

1 はじめに

新潟県内で発生する地すべりは融雪期を中心として積雪期初期、厳冬期まで含めると年間の地すべり発生件数の70%程度が発生している。しかしながら、冬期には多量の積雪があるなど厳しい自然環境のため積雪期間を通じての融雪量、間隙水圧、地すべり土塊の歪量等についての観測は困難である。一方、最近の急速なコンピュータの発達によりデータ収集密度、精度等の飛躍的な向上が可能となってきた。そこで多雪地帯における地すべり発生機構の解明をはかり、警戒避難体制の指標となるべき要因の抽出を目的としてコンピュータを利用した地すべり自動観測システムを開発し、新潟県東頸城郡安塚町伏野峠地区（図-1）に設置したので概要を報告する。

2 システム設計のコンセプト

観測システムの設計にあたっては次の条件等を考慮し開発した。①雪に関する観測を重点的に行う：降水量のみならず積雪深、積雪重量の計測を行うことによって冬期間の積雪量、積雪重量の変化が把握できる。これらの情報から雪の比重等がモニターでき融雪時期についての判断が容易となる。②融雪及び融雪水の挙動を観測する：融雪に関与する気温、地温等の観測により融雪の機構を把握し融雪水量を計測する。さらに融雪水の地すべり土塊への侵入過程を明らかにするためにボーリング孔内水温を観測する。③地すべり土塊内部の変化をとらえる：地すべり土塊内部の歪量を正確に計測することにより、積雪による影響や間隙水圧、地下水位との相関性を検討する。④サージ対策が万全なこと：地震動と間隙水圧について観測を行っている静岡県由比試験地では誘導雷等が原因で数度にわたりシステムダウンが発生した。センサー、観測機器等を守るため万全の対策をとる必要がある。⑤オンラインでリアルタイムのデータが得られること：最近の傾向としてハンドヘルドコンピュータとICカードを利用して後日回収するシステムが一般的である。しかし警戒避難システムを考慮するならば一部で実用化されている⁽¹⁾リアルタイムのデータをオンラインでチェックする必要がある。

表-1 自動観測項目一覧表

項目	計測 点数	箇所 数	計測合 計点数	出力形式	出力単位	計測精度	備考
I. 気象関係							
1 積雪深	1	1	1	DC 0~5V	cm	±2 cm	超音波式
2 積雪重量	1	1	1	DC 0~1V	kg/m ²	±10kg/m ²	
3 融雪量	1	1	1	m ² ×A	m ³	0.5 mm	上下部ヒータ付
4 融雪量	1	1	1	m ² ×A	m ³	0.1 mm	受口径 1m×1m×42
5 気温	1	1	1	Ω	°C	±0.5 °C	白金抵抗体
6 地温	1	1	1	Ω	°C	±0.5 °C	〃
II. 地すべり土塊関係							
1 歪 (No.1)	17	1	17	0~±10 ⁵ ×10 ⁻⁶	μSTRAIN	±10 μ	下流 -1~-17m 1m 上流 -1,-4,-7m
2 歪 (No.2)	17	1	17	0~±10 ⁵ ×10 ⁻⁶	μSTRAIN	±10 μ	下流 上流 -2,-4,-8,-9, -13,-14,-15m
3 歪 (No.3)	17	1	17	0~±10 ⁵ ×10 ⁻⁶	μSTRAIN	±10 μ	下流 上流 -1,-7,-15m
4 間隙水圧	1	3	3	DC 0~ 100mv	kg/cm ²	±0.5ZFS	No.1 - 9.5m 25153 No.2 - 10.8m 25152 No.3 - 10.0m 25151
5 地下水位	1	3	3	DC 〃	cm	±0.5ZFS	孔内 -13.0m 設置
6 水温	4	3	12	Ω	°C	±0.5 °C	-4,-7,-10,-13m設置
III. 観測小屋環境関係							
1 温度	1	2	2	Ω	°C	±1.0 °C	熱電対使用
2 湿度	1	1	1	0~1V	°C	±1.0 °C	白金薄膜抵抗
3 湿度	1	1	1	0~1V	%	±3%RH	±42-F/4.4静電容量
自動通年観測合計			93				

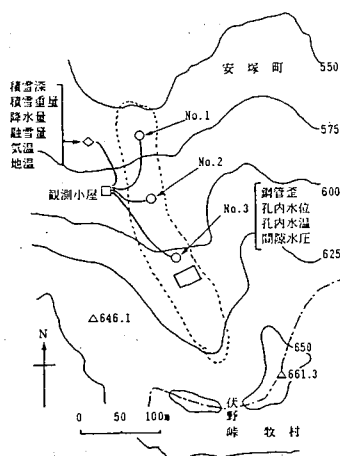


図-1 地すべり地概要図

3. 3 データ収集処理システム 本システムではハンドヘルドコンピュータHC-40を採用した。HC-40はメインCPUにZ80を使用し、OSとしてCP/M Ver. 2.2を採用している。HC-40の長所としては電源のバックアップが容易、軽量で可搬性に富むこと、多くのインターフェイス（RS232C、シリアル、システムバス、カートリッジ等）を内蔵していることなどがあげられる。問題点としてはCP/M BASICの制約としてタイマー割り込みができないこと、ディレクトリーの制限があることなどがあげられる。各種センサーからのデータは、パルス、抵抗値、ストレイン、電圧と多岐にわたるためこれらをすべて HC-40で収録することはハード、ソフトの両面に大きな負担を強いる。そこで2台のデータロガー

伏野敏満所 HC-40

サージ対策としてセンサーからのデータはシールド付きのケーブルを使用し、ケーブルを伝わってくる誘導雷については避雷器によってグラウンドに逃がすようにした。電源線から侵入するサージは無停電電源装置、ノイズフィルタートランスによってカットされる。

```

graph TD
    subgraph HSCAN [HSCAN]
        START_HSCAN([START]) --> GPIB[GPIBコンバータ  
GPNET7接続]
        GPIB --> THERM[THERMODAC  
による計測]
        THERM --> UCAM[UCAM  
による計測]
        UCAM --> TIME[時刻ファイル  
作成]
    end

    subgraph HCMON [HCMON]
        START_HCMON([START]) --> LOG[プログラム  
ロード]
        LOG --> ASK[アスキーファイル  
アップロード]
        ASK --> ASK2[アスキーファイル  
ダウンロード]
        ASK2 --> DATA[データの  
アップロード]
        DATA --> LOG2[プログラムの  
実行]
        LOG2 --> TIME_MON[日時の  
キャリブレーション]
    end

    subgraph PC_TERM [PC-9801E TERM]
        START_PC_TERM([START]) --> COM[コマンドポート]
        COM --> ASCII[アスキーコード]
        ASCII --> ASCII2[アスキーコード]
    end

    subgraph PC_TESTSCAN [PC-9801E TESTSCAN]
        START_PC_TESTSCAN([START]) --> GPIB_TEST[GPIBコンバータ  
GPNET7接続]
        GPIB_TEST --> THERM_TEST[THERMODAC  
による計測]
        THERM_TEST --> UCAM_TEST[UCAM  
による計測]
        UCAM_TEST --> FILE_TEST[テストファイルの  
作成]
    end

    subgraph PC_CRCV [PC-9801E PCRCV]
        START_PC_CRCV([START]) --> PROG[プログラムの  
読込]
        PROG --> REC[データ受信]
        REC --> CALC{プログラムの  
計算}
        CALC -- YES --> EOF_CRCV{EOFの  
検出}
        EOF_CRCV -- YES --> END([END])
        EOF_CRCV -- NO --> SEND[再送]
        SEND --> REC
        CALC -- NO --> SEND
    end

    START_HSCAN --> INIT[初期化等]
    INIT --> RS232C{RS232C  
割り込み}
    RS232C -- YES --> START_HCMON
    RS232C -- NO --> TIME_FLAG{測定時間フラグ}
    TIME_FLAG -- YES --> START_HSCAN
    TIME_FLAG -- NO --> FILE_UPLOAD{別ファイル  
読み込み時間  
アップロード}
    FILE_UPLOAD -- YES --> FILE_DOWNLOAD{別ファイル  
編集作業}
    FILE_DOWNLOAD -- YES --> COMM_FLAG{通信  
時間フラグ}
    COMM_FLAG -- YES --> SEND
    COMM_FLAG -- NO --> TIME_FLAG
    
    GPIB --> ASK
    ASK2 --> ASK3[アスキーファイル  
アップロード]
    ASK3 --> ASCII2
    ASCII2 --> ASCII3[アスキーコード]
    ASCII3 --> COM
    COM --> ASCII4[アスキーコード]
    ASCII4 --> ASCII5[アスキーコード]
    
    GPIB_TEST --> ASK3
    ASK3 --> ASK4[アスキーファイル  
アップロード]
    ASK4 --> ASCII5
    ASCII5 --> COM
    COM --> ASCII6[アスキーコード]
    ASCII6 --> ASCII7[アスキーコード]

```

- 229 -

れる。PC-9801Eからはモデムを経由して農林研究計算センター等の大型コンピュータにデータを転送し、さらにさまざまな演算処理を実行することも可能である。

4 ソフトウェアの構成

図-3にデータ処理システムに関連するソフトウェアのフロー図を示す。本システムのソフトウェアは観測所のHC-40側に4つの処理プログラム、受け側のPC-9801Eに2つのプログラム、さらにデータ処理用の4つのホストプロセッサから構成されている。メインプログラムは常に実行中のプログラムであり定時観測の実行、時刻ファイル、日別ファイルの編集、さらに毎夜定時にデータを筑波に転送する機能を持つ。HCMONはHCMANの実行中に筑波側からRS232Cの割り込みがあったとき実行されるプログラムでデータのアップロード等の機能をもつ。さらにHCSCANとTESTSCANは2台のデータロガーを制御し定時観測データあるいは任意の時刻データを収集するプログラムである。データは原則として1時間ごとの定時観測を行うためデータ量は非常に多くなる。そのためデータはすべて2バイトの整数型としてRAMカートリッジに記憶させることにし(図-4)、その結果データを1カ月分記憶させることが可能になった。データ転送におけるプロトコルとしてはXMODEMを採用した。すなわちデータを128バイトのパケットに分解し、このパケットについて1バイトづつ排他的論理和を計算する。受け側も同じように計算し、その結果を照合しつつデータを転送する方式をとった。この手順により実質的には99.9%程度の信頼性を得ることができる⁽²⁾。

5 今後の改良点

以上のようにシステムの設計開発を行ったが、当初は技術的なトラブルがあった。しかしその後の改良により順調にデータを収集している。今後は①雨量、積雪密度等のキャリブレーションの実施。②鋼管歪計では追従できない大変位を計測するための機器の投入。③HC-40は8ビットマシンであるため大きな負担がかかっている。BASIC以外の言語が使用可能となる16ビットマシンの採用。④ソフトウェアの負担を軽減するためにMNP機能もちかつ2400bps以上の転送が可能なモデムの採用。等についてシステムの改良を加えてゆきたい。

参考文献

(1) 佐藤修: 地すべり地地下水の自動観測システムの開発、115~124、新潟大災害研年報、No.9、1987。

(2) 大矢哲雄: XMODEMプロトコルの信頼性を探る、67、PCworld、No.4、1986。

データ格納フォーマット (すべて2バイトの整数型、1レコード4754バイト)

項	観測日時情報					地下水位観測孔内水温情報												基本気象等		観測小	
	年	月	日	時	分	NO.1観測孔			NO.2観測孔			NO.3観測孔			深さ4m	深さ7m	深さ10m	深さ13m	気温	地温	宝満NO.1
目						深さ4m	深さ7m	深さ10m	深さ13m	深さ4m	深さ7m	深さ10m	深さ13m	深さ4m	深さ7m	深さ10m	深さ13m				宝満NO.2

項	気象観測情報	間隙水圧	地下水位	雪情報	観測小
目	降水量	降雪量	NO.1 NO.2 NO.3	積雪 深さ	屋環境 温度 湿度

項	地すべり土体内歪量観測 (下流側)																
目	NO.1鋼管歪計																
	深さ1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m	16m	17m

項	地すべり土体内歪量観測 (下流側)																
目	NO.2鋼管歪計																
	深さ1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m	16m	17m

項	地すべり土体内歪量観測 (下流側)																
目	NO.3鋼管歪計																
	深さ1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m	16m	17m

項	地すべり土体内歪量観測 (上流側)													時間ファイルの終了識別値
目	NO.1鋼管歪計			NO.2鋼管歪計					NO.3鋼管歪計					
	深さ1m	7m	15m	2m	4m	8m	9m	13m	14m	15m	1m	2m	4m	13m

宝満NO.1
宝満NO.2

-32768

×2.4m

図-4 データ格納フォーマット