

地震発生の制御実験－南アフリカ金鉱山における－ (19)震源とb値の決定

Semi-controlled experiment in a gold mine in South Africa(19)Source location and b-value determination

西井 聡 [1], 小笠原 宏 [2], 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

Satoshi Nishii [1], Hiroshi Ogasawara [2], Sumitomo Norihiko International Research Group for Semi-controlled Earthquake Generation Experiment at South African Gold Mine

[1] 立命館大学・理工, [2] 立命大・理工

[1] Fac. Sci. & Engr., Ritsumeikan Univ., [2] Fac.Sci. Engr., Ritsumeikan Univ.

我々は南アフリカ金鉱山の地下約2600mにおいて地震観測を行っている。筆者らは不均質構造による影響を受けていないと思われる地震だけを選別し、加速度計の設置方位を正確に求め、P波の到来方向とP-S時間から、誤差20mで震源を決定できた。また、観測サイトと震源の間に不均質構造がある場合には、RayPathが曲がることによって震源分布がばやけることが確認できた。決定した震源分布からクラスターと思われる地震群についてb値を求めた結果、クラスターによってb値が0.7～3であった。b値の低いクラスターは三方を既に採掘済みである未採掘域に位置し、応力の集中が激しいところではb値が小さい事が推定できる。

はじめに

我々は南アフリカ金鉱山における地下約2600mの水平坑道において、200mほどの区間にボアホール型3成分加速度計を9点に設置し、地震観測を行っている。加速度計のサンプリング周波数は最大14kHzである。鉱山では採掘に伴う微小地震が、切羽と呼ばれる採掘坑道の先端部分で日常的に発生している。その発生頻度は、約1km四方の範囲に1日あたり100個程度であり、その規模は $-1 < M < +3$ である。

これまで、南アフリカ金鉱山において我々が取得したデータでは、センサー配置が一次元状であったために、P-S時間のみによる震源決定では震源を正確に求める事ができず、そのために空間的な解析が困難であった。我々の行った観測では、ボアホール型地震計を使って岩盤に直接地震計を設置することによりsite effectを小さくする事ができているので、原理的にはP波の到来方向とP-S時間から震源決定が可能である。そこで前回、筆者は震源をP波の到来方向とP-S時間（以下SingleLocation）によって求めたが、ボアホール型加速度地震計の設置方位の決定が不正確であったために、P-Sの走時残差がかなり大きく、あまり正確な震源が求められなかった。設置方位決定の不正確さの原因は、震源によっては切羽の先端および観測坑道周辺の大きな不均質構造によりRayが曲げられているものがある事である。今回は、観測坑道やセンサーの周囲の不均質構造によってRayが曲がっている地震を除外し、加速度計の設置方位を正確に求める事で、より正確な震源を求める事ができた。さらに、決定した震源分布からクラスターと思われる地震群のいくつかについて、応力集中および不均質構造を反映するパラメータとしてグーテンベルグ・リヒター式におけるb値を求めた。

方法

今回は、波形がきれいに記録されており、なおかつ発生時間間隔が非常に短く、クラスターを形成していると考えられる地震を選別したのち、Site毎にWolf-Netに見かけのP波の到来方向を投影した。例えばクラスターと、siteとの間に不均質構造があまりなければ、個々の地震の到来方向を投影した点は互いに近い場所に固まる筈である。そのようにして不均質構造の影響を受けていないと思われる地震だけを更に選別し、比較的正確な、ボアホール軸周りの加速度計設置方位を決定する事に成功した。震源距離が50m程度でSingleLocationのずれが3m程度である。

次に、決定した加速度計設置方位とP波到来方向及びP-S時間を用いて、1996年7月の震源を決定した。クラスターの平均的な広がり、震央図で30m²程度である。また、新しいバージョンのISS社製のソフトウェアでより正確な地震のマグニチュードを決定して、クラスターごとにb値を求めた。

結果

観測サイトと震源の間に切羽や坑道などの速度不均質構造がある場合には、著しくRayPathが曲がることによって震源分布がばやけることが確認できた。今回、誤差20mで決定された震源分布からは採掘にともなう地震が切羽の先端に集中している事がはっきり分かった。また、クラスターによってb値が0.7～3前後の値をとっており、b値が明瞭に異なる事が解析の結果分かった。採掘図を見ると、b値の低いクラスターは、コの字状に三方が既に採掘済みである切羽に囲まれた未採掘域に分布しており、応力の集中が激しいところではb値が小さい事が推定できる。また、b値が0.7であったクラスターでは、解析を行った期間に、比較的大きな地震が発生していることも興味深い。

発表では、速度不均質構造を見積もった上で、空間的なb値の分布に加えて、観測期間中最大であったマグニチュード2の地震に前後する時間的なb値の変化も考察する予定である。