

震源域や断層パラメータ設定方法の異なる震源モデルを用いた南海トラフ巨大地震における強震動評価

Strong Ground Motion Simulation of Huge Earthquakes along the Nankai Trough

2. 振動 - d. 強震動予測・設計用地震動
強震動予測 南海トラフ巨大地震
震源モデル 強震動生成域 短周期レベル

正会員 ○渡辺 莉奈* WATANABE Rina
正会員 宮腰 淳一** MIYAKOSHI Junichi
正会員 護 雅史** MORI Masafumi
正会員 福和 伸夫*** FUKUWA Nobuo

1. はじめに

2012年3月31日に内閣府より、南海トラフ巨大地震としてM9クラスの地震を想定した強震動の予測結果が公表された¹⁾。しかし、その震源モデルのパラメータには、必ずしも確定的に設定できないものもある。本稿では、南海トラフ巨大地震の震源域や断層パラメータの違いが強震動評価結果に与える影響についてこれまでの検討結果²⁾³⁾も含めて総合的な分析を行う。

2. 南海トラフ巨大地震の震源モデル

2.1 断層パラメータの設定方法

断層パラメータの設定方法には、内閣府の方法や地震調査研究推進本部の方法がある。震源モデル設定のための主要なパラメータは平均応力降下量、断層面積、地震モーメント、短周期レベル、強震動生成域¹⁾の面積、強震動生成域¹⁾の応力降下量である。断層面積と平均応力降下量を設定した場合、内閣府の方法では強震動生成域の面積を、地震調査研究推進本部の方法では短周期レベルをもう一つの与条件として、残りのパラメータをパラメータ間の関係式から求める。また、内閣府の方法では

セグメントモデル(カスケードモデル)を、地震調査研究推進本部の方法では全域モデル(スケーリングモデル)をそれぞれ採用している。

2.2 断層パラメータの設定方法が異なる震源モデル

本節では、南海トラフ巨大地震の震源モデルとして、断層パラメータの設定方法が異なる9つのモデルを考える。一つめのモデルは、2012年3月31日に内閣府より公表された震源モデルのうちの基本ケース(モデルA)とする¹⁾。断層は、4つのセグメントからなるセグメントモデルで、内閣府の方法に従って、セグメント毎にスケーリング則を適用する。各セグメントの面積および平均応力降下量、セグメント全体の面積に対する強震動生成域の面積比の3つの断層パラメータを与条件として、その他の断層パラメータを設定するものである。実際、震源域を駿河湾域から日向灘域までとして断層全体の面積を求め、断層全体の平均応力降下量を4MPaとし、強震動生成域の面積比を約12%としている。

一方、平均応力降下量については、過去のM8クラスの海溝型地震の平均値が約3MPaであり、また2003年の

表1 設定した南海トラフ巨大地震の断層パラメータ

パラメータ	単位	A	B	C	D	E	F	Ar(陸側)	Ae(東側)	Aw(西側)
モデル		セグメント	セグメント	セグメント	セグメント	全域	全域	セグメント	セグメント	セグメント
設定方法		内閣府	内閣府	内閣府	地震本部	地震本部	地震本部	内閣府	内閣府	内閣府
与条件		面積比	面積比	面積比	短周期	短周期	面積比	面積比	面積比	面積比
断層面積		2012年	2012年	2003年	2012年	2012年	2012年	2012年(陸)	2012年(東)	2012年(西)
セグメント全体										
面積	km ²	110150	110150	60835	110150	110150	110150	110150	37307	72843
地震モーメント	×10 ²¹ Nm	34.2	25.7	12.2	25.7	45.0	45.0	34.2	9.5	24.8
Mw		9.0	8.9	8.7	8.9	9.0	9.0	9.0	8.6	8.9
平均応力降下量	MPa	4	3	3	3	3	3	4	4	4
短周期レベルA	×10 ²⁰ Nm/s ²	5.35	4.01	3.10	3.94	3.94	3.46	5.35	3.18	4.30
短周期レベル(壇・他)A _{DAN}	×10 ²⁰ Nm/s ²	1.72	1.56	1.22	1.56	1.89	1.89	1.72	1.12	1.55
A/A _{DAN}		3.11	2.56	2.54	2.52	2.09	1.68	3.11	2.83	2.78
強震動生成域										
個数		12	12	14	12	12	12	12	6	6
面積	km ²	12670	12670	15257	7985	7985	12670	12791	4515	8156
面積比	%	11.50	11.50	25.08	7.25	7.25	11.50	11.61	12.10	11.20
地震モーメント	×10 ²¹ Nm	7.89	5.92	5.90	3.83	6.72	4.28	8.00	2.31	5.58
平均応力降下量	MPa	35~48	26~36	22~25	40.2	40.2	26.08	34~48	35~47	35~48
短周期レベル	×10 ²⁰ Nm/s ²	5.21	3.91	3.00	3.78	3.78	3.04	5.22	3.10	4.19
平均すべり量	m	7.0~20.8	5.2~15.6	2.8~13.4	5.3~15.3	9.4~26.7	9.3~27.1	7.1~20.8	7.0~14.0	11.0~20.8

* 名古屋大学大学院環境学研究科・大学院生

** 名古屋大学減災連携研究センター・准教授・博士(工学)

*** 名古屋大学減災連携研究センター・教授・工博

Grad.Student, Grad.School of environmental Studies,Nagoya Univ.

Assoc. Prof., Disaster Mitigation Research Center, Nagoya Univ., Dr. Eng.

Prof., Disaster Mitigation Research Center, Nagoya Univ., Dr. Eng.

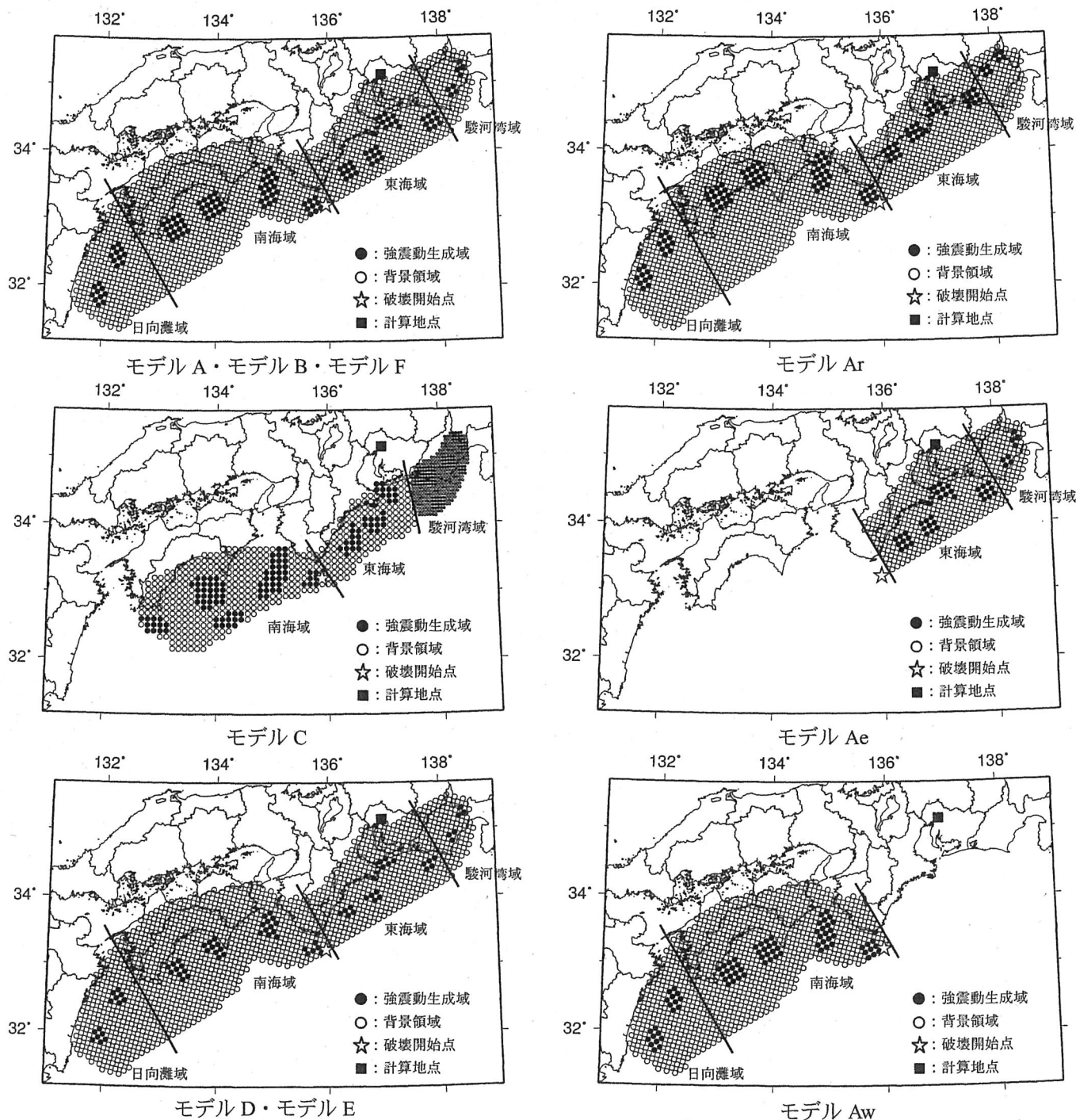


図1 各モデルで設定した震源モデル

内閣府による南海トラフの地震の震源モデルでは 3MPa としていた⁴⁾。そこで二つめに、モデル A で平均応力降下量のみ 3MPa に変更したモデル (モデル B) を考える。

三つめは、2003 年に内閣府が検討結果を公表した南海トラフの地震の震源モデル (モデル C) を考える。これは、震源域を駿河湾域から南海域までとしたセグメントモデルで、平均応力降下量を 3MPa、強震動生成域の面積比を約 25%としている。

四つめに、セグメントモデルで、地震調査研究推進本部の強震動予測レシピ⁵⁾に従い、短周期レベルを壇・他 (2001) による経験式⁶⁾の 2 倍として与えたモデル (モデル D) を考える。震源域をモデル A と同様とすると、強震動生成域面積が全体の面積の約 7.3%となるので、モデル A の強震動生成域のうち陸から遠い断層をいくつか削ることで、各強震動生成域面積を約 3/4 に調整した。

五つめのモデルは、全域モデル (スケーリングモデル)

とし、地震調査研究推進本部の強震動予測レシピ⁵⁾に従い、短周期レベルを壇・他(2001)による経験式⁶⁾の2倍として与えたモデル(モデルE)とする。モデルDと同様の方法で、強震動生成域面積を調整して与えた。

同じく全域モデルとして、地震調査研究推進本部の強震動予測レシピに従う一方で、短周期レベルではなく強震動生成域面積の割合をモデルAと同様として与条件とし、その他のパラメータを設定するモデル(モデルF)を六つめのモデルとした。

これまでの各モデルについて、設定した南海トラフ巨大地震の断層パラメータを表1に、各モデルの震源モデルを図1に示す。モデルA, B, C, D, E, Fの地震モーメントと短周期レベルの関係を図2に示すとともに、壇・他による経験式⁶⁾を併せて示す。図2より、短周期レベルの大きさはモデルAが最も大きく、次いでBとDとEが同程度、そしてF、最後にCの順になっている。

2.3 震源域または強震動生成域の位置が異なる震源モデル

2.2節で断層パラメータの違いによる震源モデルを提案した一方で、本節では震源域または強震動生成域の位置の異なる3つの震源モデルを考える。まず、基本ケース(モデルA)の震源域は東から駿河湾域、東海域、南海域、日向灘域の4つの領域から成るが、各セグメントで連動せずに地震が発生した場合を想定し、東側の駿河湾域と東海域のみを震源域としたケース(モデルAe)と西側の南海域と日向灘域のみを震源域としたケース(モデルAw)を考える。モデルAはセグメントモデルであるため、モデルAe, Awの各セグメントの断層パラメータはモデルAと同じとなる。また、短周期領域の地震動レ

ベルに影響が大きいのは観測点により近い震源域の場合と考えられるため、基本ケースと同時に提案された震源モデルのうち陸側ケース(モデルAr)を取り上げて検討する。このモデルは基本ケースの強震動生成域を可能性がある範囲で最も陸側の場所に設定したケースを指す。

3. 名古屋地域の地震動評価

3.1 地震動の計算手法

地震動の計算方法は、内閣府と同様に統計的グリーン関数法¹⁾とした。ただし、本稿では断層近傍での強震動の強さの飽和効果¹⁾は考慮しないものとする。地震動の計算地点は、名古屋大学構内の1地点とした(図1■印)。計算地点の地震基盤から工学的基盤までの地盤構造は、堀川・他⁷⁾による中京地域の3次元地盤構造モデルから抽出した計算地点直下の1次元地盤構造とした。計算結果の加速度波形(NS成分)を図3、図4に、減衰定数5%の擬似速度応答スペクトルを図5(a)、図6(a)にそれぞれ示す。この図には、水平2成分のうち、最大速度が大きいNS成分のみについて示すこととする。各モデルの水平2成分のPGVと3成分による計測震度を表2に示す。

3.2 断層パラメータの設定方法の違いの検討結果

モデルA, B, C, D, E, Fについて、図3より、最大加速度はA, B, E, D, F, Cの順に小さくなり、モデルAの最大加速度はモデルCの約2倍を示し、震源モデルや断層パラメータによっては倍半分の差異が生じることが分かる。また、図5(b)ではモデルCに対するモデルA, B, D, E, Fの比率を示している。周期2秒以下の周期域に着目すると、擬似速度応答スペクトルのレベルは最大加速度の大小関係とほぼ等しく、Aが最も大きく、次いでBとDとEが同程度、次にF、最後にCの順になっている。これは図2の短周期レベルの大小関係によく対応している。以上から、南海トラフ巨大地震に対し、建物被害や震度への影響が大きい0.1~2秒の周期域の地震動レベルは、地震モーメントの大きさよりもむしろ短周期レベルの大きさに依存していることがわかる。計測震度については、最大加速度と同様の傾向がみられる一方で、最大速度についてはDやEがAに比べてやや大きくなる傾向がある。

3.3 震源域または強震動生成域の位置の違いの検討結果

モデルA, Ae, Aw, Arについて、図4より、最大加速度はモデルAとモデルAeはほぼ同程度、モデルAwはモデルAの1/20程度の小さな加速度で、モデルArが最も大きく1000[Gal]を越える大きな加速度となった。以上から、今回の名古屋市内の観測点においては、東海域・駿河湾

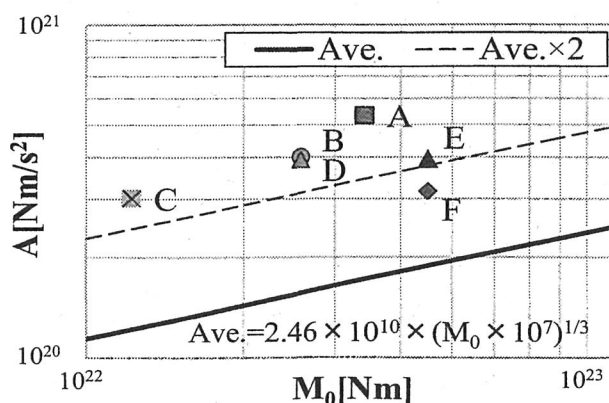


図2 地震モーメントと短周期レベルの関係・壇・他(2001)による経験式⁶⁾

表2 各モデルのPGVと計測震度

		単位	A	B	C	D	E	F	Ar(陸側)	Ae(東側)	Aw(西側)
PGV	EW	kine	44.0	33.0	27.2	61.6	62.3	24.4	96.3	62.4	8.0
	NS	kine	61.8	46.3	32.4	71.4	72.1	35.1	89.1	73.1	6.8
計測震度			6.2	6.0	5.4	5.9	6.0	5.7	6.5	6.1	3.8

域で生成される地震動が大きな割合を占め、南海域・日向灘域で生成される地震動の影響は少ないことが分かる。また図6(b)より、周期2秒以下の周期帯において、モデルAeの擬似速度応答スペクトルはモデルAとほぼ同じレベルであるが、モデルArはモデルAより大きく、1~2倍程度である。これは、モデルArは強震動生成域を陸側に近づけたモデルであるので短周期成分がより励起されたためと考えられる。

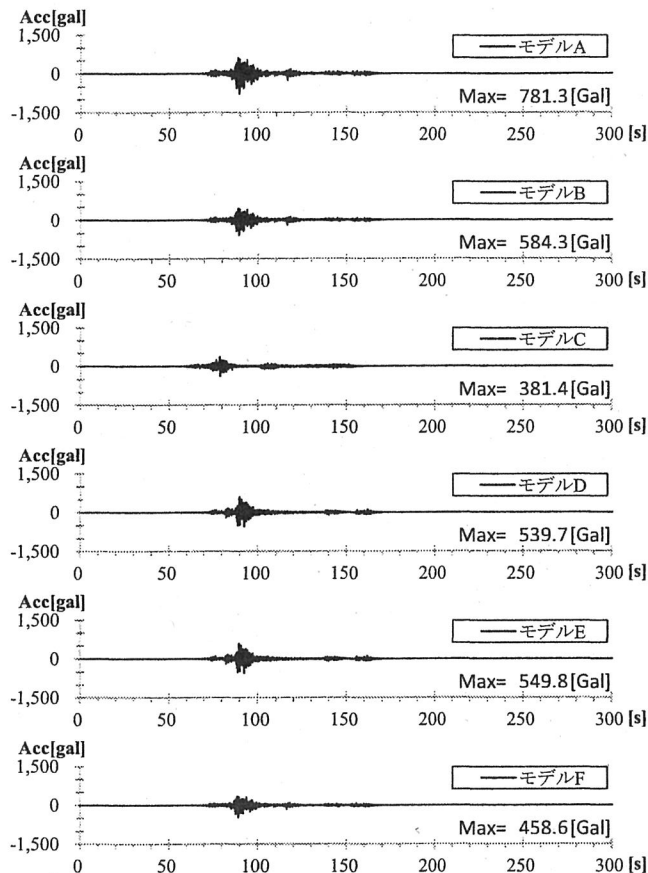


図3 モデルA,B,C,D,E,Fの加速度波形(NS成分)

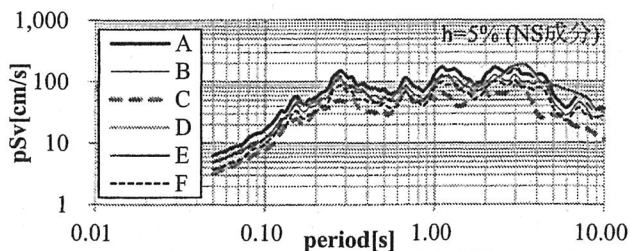


図5(a) モデルA,B,C,D,E,Fの擬似速度応答スペクトル

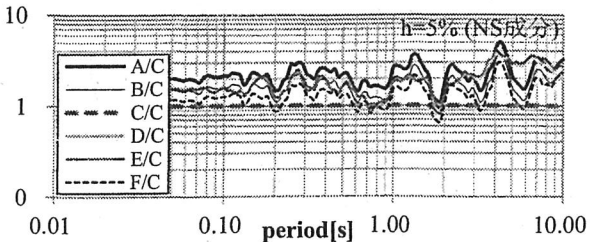


図5(b) モデルCに対する擬似速度応答スペクトルの比率

4. まとめ

本稿では、南海トラフ巨大地震に対して9つの震源モデルを設定し、名古屋市内の地点で強震動を計算し、結果を比較することで、南海トラフ巨大地震の震源や断層パラメータの違いが強震動評価結果に与える影響について検討した。今回の検討は、周期2秒程度以上では計算結果に十分な精度がない可能性があるため、長周期域は理論計算等の別途検討が必要であり、これを今後の課題とする。

参考文献

- 1) 南海トラフの巨大地震モデル検討会(2012): 南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について(第一次報告).
- 2) 渡辺・他(2012): 南海トラフ巨大地震の断層パラメータの違いが強震動予測結果に与える影響, 日本地震学会講演予稿集2012年度, pp.66-3).
- 3) 渡辺・他(2012): 南海トラフ巨大地震に対する複数の震源モデルによる強震動予測, 日本地震工学会大会2012梗概集, pp.330-331.
- 4) 中央防災会議(2003): 「東南海, 南海地震等に関する専門調査会」(第16回).
- 5) 地震調査研究推進本部(2009).
- 6) 壇・他(2001): 断層非一様すべり破壊モデルから算定される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化, 日本建築学会構造系論文集, 第545号, pp.51-62.
- 7) 堀川・他(2008): 中京地域の3次元地盤構造モデル, 活断層・古地震研究報告, No.8, pp.203-254.

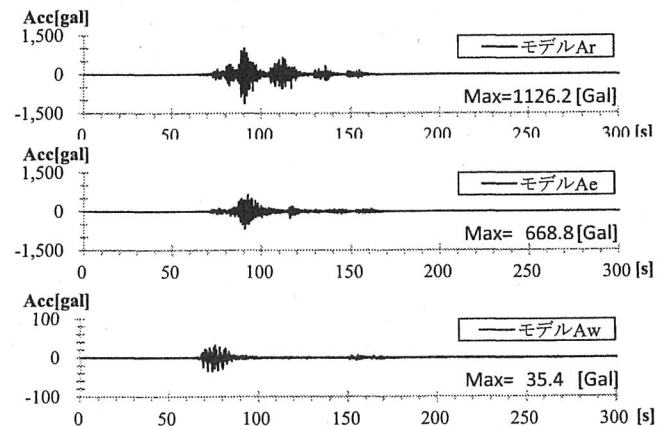


図4 モデルA,Ar,Ae,Awの加速度波形(NS成分)

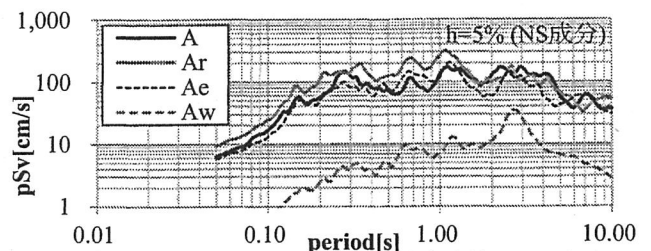


図6(a) モデルA,Ar,Ae,Awの擬似速度応答スペクトル

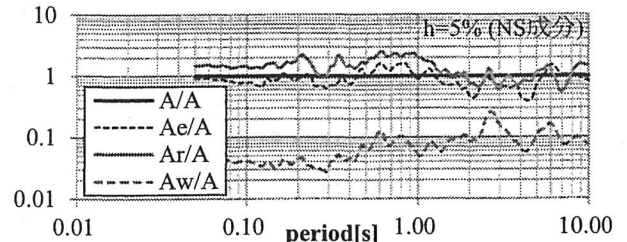


図6(b) モデルCに対する擬似速度応答スペクトルの比率