

有限差分法に基づく中京地域で観測される地震動の震源位置依存性に関する研究

正会員 ○山田 沙代\*1  
同 福和 伸夫\*3

同 平井 敬\*2

長周期地震動 震源位置 伝播経路  
地盤震動特性 相反定理 有限差分法

## 1 はじめに

近年、巨大地震による長時間・長周期地震動が懸念され、地盤震動特性を適切に把握する重要性が増している。伝播経路上にある堆積盆地が地震動に何らかの影響を与える可能性が示唆されており<sup>1)</sup>、たとえば新潟付近で地震が起きた際に明瞭な卓越周期を持つ長時間・長周期地震動が中京地域に向かって伝播してくることが指摘されている<sup>2)</sup>。本研究では、新潟付近の地震による中京地域での地震動に関して、有限差分法を用いた解析により伝播経路特性の分析を行う。

## 2 新潟付近の地震の再現計算

まず、新潟付近で発生した 5 地震を有限差分法により再現計算し、波動伝播について考察を行った。表 1 に、地震の諸元及び震源パラメータを示す。図 1 (a) に、震源位置と計算に使用した地盤構造モデル (長周期地震動予測地図の作成に用いられたもの<sup>3)</sup>) を示す。

図 1 (b) ~ (f) に新潟付近で起きた 5 地震による地震動伝播のスナップショットを示す。放射特性を考慮すれば、いずれの地震に対しても中京地方は地震波が放射されにくい方向にあたるが、EQ1~4 では、長野県北部 (図 1 中の×印) を中心として地震波が同心円状に伝播しており、伝播経路特性が中京地域の長時間・長周期地震動に影響していることが分かる。また、図 1 中の楕円の中の波紋の間隔が地震によって異なることから、地震ごとに卓越している地震波の波長、すなわち地震動の周期が異なっていることが分かる。

一方、EQ5 では中京地域に向かう長周期の地震波が明瞭には認められない。EQ5 の震源は新潟堆積盆地の南西端に位置しており、中京方面への直達波は新潟堆積盆地をほとんど通らない。よって、EQ1~4 による長周期の地震波は、伝播経路上にある新潟堆積盆地で励起されたものと考えられる。

## 3 相反定理を用いた地震動の震源位置依存性の検討

次に、震源位置と長周期地震動の卓越周期の関係及びその成因を検討するため、数多くの震源を想定してグリーン関数の相反定理を用いた有限差分解析を行う。本検討では、新潟付近の各地点で地震が起きた際に、中京地域の堆積盆地へ入射する前の岩盤地点である KiK-net 開田 (NGNH18) で得られる地震動波形を計算した。図 2 に NGNH18 の位置と、計算領域の地震基盤深さを示す。計算領域を 1 km メッシュに分割し、NGNH18 地点で  $x, y$ ,

表 1 再現計算を行った地震の概要

	日時	深さ / km	$M_j$	地震モーメント / N m	走行 / deg	傾斜 / deg	滑り角 / deg	コーナー振動数 / Hz
EQ1	2004/10/23 17:56	5	6.8	$7.53 \times 10^{18}$	212	47	93	0.108
EQ2	2004/10/23 18:34	11	6.3	$2.93 \times 10^{18}$	221	59	94	0.148
EQ3	2007/7/16 10:13	8	6.6	$9.30 \times 10^{18}$	215	49	80	0.101
EQ4	2011/3/12 3:59	5	6.7	$2.13 \times 10^{18}$	29	56	70	0.164
EQ5	2014/11/22 22:08	5	6.8	$2.76 \times 10^{18}$	25	50	65	0.151

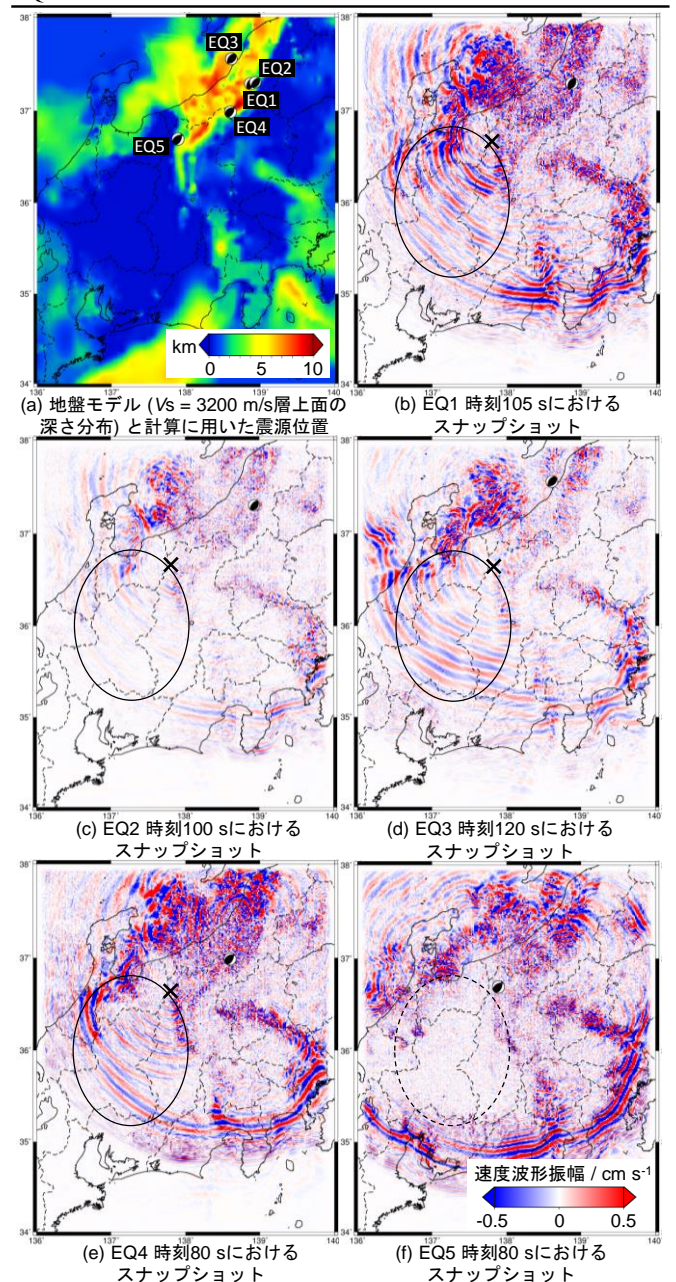


図 1 Vs = 3200 m/s 層上面の深さ分布 (長周期地震動予測地図<sup>3)</sup>) よりと新潟付近の地震における地震動の再現計算結果 (速度のラディアル成分)



z 各方向のインパルス加振を行い、各メッシュにおける歪テンソルを記録した。観測点に対する震源の放射特性を統一するために、震源と考えるメッシュを観測点から見た際の方角角を走行とし、傾斜  $45^\circ$ 、滑り角  $90^\circ$ 、震源深さ  $10\text{ km}$ 、地震モーメント  $9.3 \times 10^{18}\text{ N m}$  ( $M_w = 6.6$  相当)、応力降下量  $3\text{ MPa}$  の点震源として地震動の合成を行った。

図 3 に、任意の震源で地震が起きた際に NGNH18 で得られるラディアル方向の速度波形の継続時間を、図 4 に周期別の速度応答スペクトルを (固有周期幅  $1\text{ s}$  の区間の積分値) を示す。また、図 5 に震央距離  $200\text{ km}$ 、深さ  $10\text{ km}$  の、NGNH18 から見て方位角  $5^\circ \sim 95^\circ$  の 10 地震に対するラディアル方向の地震動速度波形を示す。図 3 の継続時間は、速度振幅の最大値の  $20\%$  を最初を超える時刻から最後に下回る時刻までの時間とした。図 4 は、震央距離  $200\text{ km}$  を基準として震央距離の平方根で距離補正している。

図 3 から、新潟堆積盆地 (図 3 中の破線で囲んだ領域) 及び周辺の富山県沖の堆積盆地の背面に継続時間が長くなる領域が存在することから、伝播経路上の大規模堆積盆地は地震動の継続時間を延ばす効果があると考えられる。図 4 の応答スペクトルの分布より、周期  $6.0 \sim 8.0\text{ s}$  で応答スペクトルの値が特に大きくなる領域 (図 4 中の破線で囲まれた領域) が新潟付近に存在する。EQ3 の震源はこの領域にある。図 5 を見ると、EQ3 近傍に震源のある A の波形は、他の地点と比較して大振幅の長時間・長周期の地震動となっている。合わせて、EQ1 と EQ2 近傍

(図 4 中の点線で囲まれた領域) に震源のある B の波形も、他の地点と比較して長時間・長周期の地震動となっている。これらの領域での地震の際には、地震基盤が局所的に深くなっている部分 (図 2 中の矢印で示した場所) を地震波が通過する。伝播経路上のこうした構造が地震波の特定の周期帯の振幅を大きくしている可能性がある。

#### 4 まとめ

新潟付近で地震が起きた際に中京地域で観測される長周期地震動について、有限差分法による検討を行った。再現計算から、新潟堆積盆地の下で地震が起きた際、中京地域に向かって長周期の地震波が伝播することを確認した。相反定理を用いた検討では、新潟堆積盆地は地震動の継続時間を延ばし、地震動の特定の周期帯の振幅を大きくすることを示した。

震源の位置によっては伝播経路特性に起因して特定の長周期構造物の被害が大きくなる可能性があり、伝播経路上にある堆積盆地が地震動に与える影響をその規模や形状によって評価する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 佐藤佳世子, 岩田知孝, 浅野公之, 久保久彦, 青井真: 2011 年東北地方太平洋沖地震による大阪堆積盆地での長周期地震動の特徴, 日本地球惑星科学連合大会, SSS23-12, 2014. 5.
- 2) 山田沙代, 平井敬, 福和伸夫: 地震動観測記録の表面波部の震源位置依存性, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.49-50, 2015. 9.
- 3) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会: 「長周期地震動予測地図」2012 年度試作版—南海地震(昭和型)の検討—, [http://www.jishin.go.jp/main/chousa/12\\_chosyuki/index.html](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/12_chosyuki/index.html) (2016. 3 閲覧), 2012. 1.

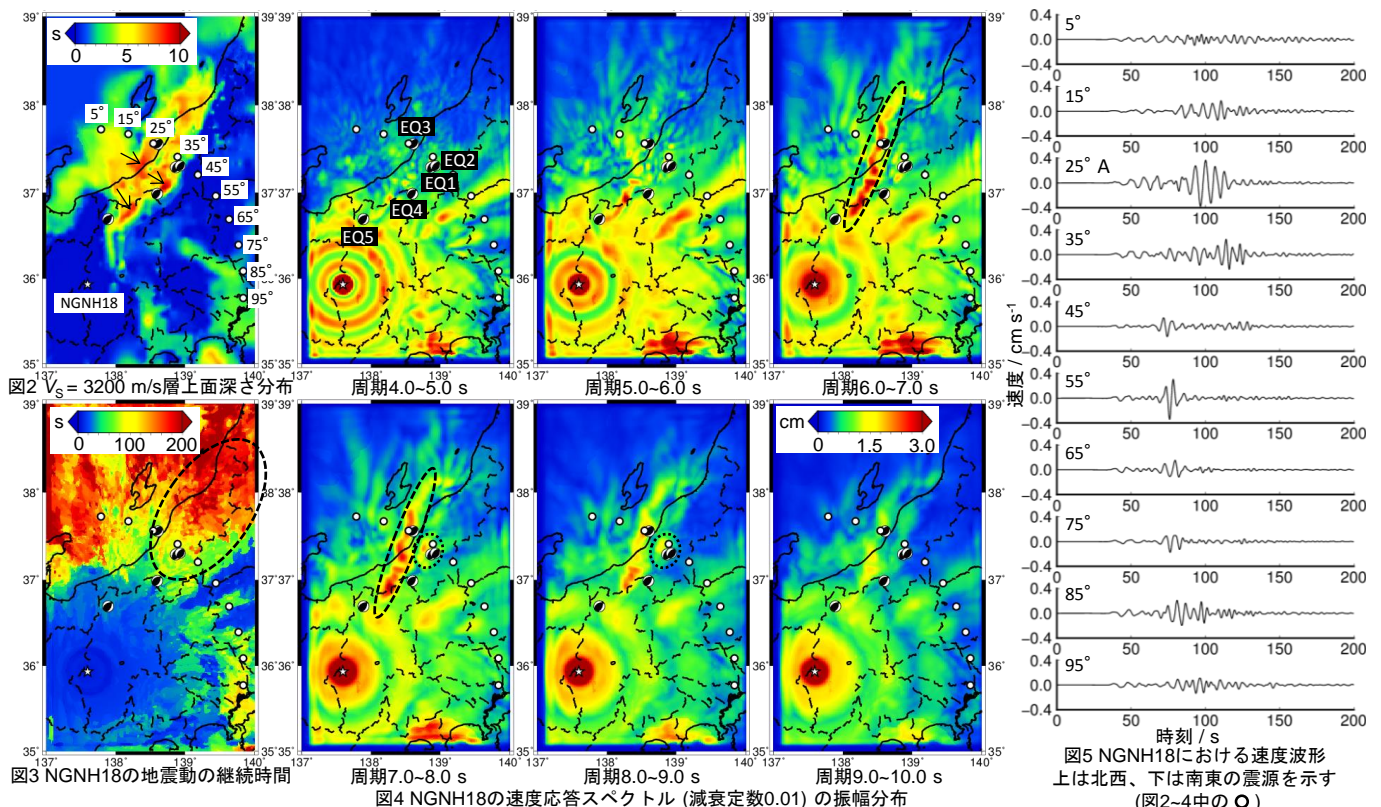


図5 NGNH18における速度波形  
上は北西、下は南東の震源を示す  
(図2-4中の○)

\*1 名古屋大学大学院環境学研究科 大学院生  
\*2 名古屋大学大学院環境学研究科 助教・博士 (工学)  
\*3 名古屋大学減災連携研究センター 教授・工博

\*1 Grad. Student, Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.  
\*2 Assistant Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.  
\*3 Prof., Disaster Mitigation Research Center, Nagoya Univ., Dr. Eng.