

# 鉄道車両用 1 Gビット/s 光リアルタイム Ethernet モジュール

## 1 Gbit/s Optical Real-Time Ethernet Module for Railroad Trains

杉山 敦士

■ SUGIYAMA Atsushi

高橋 秀之

■ TAKAHASHI Hideyuki

木村 勝弘

■ KIMURA Katsuhiro

最近の鉄道車両では、IT（情報技術）の進歩に伴い、汎用伝送技術を積極的に取り入れるようになってきている。現在、10 Mビット/s リアルタイム Ethernet と 100 Mビット/s リアルタイム Ethernet については既に実車両で使用されているが、更に、より多くの情報を伝送できる広帯域伝送への要望も出てきている。

東芝はこのような要望に応えるために、鉄道車両用 1 Gビット/s 光リアルタイム Ethernet モジュールの開発を行った。このモジュールは、鉄道車両搭載用に必要なリアルタイム制御機能、冗長機能、機器の接続性確保のほかに、光量モニタ機能を備えており、予防保全や定期検査時の省力化も可能なモジュールである。

With the progress of information technology, general-purpose transmission technology has been proactively applied to the communication systems employed on railroad trains in recent years. Both 10 Mbit/s and 100 Mbit/s Ethernet LAN connections have already been developed and applied to actual trains. Today, broadband LAN connections are required to facilitate powerful communication.

Toshiba has developed a 1 Gbit/s optical real-time Ethernet module for railroad trains to meet this requirement. This module ensures stable running of the LAN by light intensity monitors as well as real-time control, a redundancy system, and easy access to peripheral equipment. The newly developed module is also expected to be helpful in saving labor for preventive maintenance and periodical checkups.

## 1 まえがき

最近の鉄道車両ではIT技術の進歩に伴い、汎用伝送技術を積極的に取り入れるようになってきている。東芝の車両情報制御システムでは特にEthernetの導入を進めており、10 Mビット/s リアルタイム Ethernet（電気伝送）、100 Mビット/s リアルタイム Ethernet（光伝送）は実車両で既に使用されている。

今回更に、より多くの情報を伝送できる広帯域の幹線伝送への要望に応えるために、1 Gビット/s 光リアルタイム Ethernet モジュールの開発を行った。

## 2 開発の目的とポイント

開発した車両情報制御システム用伝送モジュールは、次のコンセプトの実現を目標とした。

- (1) 1 Gビット/s クラスの大容量の伝送を可能にする。
- (2) リアルタイム制御機能を備える。
- (3) 回線の冗長制御機能を備える。
- (4) 100 Mビット/s リアルタイム Ethernet モジュールと互換性を備える。
- (5) 電磁環境と搭載スペースの厳しい車両における耐ノイズ性、小型化、高速化に対応できる光方式とする。
- (6) 既設の光ケーブルでも使用可能とする。

- (7) モジュール及び伝送路の自動診断用受信光量モニタ機能を備える。

## 3 開発モジュールの仕様

開発したモジュールは、従来の100 Mビット/s リアルタイム Ethernet モジュールとの互換性を備え、6U-2サイズ（233.35 × 160 mm）1 スロット幅（20.32 mm）とした。外観を図1に、仕様を表1に示す。

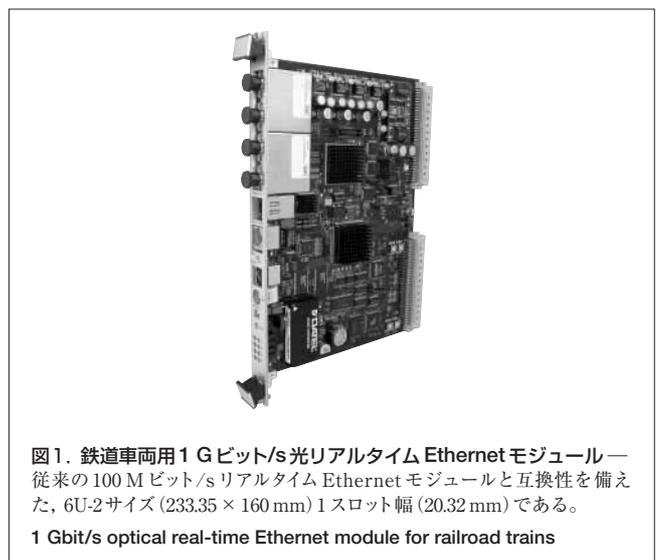


図1. 鉄道車両用1 Gビット/s 光リアルタイム Ethernet モジュール — 従来の100 Mビット/s リアルタイム Ethernet モジュールと互換性を備えた、6U-2サイズ（233.35 × 160 mm）1 スロット幅（20.32 mm）である。

1 Gbit/s optical real-time Ethernet module for railroad trains

表 1. 1 Gビット/s 光リアルタイム Ethernet モジュールの仕様  
Specifications of 1 Gbit/s optical real-time Ethernet module

項目	内容
伝送速度	1 Gビット/s
伝送制御方式	トークン方式
伝送路構成	ループ型
冗長制御	故障発生時：バス型へ遷移 故障復旧時：ループ型へ遷移
光伝送路	適合ファイバ：GI50/125 <sup>(*)</sup> 適合コネクタ：FC コネクタ
その他	受信光量モニタ機能を備える

\*：QS185/125ケーブルについては、既設車両用に今後評価する。

## 4 伝送路構成

車両情報制御システムの伝送路構成の例を図2に示す。各車両には車両情報制御装置のほか、各種機器が配置される。車両情報制御装置は幹線伝送用モジュール(幹線ノード)、支線伝送用モジュール(支線ハブ)、メインCPUモジュール(CPU)などで構成されている。ここで、幹線ノードが今回開発した1Gビット/s光リアルタイムEthernetモジュールである。伝送体系は“幹線伝送”と“支線伝送(機器間伝送)”の2種類に分類され、幹線伝送路は幹線ノードにてループ型に接続される。幹線ノードで使用している光送受信器は、GI50/125<sup>(注1)</sup>ケーブルとFCコネクタに適合しており、新規システムへの適用と、既存システムの置換えの両方に対応可能としている(QS185/125ケーブル<sup>(注2)</sup>については、既設車両用に今後評価を進める)。支線伝送路は支線ハブを介してス

ター型で接続され、機器は10Mビット/s及び100Mビット/sいずれでも接続可能である。

## 5 制御方法

### 5.1 リアルタイム制御方法

車両情報制御システムで扱うデータは、制御情報、モニタリング情報、故障記録情報などで、信頼性と冗長性に加えてリアルタイム性も要求されている。そのほか、IT系情報システムで扱うデータとしては、主に乗客向けサービスとして動画配信などがあり、同じくリアルタイム性が要求される。

一般のEthernetはベストエフォート型<sup>(注3)</sup>であるため、産業用ネットワークに導入する場合、リアルタイム性を保証できない点がネックとなる。

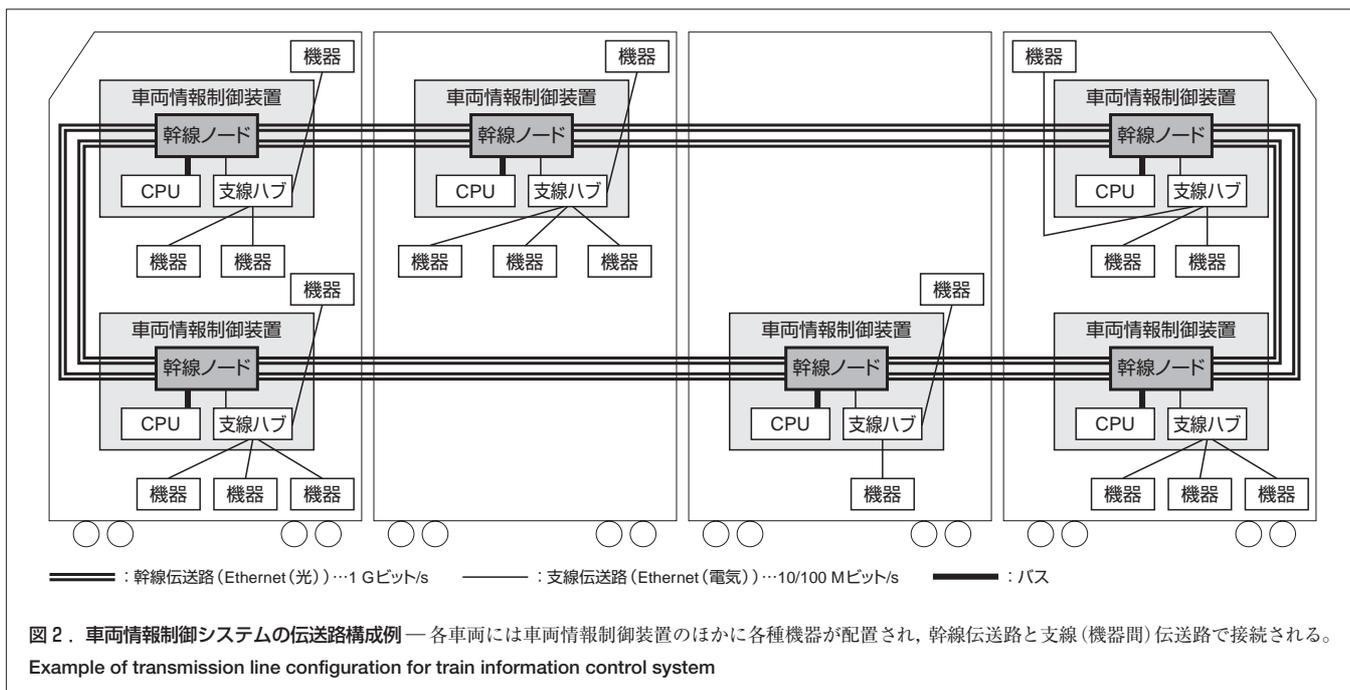
開発したこのモジュールでは、100Mビット/sリアルタイムEthernetモジュールと同じく、鉄道車両ならではの特徴を考慮し、幹線伝送部分にトークンを用いた送信権巡回方式によるリアルタイム制御機能を付加している。幹線での送信権巡回方式の例を図3に示す。ノード1に送信権があるときは、ノード1とノード1に接続している機器だけが送信許可状態となり、そのほかのノードと接続機器は送信することができ

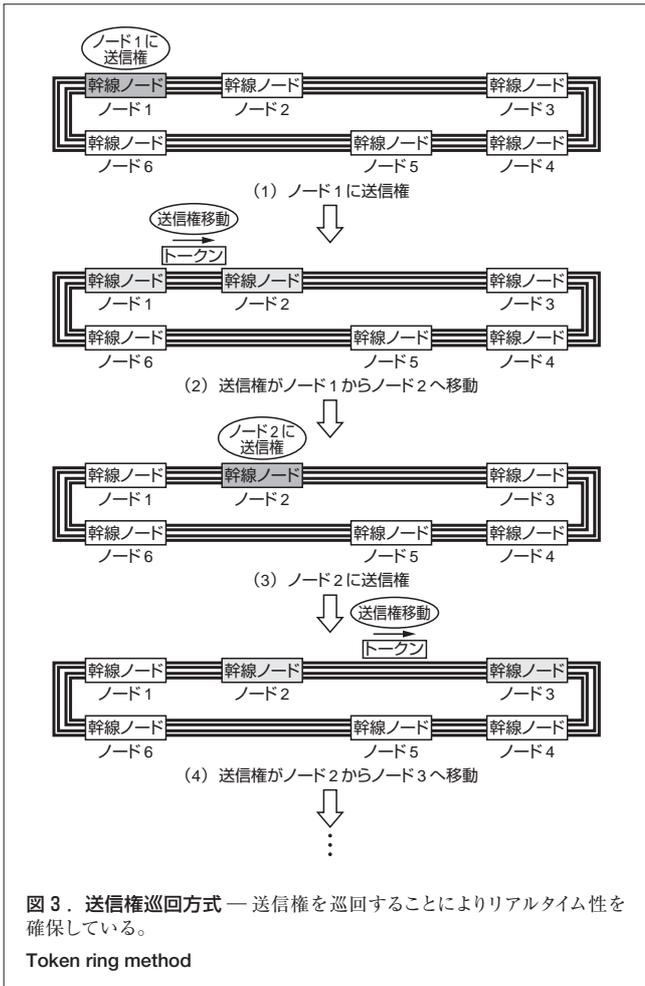
(注1) GI (Graded Index : グレーデッドインデックス)

(注2) QSI (Quasi Step Index : 擬似ステップインデックス)

(注3) ベストエフォート型

サービスの品質(QoS)が保証されない通信ネットワークをいう。品質の内容としては、送信したデータが確実に相手に届くかどうか、送信したデータが決められた時間内に相手に届くかどうか、データに優先度をつけられるかどうか、などがある。



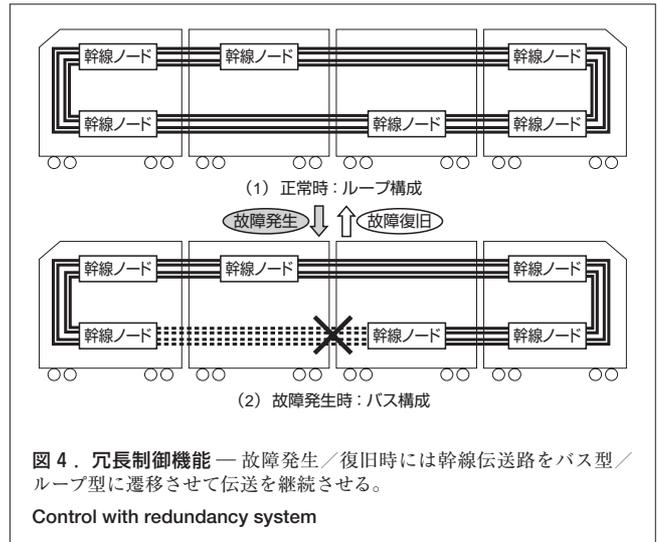


ない。ノード1は送信したいデータがあれば送信を行い、また接続機器からの送信データがあればそのデータのリピート送信も行う。送信が終了したらノード1はトークンフレームを送出し、トークンフレームを受信したノード2に送信権が移動する。これを繰り返して行い、ノード6まで行ったら次はノード1に戻る。制御情報を考慮した場合、決められた許容時間内に送信権を確実に巡回させる必要があるため、特に接続機器からのリピート送信に対しては帯域制限機能を使用している。

このリアルタイム制御機能は、このモジュールに組み込んでいるため、支線に接続する機器側は特別な機能を持つ必要がなく、一般のEthernet規格に準拠していれば接続が可能であるというメリットがある。

### 5.2 冗長制御機能

幹線の伝送路構成はループ型としている。装置と伝送路がともに正常な場合はループ型で伝送を行うが、装置又は伝送路に故障が発生した場合は故障箇所を切り離してバス型にて伝送を継続する(図4)。故障が復旧した場合はループ型に戻って伝送を継続する。この制御機能により、伝送の継続性を高めている。

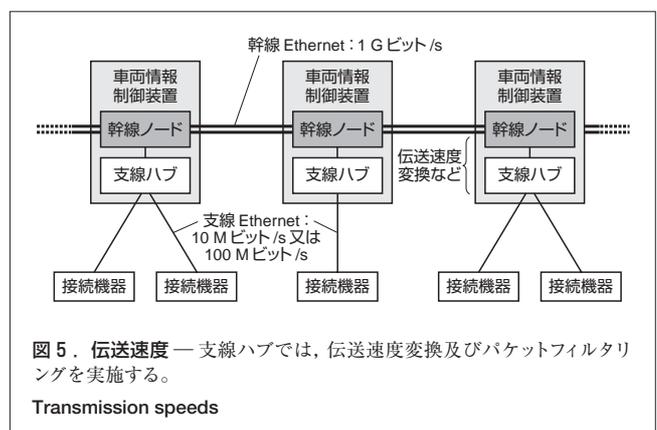


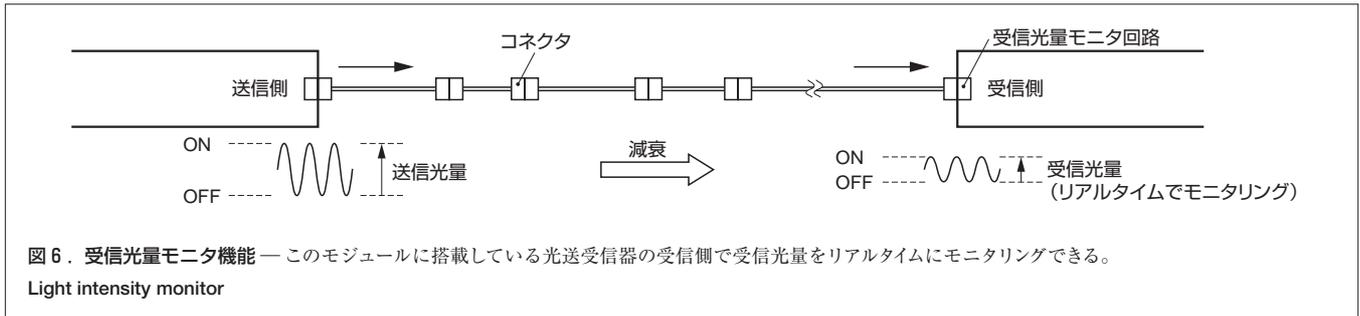
## 6 機器の接続性

幹線は1Gビット/sと大容量であるため、車両情報制御システムで扱う制御情報、モニタリング情報、故障記録情報などに対しては、制御応答の短縮化、モニタリング周期の短縮化によるデータ増大、故障記録情報の拡大を図ることができ、更に、画像データや音声データなどのサービス情報にも使用することが可能である。サービス情報データについては、車両情報制御装置内CPUが処理をする必要のないデータであるので、画像サーバや表示器といったサービス機器は、幹線伝送路の空き時間を使用して直接データのやり取りを行うことができる。

また、このモジュールは、伝送速度変換やパケットフィルタリング(不要なパケットの除去)などを実施している支線ハブと接続することができる。支線(機器接続側)の伝送速度は10Mビット/s及び100Mビット/sに対応しているため、機器側インタフェースに柔軟に対応可能である(図5)。

画像サーバや表示器などのサービス機器はEthernet接続機器が主流であるので、接続性が非常に良い。サービス情





報機器に限らず制御装置や保安装置などもEthernetで接続するようになれば、車両情報制御装置内での伝送媒体変換(例えば、Ethernet⇔RS-485(米国電子工業会の通信規格)など)が不要となり、ハードウェアの簡素化、CPU処理の軽減、及び伝達遅延時間の低減が可能となる。

## 7 受信光量モニタ機能

このモジュールは、自己診断及び伝送路減衰特性の自動診断のため、受信光量モニタ機能を備えている。受信光量モニタ機能とは、このモジュールに搭載している光送受信器の受信側で光量(受光パワー)をリアルタイムにモニタリングする機能である(図6)。

この機能を使用することによるメリットは、次のとおりである。

- (1) 減衰量測定作業を軽減することが可能 運転台モニタ画面に全号車分の光送受信器の受信光量を表示させることが可能であるため、その結果が悪い部分についてだけ光測定器を用いた検査を実施して要因の絞り込みと改善をすればよく、作業の効率化が可能になる。受信光量の値が低くなる要因としては、①伝送路での損失(コネクタと光ファイバでの減衰)、②光送受信器(送信側)の送信光量低下、③光送受信器(受信側)の不良、が挙げられる。
- (2) アラームを上げることが可能 あらかじめ“受信レベル低下”や“受信レベル異常”の基準値を設けておけば、伝送不良が発生する前にマージンの少ないところを確認することが可能となる(予防保全)。
- (3) 経年劣化の傾向を把握しやすい モニタリングシステムに工場出荷時の送信光量を設定しておき、受信光量を動態監視して経年劣化の傾向把握が可能となる。また、全検(車両のオーバーホール)ごとに受信光量を測定し、その結果を上位の検修システムで管理できるようにすれば、経年劣化の傾向把握が可能となる。

## 8 評価内容

現在、このモジュールの評価を実施中で、おおむね良好な

結果が得られている。主な確認事項を以下に示す。

- (1) 光結合性能
- (2) ノード遅延時間
- (3) 伝送帯域
- (4) 環境試験
- (5) 機能試験
  - (a) リアルタイム制御機能(定周期に伝送する機能)
  - (b) 冗長制御機能(故障発生時の伝送形態切替機能)
  - (c) 受信光量モニタ機能(リアルタイムでモニタする機能)

今後は、この開発モジュールを鉄道車両に搭載して、製品と同等の環境での機能・性能評価を進めていく。

## 9 あとがき

鉄道車両用1Gビット/s光リアルタイムEthernetモジュールの開発について述べた。このモジュールを使用することにより、制御伝送からITシステムまで幅広い範囲に適用可能なネットワークを構築することができる。今後、更なる高速化、効率のよい情報ネットワーク化により、鉄道車両におけるユビキタス環境(いつでも、どこでも情報がやり取りできる環境)に貢献できるものを開発していく。



杉山 敦士 SUGIYAMA Atsushi

電力・社会システム社 府中電力・社会システム工場 交通システム部主務。車両情報制御システムの設計・開発に従事。  
Fuchu Operations—Industrial and Power Systems & Services



高橋 秀之 TAKAHASHI Hideyuki

電力・社会システム社 府中電力・社会システム工場 交通システム部主査。車両情報制御システムの設計・開発に従事。  
Fuchu Operations—Industrial and Power Systems & Services



木村 勝弘 KIMURA Katsuhiko

電力・社会システム社 交通システム事業部 交通情報システム部参事。鉄道及び車両情報制御システムの技術開発に従事。  
Transportation Systems Div.