

報文

IT地盤傾斜計測システムを用いた初生地すべりの変動観測事例

千田容嗣* 藤澤和範** 宇都忠和***

1. はじめに

土木研究所と曙ブレーキ工業株式会社、川崎地質株式会社との共同研究により、2008年～2009年にかけて、「IT地盤傾斜計測システム」（以下、「IT地盤傾斜計」と呼ぶ）を開発した¹⁾。このシステムは、半導体微細加工技術（MEMS）を用いた加速度センサにより、地盤の傾斜変動を精密に測定でき、かつ、地すべり地内外に多くの計測点を設けるのに適した、新しいタイプの地盤傾斜計測システムである²⁾。

山岳道路斜面やダム貯水池斜面において過去に滑動履歴がない斜面で、突如地すべりが発生する現象（初生地すべり）が多く生じている。初生地すべりの崩落に先立って、斜面に何らかの変形運動が生じていると考えられており、初生地すべりによる災害を防止・軽減するためには、初期の微小な斜面変動を検知する必要があると考えている。それを検知するために適した技術は確立されていないが、1手法として地盤傾斜計により累積傾斜値を計測する方法が提案されている³⁾。

そこで、今回IT地盤傾斜計を実際の山岳道路に設置して観測を実施したところ、初生地すべりの変動を一定精度で捉えることができたので、その状況について報告する。

2. IT地盤傾斜計の特長

2.1 概要

IT地盤傾斜計は、重力加速度を検知する加速度センサを用いた、埋込型の地盤傾斜計である。



図-1 IT地盤傾斜計と付属器具類
 (左上：加速度センサ（MEMSセンサ）；右上：データロガー；下：センサユニット・通信ケーブル・単管)

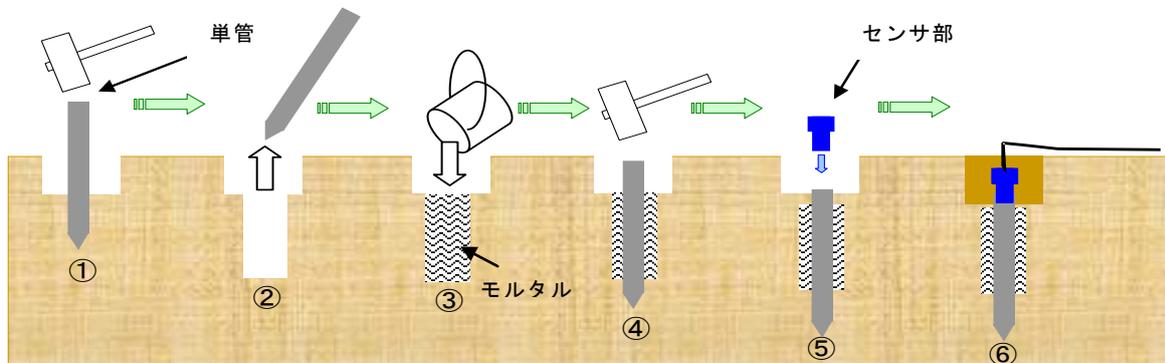


図-2 IT地盤傾斜計の一般的な設置手順 ※地盤状況によっては、②および③は省略してよい。

IT地盤傾斜計の特長を以下に挙げる。

- (1) 1台のデータロガーに対し、最大100台のセンサを繋げて面的な多点計測ができる。
- (2) 計測範囲が $\pm 20^\circ$ と大きく、精度も $\pm 0.01^\circ$ と高精度。
- (3) 0.5MPa(50m防水)の耐水圧性能を有する。
- (4) 携帯電話回線等を用いて遠隔監視ができる。
- (5) 打設した単管にセンサを挿入・固定するだけで迅速に設置できる(図-2)。

2.2 従来の地盤傾斜計との相違

従来の地盤傾斜計は、地表面にあるため外気温の影響を受けやすいことや、設置・計測の手間などの課題があるが³⁾、IT地盤傾斜計は、それらの短所を改善しただけでなく、高精度で計測範囲が広く、多点計測が比較的容易であるなど、従来使用されてきた各種の地盤傾斜計の長所も兼ね備えている。また、耐水圧性能を有し、湛水が予想される斜面での計測が可能である⁴⁾ことも特長である。2009年後半からは、「特殊な地すべり環境下で使用する観測装置の開発研究会」で継続して実施している実証実験^{4),5)}を通じて、各種フィールドでの適用性が確認されつつある。今後は幅広い普及を通じて価格面、消費電力などにさらなる改良が期待されている。

3. 初生地すべりの変動計測事例

3.1 調査地の概要

調査地は、近年にも初生地すべりが多く発生し

た地域にあり、斜面上部の緩斜面の存在などから、クリープ変形による山腹のゆるみが進展していると想定される岩盤斜面である。基盤岩は、中生代の泥岩・砂岩からなり、大局的には流れ盤の地質構造を呈していると考えられる。図-3には、ウェーブレット解析を用いたレーザープロファイラ地形解析(例えば、藤澤ら(2010)⁶⁾)の、調査地周辺での適用結果を鳥瞰図で示した。周辺には地すべり地形や崩壊跡が認められる。

観測地には、地盤伸縮計IT地盤傾斜計を、初生地すべりの滑落崖と思われる箇所を挟んで設置した地盤伸縮計の固定杭及び移動杭の近傍に各2ヶ所ずつ、初生地すべり背後斜面に1ヶ所の計5箇所に設置した(図-4、図-5)。地すべり地の内外で地盤の微小な傾きの変化を計測し、初生地すべり変動状況の把握を目的としている。

3.2 計測結果

各IT地盤傾斜計及び地盤伸縮計のデータを、図-6に示す。2009年6月末に観測を開始し、これまで約1年半の計測データを蓄積した。

3.2.1 地盤伸縮計との比較

2009年7月下旬～9月上旬以降に、斜面下方向への累積傾向を示す傾動が見られ、地盤伸縮計の動きと概ね連動した動きを示している。

3.2.2 IT地盤傾斜計の傾動

地盤伸縮計移動杭側のIT-4・IT-5の傾動(0.8～2.6(秒/日))は、地盤伸縮計固定杭側のIT-2・IT-3(0.6～1.3(秒/日))に比べて、累積傾

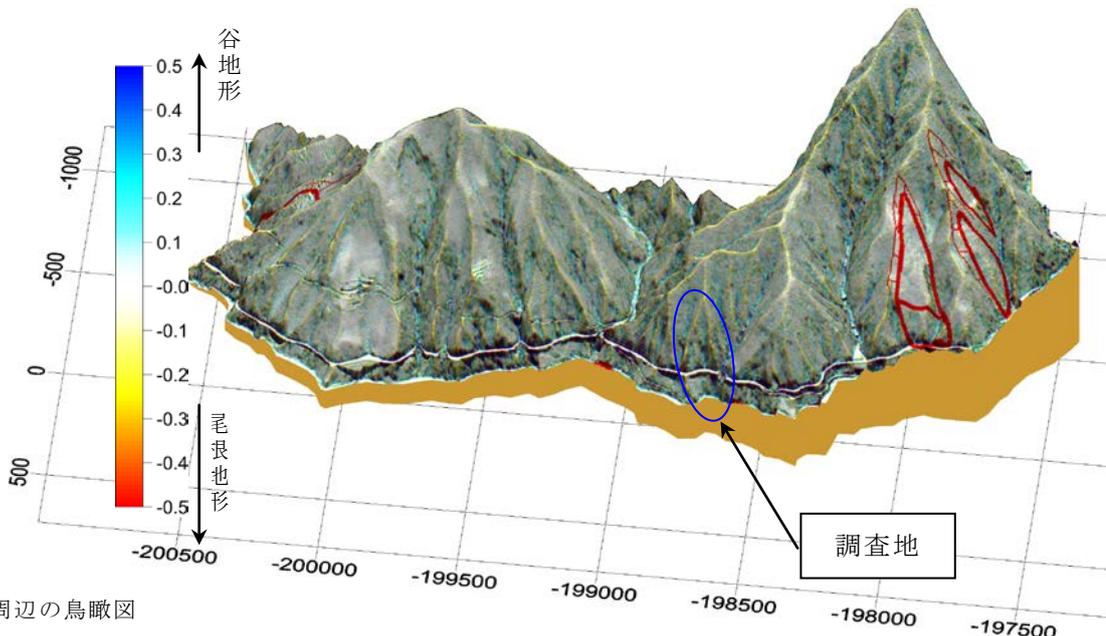


図-3 調査地周辺の鳥瞰図

※ ウェーブレット解析結果を寒色(谷地形)および暖色(尾根地形)で表現して重ね合わせて示している。赤線は、地すべり地形分布図((独)防災科学技術研究所)による。座標値の単位はメートル。

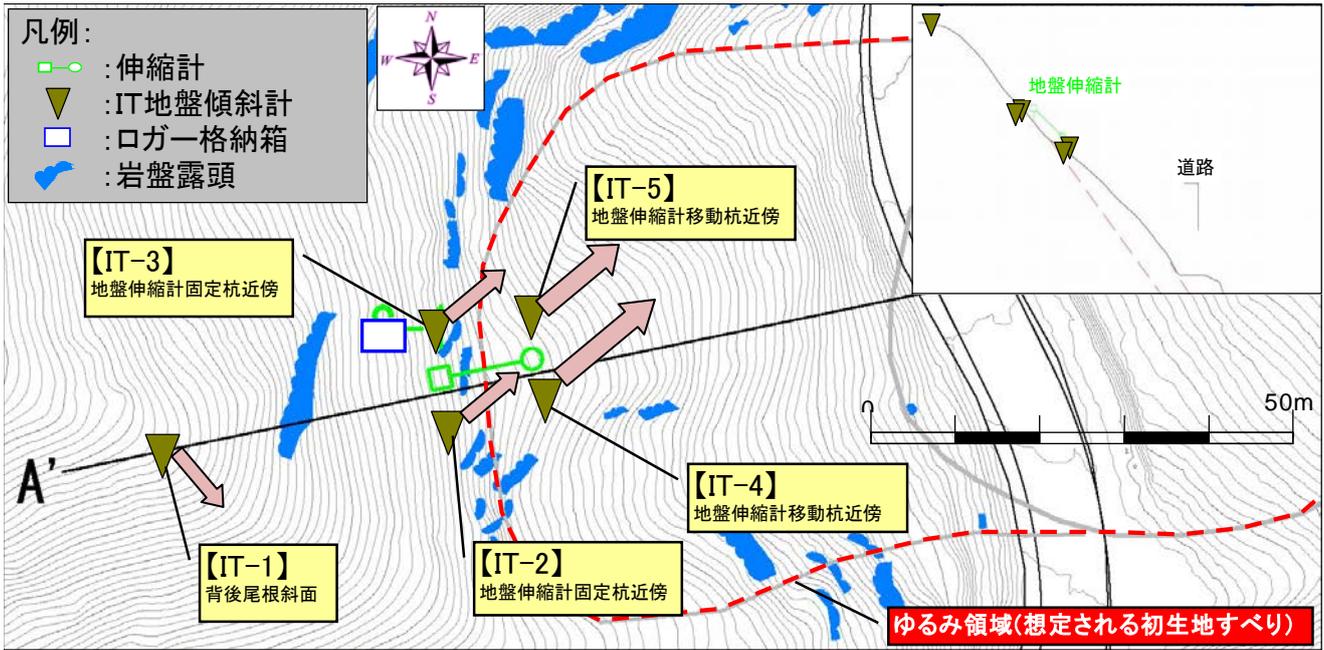


図-4 IT傾斜計配置図

※ 矢印は、各IT地盤傾斜計の傾斜変動方向ベクトル(平成21年6月～平成22年1月)を示す。

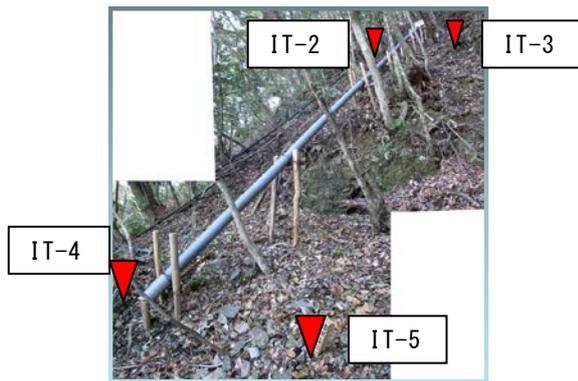


図-5 地盤伸縮計S-1と、IT傾斜計の設置位置。

動量が大きく、北東への変動がみられる。この傾動は、地形解析から抽出された初生地すべり地形に対応した傾動を示していると考えられる。一方、背後斜面の尾根上に設置したIT-1でも、わずかながら変動(0.2~0.8(秒/日))が認められる。この傾動は、基底変動と考えられる。

7月下旬の降雨に伴い、IT地盤傾斜計で微少な変動が認められる。さらに、8月9日~11日にかけて、連続雨量179.5mmの豪雨があったが、この降雨から約17日経ってからIT-4の南北方向成分に加速した変動(3~12秒/日)が認められる。IT-4以外のIT地盤傾斜計や地盤伸縮計では、加速した変動(2~11秒/日)あるいは変位の開始が、さらに約10日を経た、9月4日に認められた。その後、10月7日~8日には連続雨量212mmの降雨を記録した。この際、IT-4およびIT-5の東西成分

に、加速した傾動(5~12秒/日)が認められる。

このように、初生地すべりによるクリープ性変動は、場所によって豪雨に対する変動に差異があることがわかった。また、今回の場合、豪雨による地盤変動は、豪雨から17日~27日後に遅れて生じる場合のあることが確認された。

4. まとめ

IT地盤傾斜計を用いてクリープ性変動を観測した結果、①豪雨に対する初生地すべりの変動を地盤伸縮計に先行して捉えられる、②豪雨から10数日後、変動が活発になることがある、③場所によって豪雨に対する傾動に差異が生じ、さらに傾動にタイムラグが生じるといった知見が得られた。今回の観測のように、初生地すべりの地盤傾斜変動を地すべり内外の多点で計測することにより、初生地すべりの前兆となる岩盤クリープの微小な傾動量と傾動方向を、正確に捉えられる可能性があると考えている。今後も、当該地での観測を引き続き実施するとともに、様々な地すべり・変動斜面で観測し、初生地すべりの変動状況を解明したいと考えている。

謝辞

関係自治体に、実証実験フィールドの提供、多大なるご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

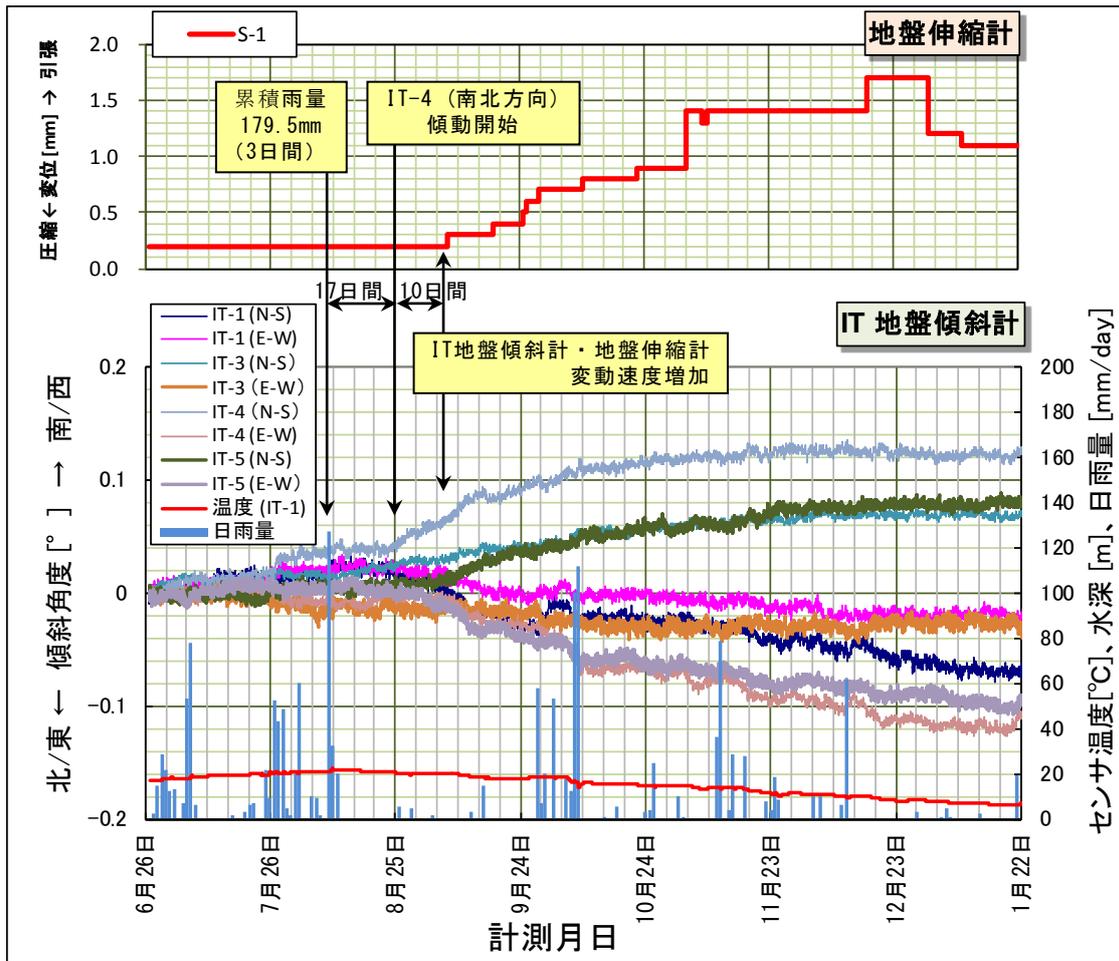


図-6 IT地盤傾斜計観測変動図(2009年6月～2010年1月)

参考文献

- 1) (独) 土木研究所、川崎地質(株)、曙プレーキ工業(株)、坂田電機(株)、(株)共和電業： 厳しい条件下での使用に耐える地すべり観測装置の開発 共同研究報告書、独立行政法人土木研究所、共同研究報告書 第393号、2009
- 2) 千田容嗣、藤澤和範、坂本孝之： 厳しい現場条件下での使用に耐える新たな地すべり観測装置(その1)、土木技術資料、第51巻、第10号、pp.41～42、2009
- 3) 山邊康晴、渡正亮:地すべり観測機器の歴史と現状(3. 地盤傾斜計の歴史と現状)、日本地すべり学会誌、第46巻、第1号、pp.62～65、2009
- 4) 藤澤和範、千田容嗣、宇都忠和、坂本孝之、高梨俊行： IT地盤傾斜計測システムを用いた水中での計測事例、第49回日本地すべり学会研究発表会講演集、pp.248～249、2010
- 5) 藤澤和範、千田容嗣、阿部大志、坂本孝之、西條敦志、高梨俊行： IT地盤傾斜計測システムを用いた初生地すべりの変動計測事例の紹介、第49回日本地すべり学会研究発表会講演集、pp.248～249、2010
- 6) 藤澤和範、笠井美青、小原嬢子、朝比奈利廣： 地すべり地における開度及びウェーブレット解析を用いた航空レーザー測量データの視覚化手法の紹介、日本地球惑星科学連合2010年大会、2010

千田容嗣*



独立行政法人土木研究所つくば中央研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム 総括主任研究員
Yoji CHIDA

藤澤和範**



(株) 高速道路総合技術研究所 砂防研究担当部長 (前 独立行政法人土木研究所つくば中央研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム 上席研究員)
Kazunori FUJISAWA

宇都忠和***



独立行政法人土木研究所つくば中央研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム 交流研究員
Tadakazu UTO