

グループ・個人提案

「南アフリカ金鉱山における半制御地震発生実験(SeeSA)」に関する次期研究計画

SeeSA 研究グループ
小笠原宏(立命館大学)

1. 基本目標 (= 破壊の物理学の半制御実験場)

南アフリカ金鉱山の地下2~3.6kmにおいて、明瞭な断層破碎帯などの弱面を持つ岩盤に 10^{-4} 級の歪(MPa級の応力)が採掘とともに100mオーダーの範囲に蓄積すると、 $M < 3$ の高速破壊と付随する多数の極微小地震が群発する。その領域は採掘計画から事前に予測可能であるため、その領域に様々な計器を埋設し、挙動の一部始終を至近距離から仔細に観察することが、基本目標である。そして、地表付近からの自然地震では観測が非常に困難な仔細像を、AEから領域全体を破壊する地震までの幅広いソースサイズの範囲で、また、AEや地震などの高速破壊からslow eventまでの幅広い継続時間の範囲で明らかにする。また、その領域の環境(応力等)・物性を直接調べ、観測された挙動と比較することによって、どの環境・物性が何を引き起こすかを明らかにすることも目標である。これらの結果は、小サイズの岩石実験と巨大サイズの自然巨大地震のスケールギャップを埋めることにもなる。地質や応力などの環境が比較的わかっていながら発生する現象を観測するため、地震の観測波形などから環境を間接的に推定する方法の検証やキャリブレーションを行うことも目標としている。

2. これまでの到達点

$M < 3$ の地震が発生する可能性が高い既存弱面を、地震発生前に複数選定することができ、2~3年で 10^{-4} 級の歪の蓄積とその後の挙動の一部始終を観察できた。さらに、現5ヶ年計画中に、残されていた課題を解決するための複数の実験(3.1に詳述)を、科研費(2006-2008)によって立ち上げることができた。これらを通じて、多数の日本の若い研究者達が南アフリカ金鉱山で多くの経験を積み、多くを学ぶこともできた。

特筆される科学的な新しい成果は次の通りである。鉱山地震も、より大きな自然地震と同様な、破壊過程の相似性や複雑さを持っていることが明らかになった(Yamadaら)。M2級の地震群の中には、数多くのゆっくりした歪変化が観測され、一部の最もゆっくりとしたイベントのみに前駆が明瞭に観測された(Naoiら)。2台の隣接した石井式歪計によって、ゆっくりした歪変化のソース規模を絞り込むことができ、それらは自然のより大きいゆっくり地震と比較すべき非常に興味深いものであった(安武ら)。一例のゆっくりイベントでは、これまでで最も仔細に変化の全容が記録され、前駆歪変化は加速的ではなく、時間に対して直線的であることがわかった(安武ら)。

3. 次期5ヶ年

次期5ヶ年計画では、当実験を「地震発生の素過程」の一課題と位置づけ、「素過程」の諸課題と連携を深めるとともに、「地震発生に至る準備・直前過程における地殻活動」にも寄与できるように実験を進める。

3.1 現在進行中の観測計画によって次期5ヶ年の初頭で答えが得られ始めると期待される問題

- ・間隙水の存在する時の岩盤挙動の違い(水没域と非水没域の地震活動の比較;境界の挙動観測)?
- ・AEと微小地震に物理の違いがあるのか(GR則、破壊様式など)?
- ・Seismogenic Zone全体を破壊する地震発生の際や、前駆滑り、slow eventの際にAE活動がどう推移するのか?
- ・高周波生成の現場の挙動、破壊停止の現場の挙動は(On fault 地震計アレイによる)?
- ・近傍高周波数電位観測による破壊電気信号の大きさは?

3.2 次期5ヶ年でのさらなる計画

上記に加え、次のような課題にも挑戦したい。まず、すべり現象の多様性を明らかにするために、周波数レンジとダイナミックレンジに盲点のない岩盤挙動観測を目指す。そのための計器開発や特性の詳細な検討も行う。そして、対象領域に盲点がないように、多点観測を目指す。100mスケールの地震(M~2級)の震源核形成過程を明らかにし、無視できない厚さの断層破碎帯が、地震準備期や発生期、終息期にどのように挙動するのかも明らかにしたい。ただし、高応力下での多数のドリリングを短期に行うための技術開発や経験を積むことが課題であり、これを次期5ヶ年で解決したい。

これまでに蓄積されてきた地震や歪のデータも引き続き解析する。これらと新しい観測データを用い、例えば、毎日ほぼ定時に行われる採掘発破の地震波などを利用した、 $M < 3$ 級地震断層の特性変化の検出なども試みたい。

以上