

山形市中心部の地盤振動特性について*

山形大学 三辻 和弥

1. はじめに

山形市は東に蔵王連峰、西に出羽丘陵に挟まれた南北に細長い形状をした盆地に位置している。今までに大きな地震被害に見舞われた記録は見当たらないが、山形盆地西縁には活断層が存在することが知られている。東側は扇状地であり比較的堅固な硬質地盤で構成されているが、近年、市街地が拡大する西側に向かうに従って沖積層が堆積した軟弱地盤となっている(図1)。本報では山形市中心部で行った常時微動観測記録及び市内で観測された地震記録に基づいて山形市中心部の地盤振動特性を検討した例を報告する。

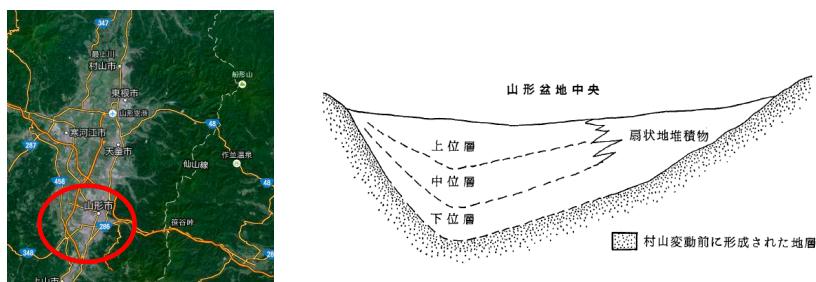


図 1. 山形盆地(@Google)と深部地盤構造 (山野井, 1986)

2. 常時微動観測記録による検討

市内中心部で常時微動観測を実施し、得られた結果から地盤の卓越振動数を推定した。各観測点の位置を図2に示す。ローマ字3文字で表わされているのが観測点名を表わしている。市内中心部の約5km四方の範囲に南北及び東西に通るように2本の測線を設定して定点観測を行った。市中心部東部は扇状地であり硬質地盤であることが知られている。観測点の配置は大きく3つのグループに分け、扇状地から沖積平野境界にまたがる範囲をArea A、市西部の沖積平野で軟弱地盤である範囲をArea B、市北部でやはり沖積平野の軟弱地盤であり、近年、都市化の著しい範囲をArea Cとした。観測については、サンプリング周波数100Hzで10分間の速度波形を観測し、40.96秒間の区間に分割して全観測時間を小区間の半幅でオーバーラップさせながらH/Vスペクトル比の平均特性を求めた。

図3には各観測点のH/Vスペクトル比をArea AからArea Cに分けて示す。これらH/Vスペクトル比の結果から推定した各観測点の地盤の卓越振動数を表1にまとめて示す。

観測点KNDは明瞭なピークが見られなかったために、表層に堅固な砂礫層が存在する硬質地盤であると考えられる。これは入手したボーリングデータの情報でも表層2m程度で硬質地盤が現れる結果となっており、常時微動観測の結果から推定した傾向と一致している。

*Discussions on ground motion characteristics of central area of Yamagata city by MITSUJI Kazuya



図 2. 常時微動観測点および地震観測点（星印） (@2014 Google, ZENRIN)

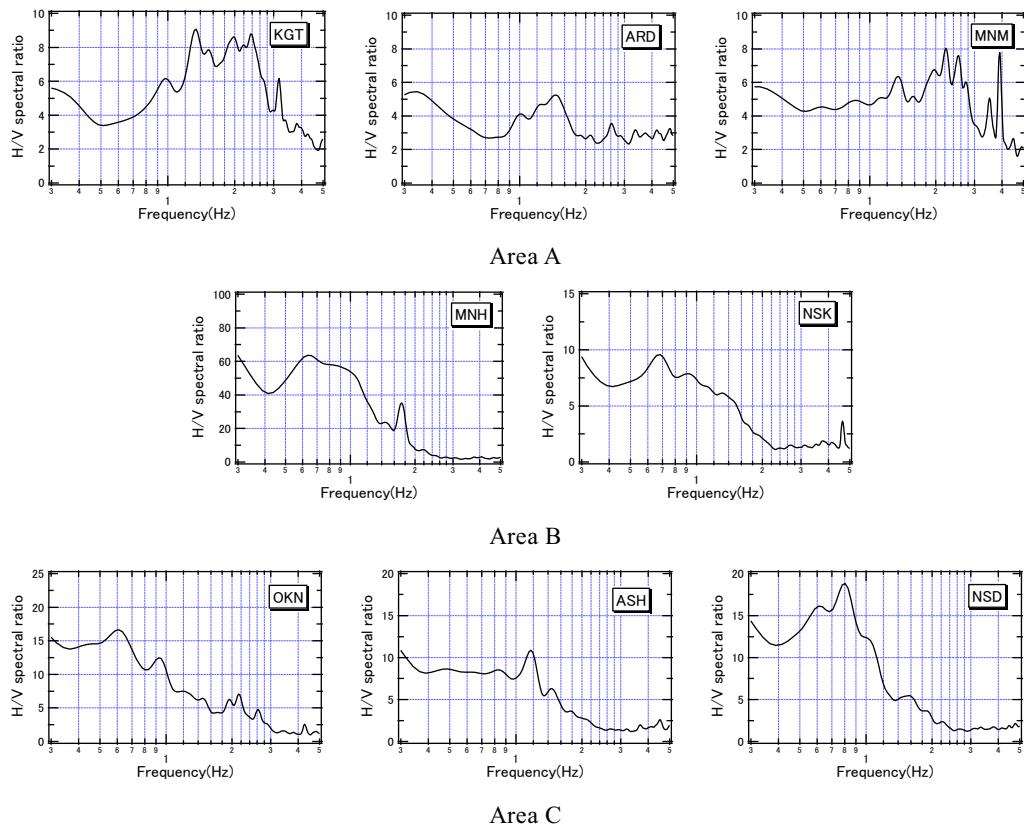


図 3. H/V スペクトル比

表 1. 常時微動観測結果より推定した各観測点の卓越振動数（単位：Hz）

Area A					Area B		Area C			
KGT	ARD	MNM	KND	TRO	NSK	MNH	ASH	OKN	NSD	MEM
1.34	1.46	2.22	—	1.34	0.68	0.64	1.15	0.61	0.81	0.90

常時微動観測の結果から卓越振動数を読み取ると、いずれの観測点でも低振動数側のピークが卓越する傾向はあるが、扇状地から沖積平野の境界付近にある Area A の結果は 1~2Hz を超えるあたりの振動数にピークが見られる。一方、軟弱地盤である Area B や Area C の観測点では 1Hz 以下の低振動数側にピークが見られる観測点が多く、特に市西部の Area B ではより軟弱地盤である傾向が見られる。

3. 地震観測記録による検討

市内中心部には K-NET 山形（以下、YMT010 と呼ぶ）と山形県震度計（以下、HTG と呼ぶ）による、公的な強震観測点が 2ヶ所存在する。図 2 に黄色の星印で示した点がこれら 2ヶ所の観測点位置である。これらの観測点は距離的に近く、前節の常時微動観測の結果や市内で求められているボーリングデータとの比較などから、いずれも比較的硬質な地盤上にあるものと考えられる。これら 2ヶ所の観測点で共通に得られた地震記録として、2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震本震の記録があり、観測記録の時刻歴波形を図 4 に示す。最大加速度はいずれも 50gal 程度であるが、YMT010 のほうがやや最大加速度が大きくなっている。

図 5 には得られた観測記録のフーリエスペクトルを、図 6 には 2 点の伝達関数から求めた HTG/YMT010 の振幅比を示す。フーリエスペクトルを見る限りは、いずれの観測記録にも水平成分で 1Hz 以下から 6Hz 程度までの比較的広い範囲にわたって振動数成分が含まれているよう見える。また振幅比の結果を見ても全体に YMT010 の振幅が HTG よりも大きい結果となっている。振幅比の結果から HTG と YMT010 の地盤特性を比較することは難しいが、この結果を見る限りでは HTG のほうが YMT010 よりもやや硬質地盤の傾向が読み取れる。これについては、YMT010 では表層 3m 程度に Vs=140m/s の層が存在することになっており（K-NET），その影響が現れていることも考えられる。このように市内中心部の公的な地震観測点は軟弱地盤上に存在しているわけではないため、市内西部及び北部の軟弱地盤であると考えられる沖積平野地帯に新たに独自の地震観測点を設置した。観測点の位置は図 2 の赤い星印に示す、SHT と TKM の 2ヶ所である。観測は SHT が 2014 年 4 月、TKM が 2014 年 5 月に開始した。2ヶ所の観測点で共通に観測できた地震は 2014 年 7 月 12 日の福島県沖を震源とする M=7.0、震源深さ 33km の地震である（K-NET による）。K-NET 山形（YMT010）の観測記録によると、YMT010 までの震央距離が 161km、最大加速度 12gal となっている。図 7 に SHT と TKM での観測記録の時刻歴波形を示す。図 8 はこれら得られた観測記録のフーリエスペクトル、図 9 には 2 点の伝達関数から求めた SHT/TKM の振幅比を示す。図 7 の時刻歴波形より、TKM の最大加速度は 10gal 程度で YMT010 の記録とも対応しているが、SHT の最大加速度が 10gal に達していないため、地震計の設置状況等を確認する必要があると考えている。

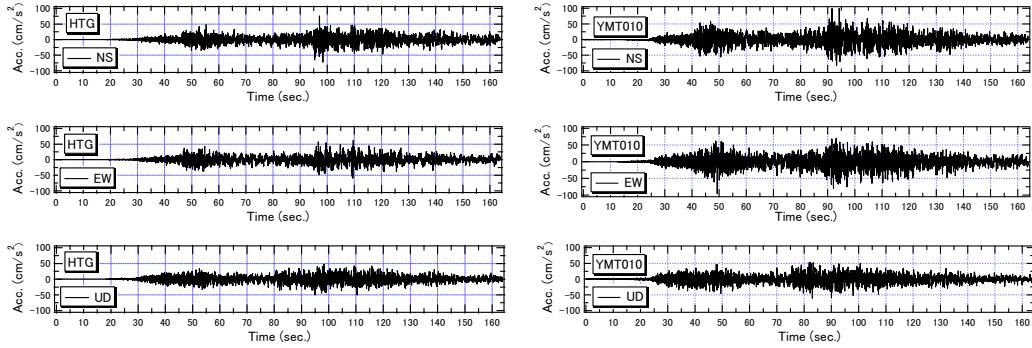


図 4. HTG と YMT010 の観測記録（2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震本震）

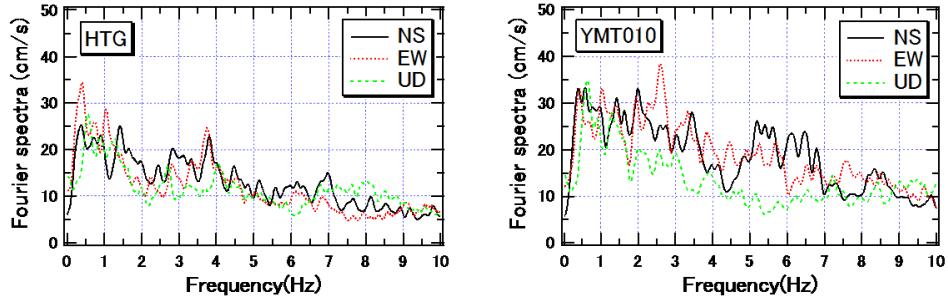


図 5. HTG と YMT010 のフーリエスペクトル（2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震本震）

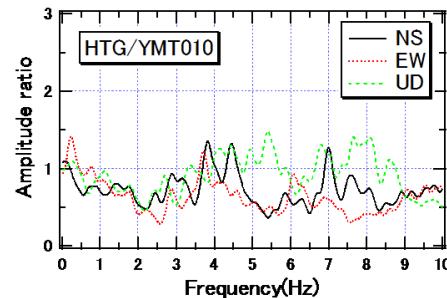


図 6. HTG と YMT010 との振幅比（2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震本震）

したがって、図 8 のフーリエスペクトル及び図 9 の振幅比について再検討の余地が残されているが、それでも定性的な傾向を検討すると、図 8 のフーリエスペクトルからは、2 つの観測点とも 1Hz 及び 2Hz 付近に明瞭なピークが現れていることが特徴的である。一方で、常時微動観測結果で見られた 1Hz 以下のピークは見られないため、この傾向の違いについては今後、検討しなくてはならない。図 9 の振幅比についても同様に、SHT の加速度の値が小さいことの影響が現れているため、地震計の設置状況等の確認を行う必要がある。

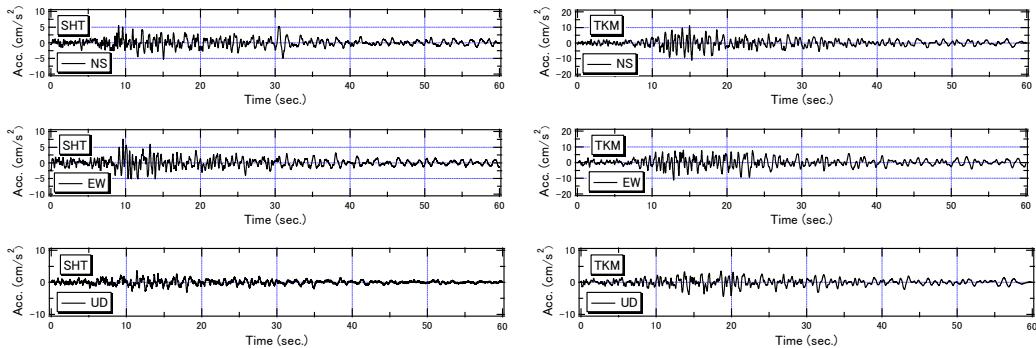


図 7. SHT と TKM の観測記録 (2014 年 7 月 12 日の地震)

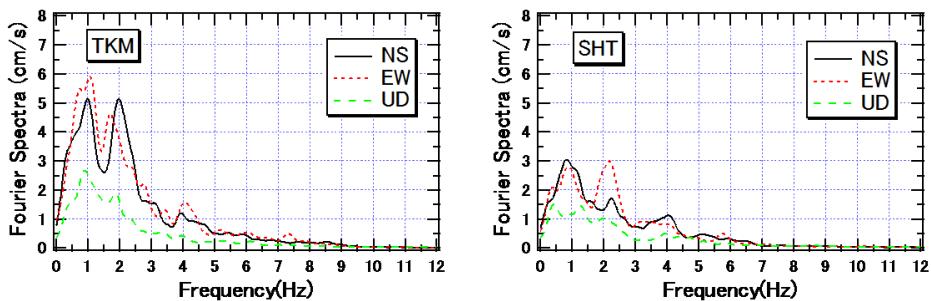


図 8. SHT と TKM のフーリエスペクトル (2014 年 7 月 12 日の地震)

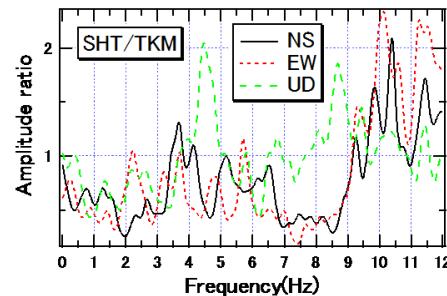


図 9. SHT と TKM の振幅比 (2014 年 7 月 12 日の地震)

謝辞：強震記録は K-NET 及び山形県震度計によって観測されたものを使用しました。市内 2ヶ所に新たに設置した観測点での地震観測を含め、関係各位に感謝いたします。また、常時微動観測を実施するにあたり、田所麻衣さん、古郡由子さん（いずれも当時、山形大学地域教育文化学部学生）の協力を得ました。

参考文献：山野井徹、山形盆地の形成とその自然環境の変遷、山形大学特定研究経費成果報告書、1986

