

# 岩手県内陸北部地震（1998年9月3日，M6.1）発生前後の 爆破地震動記録の解析

西村太志，内田直希（東北大学理学研究科）

## 1. はじめに

1997年12月より火山活動が活発化していた岩手山火山では，多項目の地球物理学観測が実施され，地下深部からマグマ活動に伴うと推測される圧力源の東から西への上昇，西岩手山での微小地震・微動活動，三石山南での長周期地震活動が明らかにされている（植木他，1998；田中他，1998，西村他）．1998年の9月3日には，岩手山のすぐ南で，マグニチュード6.1の逆断層型の地震が西根断層群で発生している．岩手山周辺でのGPS観測によれば，地震前には山体は膨張傾向を示し，地震直後にコサイスマックな変動を示したが，鈍化傾向にあるもの引き続き地殻変動が観測されている（東北大学理学研究科地震・噴火予知研究観測センター，1998）．このように，地殻活動が非常に活発な岩手山の南部領域で，M6.1の地震発生時を挟むように2回の人工爆破震源による地震波探査が実施された．そこで，今回，岩手山周辺の地震観測点で記録された波形データを解析し，M6.1の地震発生前後の地殻構造の時間変化の検出を試みる．

## 2. データ

地震波形データは，岩手山周辺で展開されていた広帯域地震計記録を利用する（図1）．2回の人工爆破地震動は，STS2型地震計出力を分解能24ビット，サンプリング間隔0.02sでLS8000WD（白山工業社製）により各観測点毎に連続収録した．収録器の刻時精度は，内部時計（精度 $10^{-6}$ ）を2時間毎にGPS時計により較正することで，10msを確保した．本研究では，岩手山の北側の観測点では信号が減衰しており，解析に適さないので，南の4観測点（HSB, GNB, MTI, HSB）のデータを使用する．人工地震実験は，M6.1の地震発生約1月前の1998年8月10日と発生後約2ヶ月後の同年11月2日の深夜に行われた．

## 3. 解析結果

### 3.1 初動走時解析

人工爆破地震の発震時からP波走時を調べたところ，HSB（震央距離 $\Delta=2.5\text{km}$ ，走時 $t_p=1.09\text{s}$ ），GNB（ $\Delta=8.8\text{km}$ ， $t_p=2.47\text{s}$ ），MTI（ $\Delta=10.1\text{km}$   $t_p=2.53\text{s}$ ）のいずれの観測点でも，サンプリング間隔（0.02s）を超える顕著な差は，2回の実験では認められなかった．従って，直達地震波が通過する領域では1%以上の構造の変化はなかったといえる．なお，ANS（13.3km）は初動のS/N比が悪く，解析できなかった．

### 3.2 クロススペクトル法による相関解析

直達波が通過する領域は限られるため，より広い領域の構造に影響を受ける後続波を解析することにより構造変化の検出を試みる．各観測点のP波初動部の波形は2回の

人工爆破震源の位置が近接しているため相関は高く，2回の実験の波形の違いは主に構造の変化を表していると考えられる．そこで，観測点毎に8月10日と11月2日の地震波形のクロススペクトルからコヒーレンスと位相差を計算し，波形の変化量を定量的に評価する．

図2に爆破震動が卓越する4.7Hzのコヒーレンスの時間変化を示す．コヒーレンスは初動到達後しばらくはほぼ1を示している．数秒後一旦コヒーレンス値は小さくなるが，再び増大し，その後漸次減少していく特長が認められる．図3に位相差の結果を示す．M6.1の震源域に近く，火山活動が活発であった西岩手に近いMTIやGNB観測点では，2回目の発破の地震波の位相が遅れていくことが分かる．10秒の経過で位相が $-\pi/16$ から $-\pi/8$ ずれている．

#### 4. 考察

コヒーレンスがある時間で小さくなる原因のひとつとして，後続波が散乱・反射する領域の弾性構造が何らかの要因で変化したことがあげられる．ここでは2回の人工地震実験を行った3ヶ月の間にM6の地震の大地震が発生したことから，同地震の断層運動に伴い震源域で構造が変化したと仮定し，観測されたコヒーレンスが説明できるかどうか考察してみる．簡単のために，P波速度4 km/s，ポアソン比0.25の半無限均質媒質を仮定し，人工震源から輻射されたP波，S波がM6.1の震源域（破壊開始点）付近で反射・散乱したと考える．地震発生前後でこの反射・散乱係数に変化があれば，予測されるPP，PS，SP，SS変換波・散乱波の時刻にコヒーレンス値が小さくなると期待される．図2に示す予測到達時刻との比較から，コヒーレンス値の小さいところは，PSとSP波の到達時刻と一致している．従って，破壊開始点付近で構造の変化により，コヒーレンス値が小さくなったという可能性がある．

次に，観測位相差を考察する．発震時から10秒経過したとき，GNB, MTI観測点で4.7Hzの波の位相が約 $-\pi/4$ から $-\pi/2$ ずれている．これは10秒で約0.02-0.05秒波の到達時間に差が生じたことに相当し，周辺の構造の地震波速度が0.2-0.5%変化したと考えることができる．一方，ANS, HSB観測点で位相差に顕著な変化は認められない．このことは，ANS, HSB観測点で観測された反射・散乱波の主な伝播経路がGNB, MTI観測点と異なっていたと考えることで説明できるであろう．

#### 5. 結論

岩手火山南部で実施された2回の爆破地震動データの相関解析を行った．その結果，波形データのコヒーレンスの時間変化は，1998年9月2日のM6.1の地震発生域の構造変化により説明可能であることが明らかとなった．また，位相差の解析結果から，3ヶ月の間に岩手山及びその南部周辺で最大0.5%程度の速度変化があったと推定された．

謝辞．岩手山周辺の広帯域地震観測は，東北大学理学研究科地震・噴火予知研究観測センターの田中聡，中道治久，植木貞人，浜口博之各氏と観測システムの設営及び維持を共同で実施しているものであります．防災科研の藤田英輔氏には，M6.1地震による地震計故障時に広帯域地震計を迅速に提供して頂きました．爆破地震動の震源データは，内陸地震研究グループより提供して頂きました．これらの関係諸氏に記して感謝致します．

#### 参考文献

- 西村太志・中道治久・田中聡・佐藤峰司・植木貞人・浜口博之・大竹政和・佐藤春夫，1998，岩手火山群で発生する長周期地震，日本火山学会講演予稿集 1998年度秋季大会, p6.
- 田中聡・浜口博之・植木貞人・中道治久・河野俊夫・佐藤俊也・仁田交一，1998，1997年12月以降の岩手山における浅部地震活動，日本火山学会講演予稿集 1998年度秋季大会, p2..
- 植木貞人・三浦哲・佐藤俊也・立花憲司・仁田交一・浜口博之，1998，GPSによって観測された岩手火山の地殻変動，日本火山学会講演予稿集 1998年度秋季大会, p4.

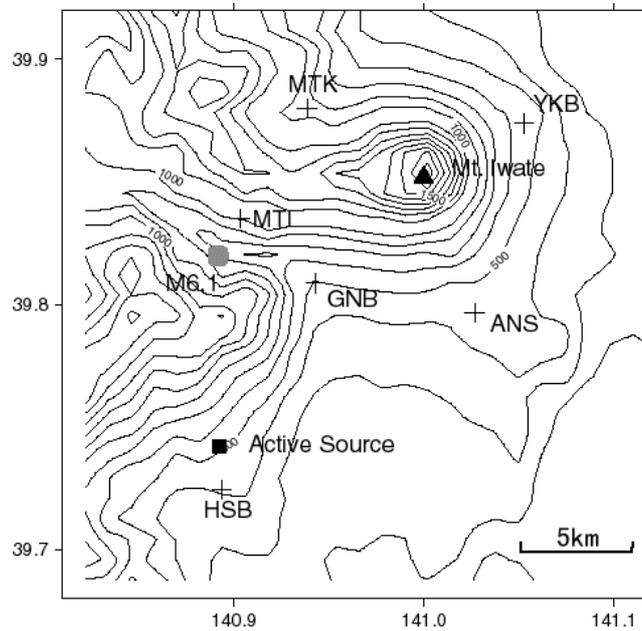


図 1 . 広帯域地震観測点 (+ 印) , 爆破震源 (黒四角) , M 6 . 1 の震源 (黒丸印) .

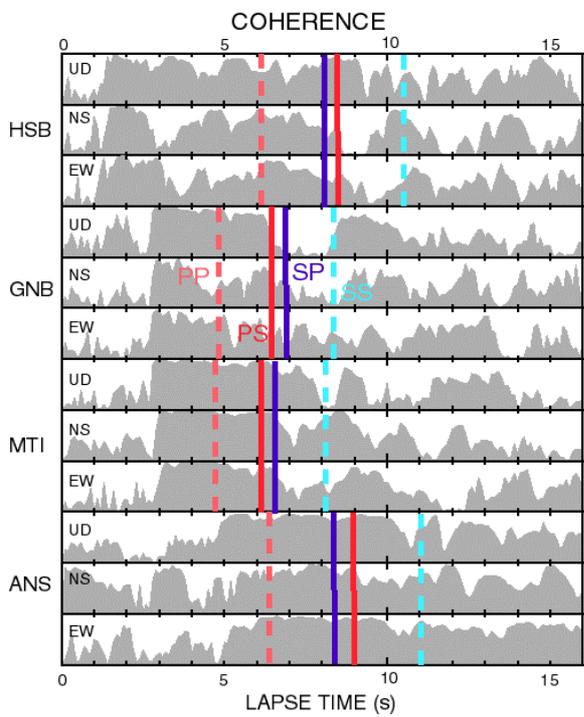


図 2 . 観測点 , 成分毎のコヒーレンスの時間変化 . 各トレースの振幅は 1 で規格化されている .

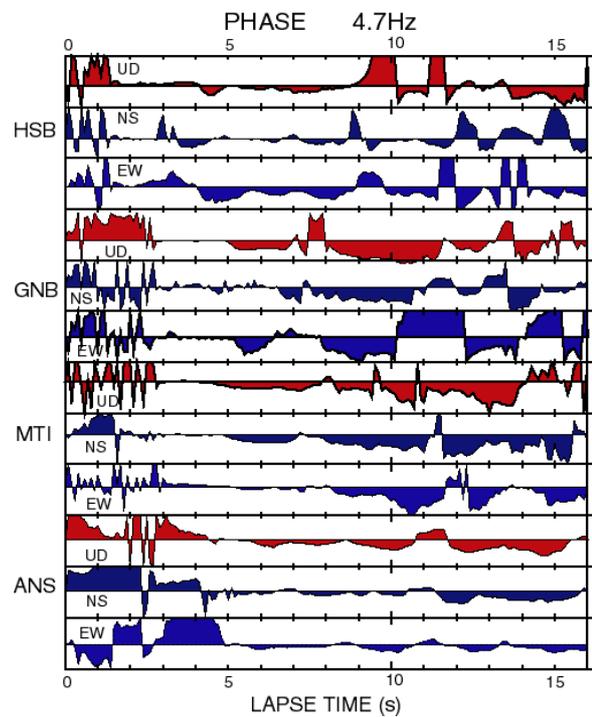


図 3 . 観測点 , 成分毎の位相差の時間変化 . 振幅は  $3/2$  で規格化してある . 位相差が負 (下向き) は 2 回目の地震波が遅れていることを示す .