

コンピュータ間を直結する長距離光伝送装置

Fiber Optic Data Transmission Equipment for Connecting Long Distant Computers

中央処理装置と30km離れたチャネル間結合装置などの高速周辺装置を、直接IOインタフェースで接続できる新しい光チャネルアダプタを開発し、関西電力株式会社の2箇所のコンピュータセンタ間を結合する光伝送システムに適用した。IOインタフェースケーブルを、このような長距離に延長できる装置の実用化は他に例がない。この長距離光伝送を実現するため、光伝送部にはレーザダイオードと新しい伝送符号方式を採用した。データ転送速度は1.5Mバイト/秒である。

この装置の適用により、遠隔センタ間のファイルのリアルタイムなアクセスが可能となり、ファイルの安全管理、処理負荷の分散など、システムの新たな拡張が可能とした。

稲垣 健* *Ken Inagaki*
 源馬和寿** *Kazutoshi Gemma*
 林 孝一** *Kouichi Hayashi*
 長野克之*** *Katsuyuki Nagano*
 水谷良介**** *Ryōsuke Mizutani*

1 緒 言

大形コンピュータシステムのCPU (Central Processing Unit: 中央処理装置) と高速の入出力装置の物理的な距離は、120m程度が限界である。しかし一方では、システムの拡大、多様化に伴い入出力装置をできるだけ遠方に設置する必要性が高まっている。関西電力株式会社と日立製作所は、30km離れた2箇所の計算センタ間で高速にデータ交換することを目的に共同研究を行ない、新しいOCA (Optical Channel Adapter: 光チャネルアダプタ) を開発した。昭和60年4月から実運用システムの中で稼動している。

ソフトウェアからみてOCAは透明であり、しかも長距離伝送路で、IOインタフェース動作を保証するためには高い伝送

信頼性確保と障害回復や信号応答時間保証の問題などの技術的課題があった。本稿ではこれらの問題と解決策について述べるとともに、更に、関西電力株式会社での運用システムを紹介する。

図1に光伝送システムの構成例を、図2にH-8942形OCAの外観を示す。

2 OCAの機能

日立製作所では、これまでも発光ダイオードを使って3kmまで接続可能なOCA¹⁾を開発している。今回のH-8942形OCAにもこれを基本的な方式として継承したが、長距離・高

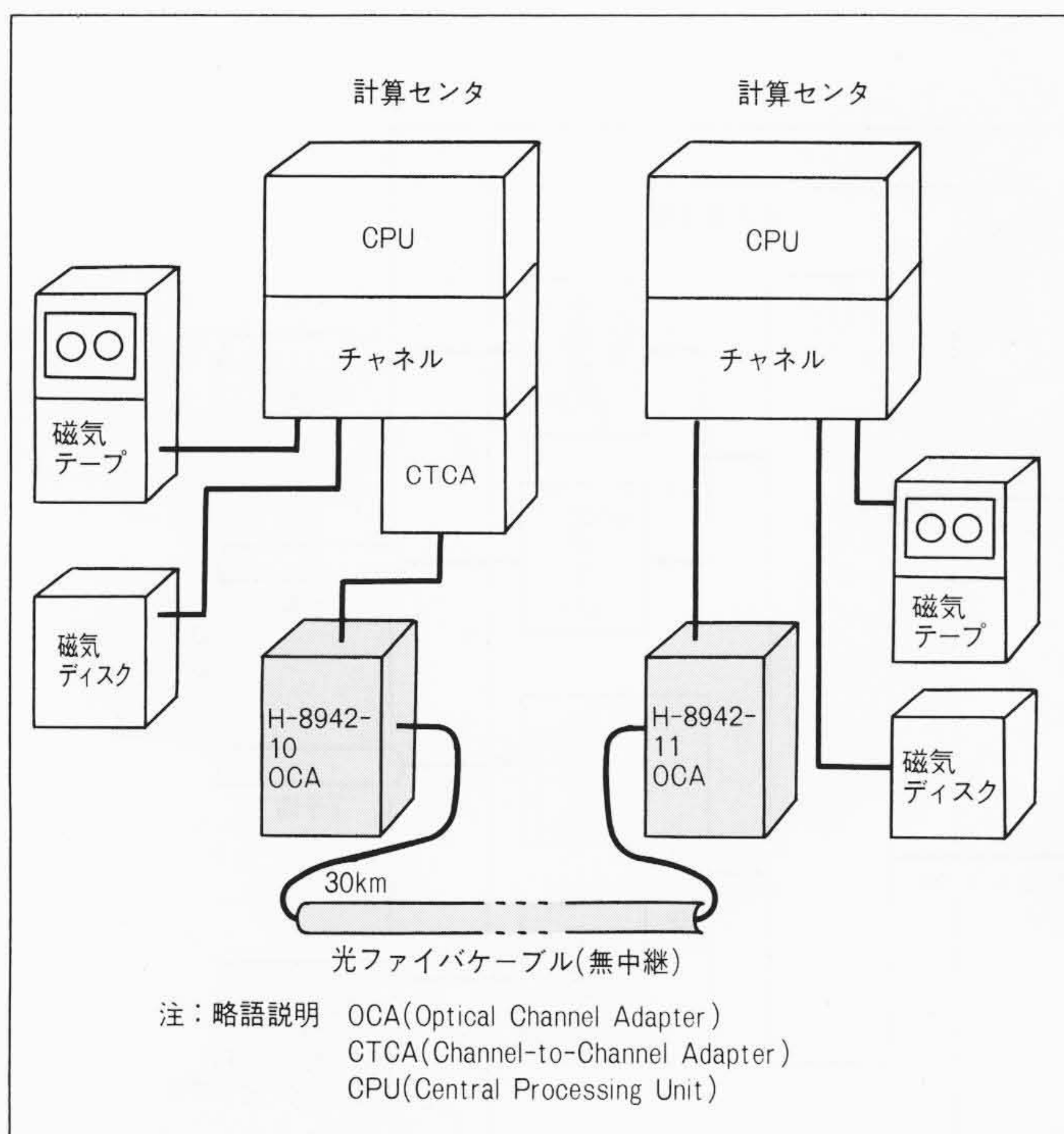


図1 光伝送システムの構成例 OCA(Optical Channel Adapter: 光チャネルアダプタ)を使った遠隔地センタ中央処理装置間の接続構成例を示す。

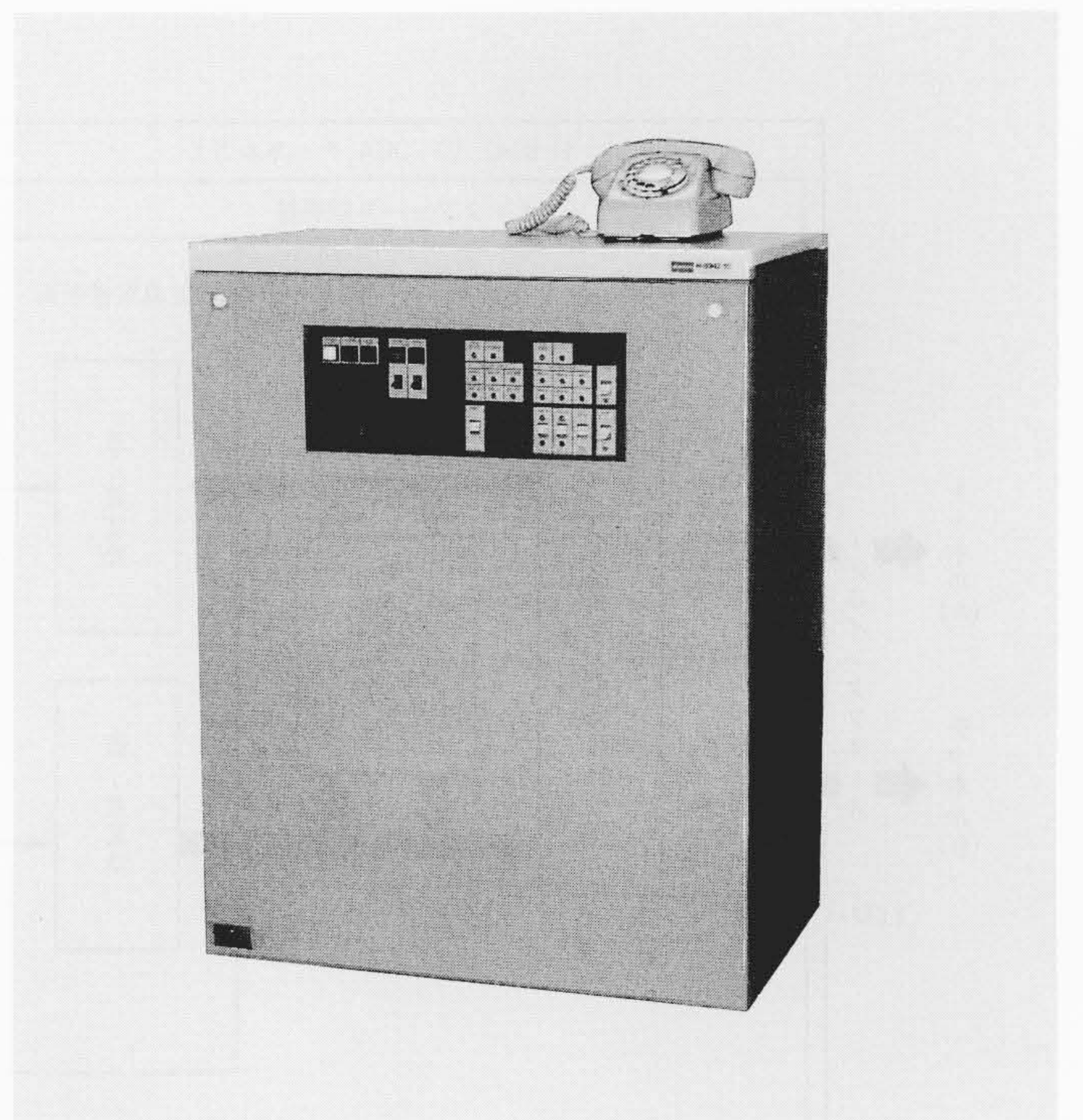


図2 H-8942形OCAの外観 1対のOCAにより30km離れたCPUと入出力装置を直接接続することができる。データ伝送性能は1.5Mバイト/秒である。

* 関西電力株式会社情報システム部 ** 日立製作所神奈川工場 *** 日立製作所光技術開発推進本部 **** 日立製作所大森ソフトウェア工場

速・高信頼度なデータ伝送を実現するためには、新たに1.3μm長波長レーザダイオードの適用や、障害時の自動回復機能を充実することが不可欠であった。

本装置の基本的な機能はIO(入出力)インタフェース上の並列な電気信号と光ファイバ上の直列な光信号との間の変換を行なうことである。IOインタフェース上の制御信号の変化をとらえ、そのときのインタフェースの状態をフレーム化し、直列な光信号として光ファイバに送出する。この直列光信号を受けた受信側では、再び並列な電気信号に逆変換してIOインタフェース上に送り出す。OCAはこの基本機能により、チャンネルとIO装置の間の逐次応答方式による各種シーケンスを制御する。また、データ伝送のために大容量のデータバッファを備え、データをブロック化してOCA間を一括伝送する方式により実効性能1.5Mバイト/秒という高速伝送を実現した。

本装置は、ブロックマルチプレクサチャンネルに接続されてチャンネル間結合装置、磁気テープ装置などの高速IO装置を制御することができる。光伝送系には32Mビット/秒の伝送性能をもたせ、データ誤り制御の冗長性を加えても必要な伝送性能が得られるようにした。

3 装置の概要

3.1 装置の概略仕様

H-8942形OCAは、図3に示すような機能構成と、表1に示す概略仕様をもっている。

3.2 光送受信方式

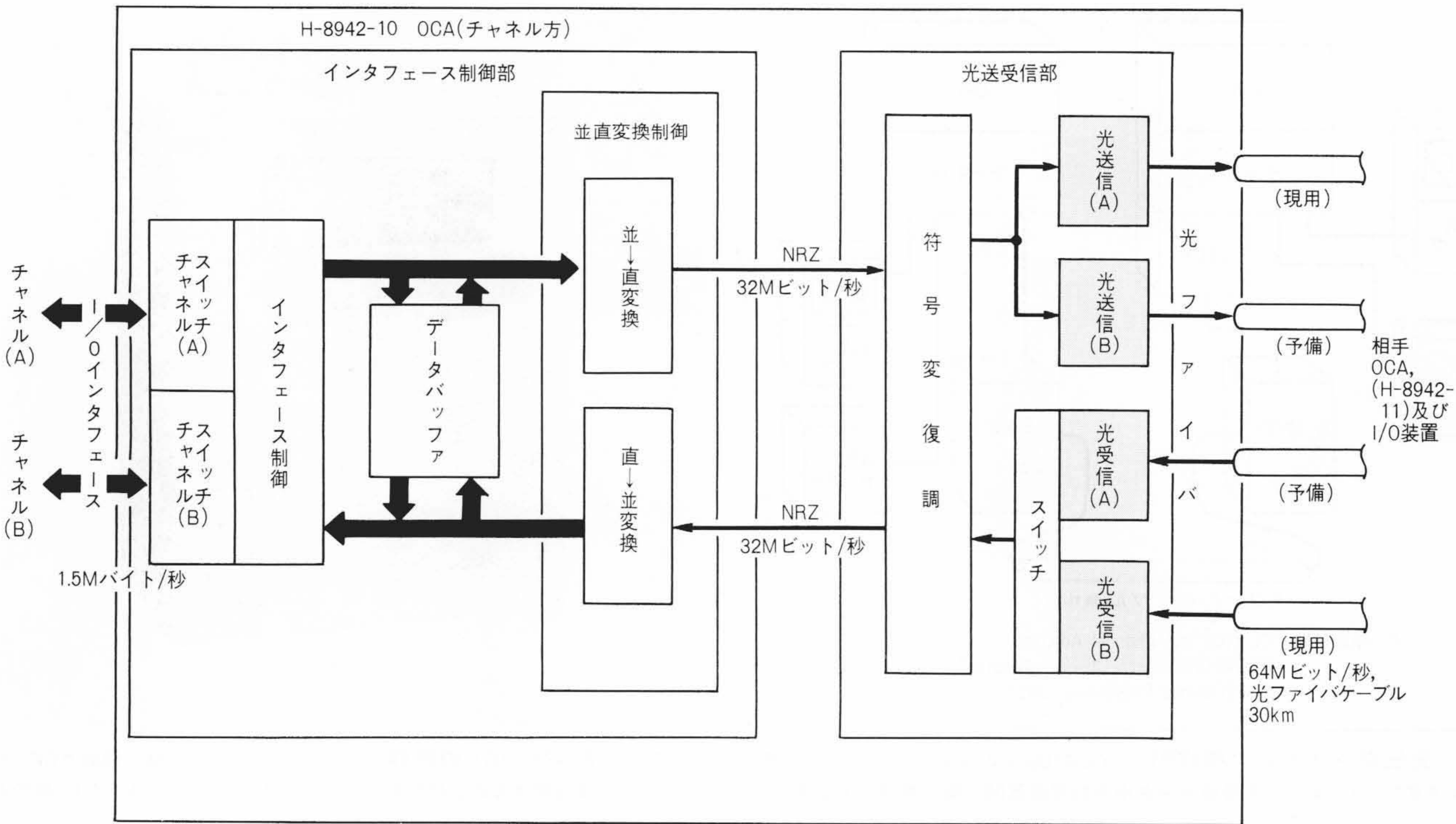
マルチモードファイバを用いた長距離伝送では、モード分散により光ファイバの伝送帯域が制限される。このため、電気信号から光信号へ変換する場合には光ファイバの帯域を考慮して伝送路符号を採用する必要がある。通常用いられているDMI(Differential Mode Inversion)符号あるいはCMI(Coded Mark Inversion)符号では、データの1ビットを2ビ

ットの符号に変換する。これにより直流成分の抑圧とタイミング情報の伝送を可能にしているが、必要な光ファイバの帯域は2倍に増加する。そこで本装置では、符号のもつ規則性に着目したDMI-デュオバイナリ方式²⁾を、半導体レーザを用

表1 OCAの仕様一覧 高い伝送信頼性を得るため、RAS(Reliability, Availability, Serviceability)機能の充実を図っている。

項 目		H-8942形OCA仕様
システム	接 続	BLMPX, CTCA, MT
	接 続 距 離	最大30km(無中継)
	デ ー タ 転 送 速 度	最大1.5Mバイト/秒
	実 装 形 式	幅750×奥行450×高さ1,000(mm)
	シ ス テ ム 構 成	2チャンネルスイッチ切替機能(手動・自動)
光送受信	情 報 伝 送 速 度	32Mビット/秒
	送 信 ・ 受 信 素 子	InGaAsP-LD・Ge-APD
	光 波 長	1.3μm
	光 伝 送 符 号	DMI-8ZS
	光 変 調 速 度	64Mビット/秒
	送 信 ・ 受 信 電 力	-5 dBm ~ -38 dBm
	伝 送 距 離	30km
	伝 送 誤 り 率	10 ⁻¹¹ 以下
	光コネクタ・ファイバ	FC形コネクタ・50/125μmGIファイバ
	RAS機能	CRCチェックとフレーム再送機能 ECCコードチェックと1ビットエラー自動訂正 符号則チェックと光予備系への自動切替
診断・保守	診 断 ・ 保 守	光ループバック診断 LD, APD動作状態監視, ロギング
	障 害 報 告	回復不能障害のチャンネルへの報告

注：略語説明 RAS(Reliability, Availability, Serviceability), BLMPX(Block Multiplexer Channel), CTCA(Channel-to-Channel Adapter), MT(Magnetic Tape), LD(Laser Diode), APD(Avalanche Photo Diode), ECC(Error Checking & Correction), CRC(Cyclic Redundancy Check), DMI-8ZS(Differential Mode Inversion-8Zero's Substitution)



注：略語説明 NRZ(Non Return to Zero)

図3 OCA機能構成図 信号の並直変換機能と予備を含めた二組みの光送受信機能をもつ。光ファイバ障害時など自動的に受信系統が切り替わる。

いた長距離伝送方式として新たに採用することとした。

図4に符号変換則を示す。送信側ではDMI-8ZS (8 Zero's Substitution) 符号に変換し、受信側ではデュオバイナリ検出を行ない32Mビット/秒の成分だけを検出する。従来の2値の判定に対して3値の判定回路が必要となるが、必要伝送帯域の増加を招かずに32Mビット/秒の伝送が可能である。

コンピュータのチャネル接続では、許容されるビット誤り率が 10^{-15} 以下という高い信頼性が要求される。これを32Mビット/秒へ適用すると、1年間の連続動作に対し伝送誤りの発生が1ビットしか許容されない。一般に光伝送系で保証可能なビット誤り率は、 10^{-11} 前後である。誤りの発生する原因としては、受信回路のショット雑音や熱雑音²⁾などに起因する単一ビット誤りと、光源のスペクトル変動に伴うバースト誤りが考えられる。そこで、IOインタフェース制御部で単一誤りを自動修正するとともに、光伝送系を完全二重化構成とし、信頼性の向上を図っている。

また、半導体レーザ出力の経年劣化や光ファイバ損失の経時変動に関しては、駆動電流や受信電力の大きさを自動計測して結果をメモリに蓄積し、定期保守時にこれをロギングして予防保守に役立てている。

3.3 RAS機能

本装置は機能の上からは伝送信頼性の点で実績のあるIOインタフェースケーブルの一部とみなされる。したがって、ケーブルとしての伝送信頼性を損うことなく30kmを接続できることが重要な条件となる。この伝送信頼性を確保するためには、障害によるシステムへの影響を最小限にとどめる機能の充実が重要となる。

(1) 障害発生時の処理

本装置での障害の検出と回復方法を以下に述べる。

- (a) LD-APD光送受信系で発生の予想される単一ビット誤りに対しては、データに付加されたECC (Error Checking and Correction) コードにより障害の検出と誤ったデータの自動訂正を行なう。
- (b) バースト誤りに対しては、データフレームごとに付加されたCRCコードにより障害を検出し、OCA間のフレーム再送機能により自動回復させる。
- (c) 上記(a), (b)の自動回復機能によっても回復できない障害の場合、チャネルに障害の発生を報告しソフト的手段に

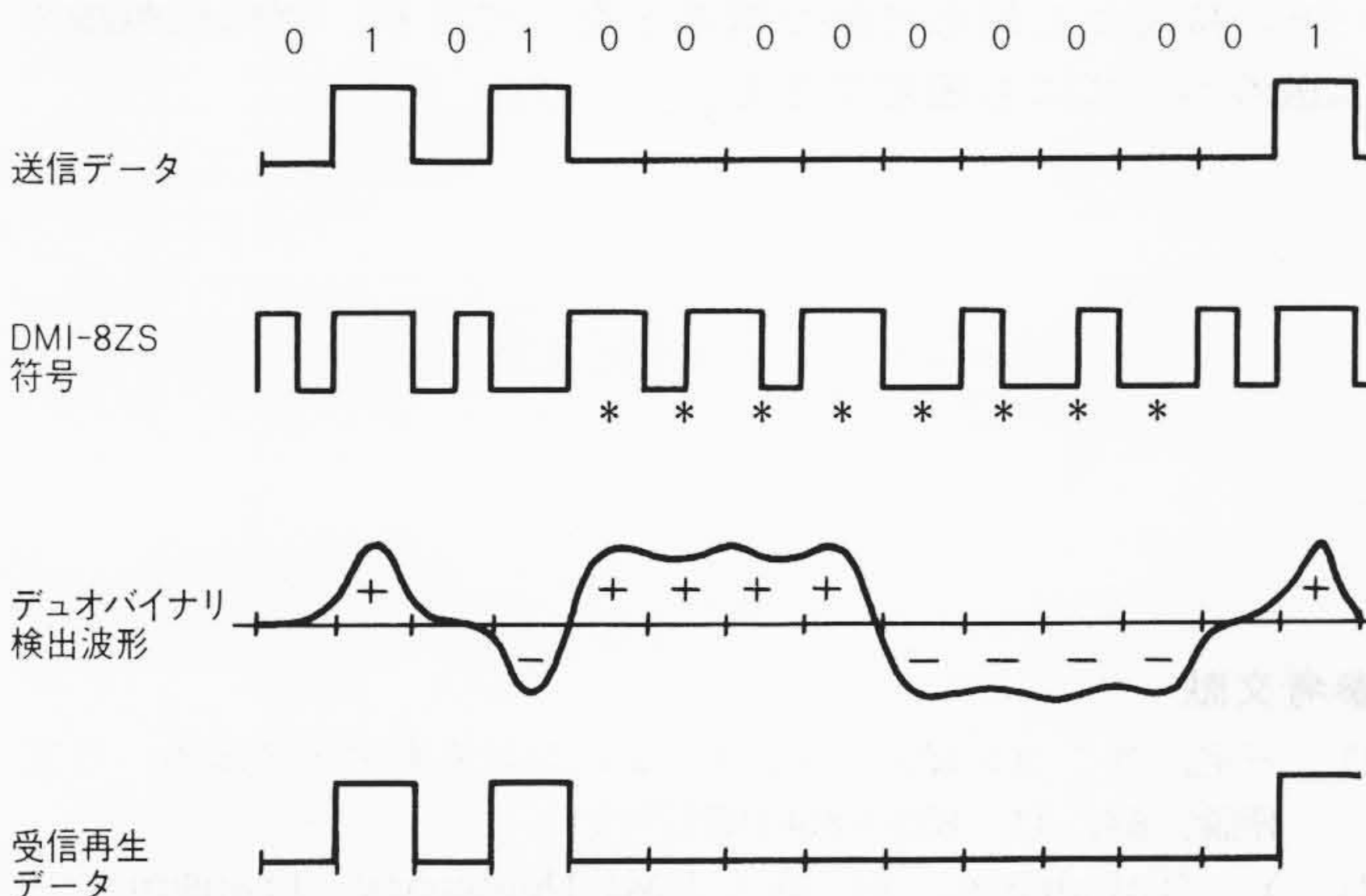


図4 DMI-8ZS符号変換則と受信波形 送信データの“1”は“11”あるいは“00”へ、“0”は“01”あるいは“10”へ変換される。“0”が8ビット連続すると8ZSパターン(*)へ置換される。受信側ではデュオバイナリ検出波形の(+)(-)を“1”と判定し、中央のレベルを“0”と判定する。同時に8ZSパターンの逆置換を行なう。

より再試行を行なう。

(2) 保守性への配慮

本装置の保守性を考えるとき、OCA自身の障害のほかに光ファイバの障害をも考慮する必要があること、また障害時の情報収集にソフト的手段が使えないこと、更には遠隔地センタに分かれて設置される装置であることなどの特殊な保守環境が問題となった。

このような困難な保守環境に対応するためには、OCA自身の障害か、他装置の障害か、またOCA自身の障害であれば対向するどちらのOCAの障害なのかを切り分ける機能が必要となる。このためOCAでは各種チェッカ、光ループバック機能を備え、切り分けを容易に行なえるようにした。

4 関西電力株式会社の運用システム

関西電力株式会社では、コンピュータや通信技術を駆使した高度な情報処理体制を確立し、経営効率のいっそうの向上を目的として、ニューコンピュータリゼーション計画を推進中である。その一環として、図5に示すように鳴尾(西宮市)と大淀(大阪市)の30km離れた二つの計算センタ間で光伝送システムの運用を昭和60年4月から開始した。

4.1 長距離高速データ伝送の必要性と問題点

関西電力株式会社では、セキュリティ確保の観点から計算センタを2箇所に分離し、地区別又は業務別に処理を行なっている。したがって、二つのセンタの機能的統合とセキュリティ体制確立のため、膨大なデータをやりとりする必要がある。

ところが従来のデータ伝送方式では、30km離れたセンタ間で高速データ伝送するのに次に述べるような問題があった。

- (1) 従来の48kビット/秒回線では、磁気テープ1巻を伝送するのに5～6時間を要する。
- (2) コンピュータのチャネル間結合による伝送では、1.5Mバイト/秒で120m程度の距離しか伝送できず、従来のOCAを用いても1Mバイト/秒で3km程度までである。
- (3) 従来、磁気テープを車輪送していたが、ハンドリングやタイムラグが発生していた。

4.2 光伝送システムの実現

これらの距離と速度の相反する伝送上の問題解決のため、関西電力株式会社は図6に示すように2センタ間を無中継30

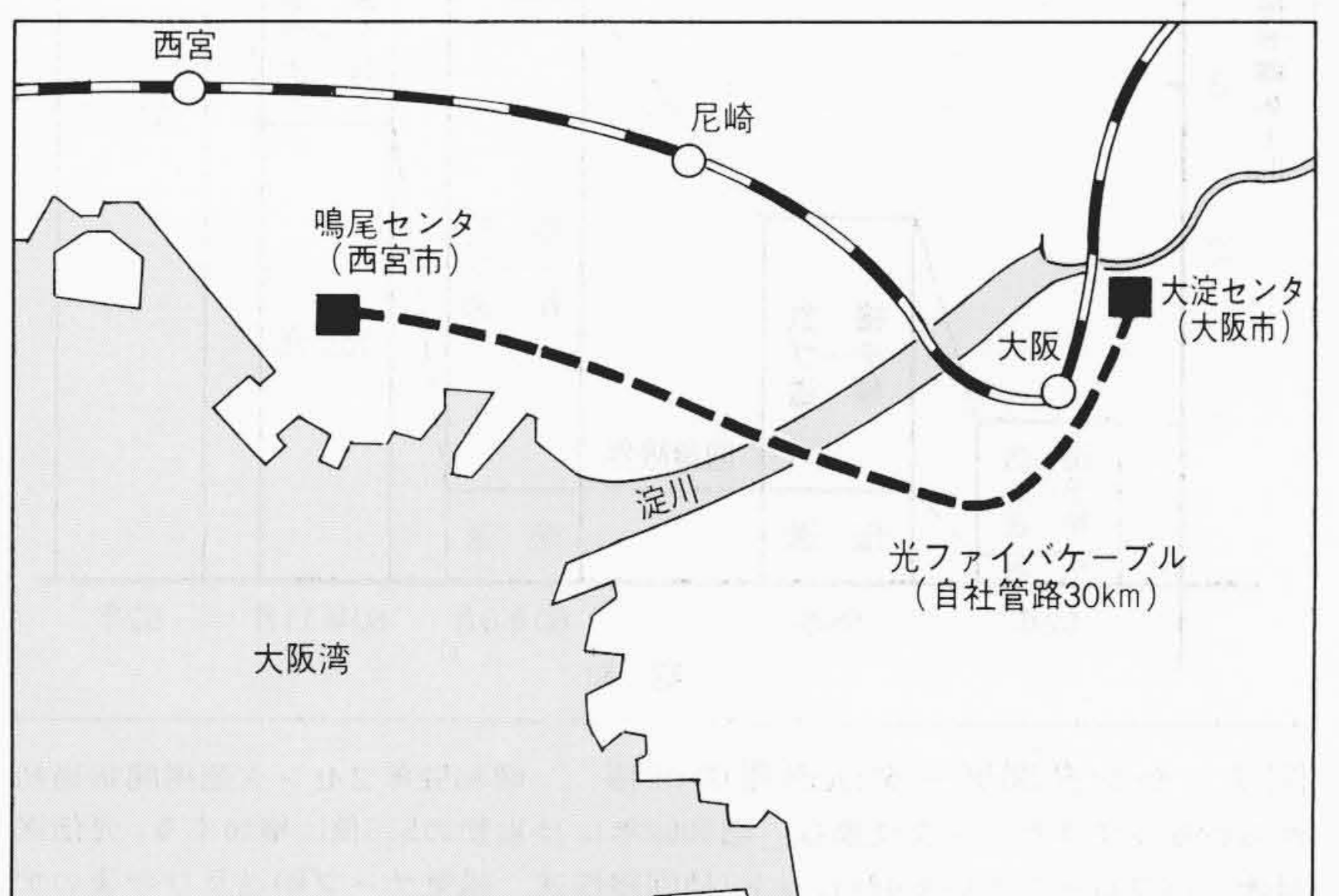


図5 関西電力株式会社2箇所のセンタと光ファイバケーブル

関西電力株式会社では30km離れた二つのセンタ間で光伝送システムの運用を開始した。

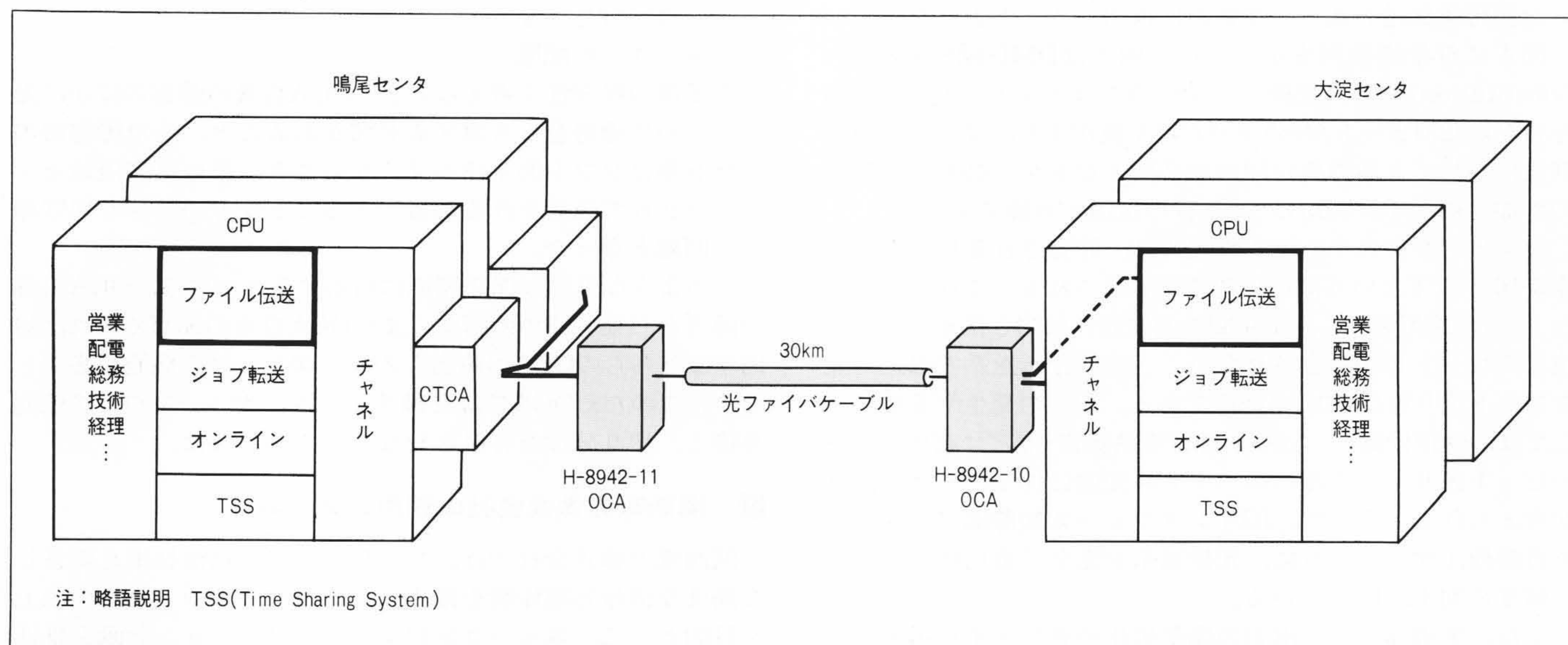


図6 関西電力株式会社システム構成 二つのセンタのコンピュータをOCA、光ファイバケーブルで接続し、業務処理運用の効率化、セキュリティ確保のため、データ伝送を行なっている。

kmの光ファイバで結び、OCAによる1.5Mバイト/秒の伝送システムを実現した。この光伝送システムは、営業・配電・総務・技術・経理などの業務処理運用の効率化とセキュリティ確保のため下記のように活用されている。

- (1) 地区別に処理分担している営業・配電などの業務で、データベースの相互検索、全社データ集約処理。
- (2) 二つのセンタの負荷バランスの適正化
- (3) 重要ファイルの相互バックアップ

4.3 効果

本伝送システムは、従来の48kビット/秒の回線で5～6時

間要していた磁気テープ1巻分の伝送を約2分で行なえるようにした。図7にセンタ間データ伝送量の推移を示す。これは昭和58年からオーバーフローしていた従来回線による伝送はもとより、磁気テープ100巻/日の車輪送を吸収し、今後のデータ伝送量の増大にも対応できるようになる。

その結果、セキュリティ体制の強化と二つのセンタの機能的統合という要求を実現することができた。

5 結 言

H-8942形OCAを使用した関西電力株式会社の光伝送システム開発の意義は、これまで通信の世界のもとにあった長距離伝送を、高速・大容量を必要とするコンピュータの世界で実現したことにある。

現在、この装置は関西電力株式会社の2箇所の計算センタを結んで順調に稼動しており、業務の効率化に寄与している。また、光伝送路の伝送誤り率も 10^{-15} 以下の実績を示しており、実用上十分な伝送信頼性を実現している。

今後この種の装置による長距離化、大容量化の要求が強まるものと予想される。このため、本装置は単一モードファイバとの接続にも対応可能な構造となっており、更に長距離の伝送のニーズにも適応できる。

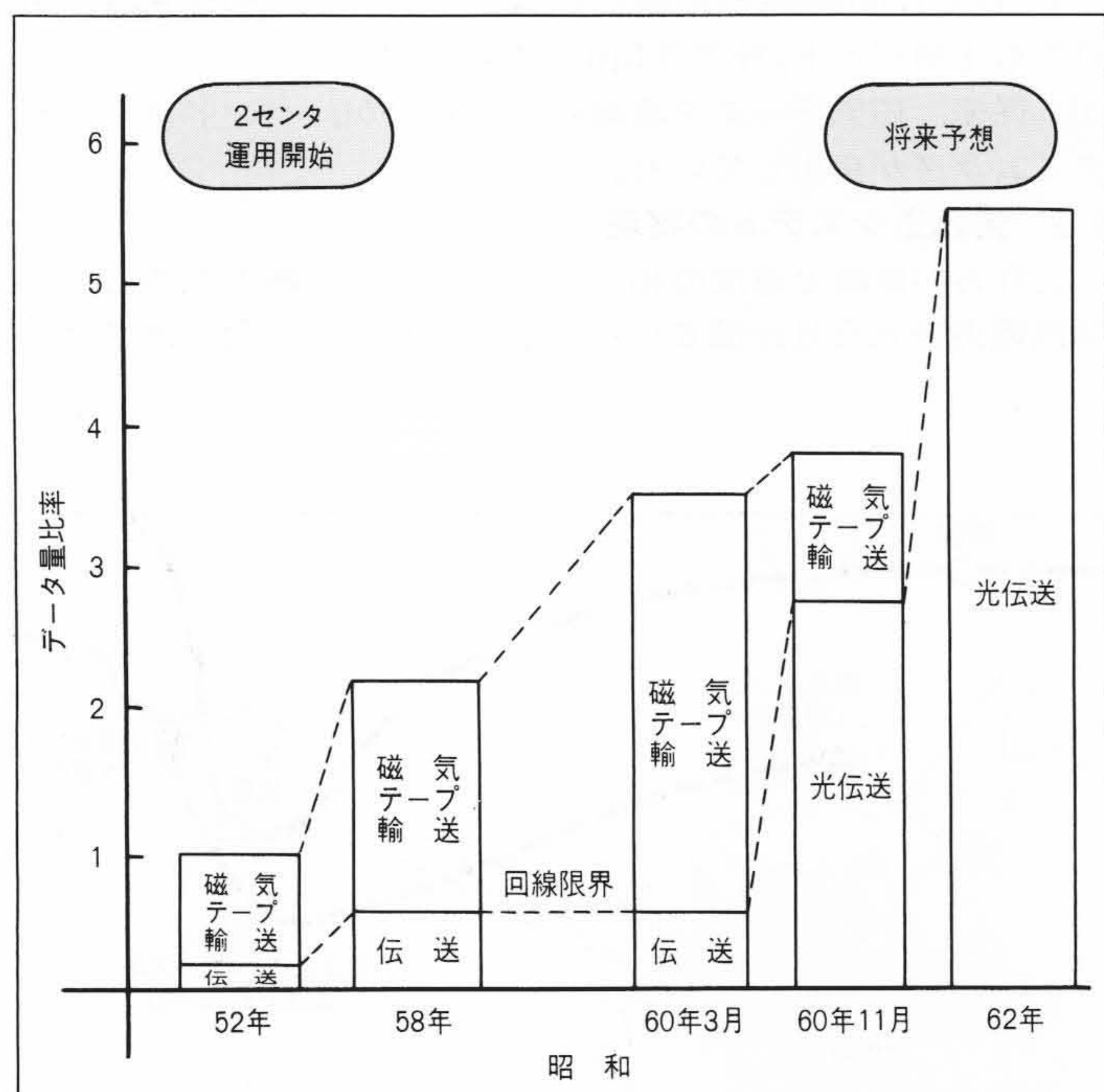


図7 センタ間データ伝送量の推移 昭和52年2センタ運用開始当初から行なってきたデータ交換は、昭和62年には当初の5.5倍に増加する。光伝送はオーバーフローしている48kビット/秒回線伝送、磁気テープ輸送及び今後のデータ量増加分をも吸収する。

参考文献

- 1) 三宅、外：コンピュータシステムにおける光データ伝送、日立評論、64、11、853～856(昭57-11)
- 2) Y. Takahashi, et al.: DMI/Duobinary Transmission Equipment in A Chain of Fiber Optic Repeaters, IEEE International Conference on Communications: ICC, '83 June, pp.19-22, 1983 Boston