

奥州市胆沢観測点・衣川観測点における微動計測

片岡俊一

1.はじめに

2008年6月14日に起きた「平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震」では、宮城県と岩手県で震度6を超える震度が観測された。岩手県内では、奥州市衣川区（以下、衣川）で震度6強、奥州市胆沢区で震度6弱となった。

2003年5月26日に起きた宮城県沖の地震の際にも、岩手県内では震度6弱が5カ所で観測されている。その当時は、震源から比較的離れた北上低地でも震度6弱が観測された理由として、震度計の近くで計測した微動と震源近くの強震動の分析から、震源で顕著に励起された短周期地震動がサイト増幅特性でより増幅されたことを考えたり、今回の地震の震度を聞いた時に、今回も前回と同様に、表層による増幅が震度を大きくした可能性を考えて。さらに、奥州市衣川区の2003年当時の観測点（当時は衣川村）は、震度計が周辺に比べてやや高い丘の上の法肩に設置されており、地形が地震動を増幅した可能性も考えられた。

このような事情から、震度計の設置状況の確認、震度観測点のサイト増幅特性の把握を行う必要があると考え、4学会合同調査団が派遣されるタイミングと合わせて、地震発生の翌日（6月15日）に現地を訪れ微動計測を行った。

現地には岩手大学の山本英和准教授に同行を願った。山本先生は簡易型強震計を両地点に設置したことから、今後は地震動の比較検討も行えるものと考えている。

2.震度観測地点

胆沢の震度計センサ部分は、奥州市胆沢支所の裏側にコンクリート升の中に置かれている。胆沢支所の概観の写真を写真-1に、震度計のセンサーが設置されているコンクリート



写真-1 奥州市胆沢支所の外観



写真-2 震度計センサを設置しているコンクリート升



写真-3 奥州市衣川支所の外観. 右側が玄関であり, 震度計は庁舎左手側に置かれている.



写真-4 衣川観測点の周辺状況. 写真の中央のコンクリート升が震度計のケース.

升を写真-2に示す.

奥州市衣川支所の外観を写真-3に示す. 震度計のセンサは, 写真-3の左手側に設置されており, 2003年当時と全く同じである. 震度計のセンサーが設置されているコンクリート升周辺の状況を写真-4に示す.

3.計測概要

3.1.計測場所と計測条件

胆沢では震度計に隣接した舗装された道路上で計測を行った. 計測時の状況を写真-5に示す. 微動計の向きは東西南北に合わせた. サンプルング振動数は100Hzとした. データ数は後述するように余震を観測してしまうことから, 適切と思われるデータ数が得られた時点で観測を停止した. ただし, データ処理の都合で2ケースに分けて計測を行っている.



写真-5 胆沢における微動計測風景. 奥の赤い矢印の先にあるコンクリート升が震度計のケース. 赤丸で囲まれているものが微動計. 写真右側が概ね北.

衣川では、のり面の影響を把握するために、建物（庁舎）の玄関脇と震度計のコンクリート製ケースの上に3成分の微動計を1台ずつ設置し、同時計測を行った。その際の微動計の向きは庁舎と斜面の方向に合わせ、建物長手方向をX方向、短手方向をY方向として微動計を設置した。X方向は、大凡北から50度東に回転した方向である。微動計の設置状況を写真-6に示す。ここでも、サンプリング振動数は100Hzとした。



写真-6 衣川における微動計測の様子。

3.2.使用機器

微動計は物理探査サービス株式会社製のCR4.5-2Sである。以下にその主な仕様を記す。

- ・ 成分数： 3
- ・ 感度： 20V/[cm/s]
- ・ 測定周波数： 0.5～18Hz

また、用いた記録計は、KEYENCE社製のPCカード型データシステム、NR-2000である。この分解能は、14bitであるが、入力レンジを変えることが可能であり、今回の計測では、入力レンジを0.25Vあるいは0.5Vとして収録した。

4.計測結果

胆沢における2回の計測の結果を図-1、図-2に示す。これを見ると静穏時の振幅はせいぜい0.002mm/s程度であるが、図-1の200秒付近のように、計測途中で最大振幅が0.02mm/sとなるようなことがあった。これは余震による地震動と考えられる。ただし、計測中には体感するような地震動はなかった。

衣川における2回の計測の結果を図-3、図-4に示す。この地点は、重量車両が頻繁に通る道路に面しており、微動レベルは胆沢よりも大きい。胆沢よりも震源域に近いことから地震を多く観測しているとも考えられる。

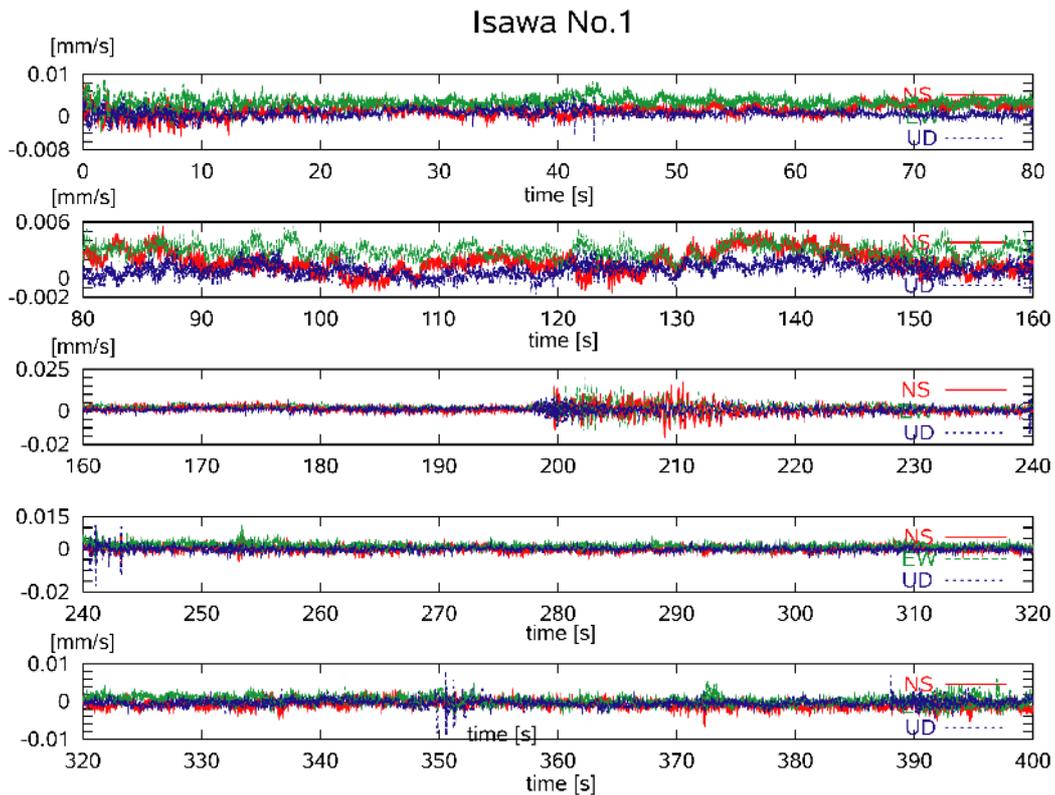


図-1 胆沢観測点における微動観測の結果(1回目).

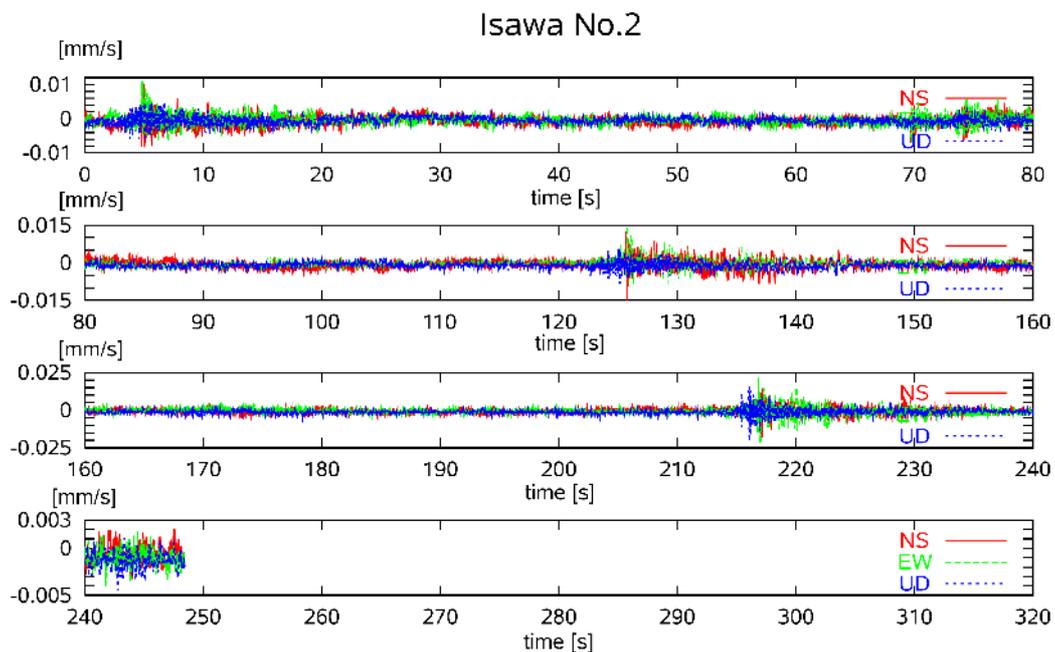


図-2 胆沢観測点における微動観測の結果(2回目).

5. スペクトル解析結果

5.1. 胆沢観測点における卓越振動数

胆沢観測点の記録のうち、図-1の静穏な部分を用いて水平動と上下動のスペクトル比を求めた。具体的には、全体を10.24秒の区間に区切り、各区間毎に3成分のベクトル和を

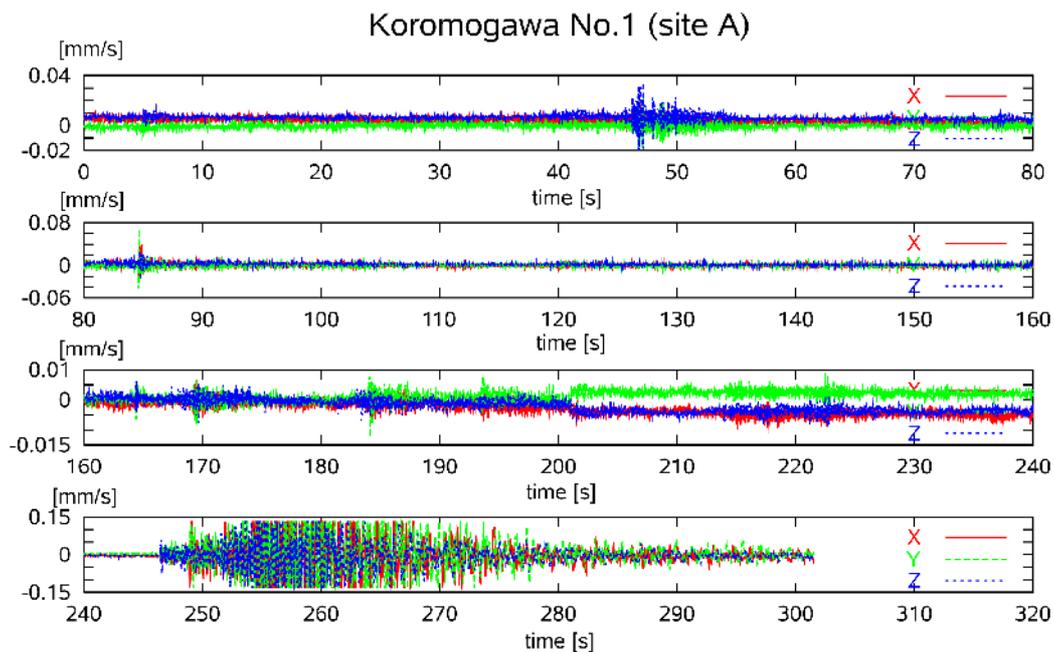


図-3 衣川観測点における微動観測の結果(1回目).

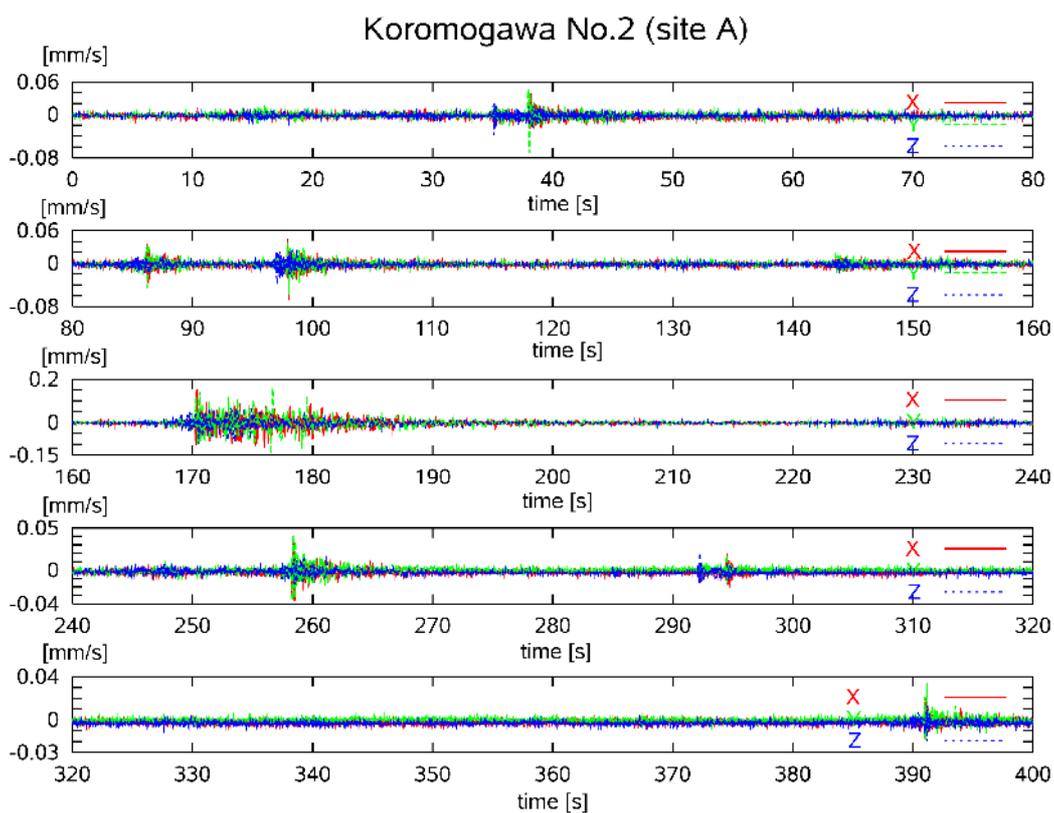


図-4 衣川観測点における微動観測の結果(2回目).

算出し、その値の小さいもの 10 個を選びパワースペクトルを算出して、それらを平均した後に、バンド幅 0.4Hz の Parzen ウィンドで平滑化を行った。最後に、水平動を上下動で除してその平方根を求めた。結果を図-6 に示す。図の下はパワースペクトル、上はスペク

トル比である。スペクトル比には5Hz付近にピークがあるものの、その振幅は2~3程度であり、それほど顕著な値ではない。

そこで、地震動部分の水平動と上下動のスペクトル比を求めた。対象としたのは、1回目の計測の200秒付近の地震動で、これも10.24秒の区間を連続して2つ取り出し、微動と同じ処理を行った。結果を微動と同様の形式で図-6に示す。地震動の場合、上下水平動スペクトル比のピークは4~5Hz付近にあり、EW成分では5Hzのピークが顕著である。ピーク振動数は微動と同じであるが、その振幅は微動のそれよりも大きく明瞭である。さらに、2回目の計測の125秒付近、215秒付近の地震動と思われる区間についても同様な処理を行い、3つの地震動のスペクトル比で比較したものが図-7である。これを見ると、3地震とも5Hz付近に明瞭なピークが見られ、EW成分の方が常に大きいことが分かる。震度計の東側、つまり支所庁舎の東側は、庁舎の敷地よりも2m程度低く、敷地境界に土留め壁が設置されている。この地形形状がスペクトルの高さに影響を与えた可能性は高い。

以上のことから、現時点では原因は未解決であるが、この地点では地震時には5Hz付近の成分が卓越すると言えよう。

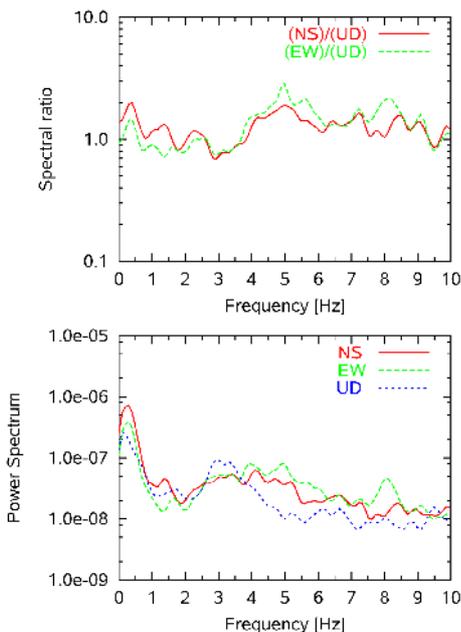


図-5 胆沢における微動のパワースペクトル(下)とスペクトル比(上)。

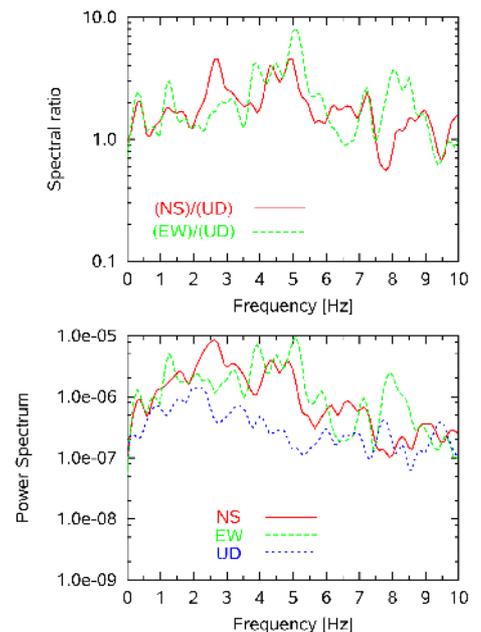


図-6 胆沢における微動計測中に得られた地震記録から算出したパワースペクトル(下)とスペクトル比(上)の例。

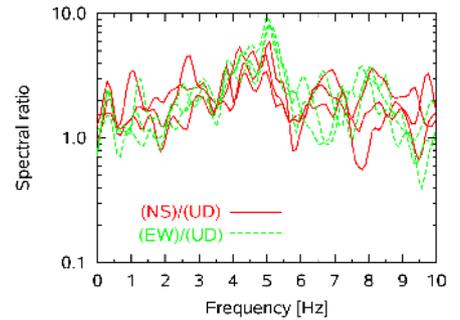


図-7 胆沢における微動観測中に得られた3つの地震記録から算出したスペクトル比の重ね描き。

5.2.衣川観測点におけるスペクトル比

震度計センサが設置されている近傍にあるのり面の影響を把握するために、庁舎の玄関脇と震度計のケース上で同時に微動を計測した。ただし、この微動には微小地震が含まれている。この記録を次のように処理して、2地点間のスペクトルを比較した。

2回目に計測した結果を用い、データの最初から 20.48 秒に区切り各区分毎にフーリエ変換し、各地点におけるパワースペクトルと両地点間のクロススペクトルを求めた。その結果を平均し、さらにバンド幅 0.2Hz の Parzen ウィンドで平滑化した。微動と地震区間を区別することも考えられるが、経験的にはこのような地形の影響把握の場合には、地震区間を利用した方が明瞭な結果がでる。今回の測定データは、データ区間の大半が地震に対応するものであるため、上記のように一括処理を行った。

ここでは、2地点間の相違を単純なスペクトル比（パワースペクトルの比の平方根）とクロススペクトルを2地点のパワースペクトルの平方根で除したものの2つで評価する。以下、前者をスペクトル比、後者を伝達関数と称す。その結果を図-8に示す。図から、X方向（斜面直交方向）では、玄関脇に比べて震度計位置の方が7Hz強の成分において2～3倍程度大きくなっている。Y方向（斜面平行）では、X方向に比較してやや広い振動数範囲で震度計位置の振幅が大きい。その値は、スペクトル比では5倍を超えるが、伝達関数ではX方向と同程度で2～3倍程度である。Z方向（上下方向）についてはスペクトル比、伝達関数ともに概ね2倍以下となっている。つまり、2地点では同程度の振幅と言えよう。

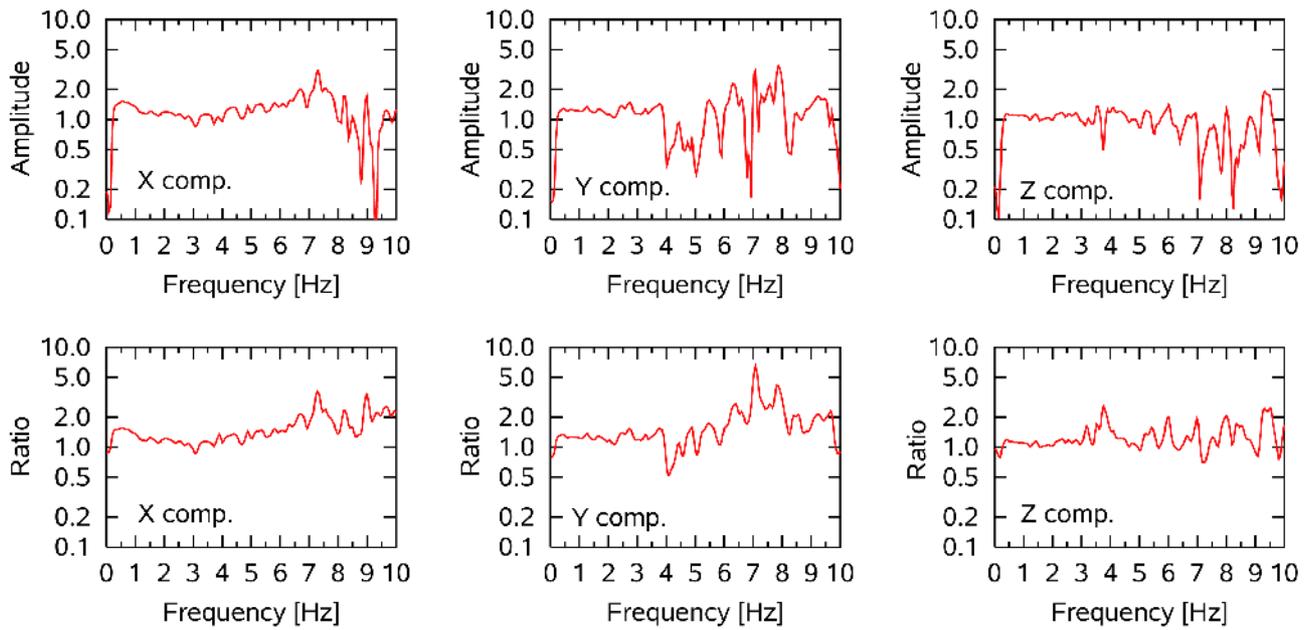


図-8 衣川観測点における庁舎玄関脇と震度計の位置でのスペクトルの違い. 上段:伝達関数, 下段:スペクトル比

5.3.衣川観測点における卓越振動数

玄関脇の微動記録のうち、2回目の記録を全て利用して、H/V スペクトル比を求めてみた。ただし、ここではこれまでのスペクトルと自由度を合わせるためにスペクトルウィンドによる平滑化は行っていない。

結果を図-9に示す。H/V スペクトル比の図には明瞭なピークはないが、5～9Hzの広い範囲で大きくなっている。つまり、卓越振動数を明確に指摘することはできないが、比較的高い振動数で地震動が増幅することは間違いないであろう。

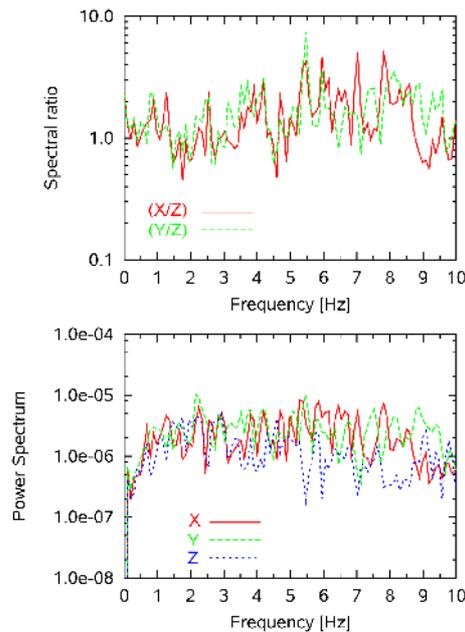


図-9 衣川における微動(地震記録を含む)のパワースペクトル(下)とスペクトル比

6.まとめ

今回の地震で震度6を記録した奥州市衣川区，奥州市胆沢区のサイト特性を微動をもとに検討した．微動のなかには，微小地震の記録が含まれており，その部分を使うことでサイト特性がより明確になった．胆沢の観測点では，卓越振動数は5Hzにあることが分かった．地形の影響が懸念されていた衣川の観測点であるが，斜面の影響が少ないと思われる地点に比べて斜面直交方向，平行方向ともに7Hz付近の振幅が大きいことが分かった．このような比較的高い振動数域の増幅により加速度あるいは計測震度が大きくなったものと思われる．

謝辞

微動計測は上述した山本先生を始め，岩手大学技術職員の佐野剛氏，弘前大学の上原子晶久助教の協力を得て行った．

参考文献

- 1) 片岡俊一：北上低地周辺の強震動観測点における地盤震動特性，第39回地盤工学研究発表会（新潟），2061-2062，2004年7月