

第5章 新しい観測手法

近年、地すべり観測において、導入されつつある新しい観測機器・技術とその展望について下記の通り紹介する。

5-1 ワイヤレスセンサー

5-2 地中移動量の併用観測手法

5-3 写真計測及びレーザープロファイラー計測

5-4 GPS計測他（豪雪地帯での検討）

5-5 その他の新しい観測技術の展望

5-1 ワイヤレスセンサー

ワイヤレスセンサーは、低周波電磁波を用いて地中からデータを伝送できる地中無線通信システムを採用している。これは、デジタル通信であるため通信距離が変わっても測定値には変化が生じない特性がある。

今回、このワイヤレスセンサー（半自動観測）の地すべり観測への適用性を検討するため、高知県長岡郡大豊町の桃原地区Cブロックで検証調査を行った。

図-5.1.1にワイヤレスセンサーの概念図と使用材料を示す。このワイヤレスシステムのメリットとしては、以下のような点があげられる。

- ・ 地中、海中、水中、空気中のいずれの媒体でも送信可能である
- ・ データ送信をデジタル無線で行うため、落雷による計器の破損が発生しにくい
- ・ ケーブル切断により、観測不能となる可能性がない
- ・ 落石などの作業を行うのに危険な箇所へ近づく必要がなく観測が可能（陸上で100m程度到達）である
- ・ $\phi 66\text{mm}$ 以上のボーリング孔に設置可能である
- ・ ケーブルが不要のため、計器を多段に設置することが可能である
- ・ ケーブルを設置する必要がないため、止水作業が容易である

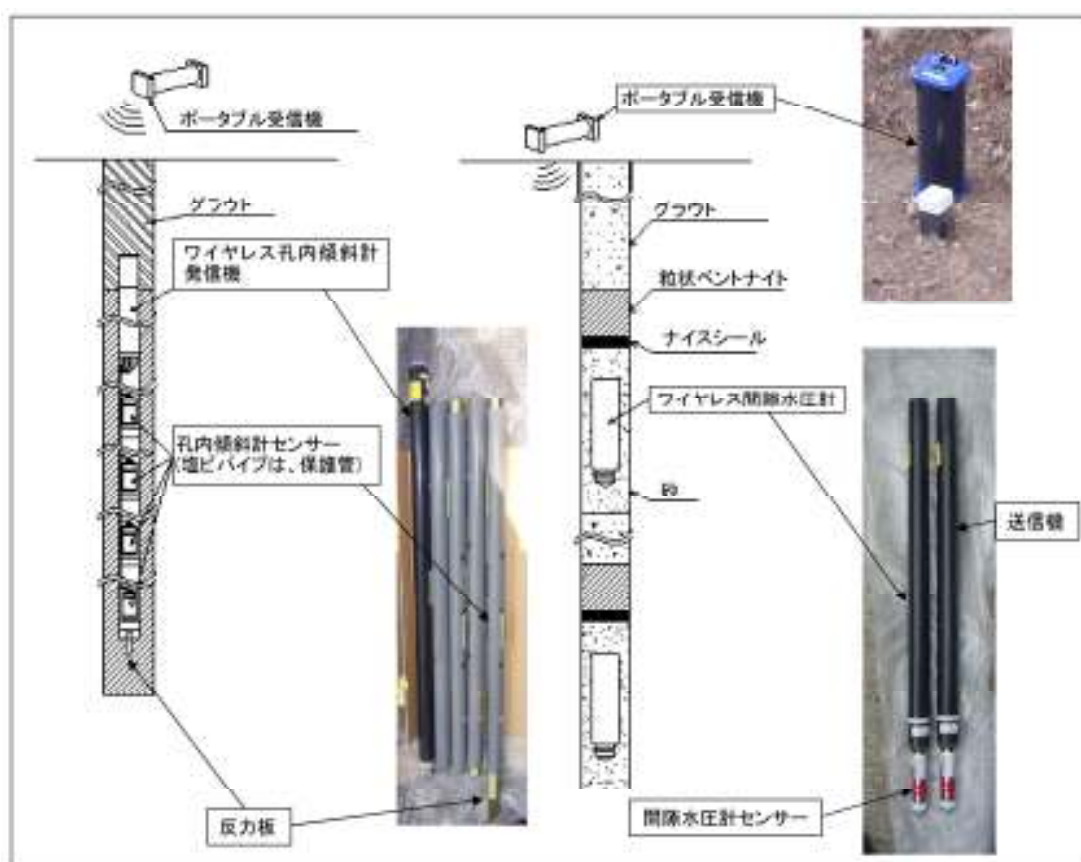


図-5.1.1 ワイヤレスセンサー概念図と使用材料

図-5.1.2 に、孔内傾斜計とワイヤレス孔内傾斜計観測結果(測定深度 GL-4.0m, 5.0m, 6.0m, 7.0m の計4箇所)及び、水圧式水位計とワイヤレス間隙水圧計の観測結果を示した。この結果より、ワイヤレス孔内傾斜計と通常の孔内傾斜計の変位量はいずれも調和的な値が得られた上に、ワイヤレス孔内傾斜計は連続観測のため、地すべり変位の変位時期の特定が可能であった。また、ワイヤレス間隙水圧計と水圧式水位計の地下水位もほぼ同様の水位変動が得られた。

今回得られた観測結果と、ワイヤレスシステムのメリットより、下記のような地すべり観測で、今後の利用が期待される。

- ・ 2 層以上のすべり面を有している場合や、地すべり変位が大きく、ケーブル切断の恐れがある箇所
- ・ 設置地点が急峻で遠距離観測を実施する必要がある箇所
- ・ 調査孔を設置後、切土等の工事により頭部が破損し、観測不能となるような場合

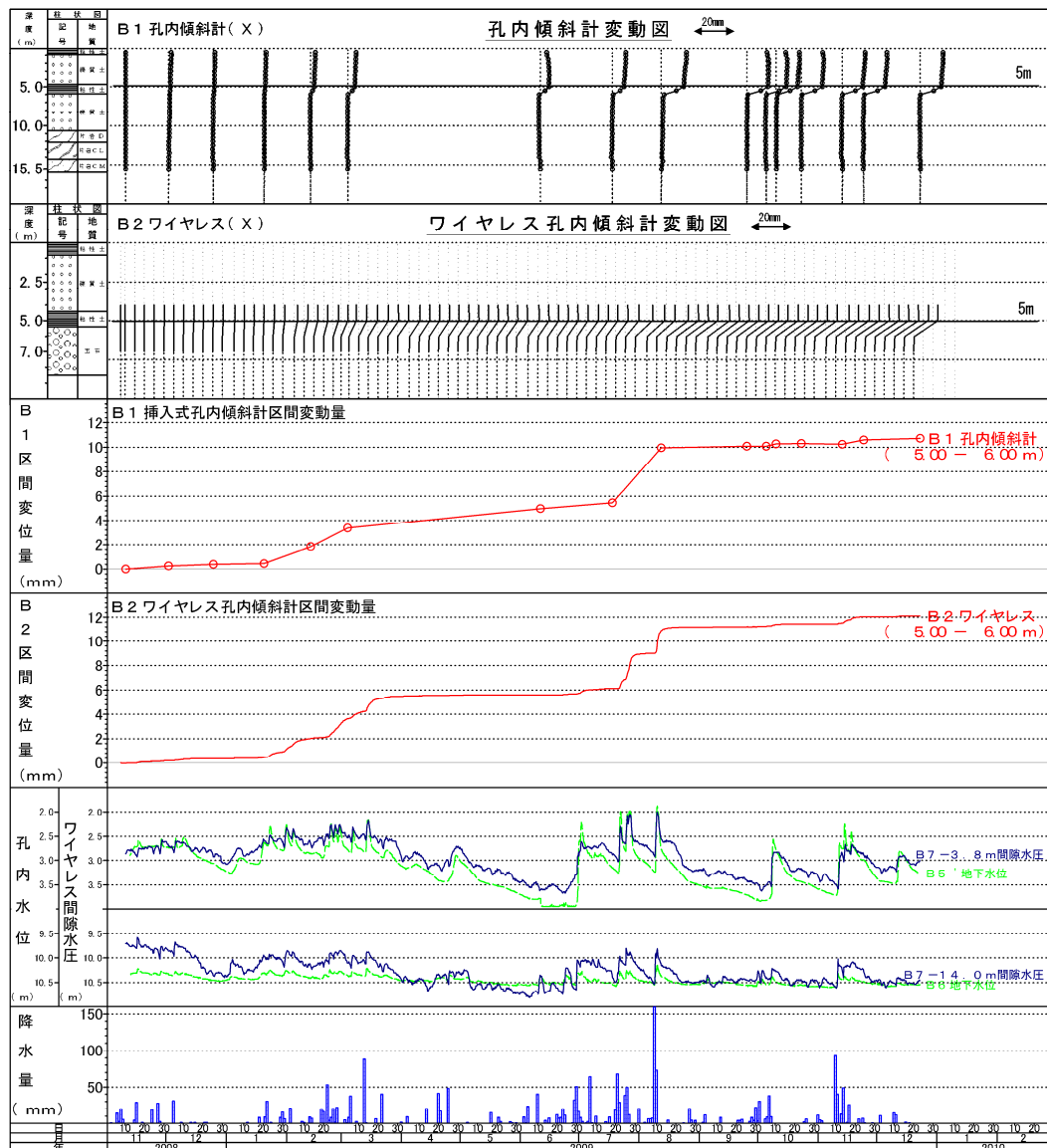


図-5.1.2 ワイヤレス孔内傾斜計・ワイヤレス間隙水圧計の観測結果例

5-2 地中移動量の併用観測手法

単一の観測手法では、地すべり監視に必要なデータが十分には得られない場合がある。そこで、より効率的なデータを取得する手法を検討するため、複数の種類の計器を同一孔に設置し、検証調査を行った。今回検討したのは下記の併用観測手法であり、高知県長岡郡大豊町の桃原地区Cブロックで現地計測を行った。

①孔内傾斜計(手動)+地中伸縮計(半自動)

②孔内傾斜計(手動)+パイプひずみ計(半自動)

図-5.2.1に併用観測手法の概念図及び使用材料を示した。

併用観測手法	概念図	使用材料と観測状況
① 孔内傾斜計 + 地中伸縮計		
② 孔内傾斜計 + パイプひずみ計		

図-5.2.1 併用観測手法の概念図及び使用材料

図-5.2.2 に、同一孔での、孔内傾斜計(単独)、孔内傾斜計+地中伸縮計(併用)、孔内傾斜計+パイプひずみ計(併用)の観測結果を示した。結果は以下の通りである。

- ・単独孔(B1)、併用孔(B3, B4)の3孔それぞれの孔内傾斜計において、GL-5.0~6.0m 付近に15mm 程度の変位が観測された。
- ・孔内傾斜計では15mm 程度の変位が確認されているが、地中伸縮計(B3)では明瞭な変位は検出されていない。
- ・パイプひずみ計(B4)では、観測開始直後の小雨で発生した変位をとらえており、変位に対する感度が高いことが確認された。
- ・図-5.2.3 に示すように併用孔(B4)のパイプひずみ計ひずみ量と孔内傾斜計変位量には高い相関があり、ひずみ量から絶対変位をある程度把握することが可能である。

併用観測手法は、以下に示す様な場合に有効と考えられる。

①孔内傾斜計+地中伸縮計（併用）

- ・すべり変位が大きく孔内傾斜計が早期に観測不能になると想定される場合
- ・対策工実施までが長期間となる場合
- ・将来的に地すべり監視は、コスト的に有利な地中伸縮計としたい場合

②孔内傾斜計+パイプひずみ計（併用）

- ・早期にすべり面を特定する必要がある場合
- ・連続的な変位データを取得するとともに、地すべりの絶対変位量を取得したい場合
- ・コスト的に高い孔内傾斜計の観測回数を減らし、普段はコスト的に有利なパイプひずみ計の観測を主体としたい場合。(観測初期において図-5.2.3 のような相関を確認する必要がある。)

併用観測手法の利点を活かすためには、パイプひずみ計や地中伸縮計は半自動計測とすることが肝要である。

なお、いわゆる地中伸縮計については保孔管内のクリアランスの大きさに見合った初期無感帯があるとされている。また、地盤の沈下変位等により良好なデータ取得ができない事例も報告されている。計器設置後に正常に変位計測データが取得できることを確認した上で地すべり監視に適用する必要がある。沈下変位の卓越する地すべり頭部などでは注意が必要と考えられる。

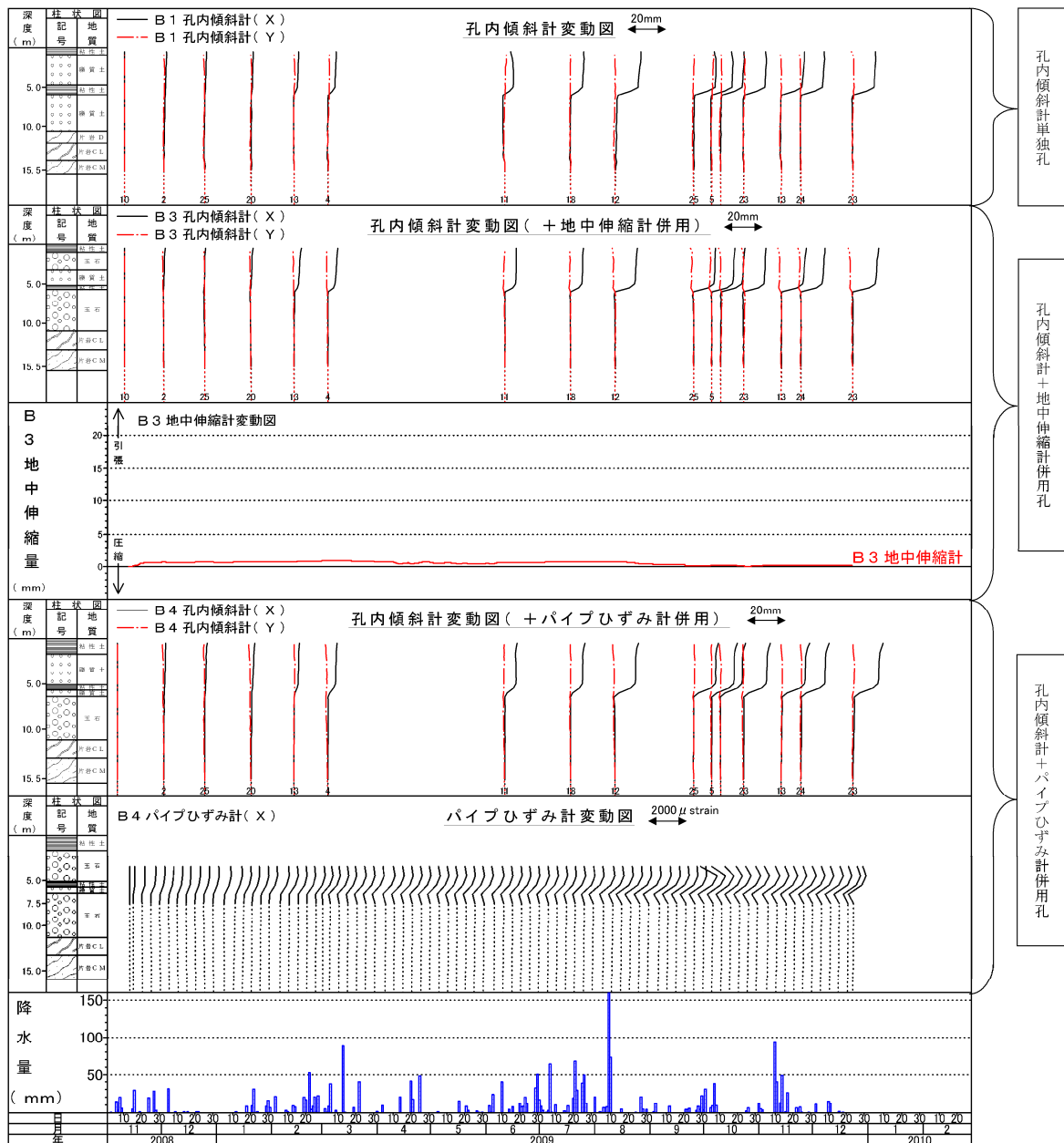


図-5.2.2 地中移動量併用観測手法による観測結果例

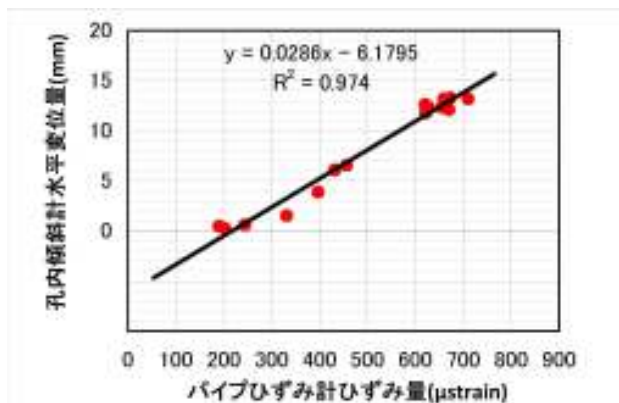


図-5.2.3 パイプひずみ計ひずみ量と孔内傾斜計変位量の相関

5-3 写真計測及びレーザプロファイラー計測

写真計測やレーザプロファイラー（LP）計測は、地表面形状を3次元座標データとして把握する方法である。定期的に地すべり地表面のデータを計測し、観測点（地物やターゲット）の座標や地表面形状を比較して差分解析を行うことにより、表面移動量の観測や変状箇所の発見が可能である。また、得られた3次元座標データを用いて、平面図、等高線図、任意の断面図、3次元画像の作成や土量等の形状計測を短時間で行うことができる。

カメラあるいはレーザ測距儀等の機器をヘリコプターや航空機に搭載し空中から計測する方法については、広域の詳細地形図の作成、微地形の把握や地すべり地形の抽出等に使われているが、ここでは、より簡便に実施可能な地上からの計測を中心に説明する。

(1) 写真計測

航空写真測量に代表される写真計測は、異なる方向から撮影したステレオ画像を使用し、カメラ、観測点、画像上の観測点の幾何学的関係から観測点の3次元座標を算出する方法である。近年のデジタルカメラの急速な高機能化と解析ソフトウェアの発展を受けて、地上撮影への応用が急速に進んでいる。地上撮影の写真計測には、市販の1,000万画素以上のデジタルカメラであれば十分使用でき、通常のパソコンで実行できる解析ソフトウェア（価格100～200万円程度）を用いる。計測原理と作業手順を図-5.3.1に示す。

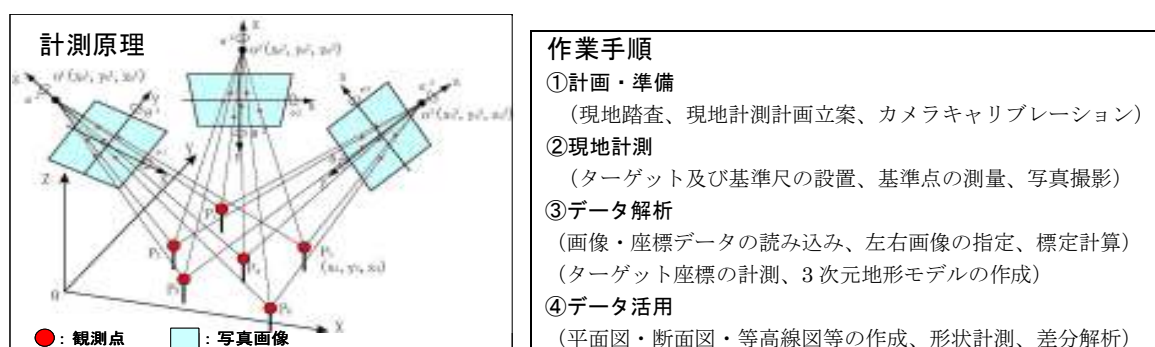


図-5.3.1 写真計測の計測原理と作業手順

写真計測では、位置を変えた複数の撮影箇所から対象物を見通せる必要があり、対象物を俯瞰する位置からの撮影が望ましい。広い範囲の計測には、分割して撮影を行い、複数のステレオ画像を解析に用いる。計測精度には、カメラの性能、観測点の形状、植生、被写体距離、撮影角度、撮影画像枚数、解析ソフトウェアの性能、解析者の習熟度等が関係している。特に、植生のある箇所では計測誤差が大きくなり、計測不能となる場合がある。

観測点としては、対象物表面にある特徴的な地物を用いることが可能であるが、中心点を確認しやすいターゲット（標識）を対象物上に設置し観測点とすることで、計測精度と解析作業の効率を向上できる。さらに、画像に基準点（座標既知点）を写し込み、観測点に座標値を与えて精度を向上させる。この場合にはトータルステーション（TS）等により基準点の測量を別途行う必要があるが、固定点（不動点）の利用や基準尺の設置により、

必要な基準点数や測量の作業量を少なくできる。

写真計測は、ターゲットの設置や基準点の測量を除けば、基本的な現地作業は写真撮影のみであり、非常に簡便な方法である。カメラや解析ソフトウェア等を購入して、自前で撮影・解析を行えば、初期投資以外のコストはほとんどかからない。

写真計測の地すべり観測への適用性を検討するため、地すべり下部の護岸構造物（高さ約 10m、幅約 85m）にターゲット 35 枚を設置して、民生用カメラ（約 1,500 万画素）と市販ソフトウェアを用いて写真計測を行った（図-5.3.2~3）。被写体距離、写真枚数、基準点数等の撮影・解析条件を変えて観測点となるターゲットの中心座標を写真計測で求め、TS 測量結果と比較し計測精度を確認した。その結果、以下の傾向が認められた。

- ・ 近距離撮影（20m）は、遠距離撮影（70m）に比較して必ずしも精度は向上しない。
- ・ 観測点となるターゲットを多く用いた方が精度が向上する。
- ・ 解析に用いる画像数が少ないほど、また、基準点数が多いほど精度が向上する。

今回の計測では、撮影距離 70m で基準点を 6 点与えて 4 枚の画像を用い観測点 20 箇所の計測を行った場合で TS 測量との座標差が最大 35mm、基準点が 4 点のみの場合で座標差が最大 50mm という結果が得られた。また、同条件で観測点間距離 1.2m を計測した場合の計測誤差は最大 5mm 程度である。

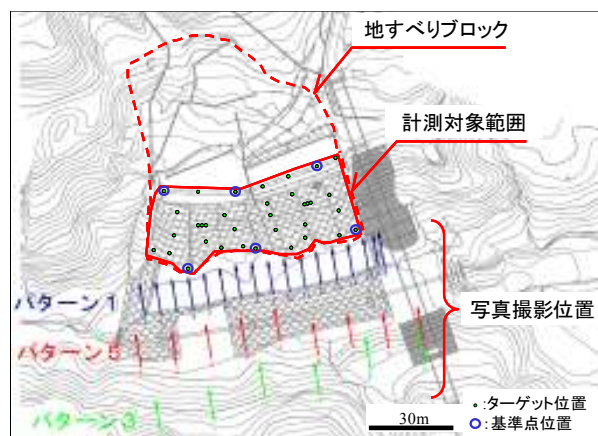


図-5.3.2 写真計測位置図



図-5.3.3 地すべり下部におけるターゲット設置状況

上記のような計測方法の特徴から、写真計測は、植生の影響を受けない箇所の面的な表面移動量を長期的に安価に観測する場合に有効である（誤差：数 cm）。また、LP 計測よりも精度が落ちるものの、立ち入りが困難な箇所の地表面形状を把握する場合や地形図等の作成・土量の計算を短時間で簡易に行う場合にも適用が期待される。

(2) レーザープロファイラー計測

レーザープロファイラー（LP）は、測定対象物にレーザーを照射し、その反射光が戻ってくるまでの時間を計測することにより距離を測定するノンプリズムタイプの光波測距儀の一種である。レーザーで地表面を高速でスキャンし、短時間に地表面の点群データ（3次元座標値、反射強度）を大量に取得できる。

LP 計測は、対象物を見通せる箇所に機器を設置する。樹木等の陰となりデータの欠損が生じる場合には、位置を変えてスキャンしデータを補う必要がある。測定速度は毎秒数百～数千点であり、1回の計測を20分程度で終わることができる。一方、データの解析では、取り扱うデータが大量であり、ノイズ除去や編集等の処理内容により作業時間が増加する。また、計器・解析ソフトウェアが高価であり、解析には専門知識が必要となる。LP 計測の状況と作業手順を図-5.3.4に示す。



図-5.3.4 LP 計測の状況と作業手順

測距性能は機器により異なるが、最長計測距離は200～1000m、測距精度は数mm～数cm程度である。ただし、2時期のLPデータの差分から地すべり表面移動量の計測を試みた事例等では、数cm～十数cmの計測誤差が報告されている。

LP 計測では、照射するレーザースポット中の最大反射率の座標を取得している。スポット径は、計測距離50mで数mm～20mm程度であり、計測距離が長くなればスポット径が大きくなる。さらに、レーザー照射方向に対し対象物面が傾いている場合には、スポット部が大きくなりスポットの中心と最大反射率の位置がずれやすく、計測誤差の原因となる。データ密度は、スキャンのステップ角度と計測距離による。対象物の形状に合わせて必要な精度を確保するためにステップ角度を調整するが、取り扱うデータ量も考慮し、数～数十cm²に1点程度の計測が行われている。また、レーザー光の帯域（近赤外～青色等）と対象物の色彩によっては反射強度が低くなり計測精度が悪くなる場合がある。

山林や草地では、レーザーが草木で反射してしまうことで計測ノイズが発生する。このような箇所では地表面形状を把握するにはノイズの消去（フィルタリング処理）が必要となるが、植生が密な箇所では計測誤差が大きくなる。このため、植生の少ない箇所の計測や落葉期の計測が適している。LP 計測は、夜間でも実施可能であるが、降雨時や降雪時に

はできず、霧の影響も受ける。繰り返し計測を行う場合には、LP 計器の設置位置やデータ密度等の条件をできるだけ同一にするとともに、天候や植生の状況に留意する必要がある。

複数の場所からスキャンしたデータを合成する場合や2時期の計測結果を比較するためには、3点以上の座標既知の基準点を用いて同一の地図座標系に変換することが一般的である。この座標変換においても誤差が生じやすいため、適切な箇所に基準点を配置するとともに、基準点座標の計測精度を良くする必要がある。

LP 計測の地すべり観測への適用性を検討するため、地すべりから 100m 程度離れた位置に LP 機器を設置して、地表面形状の計測を行った。20cm 間隔で地すべり表面の 3 次元座標データを取得し、基準点を 7 点使用してデータの合成を行っている。LP 計測で得られた画像を図-5.3.5 に、データに基づいて作成した 3 次元画像を図-5.3.6 に示す。調査対象地すべりでは、地すべり下部に護岸工が施工されているが、地すべり上部は樹木に覆われている。この影響で、地すべり上部では樹木のレーザー反射によるノイズの消去作業に時間を要するとともに、樹木が密な部分では計測精度が低下し、一部において地表面データが得られていない。TS 計測との比較から求めた計測誤差は、護岸工部で 3cm、地すべり上部で 30～50cm 程度である。

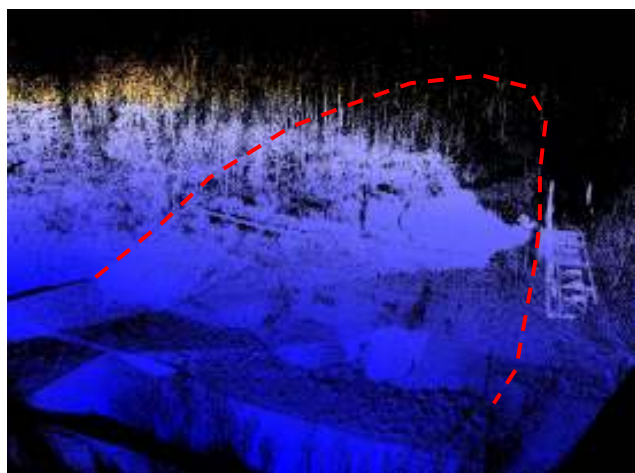


図-5.3.5 LP 計測データ画像

(赤点線は、地すべりブロック範囲)

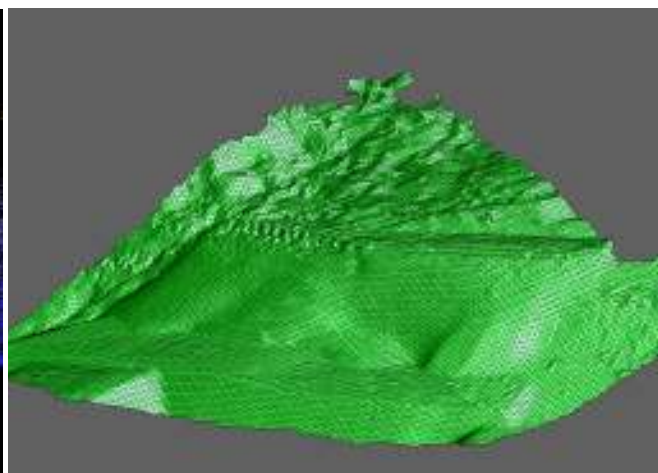


図-5.3.6 3次元画像

上記の計測方法の特徴から、LP 計測は、次のような場合に適用が期待される。

- ・ 植生の影響の少ない箇所の面的な表面移動量観測（誤差：数 cm）。
- ・ 人が立ち入れないような崩壊箇所や崖等において安全に地表面形状の計測を行う場合。
- ・ 斜面災害発生箇所等で、詳細な地形情報（地形図、土量等）を早急に必要とする場合。

5-4 GPS計測他（豪雪地帯での検討）

(1) 豪雪地における地すべり監視

北日本から信越、北陸、北近畿、山陰にかけての豪雪地では、冬期間の地すべり監視には積雪による様々な制約が生じる一方、融雪期には多量の地下水が供給され、地すべり活動が誘発される例が少なくない。

このような地すべりに対しては、融雪期を含む積雪期間中の地すべり挙動及び誘因の監視が非常に重要である。一方で、多量の積雪は、地すべり観測に様々な支障を与えることが多いので、観測施設の構造や観測地点の選定には、積雪の影響を考慮することが求められる。

ここでは、豪雪地での積雪期の観測に当たって留意すべき点を示す。

(2) GPS観測

積雪深が1 mを超えるような豪雪地では、積雪期の手測りによるGPS観測はほぼ不可能である。即時的な観測データ取得の必要性に応じて、半自動または全自動の何れかを選択することになるが、何れにしても観測施設は耐雪型仕様にしなければならない。

一般に、GPS自動観測は支柱を建て、その頂部に受信器（レドーム）を設置することが多い。支柱の基礎部分は、積雪地・非積雪地とも共通の仕様であるが、支柱そのものについては、次の2点に留意する。

- ・ 支柱高は、当該地の最大積雪深（少なくとも過去10年程度の最大値）以上とする。
- ・ 支柱の径は、雪荷重で曲がったりたわんだりすることがないように、 $\phi 200\text{mm}$ とする（積雪を考慮しない場合、一般に $\phi 100\text{mm}$ が用いられる）。

GPS観測施設の構造を模式的に図-5.4.1に、設置例を写真-5.4.1にそれぞれ示す。

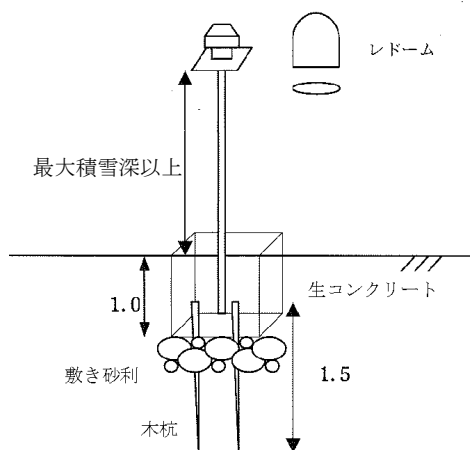


図-5.4.1 GPS観測施設の構造



写真-5.4.1 GPS観測施設の設置

また、受信器部分に積雪や着雪があると、正常な測定ができなくなる恐れがあるので、レドーム部分を円錐形など着雪しにくい形状に加工する。それでも、強風地帯では風向き

等の関係で着雪が避けられないこともあるが、架台部に電熱線を巻くなどの方法で着雪を回避する。

一方、観測地点の選定に当たって留意すべき事項は、次の2点である。

- ・ 除雪対象道路や屋根からの落雪のおそれがある建造物からは、距離を置く。
- ・ 斜面直下や（強風地帯では）風下の吹溜りになる地点は、特に積雪が深くなりやすいので避ける。法高の大きい棚田の法尻部も例外ではない。

(3) 地表伸縮計観測

積雪地での地表伸縮計観測は原理的に困難なため、無雪期に限定することが望ましいが、安全確保などの面で必要不可欠な場合は、次の点に留意する。

- ・ ワイヤを塩ビ管等で保護し、さらに合板などで「雪囲い」する（写真-5.4.2）。
- ・ 観測地点は、雪囲いが可能な場所に限られるため、大きな地形段差、急な斜面、植生の繁茂などがある場合の設置は、難しい。
- ・ 地表に密着して這わせるフレキシブルタイプ伸縮計は、保護管や雪囲いなしでも積雪に耐えられるが、表層部の微細な変状を検知してしまうため、ごく表層部の地すべりを対象とする場合を除き、観測データの信頼性に疑問が残る。



写真-5.4.2 地表伸縮計の雪囲い例

(4) ボーリング孔による地中変位・地下水位観測

ボーリング孔による地中移動量観測は、直接的な積雪の影響をほとんど受けないため、地表での観測に比べると条件はよい。

ただし、地上に設置する観測計器を保護するための「雪囲い」または頑丈な保護箱が必要なほか、自動観測データを送信するアンテナ、太陽電池を電源とする場合のソーラーパネルは、最深積雪より高い位置に設置しなければならない。また、雪に埋もれた際の目印となるポールを観測地点に立てておくと除雪が効率的である。

なお、孔内鉛直伸縮計については次の2点にも注意が必要である。

- ・ 表層地盤が軟弱なところに観測地点を設けた場合、積雪荷重による沈下と融雪時のリバウンドが発生することが多い（図-5.4.2）。この際、リバウンドによるワイヤの伸張と融雪に伴う地すべりの変位によるワイヤの伸張とが識別できないおそれがある。
- ・ 観測計器が保護箱で覆われているだけでワイヤが露出している場合、ワイヤ露出部

に雪が被り、雪荷重でワイヤが伸張することがある（**図-5.4.3**）。雪解け後には積雪前の状態に戻るが、融雪期を挟んだ正確な計測はできない。

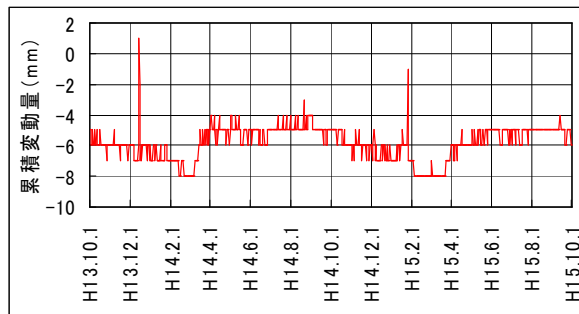


図-5.4.2 （孔内鉛直伸縮計）積雪荷重による沈下とリバウンドを計測した例

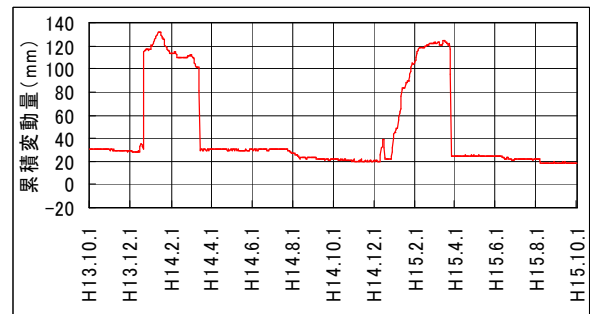


図-5.4.3 （孔内鉛直伸縮計）積雪荷重によるワイヤ伸張を計測した例

5-5 その他の新しい観測技術の展望

(1) 干渉 SAR 技術による地すべり変動の抽出

SAR（合成開口レーダー）は、人工衛星などに搭載した特殊なレーダーで地表面の詳細を調べるものである。この SAR 観測を、同じ場所に対して 2 回以上行って、その差をとる（干渉）と地表面の動きを詳細にとらえることができる。これが干渉 SAR とよばれる技術で、地震・火山活動や地盤沈下による地表の動きを宇宙から調べることができる。

干渉 SAR 技術では、目に見えないわずかな地表の変化を捉えることができるため、広域範囲での地すべり変動の発見や監視、地震後の地すべり発生範囲の把握などに有効である（図-5.5.1）。

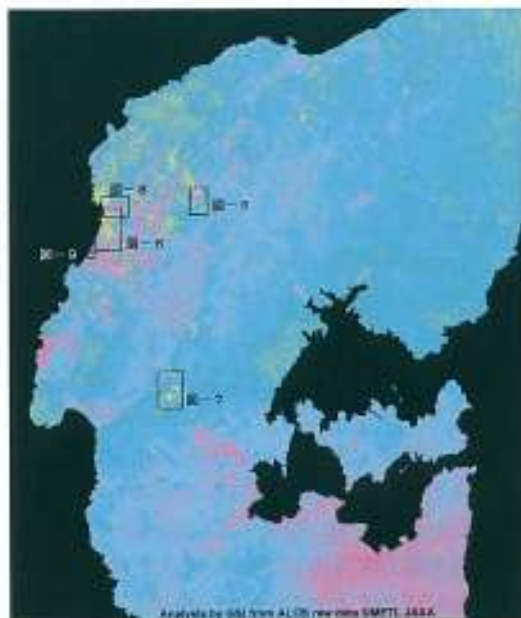


図-4 地殻変動差分画像
Fig. 4 Residual interferogram

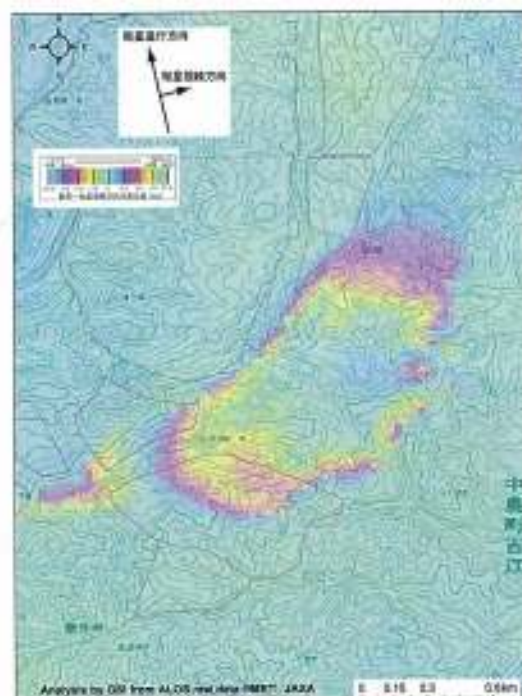


図-7-1 七尾市中島町古江の変動パターン
Fig. 7-1 Deformation Pattern in Furue

図-5.5.1 干渉 SAR により捉えられた地すべり性変動

（出典：SAR 干渉画像を用いた能登半島地震及び中越沖地震に伴う地表変動の解析（宇根ほか、平成 20 年 7 月）日本地すべり学会誌 45-2）

(2) 光ファイバーセンサーによる地すべり監視

光ファイバーは大容量通信に使われているが、光ファイバーを通過する光がひずみや屈曲により変化する特性を利用した、光ファイバーセンサーの開発が多方面で進められている。光ファイバーは下記のような特徴を持っているため、地すべり観測のような野外観測に有効である。

- ①電氣を使用しない。
- ②落雷被害を受けにくい。
- ③1本で複数地点の計測ができる。

ファイバーの特定区間の反射光の波長変化を測定する FBG 方式の伸縮計や水位計、ファイバー全区間の反射周波数変化を測定する BOTDR 方式の斜面監視センサなどが、地すべり監視分野で実用化されている。

図-5.5.1 に示すように、志河川ダム(中国四国農政局)では、光ファイバー伸縮計センサーを用いた WEB 常時モニタリングシステムが切土法面のすべり挙動監視に適用されている。

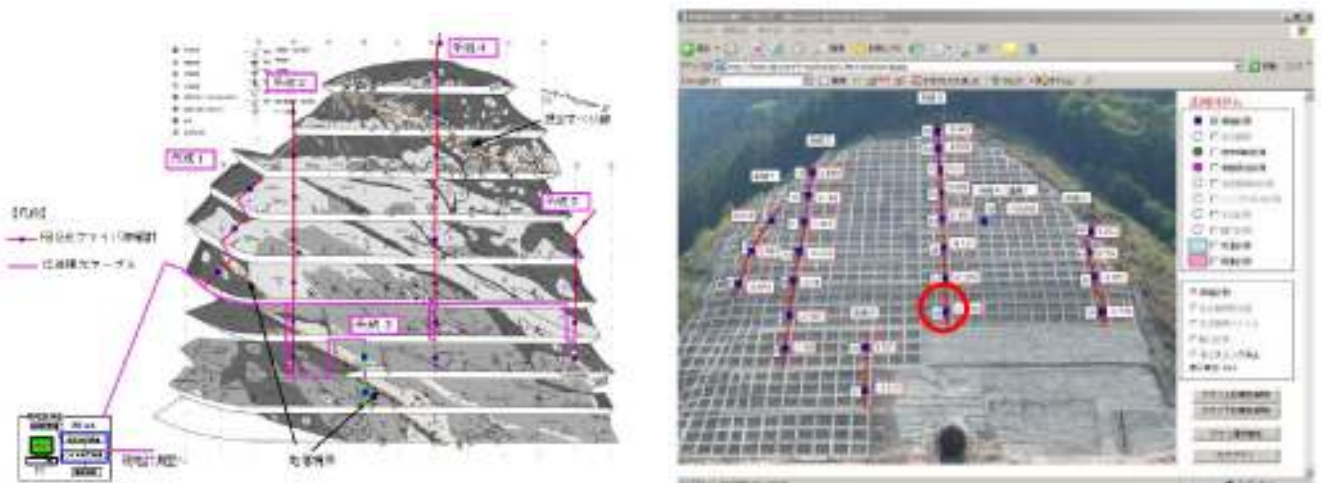


図-5.5.1 FGB 光ファイバー伸縮計センサーによる WEB 常時モニタリングシステム

(出典：ダム切土法面の動態監視への WEB 常時モニタリングシステムの適用（神谷ほか、平成 18 年 7 月）

第 41 回地盤工学会研究発表会)

おわりに

地すべり地の安全・安心のために地すべり防止工事は極めて有効な手段であるが、それだけで地すべり地の保全が完結するわけではない。地すべり現象は複雑で、技術が進んだ現在においても完全な予知・予測・対策は困難である。

そのようなことから地すべり地の継続的な監視は重要な課題であり、長期にわたる地すべり地の保全は、PDCA サイクル（Plan, Do, Check, Act）に基づくスパイラルアップを特に意識して取り組む必要がある。地すべり監視体制は、そのなかで重要な部分を占めるものと考えられる。

本手引きでは、特に地すべり対策工事概成後の監視体制構築について述べたが、これは概成後に取りかかるのではなく、対策工事实施中から意識して取り組む必要があり、地すべり地の保全という長い取り組みの中での PDCA サイクルを念頭に置くべきものである。そのようなことから本手引きはすべての地すべり地において参考になるものと考えられる。

本手引きが地すべり地の安全・安心のための一助となることを期待するとともに、本手引き自体が現場での活用の中で改善されることを願っている。

お問合せ先：

農林水産省 農村振興局農村政策部農村環境課 土地・水保全班

T E L : 03-3502-6079

参考図書

名 称	発行機関	発行年月
貯水池周辺の地すべり調査と対策	建設省河川局	平成 7 年 9 月
地すべり観測便覧	地すべり対策技術協会	平成 8 年 10 月
防災カルテ作成・運用要領	道路保全技術センター	平成 8 年 12 月
農地地すべり対策事業便覧 1997 年版	農地地すべり研究会	平成 9 年 3 月
中山間地農業と土砂災害 -地すべり地帯における農業の役割- (パンフレット) ※1	農林水産省構造改善局	平成 10 年 3 月
斜面カルテの作成要領・斜面カルテの作成要領の解説	砂防フロンティア整備推進機構	平成 10 年 6 月
グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説	地盤工学会	平成 12 年 3 月
地すべり対策事業の手引き (平成 11 年度版)	全国地すべりがけ崩れ対策協議会	平成 12 年 3 月
建設省河川砂防技術基準(案)同解説 調査・設計編	建設省河川局	平成 12 年 6 月
農業と地すべり -もうひとつの中山間地域農業の役割- (パンフレット) ※1	農林水産省農村振興局、北陸農政局	平成 15 年 4 月
治山技術基準解説(地すべり防止編)	林野庁	平成 15 年 5 月
地盤調査の方法と解説	地盤工学会	平成 16 年 6 月
農地・農業用施設災害復旧事業の手引き 2005 年度版	農林水産省構造改善局	平成 17 年 5 月
国土交通省河川砂防技術基準(案)同解説 計画編	国土交通省河川局	平成 17 年 11 月
土地改良事業計画設計基準 計画「農地地すべり対策」基準書, 技術書	農林水産省農村振興局	平成 16 年 3 月
災害復旧事業における地すべり対策の手引き	全国防災協会	平成 18 年 5 月
地すべり対策技術設計実施要領	斜面防災対策技術協会	平成 19 年 11 月
全国標準積算資料 土質調査・地質調査	全国地質調査業協会連合会	平成 19 年 12 月
水抜きボーリングの目詰まり原因とその対策 ～農村地域地すべり対策施設機能維持検討調査の概要～ (パンフレット) ※1	農林水産省農村振興局企画部資源課	平成 20 年 3 月
地すべり防止技術指針及び同解説	国土交通省砂防部	平成 20 年 4 月
「新版」地すべり鋼管杭設計要領	斜面防災対策技術協会	平成 20 年 5 月
グラウンドアンカー維持管理マニュアル	独立行政法人土木研究所	平成 20 年 7 月
地すべり地における挿入式孔内傾斜計計測マニュアル (案)	独立行政法人土木研究所ほか	平成 20 年 11 月
地すべり災害を予防・軽減するための活動の手引き ※1	農林水産省農村振興局農村環境課	平成 20 年 12 月
地すべり災害から身を守るために (パンフレット) ※1	農林水産省	平成 20 年 12 月
道路土工-切土工・斜面安定工指針	日本道路協会	平成 21 年 6 月
道路防災点検の手引き (豪雨・豪雪等)	道路保全技術センター	平成 21 年 6 月

※1 http://www.maff.go.jp/j/nousin/noukan/tyotei/t_zisuberi/ 詳細を記載。

