

地震波形の時間周波数解析ツールの開発

—首都圏地震観測網 (MeSO-net) 構築におけるノイズ調査への適用—

宮川幸治^{*†}・酒井慎一^{**}

Development of a Spectrogram Analysis Tool for Seismic Waveform Data and its Application to MeSO-net for Noise Survey

Koji MIYAKAWA^{*†} and Shin'ichi SAKAI^{**}

Abstract

We developed a spectrogram analysis tool working on Matlab to check on a seismic waveform data easily. This tool can display waveforms, power spectrum densities (PSD), and PSD spectrograms of ground motion recorded in WIN format. It can be used to evaluate a temporal variation of ground motion, and compare waveforms and spectrums for data from different channels. In this paper, we outline this tool and show its application to MeSO-net (Metropolitan Seismic Observation network) data recorded at Yayoi station (YYIM).

From the analysis of whole day waveform, it is found that the noise level from 6 AM to 6 PM is more than ten times larger than that in the midnight because of a higher human activity, and the noise caused by train is recorded from 5 AM to 0 : 30 AM, which are trains' operation hours.

We then compare ground noise levels between YYIM, YYI0 and ASO. YYIM station is located in Tokyo University and its sensor is installed about 20 m beneath the ground. The sensor at YYI0 is installed at the surface just beside the YYIM borehole. ASO is a permanent seismic station operated by Tokyo University, and one of the quietest sites in Kanto plain. From the analysis using this tool, YYIM (20 m deep) is 10 to 20 dB quiet than YYI0 in the range more than 5 Hz, and ASO is more than 20 dB quiet than YYIM in the range lower than 20 Hz.

Key words : Spectrogram, Ground noise, Matlab, WIN format, MeSO-net

はじめに

地震活動や地下構造の解析などにおいて、その基礎となるのは地震観測で得られるデータである。そのデータには地震波などの目的とする信号の他にノイズも含まれる。ノイズには様々なものがあり、地動に起因するものとしては、波浪、大気圧変動、降雨、雷、他の地震といった自然現象によるものや、人の通行、車や電車などの運行、エアコンやモーターといった機械の稼働、採掘所での発破といった人工的なものが挙げられる。また観測システムに起

因するものとしては、地震計や記録装置の回路から発生するノイズ（自己ノイズ）や、気温変動による特性変化、ハムや雷サージなどの電磁輻射ノイズによるものなどが挙げられる。

このような様々なノイズが実際に観測されるデータにどの程度含まれているかを評価し、ノイズに対する理解を深めると共にその軽減に資することを目的として、簡易的な時間周波数解析ツールを開発した。このツールは地震観測データから、予め設定された軸スケールなどのパラメーターに基づいて、時系列波形・パワースペクトル密度 (Power Spectrum Density ; PSD) ・スペクトログラムなどのグラフを簡単に出力するものである。日々蓄積されていくデータに対して同じ処理を施してグラフ化することでその時間変化を調べたり、同時帯の複数観測点のデータのノイズレベルを比較したりすることが可能である。またノイズの中から観測システムに起因するものを見つけ出すことに

2008 年 9 月 8 日受付, 2008 年 11 月 11 日受理.

[†] miyakawa@eri.u-tokyo.ac.jp

^{*} 東京大学地震研究所技術部総合観測室,

^{**} 地震地殻変動観測センター.

^{*} Technical Supporting Section for Observational Research, Earthquake Research Institute,

^{**} Earthquake Observation Center, Earthquake Research Institute, the University of Tokyo.

よって、観測機器の不具合の解決にも寄与することができる。その他にも、観測点構築前のノイズ調査に適用することによって、地点選定の判断材料として利用することが可能である。またノイズ調査目的だけでなく、地震イベントなどの信号の周波数解析にも適用できる。

本報告では、このツールの概要を述べると共に、2007年度から整備が進められている首都圏地震観測網 (MeSO-net; Metropolitan Seismic Observation network) (文科省・地震研, 2008, 笠原ほか, 2007, 笠原ほか, 2008) におけるノイズ調査への適用例を示す。

解析ツールの概要

本解析ツールは WIN フォーマット (卜部・東田, 1992, 卜部, 1994) の地震波形 (WIN ファイル) を入力として、数値解析ソフトウェア Matlab で解析するプログラムである。Matlab は数値計算を簡潔に記述・実行できるプログラミング言語であり、グラフ表示機能に優れている。またコマンドインタプリタ形式であるためにデバッグが容易という特徴を持っている。動作環境においてはマルチプラットフォーム (Windows, Linux, Solaris, Mac) に対応しており、同じプログラムファイル (M ファイル) をそのまま利用することができる。なお必要な動作環境や動作確認した環境については表 1 にまとめた。

本解析ツールの機能及び主な特徴は以下の通りである。

- 1) main.m コマンドを実行するだけで時系列波形・スペクトル・スペクトログラムなどのグラフが Figure と呼ばれる描画ウインドウ上に表示される。
- 2) 複数チャンネルデータの読み込みが可能で、異なるサンプリング周波数のチャンネルデータにも対応している。但し各チャンネルデータは同じ時間帯のものでなければならない。
- 3) 地震波形に対して、ハイパス・ローパス・バンドパスフィルターや微分・積分を適用することができる。
- 4) チャンネルテーブルファイルに記載されているセンサーの固有周波数とダンピング定数の情報を使って、

センサー特性の補正を行うことができる。

- 5) スペクトルを表示する際に、世界の代表的な地震観測点の地動ノイズレベルのおおよその上限・下限を示した USGS New High Noise Model (NHNM) と New Low Noise Model (NLNM) (Peterson, 1993) を重ねて表示させることができる。
- 6) 入力された WIN フォーマットのデータを Matlab 形式ファイル (MAT ファイル) で保存することができる。また保存時のデータ量を抑えるために、原データに対してデシメーションをかけることができる。
- 7) 切り出すチャンネルや時間範囲、表示するグラフの単位や軸範囲の設定は main.m 上で予め指定することができる。
- 8) 入力ファイルは 1 つのみであるので、複数に分かれているが時間的に連続した WIN ファイルを解析したい場合には、事前に cp や cat コマンドなどでそれらを 1 つの WIN ファイルにしておく必要がある。また解析したいチャンネルの WIN ファイルが別々になっている場合は、WIN パッケージに含まれている wadd コマンドで統合させる必要がある。

本解析ツールのプログラム処理の流れを図 1 に、各プログラム M ファイルの役割を表 2 に示す。ユーザーはプログラムを実行する前にまず、main.m ファイルをテキストエディタで開いて、解析する WIN ファイルへのパスと WIN チャンネルテーブルへのパスをそれぞれ WINfn 変数と ChTBLfn 変数の値として指定する (表 3)。その後 Matlab コマンドウインドウ上で main と入力して実行すると、WIN ファイルとチャンネルテーブルファイルが読み込まれて各種グラフが表示される。

単チャンネルのみを含む WIN ファイルが読み込まれた場合、Figure が 2 つ開き、図 2・図 3 に示されるようなグラフが表示される。図 2 は、上から順に a) 時系列波形、b) PSD の大きさに色付けしたスペクトログラム、c) 全時間データを用いた PSD となっている。2 段目のスペクトログラムは、細かく区切った時間窓ごとに PSD を計算して

表 1. 解析ツールを実行する上で必要な動作環境、及び動作確認済み環境

必要な動作環境	
Matlab 製品	Matlab 本体と Signal Processing Toolbox
対応 OS	Windows, Linux, Solaris, Mac OS X
解析ツール	以下からダウンロード可能 http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/miyakawa/NoiseTool.tgz
動作確認済み環境	
Matlab	バージョン 2006b と 2007b
OS	Suse Linux Enterprise Server 10 (Linux カーネル 2.6)

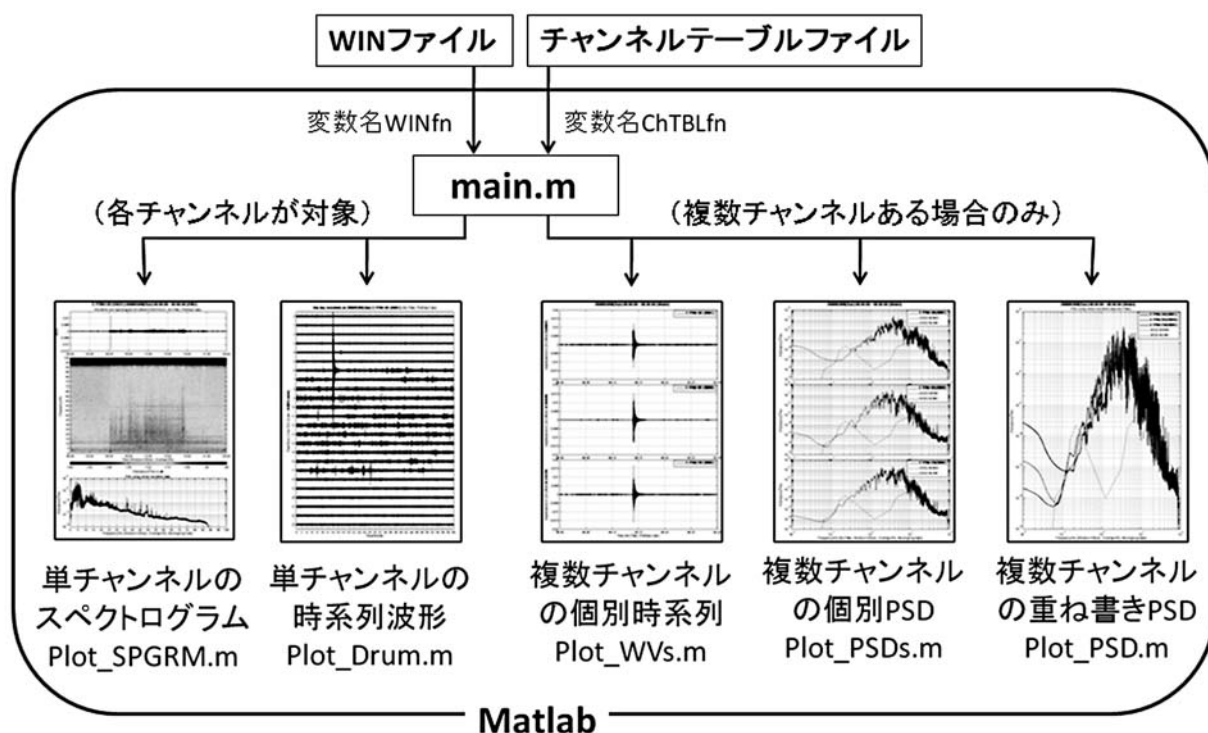


図 1. Matlab 上における解析ツールの処理の流れ。まず main.m ファイル内の変数名 WINfn と ChTBLfn の部分に WIN ファイルとチャンネルテーブルファイルへのパスを記入する。その後 main.m を実行すると、単チャンネルのスペクトログラムと時系列波形の Figure がそれぞれ表示される。複数チャンネルのデータが読み込まれた場合には更に、個別時系列、個別 PSD、重ね書き PSD の Figure がそれぞれ表示される。

表 2. 解析ツールのプログラム M ファイル一覧

main.m	メインプログラム。以下の全関数と呼ぶ
ReadWIN.m	WIN ファイルとチャンネルテーブルを読み込む
Filter.m	バンドパスフィルターとデシメーションをかける
PSD_SPGRM.m	微積分やセンサー特性の適用や、PSD・スペクトログラムを計算する
Plot_SPGRM.m	スペクトログラムを <i>Figure</i> に描画する
Plot_Drum.m	ドラム記録のような時系列波形を <i>Figure</i> に描画する
Plot_WVs.m	複数チャンネルの時系列データを、 <i>Figure</i> 内の別々の枠に描画する
Plot_PSDs.m	複数チャンネルの PSD を、 <i>Figure</i> 内の別々の枠に描画する
Plot_PSD.m	複数チャンネルの PSD を、 <i>Figure</i> 内の別々の枠に重ねて描画する

表 3. main.m で設定できるパラメーター

最初に必ず設定する必要がある必須パラメーター	
WINfn	WIN ファイルへのパス
ChTBLfn	チャンネルテーブルファイルへのパス
WIN ファイルの取込みに関わる予備パラメーター	
LoadMat	MAT ファイルが存在する場合に WIN ファイルの代わりに Load する/しない
MatSave	MAT ファイルに保存する/しない
ChIDcell	取り込むチャンネル ID (複数設定可). 空の場合は全チャンネルを取り込む
StEdTime	取り込む時間帯. 空の場合は全時間帯
BPFfc	バンドパスフィルターのコーナー周波数
DECI	デシメーションして MAT ファイルに保存する場合のデシメーション周波数
WndwSec	PSD 計算時の各時間窓の長さ (秒)
OvlpPct	PSD 計算時の隣の時間窓との重なり (%)
ApplyResp	チャンネルテーブル情報を使ってセンサー特性の補正をする/しない
DiffIntgrl	波形を微分・積分する/しない
Figure の描画に関わる予備パラメーター (一部)	
ChID	描画させるチャンネル ID (複数設定可)
Xunit	時系列波形描画時の時間軸の単位 (秒・分・時・日時)
XLIM,YLIM	X 軸,Y 軸の軸範囲 (下限・上限) の設定
CLIM	スペクトルグラムのカラースケールの範囲 (下限・上限) の設定
UsgsNM	PSD 描画時に USGS NHHM・NLNM を描画する/しない
PlotSkip	時系列波形を間引いて描画する時の間隔
MvAvg	PSD 描画時にスペクトルカーブを滑らかにするために行う移動平均のデータ数

その大きさの時間変化を色付けしている。3段目の PSD は、細かく区切った時間窓ごとの PSD を全時間にわたって平均化したものである。図 3 は、データを 1 日単位でドラム記録のように表示させた時系列波形である。複数チャンネルを含む WIN ファイルが読み込まれた場合には更に、各チャンネルの時系列波形や PSD を個別にプロットした Figure や、全チャンネルの PSD を 1 つの枠に重ねてプロットした Figure が表示される。

Matlab 上に取り込まれた WIN ファイルとチャンネルテーブルファイルの情報は、File, ChTbl, DATA, PSD, SPGRM という変数に格納される。表 4 に各変数の構造を

示す。これらの構造を理解しておけば、個別にプログラムをカスタマイズして好みの描画をすることも可能である。MAT ファイルにデータを保存する場合、これら 5 つの変数のみが「WIN ファイル名+“.mat”」という名称で保存される。MAT ファイルは圧縮形式のファイルではあるが、実数データを倍精度 (64 bit) で保存するため、データを 4~32 bit で保存する WIN ファイルに比べてファイルサイズは大きくなる。その増加率は常時記録される振動レベルの大きさや AD 変換器の分解能に依存するが、24 bit の AD 変換器で自然地震観測を行ったデータの場合、約 4~6 倍のファイルサイズとなる。

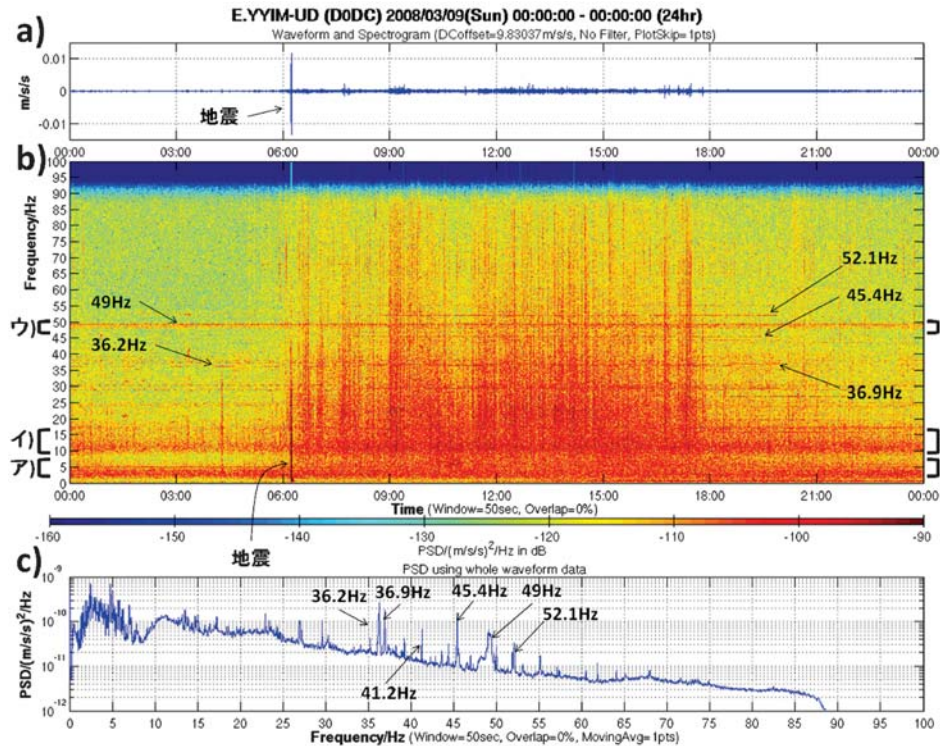


図 2. 弥生観測点 (YYIM) で 2008 年 3 月 9 日 (日) に観測された 24 時間データのスペクトログラム, a) 時系列波形, b) PSD の大きさで色付けしたスペクトログラム, c) 全時間データを用いた PSD. 常時振動が存在している周波数帯としてア) 2~5 Hz, イ) 10~15 Hz, ウ) 48~50 Hz が認められる. PSD (図 c) からは狭帯域の大きな線スペクトルとして, 36.2 Hz, 36.9 Hz, 45.4 Hz, 49 Hz, 52.1 Hz が認められる. 6 時 13 分には M_{jma} 4.3 の茨城県南部の地震が記録されている.

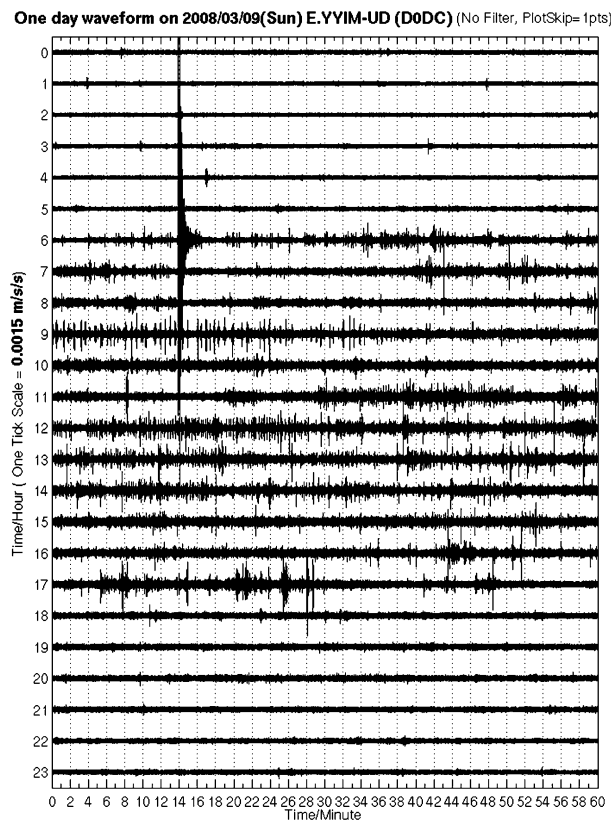


図 3. 弥生観測点 (YYIM) で 2008 年 3 月 9 日 (日) に観測された 24 時間データをドラム記録のように表示させた時系列波形. 横軸は各時の 0 分~60 分を示し, 縦軸は上から下に向かって 0 時~23 時の順で並んでいるので, 左上から右下に向かって時間が進んでいる. 6 時 13 分には M_{jma} 4.3 の茨城県南部の地震が記録されている.

表 4. MAT ファイルに保存される変数

File	WIN ファイル情報を持つ構造体（以下 3 つは代表的なフィールドであり他にもある）
File.name	WIN ファイルへのパス
File.StVec	取り込んだデータの開始時刻（[年 月 日 時 分 秒]）
File.SmpFrq(M)	サンプリング周波数
ChTbl	チャンネルテーブル情報を持つ構造体（以下 3 つは代表的なフィールドであり他にもある）
ChTbl.ChID(N)	各チャンネル ID
ChTbl.StnNm (N)	各チャンネルの観測点コード
ChTbl.Comp(N)	各チャンネルの成分
DATA{M}(X,L)	時系列データを持つセル配列。異なるサンプリング周波数毎にグループ化されたセル配列 DATA{M}の中に X 行 L 列の時系列データが入っている。
PSD{M}(Y,L)	PSD データを持つセル配列。異なるサンプリング周波数毎にグループ化されたセル配列 PSD{M}の中に Y 行 L 列の PSD データが入っている。
SPGRM{M}	スペクトログラムデータを持つ構造体配列。異なるサンプリング周波数毎にグループ化されている
SPGRM{M}.T(Z,1)	時間軸ベクトル T
SPGRM{M}.F(Y,1)	周波数軸ベクトル F
SPGRM{M}.PSD(Y,Z)	Y 行 Z 列の PSD データ
各要素記号の意味	N：全チャンネル数 M：異なるサンプリング周波数の数 L：各サンプリング周波数グループに属するチャンネルの数 X：時系列データのサンプリング点数 Y：PSD の周波数軸の点数 Z：スペクトログラムの時間窓点数

MeSO-net 弥生観測点で観測された振動波形

MeSO-net は、文部科学省の委託研究「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」の一環として東京大学地震研究所が中心となって構築を進めている、約 400 点からなる地震観測網である（図 4）。首都圏での稠密な地震観測により、首都圏直下の震源分布や地震波速度構造・Q 構造を高精度に決定することで、首都圏直下に存在するプレート構造を解明することが主な目的である。首都圏に高密度の観測網を構築するために、観測点は主に公立学校などの敷地内に設置されている。また人工ノイズの影響を極力避けるために、地震計とデジタイザが地下約 20 m のボアホール内に設置されている（図 5）。地下でデジタル化されたデータは、シリアルバス規格の 1 つである CAN バスによって地上筐体内に格納されているコントロールユニットに送られ、更にインターネット回線などを經由して地震研究所に常時伝送されている。観測装置の主な仕様は表 5 にまとめた。

図 6 は、2008 年 1 月に東京大学地震研究所 1 号館の北東脇に設置された弥生観測点（YYIM）の写真である。この

YYIM で観測されたデータに対して今回開発した解析ツールを適用し、その結果出力された *Figure* を用いて以下にその振動の特徴について述べる。

図 2 と図 3 は、2008 年 3 月 9 日（日）に YYIM で記録された上下動成分の 24 時間データを示しており、以下の現象が確かめられる。

- 1) 2008 年 3 月 9 日（日）6 時 13 分に茨城県南西部の深さ 47 km で発生した自然地震（気象庁マグニチュード M_{jma} 4.4）が時系列波形（図 2 上段と図 3）ではっきりと確認できる。またスペクトログラム（図 2 中段）にも 0～45 Hz にかけてピークが認められる。全期間データを使った PSD（図 2 下段）においても、1～8 Hz の部分のパワーが高まっているのはこの地震がデータに含まれているためである。
- 2) 朝 6 時～夕方 18 時にかけて、時系列波形では全体的に振幅が増大すると共にスパイク状のものが多く見受けられる。スペクトログラム（図 2 中段）でもこの時間帯は全体的に赤くなっていることからパワーが強まっていることが分かり、また時系列波形で確認されるスパイクのある時刻には、全周波数帯域に渡って強

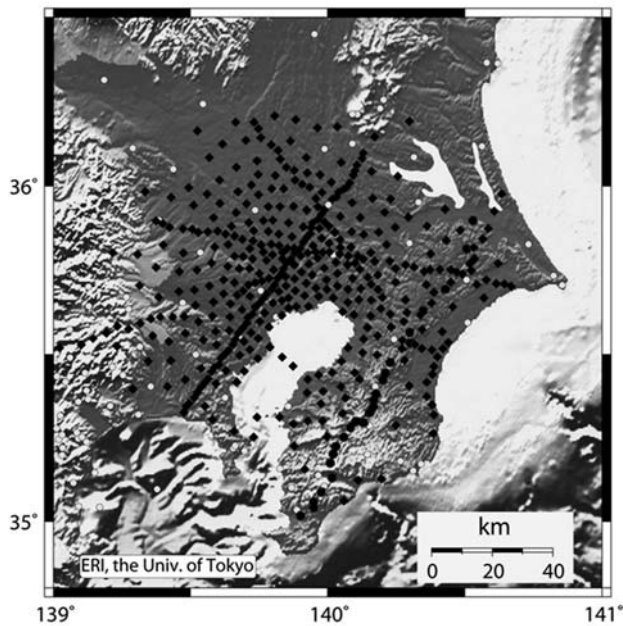


図 4. MeSO-net 観測点配置図 (黒点). 白丸は既存の定常観測点 (気象庁・防災科学技術研究所・温泉地学研究所・地震研究所) を示す.

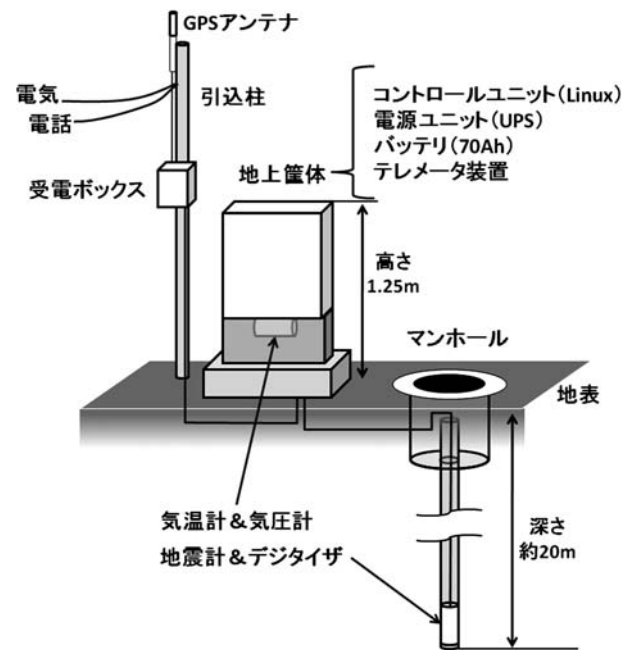


図 5. MeSO-net 観測点の構成図. 地震計とデジタイザは地下約 20 m のボーホール内に設置され, また地上筐体の中には気温計と気圧計も設置されている. これらの観測データは電話回線を通じて連続的に地震研究所に送信されている.

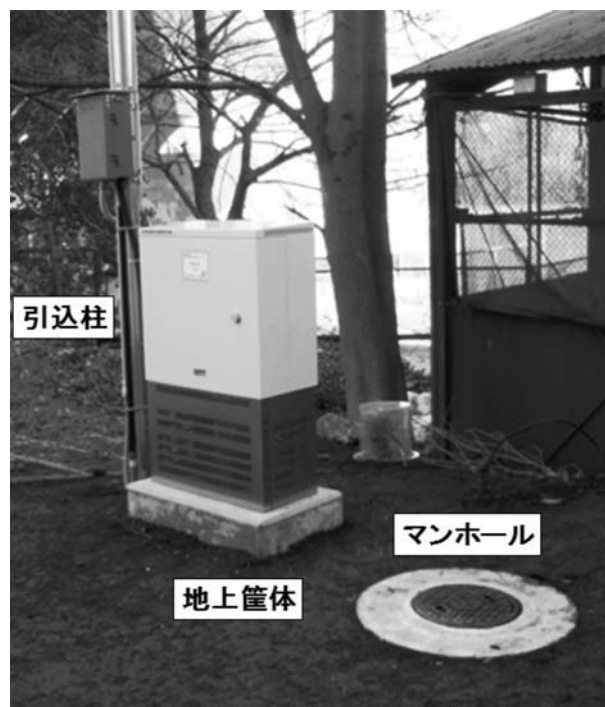


図 6. MeSO-net 弥生観測点 (YYIM). 東京大学地震研究所 1 号館の北東脇に設置されている.

表 5. MeSO-net 観測装置の主な仕様

地震計	日本航空電子製 JA-40GA-02
タイプ	サーボ型加速度計
最大計測範囲	$\pm 2\text{G}$
電圧感度	$0.510 \pm 5\% \text{ V}/(\text{m/s}^2)$
測定周波数	DC \sim 200Hz
収録装置	白山工業製 TS13850
測定データ	地動加速度, 気温, 気圧
サンプリング	上記それぞれ 200Hz, 1 分, 1 分
AD 分解能	32bit (実効 24bit)
ダイナミックレンジ	135dB
記録フォーマット	WIN
装置間通信方式	CAN シリアルバスシステム
データ伝送方式	自律協調型データ伝送システム
電力バックアップ	70Ah バッテリーにより約 2 日間

いパワーを持つピークが確認できる。スペクトログラムのこの時間帯の強まりは、深夜と比較して約 10～数 10 倍である。なおスペクトログラムの色の単位は振幅の 2 乗に比例するパワースペクトル密度であるので振幅比では数倍ということになり、時系列波形で見られる振幅の高まりと調和的である。

- 3) スペクトログラム (図 2 中段) のア) 2～5 Hz, イ) 10～15 Hz, ウ) 48～50 Hz には、ある程度の周波数幅を持った振動が常時存在していることが分かる。前者 2 つの帯域では気象条件に応じた変化を示すため、この地点の地盤構造に対応した常時微動の帯域だと考えられる。
- 4) 多くの線スペクトルの存在が PSD (図 2 下段) から確認できる。PSD のフロアレベルから約 5 倍以上突き出ているピークとしては 36.2 Hz, 36.9 Hz, 41.2 Hz, 45.4 Hz, 49 Hz, 52.1 Hz が挙げられ、49 Hz は約 2 Hz の幅を持つブロードなピークとなっている。これらの振動をスペクトログラム (図 2 中段) で見ると、必ずしも常時発生していないことが分かる。例えば 36.2 Hz は朝 8 時頃までは 1 時間周期程度で間欠的に ON-OFF を繰り返しているように見え、また 36.9 Hz, 45.4 Hz, 52.1 Hz のピークは 20 時頃に消えている。またこれらのピークの発生形態は日によっても異なることが分かっ

ており、週末より平日に多く見られる傾向がある。このような状況から、これらの振動源は主に、空調機や商用電源施設で稼働しているモーター・インバーターなどが原因だと考えられ、それらが ON-OFF することによりスペクトルピークが時間的に局在しているのだと考えられる。

- 5) 80 Hz 後半より高周波の帯域においてスペクトログラム (図 2 中段) と PSD (図 2 下段) のパワーが大きく落ちているのは、データ収録装置のアンチエイリアスフィルター (カットオフ周波数 80 Hz) の作用によるものである。
- 6) 電車起源と思われる振動も確認できる。図 7 に 2008 年 3 月 8 日 (土) 23 時～翌 9 日 (日) 1 時までの深夜 2 時間のスペクトログラムを示した。図 2 では 24 時間分表示されているために分かり難いが、図 7 からは図中に矢印で示したように、深夜 0 時半までの間に 30 Hz 辺りから 90 Hz を越える高周波にまで伸びるピークが不規則な間隔で何本も確認できる。これらのピークの継続時間は 30 秒～1 分程度で、深夜 0 時半頃～早朝 5 時頃以外の時間帯には数分間隔で存在する。そしてこれらのピークの存在しない時間帯が電車の終電時間から始発時間までの間と重なることから、電車起源の振動であると考えられる。

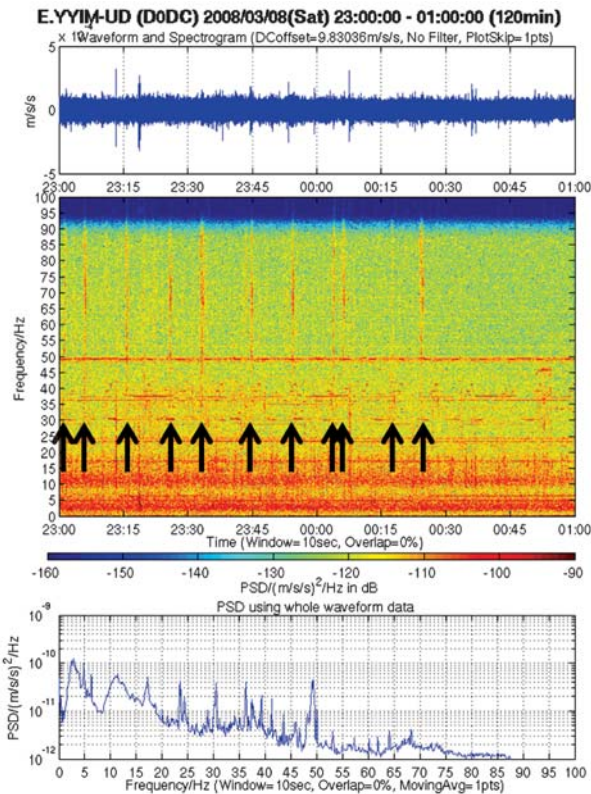


図 7. 弥生観測点 (YYIM) で記録された, 2008 年 3 月 8 日 (土) 23 時～翌 9 日 (日) 1 時までの深夜 2 時間のスペクトログラム. 矢印で示したように, 深夜 0 時半までの間に継続時間 30 秒～1 分程度で 90 Hz を越える高周波まで伸びるピークが何本も確認できる. これらは電車起源のノイズと考えられる.

MeSO-net 弥生観測点のノイズレベルの比較

次に YYIM と他の地点とのノイズレベルの違いについて示す. 図 8 は 2008 年 3 月 9 日 (日) の深夜 2 時 15 分～25 分の 10 分間のデータを使って計算した, YYIM の UD 成分, YYIM 観測井脇の地表に設置した加速度計の UD 成分 (YYI0), 及び足尾観測点 (ASO) の UD 成分の PSD を重ね書きしたものである. ASO は地震研究所地震地殻変動観測センターが栃木県足尾町に設置した定常観測点であり, 関東平野の中で最も静かな観測点の 1 つである. 使用した 10 分間は, これら 3 つの観測点において 1 日の中で最も静かな時間帯に該当し, また地震や大きな人工ノイズなどが入っていないことを確認している. 各観測点のハードウェア構成は表 6 に記した. なお ASO は固有周期 1 秒の速度計なので, センサー特性の補正をした後に微分をして加速度単位にした PSD を表示している.

ほぼ同じ地点だがセンサーの設置深度が異なる YYIM (深さ約 20 m) と YYI0 (地表) を比較すると, 周期数秒の脈動帯域と 2～5 Hz 周辺ではほぼ同じ振幅であるが, それより高い周波数帯では YYIM の方が 10～100 倍静かであることが分かる. YYIM では日中と夜間のノイズレベルの差が 10～数 10 倍であることから, YYIM (深さ約 20 m) でも日中はノイズレベルが高くなるが, それでも YYI0 (地表) の夜間の静かな時間帯のノイズレベルよりも低いと言える.

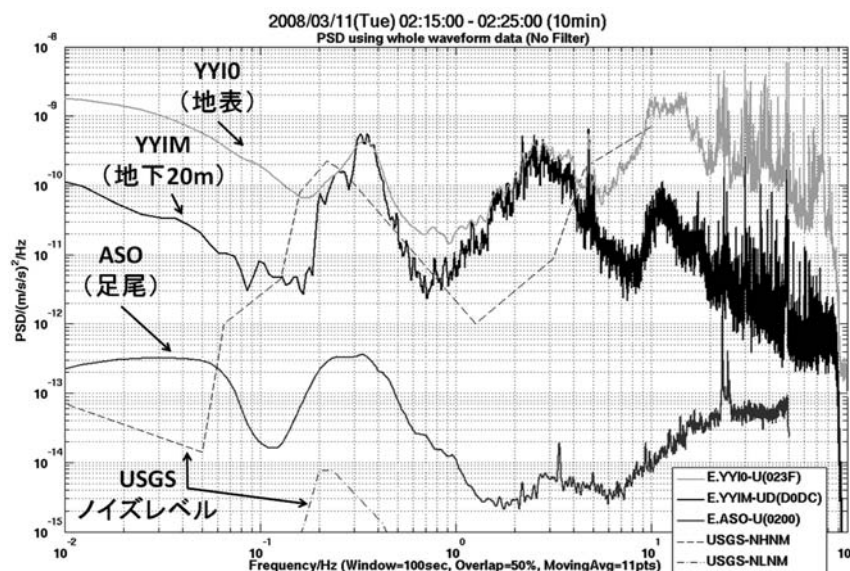


図 8. 弥生観測点 (YYIM: 深さ約 20 m) と YYI0 (YYIM の脇に地表設置) と ASO (栃木県足尾町) で 2008 年 3 月 11 日 (火) 2 時 15 分～25 分の 10 分間に記録されたノイズレベルの比較. YYIM は YYI0 に対して, 脈動帯域と 2～5 Hz 周辺ではほぼ同じ振幅であるが, それより高い周波数帯では 10～100 倍静かである. それに対し YYIM を ASO と比較すると, 20 Hz 以下では 100 倍以上, 2～4 Hz においては 10,000 倍もノイズレベルが高いことが分かる. なお USGS ノイズレベルとは, 世界の代表的な地震観測点の地動ノイズレベルのおおよその上限・下限を示したものである.

表 6. 図 8 に描画されている各記録のハードウェア構成

観測点コード	YYIM	YYI0	ASO
設置場所	地震研 1 号館脇	YYIM 観測井の脇	栃木県足尾町
設置深さ	地表下 19.6m	地表 (0m)	地表のコンクリート堰堤上
地震計	JA-40GA-02	JA-40GA-04	L-4C-3D
地震計の出力物理量	加速度	加速度	速度
収録機器	TS13850	LS-7000XT	GTA45
サンプリング周波数	200Hz	200Hz	100Hz

次に, YYIM (東京都文京区) を ASO (栃木県足尾町) と比較すると, 20 Hz 以下では 100 倍以上, 2~4 Hz においては 10,000 倍もノイズレベルが高いことが分かる. YYIM には周辺の人工ノイズ源が多いことが, ノイズレベルの違いに大きく影響していると考えられる.

ま と め

地震波形に含まれるノイズの性質や大きさについて理解を深めることを目的として, 地震波形を時間周波数領域のグラフとして容易に出力する解析ツールを Matlab 上で開発した. また MeSO-net のデータに本解析ツールを適用して, データに含まれるノイズの評価や, 他の観測点とのノイズレベルの比較に有効に利用できることを示した. その他にも, 本解析ツールを観測点構築前のノイズ調査に適用することによって, 地点選定の判断材料として利用することができる. 実際に MeSO-net の地点選定において, 1 成分地震計と 1 成分ロガーからなる地震観測装置 LS-8200 SD (蔵下ほか, 2006) と本解析ツールを用いてノイズ測定とその評価を行っている.

今後も引き続き, 他の観測点のデータやノイズ調査のデータに対して本解析ツールを適用して観測点毎の特性やその時間変化の調査に利用して行く予定である. そしてその結果をもって観測データの品質向上に繋げていきたい.

謝 辞: 本研究は, 文部科学省の研究委託事業「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト①首都圏でのプレート

構造調査, 震源断層モデル等の構築等」の一環として行われました. Matlab は地震予知情報センターの EIC 計算機システム上で運用されているものを利用し, 鶴岡 弘氏からは利用に際して様々なサポートをして頂きました. 本稿をまとめるにあたり, 査読者の森田裕一准教授・新谷昌人准教授からは有益なアドバイスを頂きました. 記して感謝いたします.

文 献

- 笠原敬司・酒井慎一・森田裕一・平田 直・ト部 卓・鷹野澄・鶴岡 弘・中川茂樹・小原一成・棚田俊收, 2007, 首都圏地震観測網 (MeSO-net) の構築, 地震学会講演予稿集, 122.
- 笠原敬司・平田 直・酒井慎一・佐々木俊二・中川茂樹・鶴岡弘・森田裕一・小原一成・棚田俊收, 2008, 首都圏地震観測網 (MeSO-net: Metropolitan Seismic Observation network) の構築, 地球惑星科学連合予稿集, S144-008.
- 蔵下英司・平田 直・森田裕一・結城 昇, 2006, 高機能小型オフラインデータロガーを用いた高密度地震観測システム, 地震, 2, 59, 107-116.
- Matlab, <http://www.cybernet.co.jp/matlab/>, 2008.
- 文部科学省・地震研究所, 2008, 首都直下地震防災・減災特別プロジェクト平成 19 年度成果報告書 (1) 首都圏でのプレート構造調査, 震源断層モデル等の構築等, 397 頁.
- Peterson, J., 1993, Observations and modeling of seismic background noise, *USGS Open File Report*, 93-322.
- ト部 卓・東田進也, 1992, win-微小地震観測網波形観測支援のためのワークステーション・プログラム (強化版), 地震学会講演予稿集, 2, 331.
- ト部 卓, 1994, 多チャンネル地震波形データのための共通フォーマットの提案, 地震学会講演予稿集, 2, 384.