

産業用光伝送システムの現状と動向

Trends of Fiber Optic Communications for Industrial Systems

鉄鋼、電力、交通システムなど幅広い産業用分野で、光の特質と利点を生かした光情報伝送システムの開発・導入が急ピッチで進められてきている。これは、光のもつ広帯域・低損失性、あるいは耐環境、耐ノイズ性を活用して、従来電気系伝送路では実現困難とされていたシステム、例えば広域・大容量ネットワークシステム、本質安全・耐環境計測制御システム、あるいは悪環境下での画像監視システムの実現などを一挙に図ろうとするものである。一方、産業用途では、長期信頼性、幅広い耐環境性など厳しい条件が要求されるが、現状は既にLED、PIN、コネクタ、光スイッチ、光送・受信モジュールなど産業用途に耐え得る光デバイスが開発され、鉄鋼システムでのデータウェイ、交通システムでの画像システムなど実運用システムに適用され成果を得ている。

本稿では、産業用伝送システムの現状と問題点、光導入のメリットについて述べるとともに、光伝送システムの現状と動向につき実適用例を含め紹介する。

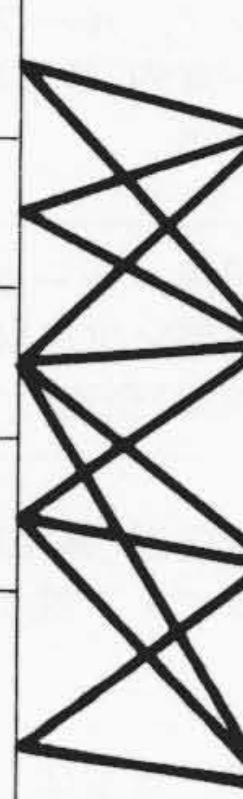
桑原 洋* Hiroshi Kuwahara
田中満雄** Mitsuo Tanaka
谷中雅雄*** Masao Yanaka
桎尾次郎**** Jirô Kashio

1 緒 言

最近、電力、一般産業、情報産業など幅広い分野で、光ファイバの特質と利点を生かした新しい伝送システムの開発、実用化が急ピッチで進められてきている。光ファイバは、直径0.1mm程度のガラス繊維、又はプラスチックで作られており、従来の金属を使った電線、ケーブルに比べ、
(1) 細径、軽量でありスペースファクタが良い。
(2) 本質的に絶縁体であるため静電、電磁誘導障害を受けない。
(3) 耐火、耐水、耐薬品性などの耐環境性に優れる。
(4) 伝送帯域が広く、かつ低損失であるため、高速・大容量、長距離伝送に適している。
など、従来の電気系伝送路では得にくい魅力的な特長がある。現在、表1に示すように光を適用している産業用システムの対象としては、まずこれらの光の特質と利点が最も明確に発揮できる分野から手が付けられつつある。例えば、計算機システムの分野では、鉄鋼の生産制御システムで広域にわたるシステムの統合化を目標に、光の高速・長距離性を活用した構内光ネットワークシステムが既に実用化されており、また、

交通システムでは、光の広帯域性を生かした画像監視システムの適用が盛んである。その他、光伝送システムに対するシステムニーズは、従来は適用が困難とされていた悪環境分野への適用、例えば、超高压発電所構内での遠方監視制御システム、車両監視制御システム、あるいは石油化学プラントでの本質安全、耐環境計測制御システムへの適用など、情報の高信頼化、防災、防爆、安全性の向上が必要とされる新分野へと急速に高まりつつある。一方、光伝送システムの研究は、1960年のレーザの発明に始まるが、1970年の低損失光ファイバの開発を契機に実用化開発が急激に活発化し、主として長距離伝送システムを中心に技術開発が進められてきた。この間、ファイバ製造技術をはじめ、発・受光素子技術、接続技術など光応用技術にとって重要な要素技術の開発も飛躍的な発展を遂げ、現在では、LD(半導体レーザ)、LED(発光ダイオード)などの発光素子、PIN(PINホトダイオード)、APD(アバランシェホトダイオード)などの各種光素子が製品化されるとともに、現在、光ファイバも1 dB/km以下の低損失な

表1 光伝送システムの特長と応用分野 現在、光の特質と利点を生かした新しい伝送システムが幅広い分野で既に実適用され、そのメリットが確認されている。

項 目	光ファイバの特質	伝送システムとしての有利性	応 用
帯 域	広帯域(～2GHz・km)	高速・大容量化	 高速・大容量、長距離伝送システム ●データウエイ、計算機システム ●長距離電気所内伝送システムほか 画像情報伝送システム ●ITV(工業用テレビジョン)監視制御システムほか 本質安全・耐環境計測制御システム ●石油化学プラント、原子力 ●超高压発・変電所構内伝送ほか 自動車、航空機、船舶システム ●集約配線ほか
損 失	低損失(数dB/km～0.2dB/km)	長距離化 無中継化	
誘 導 性	無誘導	雑音対策不要	
耐環境性	耐火性、耐水性、耐薬品性	任意の場所設置	
重 量	軽量(～数グラム毎メートル)	多対化 曲げやすい。 スペースファクタの向上	
外 径	細径(～0.1mm)		

* 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所中央研究所 *** 日立製作所日立研究所 **** 日立製作所システム開発研究所 工学博士

特性のものを量産技術で実現できる水準に達している。産業用伝送システムに光技術を導入するに際して、光デバイスに要求される条件は、長寿命性、高信頼性、幅広い耐環境性(温度、湿度、振動など)、経済性及び汎用性が特に重要となる。このような条件が要求される産業分野では、高速・長距離伝送を目的としたレーザ技術の適用はまだ問題が多く、このため、現在実用化しているシステムは、30Mビット/s、5km程度以下の中速・中距離伝送用LED-PINシステムが主流を占めている。特に、最近では光伝送システムの機能向上、汎用性・信頼性の向上を目的として、単なる素子レベルの開発だけでなく、光送・受信モジュール、光スイッチ及び光分岐のように、光素子技術、IC技術、精密加工技術などを結合した光デバイスの開発・製品化が進み、これが産業用光情報伝送システムの普及にいっそうの拍車をかけている。

以下、産業用伝送システムの現状と問題点及び光適用時のメリットについて述べるとともに、既に実用化レベルにある光デバイスを中心に、その現状と動向について述べる。

2 産業用伝送システムの現状と問題点

2.1 産業用伝送システムのニーズと現状

産業分野では、設備の運用監視制御、業務の機械化などの目的で、現在、あらゆる分野に計算機システムの導入が図られつつあり、これに伴って計測・制御情報、管理情報など各種の情報に対し、計算機間、あるいは計算機端末間情報伝送のニーズが急激に高まりつつある。更に、最近では業務効率や防災、安全性の向上などを目指して、音声、ファクシミリ、ITV(工業用テレビジョン)画像情報など、異種情報の総合伝送システム化も進められてきている。

現在、産業分野で、実用化されている情報伝送システムは、表2に示すように多岐、多様にわたっており、その適用形態の明確な分類は困難であるが、同表に基づいて伝送速度、距離に対するシステム適用ドメインマップ及びその代表的な伝送システム形態を整理すると図1、2に示すようになる。一般的な特徴としては、下記に述べるようなことが言える。

(1) 電力システムに代表されるテレメータ・テレコントロー

表2 産業分野での伝送システム 産業分野での情報伝送システムの形態は、自然発生的なものであり多岐にわたるが、おおむね計算機システムでの伝送システム形態に集約される。

適用システム	適用システム形態	特 徴
1. 計算機システム	計算機内部の高速バス 計算機間高速リンク リモート端末制御 大容量ネットワークシステム(データウエイ)	多様な回線構成 ● 対向回線、マルチドロップ、ループ ● 同一室内、建屋内、構内伝送
2. 計測制御システム	計測制御用データウエイ 盤間接続装置 LA(Laboratory Automation)システム	対向回線、ループあるいは一部MODEM(変復調装置)伝送
3. 電力システム	テレメータ、テレコントロールシステム (系統保護監視制御用)	長距離伝送(無中継化) 耐電磁ノイズ性が重要
4. 鉄道、交通システム	列車運行監視システム 車両監視制御システム 高速道路の監視制御	長距離伝送主体 データ、画像伝送
5. 自動車、航空機、船舶システム	機器の監視制御(集約配線) 機内、船内通信システム	短距離伝送(～200m)

ルシステムなど、数キロメートルから数十キロメートルを要求される長距離伝送システムでは、MODEM(変復調装置)によるシリアル伝送が主体となるが、この場合、伝送速度は数キロ～数十キロビット/s程度と極端に制限される。通常電力ケーブル、き電線との並走など、悪電磁環境に設置されることが多い。

(2) プロセス制御システム、計測制御システム、あるいは計算機・端末間高速伝送システムに代表される数十メートル～1ないし2キロメートル程度の伝送システムに対しては、経済性を考慮しおおむねツイストペア線によるシリアル伝送が主体であるが、システムニーズにより、数十キロ～数百キロバイト/s程度的高速伝送が要求される場合には、同軸線によりシリアル伝送化が図られる。

更に、高速伝送を要求される場合には伝送距離の低下を招くが、ペア線による並列伝送化が図られる。

(3) 現在、プロセス制御や端末制御ネットワークシステムの中核となるデータウエイシステムは、構内規模の広域ネットワークシステムの経済的な実現手段として注目されており、従来、同軸線によるシリアル伝送方式を採用しているが、同軸線の帯域特性などから、伝送速度数メガビット/s、中継距離2～3kmに制約されている。

2.2 産業用伝送システムの問題点

以上述べたように、産業用伝送システムは、その適用目的、設置環境条件などにより、適用システム形態、伝送速度、距離などの面で多岐にわたるが、近年、半導体技術、マイクロコンピュータ応用技術などの急速な発達とあいまって、情報伝送システムの適用分野、規模も急速に拡大しつつある。この結果、システムの統合化、経済化、高信頼化、あるいは高速・長距離化に対する要求が高まるにつれ、以下に述べるような問題点が顕在化しつつある。

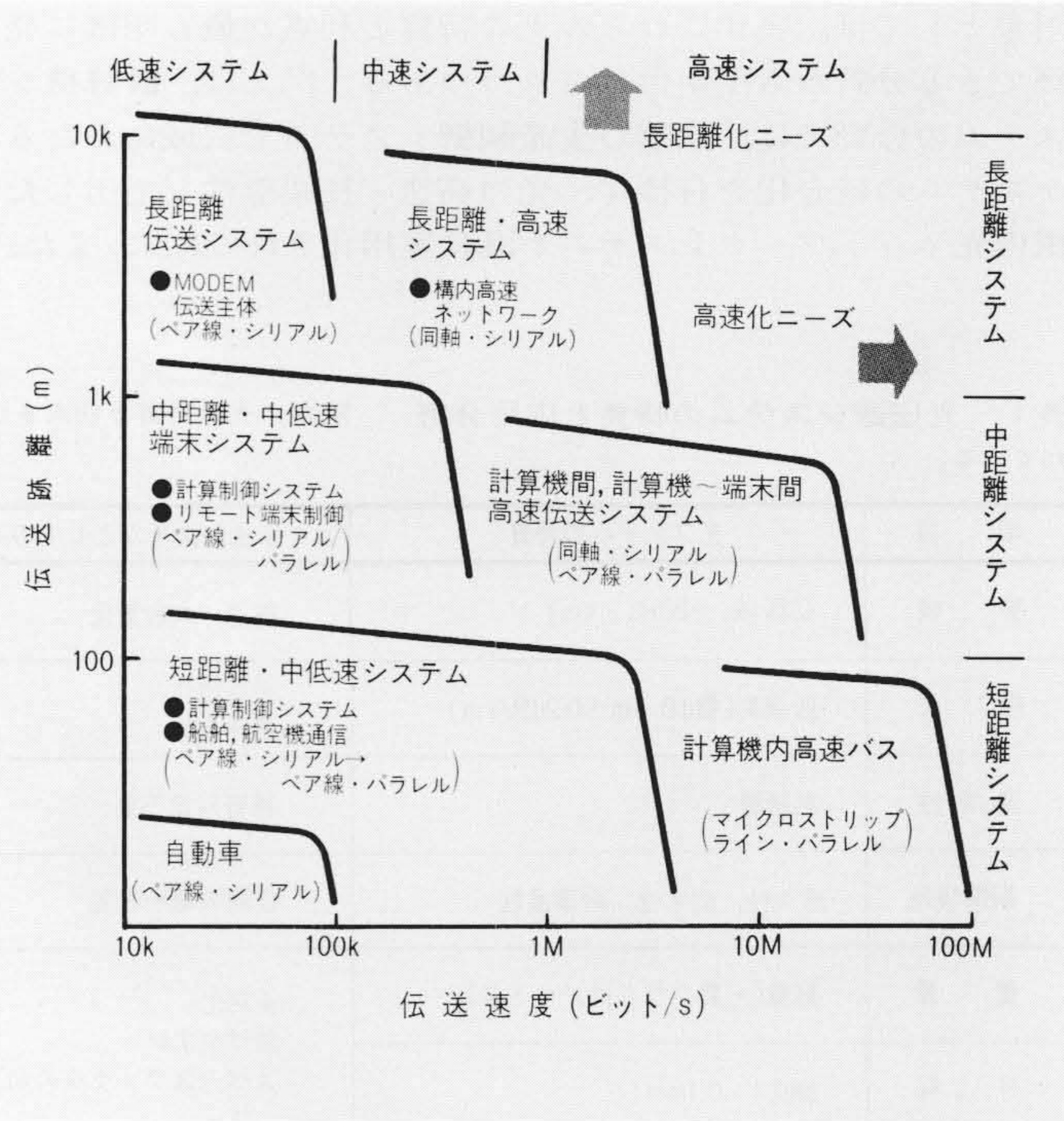


図1 産業用伝送システムの適用ドメインマップ 現状の産業分野での伝送システムは、中速・中距離領域まではおおむねペア線により対処している。高速に対処するため、同軸線によるシリアル化、パラレルバスにより対処するが、距離に制約を受け、今後の高速・長距離化ニーズに対処できない。

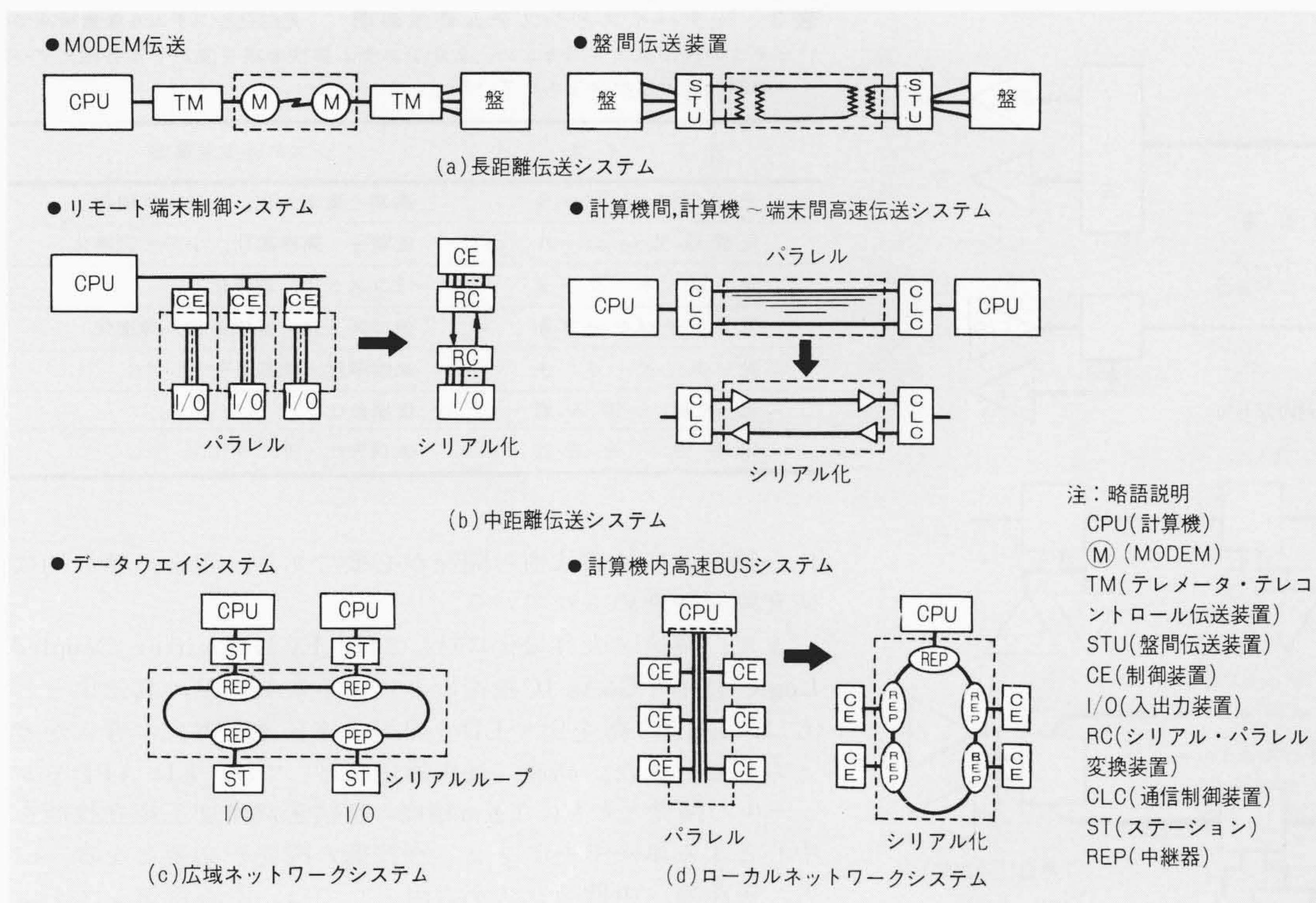


図2 産業分野における伝送システムの形態 現状の伝送システムの形態例を示す。光の高速・長距離性、耐ノイズ性などの利点を生かし点線部を光伝送化し、機能・性能向上を図った新しい伝送システムが実現できる。

(1) ケーブルの輻輳，電磁誘導による誤動作，接地点電位差などによるシステム拡充性・信頼性の低下

主として同一フロア，建屋内伝送システムで，例えば計算機本体と周辺装置，端末装置間のケーブルが増大，輻輳してくるとともに，静電結合，電磁結合などにより誤動作が発生しやすくなるため，経済的，高信頼度な伝送システムの実現が困難となる。

(2) 長距離・大容量化の困難性と電磁誘導障害対策

鉄鋼，化学プラントなどの分野では，計算機による生産管理・制御システムがますます大規模化，広域化してきており，また，データだけでなく画像情報などの広帯域・高速伝送も必要となってきた。現状の同軸ケーブルでは伝送損失，帯域特性などの制約により，このような高速・大容量伝送の要求を満たすのは困難となる。一方，超高压発電所構内でのサージ，製鉄所構内の大電力機器(誘導加熱炉，大容量電動機など)から発する厳しい電磁誘導雑音に対処するためには，ケーブルの鋼帯シールド，布設ルートとの分離など高価な障害対策を必要とする。

(3) 爆発，火災などに対する安全対策

石油化学プラントなどでは，爆発性雰囲気，可燃性ガスの充満などの悪環境下での伝送が要求され，従来の電気系伝送路では通信線の電力により引火や爆発を誘発する危険があるため，防爆対策や布設に関し厳しい制約が加えられる。

以上述べたような産業用伝送システムの現状の問題点に対処するため，従来，

- (1) シリアル伝送化によるケーブルの増大，輻輳の解消
- (2) ホトカプラ，トランスカプルの使用，あるいはシールド付平衡形ケーブル使用による接地電位差，電磁誘導障害などの解消
- (3) 布設ルートとの分離

等々，諸対策を施してきているが，いずれも完全なものではなく，これらの問題点を一挙に解決できる新しい伝送システムの実現が強く望まれていた。

3 産業用光伝送システム

3.1 光伝送システム適用の現状とメリット

以上述べてきたような産業分野での現状の諸問題の解決を目的として，光ファイバ伝送システムの導入が各産業分野で積極的に図られつつある。後に，別掲論文で述べるように，電力，プロセス制御，画像伝送システム，データウェイなどの分野で，光伝送システムは既に実用化の段階にあり，以下に述べるようなメリットが確認されつつある。

- (1) 電磁誘導，可燃性ガスなどが存在する悪環境下で，本質安全かつ耐環境性に優れ，電磁誘導雑音の影響を受けないため，金属ケーブルに比較してシステムの高信頼化，経済化が容易に実現できる(発電所構内，化学プラント防爆システムなど)。
- (2) 光ファイバの広帯域性を活用し，高速データの多重伝送が可能な高速・大容量の光データウェイやマンマシン性に優れた監視制御が可能な画像伝送システムが実現できる。
- (3) 光ファイバの広帯域低損失性より，金属ケーブルシステムに比較し，無中継距離が飛躍的に増大し，産業用伝送システムの大規模化，高速・大容量化及びシステム運用保守の簡素化，高信頼化が図れる。

光伝送システムの実用化は，悪環境下での金属ケーブル伝送システムの代替システムとしての導入が先行してきた。しかし，最近では，例えば光データウェイに代表されるように，光伝送の特長を全面的に活用した新システムの実現が開発の中心になりつつある。

3.2 産業用光伝送システムの要件

前述のようなメリットをもった光伝送システムを産業分野に幅広く適用するには，下記のような条件を満たすことが要求される。

- (1) 長期信頼性，温度，湿度，振動などに対し幅広い耐環境性を備えるとともに，経済性，汎用性をもっていること。
- (2) 既存の電子装置との結合を容易に実現するため，

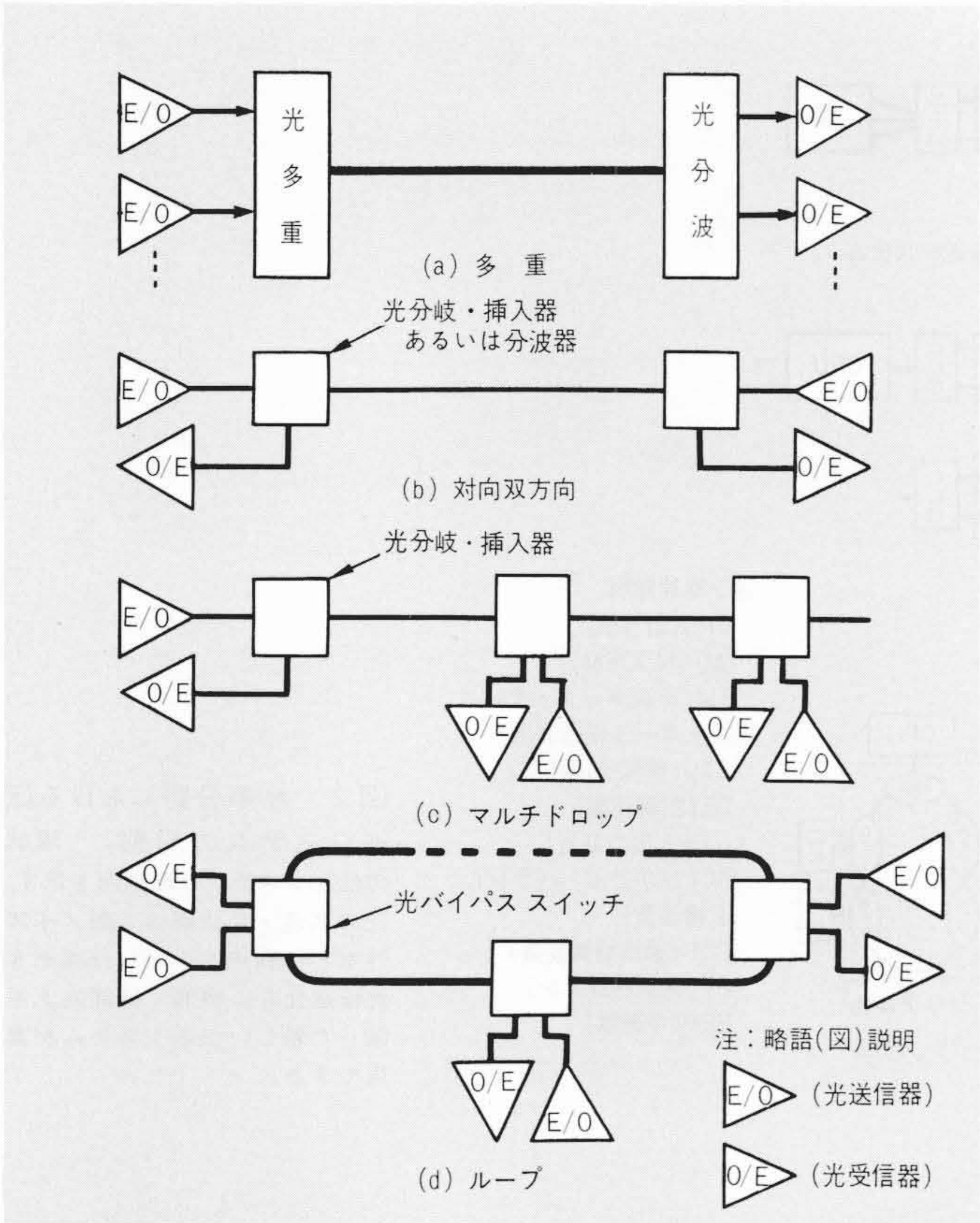


図3 光伝送システムの回線形態 従来の電気系システムと同等な柔軟性・拡張性に富むシステム構成を可能とするため、各種の光デバイスが開発・実用化されつつある。

- (a) IC, LSIなどとコンパチブルな入出力レベルをもち、IC電源による動作が可能であること。
- (b) プリント基板に実装可能で、IC化した高信頼度な小形モジュール構造であること。
- (3) 電気部品と同等レベルの操作性、保守性、作業性などを備えていること。

一方、現状の光伝送システムの回線形態は、Point to Point (対向構成)を基本としているが、図3に示すように産業分野での各種ニーズに対応するためには、柔軟性に富み、かつ多様な回線構成を実現することが要求される。このためには、表3に示すようなシステムニーズを満たす光デバイスの開発と実用化がぜひとも必要になる。

3.3 光伝送システム用光デバイスの現状と動向

前述の要求を満たす光デバイスとしては、現在0.8μm帯の短波長を用いたLED-PINモジュールが実用化の先陣を切っている。図4に、伝送速度、距離に関する光デバイスの開発動向を、また表4、5に、光素子及び光ファイバの現状を示す。

光送信モジュール(LEDを使用)の変調速度は、現状で50~60 Mビット/sであり、コア径85μmのGIファイバ(集束形石英ファイバ)への光入力は-13dBm以上である。また、光受信モジュール(PINを使用)は最小受信感度は30Mビット/sのもので-33dBm以下となっており、送受信間レベル差は約20dBあるため、伝送損失4 dB/kmのGIファイバを用いることにより、30Mビット/s、5 kmの伝送が可能である。一方、今後、更に長距離化を実現するためには、光ファイバのより広帯域・低損失領域である1.3μm帯の長波長領域の開拓がある。このためには、現状のGaAs結晶技術に代わり、InGaAsPなどの4元

表3 光デバイスとシステム要求事項 光伝送システムを産業用途でいっそうの適用拡大を図るため、上記システム要求事項を満足する各種光デバイスの開発実用化が推進されている。

光デバイス	システム要求事項
光送信モジュール	高速・高出力化, 小形・汎用化
光受信モジュール	低電圧・高感度化, 小形・汎用化
光コネクタ	低コスト化, 標準化
光ファイバケーブル	低コスト化, 低損失化, 標準化
光スイッチ	高信頼度・低損失化
光分岐・挿入器	低損失化
光分波・合波器	低損失化・低干渉化

化合物半導体結晶技術の開発が必要であり、現在、精力的に研究開発が進められている。

また、高速・大容量化に対しては、ECL(Emitter Coupled Logic)技術やGaAs IC技術などによる電気回路の高速化とともに、LEDの高速化やLDの採用と波長多重方式の導入が考えられる。また、高速、長距離化に対しては、LD-APDモジュールの開発とともに1μm精度の超精密機械加工組立技術を中心とする単一モードファイバ技術の開発が必要となる。一方、短距離、中低速システム用としては、既存電気システムの代替が中心となるため、徹底した経済化技術の開発が期待される。

光コネクタや光スイッチ、光分岐・挿入器などの機能モジュールは、低損失化が実現し満足な性能となっているが、量産性に乏しく低コスト化が最大の課題となっている。今後は、部品の精密機械加工、組立、検査の自動化などを中心とした

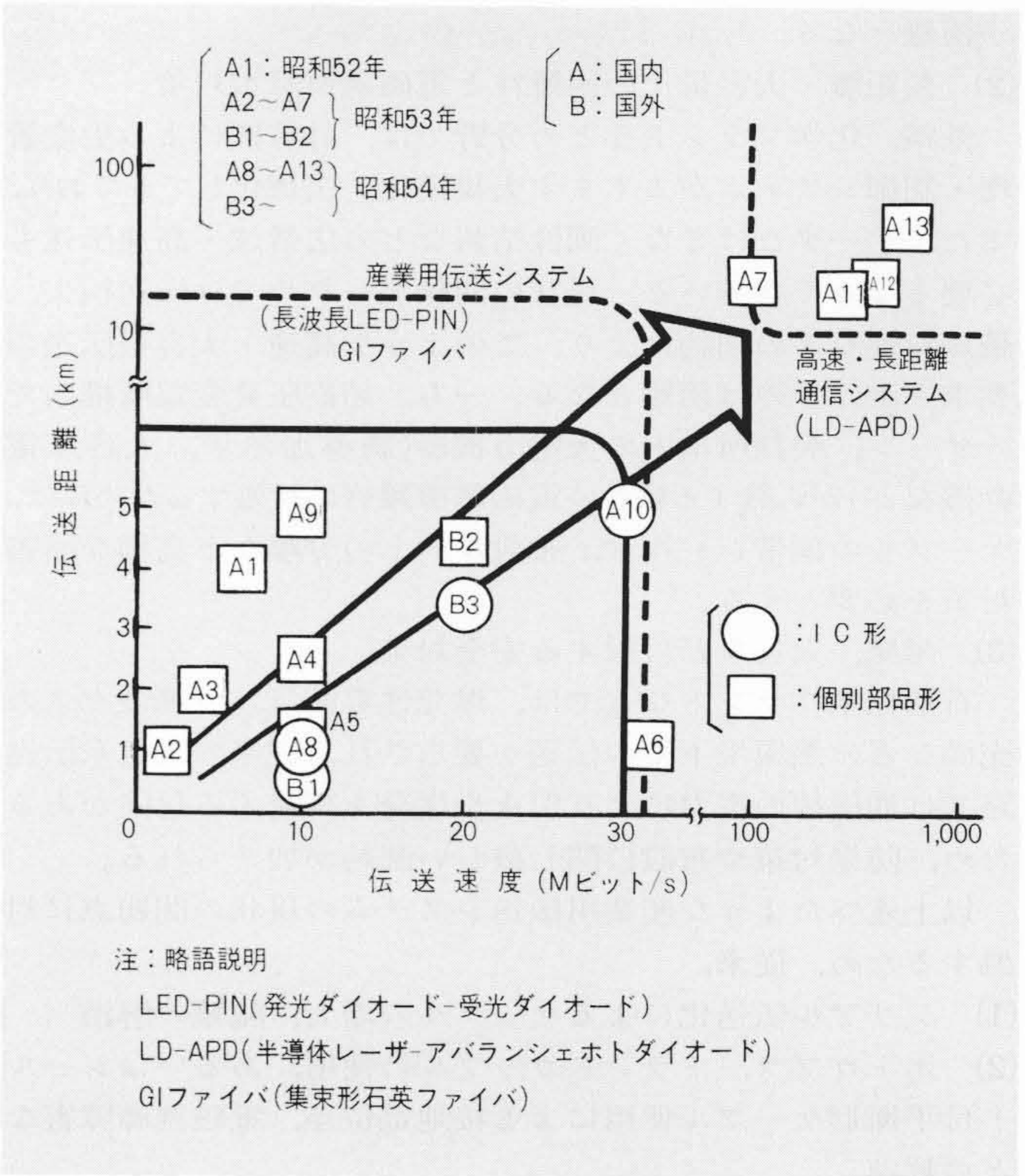


図4 産業用光送・受信モジュールの開発動向 近年、光素子とモノリシックIC、精密加工技術を結合した小形・高信頼度な光送・受信モジュールの開発が盛んである。現在、短波長LED-PINシステムで30Mビット/s、5 kmが実用化されている(実線)。今後長距離化に対しては、長波長システムの開発が必要である。

生産技術の開発により、いっそうの低コスト化を実現する必要がある。

図5に、このような光デバイスにより実現できる光適用システムのドメインマップ例を示す。これによれば、従来の同軸ケーブル方式では実現が不可能であった30Mビット/s、5kmの伝送システムがGIファイバと波長0.8μm帯のLED-PIN方式で実現できることになり、また、波長1.3μm帯の長波長LEDを用いれば、伝送距離10km以上の長距離伝送システムにも対処可能となる。更に将来、最も広帯域な単一モードファイバや、1.3μm帯のLD-APD方式の実用化により、100Mビット/s、40km程度の大容量・広帯域伝送システムも実現可能となる。このように、産業用分野での伝送システムは、光技術の導入により飛躍的にシステム適用可能領域の拡大が図られるとともに、更に波長多重伝送方式などの実用化開発により、今後いっそう高度、大形化する産業用情報伝送システムの実現に大きく寄与することが期待できる。

4 産業用光伝送システムの適用例

以上述べたような背景を基に、既に産業分野の実運用システムとして稼動、実績を得ているシステム例につき以下に紹介する。

4.1 光データウェイシステムの鉄鋼システムへの適用

鉄鋼の生産管理・制御システムは、近年ますます高度化、大形化しつつあり、これに伴い、システム運転・管理コストの低減及びトータルシステムの運用効率の向上が重要な課題

表4 光源素子、受光素子の現状 現状光素子の主な特性を示す。高速・長距離を達成するには、半導体レーザ、APDの組合せが有利であるが、現在、信頼性の面から発光ダイオード、PINの組合せが実用化の先陣を切っている。

(a) 光源素子

			発光ダイオード		半導体レーザ	
波長帯			0.8μm帯	1.3μm帯	0.8μm帯	1.3μm帯
基板材料			GaAs	InP	GaAs	InP
スペクトル幅			30～50nm		1nm以下	
集束形ファイバ入力			～100μW (@150mA)		1mW (@50mA)	
変調速度			～60Mビット/s		～1Gビット/s	

(b) 受光素子

			PIN		APD	
波長帯			0.8μm帯	1.3μm帯	0.8μm帯	1.3μm帯
基板材料			Si	Ge InGaAsなど	Si	Ge InGaAsなど
量子効率			≧60%	～20～60%	≧60%	～20%
暗電流			≦1nA	～1μA	≦1nA	～1μA
余剰雑音指数(x)			—	—	～0.3	～1

表5 光ファイバの現状 光ファイバのコスト面から、低速・短距離システムには、ポリマファイバ、石英ステップ形ファイバを、また高速・長距離システムには、GIファイバ、単一モードファイバを採用する。

		単一モード ファイバ	マ ル チ モ ー ド フ ァ イ バ			
			集 束 形 フ ァ イ バ	石英ステップ形ファイバ	ポリマクラッドファイバ	全 ポ リ マ フ ァ イ バ
コ ア 径		10μm	50～100μm	50～150μm	100～150μm	200～1,000μm
ク ラ ッ ド 径		125μm	125μm	125～200μm	500μm	1 mm
伝送損失	0.8μm	3 dB/km	3 dB/km	3 dB/km	10dB/km	～1,000dB/km
	1.3μm	1 dB/km以下	1 dB/km以下	1 dB/km以下	10dB/km	～1,000dB/km以上
伝 送 帯 域 幅		～40GHz・km	～2GHz・km(LD, 1.3μmLED) ～100MHz・km(0.8μmLED)	10～30MHz・km	～10MHz・km	～5 MHz・km

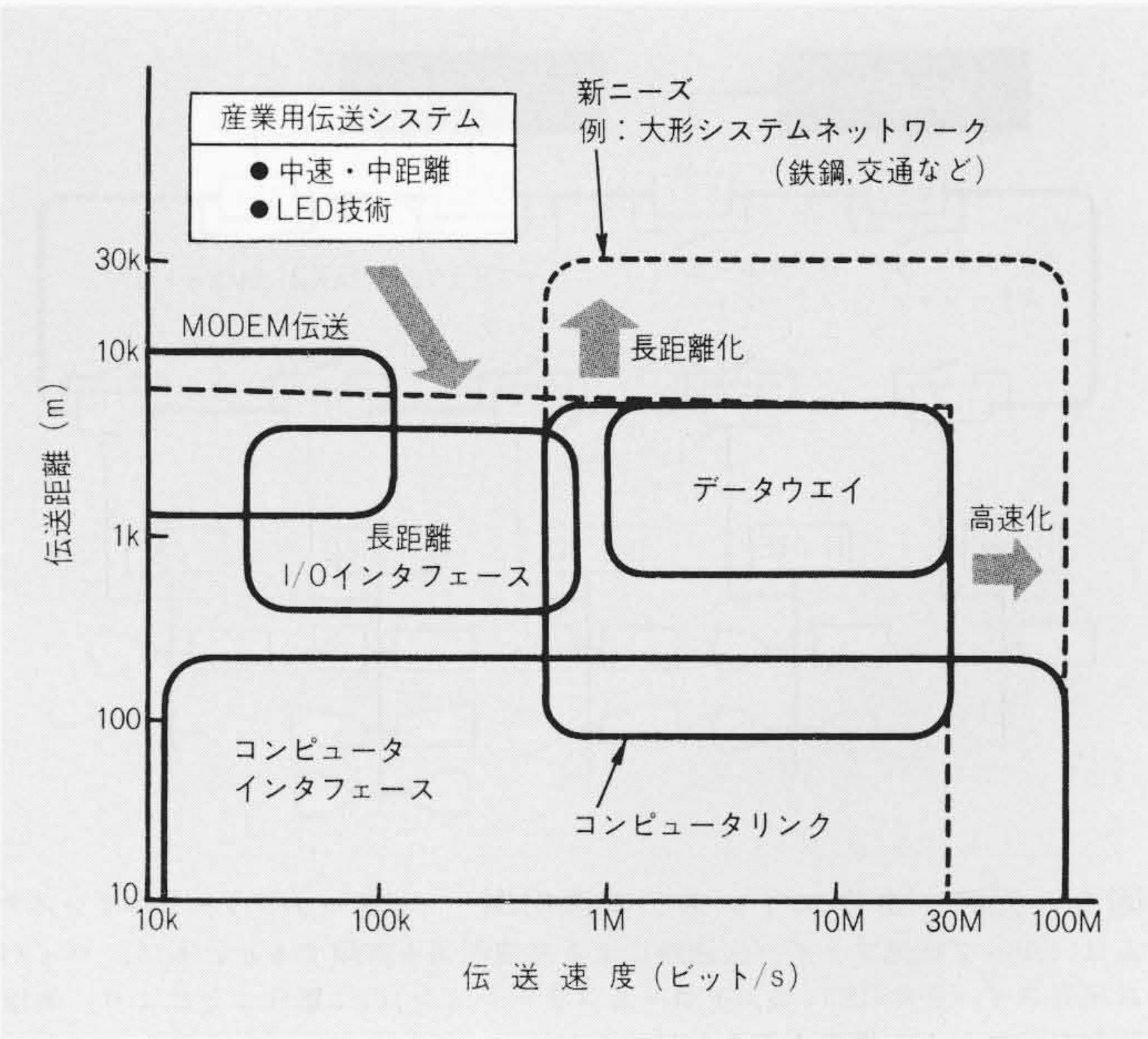


図5 光適用システムのドメインマップ例 表4、5に示す光デバイスの適用により、従来の同軸ケーブルでは実現不可能であった高速・長距離伝送システムを達成することができる。

となりつつある。これを解決するには、システムの拡張性、経済性はもとより、システム共通資源の共用化、保守の中央集中化及び高速ファイル伝送を可能とした高スループット、高レスポンス、高信頼化を図った構内広域伝送システムの実現が必須となる。

日立製作所では、これに対処するため伝送路に光ファイバを適用するとともに、LED-PIN技術を導入した高速光伝送システムの開発、高信頼度光スイッチの開発及び高効率伝送制御方式の採用により、伝送速度10Mビット/s、スループット900kバイト/sの光データウェイシステムを実現した(図6)。本システムは、プロセス制御用としては初めての本格的な光技術の実用化を達成したものであり、今後、鉄鋼システムのほか交通システム、電力システムなど同種システムニーズをもつ幅広い産業分野への適用が可能となる。

4.2 画像伝送への適用

遠隔監視制御にITVを用いる場合が多く、画像伝送の要求が強い。これを経済的に実現するにはアナログ伝送が望ましく、このために種々の方式が開発されている。

一般に光源にはLED、受光にはPINが用いられるが、長距離化を図るためAPDを用いる場合もある。これまでに日立製作所で開発した画像伝送システムの諸元を表6に示す。

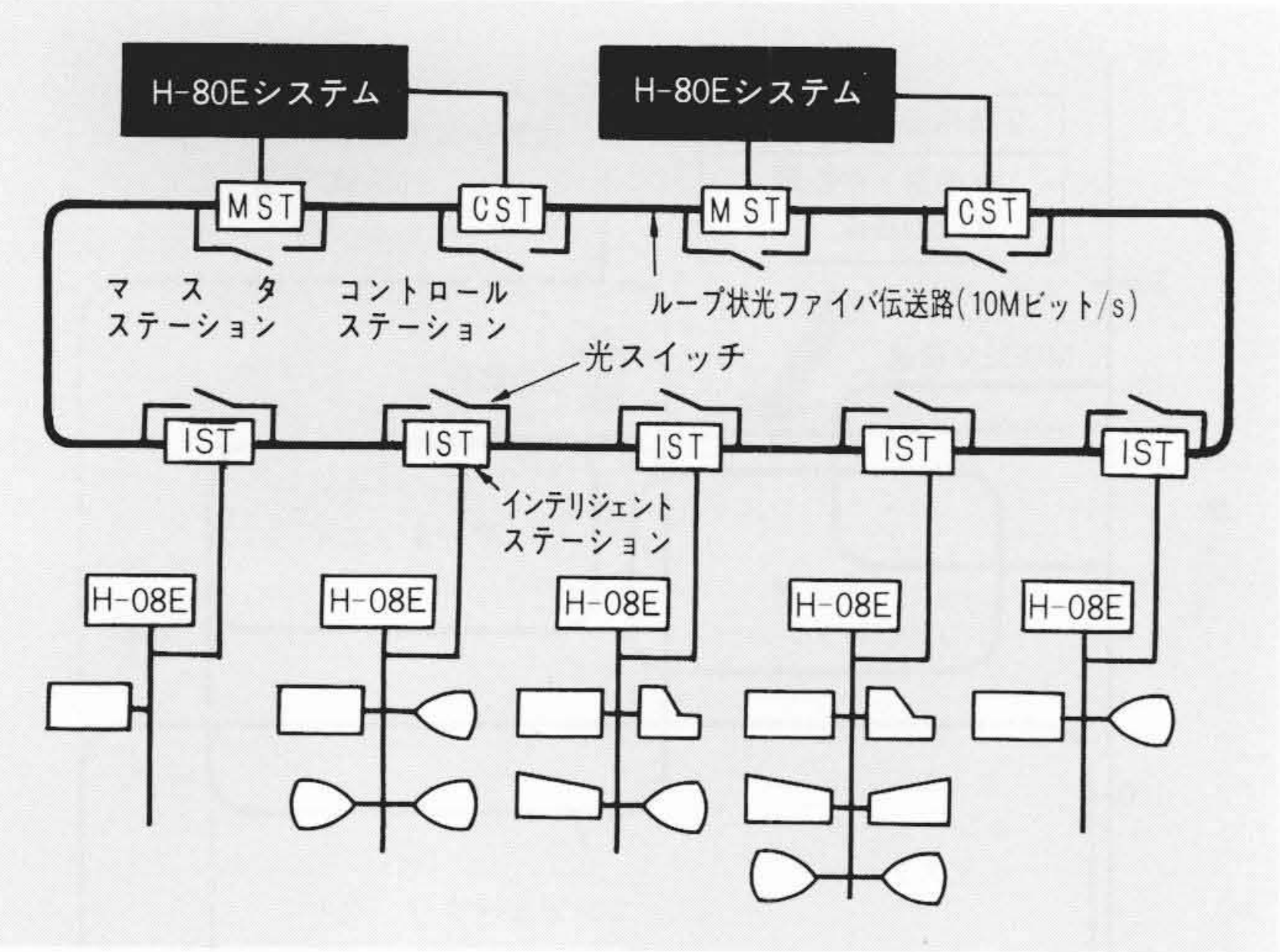


図6 光データウェイシステム適用例 光データフリーウェイシステムは、ループ状光ファイバ伝送路による高速伝送を実現するとともに、バイパス用光スイッチやCST(コントロールステーション)の二重化などにより、高信頼度なシステムを構成することができる。

表6 光画像伝送システムの開発例 主に伝送距離に応じ、種々の光デバイスや光変調方式が適用される。

伝送情報	ベースバンドビデオ信号			VHF多重信号
光変調方式	IM	準IM	FM	IM
光源	LED	LD	LD	LD/LED
受光	PIN/APD	PIN/APD	PIN/APD	PIN/APD
伝送路	SI	SI	GI	空間/GI
伝送距離(km)	5	10	15	1

注：略語説明
IM(Intensity Modulation) SI(Step Index)
FM(Frequency Modulation) GI(Graded Index)

4.3 発電所監視制御システムへの適用

近年、電力需要の増大により電力系統規模は拡大の一途をたどっており、これら電力設備の省力化・自動化を目的にデジタル制御機器の導入が図られている。超高压電気所でのデジタル保護継電装置及び構内遠方監視制御装置では、
(1) 開閉時に大きな雑音を発生するしゃ断器や断路器の近くから制御室まで、信号を伝送する必要がある。
(2) -20~70℃という広い温度範囲(屋外に設置の端末装置)で安定に動作することが要求される。
(3) 光ファイバケーブルの布設場所が、雨天時に水没することの多いケーブルピット(開渠)である。
など、本分野の光伝送システムは格段に厳しい耐雑音性、耐環境性及び高信頼性を同時に要求される。また、この場合の光伝送システムは、短距離・中容量伝送を目的としていることより、デバイスとしてLED、ポリマクラッドファイバ、PINを用いる例が多い。

このほか、他の分野への応用としては、大電流が流れる電力ケーブルと同一の洞道内に、制御ケーブルを布設する揚水発電所の地上~地下制御室間伝送などが検討されている。

5 光伝送システムの将来展望

以上述べてきたように、産業用分野では、30Mビット/s、5km程度の中速・中距離領域をカバーするLED-PIN技術が既に

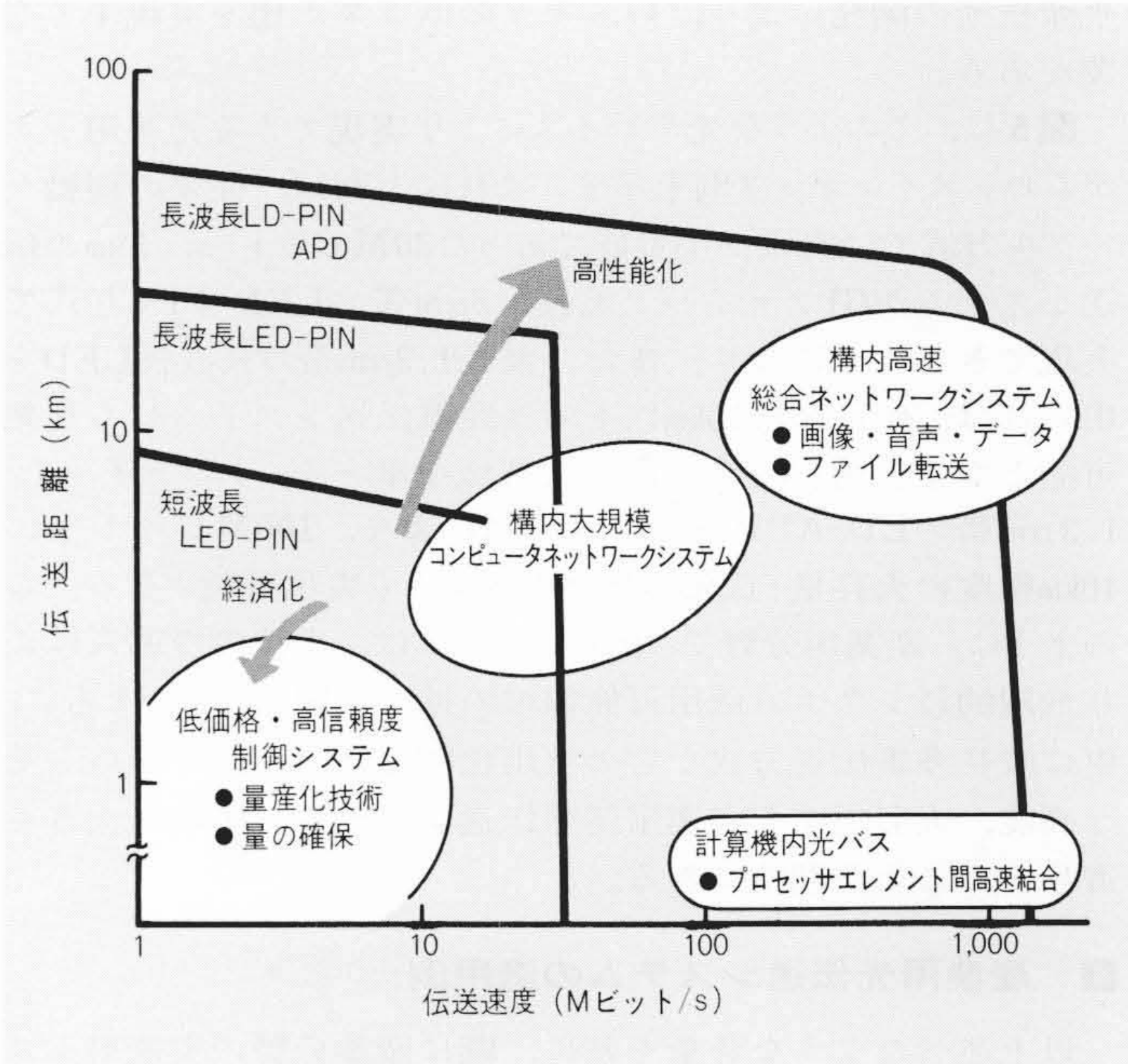


図7 光適用システムの今後の動向 光適用システムの今後の方向としては、高性能化と経済化を目指す二つの大きな流れがあることが分かる。

実用化しているが、今後の光適用伝送システムの方向としては、図7に示すように大きく二つの流れがある。一つは、LED-PIN技術では達成できない高速・長距離領域への適用拡大をねらう高性能化指向であり、例えば、鉄鋼・交通システムのように、ますます大規模・広域化する分野に対処するものである。他は、中速・中距離領域内で、より低価格な伝送システムを実現するための経済化指向であり、計算機制御分野での端末制御システムや、自動車産業での集約配線システムのように、特に経済性、信頼性を重視する分野に対処するものである。

前者に対しては、図7に示すように、長波長化による長距離化とレーザ技術の導入による長距離・高速化が必須となる。このため、寿命、耐環境性、経済性向上など、産業用途への早期適用を目指して、長波長技術とレーザ技術の改善に最大の努力が払われている。また、後者に対しては、従来の電気系伝送システムと同等、あるいはそれ以上の低価格化を実現し、より広範囲なシステムへの適用拡大を図るため、現在確立したLED-PIN技術を基盤に、量産化技術によるコストダウン達成に努力が払われている。

6 結 言

以上、現在、各産業分野で積極的に導入実用化が図られている産業用途での光情報伝送システムの現状と動向について、実適用例も含め紹介した。光伝送システムの実用化はまだ緒についたばかりであり、解決すべき課題も多いが、当初の研究段階から脱し、現在の実用化レベルに達することができたのは、終始、各分野でのユーザーの積極かつ熱心な指導、協力によるもので、深く感謝の意を表わしたい。今後、残された課題の早期解決に努力し、光の特質と利点を生かすと同時に、経済的にも魅力ある伝送システムを実現することによりデータ伝送、計測・制御分野をはじめ、より広範囲な産業分野で使用してもらえよう、努力してゆく考えである。

終わりに、今後共、ユーザー各位のよりいっそうの御指導と御協力を仰ぎたい。