

フィールドモニタリングにおける自動計測技術の現状と今後の展望

矢部 満・竹森 基・坂田 和宏・西條 雅博

Present Status and Prospects of Automatic Measurement Technology for Field Monitoring

Mitsuru Yabe, Motoi Takemori, Kazuhiro Sakata and Masahiro Saijyou

Abstract

Automatic measurement technology, an important technical basis of our company, is indispensable in order to grasp the motion and its long-term changes of the ground and groundwater. Moreover, it has contributed for our company to improve the efficiency, quality and reliability of its investigation and consulting services. While the state of latest social capital changes, such as important investment is made to disaster prevention and the environmental field, or the maintenance / management field, reduction of the labor production population by the low birthrate and aging and the problem of curtailment of a public budget are actualizing. In such change of the social situation of these days, in order to perform monitoring service of each field rationally, the importance of automatic measurement technology has been increasing. On the other hand, in addition to the automatic control technology, which has borne the central role of the automatic measurement technology, the importance of late-coming information technology (IT) is increasing and deserves remarkable attention. That fact means that not only automatic measurement but also the system design including a suitable method of distributing measured data and information are important. In this paper, in order to contribute the development of improved automatic measurement technology for future field monitoring, the social meanings and the present status of the automatic measurement technology are sorted out, and the results and remained challenges of the field data logger development in our company are summarized. Future technical views are also described.

Keywords: earth disaster, remote monitoring, automatic control, wireless communication, the Internet

(要 旨)

当社の重要な基盤技術である自動計測技術は、地盤の変動や地下水の挙動を把握するために欠かせない技術であり、調査・観測業務の効率化、品質確保、信頼性向上に寄与してきた。防災・環境分野や維持・管理分野への重点投資といった最近の社会資本のあり方が変化していく一方で、少子・高齢化による労働生産人口の減少、公共予算の縮減の問題が顕在化している。このような昨今の社会情勢の変化の中で、各分野のモニタリング業務を合理的に行うため、自動計測技術の重要性が高まってきている。この自動計測技術については、中心的役割を担ってきた自動制御技術に加えて、後発のIT技術の重要度が格段と増していることが注目に値する。すなわち、自動計測のみならず、得られたデータ・情報の適切な配信方法まで含めたシステム設計が重要であることを意味する。本論文は、これからのフィールドモニタリングの自動計測技術の開発に資するべく、自動計測技術の社会的意義および技術の現状を整理し、これまで当社が行ってきたフィールドデータロガー開発の成果および課題をまとめ、今後の技術展望を述べるものである。

キーワード: 土砂災害, 遠隔監視, 自動制御, 無線通信, インターネット

1. まえがき

当社は建設関連業界の中で、自社に地質調査のための調査・計測機器の開発・製造部門を持つという、極めて特異な企業である。機器事業部門の創設以来、電気工学、電子工学、機械工学などの機器関連の最新技術を内外から導入し、調査・コンサルタント部門で培ったフィールドにおける調査・計測に関する技術・ノウハウをそれに融合させ、ユニークな調査・計測機器の開発・製造を行ってきた。

機器関連技術の中でも重要な基盤技術の一つである自動計測技術は、地盤の変動や地下水の挙動を把握するための必要不可欠な技術である。この技術は、1984（昭和59）年の当社初のフィールドロガー「D S C（Digital Storage Coder）」の開発以来、調査・コンサルタント部門の技術者ニーズに応えるべく進化を遂げ、最新製品の「i - S E N S O R（intelligence - SENSOR）」に受け継がれている。

本論文は、これからのフィールドモニタリングの自動計測技術の開発に資するべく、自動計測技術の社会的意義および技術の現状を整理し、これまで当社が行ってきたフィールドデータロガー開発の成果および課題をまとめ、今後の技術展望を述べるものである。

2. 自動計測技術の定義と意義について

2.1 自動計測技術の定義と要素技術

天然資源をほとんど持たない日本が諸外国から資源を輸入し、それを加工し、付加価値をつけて製品として輸出する過程で、どのようにして生産コストを下げるかは、過去・現在を問わず至上命題となっている。その命題に応えるために、人間の介在するプロセスを極力減らし、一定以上の品質と生産性を確保するハード技術が生産現場で求められる。その技術の一つが自動計測技術である。

自動計測技術とは、明確な定義はないが、それまで人間が五感で行っていた測定作業を、人間を介さずに自動的に行う技術を指す。すなわち、測定そのものはセンサにより行い、センサ信号をその測定対象に応じた単位系に変換・数量化するとともに、表示・記録する技術である。広義では、一連の計測操作を人の手を介さず全て機械的、電気電子的に処理するための自動制御技術、計測値を別の場所に伝送する技術、あるいは計測値を踏まえ、測定対象の状態を解析・評価する技術も含んでいる。

このようなことから、自動計測技術を支える個別要素技術としては、以下に示す技術が挙げられる。

- 1) センサ技術
- 2) 信号変換・数量化技術

- 3) 自動制御技術
- 4) 伝送・通信技術
- 5) 解析・評価技術

それぞれの要素技術の中で、2) ではデジタル化技術、3) 、5) はコンピュータ技術が自動計測技術の発展に大きく寄与してきた。4) の技術としては、無線通信技術、光通信技術が貢献してきたとともに、最近ではインターネットを中心とするIT技術が自動計測技術の進化に多大なる影響を与えている。

2.2 フィールドモニタリングにおける自動計測技術の社会的意義

建設関連業における自動計測技術の意義について、合理的な視点から列挙すると次のとおりであり、いずれも基本的かつ重要な留意事項といえる。

- ・ 現場観測作業に携わる人的コスト圧縮、作業の省力化、効率化
- ・ 測定作業の人為的ミスによる調査・観測業務の品質低下防止
- ・ 危険な観測箇所・環境への立ち入りの回避、安全性確保
- ・ 観測事象の変化、問題点の早期発見と迅速な対処、是正の実現

一方、21世紀に入り、日本に急激な少子高齢化社会が到来するとともに、国、地方自治体ともに膨大な債務を抱えている中で、既存の公共インフラが大量更新を迎えている。さらに、地球温暖化の影響と考えられる異常気象に起因した自然災害の多発や、高度経済成長期以降の経済活動に伴う様々な環境問題がある。また、人々が自らの生活環境の安心、安全に常に高い関心を払うようになりつつある。

このような中で、防災・環境分野で人間の五感に成り代わり、安心・安全を監視・評価するための自動計測技術が重要視されている。例えば、2001（平成13）年に施行した「土砂災害防止法」を契機としたモニタリングの潜在的需要がある。この法律施行によって、2006年9月現在全国で約2万箇所の土砂災害警戒区域が指定されている。この区域では住民を迅速かつ安全に避難させるための警戒避難体制の整備が必要となってくるが、土砂災害の予測情報を行政・住民に周知させる技術として、自動計測技術の果たす役割が大いに期待されている。

以上の点から、フィールドモニタリングにおける自動計測技術は、建設関連業にとっても、今後の社会にとっても、さらに意義あるものになってくるといえる。

3. 自動計測技術の現状と分類について

当社のフィールドモニタリングにおける自動計測技術

を体系化するにあたり、現状の自動計測技術をいくつかの観点で分類することとする。まず、計測方式を形態、自動化の程度で区分すると表-1のとおりであり、以下の3つの方式に分類できる。¹⁾

1) 手動方式

計測機器を現場に持ち込んで測定作業を行う方式である。測定データが印字された記録紙を回収する方式も含まれる。この方式では、測定器具の他、機械的あるいは電氣的に測定対象を数値表示化する仕組みも利用している。例えば、水面を感知した場合にランプが点灯するような手測り式水位計や変位を測るダイヤルゲージなどが該当する。ただし、測定データの収録方式は記録紙への印字（記載）である。したがって、データ形式はアナログ形式であり、回収されたデータは人の手でデジタル化される。

2) 半自動方式

現場にセンサおよびデータロガーを設置して、定期的に現場に立ち入り、ロガーに収録されたデータを回収する方法である。第2章で示した自動計測技術を構成する要素技術の中で、各種センサ技術の他、信号変換・数量化技術、自動制御技術が採用されており、データ形式はデジタル形式である。

3) 全自動方式

センサなどの現場に設置した計測機器の保守点検を除いては全く現場に立ち入ることなく、遠隔地においてデータ収集が可能な方法である。半自動方式で

採用された要素技術の他に、伝送・通信技術が導入される。さらに、近年ではコンピュータを使った解析・評価技術も利用されている。

これらの計測方式を比較すると、以下の点を列挙することができる。

- ①自動方式の進展によって、データ処理作業が省力化されるとともに、データの集積度が向上する。このことによりデータ活用のリアルタイム性、利便性が高くなり、土砂災害などの緊急対応時に貢献度が高くなる。
- ②自動方式は、手動方式に比べて機器導入時のコストは高くなるが、データ回収頻度が多くなれば、データ単価は安価になる。
- ③自動化になるにしたがい、計測システム系を構成する要素技術が多くなるとともに、データ入手までのプロセスが複雑になる。そのため、一連の計測技術を支える要素技術の完成度が求められる。一方で、一般的に導入・維持管理のための専門性が必要になるとともに、欠測などの問題発生時の原因特定が困難になる。このことは当然コストに転嫁される。

これらの特徴のうち、①と②は自動計測方式を採用する上でのメリットであり、③はデメリットである。特に、自然を対象とするフィールドモニタリングにおいて、③のデメリットを克服しているかどうか、自動計測機器の採用を左右する重要なポイントといえる。言い換えれば、

表-1 フィールドモニタリングの計測方式の分類

Table 1 Classification of the measurement system of field monitoring

方式	手動	半自動	全自動
世代	第1世代	第2、3世代	第4、5、6世代
導入年代	1950年代～	第2世代:1950年代～ 第3世代:1980年代前半～	第4,5世代:1980年代後半～ 第6世代:1990年代後半～
概要	計測機器を現場に持ち込んで測定作業を行う方式。測定データが印字された記録紙を回収する方式も含む。	現場にセンサおよびデータロガーを設置して、一定期間データを現場に蓄え、定期的にデータを回収する方法。	センサデータをデータロガーにより収録するとともに、遠隔地から通信設備を介して即時的に収集する方法。
データの集約度	観測員の派遣時のみの記録。 (間欠的データ、一部連続データ含む)	蓄えたデータを一定期間毎に収集することにより、連続したデータを確保可能。 (連続データ)	遠隔監視所で即時的にデータを収集し、表示・記録・蓄積することが可能。 (連続+即時データ)
省力化の程度	観測員の労力が大。	若干の観測員の労力が必要。	省力化が実現。
機器コスト	安価である。	データ収録装置に費用がかかる。	通信設備を含め導入コストが高い
データ単価	高価	中間的価格	安価
データ活用の利便性	観測からグラフ化までの時間を要し、観測結果を踏まえた測定対象の総合把握まで時間を要する。	データ収集までに時間を要し、即時性に欠ける。	即時的にグラフ化が可能であり、迅速な把握と解析作業が実現。
適用性	小規模な観測や保全対象の重要度が低い場合など。	即時性の必要はないが、観測対象を連続的に把握する場合。	大規模な観測、即時性が必要な場合、あるいは保全対象の重要度が高い場合。

世代、半自動方式：第2、第3世代、全自動方式：第4～第6世代である。(表-1参照)

当社のフィールドモニタリングにおける自動計測技術開発は、第3世代のDSCが最初である。一方、インターネットを始めとした最新の情報通信技術を駆使したi-SENSORは、無線伝送技術を導入した第5世代の範疇を超えて、第6世代に入っているといえる。

4. 当社の自動計測機器の変遷と技術開発について

表-3に当社の開発したフィールドデータロガーの主な仕様、性能比較を示す。本章では、自動化第1号機のDSCから第6世代のi-SENSORまで、代表的な6つのデータロガーを取り上げる。それぞれの開発背景、開発内容、成果、および課題を整理することで、当社の自動計測技術について体系化を試みたい。

4.1 半自動方式、第3世代のデータロガー「DSC」の開発^{3) 4)}

4.1.1 DSCの概要と開発の背景

DSCは、1984(昭和59)年10月に開発された2チャンネルの周波数入力対応のデータロガーである。測定間隔を10秒～24時間の16段階で設定できる機能を有していた。

DSC開発当時は、地下水位や地盤変位などの長期観測にはアナログ式記録計器が用いられていた。これらの計器については、記録紙交換やインク補充、機構部の点検などの保守管理作業が日常的に必要であることに加え、豪雪地や危険箇所では作業そのものが困難といった問題を抱えていた。また、記録紙からの測定値読み取り、図表化は全て手作業であり、多大な労力と時間を必要とした。さらに、センサからのアナログ信号が、伝送系においてハム(交流電源に起因するノイズ)、電波障害、落雷時のノイズの影響を受けるといった問題もあった。

一方で、DSC開発時には、当社のフィールドモニタリング技術の重要な開発テーマである省電力化に初めて取り組んだ。この技術開発の背景には、冬期観測業務を抱える現場サイドの強い要望があった。すなわち、バッテリー電源を自動計測機器の電源として利用した場合、冬期間バッテリー交換をせずに済ませるためには、バッテリー寿命を3ヶ月以上は確保することが最低限必要であった。

4.1.2 DSC開発における技術的特徴

DSCの開発には、当時既に物理探査機器のデータ処理技術として採用されていたA/D変換などのデジタル化技術が導入された。このデジタル化により、ノイズの解消やデータ処理の省力化が達成された。

省電力化を始めとした測定制御を実現した技術は、1970年代以降急速に普及したコンピュータ技術である。当時、1969年に米国インテル社による小型CPU(マイクロプロセッサ)の開発以降、いわゆるマイコンブームが到来し、安価かつ簡単に自動制御技術を導入することが可能となった。DSCの開発に採用したCPUは、Z80と呼ばれる8ビットCPUである。米国ザイログ社が開発したZ80は、それまで主流であったインテル社のCPUとの上位互換性を持つとともに、内部クロック回路を有することで一連の制御処理の安定性、信頼性に優れていた。このため、急速にシェアを伸ばし、パーソナルコンピュータとして当時一世を風靡した米国マイクロソフト社のMSXや日本電気のPC-8000シリーズにも搭載された。このCPUに測定時間、測定間隔、センサへの供給電源オン・オフ、データ読み込み記憶などの測定系の自動制御プログラムを組み込み、DSCに搭載した。

Z80系CPUは現在でも家電の各種自動制御に広く利用されており、汎用CPUとして供給され続けている。このことが、DSC以降に開発されたデータロガーの測定制御プログラムを次世代データロガー開発にそのまま転用できるといった副次的効用を生み、開発の効率化とコスト圧縮に大きく貢献した。

4.1.3 DSC開発成果とその後の課題

DSCとV/Fタイプの水位計との組み合わせは、当時主流だった触針式水位計やリシャル式水位計などの手動計測方式に代わり採用され、地すべりや水文調査などでの地下水位観測業務の大幅な効率化に寄与した。また、市販の乾電池で3ヶ月以上の長期観測が可能となり、当時長い間懸案だった積雪地域での冬期の地下水位観測が実現した。

一方、DSCのチャンネル数は2チャンネルと少なく、スタンドアロン形式であるため、多点観測業務のデータ回収にはまだ手間を要した。また、周波数以外の出力方式のセンサへの対応が求められた。さらには、1985(昭和60)年の電気通信事業の民営化、電気通信事業法改正以降、パソコン通信が普及し始め、計測現場へのNTT回線を利用したテレメータ方式の導入が望まれた。

このように、DSC開発の成果と課題が、リンク制御方式の汎用データロガー開発の契機となるとともに、変位や雨量を含む地すべりモニタリングの全自動化への端緒となった。

表-3 当社の代表的フィールドデータロガーの比較

Table 3 Comparative table of the specifications of the field data logger manufactured by OYO

商品名	DSC	DSC2	Fiberlink DSC	McDSC	
外観写真					
入力チャンネル数	2	16	2	4	
メモリ容量	64Kbyte	20Kbyte	64Kbyte	256Kbyte	
チャンネル当たり最大データ数	2,305 (2ch)～3,227 (1ch)	1,170	6,200 (2ch)～7,750 (1ch)	3,500 (4ch)～5,200 (1ch)	
適用センサ	周波数(V/F型) ※電圧タイプもあったが内部回路変更要であり使われず。	周波数(V/F型)	周波数(V/F型)	①周波数(V/F型)・パルス、②歪、③電圧・電流 ※3タイプからの選択	
電源	DC12V	DC12V、AC100V	DC12V	DC12V	
消費電流	スタンバイ時25 μ A	スタンバイ時125mA	スタンバイ時300 μ A	スタンバイ時150 μ A	
その他	・LED表示、ファンクションスイッチによる各種設定	・液晶パネル表示、ファンクションキーによる各種設定 ・コントローラによりロガー8台をリンク制御可能 ・バックアップ用バッテリー内蔵 ・モデム内蔵(オプション)	・LED表示、ファンクションスイッチによる各種設定 ・コントローラにより99台までリンク制御可能 ・複数のロガーを接続時にどのロガーからも全ての制御、データ読み出し可能。	・液晶パネル表示、ファンクションキーによる各種設定 ・コントローラにより99台までリンク制御可能 ・温度、電源電圧測定	
各種基本機能	マルチリンク機能	—	○	○	
	光通信機能	—	—	○	
	スキャナー機能	—	—	—	
	マルチセンサ機能	—	—	—	△(3タイプ選択)
	プレヒート設定機能	—	—	—	—
	無線データ通信機能	—	—	—	—
	自己判断機能	—	—	—	—
	設定内容自動変更機能	—	—	—	—
接点信号入出力機能	—	—	—	—	
ラインナップ、オプション等	—	コントローラ(マルチリンク制御)	コントローラ(マルチリンク制御)	コントローラ(マルチリンク制御)、	
販売開始年	1985	1988	1989	1990	
販売終了年	1990	1991	1992	2002	
販売台数(2006年9月現在)	686	14	128	1,120	
本体価格(円、税抜き) ¹⁾	480,000～550,000	900,000	650,000	670,000～759,000	

1) 販売が終了している商品は、販売当時の価格を記載

商品名	DSC Jr	DSC-12	S&DL	i-SENSOR	
外観写真			 ※写真は水位計	 ※写真はデータ通信ユニット	
入力チャンネル数	2	12	1	1、4(電圧入力タイプ)	
メモリ容量	128Kbyte	256Kbyte	256Kbyte、512Kbyte	512Kbyte	
チャンネル当たり最大データ数	11,878	7,500(12ch)～21,500(1ch)	32,000～57,000	13,000	
適用センサ	周波数(V/F型)、パルス	周波数(V/F型)、パルス、歪、電圧、電流 ※1台でどのタイプにでも変更可能。	センサー一体型	①センサー一体型、②SDL接続専用、③電圧(4ch+パルス1ch)	
電源	DC12V	DC12V、AC100V	DC6V、DC9V	DC12V	
消費電流	スリープ時50μA	スリープ時150μA、スタンバイ時40mA	スタンバイ時20μA(水位計)	スリープ時130μA	
その他	<ul style="list-style-type: none"> 別売ハンディターミナルによる各種設定、データ回収 電源電圧測定 	<ul style="list-style-type: none"> PCによる各種設定 31台までリンク制御可能 2種類の通信ポート(RS232C、RS485) 電源はバッテリー、商用電源(AC100V)の2つのタイプから選択可能 	<ul style="list-style-type: none"> 別売ハンディターミナルによる各種設定、データ回収 温度、電源電圧測定 	<ul style="list-style-type: none"> PCによる各種設定 無線データ通信モジュール内蔵(NTTドコモのDoPa専用) 温度、電源電圧測定 	
各種基本機能	マルチリンク機能	—	○	—	—
	光通信機能	—	—	—	—
	スキャナー機能	—	○	—	○
	マルチセンサ機能	—	○	△(センサタイプ選択)	△(電圧タイプ)
	プレヒート設定機能	—	○	—	○
	無線データ通信機能	—	—	—	○
	自己判断機能	—	—	—	○
	設定内容自動変更機能	—	—	—	○
接点信号入出力機能	—	—	○	○	
ラインナップ、オプション等	ハンディターミナル(各種設定、データ回収)	—	ハンディターミナル(各種設定、データ回収)、センサラインナップ(水位、間隙水圧、伸縮、孔内伸縮、地盤傾斜、3次元変位、電気伝導度、pHなど)	S&DL専用データ通信ユニット、電圧4ch+パルス1chデータ通信ユニット、センサー一体型(伸縮、地盤傾斜、雨量)	
販売開始年	1994	1995	1995	2002	
販売終了年	2000	—	—	—	
販売台数(2006年9月現在)	240	150	8,744	476	
本体価格(円、税抜き) ¹⁾	360,000	476,000	217,000～590,000	298,000～560,000	

1) 販売が終了している商品は、販売当時の価格を記載

4.2 全自動方式、第4世代のデータロガー「McDSC」の開発^{4), 5), 6), 7)}

4.2.1 McDSCの概要と開発背景

McDSC (Mc Digital Storage Coder, Mcはゲール語で「…の息子」の意)は、1990(平成2)年に開発された光ファイバリンク対応型のデータロガーである。DSCが接続対象とした周波数出力タイプのセンサ以外の、電圧、電流、ひずみゲージ、パルス、無電源接点といったマルチセンサ対応化が初めて図られた。また、1台あたり4チャンネルを有するとともに、専用コントローラにより最大99台までのリンク制御が可能となり、多チャンネル化も同時に実現された。さらにコントローラとモデム、パーソナルコンピュータを組み合わせることによって、NTT回線を利用した遠隔地からのデータ回収が可能となった。

このMcDSC開発以前には、DSC後継機としてDSC2とファイバリンクDSC(以下、FBDS)が既に開発されていた。DSC2は、1台で16チャンネル、最大8台までリンク接続可能であり、カレンダー機能を初めて搭載したことから、多数のセンサの測定制御に用いられた。ただし、DSC2間の接続を金属性のケーブルで行っていたため、雷による障害が発生することが最大の問題点であった。

その後開発されたFBDSは、DSC2の欠点を補うべく、光ファイバによるリンク形式を採用した。最大99台までリンク制御可能であり、どの接続ロガーからもデータを回収できるといった機能を有していた。雷に強いFBDSは四国や北陸の地すべり地や、道路の斜面監視に積極的に導入された。しかし、北陸などの豪雪地では雪解け時の地下水位上昇によりFBDSが水没し、光ファイバ接続箇所に入水により通信異常が発生するといった新たな問題点が発生した。

4.2.2 McDSC開発における技術的特徴

McDSCの技術的特徴としては、①複数のデータロガーの制御を可能にしたリンク制御技術の採用、②光通信方式の採用、③水没しても計測が可能な防水チャンバーの開発の3点が挙げられる。

1) リンク制御技術の採用

コンピュータ技術を前提とした当該技術は、複数のデータロガーを個体認識するため、メモリ上にデバイス番号を設定し、プログラミングにより複数のデータロガー間の各種測定動作をCPU制御するものであり、DSC2で初めて導入された。当初はデータロガー8台までの制御であったが、DSC2で開発したノウハウをFBDS、McDSCに活かすことで、最大99台のデータロガー制御が可能となった。また、RS232Cを介してパーソナルコンピュータとモデムを組み合わせることにより、NTT回線を經由した遠隔地から複数のデータロガーの測定制御が可能となった。

2) 光通信方式の採用

光通信技術は、DSC2で懸案となった雷の影響を解消するため、FBDS開発時に導入された。光通信技術は、電気信号を光信号に変換し、光ファイバを利用して送信する技術である。このため、送信元では電気-光変換が、受信元では光-電気変換が必要である。リンク制御方式を採用したFBDSおよびMcDSCは、データの送受信のために両方の変換機能が必要であった。光送信回路には発光ダイオード(LED)が、光受信回路には光によって起電するPIN型フォトダイオードが使われた。さらに、光通信の電力消費に関わる光パルス幅を極力短くし、通信時の省電力化を実現するロジック回路が送受信回路に設けられている。

3) 防水チャンバーの開発

この技術は、FBDSで問題となった水没に対処

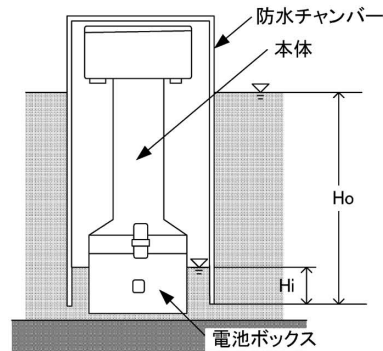
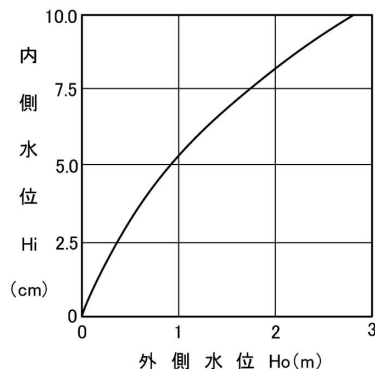


図-2 McDSCの防水チャンバー(防水チャンバー内外水位の関係)

Fig. 2 Schematic of the waterproof chamber of McDSC (The relationship between water levels of inside and outside of waterproof chamber)

するものであり、McDSC 開発時に考案された。図-2に示すように、防水チャンパーは、上端は密閉構造で、下端が開放されているステンレススチール製の円筒で、水浸時の外水圧と円筒内の空気圧をバランスさせることで、円筒内に収納された McDSC 本体部分の水没を防止するものである。この構造で最大水深 1.5 m までの水没に耐えられた。

なお、McDSC の下位機種として、周波数 (V/F) 出力センサを対象を絞る、低価格にした DSC Jr (Digital Storage Coder Junior) が 1994 (平成 6) 年に商品化されている。

4.2.3 McDSC 開発成果とその後の課題

McDSC は、懸案の多チャンネル化、雷被害、水没の問題を解消し、観測の全自動化と遠隔監視の実現を可能にした製品であったことから、当社のデータロガーの中でも最も普及した。円行寺地すべり (高知県)、甚之助谷地すべり (石川県)、上越長浜地すべり (新潟県)、最上川水系平根地すべり (山形県) などの地すべり観測業務にも使用され高い評価を受けるに至った。

一方、McDSC の利用を通して、以下に示す新たな課題が明らかになった。

- ・ 光ファイバー敷設工事には専門のスキルが必要であり、場合によっては高額な設置コストを要した。
- ・ 他の計測機器メーカーから、より多種多様な複数のマルチセンサ対応で、安価なデータロガーが発売された。
- ・ 1, 2 箇所程度の観測業務でも設置を含めて 100 万円以上の導入費用を要したことから、より安価で誰でも設置しやすい自動計測機器が求められた。
- ・ 現場でのデータ確認やデータ処理の迅速性の観点から、データロガーからの出力値が電圧、電流などのアナログ値ではなく、測定対象の物理量として表現することが求められた。
- ・ 1990 年代半ばから普及し始めた携帯電話サービスを利用したデータの無線伝送化が求められた。

以上の課題と McDSC の開発成果が、第 5 世代の DSC-12 と S&DL (Sensor & Data Logger) の開発につながっていく。

4.3 全自動方式、第 5 世代のデータロガー「DSC-12」と「S&DL」の開発^{8),9)}

4.3.1 DSC-12 と S&DL の概要と開発背景

DSC-12 は、1995 (平成 7) 年に開発された 12 チャンネル搭載の汎用データロガーである。31 台までのリンク制御が可能であり、1 台でひずみゲージ、電圧・電流、パルスといった多種多様なセンサが接続可能である。一方、DSC-12 と同年に開発された、S&DL は、1 対のセン

サとデータロガーを一体化した全く新しい概念の自動計測機器である。S&DL のラインナップは、水位計、伸縮計、傾斜計、雨量計、間隙水圧計、変位計などの多彩なセンサから構成される。

DSC-12 と S&DL の開発背景は、異なっている。DSC-12 の開発に際しては、McDSC の成果・課題と他社メーカーの動向を踏まえ、多機能、汎用性、高コストパフォーマンスが求められた。すなわち、多種多様なセンサを 1 台のデータロガーで複数接続可能とし、しかもデータロガー間を光ファイバーより敷設コストの安い通信方式でリンク制御したいといったニーズである。一方で、1, 2 箇所の規模の小さい観測業務でも気軽に使え、データの確認・整理にも手間を必要としない、安価な自動計測機器の開発といった課題があった。この点は、DSC-12 の開発背景とはある意味矛盾した内容であり、S&DL の開発の契機になった。

4.3.2 DSC-12 開発における技術的特徴

DSC-12 の技術的特徴としては、①多チャンネルデータ収録のためのスキャナー方式の採用、②プレヒート (事前通電) 時間の可変長機能による更なる省電力化、③遠距離、高速通信可能な新しい通信方式の採用、が挙げられる。

1) スキャナー方式の採用

出力方式の違う複数のセンサを 1 台のデータロガーで制御するためには、出力方式毎の変換器をセンサの台数分データロガーに組み込む必要がある。しかし、この場合、当然製造コストに跳ね返ってくる。この点を回避する技術として導入したのがスキャナー方式である。このスキャナー方式は、各センサ入力ポートに組み込まれたリレーユニットを CPU によって自動制御し、測定時に順次センサを変換器に接続する方式である。1 台の変換器を複数のセンサで共有できることから、データロガーの製品価格低減につながった。

2) プレヒート可変長機能の導入

測定時のセンサへのプレヒートの程度は、センサ固有の電気的特性の違いにより異なる。複数のセンサを制御する場合、プレヒートの程度がデータロガーの電力消費に大きく影響してくる。DSC-12 では、12 チャンネルそれぞれのプレヒート時間を個別に制御する機能を設けた。この機能により、他社の同レベルのデータロガーに比べ、10 分の 1 以下の大幅な省電力化を実現した。

3) 新しい通信方式 RS485 の採用

McDSC の光通信に変わって採用されたのが、シリアル通信方式の一つである RS485 である。この通信方式は通常利用されている RS232C に比べ、高速通信、長距離通信 (最大 1.2km) が可能であり、バス型のマルチポイント接続に対応できた。

4.3.3 S&DL 開発における技術的特徴

S&DLにおける技術的特徴としては、①センサとデータロガー一体化、②センサ固有誤差処理や測定対象に応じたデータ変換の内部処理化の2点が挙げられる。

1) センサとデータロガーの一体化

これまでのデータロガーは、ケーブルを介してセンサと接続するものといった概念が一般的であった。この場合、ケーブルが長ければ伝送時のノイズや雷サージの問題が不可避であった。この問題に対処するため、ケーブルを廃し、センサとデータロガーを1つのハウジングに収めるという発想をとった。回路設計においては、読み出し専用メモリ (ROM) として書き込み・消去が可能な製品 (EEPROM) や、表面実装部品を採用するとともに、表示・設定機能などのヒューマンインターフェース部分はオプション化し、極力小型化、コンパクト化を図った。この取り組みにより、センサとデータロガーの一体化、小型化が成し遂げられた。特に、S&DL水位計は、圧力センサとデータロガーのプロープ内への収納が実現し、温度変化の影響を受けにくい地下水面下にデータロガーを置くことを可能とした。

2) データ変換等の内部処理化

開発当時、例えば水位測定の場合、電圧出力の圧力センサの出力は電圧値であり、データ回収の度に電圧→圧力→水位に変換する必要があった。直接現場で観測データを確認するにしても、その都度生データから測定対象値に換算する手間を要した。S&DLでは、上述したEEPROMを利用して、生データから測定対象値への変換式を書き込み、測定時にCPUで逐次変換できるようにした。また、センサ固有の誤差要因である非直線性やゼロオフセットなどを組み立て検査時にROMに書き込み、測定時にCPUで補正する方法をとった。このことにより、煩わしいデータ変換作業の解消とともに、測定の高精度化が実現できた。

4.3.4 DSC-12 および S&DL 開発成果とその後の課題

DSC-12は、McDSCの課題であった多種多様な複数のセンサとの接続、フィールドモニタリングへの全自動計測導入時のコスト削減に少なからず貢献した。特に国土交通省管轄の道路斜面の監視に数多く導入され、道路防災管理のために今なお活躍している。

また、S&DLについても、懸案であった小規模観測現場での計器導入、データ回収・整理の省力化、コスト低減に多大な貢献をした。特にS&DL水位計については、1995(平成7)年の発売から現在に至るまで当社のフィールドデータロガーの中でロングラン商品の一つとなっている。

一方、DSC-12やS&DLを利用した遠隔監視システムを構築する場合、携帯電話などの通信機器、パーソナルコンピュータやモデムとの組み合わせが必要であり、システム構築には専門スキルが必要であった。また、パーソナルコンピュータに搭載する測定制御、データ閲覧・回収用のソフト開発も必要であった。このことが、観測現場の全自動化が進展しない最大の障害になっていた。

1990年代後半になり、それまでNTTグループが独占していた携帯電話市場にPHSが参入することで価格破壊が生じ、携帯電話が固定電話回線に代わる身近な通信機器としての地位を確立しつつあった。また、インターネットについては、1992(平成4)年に我が国における商業利用が開始されてから、加速度的に新しい情報通信ツールとしての利用が広まっていた。このような時代背景から、フィールドモニタリングにおいても、携帯電話やインターネットを利用した簡便な全自動観測システムの登場が望まれるようになった。

4.4 全自動方式、第6世代のデータロガー「i-SENSOR」の開発

4.4.1 i-SENSORの概要と開発背景

i-SENSORは、2001(平成13)年に開発されたセンサ、データロガー、データ通信ユニットが一体化した、これまでに無い自動計測機器である。NTTドコモの無線パケット通信サービス (DoPa) を利用する通信モジュールを搭載し、通信プロトコルの一つであるTCP/IPを採用していることから、測定データをEメールで送信することが可能である。

現在、図-3に示すように、センサを含む全てが一体化したタイプ(伸縮計、地盤傾斜計、雨量計)と、S&DLやアナログタイプのセンサとの組み合わせ可能なデータ通信ユニットタイプの2種類が商品化されている。

i-SENSOR開発当時の2000(平成12)年は、携帯電話業界では新規加入者獲得のための様々なサービス競争を行っており、携帯電話の購入価格が実質無料となっていた。また、携帯電話普及を狙った「10円メール」といった安価で便利な通信サービスが登場していた。一方で、翌年から施行される土砂災害防止法によって、土砂災害監視ニーズが全国の市町村を中心に高まることが予想された。このようなことから、斜面防災分野での業務拡大のための戦略武器として、携帯電話とインターネットを利用した安価なフィールドモニタリングツールの開発機運が、当社の東京支社やつくば技術開発センター(いずれも当時)などの社内関係者の中で生まれた。そして、2000(平成12)年9月につくば技術開発センターを中心としたi-SENSOR開発プロジェクトチームが結成され、開発が進められた。



図-3 i-SENSORのラインナップ

Fig. 3 Lineup of i-SENSOR

4.4.2 i-SENSOR開発における技術的特徴

i-SENSORは、当社のフィールドデータロガー開発で培った技術の粋を集めるとともに、最新のインターネット関連技術を駆使した自動計測機器である。

i-SENSORにおける技術的特徴としては、①自動的にデータを判別し警報等を出す自己判断機能（インテリジェント機能）、②無線パケット通信技術の採用、③Web上でデータ閲覧ソフトを提供するASP（Application Service Provider）関連技術の導入、の3つである。

1) 自己判断機能（インテリジェント機能）

観測業務を担当する技術者共通の思いは、観測データの異常をいち早く知ること、また観測データの欠測をできる限り回避することである。例えば、観測データがしきい値を超過した場合や、バッテリー電圧が低下した場合、あるいはセンサが何らかのトラブルで故障した場合、これらを計測機器自らが判断して、直ちに関係者に知らせるといった技術の開発は、観測業務に携わる技術者の長年の願いであった。この願いを叶えたのが自動制御技術を駆使したi-SENSORの自己判断機能である。

i-SENSORでは、しきい値、バッテリー電圧、計器異常の状態をそれぞれ判定し、警報メール送信する自己判断機能の他、しきい値超過後の測定間隔やデータ送信間隔の自動変更機能（設定内容自動変更機能）、警報装置などの制御のための接点信号入出力機能も取り入れた。

一連の機能は、DSC開発以来の測定制御技術の集大成である。すなわち、DSC以降のフィールドデー

タロガーに採用したZ80系CPUをi-SENSORでも使うことで、これまで蓄積した制御プログラムを製品開発に最大限有効利用している。

2) 無線パケット通信技術の採用

i-SENSORには、データの無線送信を目的に、NTTドコモの無線パケット通信専用の小型通信モジュール（富士通パーソナルズ製のMPM-Compact）を採用した。パケット通信は、通常の電話回線と異なり、通信データを小さなまとまり（パケット）に分割して送受信する。このため、データ送信に複数の通信回線が同時に利用可能である。また、通常の電話回線のように回線を独占するといったことは無く、1つの通信専用回線を複数のデータ送信で共有できる。このようなことにより、第5世代の自動観測技術で採用されている携帯電話と比べて、通信時の輻輳の解消や通信コストの低減が実現できた。

一方、パケット通信では、従来のRS232Cのような通信バス方式ではなく、インターネットで使用されているPPPやTCP/IPといったプロトコルによる通信方式を採用する必要があった。当時OSであるWindowsには既にインターネット通信用のプロトコルが組み込まれていたが、測定制御に利用しているZ80系CPUにWindowsを搭載することは能力的に不可能であった。OS搭載のため高性能のCPUに変更することは、測定制御プログラムを最初から開発することになり、開発期間の長期化とコストアップにつながる可能性があった。この問題を解消するために、TCP/IPプロトコル処理用

のICチップを採用し、Z80系CPUにWindowsといったOSを搭載すること無しに、プロトコル処理が可能となった。

以上の一連の通信技術の導入により、Eメールによる無線データ送信が実現した。

3) ASP 関連技術の導入

モニタリングデータは、1つの測定データではあまり役に立たず、複数のデータが時系列で整理されて初めて意味があるものになる。また、数値データの羅列ではなく、グラフ化(視覚化)されれば、より利便性の高いデータとなる。さらに整理されたデータ群がネットワークを通じて技術者間で共有化されれば、意思の疎通や業務の効率化につながる。これらを実現した技術が、ASP関連技術である。

ASPは、「アプリケーションソフトをインターネットを通して期間貸しするサービス」を指す。1999年以降のIT技術の急速な進歩を背景に、近年拡大したサービスである。i-SENSORの利便性を高めるため、ASP関連技術を駆使して2003(平成15)年に開発したのが、i-SENSOR Webモニタリングシステムである。すなわち、図-4に示すようにi-SENSORデータセンター(インターネットデータセンター)のデータベースサーバーにi-SENSORからのEメールデータを蓄積するとともに、データ加工・処理のためのアプリケーションソフトをWebサーバーに格納したものである。アプリケーションソフトには、数値データ一覧表示やグラフ表示などの各種表示機能の他、しきい値超過時の警報メール機能も装備している。このシステム利用者は、特に専用ソフトを必要とせずに、インターネットブラウザとインターネット接続環境があれば、どこからでもi-SENSORのモニタリング情報を得ることが可能である。

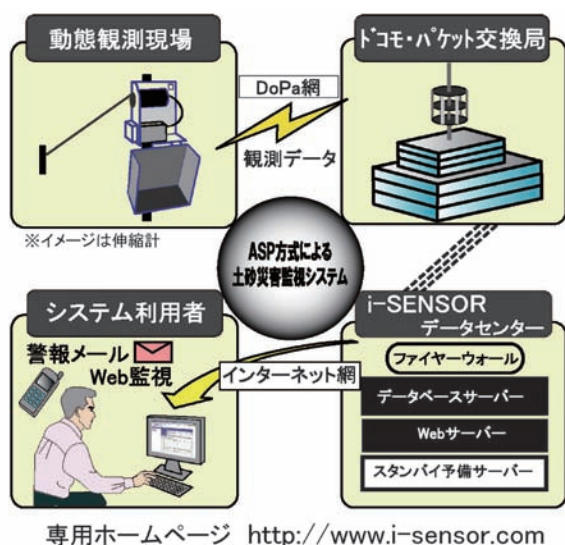


図-4 i-SENSOR Webモニタリングシステムの構成

Fig. 4 Structure of i-SENSOR Web Monitoring System

このシステム開発の関連技術には、前述のアプリケーション開発を可能としたWeb対応プログラミング技術、インターネットブラウザなどのクライアント技術、ADSL(非対称デジタル加入回線)などの高速ネットワーク技術、サーバー技術が挙げられる。その中でも重要な技術の一つが、サーバー技術である。防災分野のフィールドモニタリングには絶対的なシステムの安定性や継続性が求められる。このようなことから、複数のサーバーを相互に接続し、1台のサーバーが故障しても処理を続けられる技術(クラスタリング技術)や、サーバー障害時に別のサーバーに処理を自動的に引き継ぐ技術(フェールオーバー技術)など、システムの安定性向上と信頼性促進のためのサーバー技術を採用した。

4.4.3 i-SENSOR 開発成果とその後の課題

センサ、通信モジュールおよびデータロガーが一体化したi-SENSORの開発により、計測機器に関する専門スキルを持たない技術者でも、地すべりや地下水位などの観測を容易に全自動化することが可能となった。特に、土砂災害現場にモニタリングシステムによる遠隔監視体制を構築する場合の省力化、安全性の向上に多大に寄与した。

従来のデータロガーを利用した地すべりなどの土砂災害遠隔監視システム構築の場合、システム調整を含め1週間程度は要していたが、i-SENSORの開発により、わずか1、2日で監視を開始することが可能となった。このことは、単にシステム導入面でのコスト低減に寄与するのみならず、災害現場での計測作業時の要員確保や危険区域への立ち入りの問題の解消につながった。さらには、インターネットを通じて、ほぼリアルタイムなモニタリング情報を多数の関係者で共有することが可能となり、電話やFAXなどの情報ツールに比べて情報伝達精度の向上や、災害対応の迅速化に貢献した。また筆者は、i-SENSORで採用した無線通信回線が、一般回線に比べて広域地震時にも大きなトラブルがなく、比較的信頼性の高い通信インフラであることを確認している。¹⁰⁾

一方、i-SENSORの利用を通じ、NTTドコモの無線パケット通信サービスエリア外での使用や、他社のセンサやモニタリングシステムとの併用、センサラインナップの強化、あるいは観測箇所が多数ある現場での通信コスト圧縮といった、新しい課題も生まれている。

4.5 最近のフィールドモニタリング事例紹介

本項では、最新のフィールドデータロガーであるi-SENSORを利用したフィールドモニタリングの2つの事例を紹介する。いずれも土砂災害監視での導入事例であり、i-SENSORが二次災害回避に役立っていることを示すものである。

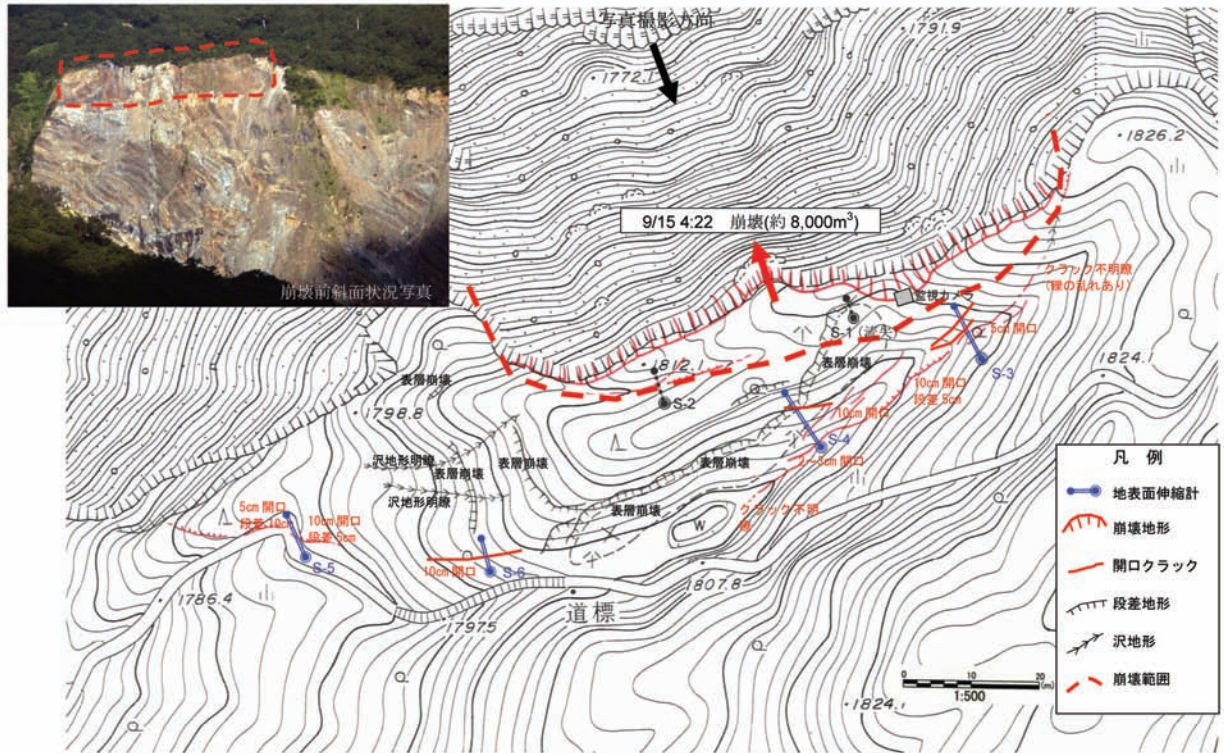


図-5 白山別当谷の地すべり観測計器配置図 (9月15日の崩壊状況)

Fig. 5 Arrangement of the landslide observation instrument in Betto Valley of Mt.Hakusan (Caused on September 15)

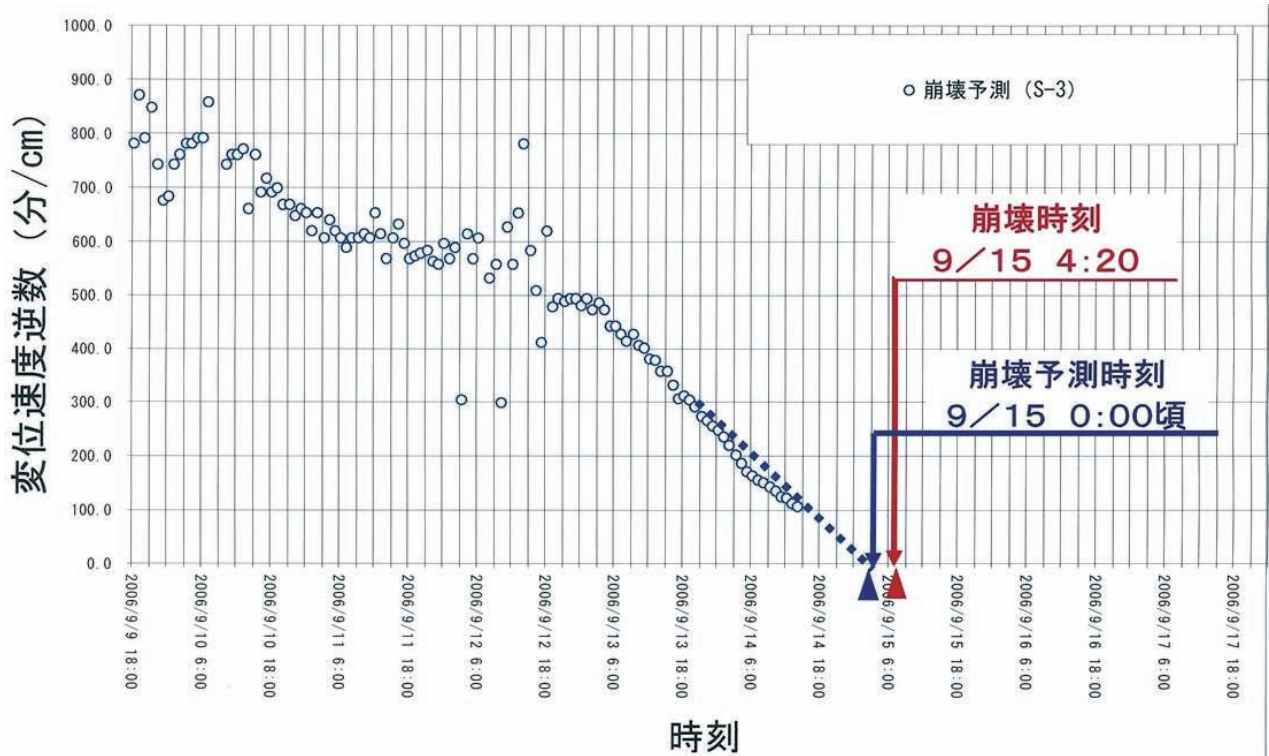


図-6 伸縮計観測データによる崩壊時刻予測

Fig. 6 Prediction of failure time of the landslide according to measuring data acquired by the extensometer

1) 地すべり監視での導入事例

国土交通省金沢河川国道事務所管轄の石川県甚之助谷地すべり防止区域内の別当谷（標高約1,800m付近）で、2006年9月7日に崩壊規模4,000m³の山腹崩壊が発生した。崩壊の拡大が懸念されたため、当社北陸支店は国土交通省の要請を受け、翌日地盤伸縮計4台（S-1～S-4）を設置した。地盤伸縮計は、短時間で計器を設置し、遠隔でデータ回収を行う必要があったことから、i-SENSOR伸縮計を採用した。（図-5参照）

現地地形状況や伸縮計データにより崩壊発生箇所周辺での地すべり的な活動が確認されたため、登山道の通行規制や下流で実施されていた砂防工事の安全対策が実施された。さらに、i-SENSOR伸縮計から送信される10分毎の変位データに基づき崩壊時刻の予測を行い、二次災害防止に関する監視体制が強化された。

地すべりの崩壊時刻予測は、変位速度の逆数に着目した福囿の方法を採用した。¹¹⁾ 図-6は9月14日14:30に実施した崩壊時刻予測である。実際の崩壊（崩壊規模約8,000m³）は翌朝4:22に発生し（図-5に崩壊範囲を記載）、この崩壊で伸縮計1台（S-1）が流失した。予測崩壊時刻（0:00）は実際の崩壊時刻と若干の誤差はあるものの、実務的には十分な結果を得ているといえる。

2) 土石流災害警戒体制での導入事例

停滞前線に伴う雷雨により、2006年8月18日に岩手県雫石町の岩手山山頂付近から中腹にかけて大規模な土石流（流量約6,000m³）が発生し、中腹を通過する県道が被災した。県道を管理する岩手県は、

土石流災害警戒を目的に、土石流発生区域の山頂付近2箇所に雨量計を設置し、雨量データに基づいた県道の通行規制を行うこととした。雨量計は、山頂付近に商用電源や一般電話回線などの施設がないことから、これらの必要のないi-SENSOR雨量計が採用された。雨量計の設置状況を図-7に示す。

一方、道路通行規制発令までの時間的余裕を確保するため、雨量計による10分毎の短時間雨量観測結果に基づく警戒雨量基準値の設定と、基準値超過時の警戒情報（Eメール）を送信する機能をi-SENSOR Web モニタリングシステムに追加した。

台風並みに発達した低気圧により2006年10月7日未明から岩手県内は大雨に見舞われた。岩手山周辺では24時間雨量が約100mm、時間雨量が20～30mmの降雨となった。当日早朝に岩手山山頂付近で土石流警戒雨量基準値を超過する雨量が確認されたが、システムが設定通り作動し、関係者に警戒情報を送信することで、滞り無く県道の通行規制を行うことができた。

4.6 今後のフィールドデータロガー開発について

i-SENSORの登場を通して、無線通信やインターネットの利用は、今やフィールドモニタリングに欠かせないものとなった。この点は、今後も関連技術の進歩によって、より高度化していくと考える。また、i-SENSORについては、土砂災害発生時に緊急的・短期的遠隔監視を行う際のツールとしては、的を射たものであり、土砂災害が増加している現状では、活躍の場が増大していくものと考えられる。

一方、今後の社会資本整備が維持管理中心となっていく

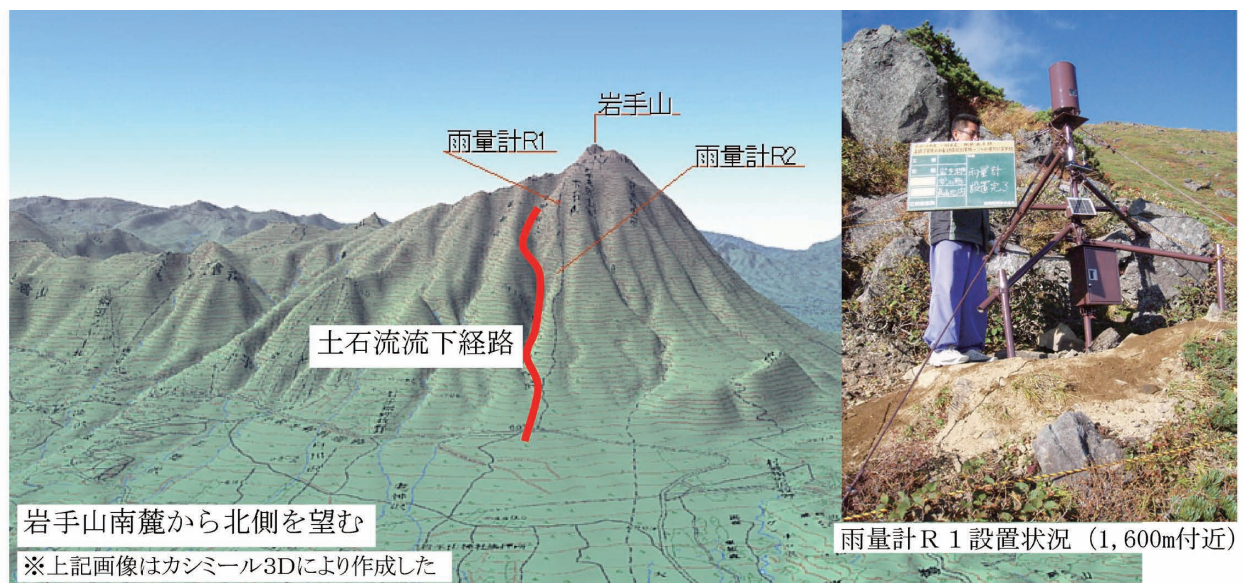


図-7 岩手山の雨量計設置状況

Fig. 7 Arrangement of rain gauge in Mt. Iwatesan

中で、フィールドモニタリングの自動計測機器には、新設時あるいは更新時の導入のしやすさやコスト低減のみならず、長期的利用の視点に立ったニーズ、例えば、メンテナンスのしやすさ、ランニングコスト、耐久性などが求められよう。残念ながら、現状の当社のフィールドデータロガーは、そのようなニーズに十分に答えられるものにはなっていない。したがって、今後は長期的利用の視点も見据えた自動計測機器の開発を行っていく必要があると考えている。

5. フィールドモニタリングにおける自動計測技術の今後の展望

フィールドモニタリングにおける自動計測技術の今後を展望する上で、注目すべき社会動向と、それに対する自動観測技術に求められる重要な点は、次の通りである。

- ・ 社会資本ストックの更新増大と公共投資額の更なる縮減
⇒安価でメンテナンスフリーであること。
- ・ 少子高齢化による生産労働人口の減少、人材難
⇒専門技術者以外でも、取り扱いが容易で、簡単に設置・管理が可能なこと。

- ・ 防災や環境に関わる要監視箇所の増大
⇒マクロ的な監視からピンポイント的な監視まで、幅広い、合理的なモニタリングに寄与できること。
 - ・ 高度情報化社会の進展による国民間の情報格差の増大
⇒得られた計測結果をどの階層の人々にも分かりやすい表現で、かつタイムリーに提供できること。
- これらのポイントを踏まえ、フィールドモニタリングに関して、今後注目すべき自動計測技術をハード、ソフトの2つの側面で以下に述べる。

1) ハード面で注目すべき技術

①光ファイバーセンシング

光ファイバーセンシングは、光ファイバーの曲げや歪みの状態に応じた透過光あるいは散乱光の変化を検出することにより測定対象の状態をモニタリングする技術である。1990年代後半に新技術として開発され、2000年以降道路、河川堤防などの公物管理に導入され始めている。当社は、平成12年から独立行政法人土木研究所の光ファイバーセンシングに関わる共同研究に参画する¹²⁾とともに、国土交通省管轄道路の斜面監視に関する業務に取り組んでいる。この技術が広がりを見せている背景には、政府主

表-4 光ファイバーセンシング方式の比較
Table 4 Comparative table of optical fiber sensing system specifications

名称	B-OTDR (Brillouin Optical Domain Reflectometry)	OTDR (Optical Domain Reflectometry)	FBG (Fiber Bragg Grating)	MDM (Macro Distortion Monitoring System)
計測レベル	線計測～面計測	線計測～面計測	点計測	点計測
計測原理	ひずみの変化による後方散乱光(ブリルアン散乱光)の波長変化(散乱周波数)を検出	変位に応じた光ファイバーの曲げの程度による後方散乱光(レイリー散乱光)の損失(散乱強度)を測定	光ファイバーに設けた回折格子の間隔のひずみに応じた反射光の波長(ブラッグ波長)変化を検出	変位に応じた光ファイバーの曲げの程度による透過光の損失(透過光強度)を測定
センサ構造	光ファイバー通信ケーブルの全長をセンサとして利用する	光ファイバーの一部を変位により曲率が変化する機構を設ける	光ファイバーの任意箇所に回折格子を設ける	光ファイバーの一部を変位により曲率が変化する機構を設ける
計測対象	ファイバーに沿った任意箇所の変位、温度、発生位置	変位、発生位置	センサタイプによって変位、傾斜、圧力、温度などの各種計測可能	変位
測定箇所数	1本の光ファイバーで20km程度までの任意区間の計測可能	1本の光ファイバーで5箇所程度の計測が可能	1本の光ファイバーで10箇所程度の計測が可能	1本の光ファイバーで1箇所の変位計測が可能
分解能	0.1mm/m	0.2dB	±0.004mm/m	0.2mm/2～10m ^{※)}
測定範囲	2%	36dB	300mm	0～100mm(±50mm)
計測時間	5～10分程度	5分程度	最小2秒	秒単位の変化に対応可能
温度範囲	-10～50℃	-10～40℃	-5～50℃	-10～50℃

※ファイバー長:5km、距離分解能:1m、計測回数:100回の時の平均的な値

導による通信インフラとしての光ファイバー網の全国整備がある。これらの整備によって、幹線道路沿いの斜面や河川堤防に整備済みの光ファイバーをモニタリングのための通信回線として有効利用できる。

光ファイバーセンシングをフィールドモニタリングの自動計測技術として見た場合、雷害や電氣的ノイズの問題が無い、各種センサの組み合わせによりマクロ的な監視からピンポイント的な監視までの効率的なモニタリングが可能、などの特長を有する。表-4に示すように色々な検出方法やセンサが開発され、用途が広がっている。ただし、光の状況を検出する装置（アナライザ）を含むイニシャルコストが高い、温度の影響によりデータがばらつく、などといった問題もある。今後本格的導入のためには、これらの諸問題を解決する必要がある。

②RFID¹³⁾

RFID (Radio Frequency Identification) は、無線通信を応用した非接触による自動認識技術であり、アンテナを備えた微小な電子チップ（電子タグ、ICタグとも呼ぶ）を利用する。元来は米国の軍事技術であるが、約20年前に民間に開放された。近年の電子技術の進歩によりチップの超小型化、低コスト化が実現することで、物流のトレーサビリティに導入され始めている。さらに、ユビキタス社会を牽引する技術として最も注目を浴びている技術の一つである。RFIDのフィールドモニタリングへの利用面では、今後社会資本ストックの膨大な更新を控え、公物管理の高度化に期待されている技術であり、財団法人先端建設技術センターを始めとした国内各機関による基礎的研究が開始されている。

RFIDのフィールドモニタリングに利用した場合の最大の魅力は、低コストで、密度の高い自動計測の実現が可能になることである。例えば、電子チップに小型の傾斜センサあるいは振動センサを組み合わせた、センサ・通信一体型の超小型データロガーを斜面にばら撒くように設置することで、斜面崩壊の面的な遠隔監視が可能になる。ただし、現時点で無線通信に使用可能な周波数帯に制限があり、数10cm程度の短い距離での利用に留まっている。今後は、総務省の電波利用に関わる省令改正により、遠距離で利用可能になれば、フィールドモニタリングへの応用に弾みがつくと考えられる。

2) ソフト面で注目すべき技術 ～情報周知技術～

第2章で述べたように、自動計測技術を広い意味で捉えると、計測値を踏まえ測定対象の状態を解析・評価する技術まで含むことになる。現在、国や地方自治体の管理する雨量や河川水位などのテレメータ観測所で得られたリアルタイムデータは、インターネット上で簡単に閲覧できるまでになっている。最

新の雨量データを踏まえ、土砂災害危険度を解析・評価し、インターネットを通じてほぼリアルタイムに公開している地方自治体もある。¹⁴⁾ このように、今まで一部の行政関係者が見ていた各種フィールドモニタリングを踏まえた各種評価データを、IT技術の進歩と情報公開の流れにより、一般の人が簡単に閲覧できるようになった。

一方で、行政と住民の役割が明確化され、住民側にも自己責任が問われる時代になりつつあるが、各種自動計測結果から得られる多量の情報の中から、個人が自らのための情報をどのようにして得るかが、大変重要になっているといえる。特に、土砂災害を予見するためにフィールドモニタリングで得られたリアルタイム情報は、個人の生死に関わる場合もある。このようなことから、今後フィールドモニタリングによる各種データが、個人の災害情報として資するためには、土砂災害に関する専門技術者の知見・ノウハウに裏打ちされた的確で分かりやすい情報をタイムリーに提供する必要がある。フィールドモニタリングにおける自動計測技術が高度化していく一方で、今後はプッシュ型情報配信のしくみや分かりやすい情報提供に関するハード、ソフトを含めた技術開発を併せて進めることが重要である。¹⁵⁾

6. あとがき

インターネットなどの最新の情報通信技術を取り入れることにより、今や第6世代を迎えたフィールドモニタリングにおける自動計測技術は、計測技術に熟知した専門技術者しか取り扱えなかった敷居の高い技術から、今や専門知識を持たない人でも気軽に取り扱い可能な技術に変貌を遂げつつある。今後も最新の要素技術に加え、地質調査や土砂災害に携わる技術者の知見・ノウハウを取り入れ、より高度化し、利便性に優れた技術になっていくことは間違いない。さらに、今後の劇的に移り変わっていく社会動向の中で、より必要不可欠な技術になっていくと確信する。このような点を踏まえ、今後次世代のフィールドロガー開発に携わっていきたい。

参 考 文 献

- 1) 社団法人地すべり対策技術協会(1996)：いつでも、どこでもすぐに役立つ地すべり観測便覧，pp.78-84.
- 2) 安積健一，南雲政博(1991)：地すべり調査・計測の今昔，土と基礎，Vol.39，No.3，pp.22-23.
- 3) 立花規弘，田北 広 (1986)：D S Cを用いた地下水位の長期観測，第30回社内技術発表会発表講演集，pp.37-42。(社内資料)
- 4) 井上友光，五江渕通 (1989)：D S C (デジタルストレージコーダ) の開発，第33回社内技術発表会発表講演集，pp.37-42。(社内資料)
- 5) 安藤 伸，針生真也，宮良圭一，五江渕通 (1989)：A地すべりに設置された地すべり自動観測システムについて，第34回社内技術発表会発表講演集，pp.69-76。(社内資料)
- 6) 松原幹夫，五江渕通 (1990)：地すべり自動観測システムのためのデータ収録装置M c D S C，応用地質技術年報，No.12，pp.39-53.
- 7) 五江渕通，松原幹夫，大橋武一郎 (1991)：光ケーブルリンク・データ収録装置M c D S Cの利用，第39回社内技術発表会発表講演集，pp.69-74。(社内資料)
- 8) 田子公一，五江渕通，大橋武一郎 (1995)：デジタル水位計の開発，第46回社内技術発表会発表講演集，pp.59-64。(社内資料)
- 9) 五江渕通 (1997)：高性能SDL水位計の開発，応用地質技術年報，No.19，pp.99-109.
- 10) 矢部 満 (2005)：無線パケット式通信方式を用いた地盤災害モニタリングシステムの構築，北陸地方建設事業推進協議会平成17年度建設技術報告会報文集，pp.49-52.
- 11) 福囿輝旗 (1990)：移動量の変化から崩壊時刻を予測する方法 (その2)，地すべり技術，Vol.17，No.1 (49号)，pp.26-34.
- 12) 独立行政法人土木研究所，他 (2004)：光ファイバセンサを活用した道路斜面モニタリングに関する共同研究報告書「光ファイバセンサを活用した斜面崩壊モニタリングシステムの導入・運用マニュアル (案)」
- 13) 例えば，坂村 健 (2004)：ユビキタス，T R O Nに出会う，NTT 出版
- 14) 例えば，熊本県危機管理防災消防総室・河川課 (2004)：熊本県統合型防災情報システム，<http://www.bousai.pref.kumamoto.jp/DspTop.exe?11602794327>
- 15) 麿嶋直樹，栗原淳一 (2006)：分かりやすい土砂災害情報について，土木技術資料，48-5，pp.48-52.