

# 連続変位観測記録から見たフィリピン・マニラ首都圏にある マリキナ断層のクリープ性状

## Continuous monitoring of the fault creeping on Marikina Valley fault system (MVFS), Metro Manila, Philippines

栗田 勝実<sup>1)</sup> 衣笠 善博<sup>2)</sup>  
Rimando E. Rolly<sup>3)</sup> Papiona L. Kathleen<sup>3)</sup>

Katsumi Kurita<sup>1)</sup>, Yoshihiro Kinugasa<sup>2)</sup>,  
Rolly E. Rimando<sup>3)</sup>, Kathleen L. Papiona<sup>3)</sup>

Continuous monitoring of the fault creep along the Western Marikina Valley Fault System (Marikina Fault), in the southern part of Metro Manila, Philippines, was started from Sep. 2008. Although the data obtained includes daily fluctuation due to thermal deformation of the metal used to fix equipment, the total movement obtained by this monitoring and that of repeated leveling survey show similar amounts. The average slip rate by this continuous monitoring is about 0.01mm/day from Sep. 14, 2008 to Jan 16, 2009. But no movement has been detected during Jan. 16 and July 7, 2009. Further monitoring is necessary to clearly the characteristics of the creep.

Key Words : Creep, Displacement, Active fault, Metro Manila

### 1. はじめに

フィリピンの首都であるマニラ首都圏は、面積 636km<sup>2</sup> に人口約 1,500 万人が居住しているフィリピン最大の都市である。そのため、高層ビル、高速道路や LRT (Light Rail Transit) などのインフラストラクチャーが現在も構築されて続けている。一方、この地域には南北を縦断する活断層 (マリキナ断層) が存在し、トレンチ調査の結果などからマグニチュード M6~7クラスの地震を引き起こすであろうと評価されている<sup>1),2)</sup>。ゆえに、マニラ首都圏を対象とした地震防災に関する研究が急務な課題となっている。また、マニラ首都圏南部の同断層上では、大きな地震が起きていないにもかかわらず、時間の経過と共に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 ③家屋の柱が破壊し使用出来なくなる など、断層クリープにより生じた変位が原因と考えられる地盤変動で被害が起きており (写真 1)、地域の大きな問題の一つとなっている。このことは都市の安全を構築していくという視点に立てば重要な問題の一つと捉える必要があることから、同断層の性状を解明することが必要である。

そこで、本研究ではフィリピン・マニラ首都圏南部のマリキナ断層を対象として、断層クリープの連続観測を行い、その性状を探ることを目的とする。



写真 1 断層クリープによる変位で生じた道路段差  
点線：断層位置

### 2. マニラ周辺のテクトニクス

フィリピン諸島は、東側にあるユーラシアプレートがマ

<sup>1)</sup>東京都立産業技術高等専門学校 ものづくり工学科, <sup>2)</sup> (財)地震予知総合研究振興会,

<sup>3)</sup>Philippine Institute Volcanology and Seismology

ニラ海溝に沈み込み、また、西側にあるフィリピンプレート東ルソン海溝、およびフィリピン海溝に沈み込むというサブダクションゾーンに位置しており、ルソン島からミンダナオ島にかけ全長約 1,600km のフィリピン断層が縦断している。対象地域であるマニラ首都圏はルソン島中部に位置しており、フィリピン断層から分岐したマリキナ断層が縦断している（図 1）。この断層は主に右横ずれ断層と推測されており<sup>2)</sup>、トレンチ調査の結果から、過去 1400 年間に 4 回の地震を起こし、最後の地震は 1600 年以降に起きたのではないかと推測されている<sup>3)</sup>。また、マニラ首都圏東部にあるマリキナ平野は、西マリキナ断層と東マリキナ断層によって形成されたプル・アパート盆地構造となっている<sup>2)</sup>。

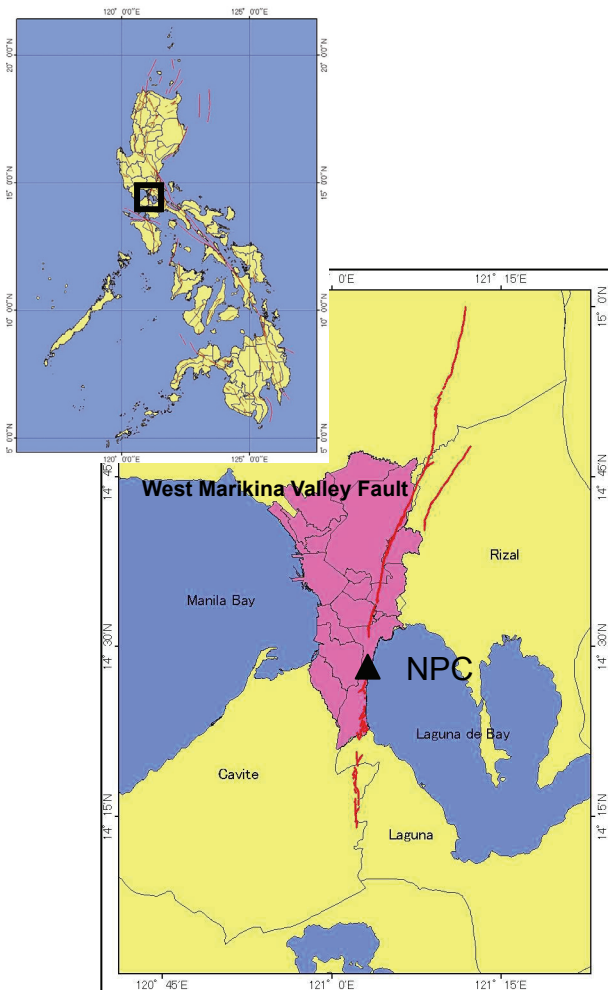


図 1 研究対象地域

### 3. 連続観測

断層クリープの連続観測は、図 1 に示したマニラ首都圏 Muntinlupa 市 Sucat にある National Power Corporation, Sucat Power Plant (NPC) で行っている。この地点では 1999 年から開始された繰り返し水準測量測線が 3 本あり、現在でも年 2 回程度の頻度で実施されてい

る<sup>3)</sup>。

観測システムを写真 2 に示す。センサー部は、ひずみゲージ式変位計（東京測器研究所 SDP-50C）、および、温度センサー（TPT-100）で構成し、それらを防水ケースに入れモジュール化してある。これをステンレスパイプに取り付け断層境界上に設置した。また、雨量を計測するために雨量計（Davis 7852M-L10）を近傍に併設した。これらから送られてくる信号をデータロガー（CAMPELL CR-510）へ入力し、2 時間または 3 時間のサンプリング間隔で収録している。なお、観測地点では商用電源の利用が困難なことから、ソーラーパネルで発電した電力を鉛蓄電池に充電しながら観測システムへ供給・運用する形態を採用した。

2008 年 9 月中旬に設置工事を行い、観測を開始した。変位計やデータロガーの故障、および 2009 年 9 月にマニラ首都圏を襲った台風 19 号による浸水により観測が一時中断した期間はあるが、2010 年 7 月現在も継続している。本報告では、2008 年 9 月 14 日から 2009 年 7 月 17 日までのデータを用いた。

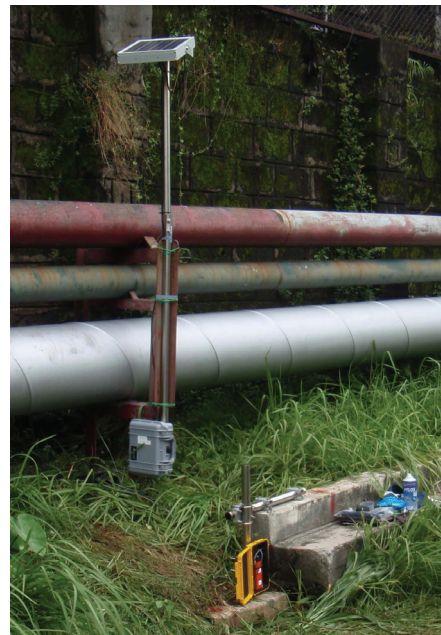


写真 2 観測システム

## 4. 観測結果

### 4. 1 変位の日変化

観測記録の一例を図 2 に示す。変位の変化に着目すると、昼間は大きくなり夜間は小さくなる日変化が見られ、それは気温の日変化と同じ傾向を示している。また、これ以外のデータにおいても変位と気温の変化の相関係数は、ごく一部を除き 0.9 以上と非常に高い値を示している。変位計の取り付け・固定には金属を使用していることから、日射による金属の熱膨張および収縮が関係していると考えら

れる。そこで1日毎に変位と気温の変化の相関係数を用いて、気温を変数とした回帰式を作成し、気温 25°Cにおける変位を推定した(図 3)。その結果、変位の急激な変化は見られなくなり安定した値が得られた。

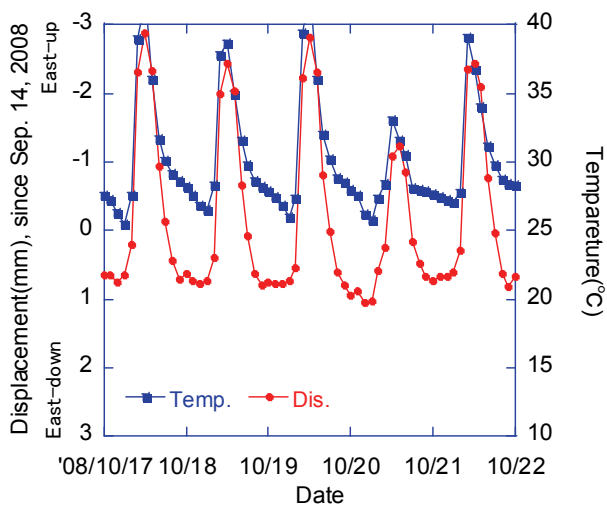


図 2 変位と気温の関係 (2008/10/17~22)

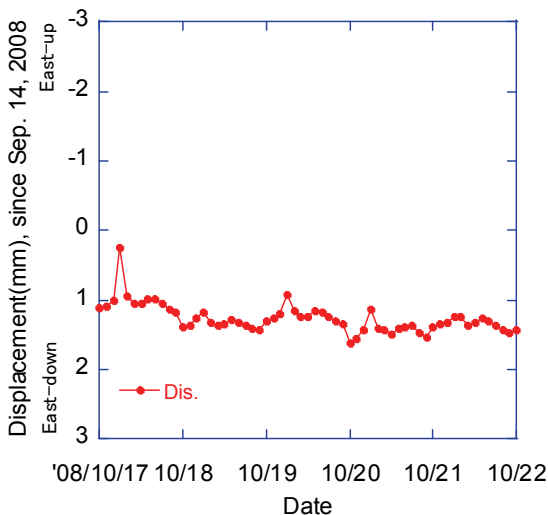


図 3 気温補正をした後の変位 (25°Cで補正)

#### 4. 2 断層クリープの観測結果

2008年9月14日から2009年7月17日までの早朝6:00の変位と気温を図4に示す。一部の日では、気温の急激な変化に伴い変位の変動が大きく現れるが、25°C前後で安定して推移していることから、これを用い検討を行うこととした。

設置した2008年9月中旬から2009年1月中旬の間までは0.01mm/dayの速度で東側沈降(または西側隆起)の方向に変位が生じている。しかし、それから2009年7月まで±0.5mmの変動はあるにせよ活動は、ほぼ停止している。観測では雨量計を取り付けたが、記録が取得出来なかったため、フィリピン気象庁(Philippine Atmospheric, Geophysical & Astronomical Services

Administration)が観測したマニラ首都圏 Quezon 市における日雨量を図4の下部に示してある。断層クリープによる変位が現れている9月~11月までは雨量の多い時期であったが、活動が停止した2009年1月の1ヶ月前から雨量が少なくなっており、この期間では変位と雨量の間に関係があるように見える。しかし、4月中旬から再び雨量が多くなったにも関わらず、変位の変化が見られないことから、現段階では両者に相関があるとは言い難い。

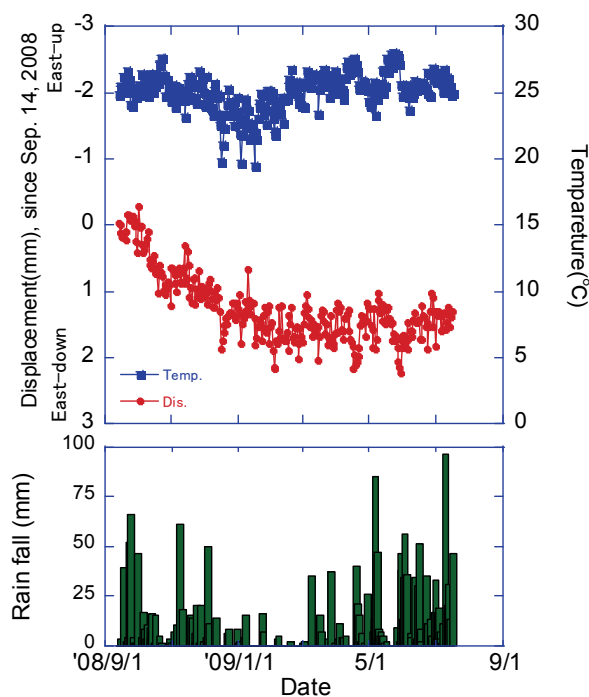


図 4 上図：毎 6:00 の気温と変位  
下図：日降水量

## 5. 議論

### 5. 1 気温補正なしの午前 6:00 の記録精度

前述の如く、マリキナ断層上で起きている断層クリープによる地形変化を捉えるため、1999年から繰り返し水準測量が8測線で年2~4回の割合で実施されている<sup>3)</sup>。その結果によると、本観測を行っている地点の繰り返し水準測量による2008年9月から2009年3月の変位量は、東側沈降方向に2mmの変位が生じたとしている。一方、連続観測の記録では、東側沈降方向に約1.8mmの変位量が求まっており、両者の結果は良い対応を示している。観測した変位は日変化があるため、本来は気温補正をする必要がある。しかし、午前6:00の気温は毎日ほぼ25°Cを示しており、繰り返し水準測量による結果とほぼ同じ値を得ていることから、補正なしの記録を用いても断層クリープによる変位を示していると考えられる。

## 5. 2 雨量と断層クリープの変位

地盤の変位は、水が地表面にしみこむことによる地盤の力学的特性の変化と関係する場合がある<sup>4)</sup>。台湾東部にある Chihshang 断層では、地震防災の一環として断層クリープの連続観測が行われている<sup>5),6)</sup>。それによれば、1998年8月から1999年7月までの観測記録から断層クリープの変位が生じていることを見出し、期間によりその速度が異なっている事を指摘した。また、雨量との比較から、雨期に相当する時期に速度が増大することを見出し、活断層直上の地盤で見られる断層クリープによる変位の速度と雨量との間には何らかの関係があると指摘している<sup>5)</sup>。一方、本観測の記録からは、図4に示した如く両者には関係は見られない。

しかし、繰り返し水準測量の結果が示すように、近年の断層活動が低くなっていることを考慮すると<sup>3)</sup>、今後も観測を続け、両者の関係を見極める必要がある。

## 6. まとめ

フィリピン・マニラ首都圏南部のマリキナ断層を対象として、断層クリープの連続観測を行い、その性状を探ることを目的とし、Muntinlupa 市 Sucat の断層直上に変位計を設置して2008年9月から連続観測を開始した。得られた結果は以下の通りである。

- (1) 変位は、昼間大きくなり夜間小さくなる日変化が見られた。気温の日変化との相関が高いことや、変位計の取り付け・固定に金属を使用していることから、日射による金属の熱膨張および収縮が関係していると考えられる。
- (2) 2008年9月と2009年3月の連続観測記録（毎午前6:00）から求めた変位量と、繰り返し水準測量から求めたものは良い対応をしていることから、6:00のデータは気温補正をしなくてもほぼ的確な変位を表している。
- (3) 2008年9月から2009年1月中旬までは0.01mm/dayの速度で断層の累積変位が大きくなる方向に変位が生じたが、その後は活動を停止している。
- (4) 断層クリープによる変位の速度と雨量には明確な関係は現状では見いだせない。

本断層の性状を解明するためには、今後も観測を続ける必要があると共に、変位速度の大きい地域に観測点を増設し記録の蓄積および解析をする必要がある。

## 参考文献

- 1) Nelson, R. A., S. F. Personius, R. E. Rimando, R. S. Punongbayan, N. Tungol, H. Mirabueno and A.

- Rasdas, Multiple Large Earthquakes in the Past 1500 Years on a Fault in Metropolitan Manila, the Philippines, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **90**, 1, 73-85, 2000.
- 2) Rimando, R. E. and P. L. K. Knuepfer, Neo tectonics of the Marikina Valley fault system (MVFS) and tectonic framework of structures in northern and central Luzon, Philippines, *Tectonophysics*, **415**, 17-38, 2006.
- 3) 栗田勝実, 衣笠善博, R. Rimando and K. Papiona, フィリピン・マニラ首都圏南部のマリキナ断層における断層クリープの連続観測, 日本地震学会講演予稿集 2009年度秋季大会, 204, 2009.
- 4) Roeloffs, E. A., Creep rate change at Parkfield, California, 1966-1999: seasonal, precipitation induced, and tectonic, *J. Geophys. Res.*, **106**, 16, 525-16,547, 2001.
- 5) Lee, J.C., J. Angelier, H. T. Chu, J. C. Hu, and F. S. Jeng, Continuous monitoring of an active fault in a plate suture zone: a creepmeter study of the Chihshang Fault, eastern Taiwan, *Tectonophysics*, **333**, 219-240, 2001.
- 6) Lee, J. C., J. Angelier, H. T. Chu, J. C. Hu, and F. S. Jeng, Monitoring active fault creep as a tool in seismic hazard mitigation. Insights from creepmeter study at Chihshang, Taiwan, *Tectonophysics*, **337**, 1200-1207, 2005.