

## 青森県野辺地町にある強震観測点の震動特性\*

弘前大学 片岡俊一  
元 弘前大学工学部地球環境学科 鹿内あゆみ

### 1. はじめに

文献1)によれば、野辺地町にある KiK-net (AOMH05), K-NET (AOM10), 自治体震度計 (以下、断らずに震度計) の震度と最大加速度の増幅度は県内で最大級である。このためと思われるが、後述する 2012 年 5 月 24 日に青森県東方沖で起きた地震では野辺地町での震度が県内で最大級となった。なお、野辺地町の名前がついた震度観測点は自治体震度計と K-NET によるものであり、それぞれ、野辺地町野辺地、野辺地町田狭沢として発表されている。さらに、この地震に加えて、2002 年 10 月 14 日に青森県東方沖で起きた地震 ( $M: 6.1$ ), 2003 年 9 月 23 日に起きた十勝沖で起きた十勝沖地震の最大余震 ( $M: 7.1$ ) でも、野辺地町の震度が県内で最大級であった。

文献1)では、最大であることを指摘するのみでその原因に関する考察は行われていない。そこで、KiK-net と K-NET の地震動特性を地下構造と併せて考察し、なぜ震度が大きくなるのかを検討した。なお、震度計の記録は入手が容易でないので、地震動特性としては KiK-net と K-NET の記録についてのみ考察する。

### 2. 野辺地町内の震度の差

文献1)では、基準地盤に対する観測点の震度差 (増幅度) は KiK-net で 2.1 と 3 地点で最大であり、K-NET が 1.9、震度計が 2.0 と求めている。つまり、3 地点とも増幅度は大きい、その差はそれほどない。観測点位置は後述するが、3 地点はそれほど近接しておらず野辺地町全体の震度の増幅度が大きい可能性も考えられる。ただし、文献1)の増幅度は青森県東方沖の地震を対象としたものであり、それ以外の地震については不明である。そこで、2002 年~2012 年の間に 3 地点で同時に観測された計測震度 2.0 以上の 150 個の地震記録を比較した。比較した結果図 1 に示すが、KiK-net の震度は震度計のそれに比べ平均で約 0.39 大きく、K-NET では 0.12 大きくなった。ただし、図 1 にあるように震度が大きくなると KiK-net と震度計の差は小さくなる。震度計と K-NET

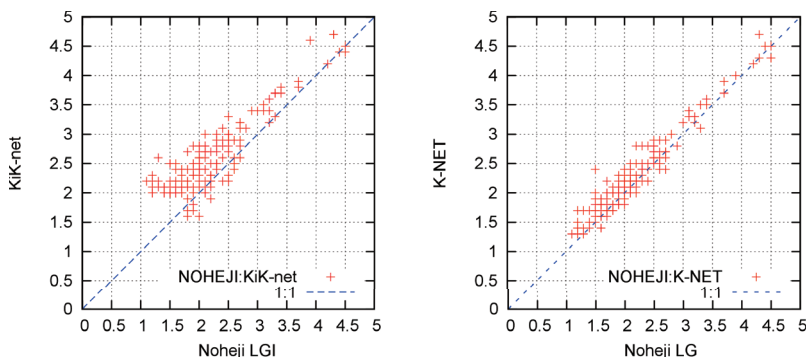


図1 野辺地町内にある強震観測点での震度の比較。左：震度計と KiK-net, 右：震度計と K-NET

\* Characteristics of observed ground motion around Noheji-machi, Aomori prefecture in Japan by Shunichi Kataoka and Ayumi Shikanai

の震度に関する大小関係は文献1)と異なるが、3地点間で震度はそれほど異ならないこと、KiK-netが3地点では最大となることは調和している。

### 3. 2012年5月24日に青森県東方沖で起きた地震の例

2012年5月24日に青森県東方沖で起きた地震（マグニチュード：6.1，震源深さ：60km）では、野辺地町の2地点の震度は東北町上北南の震度5強（計測震度5.4）に次ぐ震度5弱（計測震度4.5）であった。図2に青森県周辺で震度3以上であった観測点を示す。図1は気象庁の公表値で

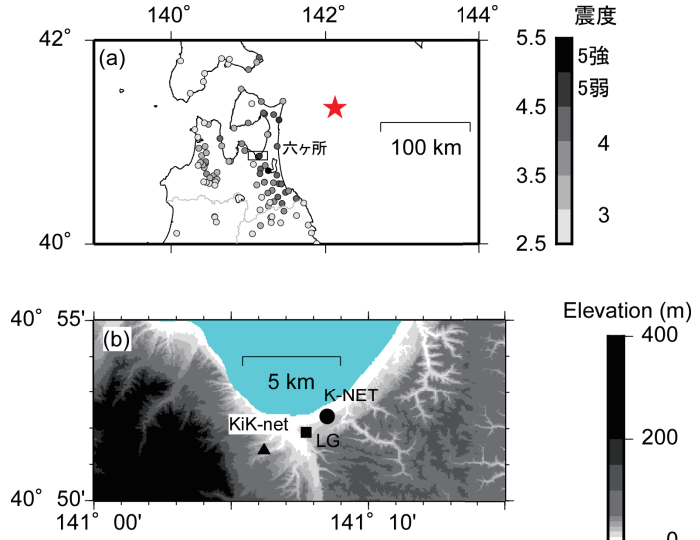


図2 (a) 2012年5月24日の地震の震央（星印）と各地の震度，(b) 野辺地町内にある強震観測点の位置

だけで描いたものであるが、KiK-net野辺地の震度相当値も他の2地点と同じ4.5であった。

また、図から野辺地周辺は震度が発表される観測点の分布が粗いことも分かる。KiK-netの分布も同様で、野辺地の近傍には観測点はない。

図2(b)に野辺地周辺を拡大し、標高とともに3観測点の位置を示す。3地点ともに台地上に位置し、標高はKiK-netが最も高く44mであり、K-NETと自治体観測点は26mとなっている。

図3にK-NET野辺地とKiK-net野辺地に加え計測震度相当値が4.4であったKiK-net六ヶ所（AOMH06）で得られた加速度記録のNS成分を絶対時刻を合わせて示す。KiK-net六ヶ所はK-NET六ヶ所や気象庁の六ヶ所観測点に隣接しており、この地震でも同等の震度であった。AOMH06の震央距離は76km，一方野辺地の2点は約100kmとAOMH06の方が震央に近いが最大加速

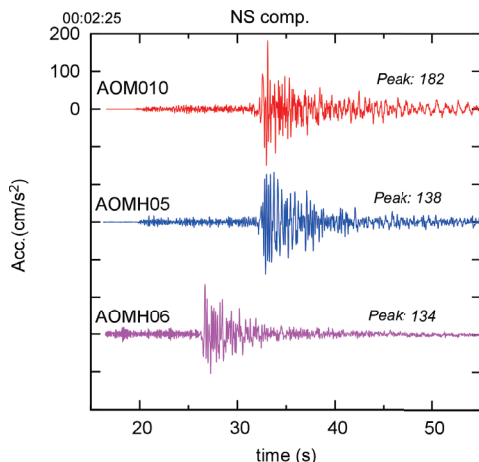


図3 2012年5月24日の地震の際に野辺地周辺で観測された加速度記録

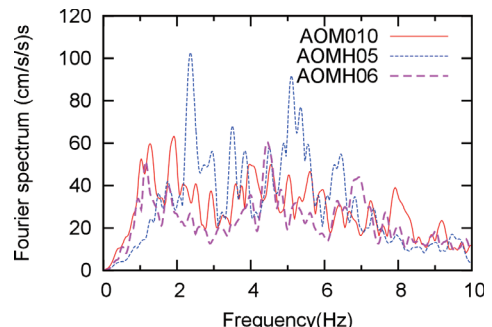


図4 野辺地周辺で観測された地震動の水平面内ベクトルスペクトル

度、震度ともに同程度であることが分かる。

図4は、上述の3地点の水平動記録から算出した水平面内ベクトルスペクトル<sup>2)</sup>である。3者を比較すると、KiK-net野辺地(AOMH05)は低振動数成分ではK-NET野辺地(AOM010)やKiK-net六ヶ所(AOMH06)に比べて振幅が小さいことが指摘できる。しかしながら、KiK-net野辺地は2Hz付近と5Hz付近に卓越が顕著である。K-NET野辺地でも2Hzよりやや低い振動数でピークとなっているが、KiK-net六ヶ所ではその付近で卓越しない。なお、KiK-net野辺地とK-NET野辺地のスペクトルの大小関係は他の地震でも同様であった。

#### 4. KiK-net野辺地の地下構造と地震動特性

KiK-net野辺地での卓越振動数を確認するために、S波の理論増幅特性を求めた。KiK-netの地下構造を図5に示す。最表層は80m/sと非常に遅く、最表層下面境界でのインピーダンス比が小さいことが特徴の一つである。この地下構造から鉛直入射するSH波の重複反射理論による増幅特性を求めた結果を図6に示す。ここでは、指定した層以浅の構造により、増幅特性がどのように変化するかを見ている。地下構造から推測できるように最表層のみで5Hzが卓越する。ついで、第4層下面境界(深さ26m)が大きな影響を与え、2.8Hzが卓越する。第2層から第4層までのS波速度は260~390m/sと決して遅くないが、第5層のS波速度が770m/sと早いために、この境界でインピーダンス比が小さくなっていく。第4層と第5層の境界で発生したピークは下層を加えるに従って徐々に低振動数側に移動する。

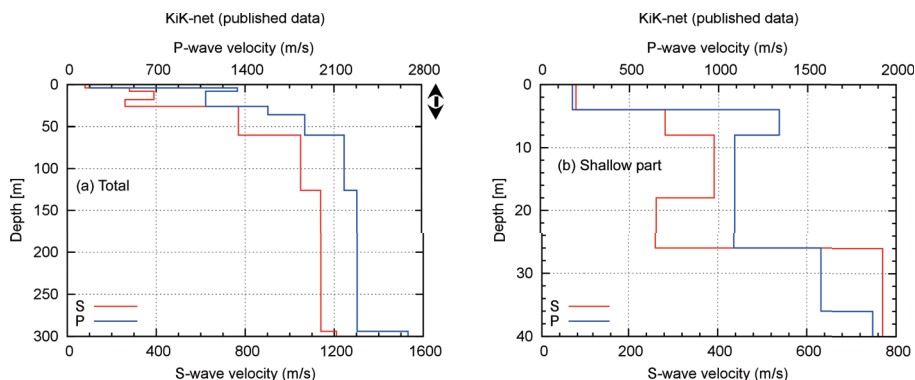


図5 KiK-net野辺地の地下構造. 左:全体, 右:深さ40mまで

ついで、観測記録の卓越振動数を確認するために、K-NETとKiK-netで1999年~2012年の間に観測された地震動記録を集めた。卓越振動数を把握しやすいように、地表面の記録の主要動を用いて水平動と上下動の比(以下、H/V比)を求めた<sup>3)</sup>。この際、水平動は水平2成分をフーリエ変換し、各振動数成分毎に描かれる楕円の長軸の長さをフーリエ振幅とした<sup>2)</sup>。水平動と上下動のスペクトルを各々バンド幅0.4HzのParzenウィンドで平滑化した

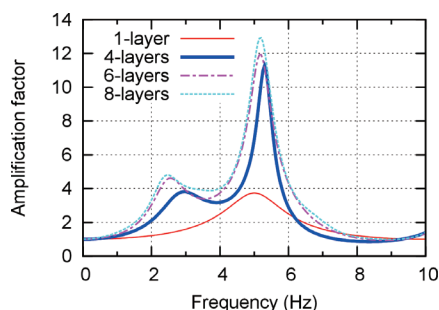


図6 KiK-net野辺地のS波理論増幅曲線

後に、比を求めた。

図7は計測震度が3.0-3.9の範囲のものの結果である。KiK-netでは27地震分、K-NETでは23地震分の水平動と上下動との比が描かれている。図には地下構造から鉛直入射を仮定して求められるP波、S波の理論増幅の比（以下、理論H/V比）も描いてある。K-NETについては、公表されているS波速度300m/sの層が深さ28mまで続き、その下にKiK-netの第5層（S波速度770m/s）以下が続くものとして理論H/Vを求めた。K-NETにおける地下構造の仮定は、KiK-netの地下構造との接続深さまでは、微動探査の結果から妥当と考えている<sup>4)</sup>。

観測地震動と理論H/Vは概ね対応しているように見える。まず、KiK-netであるが観測記録の卓越振動数は2~3Hzと5~6Hz付近にあるが、理論もそれに対応している。SH波の理論増幅特性の結果を踏まえると、この二つのピークはそれぞれ、第4層と第5層との境界、第1層と第2層の境界に対応する。ただし、5~6Hz付近については詳細に図を見ると、H/Vが卓越しない場合もあり、地下構造との対応については、さらなる検討が必要であろう。

一方、K-NETであるが、こちらも観測記録のH/Vのピークと理論H/Vのピークは大凡対応している。観測記録では3Hz弱にピークがあるが、理論では2Hz強にピークがある。また、7~8Hz付近のピークも理論と対応しているように見える。3Hz付近のピークはKiK-netに対する考察にあるように、S波速度770m/sの層の上面で規定されていると考えている。

なお、図7と同様な検討を振幅依存性を判定するために、震度の範囲を変えて検討している。観測された最大震度は4.7とそれほど大きくなく、その範囲においては卓越振動数が変化することはなかった。

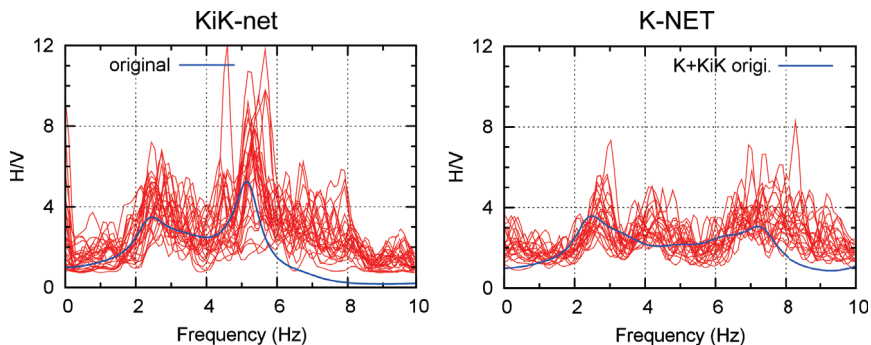


図7 KiK-net 野辺地およびK-NET 野辺地における地震動のH/V比と理論比率

## 5. 考察

野辺地における地震動記録では2Hz付近が卓越した。この卓越が震度の増幅度に影響しているものと思われる。この卓越はS波速度が大凡300m/sである層と800m/sである層との境界で規定されているが、地下構造を周辺の観測点と比較してみた。図8は野辺地に最も近いKiK-net観測点であるKiK-net六ヶ所の地下構造との比較であり、図9が地震動の理論H/V増幅での比較である。図8に示したように六ヶ所にはS波速度が300m/s程度の中間層はなく、表層の下はS波速度が530m/sの層が現れる。これに伴って、地震動H/Vの理論値でも2Hz付近の増幅は小さい。

また、ここまで公表されている地下構造が正しいとして議論を進めてきた。大局的には公表値で観測結果を説明できることは分かったが、KiK-netの表層のS波速度が80m/sは地質、地形から

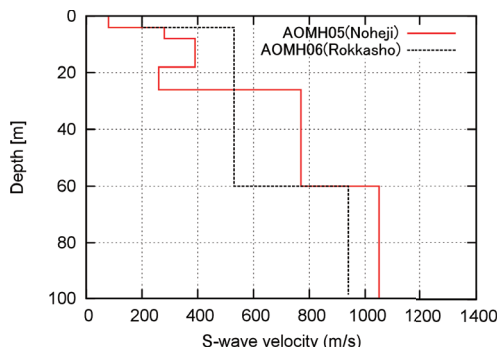


図8 KiK-net野辺地とKiK-net六ヶ所の地下構造の比較

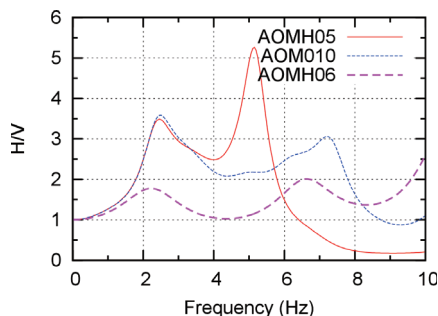


図9 野辺地とKiK-net六ヶ所の理論H/Vの比較

見ても遅すぎるように思える。KiK-netの表層の土質区分はロームである。県内のKiK-net観測点のいくつかの表層は火山砕屑物であるが、そのS波速度が80m/sというのは、奥羽山脈の中心部に近いKiK-net新郷(AOMH16)のみで、他は100m/sを超えている。青森県東南部で震度が大きくなる強震観測点における地下構造を推定した結果でも表層は120m/s程度である<sup>9)</sup>。

参考のために、KiK-net近傍で観測した微動の水平動と上下動との比を地下構造から求めたRayleigh波の水平上下振幅比と比較して図10に示す。

理論では2.7Hzで振幅比が無限大になり、5Hzでも振幅比は10を超える。一方、観測値では2Hz付近のピークは対応しているものの5Hzではピークが明瞭ではない。また、KiK-net周辺でアレー観測した微動からは表層のS波速度が80m/sは得られず、観測位相速度の逆解析結果はK-NETの地下構造と対応するものとなることも分かっている<sup>4)</sup>。このように、地下構造については更なる検討が必要と考えている。

## 6. まとめ

KiK-net野辺地とK-NET野辺地での地震動は、H/V比で2~3Hzが卓越した。この卓越は周辺の観測点のそれに比べ大きく、これにより震度が大きくなっていると考えられる。この卓越には、深さ26m(KiK-net)、28m(K-NET)にある層境界の影響が大きい。KiK-netがK-NETよりも大きな震度であるのは、5Hzの増幅のためと考えられるが、それを引き起こす地下構造については更なる検討が必要である。

## 謝辞

K-NET、KiK-netの地震記録及び公表されている地下構造を利用した。また、Rayleigh波の理論分散曲線、水平上下比の算出にはTremorDataView<sup>6)</sup>を利用し、一部の図の作成にはGMT(Generic Mapping Tool)<sup>7)</sup>を用いた。記して謝意を示す。

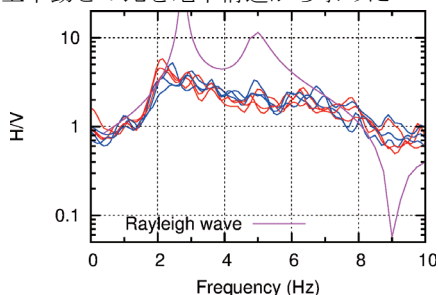


図10 KiK-net野辺地における微動の水平動と上下動の比とRayleigh波の理論比

## 参考文献

- 1) 片岡俊一, 山本博昭: 地震動記録に基づく青森県内の強震観測点のサイト増幅度, 日本地震工学会論文集, 7, No.2, 110-129, 2007.
- 2) 中村晋: ベクトルスペクトルによる地震動の増幅特性評価とその適用, 土木学会論文集, No.519/I-32, 161-173, 1995.
- 3) Kawase, H., F. J. Sánchez-Sesma, and S. Matsushima : The optimal use of horizontal-to-vertical (H/V) spectral ratios of earthquake motions for velocity structure inversions based on diffuse field theory for plane waves, Bull. Seism. Soc. Am. Vol.101, pp.2001-2014, 2011.
- 4) 片岡俊一, 鹿内あゆみ: 青森県野辺地町にある強震観測点の地盤震動特性に関する考察, 日本地震工学会・大会-2013 梗概, 349-350, 2013.
- 5) 片岡俊一: 2008年7月24日に発生した岩手沿岸北部の地震の際に震度6弱を観測した青森県内の観測点の震動特性, 平成20年度北東北国立3大学連携推進プロジェクト岩手・宮城内陸地震被害調査研究報告書, 106-111, 2009.
- 6) 先名重樹, 藤原広行: 微動探査観測ツールの開発 その1 -微動解析ツール-, 防災科学技術研究所報告 第313号, 2008.
- 7) Wessel, P., and W. H. F. Smith : New, improved version of Generic Mapping Tools released, EOS AGU 79, 579, 1998.