

# 地すべり自動観測システムのための データ収録装置 McDSC

松原幹夫・五江渕 通

## McDSC as Updated Data Acquisition Instrument for Automatic Landslide Monitoring System

Mikio MATSUBARA and Toru GOEBUCHI

### Abstract

Our country substantially occupied by the mountainous areas has been suffering from the damages every year in consequence of the frequent occurrence of the debris flow, the landslide etc. While the various countermeasures have been taken to cope with such situation, monitoring extended with the ground behaviour, the groundwater level etc. represents one of those activities in this line for selecting the more effective countermeasure and for predicting feared calamity. In 1976, the initial model of the automatic landslide monitoring system of analog type was developed by the authors and offered its for practical use. Subsequently, in 1986, the development was ensued by the authors with DSC-2 system capable of conducting in succession the measurement, the data acquisition, and the data processing through the use of the digital output sensor.

The most crucial problem that we are confronted with when conducting the long term measurement in the field is the obstacle caused by the thunder (the induced thunder). Despite the various thunderproof elements admittedly developed and used, the electric wires once place wide in the field do not put the system completely free from the obstacle caused by the thunder. To overcome such situation, the development was successfully made with the optical cable linked DSC the utilizes the optical communication technology.

This is the system in which the optical cable linked DSC as the data acquisition system installed quite near to the sensor is linked by the optical cable, and is therefore hardly susceptible to the damage by the thunder except for the one hitting directly the system. Additionally, even in case the damage caused by the thunder directly hitting the optical cable linked DSC, the system was contrived to be the one in which the other constituting devices than the fiber linked DSC would not suffer from the secondary damage. McDSC developed this time in the instrument remarkably enhanced in its functions, through the introduction of the versatile state-of-the-art technologies into those retained by the optical cable linked DSC.

The fundamental concepts motivated the development of McDSC can be briefed as follows:

- (1) This instrument is required to have the weatherproof enough to withstand its use in the field. In special consideration of the imperativeness of its installation underground, its performance aimed at should achieve the satisfactory functioning even immersed into the water as deep as 1.7 m by its structural feature of being all-in-one type with the waterproof chamber.
- (2) Thorough countermeasures should be embodied in the instrument against the thunder.

In this respect, the method adopted to link McDSC by the optical cable has relieved us from spreading wide the electrical wires.

Thus, it is feasible to set up the system not susceptible to the damage by the thunder.

- (3) This system should be the one to cope with the varieties of sensors. While the digital output sensor resistant against the external electrical noise and capable of the data processing in simple manner has so far been employed, further contrivance of incorporating into the system, the option board has contributed to the eventual system able to cope with the sensors of other types already installed.
- (4) Diversification of the output modes should be attained. For this target, the option memory card was prepared, in addition to the optical cable link, and RS-232C interface.
- (5) Diversification of the power supply sources should be achieved. Despite the longterm performance extendable by McDSC relying on its built-in batteries, further contrivance involving its combination with the solar cell was made to succeed in monitoring for longer term, free from maintenance.

The circuit for McDSC is structurally composed of the two sections, specifically the pulse input board section and CPU board section in major sense. With the two input connectors A and B mounted, the former is capable of accepting the signals input from maximum 2 channels by each of those connectors. To supplement, one channel out of them can handle the two-phase signal. On the other hand, in addition to the control extended over ROM and RAM, CPU board section conducts the optical control for controlling each of McDSC (s) via the optical cable, along with the controls over the memory card, LCD, RS-232C etc. HD64180 is CPU employed for this system.

McDSC when independently combined with the sensor can be used as well as the stand-alone instrument, while its maximum 99 units can be linked via the optical cable for their practical use. Additionally, not only the data transmission to the computer in remote location via MODEM, the telephone line etc. but also the control from the computer under such system configuration can be effected.

## 1 はじめに

山地の多いわが国においては、地すべり、土砂流などのいわゆる土砂災害の危険地域が多数存在し、毎年のように、これらの土砂災害によって貴重な財産や、ときには人命までも失われている。したがって、このような災害を未然に防止するための対策の実施が必要である。

地すべりに対しては、抑止工あるいは抑制工としての種々の対策工が採られている。その実効を挙げるためには、対象となる地域の地質調査を行い、地すべりの範囲や発生機構を把握するとともに、その動きを観測し、動態を十分に理解した上で対策工法の選択、設計および施工を行うことが必要である。さらに、すでに対策工が施工されている地すべり地においても、再び活動することが考えられ、このようなところでは監視のための観測を必要とする。

筆者は、昭和51年に全自動の地すべり観測システムを製作し観測を実施したが、このシステムの記録方式がアナログ式であったために、測定値の整理、解析を行うに当たって多くの人手を要するものであった。

昭和59年に汎用の「長期自動データ収録装置 DSC」を開発した。この装置の記録方式はデジタル式で、あらかじめ設定した時間間隔で自動測定を行い、測定されたデータを内蔵メモリに収納するもので、データロガーの一種である。この装置においては、収録されたデータを読み出すためには、装置を設置した現地に赴き、ラップトップコンピュータなどにデータを転送し、フロッピーディスクに収納して持ち帰る必要があった。

建設省の建設技術評価規程による昭和61年度の技術開発課題「地すべり自動観測システムの開発」に応募して開発したシステムが「DSC-2システム」である(松原ほか, 1988a)。このシステムにおいては、16チャンネルの入力が可能なデータロガー(DSC-2 データロガー)を最大8台まで直列に接続することができ、コントローラ、電話回線を介して、事務所のシステム制御・データ処理用コンピュータとデータ通信を行うことができる特徴をもっている。

野外で観測を行うに当たって、電線を張り巡らした場合の最大の難点は、雷による障害を受けやすいことである。この雷による障害を避ける目的をもって、1988年

に、光ケーブルを使用したファイバーリンクDSCシステムを開発した(松原ほか, 1988b)。

この雷による被害を避けることについては、学会においても、その数年前から重要課題となっていた。昭和63年11月24日に別府市において開催された地すべり学会によるシンポジウム「地すべり自動観測システムに関する諸問題」においては、飯干ほか(1988)、山浦(1988)および末峯(1988)は雷による被害について報告し、“システムのハード面で最も重要な問題は雷対策である”とした意見が交換された。

このシステムのファイバーリンクDSCは、1台につき2つのセンサを接続することができ、システムとしては、最大99台のファイバーリンクDSCを光ケーブルで直列に接続することができるようになっている。

このファイバーリンクDSCをセンサの近くに設置することによって、電線を張り巡らす必要がなく、したがって、誘導雷による障害を避けることが可能になった。万一、直撃あるいはそれに近い雷撃によって、センサあるいはファイバーリンクDSCが破損した場合でも、他の機器に影響を及ぼすことがなく、被害を最小限にすることができる。

いずれのシステムの場合も、収録装置は防滴構造となっており、現場においては地中に設けた柵の中に設置して使用している。特に、積雪地域においては、装置を地上に設置した場合、雪崩によって破壊する危険が大きいため、地中に設置することが必要となる。しかしながら、融雪期には地下水位の上昇や地表水の柵内への流入によって、装置が冠水することが少なくなかった。

この冠水による被害を防止するため、すなわち、全天候型の装置とするために、防水チャンバーと一体となったデータロガーを開発した。

## 2 McDSCの開発に対する考え方

さきに述べたように、現地において光ケーブルを使用することによって、雷による被害を最小にすることができたが、設置および観測のための経費の節減ならびに装置の安全管理などの面から、収録装置を地中に設けた柵の中に設置している。このために、融雪期などには柵内に地下水や地表水が流入し、収録装置の冠水による被害が心配された。

したがって、McDSCの開発に当っては、「収録装置を防水チャンバーと一体となる形にし、設置場所に対する浸水、さらには、装置の水没にも耐える構造とする」ことに重点を置き、さらに、下記のように収録装置自体

の性能の向上をはかることとした。

- ① 1台の収録装置に接続できるセンサの数はファイバーリンクDSCと同じで2台であるが、それぞれ2成分のセンサが使用できるようにする(ファイバーリンクDSCは1成分である)。
- ② 1相および2相パルス出力センサも接続することができるようにし、さらに、積算カウンタとして使用できるようにする。
- ③ デジタル出力(周波数出力)型センサ以外に、ひずみゲージ型、電圧出力型および電流出力型のセンサも接続できるようにする。
- ④ パネル画を単純化し、使用しやすくする。
- ⑤ メモリカードによるデータの取出しができるようにする。
- ⑥ 外部電源端子を設ける(たとえば、この端子を用いて太陽電池と蓄電池を組合わせて使用することによって、長期間電池交換をする必要がない)。

なお、McDSCのシステムについては、万全の雷対策を施すことはいうまでもなく、システム全体としては光ケーブルを使用したファイバーリンクDSCのシステムを踏襲することとした。

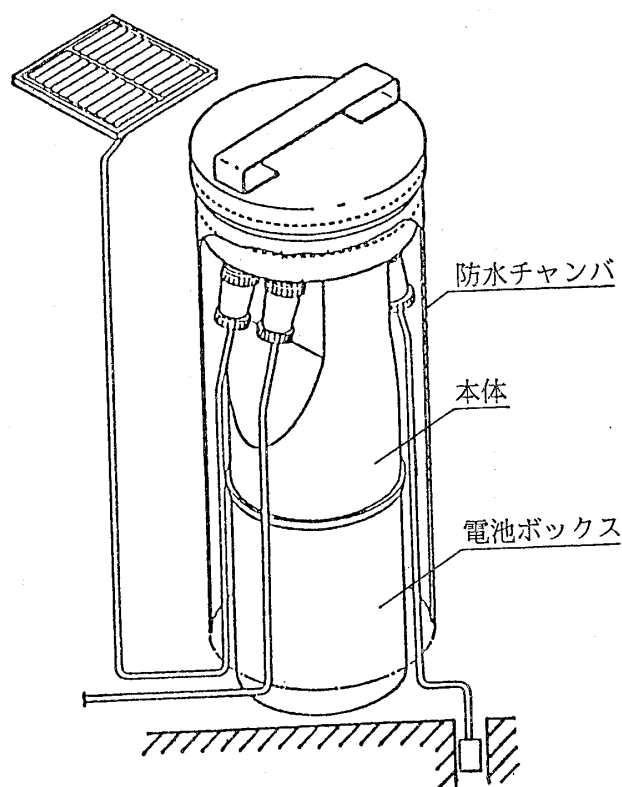


図-1 McDSCの防水チャンバー

Fig.1 The waterproof chamber protecting McDSC

### 3 McDSC の特徴

#### 3・1 防水について

前に述べたように、地中に設けた柵の中に設置して使用するために、豪雨時や積雪地域における融雪期には柵内が水浸しになり、収録装置自体が水没する可能性が高い。このような事故を防止するために、McDSC においては、柵内に水が充満しても収録装置自体は水に触れない構造になっている。

図-1 に示すように、防水チャンバーは、上端は密閉構造で下端は開放されている円筒状のステンレススチール製のものである。この防水チャンバーの本体への取付けは、まず、本体にセンサからのケーブルや接続用の光ケーブルなどをすべて取付けた後に、防水チャンバーを本体に上方からすっぽり被せ、図-2 に示すように、円筒の下方部の 2 個所で本体にネジで固定する構造となっている。このために、本体のすべての端子は下向きに付

けられており、すべてのケーブルはチャンバーと本体との間の隙間を通して外部へ取出される。なお、防水チャンバーの上面には取手が付いており、持運びや設置するときに便利になっている。

また、本体部の電池ボックスとエレクトロニクス部との接合部およびパネルの上面の内ぶた取付部分には、Oリングを使用している(図-2 参照)。さらに、コネクタ類はすべて防滴構造のものを使用しているので、本体内部は完全に密閉されており、湿度100%の雰囲気の中で本体表面に結露があっても、安全に作動することが確かめられている。

McDSC の防水機構は、図-3 に示すように、装置の周囲に水が流入し、外側の水位が上昇するにしたがって、チャンバーの下部からチャンバーと本体との隙間に水が浸入し、内側の水位もしだいに上昇する。この場合の外側水位 ( $H_0$ ) と内側水位 ( $H_1$ ) の関係は図-3 の左側に示す通りである。この装置においては、内側水位が

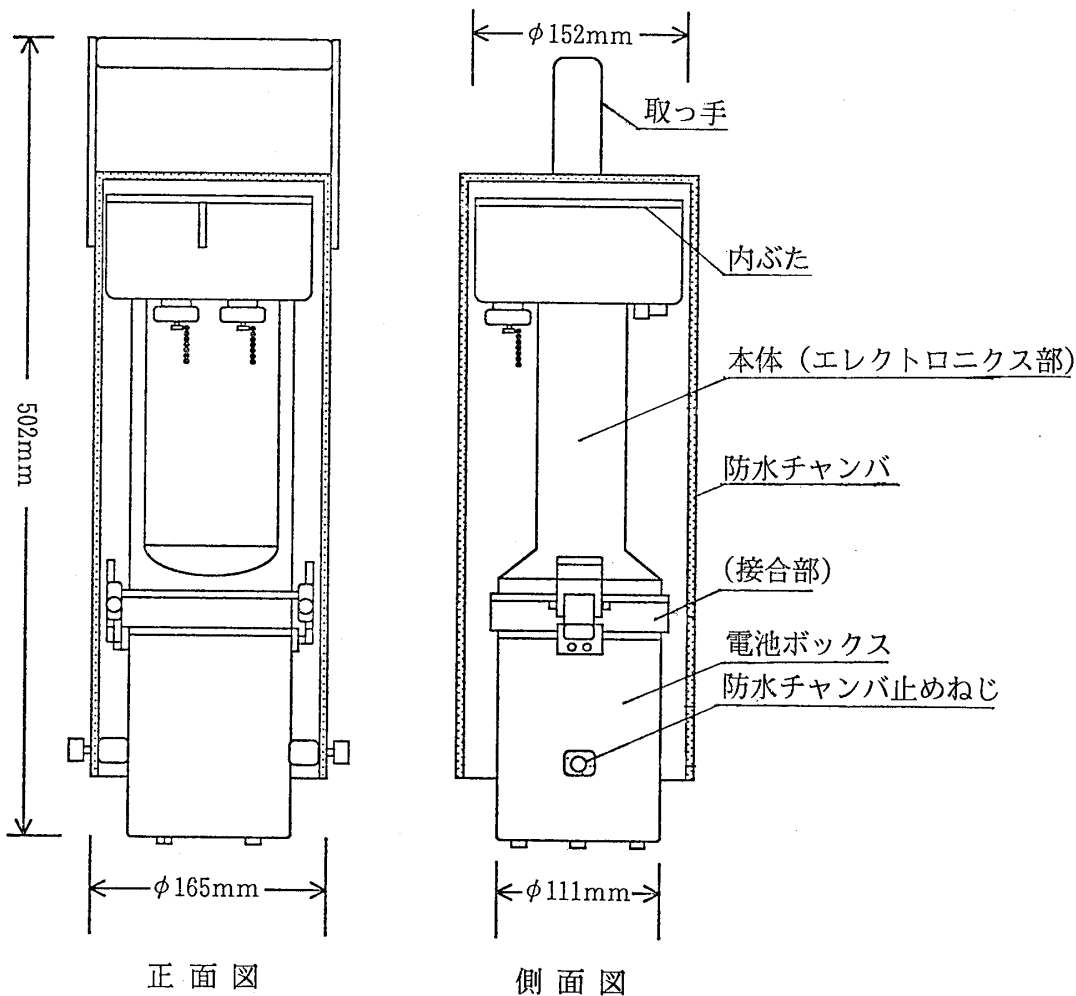


図-2 McDSC の側面図  
Fig.2 Side view of McDSC

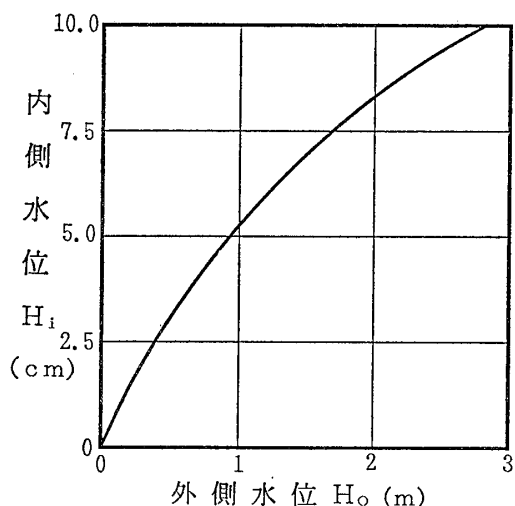
7 cm までは安全であるように設計されているので、許容水没水深は1.7mである。一方、McDSC を設置する枅は、通常プラスチック製の直径50cm、深さ60~100cm程度のもを使用しているため、枅が満水になるような場合でも、本体自体が水に浸かることはない。

また、乾電池を含む McDSC の質量は 8.6kg で、完全に水没したときに作用する浮力は7.8kgfであるので、

浮上る心配はなく、また、装置の重心が浮力の作用点よりも下方にあるので、装置が傾斜しても転倒することはない。

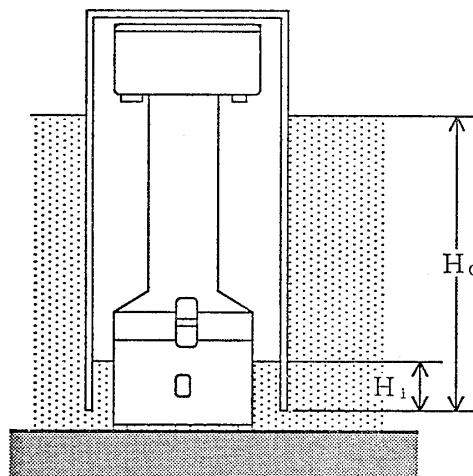
### 3・2 使用センサの種類

McDSC が有しているセンサ接続用コネクタは、ファイバリンク DSC の場合と同じように2個である。フ



図一3 防水チャンバ内外水位の関係

Fig.3 The relation between water levels inside and outside waterproof chamber



表一1 センサ仕様一覧表

Table 1 Specifications for the sensors directly connectable to McDSC

センサ名	測定方法	測定範囲 (フルスケール)	電気的分解能	構造・備考
スライドセンサS	ポテンシオメータ	0~20mm/1回転 エンドレス	F S/4000(mm)	防滴構造
スライドセンサS2	二位相エンコーダ	エンドレス	0.04mm	防滴構造
スライドセンサB	ポテンシオメータ	0~360mm/1回転	F S/4000(mm)	防滴構造
スライドセンサB2	二位相エンコーダ	エンドレス	0.04mm	防滴構造
インクリノメータSB	ポテンシオメータ	±10°	F S/7200(°)	2成分内蔵 防水構造
インクリノメータBP	ポテンシオメータ	±10°	F S/7200(°)	2成分内蔵 防水構造
インクリノメータBS	サーボアクセルメータ	±30°	F S/7200(°)	2成分内蔵 防水構造
水位計	半導体圧力センサ	0~5m 0~10m	F S/4000(m)	防水構造
間隙水圧計	半導体圧力センサ	0~ 3.5kgf/cm <sup>2</sup> 0~10.0kgf/cm <sup>2</sup>	F S/4000(kgf/cm <sup>2</sup> )	防水構造
雨量計	転倒ます		0.5mm/1転倒 1mm/1転倒	ヒータ可能

ファイバリンク DSC においては、1個のコネクタには1個のセンサしか接続できず、インクリノメータ B やインクリノメータ SB などのような2成分のセンサの場合には、1成分ずつ2個のコネクタに接続していた。しかしながら、McDSC においては、1個のコネクタに2成分までのセンサを接続することができる。

DSC-2 およびファイバリンク DSC の場合に、一般的に使用できるセンサは表-1 に示す通りで、周波数型センサを主としていた。表の最下段に示すパルス出力型の転倒ます型雨量計の場合には、パルス数を積算し、積算されたパルス数に対応した周波数を出力するアダプタを介して、DSC 本体に接続していた。McDSC においては、表-1 に示す周波数型センサは直接接続して使用することができることはもちろん、パルス出力型の雨量計も直接接続して積算計測ができるようになっている。そのほかに、二位相型伸縮計も直接接続して積算計測できる。

また、電圧出力型センサ、電流出力型センサあるいはひずみゲージ型センサは、McDSC 本体内にオプションボードを実装することによって、接続できるようになっている。

### 3・3 操作の単純化

#### (1) 初期設定

McDSC に内蔵されている時計の時間合わせ、測定開始時刻、測定終了時刻、測定時間間隔、接続センサの種

類、RS-232C のボーレートなどの初期設定の操作は、図-4 に示すようなパネル面上の16文字×2行の液晶ディスプレイの表示を見ながら、5つのファンクションキーを用いて対話形式で行うことができる。変更する場合も同様である。また、これらの初期設定あるいは変更は、別の場所に設置された観測室のコンピュータによって、RS-232C あるいは光ケーブルを介して操作することもできる。

#### (2) データの読出方法

McDSC においては、内蔵のメモリに蓄積された測定データは、ファイバリンク DSC の場合と同様に、RS-232C あるいは光ケーブルを介して読出される。一方で、オプションのメモリカードにデータを記録することができるようになっている。したがって、McDSC 単独で測定を実施するようときには、データをメモリカードに記録する方式を用いることが得策である。この場合には、必要に応じてカードを回収し、データを専用のカードリーダーによって、処理用のコンピュータに転送すればよい。

#### (3) 長期連続測定

McDSC は、本体内部に装着される電池によって作動する。電池としては、入手が容易である単一型乾電池(8個)、専用の大容量リチウム電池、充電式の密閉型鉛蓄電池のうち、いずれを使用してもよい。

本装置においては、消費電力が少なくなるように設計されており、とくに、測定時や観測室との応答時を除い

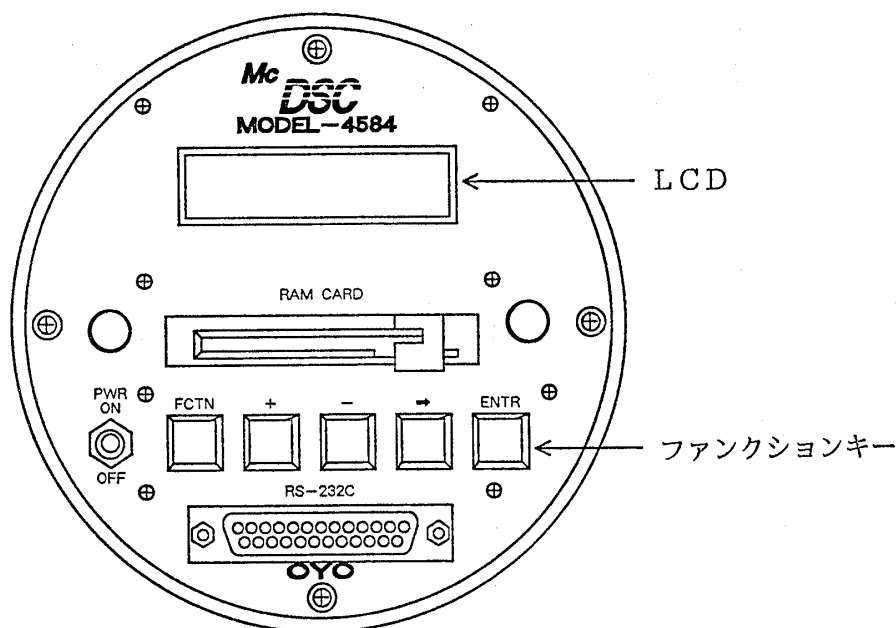


図-4 McDSC のパネル面

Fig.4 Panel board on McDSC

た、いわゆる“待ち時間”中の消費電流が  $150\mu\text{A}$  と極めて少なくなっている。このために、接続するセンサの種類や測定時間間隔によって異なるが、単一型アルカリ乾電池で2～4カ月間は作動する。また、本装置は外部電源端子を有しており、DC12Vの入力で作動する。乗用車用の蓄電池で6カ月間程度は取換えなくてもよいようである。さらに大容量の外部電池あるいは充電式内部電池と太陽電池の組合せなどを考えることによって、長期間にわたるメンテナンスフリーの観測が可能になる。

さらに、McDSC においては、その時々電源電圧および温度を測定し、センサによる測定データとともに観測室へ転送することができるようになっているので、たとえば、電話回線を介して遠隔地へデータを転送するシステムの場合には、電源の状態を常時監視することができ、電池交換時期を失って欠測となるようなことを防止することができる。

#### 4 McDSC の仕様と回路構成

McDSC の仕様は、表-2 に示す通りである。

##### 4.1 McDSC の回路構成

McDSC は、図-5 に示すように、パルス入力ボードと CPU ボード部から構成されている。パルス入力ボード部は、AとBの2つの入力コネクタを有し、それぞれ2成分の信号を入力することができるようになっている。なお、そのうちの1成分は二位相信号を扱うことができる。入力部には、バリスタによる過電圧抑止回路を採用するとともに、センサと McDSC との間は光半導体（フォトカプラ）を用いて電氣的に絶縁してある。これによって落雷時に生じる誘導電圧による回路の損傷を防止することができる。

表-2 McDSC の仕様

Table 2 Specifications of McDSC

部分	項目	仕様
計測部	入力コネクタ数	2個(2成分/個)
	計測周波数範囲	0～65535Hz
	測定間隔	3～59分、1～23時、1～10日
	メモリ容量	64KB *
	出力	RS-232C、光ケーブル接続
	表示	LCD(16文字×2行)
光部入力	コネクタ	FC型
	入力形式	RS-232C、2400ボー
	入力素子	ピンフォトダイオード
光部出力	コネクタ	FC型
	出力形式	RS-232C、2400ボー
	出力素子	LED
電源	動作電圧	10～14VDC
	消費電流	待機時: $150\mu\text{A}$ 、動作時: 20mA
動作環境	動作温度範囲	-15～50℃(リチウム電池使用)
	許容水没水深	1.7m

- \* 1 データ入力時: 5200点(5200点×1)  
 2 データ入力時: 9000点(4500点×2)  
 3 データ入力時: 11700点(3900点×3)  
 4 データ入力時: 14000点(3500点×4)

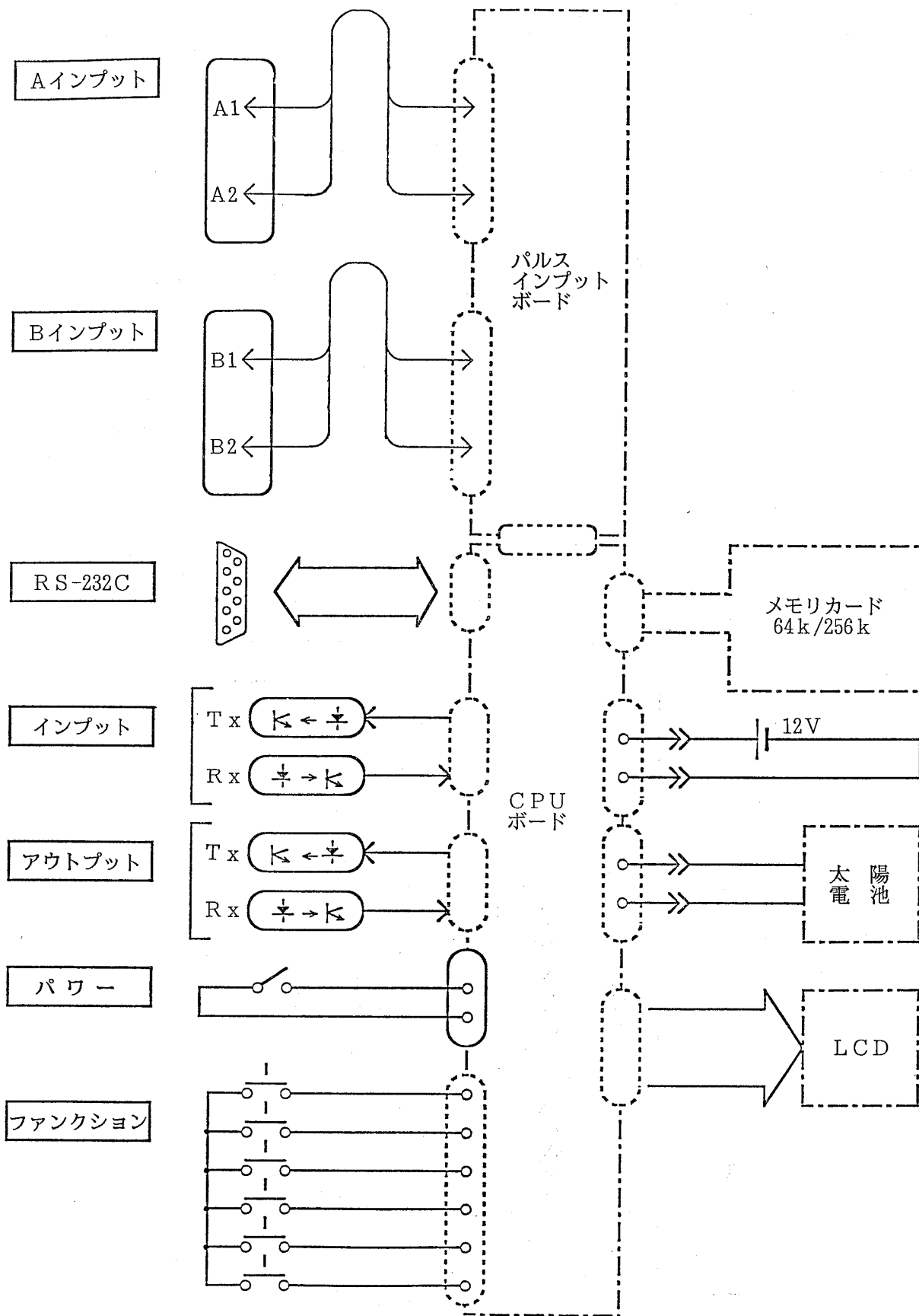


図-5 McDSC の回路構成

Fig.5 Structure of the circuit on McDSC



一方、CPU ボード部では、ROM および RAM の制御の他に、メモ리카ードコントロール、LCD コントロール、RS-232C コントロール、光ケーブルを介して各 McDSC を制御するためのオプチカルコントロールを行っている。

#### 4・2 McDSC の回路ブロックダイアグラム

McDSC の回路ブロックダイアグラムは図一6に示す通りである。CPU は、C-MOS 構造で低消費電力の HD 64180 を採用しており、512Kバイトあるいは1Mバイトの大容量メモリを直接アクセスすることができる。また、ROM エリアとして32Kバイト、RAM エリアとして64Kバイトを有している。そのほかに、カレンダー、シリアルインターフェースアダプタ、パルスカウンタおよび入出力コントローラが接続されており、直接アクセスすることができるようになっている。

入力コネクタに接続されている各種のセンサからのパルス信号は、パルスカウンタに送られる。このパルス信号は、パルスカウンタによって1データを16ビット(2バイトデータ)すなわち0~65535カウントデータとしてメモリに記録される。なお、センサが電圧出力型、電流出力型あるいはひずみゲージ型の場合には、図一6において、点線枠によって示してある A/D(V/F) コンバータを使用することによって対応できるようになっている。

本システムにおいては、回路の高密度・高集積化を図るために、写真に示すように、表面実装技術(SMT)を使用している。

#### 4・3 McDSC における光通信方式

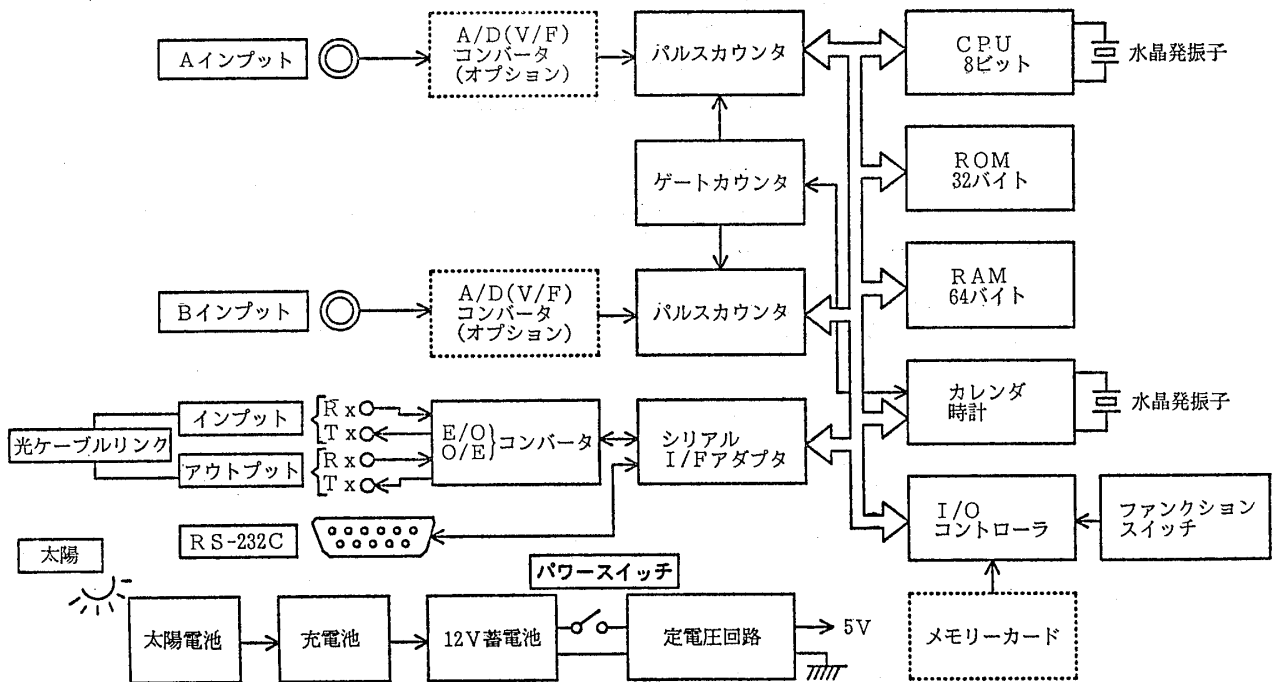
一般に光通信システムを構成するに当たっては、図一7に示すようなデジタル伝送系あるいはアナログ伝送系が用いられている。McDSC はデジタル信号を使用しているのであるから、図に示したデジタル伝送系に準じた方式を採用した。

地すべり観測システムを設計するに当たっては、長期間の連続観測を必要とすることが多く、したがって、消費電力が低く、しかも信頼性の高い光通信システムを確立することが最大の要点である。McDSC においては、RS-232C の通信プロトコルを基にして、表一3に示すような光通信システムを考案採用した。

ここに、送信および受信のクロックは、768 KHz で一定である。

##### (1) 光送信回路

送信データの始まりと終りを識別できるようにするために、データの立上りおよび立下りを検出し、それぞれ、巾が長いパルスおよび短いパルスとして送信用発光ダイオード(LED)を光らせる。長いパルスの中は、768KHzの11クロック分すなわち14.3μsecである。一方、短いパルスの中は、3クロック分で3.9μsecである。こ



図一6 McDSC の回路ブロックダイアグラム  
Fig.6 Blockdiagram of the circuit on McDSC

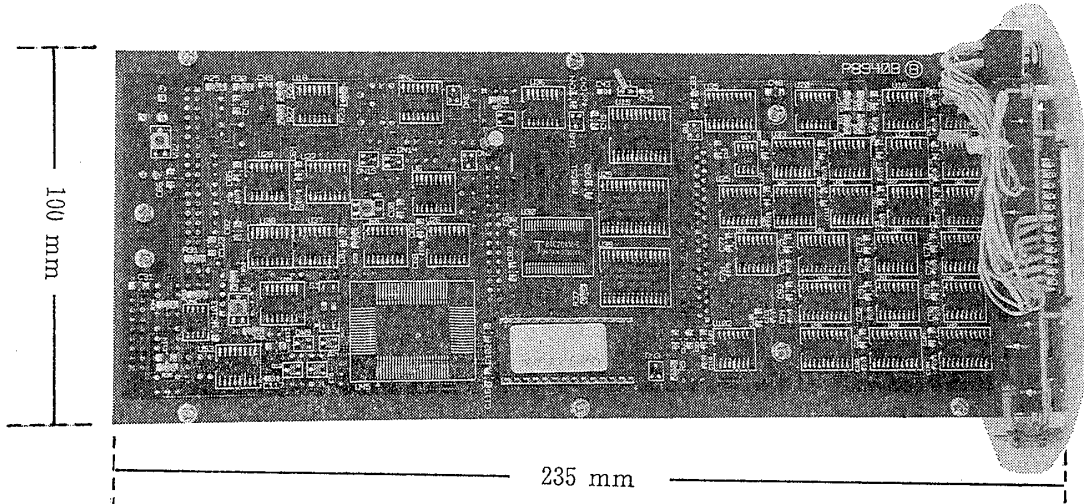


写真 表面実装技術による高密度高集積化された装置の内部  
 Photo Circuit board with high density and high integration through application of the surface mount technology

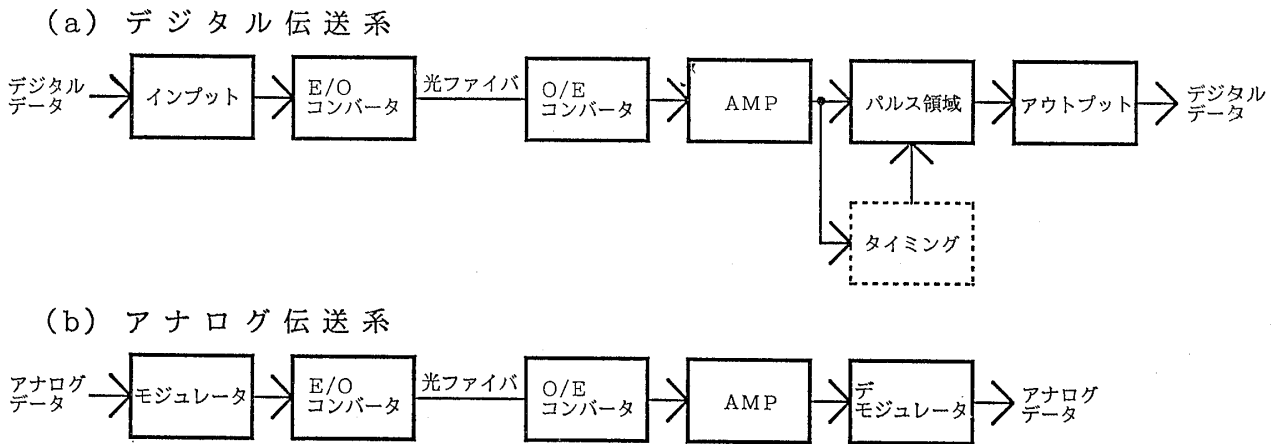


図-7 光通信システムの基本構成  
 Fig.7 Basic structure of optical communication system

表-3 McDSC の光通信  
 Table 3 Optical communication specifications of McDSC

項 目		仕 様
光部入力	コネクタ	FC型
	信号形式	RS-232C 2400ボー (固定) 8ビット、パリティ無、2ストップビット
	入力素子	ピンフォトダイオード
光部出力	コネクタ	FC型
	信号形式	RS-232C 2400ボー (固定) 8ビット、パリティ無、2ストップビット
	入力素子	LED (ALGaAs) 865nm (ピーク波長)

のようにして送信データの立上りおよび立下りを検出し、送信用発光ダイオードを駆動することができるようにしたことによって、極めて少ない電力消費で信頼性の高い光送信を可能にした。

図-8は、8ビットのシリアルデータ<00100110>を

送信しているときの光送信タイミングチャートである。

(2) 光受信回路

送信回路にある発光ダイオードから発した光信号は、ファイバケーブルを介して受信回路に導かれる。受信回路においては、ピンフォトダイオードによって、光-

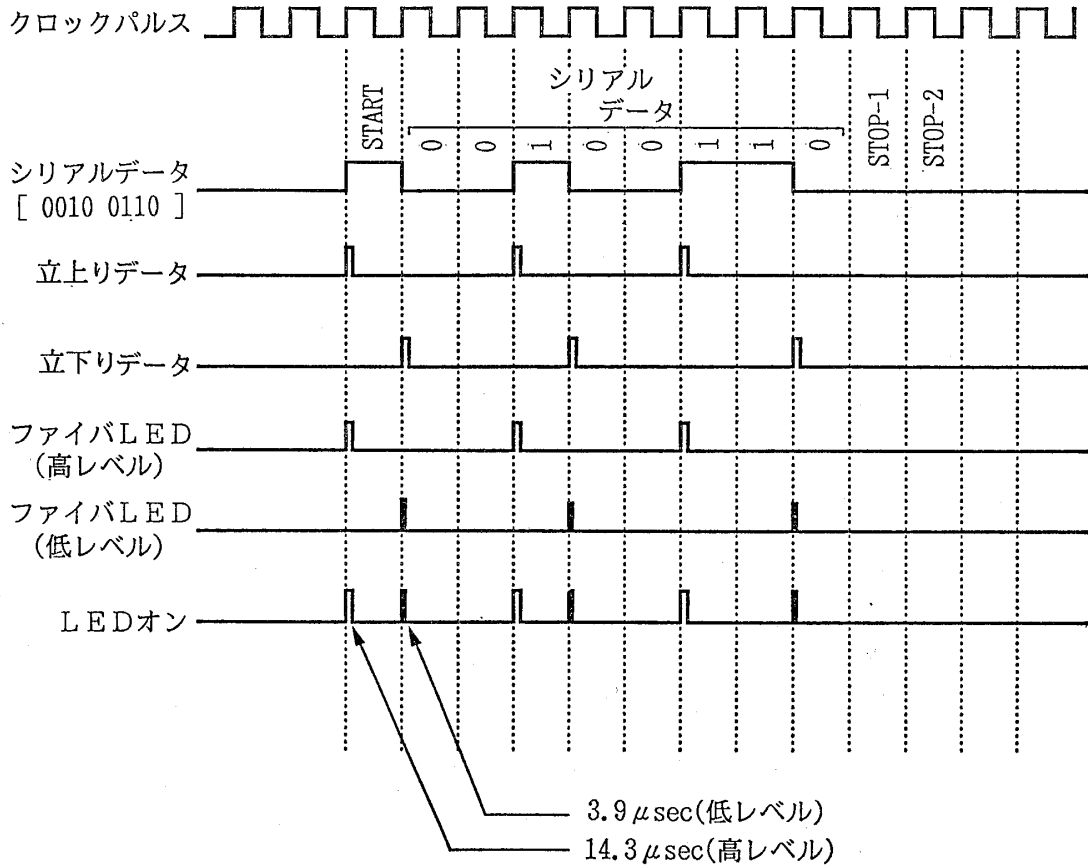


図-8 McDSC の光送信タイミングチャート  
Fig.8 Timing chart with optical transmission from McDSC

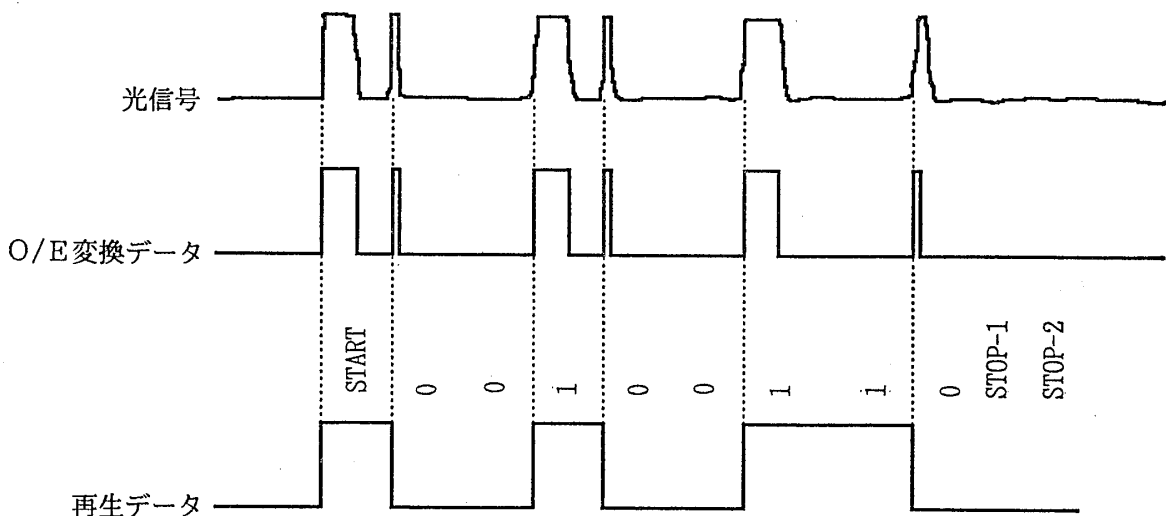


図-9 McDSC の光受信タイミングチャート  
Fig.9 Timing chart with optical reception by McDSC

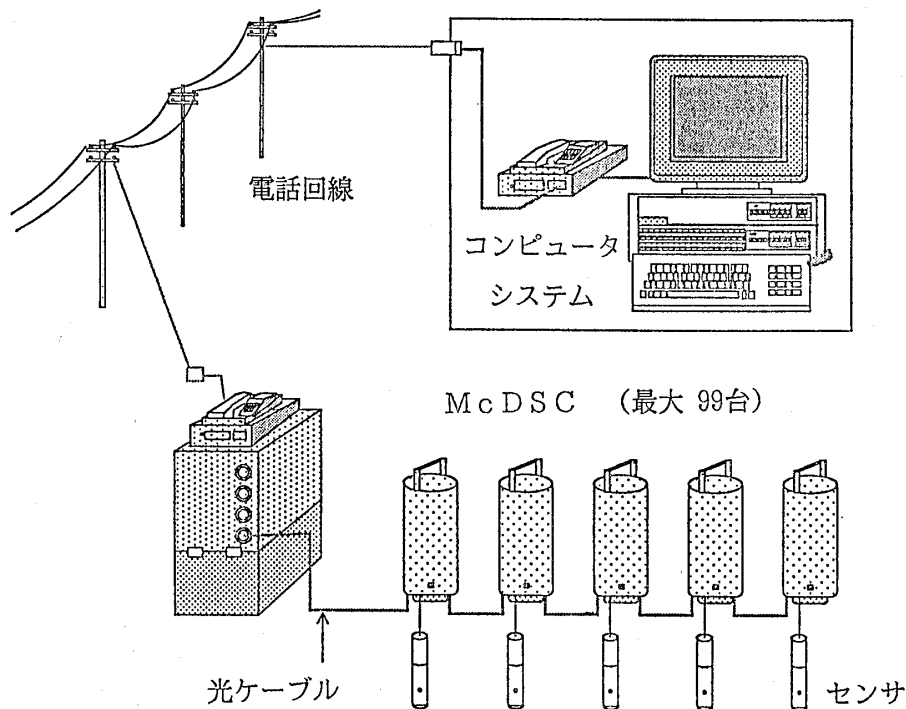


図-10 McDSC システムの構成  
Fig.10 Structure of McDSC system

電気変換が行われる。送信回路の場合と同様に、長いパルス (巾:  $14.3\mu\text{sec}$ ) と短いパルス (巾:  $3.9\mu\text{sec}$ ) に弁別される。そして、長いパルスはデータの始まり、短いパルスはデータの終りとして認識され、図-9に示すように、データは再生される。

### 5 McDSC を用いた観測システムの構成

McDSC を用いた観測システムとしては、大別すると、つぎの3種類の構成が考えられる。

- ① センサと McDSC との組合せのみのシステム。この場合、McDSC のメモリに記録されたデータは、容易にメモ리카ードに転送することができる。したがって、定期的に観測地に行ってメモ리카ードにデータを転送し、それを回収するか、あるいは携帯型コンピュータを持参してメモリ内のデータを読み出す。
- ② 複数の McDSC を光ファイバーで結合し、一端の McDSC に携帯型コンピュータを繋ぎ、結合されているすべての McDSC のメモリ内のデータを読み出すシステム。この場合、光ケーブルで結合できる McDSC の数は最大99台である。
- ③ 複数の McDSC を光ファイバーで結合し、モデム、電話回線を介して遠隔地にある観測室にあるコンピュータにデータを転送するシステム (図-10参

照)。光ケーブルで結合できる McDSC の数は最大99台である。

### 6 おわりに

ここに述べた地すべり観測システムの中核となっているデータロガーの McDSC は、従来のものに比べて、機能面における増強、性能面における向上を図ったものであり、その有する機能、性能の点からみても低価格に仕上がったと自負している。雷害防止、防湿、防水に対しては十分な対応ができたものと考えているが、この種の観測業務は自然現象に対する抵抗であるとともに、調和をも必要とするものであり、今後、思わぬトラブルに遭遇することがあるであろう。そのときは、そのトラブル防止のために装置の改善に即応するつもりである。また、センサ類の充実と得られたデータを処理するためのソフトウェアの充実を図ることを考えている。

### 参考文献

- 飯干好徳, 落合博貴 (1988): 由比地すべりにおける自動観測システムと地震時の応答特性の推測 シンポジウム「地すべり地の自動観測システムに関する諸問題」論文集 地すべり学会・大分県 p.11~20.

地すべり学会(1989)：シンポジウム「地すべり自動観測システムに関する諸問題」について 地すべり Vol.26, No.1, p.38~40.

松原幹夫, 五江洵通, 安達繁樹 (1988a)：地すべり自動動態観測システム (SMS) の開発 第27回地すべり学会研究発表会講演集 地すべり学会 p.166~169.

松原幹夫, 五江洵通 (1988b)：地すべり動態観測システム (SMS) の開発 斜面崩壊および地すべりの予知と対策に関するシンポジウム発表論文集 土質

工学会四国支部・地すべり学会関西支部 p.161~166.

末峯 章(1988)：地すべり地の観測データとその解釈 シンポジウム「地すべり地の自動観測システムに関する諸問題」論文集 地すべり学会・大分県 p.38~44.

山浦直人(1988)：地附山地すべり地での自動観測への移行について シンポジウム「地すべり地の自動観測システムに関する諸問題」論文集 地すべり学会・大分県 p.38~44.

表一A 発光素子の特性と適用対象 (古河電気工業㈱, 1986)  
Table A Characteristics of light emitting diode and its application (Furukawa Electric Corporation, 1986)

発光素子の種別	レーザーダイオード		発光ダイオード	
	0.85 μm帯	1.3 μm帯	0.85 μm帯	1.3 μm帯
構成材料	GaAlAs	InGaAsP	GaAlAs	InGaAsP
全発光出力	約 5mW	約 5mW	約 2mW	約 2mW
光ファイバ出力 (GI, 50/125)	0.5mW (-0.3 dBm)	0.4mW (-0.4 dBm)	10 μW (-20 dBm)	3 μW (-25 dBm)
スペクトル拡がり (半値幅)	~0.001 μm	~0.003 μm	0.05~0.15 μm	~0.3 μm
最大変調速度	~1GHz		~50MHz	
直線性	しきい値あり		良	
温度安定性	強い温度依存性がある補償回路(APC)を要す		良	
出力光の拡がり	小		大	
適用	長距離大容量システム PCMシステムなどのパルス変調方式		短距離中容量および中距離小容量システム ベースバンド画像などのアナログ信号伝送	

表一B 受光素子の特性と適用対象 (古河電気工業㈱, 1986)  
Table B Characteristics of photodiode and its application (Furukawa Electric Corporation, 1986)

受光素子の種別	ピンフォトダイオード (PIN-PH)		アバランシェフォトダイオード (APD)	
	0.85 μm帯	1.3 μm帯	0.85 μm帯	1.3 μm帯
構成材料	Si	InGaAs	Si	Ge
感度	0.55 A/W	0.7 A/W	0.45 A/W	0.65 A/W
増倍率	1	1	~500	~100
暗電流	0.1nA	1 nA	0.1nA	0.1nA
遮断周波数	~1 GHz	~1 GHz	~1 GHz	700~800MHz
適用	短~中距離システム		長距離システム	

付記——光デバイスについて

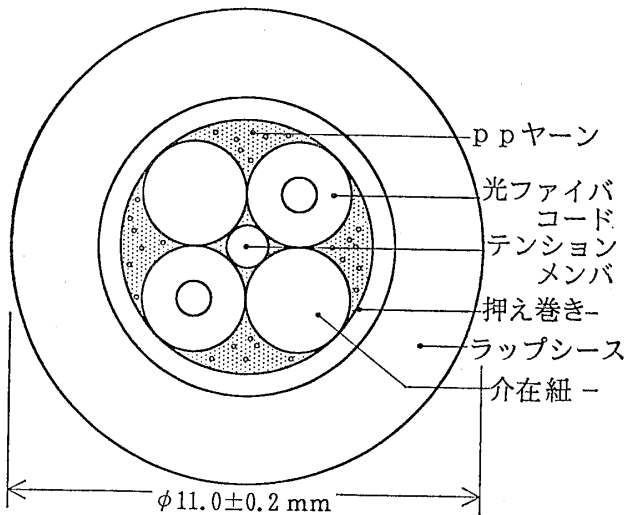
(1) 発光素子

光通信において、電気信号を光信号に変換する発光素子は、レーザダイオード (Laser Diode) と発光ダイオード (Light Emitting Diode) の2種類が実用化されている。レーザダイオードは、高出力で高速変調が可能であるが、電流～光出力特性にしきい値があること、および温度依存性が高いという欠点がある。一方、発光ダイオードは、変調速度が遅いので高速大容量システムには不適當であるが、駆動回路が簡単であるために、地すべり観測システムのような装置に対しては最適である。これらの素子の特性と用途を表一Aに示す。

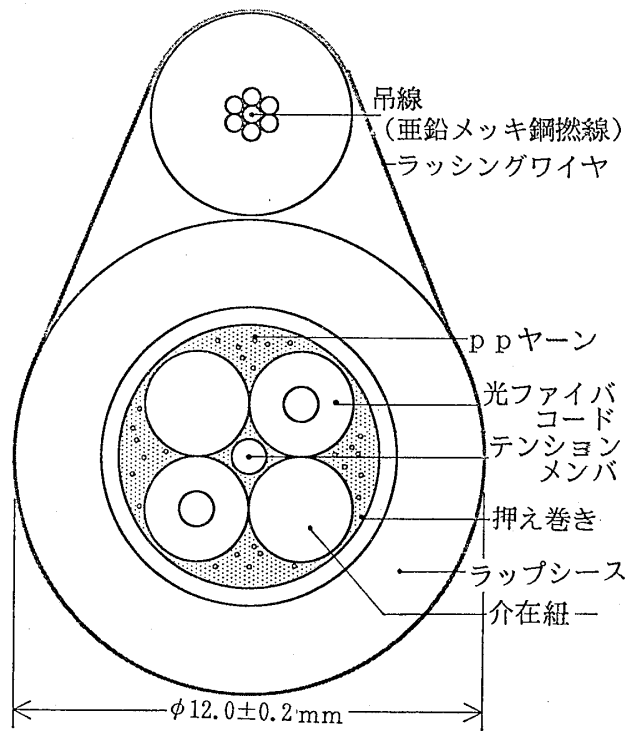
(2) 受光素子

受けた光をその強度に応じた電流に変換する受光素子

は、ピンフォトダイオード (Pin Photo Diode) とアバランシェフォトダイオード (Avalanche Photo Diode) の2種類が実用化されている。この2種のダイオードの特性を比較して表一Bに示してある。いずれの素子も高速信号の受信が可能であり、高速大容量システムへの適用が可能である。アバランシェフォトダイオードは、電子なだれ効果によって高感度を得ているので、一般には長距離システムに用いられている。しかしながら、回路構成の観点からは、バイアス電圧によって増幅度を制御することが必要であり、複雑になりがちである。一方、ピンフォトダイオードの場合は、回路構成が簡単である



図一A フィールド用二芯光ケーブルの断面  
Fig. A Section of 2-conductor optical cable for field use



図一B 架空布設用自己支持型二芯光ケーブルの断面  
Fig. B Section of 2-conductor optical cable of self-suspension type for aerial installation

表一C 光ファイバの種類 (内田ほか, 1984)  
Table C Varieties of optical fibers (Uchida et al, 1984)

種類	屈折率分布	適用
単一モード型 (シンプルモード型)		伝送容量の極めて大きいシステムに適する
多モード型 (マルチモード型)	ステップインデックス型 (SI型)	伝送容量の小さいシステムに適する
	グレーテッドインデックス型 (GI型)	伝送容量の極めて大きいシステムに適する

表-D フィールド用二芯ケーブルの構造仕様  
(東京特殊電線(株)資料より)

Table D Specifications for 2-conductor optical fibers for field application — part 1

項 目		仕 様
種 別		GI型石英ファイバ
芯 線 構 造	コア径	50±3μm
	クラッド径	125±3μm
	開口数	0.21±0.02NA
	コア偏心率	6%以下
	コア非円率	6%以下
	緩衝層	材料 シリコン樹脂 外径 約 0.4mm
	被 覆	材料 ナイロン樹脂 外径 0.9±0.1mm
光 ファイバ コー ド	テンションメンバ	ケブラ繊維を縦添する
	色	黒色、若草色
	被覆材	PVC
	外径	0.9±0.1mm
	概算重量	9.0 kg/km
ケ ー ブ ル 構 造	テンションメンバ	亜鉛メッキ銅線 (1.2mm)
	介在紐	PEシース(3.0mm)
	緩衝層	ppヤーン
	ラップシース	標準厚 1.7mm PE被覆 黒色
	外径	11.0±0.2mm
概算重量	110 kg/km	

ことから、システム構成が容易であるという特徴をもっている。(McDSC においては、ピンフォトダイオードを使用している)

### (3) 光ファイバケーブル

光ファイバケーブルは、基本的には屈折率の異なる二重層から成り、光は屈折率の高い中心層(コア)の中を伝播する。光ファイバケーブルを構成する材料は透明度の高い材料が選定されており、一般的には、石英、多成分ガラスあるいはプラスチックが使用されている。

表-E フィールド用二芯ケーブルの性能仕様  
(東京特殊電線(株)資料より)

Table E Specifications for 2-conductor optical fibers for field application — part 2

項 目		仕 様
伝 送 特 性	線路損失	3.0dB/km以下*
	帯域	200MHz・km以上*
	温度特性	0.2dB/km以下*
機 械 特 性	許容張力	50kg以上**
	許容曲げ半径	120mm以上**
	圧縮強度	70.0kg/5cm以上**

\* 測定波長  $\lambda = 0.85 \pm 0.02 \mu\text{m}$  (-20~+60°C)  
\*\* 伝送損失の増加が10%以下のこと

表-Cに示すように、光ファイバケーブルの種類を大別すると、単一モード型(シングルモード型)と多モード型(マルチモード型)に分けられる。さらに、多モード型のファイバケーブルは、屈折率がコアとクラッドの間でステップ状に変化するステップインデックス型(SI型)と、屈折率がなだらかに変化するグレーテッドインデックス型(GI型)に分けられている。

McDSC においては、GI型のケーブルを使用している。

光ファイバケーブルを野外で使用するためには、ケーブル自体の強度を充分大きくする必要がある。そのために、McDSC システムにおいては、図-Aに示すように、テンションメンバを中心に入れ、ラップシースを厚くするなどの補強をした特別の二芯の光ファイバケーブルを製作し使用している。また、架空布設用のケーブルとしては、図-Bに示すように、吊線部と二芯の光ファイバケーブルを一体化した自己支持型のケーブルを使用している。野外用として製作された二芯光ファイバケーブルの仕様を表-Dおよび表-Eに示す。

## 文 献

古河電気工業(株) (1986) : 光システム設計マニュアル  
 電気書院 p.21~22.

東京特殊電線(株) : 資料 (TS・06・T059)

内田長志, 黒地則夫, 奥野和雄(1984) : 光通信システム  
 のための光デバイス技術入門 (株)技術評論社  
 p.36.

