

## 断層クリープの高精度モニタリングを目的とした計測システムの開発

栗田勝実<sup>1)</sup>、吉田政弘<sup>1)</sup>、宮田尚起<sup>1)</sup>、渡邊眞紀子<sup>2)</sup>、秋山祐也<sup>3)</sup>

1:東京都立産業技術高等専門学校 ものづくり工学科

2:首都大学東京 大学院 都市環境科学研究科

3:東京都立産業技術高等専門学校 専攻科 創造工学専攻

### 1. はじめに

常温において鋼製の試験片に一定の荷重を加えると、時間と共にひずみが増加するクリープ現象を起こす。この現象は地球の岩盤でも起きることが知られており、地震を引き起こす活断層上に現れる。断層クリープは地形変動を引き起こすため、市街地域に活断層が存在すると ①道路に段差が生じる ②ブロック塀や構造物にクラックが現れる などの被害が発生し大きな問題となる(図1)。そのため、定常的に断層クリープのモニタリングを行うことは、構造物の安全性を確保する上で非常に重要である。本研究では、①水準測量と同等精度を有する ②簡便に設置できるシステム ③汎用品を用いてコストを抑える これらのコンセプトを持った高精度モニタリングシステムの開発を目的とする。

### 2. 開発戦略

計測システム開発は二段階に分けて進める。第一段階は、安価な汎用品モジュールを利用した固定観測点システムを構築し、対象となるマニラ首都圏南部のマリキナ断層上に設置した後に観測を開始する。第二段階は、可搬性を有しかつ広範囲の計測が可能なシステムを開発するため、宇宙技術で使用されている合成開口レーダを基に、免許を必要としない特定小電力無線局の周波数帯を利用した安価な簡易地上設置型合成開口レーダ(Ground-Based Synthetic Aperture Radar; GB-SAR)の開発を試みる。

### 3. 汎用品モジュールを利用した固定観測点システム

開発・設置した固定観測点システムを図2に示す。変位センサには高精度な計測が期待できる接触式を採用し、かつ電源が確保できない地域でも運用が出来るようソーラーパネルと鉛蓄電池で動作するものとした。観測は地表変位の他に、雨量計と気温のデータを2時間毎に取っており、2017年3月22日現在も運用を続けている。

観測結果2015年3月末から17年3月までの変位、気温、および降水量を図3に示す。断層変位は連続的に変動をしており連続クリープと判断できる。期間内において、スリップレートは徐々に小さくなっており、平均スリップレートは2.51cm/yである。断層変位の進行と降雨量の関係については、相関性があるように見受けられるが更なるデータの蓄積が必要である。

### 4. 簡易地上設置型合成開口レーダの開発

#### 4. 1 レーダモジュールの評価

GB-SAR に搭載するレーダモジュールはFMCW(Frequency Modulated Continuous Wave) レーダモジュールを採用した(図4)。レーダの基本性能は、中心周波数2.45GHzで、周波数帯域幅0.10GHz、出力電圧1.0Wである。

レーダモジュールの評価を行うためにレーダと目標間の距離 $R$ の計測を行った。このとき、 $R$ は24mまで、1m間隔で変化させた。計測結果を図5に示す。波形の最大値に注目すると $R$ が大きくなるにつれて最大値が現れる位置も右側に移動している。つまり、最大値の位置は目標の位置と相関していると考察できる。ただし、最大値の位置と実際の目標の位置は、実際の目標の位置に比べて、およそ1m程度後方になる。

#### 4. 2 合成開口処理

製作したGB-SARを使用して合成開口処理を行い、画像を生成した。このとき、合成開口長を0.5m、合成開口点数を100点とし、目標をレールの中

心から 3. 22m 離れた位置に直径 150mm の導体球を設置した。また、画像生成を行うにあたり、後方投影法を用いた。

図 6 に実験から得られた画像を示す。距離の観測実験と同様に図 6 に示した SAR 画像の結像の位置が 1m 程度後方に変化していた。また、アジマス方向に目標の残像であるアンビギュイティが発生することを確認した。さらに、図 6 に示した SAR 画像の Range 方向の 1-2m 付近に強いノイズを確認した。このノイズはアンテナのカップリングによる影響であると考えられる。そのため、今後アンビギュイティの補正方法の検討を行う。

## 5. まとめ

本研究では断層クリープの高精度モニタリングシステムの開発を目的として、安価な汎用モジュール、および合成開口レーダによるシステムの開発を試みた。

安価な汎用品モジュールを利用した固定観測点システムは開発・設置を終え、観測対象であるマニラ首都圏南部のマリキナ断層上で運用に至っている。繰り返し実施している水準測量の結果からは見いだせなかった断層クリープの変動性状が得られ、現在もデータの蓄積を続けている。

また、簡易地上設置型合成開口レーダの開発は、試作機の開発し、合成開口処理を実施した。今後は、測定精度の評価をおこなう事が課題であり、その後、フィールドにおける試験へ移行する予定である。



図 1 断層クリープによる道路破損



図 2 固定観測点の概観とセンサの設置状況

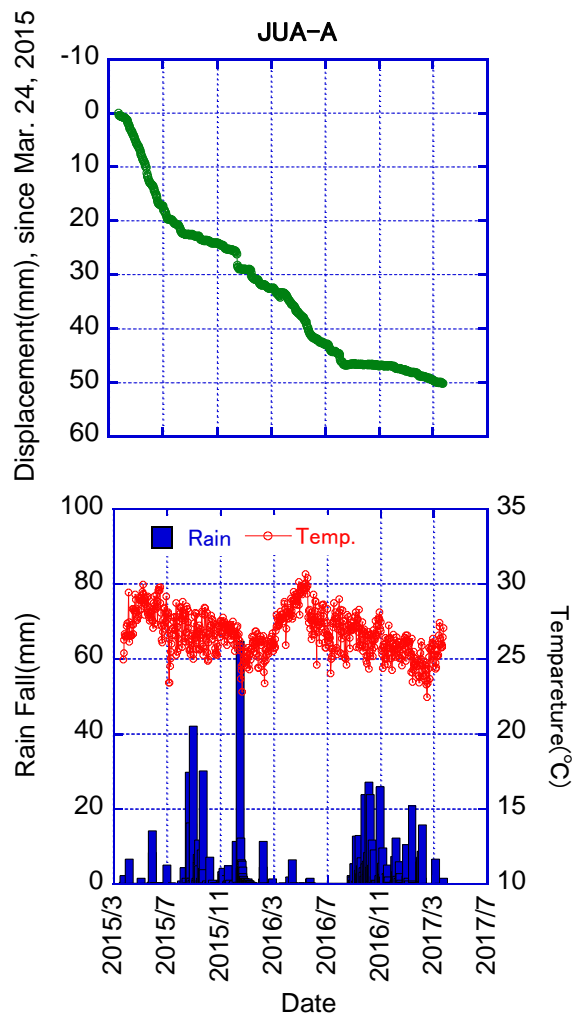


図3 2015/3からの地盤変動(上図)と気温、降水量(下図)との関係

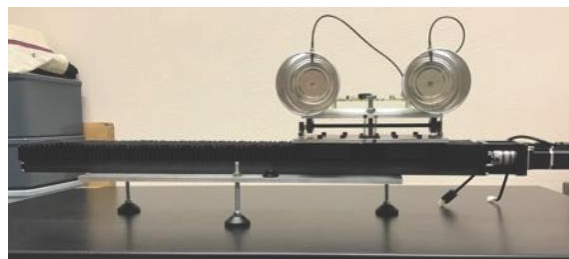


図4 開発した GB-SAR

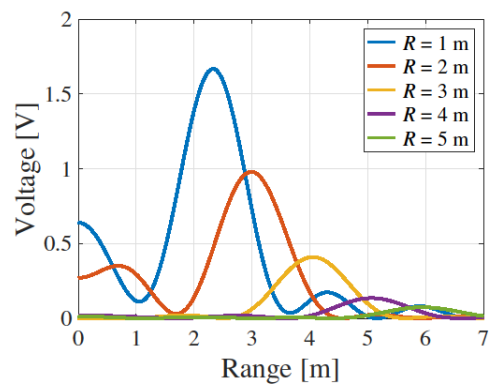


図5 レーダと目標間の距離計測の結果

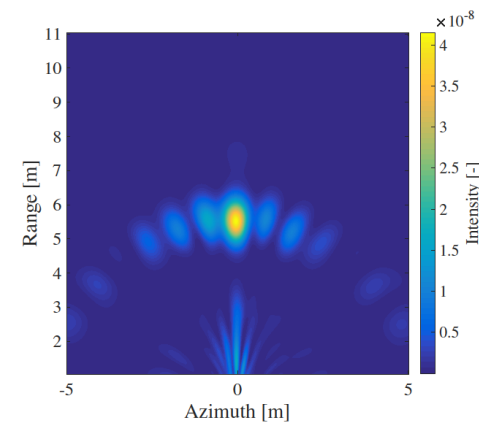


図6 直径150mmの導体急の画像生成実験の結果