

鉄道における早期地震警報手法のトレーサビリティに関する検討

津野靖士（鉄道総研）、長井康馬（明星電気）、是永将宏、佐溝昌彦、佐藤新二（鉄道総研）

はじめに

鉄道分野の早期地震警報に対するトレーサビリティを検証することを目的として、公益財団法人鉄道総合技術研究所が保守・管理している首都圏地震観測網の笠間観測点(KSM)において、2016年12月～2017年2月の約2ヵ月間、複数台の地震計を設置し、その期間に収録されたデータの品質について検討した。

観測

首都圏地震観測網の笠間観測点(KSM)において、2016年12月14日～2017年2月7日の期間、複数台の地震計を設置した。笠間観測点(KSM)は砂岩が露頭したトンネル抗であり、トンネル抗内の第2室に収録装置を設置し、第3室にある地震計台座に計10種類のセンサーを設置した。なお、第2室と第3室の温度と湿度については、空調機を設置することにより、15°Cと60%程度を常時確保した。設置したセンサーは、株式会社東京測振社製の速度計VSE-355G3, VSE-15D6, VSE-311M, 加速度計AS-301, CV-375A, 株式会社ミットヨ社製の加速度計JEP-6A3-2, 日本航空電子工業株式会社製の加速度計ACC-2G, 明星電気株式会社製の加速度計, 日本信号株式会社製の加速度計, リオン株式会社製の加速度計である。加速度計JEP-6A3-2については、出力シグナルを2つに分岐し、白山工業株式会社製のLS-7000XTとLS-8800の2種類の収録器(ともに、24bit A-D converter)で観測を行った。地震計台座に設置したセンサーの同時キャリブレーションの観測風景を図1に示す。

データ品質

全ての機器に対する微動加速度のパワー・スペクトル密度($10\log_{10}[P(f)/\text{Hz}]$, 単位: $\text{m}^2/\text{s}^4/\text{Hz}$)と平均パワー(単位: cm^2/s^4)を図2に示す。パワー・スペクトル密度の算出には、655.356秒のデータにFFTとバンド幅0.01HzのParzen windowによるスムージングの処理を行った。

図2より、速度計であるVSE-355G3, VSE-15D6, VSE-311M (Fig. 2のa, b, c)のパワー・スペクトル密度は、NLNMとNHNMの中間レベルであり、笠間観測点(KSM)は世界中に設置されている広帯域地震計の観測点における平均的な微動パワーを有していることが分かる。VSE-355G3, VSE-15D6, VSE-311Mで取得された周波数0.12～0.75Hzのパワー・スペクトル密度は一致しており、周波数0.12Hz, 0.15～0.35Hz, 0.75Hzに対する微動のパワー・スペクトル密度は各々-130, -120, -130dB程度である。加速度計d～kのパワー・スペクトル密度は、A(d, f, g), B(e, h, i, j), C(k)の3つのレベルに区別でき、周波数0.2Hz付近においてA(d, f, g)のパワー・スペクトル密度は-120dB程度、B(e, h, i, j)のパワー・スペクトル密度は-110dB程度、C(k)のパワー・スペクトル密度は-90dB程度である。速度計で取得した微動のパワー・スペクトル密度は0.15～0.35Hzの周波数帯で-120dB程度であることから、加速度計A(d, f, g)が本観測地KSMでの微動を周波数0.2Hz付近の狭帯域で辛うじて計測している。

まとめ

鉄道における早期地震警報システムに使用している地震データの品質を検討した結果、パワー・スペクトル密度は-110dB程度のデータ品質を有していることがわかった。発表では、期間中収録されたデータを早期地震警報手法に適用し、鉄道の早期地震警報に対するトレーサビリティの検証結果を報告する。

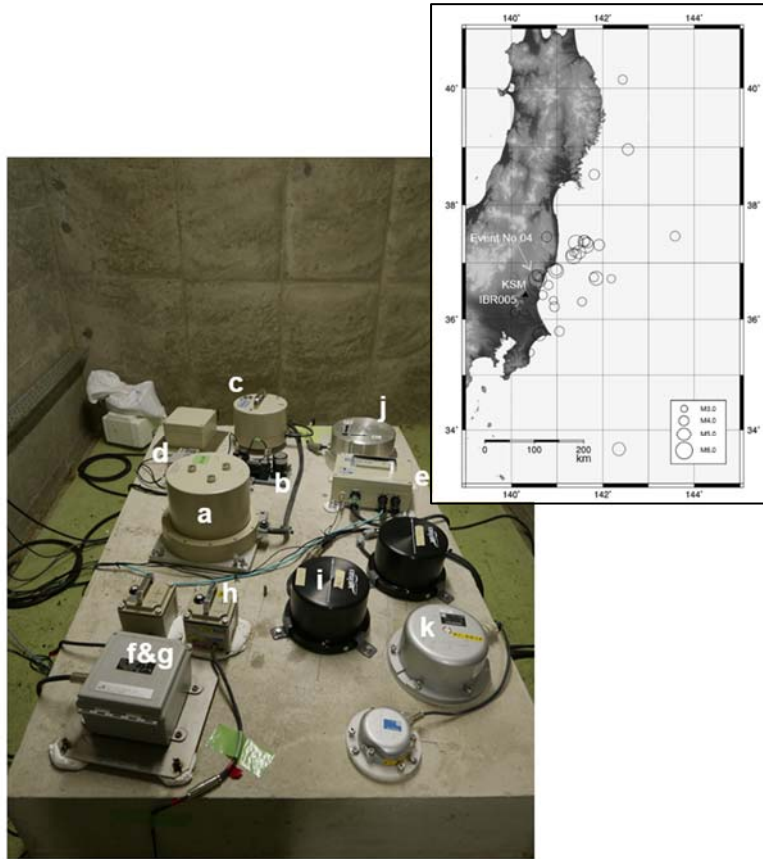


図1 笠間観測点でのハドルテスト

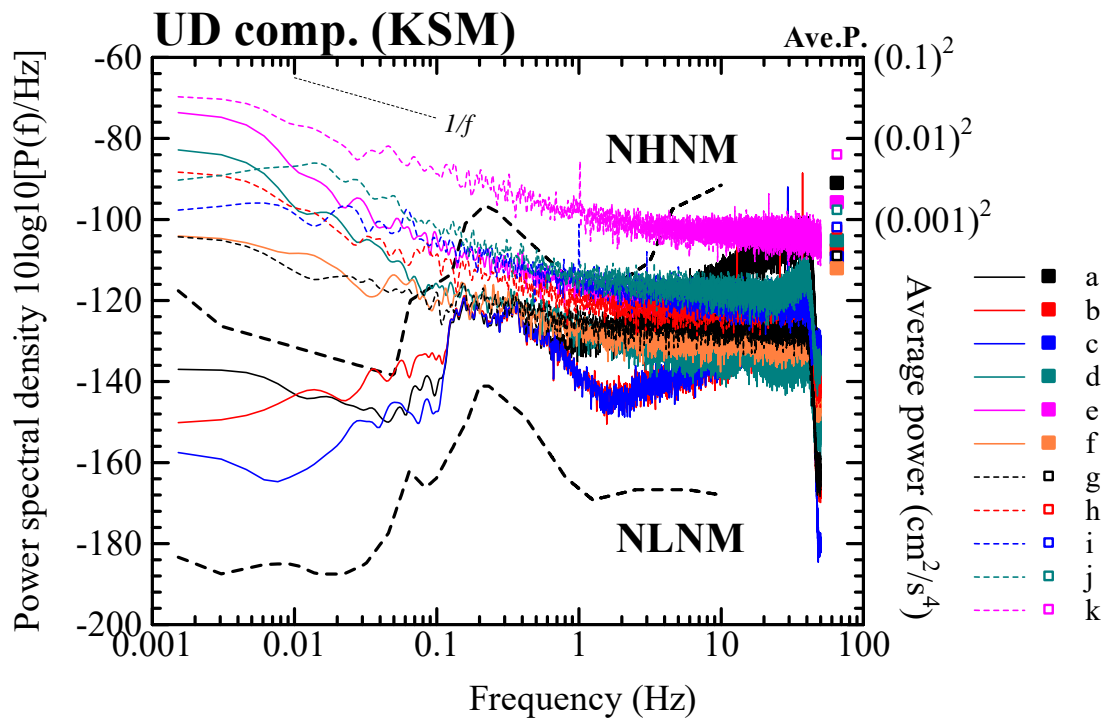


図2 各地震計で取得した微動上下動のパワー・スペクトル密度関数