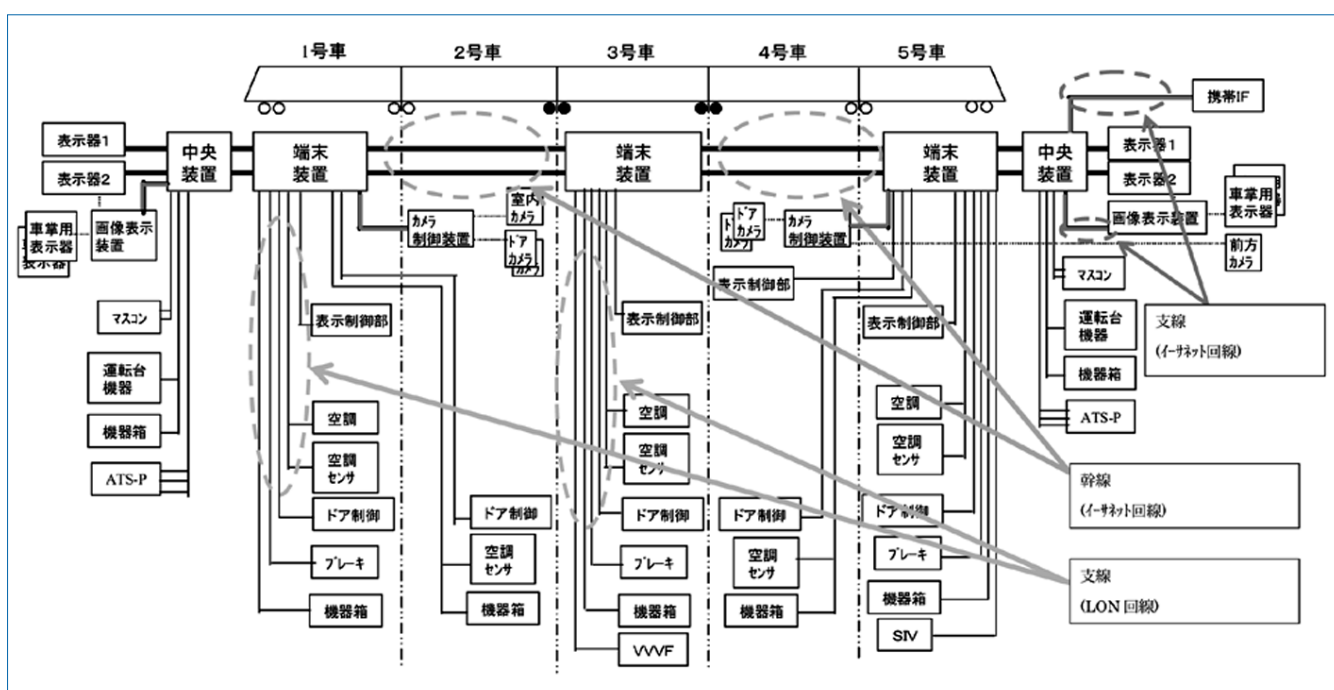


図2：AIMSシステム構成

一方、イーサネットは、CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection: 搬送波感知多重アクセス/衝突検出方式)という伝送制御方式であることから、次のような課題がある。

- ①他の端末が送信している間は送信できない。
- ②複数の端末が同時に送信を開始した場合、データの衝突が発生し、待ち時間が生じる。

車両の制御に適用するためには、これらの問題を解決することが必要不可欠である。

このため本システムでは、データの衝突を起こさないように、データを送信できる権利を、LANに接続された各機器を巡回させ、衝突を防ぐことで安定した伝送速度を確保している。

2.1.2 幹線伝送路の構成及び冗長性

(1) 幹線伝送路の構成

幹線伝送の伝送路は10Mbpsの独立2系統とし、トータル20Mbpsの伝送路を有効活用するように構成した。幹線伝送路構成、幹線伝送仕様を表1、表2に示す。

表1：幹線伝送路構成

伝送路	情報の種別
1系	車両制御情報+音声
2系	車両制御情報+画像

表2：幹線伝送仕様

伝送速度	10Mbpsイーサネットをベースとした方式。 衝突回避制御。
伝送媒体	高周波対応ツイストペア線
冗長性	迂回路構成が可能
伝送周期	10ms (指令制御用) 100ms (状態監視用)

(2) 幹線伝送路の冗長性

中央・端末装置の信頼性向上のため、幹線伝送路は冗長性を確保とした構成とし、1系と2系の間を接続はしご状としている。1系、2系のそれぞれ一ヶ所に異常が発生した場合でも迂回路を構成し、編成全体の伝送路の維持が可能である。図3に端末装置故障時における迂回路構成例を示す。

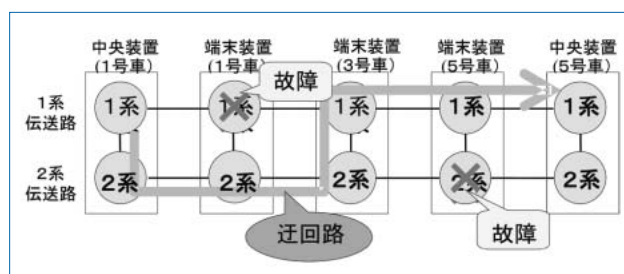


図3：端末装置故障時の迂回路構成例

2.1.3 効率的な端末装置の配置

従来の車両情報制御装置は端末装置を各車両に配置する構成としていたが、搭載機器の違いにより車両ごとの情報量は大きなばらつきがある。例えば、付随車などの場合、搭載機器が極端に少なく扱う情報量が電動車に比べると非常に少ない。

そこで、情報量に応じた端末構成となるよう情報量の多い車両に端末装置を配置し、情報量の少ない車両は前後の車両の端末装置で情報の受け渡しを行うこととした。それにより支線伝送による車両間の渡り線が増加するが、システム全体としては、コスト削減できると判断した。

AC Trainでは、1・3・5号車と1両おきに端末を配置する構成とし、AIMSのトータルコストを抑えることとした。

2.2 支線伝送

2.2.1 支線伝送の方式

支線の伝送方式は、信頼性が高く安価な分散型ネットワークシステム技術で、ネットワークの構成が容易なLON (Local Operating Network) をプロトコル(コンピュータ間における通信手順)として活用することとした。LONを活用する場合の効果は次のとおりである。

- ①低コストで小型である汎用通信チップ（LONチップ）を利用できる。
- ②仕様が標準化されている（国際標準化機構(ISO)により制定された、ネットワーク構造の設計方針に準拠）ため、伝送部分のソフト製作を効率化できるうえ、インターフェースの製作が容易で接続性・拡張性に優れる。

- ③ LONを活用することにより、伝送路の自由度が高く、効率のよい構成とすることが可能である。

表3に支線伝送路仕様を示す。

表3：支線伝送路仕様

伝送速度	1.25Mbps
伝送媒体	ツイストペア線
プロトコル	Lon-Talk
接続形態	バス型（ループ状配線）
伝送周期	10ms（指令制御用） 100ms（状態監視用）

支線伝送においても、幹線伝送と同様にデータの衝突を回避する方策を取り、接続する機器の情報量を考慮し、データ量に見合ったノードの個数を配置した。

機器からLONへの接続は、LONノードと呼ばれるLONチップにより制御されるI/F機器を使用した。

LONノードはDIO（DIO:Digital Input Output）ノードと、メモリ結合ノードの2種類を使い分けた。

DIOノードはスイッチ等の接点信号の入出力が必要な機器に使用し、メモリ結合ノードは、インテリジェント機器（VVVFなどのCPUを持ち伝送データが多い機器）に使用した。

端末装置を1両おきの配置としたことから、支線の車両間渡りが必要となり、伝送距離も既存の車両情報制御装置のI/Fユニット～各機器の伝送距離に比較して長くなる。これにより信号電圧低下やノイズ混入といった課題が想定されるが、雑音の混入が少ない鉄道車両用高周波対応ケーブルを選定して対処した。

2.2.2 支線伝送路の構成および冗長性

支線の伝送路については、1.25Mbpsのループ状接続とし、一本のケーブルに複数の機器が接続される形態とした。これにより断線等が生じた場合にも、ループ状回線の反対側を使用して伝送を維持することが可能であり、回線を2重に持つことなく、通信が継続できる冗長性のある仕組みとなっている。図4に支線伝送路断線時の迂回路構成例を示す。

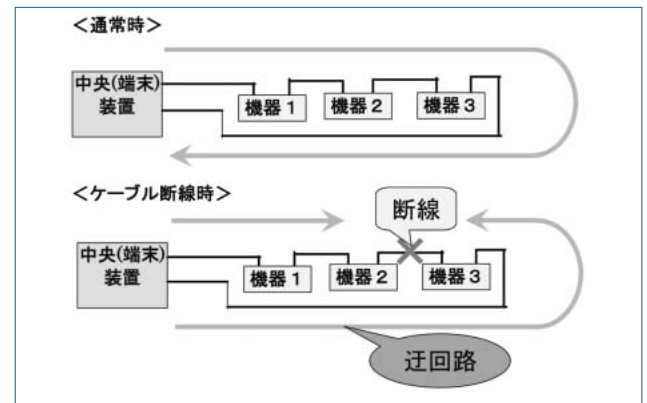


図4：支線伝送路断線時の迂回路構成例

2.2.3 配線削減を考慮したLONノード配置

LONノードを活用して配線削減を行うため、LONノードと機器の一体化を行うことで、以下のように配線削減を行った。なお、電力線等については伝送が適用出来ないため、配線削減の対象外とした。

(1) 伝送を適用した配線

①制御指令線

②スイッチ・表示灯配線

- ・表示灯制御配線、各機器の動作情報配線
- ・ATS-P、ATS関係の配線

(2) AC Trainにおける配線削減例

①運転台機器へのLONノード適用例

運転台内は、機器・スイッチ類の入出力信号がぎ装配線によりI/Fユニットに接続されているために配線が多い。

そこで、図5のようにLONノードを機器（シャ断器盤や継電器盤）と一体化することにより、機器・スイッチとI/Fユニット間のぎ装配線を削減した。LONノードは、入出力点数の最適化のため次の4箇所に配置した。

- ・CabNd1：運転台シャ断器盤と一体化
- ・CabNd2：マスコンの下に取り付け
- ・CabNd3：運転台継電器盤と一体化
- ・CabNd4：運転台SWユニット

②床下機器へのLONノード適用例

運転台内機器のLONノード適用と同様に、ATS-

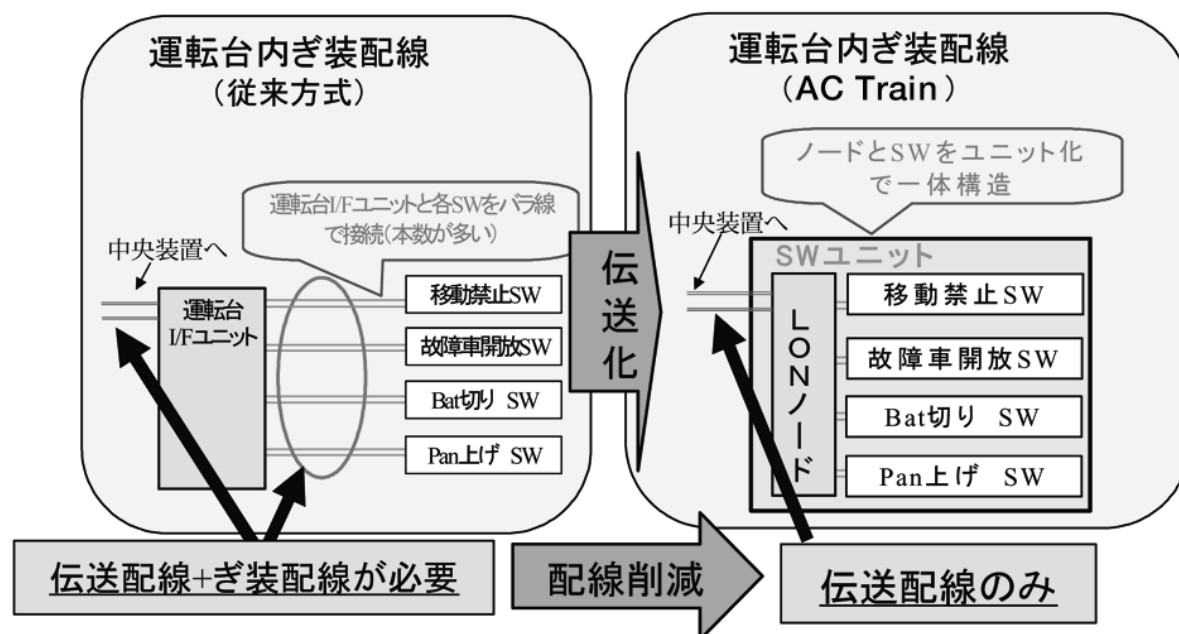


図5：運転台内配線削減方法

P、ATCなどの床下機器についてもLONノードを適用して、配線削減を行った。

2.3 機能拡張への取り組み

今回、画像情報や、地上との通信機能を用いて、お客様の安全性向上や、故障等からの復旧時間の短縮の支援といった機能の拡張に取り組んだ。

2.3.1 画像情報伝送

AIMSの付帯機能として、前方カメラ画像、車内カメ

ラ画像、ドア異物検知画像を運転台表示器及び車掌用表示器に表示する機能を設けた。これによりドアへの荷物等の挟み込み状況の確認を可能とした。

運転台表示器は2画面構成とし、1画面に各種カメラの映像等の画像情報を表示できることとした。車掌スイッチ部にも小型の画像表示器を設置して、車内の状況やドアの状況を表示可能とした。図6に各種カメラ及び表示器の取付状態を示す。

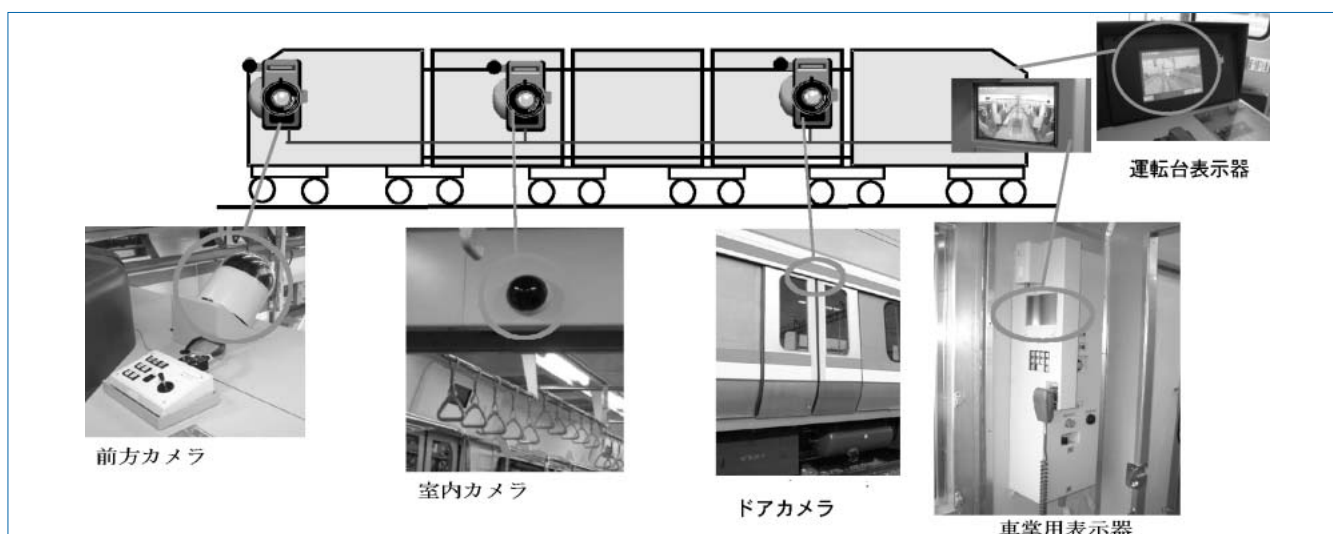


図6：各種カメラ取付状態

2.3.2 地上への情報伝達

携帯電話インターフェイス装置を使用して、車両基地等に設置した地上装置で車上の情報（故障記録、機器の故障詳細データ、モニタ画面データの収集、前方カメラ画像）を表示できることとした。これにより故障や事故などの際に指令や車両基地へ情報を伝送することにより、状況の正確な把握を行い、復旧時間の短縮に役立てることが可能となる。

3.1 伝送品質

幹線イーサネット回線、支線イーサネット回線、支線LON回線について次の測定を行い、各項目とも想定された値が得られた。

- ①ビットエラー特性（BER：Bit Error Rate、ランダムなデジタル・データを伝送した後の誤りデータの比率）
- ②特性インピーダンス
- ③減衰量

また、車両の制御を行う機能について、初期トラブルはあったものの、約2.5年(約5万km)の走行において伝送エラーは発生せず、伝送により安定して車両の制御が出来ることが確認できた。

走行中の幹線イーサネット回線の状態を次の項目について常時監視し、伝送品質の確認を行った。

(1) 伝送エラー

2003年2月～11月の走行試験の累積時間400時間の間に採取した幹線データ累積量 $=3.8 \times 10^{12}$ bitにおいて伝送の衝突防止機能が正しく作用し、エラーの発生は1件も発生しなかった。これにより、伝送の信頼性が確認できた。

(2) 伝送容量

走行中に幹線を流れる制御情報の量は、1系、2系がそれぞれ持つ10Mbpsの伝送容量に対して1系が約27%(走行制御+放送)、2系は約31%(走行制御+画像)と余裕があり、今後の機能拡張への対応が可能と考える。

3.2 伝送路の信頼性評価

中央装置や端末装置の故障や幹線伝送路の断線による伝送の不良を人為的に発生させ、これを検知して健全な系に切り替えて伝送の継続ができることを確認した。

伝送が不良になる状態として、中央装置・端末装置の電源断、CPU基板停止などの条件を発生させたが、いずれも伝送は継続でき、システムが十分な信頼性を有していることが評価できた。

図7に1号車1系中央装置故障、2系幹線断線における幹線伝送の状態を示す。1系、中央装置が故障し、2系の幹線配線が断線しても伝送が継続できている。

同様に図8に1号車1系中央装置と5号車1系端末装置の同時故障、1系幹線断線時の状態を示す。正常な伝送路を経由し、伝送の継続が可能となっている。

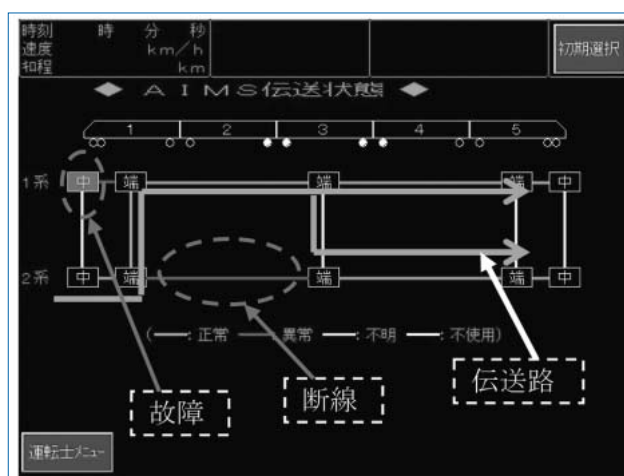


図7：1号車1系中央装置故障、2系幹線断線

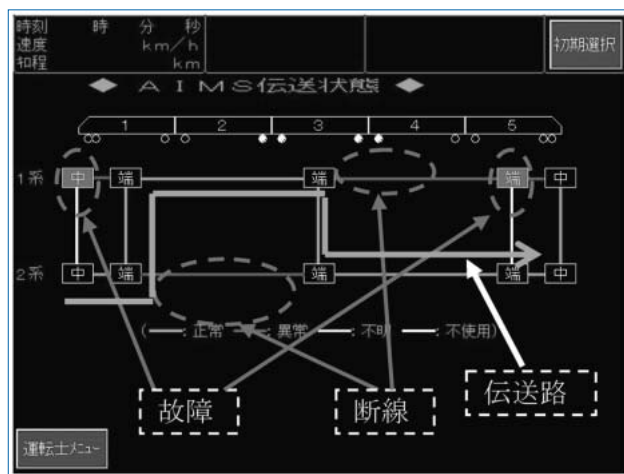


図8：1号車1系中央装置と5号車1系端末装置の同時故障、1系幹線断線

3.3 コストダウンの評価

(1) 効率的な端末機器の配置の効果

端末装置を1両おきに配置することにより、編成全体としてのコストの削減を図った。試算では、各車に端末装置を配置するE231系10両固定編成と比較して約2割コスト削減可能であるとの見通しを得た。

(2) 配線削減の効果

L O Nノードを機器の中や機器の近くに配置して配線削減を行い、制御・指令線、スイッチ・表示灯配線、表示灯制御配線、各機器の動作情報配線、A T S - P、A T S - S N配線について配線削減を図った。試算では、E231系10両固定編成と比較して、約3割の配線削減が可能であるとの見通しを得た。

3.4 機能拡張への取り組みの評価

3.4.1 画像情報伝送

前方用、車内用、ドア異物検知用のカメラ画像を運転台表示器、および車掌ユニット表示器に表示することができた。

車内の混雑状態等の把握や、ドアへの荷物等の挟み込み状況の確認に十分な画質を持ち、昼夜を通して使用可能と評価できた。

3.4.2 地上への情報伝達

携帯電話インターフェイス装置を使用して、機器の故障データ、モニタ画面データ、前方カメラ画像を地上の端末で取得できた。カメラ画像については、携帯電話インターフェイス装置の伝送速度が限られているため、静止画による表示とした。

表示速度及び画質の評価を行い、踏切障害等の異常時対応への利用が十分可能であると確認できた。図9に前



図9：前方カメラ画像



図10：車内カメラ画像

方カメラ画像、図10に車内カメラ画像を示す。

4 まとめ

汎用伝送技術を活用した高信頼な車両情報制御装置であるAIMSを構築し、信頼性、コストダウン、機能の拡張性を実証できた。

信頼性については、制御機能について初期にトラブルがあったものの、伝送エラーは発生せず、走行制御に十分な伝送容量が得られ、機器故障を模擬することで、冗長性についても確認できた。

コストダウンについては、効率的な端末装置やL O Nノードの配置により、端末機器については、E231系10両固定編成と比較し約2割のコストダウン、配線については、E231系10両編成と比較して配線量が約3割削減可能と試算できた。

機能拡張性については、各種のカメラ画像を運転台表示器等に表示し、車内の混雑状況の把握や、ドアへの荷物等の挟み込みの検知が可能であることが確認できた。また、地上への情報伝達機能についても、故障や事故時などでの状況の把握が地上の端末で可能であることが確認できた。

よって、AIMSは信頼性、コストダウン、機能の拡張性といった点において、通勤・近郊形電車をはじめとする営業車両に適用可能であると考えている。

参考文献

- 1) 是此田、鴨 他：ACトレイン用車両制御情報システムの開発 第38回鉄道サイバネ・シンポジウム 論文501
- 2) 神孫子、鴨 他：ACトレイン用車両制御情報システム（AIMS）の開発 2002年電気学会