

## 被災調査支援システムの開発と利用

伊藤陽司<sup>1</sup>, 豊田 守<sup>2</sup>, 中村 大<sup>1</sup>, 山下 聡<sup>1</sup>, 鈴木輝之<sup>1</sup>

1 北見工業大学・工学部社会環境工学科

2 ジーエスアイ株式会社

### 概 要

地震災害など広域的で多面的な災害の調査では被災箇所や被災状況の迅速な把握とそれらの共有が重要であり、これらが被害軽減に大きく寄与する。しかし、調査地域の地理に不案内であったり、盛土地盤や斜面の崩壊によって道路網が寸断されていたりして迂回を繰り返すうちに、しだいに調査ルートや被災箇所の位置を確定することが困難となることがある。また、調査移動中は常に現在位置を把握するために周囲の目標を視認しながら、そして被災箇所を探しながら自動車を運転することになり、危険な事態に陥ることも少なくない。調査者の安全確保、速やかな被災調査・記録および被災情報の共有を目的として、これまでの災害調査の経験を基に、野外での活動を重視した被災調査支援システムを開発した。このシステムを 2006 年 10 月の大雨による地盤災害の調査に用い、このシステムが安全な調査活動、被災箇所での速やかな位置確定や被災状況の記録、被災情報の提供などに寄与することを確認した。また、調査目的に応じた記録シートを準備することによって定期的な斜面点検や環境調査など多目的に利用できること、そして航空調査にも適用できることも確認した。

キーワード：広域災害調査、被災箇所、GPS 測位、縮尺 25,000 分の 1 地形図、調査記録シート

### 1. はじめに

地震のような大規模かつ破壊力の大きなハザードによって広域が被災する。北海道東部を例にすると、千島溝近傍を震源とした最近の巨大地震による被害多発範囲は震央距離で、1993 年釧路沖地震 (M7.8) では 110km 圏、1994 年北海道東方沖地震 (M8.1) では 330km 圏、そして 2003 年十勝沖地震 (M8.0) では 250km 圏にまで及び、地震のたびに想定を超えた遠隔地で、予期せぬ地盤災害が発生している<sup>1), 2), 3), 4)</sup>。このような広域災害では被災箇所、被災状況や被災要因などを速やかに把握し、それらの情報を共有することが緊急対応、救援・復旧活動、そして後の本格的な防災対策にとって不可欠である。しかし、被災調査の対象地域が広範囲となり、調査地域の地理に不案内であったり、盛土地盤や斜面の崩壊に伴う交通の遮断や迂回の繰り返しによって、調査移動中、しだいに現在位置が不正確となり、被災箇所の位置を確定することも困難となる。また、被災箇所を探しながら、かつ周囲の位置目標を視認しながら自動車を運転するため、危険な事態に陥ることも少なくない。もちろん、被災情報は被災箇所の位置も含め正確かつ簡潔であることも求められる。

位置を把握することに関しては、一般に普及しているカーナビゲーションシステムが有効である。しかし、カーナビゲーションシステムに格納されている地図は地形等高

線などが簡略化されたものであることから、現地で被災の地形的要因を知りたい場合には正確な地形情報が得られない。また、近年、開発の目覚ましい種々の機能を満載した地理情報システム関連のソフトウェアは高額であり、高性能のハードウェアが必要であったり、多機能を活用するための操作が難しかったりして過酷な状況下での野外調査に不向きであることが多い。携帯情報端末 (PDA: Personal Digital Assistant) を野外調査に用いて、調査後に収録情報を地理情報システムで整理する方法もあるが、調査後の整理という点で迅速性に欠けるし、高額なソフトウェア、高性能のハードウェアという点で環境を整え難い。

これらのことを踏まえ、これまでの北海道東部での巨大地震による地盤災害の広域調査の経験を基に携帯型 GPS (Global Positioning System) による被災箇所の測位、その位置の国土地理院発行縮尺 25,000 分の 1 地形図への表示およびその表示位置にリンクした調査記録シートへの被災状況の現地での記録といった野外調査を重視した新たな被災調査支援システムを開発し、いくつかの調査活動を通じて適用性を検討した。

### 2. システムの開発

本システム開発の大まかな作業は図 1 に示すフローのようである。システムの全体構想ではこれまでの広域災害

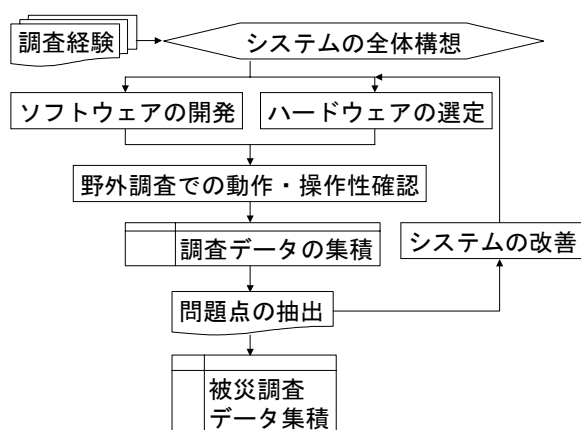


図1 システム開発のフロー

の調査<sup>2),3),4)</sup>の経験を基に、最低必要なソフトウェア機能および野外調査に耐え得る機器を検討した。

ソフトウェア開発では携帯型 GPS で測位した被災箇所 の位置を国土地理院発行の縮尺 25,000 分の 1 の地形図上 に自動表示し、その位置にリンクした調査記録シートに緯 度・経度や被災箇所を中心とした一定範囲の地形図など地 形図から得られる基本情報の自動貼り付け、そして被災状 況および現場写真が現地においてワープロ感覚で記録・保 存できるものとした。

プロトタイプの開発後、平野部や山間部での露頭調査や 斜面調査を通じて動作確認を行ないながら、測位・位置表 示の精度、各種機能の操作性などを検討するとともに、ハ ードウェア面およびソフトウェア面の問題点を洗い出し てシステムを改善する中で測位の精度や各種機能の操作 性の向上を図った。

本システムの運用については後述するが、発達した低気 圧によってもたらされた 2006 年 10 月 6～10 日大雨による 地盤災害の調査に用いて、有効性を検証した。

### 3. システムの構成

開発したソフトウェアの動作は特別、高性能なパーソ ナルコンピュータを必要とせず、環境は以下のようである。

CPU：Pentium 3, 1.3GHz 以上

HDD：1GB 以上の空き容量

メモリー：512MB 以上

OS：Microsoft Windows XP, Windows 2000

#### 3.1 ハードウェア

広域災害の調査を想定していることから、ハードウェア は車載可能なノート型とし（図 2A）、図 2B に示すように アンテナ内臓携帯型 GPS、車外用アンテナおよび耐衝撃・ 防塵・防滴型のパーソナルコンピュータを選定した。もち ろん、被災箇所では車を離れ、ノート型パーソナルコンピ ュータを携帯して調査・記録することも可能である（図 2C）。

選定した携帯型 GPS の主な仕様は次のようである。

受信方式：マルチチャンネル

受信精度：-130dBm 以下（内臓アンテナ使用時）

測位更新時間：約 5 秒毎（可変）

測地座標系：Tokyo 測地系および WGS-84 測地系

測位精度：25mCEP

対応機種：Pentium 以上の CPU 搭載、メモリー 16MB 以上

対応 OS：Windows XP, Windows 2000

選定したパーソナルコンピュータの主な仕様は次のよ うである。

CPU：Pentium M（Pentium 4 のモバイル改良版）900MHz

搭載メモリー：256MB（512MB へ拡張）

ディスプレイ：10.4 型 TFT カラー液晶

解像度 1024×768 ドット（約 1677 万色）

OS：Microsoft Windows XP



図2 システムのハードウェア構成

選定した携帯型 GPS は一般的な携帯電話機との接続に よって緯度、経度および標高の測位、地図サイト（有料の 場合があり、通信料も必要である）で提供されている地図 画像への位置表示が可能であるが、パーソナルコンピュ タとの接続によって衛星の捕捉状況の確認（図 3A）、測位 およびパーソナルコンピュータ内に格納している地図画 像に位置表示ができる。GPS 信号は自動車のルーフやルー フレールの影響で受信状態が悪くなり、測位精度が低下す ることがあるため、車体にマグネットで取り付けることが できる車外用アンテナを携帯型 GPS に接続して受信状態

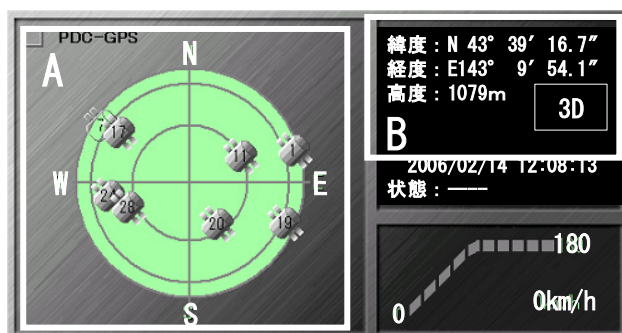


図3 携帯型 GPS による衛星捕捉状況と測位

の向上を図っている。パーソナルコンピュータの電源は内蔵バッテリーのみで約 8 時間確保できるが、長時間の調査を想定し、100V コンバーターを用意してシガーソケットから取っている。携帯型 GPS は 3 個以上の GPS 衛星から電波を受信すると測位を開始し、緯度・経度のほかに標高を表示する（図 3B）。位置精度は小沢が流れるような狭い谷合では 10 数 m の誤差を生ずる場合があるが、車両が走行できるような範囲であれば、縮尺 25,000 分の 1 地形図に位置を表示することに支障はない。もちろん、パーソナルコンピュータのディスプレイ上に縮尺 25,000 分の 1 地形図が表示されるので、読図と周囲の地形の見渡しによって位置補正も可能である。

携帯型 GPS によって測位した被災箇所的位置を自動表示するための基図は誰でも容易に入手でき、一定精度で必要な地形状況を読み取ることができるものであることを考慮して、国土地理院から数値地図 25000（地図画像）CD-ROM として提供されている縮尺 25,000 分の 1 地形図を正規化（わずかに台形状を示す画格を矩形状の画格へ修正）したものである。

本システムで使用する基図は緯度および経度の座標が設定されていれば、目的に応じて各種の地図が利用できる。例えば縮尺 10,000 分の 1 都市計画図、縮尺 5,000 分の 1 林班図や縮尺 1,000 分の 1 工事図など大縮尺の地図をスキャナで読み込み、緯度・経度の座標を付けて収納することで利用することができる。

### 3.2 ソフトウェア

ソフトウェアは前述のように、携帯型 GPS で測位した被災箇所を縮尺 25,000 分の 1 地形図に自動表示し、記録するとともに、それに Microsoft Excel あるいは Word で作成した調査記録シートがリンクし、そのシートに現地で調査内容を書き込み、保存できることを基本構想として開発した。使用言語は、Microsoft Visual Basic である。

機能は、試用を繰り返しながら改善・拡充してきた。例えば、数多い地形図の検索・表示方法として 1)GPS 測位による地形図の自動表示（図 4A）、2)地形図名による検索・表示（図 4B）、そして 3)地形図インデックスマップによる検索・表示（図 4C）の 3 種類を用意している。通常は 1)の方法を用いるが、調査地域を熟知している場合などは 2)あるいは 3)の方法がスピーディに表示できる。被災箇所

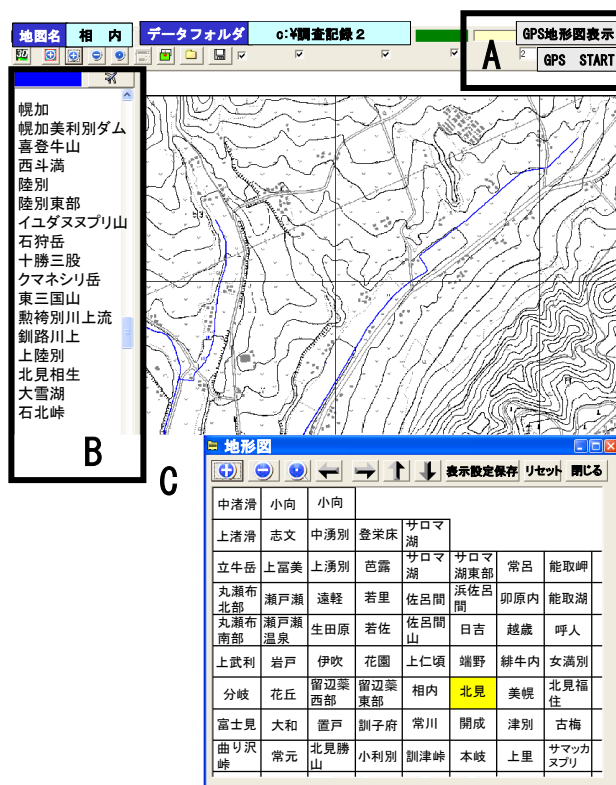


図4 地形図の検索・表示

A : GPS 測位による地形図の自動表示, B : 地形図名による検索・表示, C:インデックスマップによる検索・表示

の表示は点表示だけでなく、範囲表示も可能としている。

基本設定の機能として、測地系設定（図 5A）、記録地点番号の設定では年月日形式、3 次メッシュ形式あるいは手入力形式の選択（図 5B）、Microsoft Excel によって作成した調査記録シートの指定セルへの位置情報の自動書き込み設定（図 5C）、被災箇所を中心とした設定範囲の地形図の切り出し・調査記録シートへの自動貼り付け（図 5D）などの機能を備えた。さらに、「地点登録ファイル設定：新規ファイル作成」の機能（図 5E）を備えた。これによって、同一地形図内で実施したルート別あるいは目的別

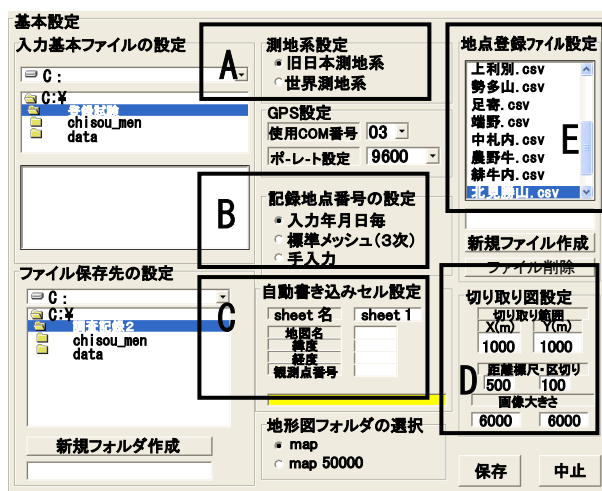


図5 機能の基本設定



の調査ファイルが作成・保存でき、必要に応じてこれら調査ファイルを同時選択し（図 6A）、同一地形図に全ての調査箇所を表示して（図 6B）、調査位置を選択することによって記録内容を確認することができる。

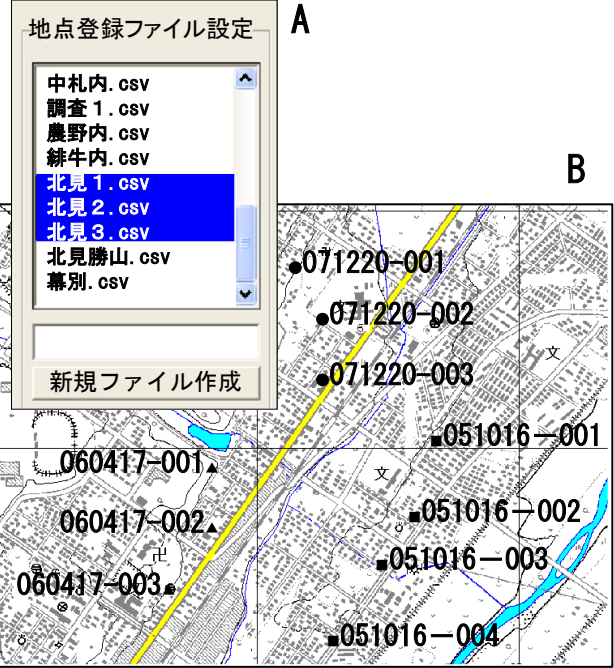


図 6 同一調査地域内での目的別調査ファイル選択 (A) とデータ表示 (B)。図 A のファイル北見 1、北見 2 および北見 3 のデータがそれぞれ図 B の 051016-001～003、060417-001～003 および 071220-001～003 に対応している。

4. 被災調査支援システムの利用

当初、本システムは北海道東部、千島海溝沿いを震源とするプレート間地震やスラブ内地震による広域被災の調査支援を想定して開発したが、幸いにも 2003 年十勝沖地震以降、北海道東部では災害をもたらす巨大地震は発生していないので、ここでは 2006 年 10 月大雨による地盤災害の調査にこのシステムを活用した例を紹介する。

4.1 2006 年 10 月大雨災害の概要

発達した低気圧の接近・通過に伴い、2006 年 10 月 6 日から 10 月 9 日にかけて北海道は暴風雨に見舞われた。重軽傷者 11 名をはじめ、住家の破損・浸水、農地冠水、営農施設破損、漁具・養殖施設の流失・破損、漁港・漁港施設の損壊、漁船の沈没・転覆、倒木、治山施設・林道の損壊、路肩崩壊、道路冠水などが発生した<sup>5)</sup>。オホーツク地域では遠軽 AMeDAS で 10 月 8 日の日降水量 206mm、10 月 7～9 日の 3 日間積算降水量 299mm を記録したのをはじめ、各地で日降水量 90～180mm、3 日間積算降水量 120～260mm を記録し、さらに最大瞬間風速で網走 AMeDAS : 34.0m/s、紋別 AMeDAS : 31.8m/s を観測する強風も加わって、被害は生活・ライフラインのみならず農業、林業、水

産業など多方面に及んだ。

北見市域では仁頃山 AMeDAS で 1976 年の観測開始以来最大の日降水量（10 月 8 日 150mm）および 3 日間積算降水量（10 月 7～9 日 246mm）を記録する大雨となったことから仁頃山を源流部とする仁頃川流域を中心とした地域の道路盛土地盤および斜面の緊急調査を行った。

対象地域は図 7 に示すように北東－南西方向約 22km、北西－南東方向約 12km の範囲で、主要な道路としては道道 245 号下仁頃相内停車場線、道道 655 号仁倉端野線、道道 7 号北見常呂線、道道 308 号日吉端野線、国道 333 号線およびいくつかの市道があり、調査道路長約 90km である。

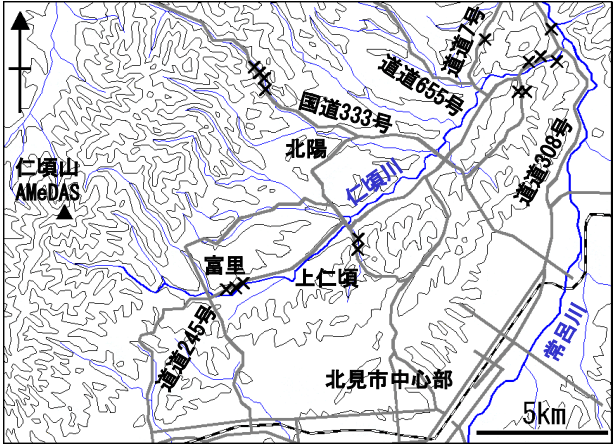


図 7 2006 年 10 月の大雨による仁頃川流域での調査ルートと地盤災害発生箇所（×印）

4.2 被災調査

被災調査は大雨による道路盛土の流失・崩壊や斜面崩壊を想定して図 8 に示す調査記録シートを Microsoft Excel によって予め作成し、本システム内に収納しておき、現地で被災箇所の GPS 測位後、その調査位置にリンクさせる調査記録シートを呼び出し、該当地形図名や被災箇所の緯

被災調査システムデータシート									
年 月 日 時 曜									
調査実施日									
記録者									
地形図名									
所在地									
路線名									
天候									
北風									
東経									
緯度									
地盤	原状地盤	低盛土	高盛土	谷埋め盛土	斜面への盛土	面切土	片切土	片溜り切	
表層地質	岩盤	火山砕屑物	砂質土～礫質土	粘性土	泥炭	海浜砂	埋立砂	埋立土	
切土法面地質	岩盤	火山砕屑物	砂質土～礫質土	粘性土	泥炭	海浜砂	埋立砂	埋立土	
切土法面形式	切土法面形式								
切土法面の傾斜	切土法面の傾斜								
切土法面の長さ	緑化工	モルタル・コンクリート吹付け	のり終工	落石防護工	擁壁工	擁壁工	擁壁工	擁壁工	
盛土地質	岩盤	火山砕屑物	砂質土～礫質土	粘性土	泥炭	海浜砂	埋立砂	埋立土	
盛土高さ	3m未満	3～5m未満	5～10m未満	10～15m未満	15m以上	擁壁法面勾配	擁壁法面勾配	擁壁法面勾配	
地形区分	山地	谷地・丘陵地	低地(湿地)	低地(湿地)	低地(湿地)	低地(湿地)	低地(湿地)	低地(湿地)	
地下水の有無	有	無	不明	不明	不明	不明	不明	不明	
位置図	位置図								
位置図	位置図								
特徴	特徴								
備考	備考								

図 8 被災調査記録シート

度・経度などの位置情報や位置図の指定セルへの自動貼り付けおよび各調査項目をマークする方式で被災状況を記録するとともに被災状況写真の添付を行った。

調査結果の一部はすでに報告している<sup>6)</sup>が、道道 245 号下仁頃相内線富里での延長 750m にわたっての道路盛土地盤の断続的な流失・路面陥没、北見市道上仁頃での切土法面の表層崩壊・土砂流動、小沢横断部のボックスカルバートの基礎の洗掘・道路盛土地盤陥没および河岸浸食による護岸壁転倒・路肩損壊、道道 655 号仁倉端野線豊実での古い大規模地すべり斜面の脚部の岩盤崩壊、表層岩屑スライドや表層岩屑スランプ、仁頃川右岸斜面の岩盤スランプ、道道 7 号北見常呂線登での切土法面の崩壊、道道 308 号日吉端野線忠志での沢部を埋め立てた道路地盤の流失・路面陥没、国道 333 号北陽での延長 1.5km 区間で 10 箇所にも及ぶ道路盛土地盤の流失・路面陥没などの発生を確認し（図 7）、被災箇所の GPS 測位も含め迅速に、かつ安全に調査でき、被災状況を記録することができた。

調査記録例として、図 9 に道道 245 号下仁頃相内線富里での道路盛土地盤の断続的な流失・路面陥没の、図 10 に仁頃川右岸斜面での岩盤スランプによる市道損壊の調査記録シートを示している。

被災調査データシート									
2006年 10月 12日 12時頃									
調査実施日	小野								
記録者	上仁頃								
地形図名	061030-005								
所在地	道道245号 下仁頃相内停車場								
天候	曇								
北緯	北緯 43度55分51.06秒								
東経	東経 143度57分36.88秒								
標高	原地面	低盛土	高盛土	谷埋め盛土	斜面への盛土	再切土	片切土	片盛片切	
表層地質	岩盤	火山砕屑物	砂質土・礫質土	粘性土	泥炭	堆積砂	堆積砂	堆積砂	
切土法面地質	岩盤	火山砕屑物	砂質土・礫質土	粘性土	泥炭	堆積砂	堆積砂	堆積砂	
切土法面高さ	m	切土法面勾配	岩盤の走向						
法面保護工の種類	緑化工	モルタル・コンクリート吹付け	のり砕工	落石防護工	擁壁工	擁壁工	擁壁工	擁壁工	
盛土地質	岩盤	火山砕屑物	砂質土・礫質土	粘性土	泥炭	堆積砂	堆積砂	堆積砂	
盛土高さ	3m未満	3～5m未満	5～10m未満	10～15m未満	15m以上	盛土法面勾配	盛土法面勾配	盛土法面勾配	
地形区分	山地	谷地・丘陵地	低地(窪地)	低地(窪地)	低地(窪地)	沢地(窪地)	沢地(窪地)	沢地(窪地)	
地下水の有無	有	無	地層名	写真No.					
位置図									
現況写真									
特徴	取り付た道路暗渠下流部で路面陥没。								
備考	道路北側の取り付た道路暗渠で地盤が崩壊し、暗渠下流部の盛土を浸食した。 アスファルト部分がほぼ鉛直に落下していたことから、先に盛土部分が流失してしまったと考えられる。								

図9 道道 245 号下仁頃線富里での道路地盤流失と路面陥没の調査記録シート

## 5. 被災調査支援システムの多目的利用

本システムは被災調査のみならず切土法面や自然斜面の点検調査、河川・湖沼・海岸調査、植生調査など目的に応じた調査記録シートを準備することによって多目的に利用できる。

図 11 および図 12 はオホーツク海に面する北見市常呂地区が大雨や地震による大規模災害に見舞われた際に最短の被災支援・避難道路として機能しなければならない道道 308 号日吉端野線および道道 7 号北見常呂線に沿う斜面の

被災調査データシート									
2006年 10月 23日 10時頃									
調査実施日	小野								
記録者	日吉								
地形図名	061024-003								
所在地									
天候	曇								
北緯	北緯 43度55分51.06秒								
東経	東経 143度57分36.88秒								
標高	原地面	低盛土	高盛土	谷埋め盛土	斜面への盛土	再切土	片切土	片盛片切	
表層地質	岩盤	火山砕屑物	砂質土・礫質土	粘性土	泥炭	堆積砂	堆積砂	堆積砂	
切土法面地質	岩盤	火山砕屑物	砂質土・礫質土	粘性土	泥炭	堆積砂	堆積砂	堆積砂	
切土法面高さ	m	切土法面勾配	岩盤の走向						
法面保護工の種類	緑化工	モルタル・コンクリート吹付け	のり砕工	落石防護工	擁壁工	擁壁工	擁壁工	擁壁工	
盛土地質	岩盤	火山砕屑物	砂質土・礫質土	粘性土	泥炭	堆積砂	堆積砂	堆積砂	
盛土高さ	3m未満	3～5m未満	5～10m未満	10～15m未満	15m以上	盛土法面勾配	盛土法面勾配	盛土法面勾配	
地形区分	山地	谷地・丘陵地	低地(窪地)	低地(窪地)	低地(窪地)	沢地(窪地)	沢地(窪地)	沢地(窪地)	
地下水の有無	有	無	地層名	写真No.					
位置図									
現況写真									
特徴	道路に対し東西斜面とどちらにも多数の滑落崖が見られた。 滑落崖が見られた範囲は幅約110m、奥行き約200m。 西側斜面に蛇籠あり。								
備考	この崩壊した林道は中央部が少々盛り上がっていた。これは南東側斜面の滑りにより林道が圧縮力を受けたためと考えられる。								

図 10 仁頃川右岸側斜面の岩盤スランプ型地すべりによる市道損壊の調査記録シート

うち、防災上、ウィークポイントとなりうる箇所の抽出・現況調査の例である。

この調査は事前に空中写真の立体視判読によって地すべり変動の痕跡である地すべり地形（地すべり地形をなす斜面は大雨や地震によって移動体の全部あるいは一部が再び滑動し得る斜面と位置づけられる）、土石流の痕跡である沖積錐（沢口に沖積錐が形成されている溪流は上流域での崩壊土砂を土石流として流下させ易いと位置づけられる）、傾斜遷急線（大雨や地震によって遷急線下の急斜面が崩壊する事例が多いことから新たな崩壊発生懸念地と位置づけられる）などを抽出し（図 11）、図 12 に例示するように調査記録シートに判読図、地形立体視用の対写真や特徴を記録した後、本システムを用いて当該斜面の現況や地形・地質状況、対策の有無・工法や対策工の現況について調査を行い、斜面情報として記録したものである。空中写真判読による地すべり地形は滑落崖の形状（平面形、

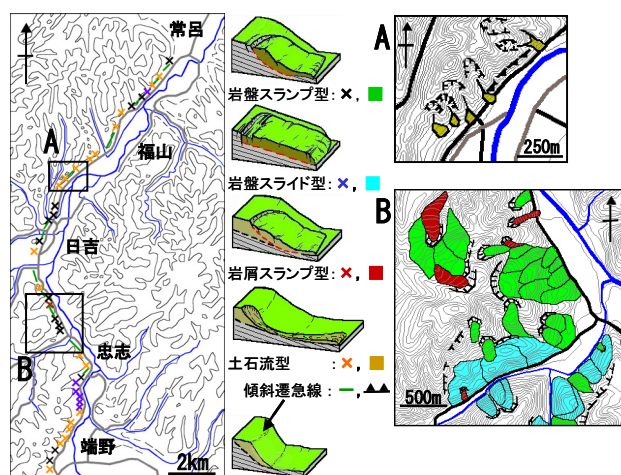


図 11 道道 308 号・道道 7 号での斜面調査



縦断形、傾斜、比高)、移動体の形状(平面形、縦断形)、集積状態やその内部に発達する微地形を指標として10の型に区分できる<sup>7),8)</sup>が、この調査では図11に示す模式図のように対象ルートで判読できる4つの型の地すべり地形(岩盤スランプ型、岩盤スライド型、岩屑スランプ型および土石流型)に整理して表示している。

常呂-端野間 斜面データシート				
調査実施日	2007年 10月 29日 11時頃			
記録者	黒澤			
観測点番号	071029-008			
地形図名	日吉			
路線名	道通308号 日吉端野線			
天候	晴	曇	雨	雪
北緯	北緯 43度56分41.95秒			
東経	東経 143度57分5.63秒			
斜面形態	自然斜面	切土斜面	地すべり斜面	斜面なし
対策工	アンカー工	擁壁工	落石防止工	法枠工
	植生	土義	蛇籠	ネット
斜度	路線長			
地すべり型	スランプ	スライド	フォール	フロー
活動状態	活動地すべり	休止地すべり	退化地すべり	潜在地すべり
規模	幅:125m	奥行き:250m		
位置図		現写真		
判読図		対写真		
<p>擁壁上部に岩盤スランプ型の地すべり地形が確認できる。          後背斜面の圧力により中央の擁壁が押し出されている。以前確認した時より押し出し部分が大きくなっているため、今後も押し出しが拡大するようであるならなんらかの対策を考える必要がある。</p>				
特徴				

図12 斜面現況調査記録の例

このような調査記録を基本データとして定期的に調査を繰り返し、斜面情報を蓄積することによって時系列的な情報に基づく斜面評価も可能となる。また、橋梁など特定箇所の構造物については携帯型GPSを用いなくても位置把握が可能であり、現地を対象構造物の位置をシステム内に収納している地形図や空中写真で特定し、これにリンクした所定の調査記録シートの調査項目をマークするなどをして構造物の維持管理情報ファイルなども作成できる。

## 6. 航空調査への適用

筆者らは2003年十勝沖地震の際に航空機を用いて、空からの調査を実施しており<sup>4)</sup>、図13はその際に被災箇所を確認した事例である。航空調査後、踏査によって被災箇所を探し当てて被災状況を確認し、報告した<sup>3)</sup>が、航空調査時には被災箇所の位置確定が困難であった。

調査対象地域が広範で、道路被災が著しい場合には航空



図13 2003年十勝沖地震時の航空調査によって視認した盛土地盤の崩壊箇所

調査が効果的であるが、多くの地形図を携帯して搭乗し、狭い機内でそれらを広げ、目視調査を行うことは困難である。本システムで用いているパーソナルコンピュータの10.4インチのディスプレイには縮尺25,000分の1の地形図の画像規格で南北方向約3km、東西方向約4kmの範囲が表示できる。最近普及している携帯情報端末(PDA)型ナビゲーションの3.5インチ前後のディスプレイでは概ね1km四方の範囲の表示である。本システムでの地形図の広範囲表示を活用し、本システムが航空調査に適用できるかどうかを、図14に示すようにモーターグライダーH36デイモナ(航続距離:1,000km, 乗員数:パイロット他1名)に搭乗し、対地高度150~750m、速度100~200km/hで試験調査を行い、検討した。



図14 航空調査に用いた機材と調査状況

空から視認した地上の位置を地形図上に迅速に求めるためには読図の知識・技術を多少必要とするが、副操縦席(使用した機材では右側座席)に着座し、対地高度150m、

速度 100km/h の飛行条件で、図 15 に示すように地表部の 3km（進行方向）×2km（右側方向）圏内を見渡し、河道屈曲部・谷・稜線などの地形指標や道路・建物などの人工物指標を基に視認箇所の位置を確定し、ディスプレイに表示した縮尺 25,000 分の 1 の地形図に当該箇所を表示・記録することができる。もちろん、対地高度が高いほど広範囲を見渡すことができるが、できる限り低空からの目視の方が確認し易い。航空調査での調査内容は限られ、後に詳細な踏査を行う必要はあるが、被災箇所の分布把握や踏査ルートの設定には重要な情報をもたらす。

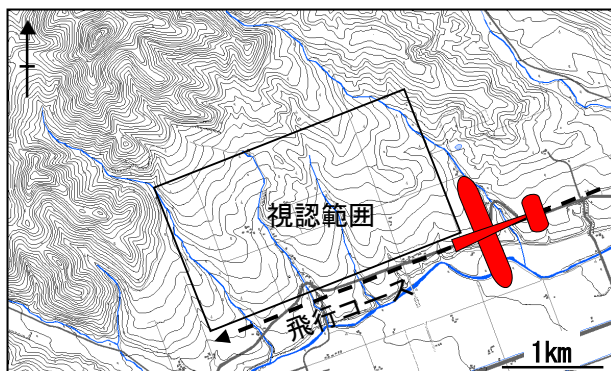


図 15 試験航空調査における視認範囲

## 7. まとめ

広域災害発生直後の調査に際して、被災箇所の位置把握に係わる調査者の安全確保、速やかな被災状況の記録および被災箇所や被災状況に係わる情報の共有を図るために、簡素ではあるが現地調査を重視した被災調査支援システムを開発した。

本システムの概略は被災箇所の携帯型 GPS による測位、その位置の国土地理院発行縮尺 25,000 分の 1 地形図への表示・記録、そして記録された位置にリンクした調査記録シートへの情報の書き込み・保存である。

本システムの有効性は 2006 年 10 月に道東・オホーツク地域を襲った大雨による地盤災害の調査において確認できた。とくに、道路地盤の流失・路面陥没や斜面崩壊によって道路迂回の繰り返しを余儀なくされたが、調査移動中、現在位置を把握するために自動車運転しながら常に周囲の目標を確認する必要がなく、運転と被災箇所の視認に専念でき、調査の安全性は大きく向上したと考える。

被災箇所では停車後、その位置を携帯型 GPS で捕捉して縮尺 25,000 分の 1 地形図に表示・記録させ、所定の記録シートに基本事項を自動書き込み・貼り付けをし、そして被災状況を調査し、記録することができた。このことは、これまでは一日の調査を終えて災害対策本部などに戻った後に被災状況を整理し、被災情報を共有していたが、本システムの利用によって現地で被災状況の整理を終えていることから災害対策本部などに戻って、速やかに被災情報が共有でき、急応対応や翌日の調査に反映されることを

意味している。また、仮に複数のチームで調査を実施した場合、調査ルートの途中で出会って、整理された情報を交換してその後の調査に活用することもできる。加えて、電子メールが利用できる環境が確保できれば現地の調査者から情報を災害対策本部へ送信することも可能である。

また、事前に地形図・空中写真判読によって抽出した斜面災害懸念地を対象とした現況調査を通じて、調査記録シートを目的に応じて準備しておくことによって被災調査のみならず斜面や構造物の定期的な点検調査、環境調査などにも活用できることが確認できた。さらに、広域調査および道路網の壊滅的な破壊を想定した航空調査においても、本システムの有用性が確認できた。

記録シートの情報は、現在、電子メールの添付ファイル形式で現地調査者から災害対策本部などへ送信することが可能ではあるが、被災調査という緊急性を考慮し、今後は衛星電話機を利用して被災箇所から情報を速やかに発信できるような機能が必要と考えている。もちろん、被災調査に携わる機会がないことが望ましいのは言うまでもなく、本システムの機能を日常的な防災点検用に拡充していくことも検討している。

さらに、本システムをプロトタイプとして PDA 仕様のシステムを開発し、現在、多様な場での野外調査に用いて操作性を検証している。

## 謝辞

試験航空調査に際して、NPO 法人エアロスポーツきたみの主任教官、加藤隆士氏には多様な対地高度や速度で航空機の操縦をしていただき、また、有益なご助言をいただいた。記して感謝を申し上げます。

## 参考文献

- 1) 西川純一、高橋光昭：1993年釧路沖地震における道路・鉄道・河川被害、土と基礎、Vol.41, No.6, pp.11-16, 1993.
- 2) 地すべり学会北海道支部：地震による斜面災害－1993～1994年北海道三大地震から－、北海道大学図書刊行会、1997、285pp.
- 3) 地盤工学会2003年十勝沖地震地盤災害調査委員会：2003年十勝沖地震地盤災害調査報告書、地盤工学会、2004、131pp.
- 4) Ito, Y., Yamashita, S., Suzuki, T. and Hirata, H.: Gentle-slope movements induced by the 2003 Tokachi-Oki Earthquake, in the Kyowa area of Tanno Town, Hokkaido, Japan, Journal of the Japan Landslide Society, Vol.42, No.2, pp.1-9, 2005.
- 5) 北海道総務部危機対策局防災消防課：H18.10.6～低気圧による被害・対策状況（第28報・最終報）、<http://www.pre.hokkaido.lg.jp/sm/bsb/index.htm>.
- 6) 伊藤陽司・小野祐也・伊藤憲利・垣野泰斗：2006年10月大雨による北見市仁頃―端野地域での地盤災害、平成19年度(社)日本地すべり学会北海道支部・北海道地すべり学会研究発表会予稿集、pp.61-64, 2007.
- 7) 伊藤陽司：地塊運動と地形変遷、地すべり地塊とその変遷過程に関する研究報告書、日本地すべり学会地すべり地塊とその変遷過程研究委員会、pp.13-18, 2001.
- 8) 伊藤陽司：滝川―吉野地域における空中写真の時系列判読による地すべり斜面の活動性評価、その2、平成14年度地すべり学会北海道支部研究発表会予稿集、pp.15-20, 2002.

(2008. 7. 28 受付)

---

## Development and utilization of the disaster investigation support system

Yoji ITO<sup>1</sup>, Mamoru TOYODA<sup>2</sup>, Dai NAKAMURA<sup>1</sup>,  
Satoshi YAMASHITA<sup>1</sup> and Teruyuki SUZUKI<sup>1</sup>

1 Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Kitami Institute of Technology

2 GSI Co., Ltd.

### Abstract

In the research of extensive and multifaceted disasters such as earthquake disasters, grasp of disaster points and damage conditions, plus the information sharing are most important. This greatly contributes to damage reduction. However, getting to the very important location sometimes becomes difficult due to by-passing sections blocked by collapses of embankments or slopes. Moreover, the drivers may be endangered by searching various signposts and disaster points. In order to ensure safe investigation, rapid location searching, recording, and information sharing, we developed a new disaster investigation support system on the basis of our experience in the research of earthquake disasters. We utilized this system for the geotechnical examination of the heavy rain in October 2006, and verified its effectiveness. The system could be employed in periodic inspection of slopes and aerial investigation.

Key words: extensive disaster investigation, disaster point, GPS positioning, topographic map of 1:25000 in scale, recording sheet