

青森県階上町道仏震度観測点の特異性確認のための 町内各地の地盤震動特性調査*

弘前大学 片岡俊一

1. はじめに

青森県が階上町に設置した震度計（観測点名：階上町道仏（ハシカミチョウドウブツ））で観測される震度と最大加速度は、県内各地のそれと比べて大きいことが報告されている¹⁾。また、地震によっては階上町道仏の震度が青森県内で最も大きく、他の観測点よりも震度階級で一つ上になる場合もある。このことから、県民の方々から震度が大きく評価されているのでは、との疑問の声も聞くことがある²⁾³⁾。以下、この観測点を道仏観測点と呼び、図表中ではHASKLGと表す。

この地点では、2008年7月24日に岩手県沿岸北部を震源とした地震では震度6弱が観測され、その地震動および微動アレー探査で推定したS波速度構造が報告されている⁴⁾。文献4)では、推定された地下構造から得られるSH波の増幅特性で地震動の卓越振動数が説明できるとしている。但し、道仏観測点の位置を図1に示すが、周辺の強震観測点からはやや離れており、観測点周辺での揺れの強さは不明である。言い換えると、地震動の増幅は一次元地下構造で説明可能と判断される一方で、道仏観測点の揺れがどの程度の広がりを持っているかは明確にされていない。そこで、階上町において臨時地震観測、常時微動測定を行って道仏観測点の増幅特性が特異であるのかを確認した結果を報告する。

2. 階上町の地理、地勢と階上町道仏観測点の地下構造

階上町は青森県の最東南端に位置し、東側は太平洋に面する。南側は階上岳が東西に走り、岩手県との県境となっている。階上岳の北面に開けた山麓地帯を除いては、ほぼ平坦地であり、海岸低地は狭い⁵⁾。微地形の違いを確認するために、地震ハザードステーション（J-SHIS）で公表している微地形区分⁶⁾を、以下で記

す観測点位置ともに図2に示す。道仏観測点（図中のHASK LG）は丘陵地に位置し、町の大半が丘陵地あるいはローム台地であることが分かる。

道仏観測点は町役場の敷地にある。庁舎建設時の柱状図によると、表層は厚さ4m程度のローム層であり、その下に砂質粘性土、軽石混じり砂を挟み、層厚4m程度のシルト層、粘性土層が深さ12～

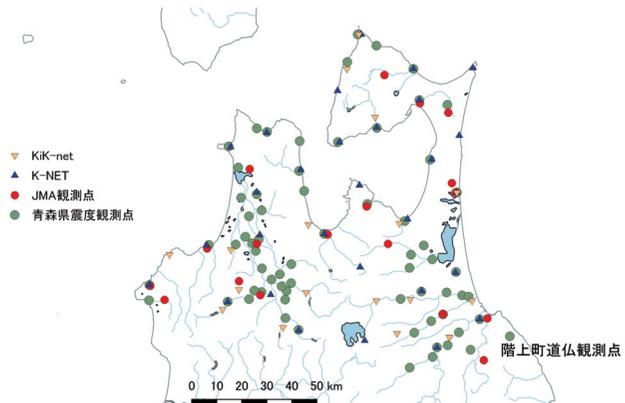


図1 青森県内の強震観測点の位置

* On-site study around Hasshikami-cho in Aomori prefecture to clarify the singularity of Hashikami station by Shunichi Kataoka

14m程度まで存在する。

前述した文献4)では深さ14mまでのS波速度を141m/sと推定している。密度を適切に仮定して求めたSH波の増幅特性を図3に示が、一次固有振動数は約3Hzであることが判る。

3. 臨時地震観測

町内の震度の違いを確認するために、海岸に近い大蛇三地区合同集会場(図2のHASK05)の玄関に強震計を2019年8月2日から同年の9月27日まで設置させてもらった。

HASK05の微地形区分はローム台地とされているが、標高は約20mであり、道仏観測点の標高は約128mであるので、かなり低い位置である。

用いた強震計は、8月23日までが東京測振製のCV-375、その後は同社製のCV-374である。この間に階上町道仏で有感となった地震数は16であった。一部の地震については、HASK05ではトリガーレベルに達しなかったが、CV-374、375は連続観測データも保存しているので、16地震全てで地震動を対比させることができた。それらの震央位置を図4に示す。マグニチュードは3.4から6.4の範囲である。

HASK05の記録からフリーの地震記録ビューアーであるSeisView⁷⁾により計測震度を求めた。その結果を地震・火山月報(防災編)⁸⁾から調べた道仏観測点の計測震度と比較して図5に示す。図から道仏観測点の震度はHASK05よりも安定的に大きい。両者の関係を最小自乗法で求めると、 $y=0.9x-0.5$ となった。ここで、 x と y はそれぞれHASK05と道仏観測点の計測震度である。また、差の平均は約0.6であった。

震度差の原因を求めるために、P波から観測されている11地震の記録から水平動記の二次元フーリエスペクトル⁹⁾を求めた。全ての記録の結果を図6に重ねて

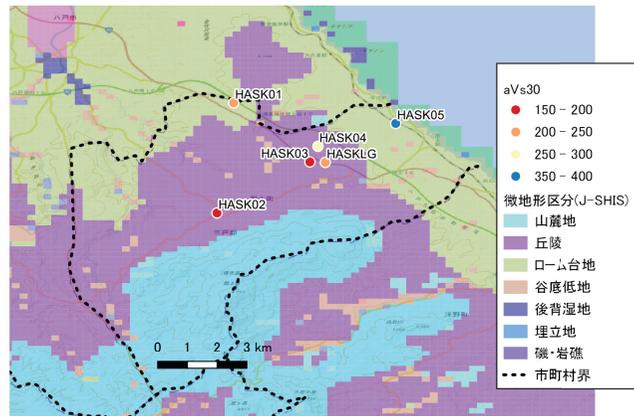


図2 震度観測点 (HASKLG) と微動観測点. 背景はJ-SHISの微地形区分

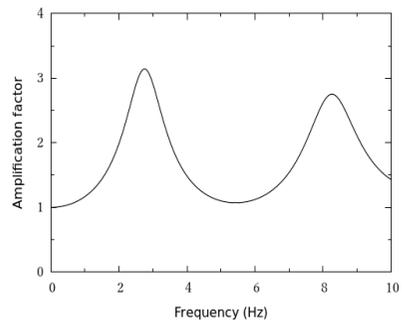


図3 道仏観測点における推定した地下構造から算出したSH波の増幅特性

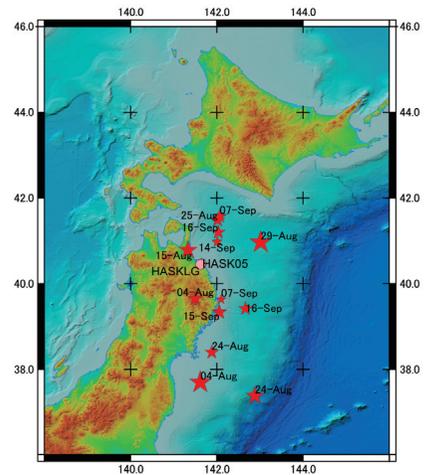


図4 臨時観測の観測点と観測できた地震の震央位置

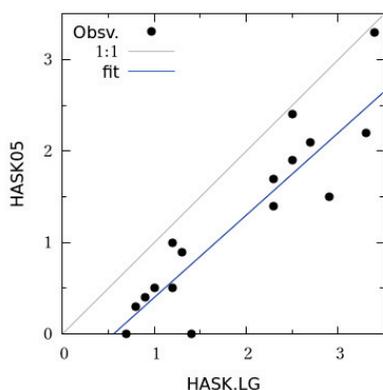


図5 臨時観測で観測できた地震の震度比較

示す。上段に示す HASK05 ではいずれの地震でも 5Hz 付近が卓越するが、下段に示す道仏観測点では広い範囲が卓越している。

図中赤線は 8 月 15 日に青森県三八上北地域で起きた地震 ($M: 5.5$) のもので、今回の中で最大の震度で道仏観測点では 3.4、HASK05 では 3.3 であり、両者の違いは大きくない。一方、青線は 9 月 16 日に青森県東方沖で起きた地震 ($M: 4.5$) のもので、道仏観測点では 2.9、HASK05 では 1.5 であり、両者の違いが最も大きい。2 地点の記録を比較すると、HASK05 に比べて道仏観測点は 3Hz 以下の振幅が大きい。3Hz 以下の振幅が大きいことは、図 3 で示した地盤の増幅効果の影響と考えられる。震度は 1Hz 付近の重みが大い¹⁰⁾ことから、この振動数特性の違いが震度差に対応しているであろう。8 月 15 日では震度差がもっとも小さいが、HASK05 で 5Hz 付近の振幅が非常に大きいことが理由であろう。

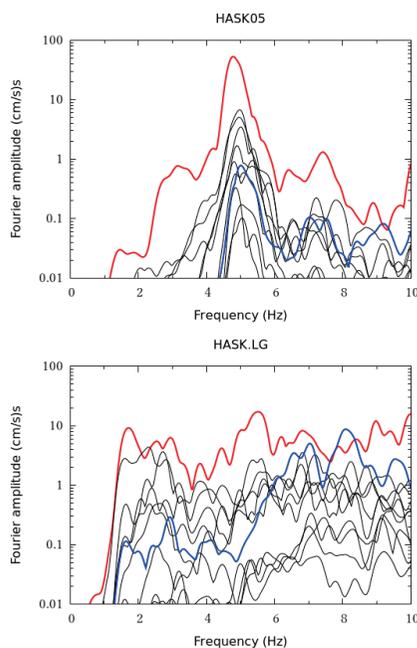


図6 観測された地震動の水平 2 成分フーリエスペクトル。赤は 8 月 15 日の地震 (青森県三八上北地方)、青は 9 月 16 日の地震 (青森県東方沖)。

4. 微動測定

上述の臨時地震観測点 (HASK05) を含んで、町内 5 箇所 で微動を計測した。A-NET 社製 CR4.5-2SV (上下成分のみ) 5 台を 1 辺の長さ約 10m の正三角形の頂点と重心位置および任意の一辺の中心に置き、サンプリング振動数は 200Hz とし、200 秒間のデータを 3 回以上計測した。それと並行して、東京測振社製 CV-374AV を用いて 3 成分の単点微動を 100Hz サンプリングで 20 分以上計測した。

アレー観測データから、SPAC 法にて位相速度を求めた。表層 30m の平均 S 波速度は工学的基盤から地表までの最大速度の増幅倍率を説明するのに適した数値であることが知られている¹¹⁾。一方で、波長 40m の位相速度 (c_{40}) は表層 30m の平均 S 波速度 (aVs_{30}) とほぼ同じ値であることが経験的に知られている¹²⁾。そこで、求めた位相速度から c_{40} を読み取り、各観測点での増幅

度を比較することとした。文献4)で用いた道仏観測点の分散曲線から同様に読み取った値も合わせて、図1に色分けして示すとともに、表1に値を記す。

道仏観測点ではc40は218m/sである。道仏観測点に近いHASK03とHASK04ではそれぞれ179m/s、263m/sと道仏観測点のそれとやや異なるが、HASK01、HASK02ではほぼ同程度の値であり、道仏観測点のc40が特別な値とは思えない。また、臨時地震観測を行ったHASK05は389m/sと表に挙げたなかでは最も速い。

さらに、単点微動の結果として、水平動のうちNS成分と上下動成分とのスペクトル比を図7に示す。なお、この示した6地点ではNS成分とEW成分に大きな違いは無かった。道仏観測点の結果を赤線で示しており、2Hz付近にピークがあることが判る。HASK02とHASK03のピーク振動数も道仏観測点と同じ2Hz付近にあり、振幅比の値も近い。よって、階上町には道仏観測点と同様の卓越振動数を有する地盤は存在することが判る。特に、HASK02は道仏観測点からやや距離は離れているがc40、卓越振動数ともに道仏観測点のそれと近く興味深い。

HASK05のスペクトル比は、それ以外の観測点の結果と異なり4Hzから6Hzの間で高い値となっている。この卓越振動数は、地震動の卓越振動数である5Hzと対応していると思われる。c40も他の地点と大きく異なっており、この地点の地下構造は道仏観測点の地下構造と大きく異なる事が示唆される。なお、4Hz付近で谷となっているが、これは上この振動数において下動のスペクトルが卓越しているためである。この卓越は何らかの人工的な振動源の影響と思われるが、現時点ではその検討は行っていない。

4. おわりに

階上町道仏震度観測点の震度が極局所的なものであるか、町内における臨時地震観測と微動観測を通して検討した。その結果、対象地点の震度は海岸沿いの地域に比べると大きいものの、同等と思われる地点があることが分かった。

謝辞

本報告のうち地震記録の比較は、弘前大学工学部地球環境防災学科の令和元年度卒業研究として斉藤利久也君が実施したものを筆者の責任で再整理したものである。地震計設置と微動観測およびそのデータ整理は、斉藤君を含め当時の4年生に手伝って貰った。道仏観測点の地震記録は青森県から提供を受けた。記して謝意を示す。

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

表1 微動観測点のc40

code	c40 (m/s)
HASK01	206
HASK02	195
HASK03	179
HASK04	263
HASK05	389
HASKLG	218

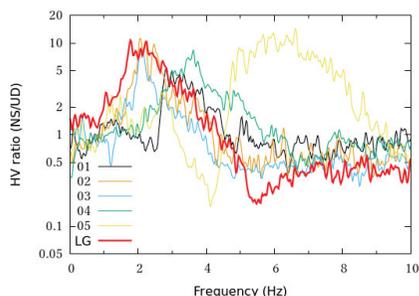


図7 微動の上下動と水平動との比

- 内の強震観測点のサイト増幅度，日本地震工学会論文集，第7巻，第2号（特集号），110-129，2007.
- 2) デーリー東北：ツイセキあなたの疑問 階上の震度はなぜ大きい，2021年5月11日.
 - 3) NHK 青森：階上町は揺れやすい？その理由は？，<https://www.nhk.or.jp/aomori-blog/2/2300/458253.html>，2022年1月14日閲覧
 - 4) 片岡俊一：2008年7月24日に発生した岩手県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年北東北国立3大学連携推進研究プロジェクト岩手・宮城内陸地震被害調査研究報告書，106-110，2009.
 - 5) 階上町防災会議：階上町地域防災計画 地震・津波災害対策編（平成30年12月改正）.
 - 6) 若松加寿江・松岡昌志：全国統一基準による地形・地盤分類 250mメッシュマップの構築とその利用，地震工学会誌 No.18, pp.35-38，2013.
 - 7) KASHIMA'S OFFICE ViewWave, <https://smo.kenken.go.jp/~kashima/ja/viewwave>，2022年1月14日閲覧
 - 8) 気象庁：各月の地震活動のまとめ 地震・火山月報（防災編）、
<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/gaikyo/>、2022年1月14日閲覧
 - 9) 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 https://doi.org/10.2208/jscej.1995.519_161
 - 10) 気象庁：震度を知る：基礎知識とその活用、ぎょうせい、238p、1996年.
 - 11) 翠川三郎・松岡昌志・作川孝一：1987年千葉県東方沖地震の最大加速度・最大速度にみられる地盤特性の評価，日本建築学会構造系論文報告集，No.442，pp.71-78，1992.
 - 12) 紺野克昭，片岡俊一：レイリー波の位相速度から地盤の平均S波速度を直接推定する方法の提案，土木学会論文集，647/I-51号, 415-423，2000年4月