

## M2発生域での石井式歪計 25Hz 連続記録で見えた極微小地震に対する余震活動 南アフリカ Bambanani 金鉱山

The aftershocks for ultra-micro-earthquakes seen in 25Hz continuous recordings with Ishii strainmeter within M2 source area

# 山本 覚仁 [1]; 小笠原 宏 [2]; 竹内 淳一 [3]; 下田 直之 [4]; 直井 誠 [4]; 森下 健 [5]; 石井 紘 [6]; 中尾 茂 [7]; Mendecki Aleksander[8]; van Aswegen Gerrie[8]; Lenegan Patrick[8]; Ebrahim-Trollope Shana[9]; 南アフリカ金鉱山における半制御地震発生実験国際共同グループ 住友則彦 [10]

# Akihito Yamamoto[1]; Hiroshi Ogasawara[2]; Jun'ichi Takeuchi[3]; Naoyuki Shimoda[4]; Makoto Naoi[4]; Ken Morishita[5]; Hiroshi Ishii[6]; Shigeru Nakao[7]; Aleksander Mendecki[8]; Gerrie van Aswegen[8]; Patrick Lenegan[8]; Shana Ebrahim-Trollope[9]; Sumitomo Norihiko International Research Group for Semi-controlled Earthquake Generation Experiment at South African Gold Mine[10]

[1] 立命館大・理工; [2] 立命大・理工; [3] 立命館・理工; [4] 立命館・理工; [5] 立命・理工・物理; [6] 東濃地震科研; [7] 鹿大理; [8] ISSI; [9] Geohydroseis CC; [10] -

[1] Ritsumeikan Univ.

; [2] RitsumeiUniv.; [3] RitsumeiUniv.

; [4] RitsumeiUniv.; [5] Physical Science, Ritsumeikan Univ; [6] TRIES; [7] Kagoshima Univ.; [8] ISSI; [9] Geohydroseis CC; [10] -

南アフリカ金鉱山半制御地震発生実験国際共同グループの実験サイトの一つである、Bambanani 金鉱山では、M2級の鉱山地震発生域内に石井式歪計が埋設され、24 bit、25 Hz で連続観測を行っている [石井・中尾他 (2000 年秋地震学会)]。ここでは、予想震源域で歪計の連続観測を行っているので、 $M < 3$ の微小地震とその余震活動を観測することができる。

観測された歪記録に、考案した効果的なノイズ除去法（後述）を適用したところ、鉱山ルーチン地震観測網でカタログされた地震 ( $M - 1$ ) の 2.4 倍の地震 ( $M - 1$ ) を検出できることがわかった。石井式歪計が、鉱山の地震計よりもはるかに多く地震を検知できること、25 Hz 連続観測によりそれが実現できたことを、ここでは強調しておきたい。本ポスターでは、この結果を用いることで、鉱山地震観測網による地震カタログを用いるよりも詳細な地震活動度変化の解析ができるという例をいくつか紹介する。

ここで触れた効果的なノイズ除去法は、歪計が、微小地震の地震動に対してダンピングが大きいインパルス応答を持っているが、各成分の振幅が 5~10 ナノストレインのバックグラウンドノイズに隠されていること、そして、ノイズが成分毎に互いに独立でランダムな電気ノイズであることに着目して考案したものである。

具体的には、インパルス応答の周波数帯のみを通過させるバンドパスフィルタをかけ、イベントの立ち上がりを明瞭に見えるようにした。次に歪記録にのっているトレンドを除去するため、時間差分をとった。さらに、歪計の 2 つの成分の時系列ベクトルの積をとることで、各 ch に独立でランダムな電気ノイズを減少させた。

とりあえず試みに 2003 年 2 月の一カ月間を解析した。2003 年 2 月は歪計から 100 m 以内で M2.5 の地震が発生し、歪計のごく近傍で地震活動が非常に活発で、 $1E - 7$  strain (  $0.01$  MPa) を超える歪ステップが 12 例記録されている。このデータを用いて、 $M < 3$ の微小地震とその余震活動を評価することができる。

Bambanani 金鉱山では平日の午後に金の採掘のための発破が行われ、その直後は地震活動度が非常に高い。しかし、この時間帯では、個々の地震による影響と、採掘発破による影響とを区別できない。そこで、この時間帯以外で、地震活動度変化が顕著な例を探したところ、2003 年 2 月では、2 例見つかった。これらは 2003 年 2 月 19 日の M0.4 (歪計からの距離  $R=42$  m) と 2003 年 2 月 8 日の  $M - 1.0$  ( $R=46$  m) に伴うもので、地震活動度は、それぞれ 3 events / hour から 12 events / hour, 2 events / hour から 14 events / hour に増加していた。これらの地震活動度の増加は、それぞれの地震の直後から 1.5 時間と 1 時間継続した。この間に検出されたイベント数はそれぞれ 19 個と 14 個であった。これらには、遠くの小さなカタログ地震が少数含まれていたが、その発生タイミングは、歪イベント検出率が大きく変化した時期とは無関係であった。このため、上記の 19 個および 14 個のイベントの多くは、それぞれ、 $M 0.4$  ( $R=42$  m) および  $- 1.0$  ( $R=46$  m) の余震活動を捉えたものと考えられる。また、大きい方の本震 (2 月 19 日の M0.4) の直後のみに、歪記録に余効変動が見られたが、2 月 8 日の地震では見られなかったことも注目される。

本ポスターでは、より詳細を報告する。