

第Ⅱ章 家財被害と地震動指標の関係の検討

1. 解析方針

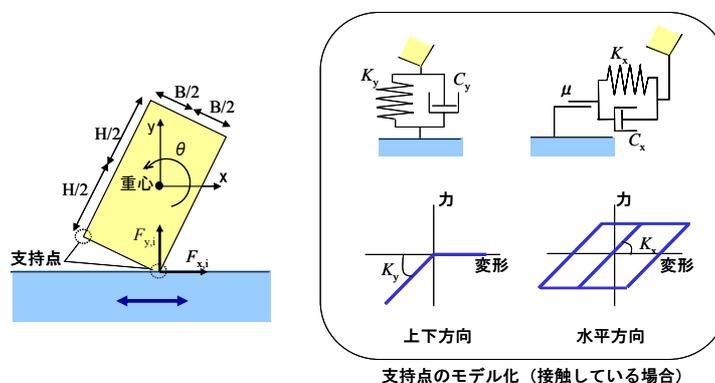
本章では，家財の地震応答解析を行い，家財被害と相関の高い地震動指標を抽出し，本研究で構築する被害関数の地震動指標を選定する．本章で実施する解析の方針を以下に示す．

- 家財の代表的な被害要因として転倒と移動を取り上げ，これらの挙動が解析できるような矩形の二次元剛体モデルを設定し，時刻歴応答解析を行う．
- 入力波は，各種観測地震波および建物応答解析による床応答波（以下では，建物というフィルターを通した波という意味でフィルター波と呼ぶ）とし，各波の振幅レベルを変化させて用いる．入力波の振動数特性が剛体の挙動に影響を及ぼすと考えられるため，入力波には様々な A/V （地震動の最大加速度と最大速度の比）の値をもつ波が含まれるようにする．
- 検討する地震動指標は，最大加速度，最大速度，計測震度の3種類とする．
- 転倒挙動を解析するモデルでは，転倒の有無と地震動指標の相関を調べる．
- 移動挙動を解析するモデルでは，移動量と地震動指標の相関を調べる．

2. 解析モデルと入力波

2-1. 解析モデル

家具は，図Ⅱ-1に示すような下部2点で支持された矩形の二次元剛体でモデル化した．剛体の支持点では，床に接触している場合にのみ，図に示すような上下および水平方向のばね，減衰，スライダー（すべり機構）が発生する．床に接触している状態では，上下ばね剛性と上下減衰係数は一定，水平ばね剛性と水平減衰係数は水平方向反力が摩擦力を超える前は一定，摩擦力を超えた後は0になる．



図Ⅱ-1 解析モデル

剛体の重心における運動方程式を(II-1)式のように表して時刻歴応答解析を行った。

$$\begin{bmatrix} m & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 \\ 0 & 0 & j \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{x}(t) \\ \ddot{y}(t) \\ \ddot{\theta}(t) \end{Bmatrix} = - \begin{Bmatrix} m\ddot{u}_x(t) \\ mg \\ 0 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} \sum_{i=1}^2 F_{x,i}(t) \\ \sum_{i=1}^2 F_{y,i}(t) \\ \sum_{i=1}^2 M_i(t) \end{Bmatrix} \quad \text{-----} \quad (\text{II-1})$$

ここで、 m 、 j は剛体の質量および重心まわりの回転慣性、 $\ddot{x}(t)$ 、 $\ddot{y}(t)$ 、 $\ddot{\theta}(t)$ は重心の水平、上下および回転方向の加速度、 $\ddot{u}_x(t)$ は水平方向の入力加速度、 g は重力加速度、 $F_{x,i}(t)$ 、 $F_{y,i}(t)$ 、 $M_i(t)$ 、は支持点*i*から受ける床の反力および重心回りのモーメントである。

解析には、表II-1に示す4つのモデルを用いた。転倒モデル1,2は、家財の転倒しやすさと地震動の大きさを検討するためのモデルで、床の上を滑ることなく入力レベルが大きくなると転倒するモデルである。移動モデル1,2は、家財の移動量と地震動の大きさを検討するためのモデルで、転倒することなく入力レベルが大きくなると滑り出すモデルである。

表 II-1 解析モデルの諸元

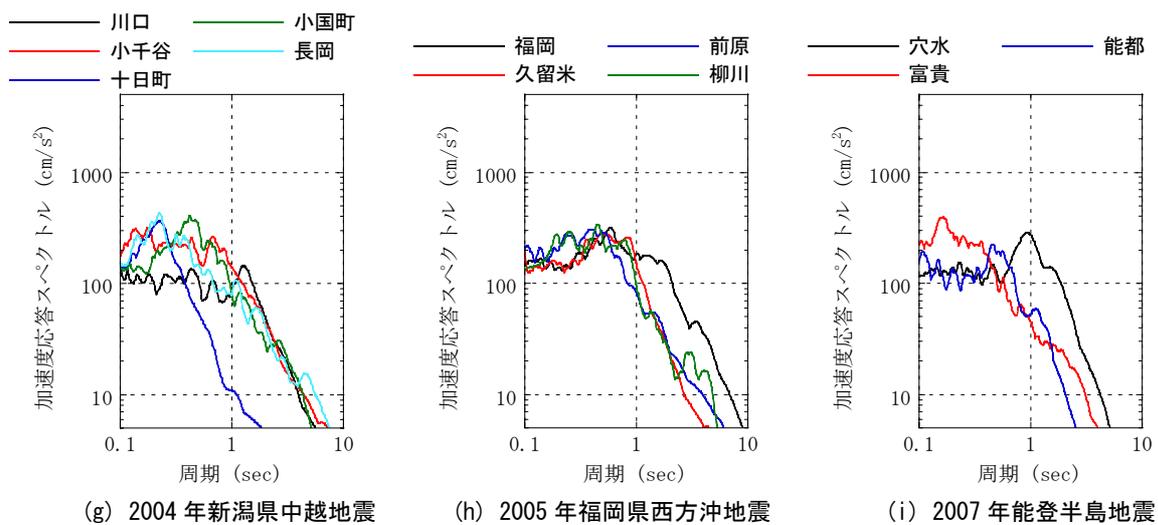
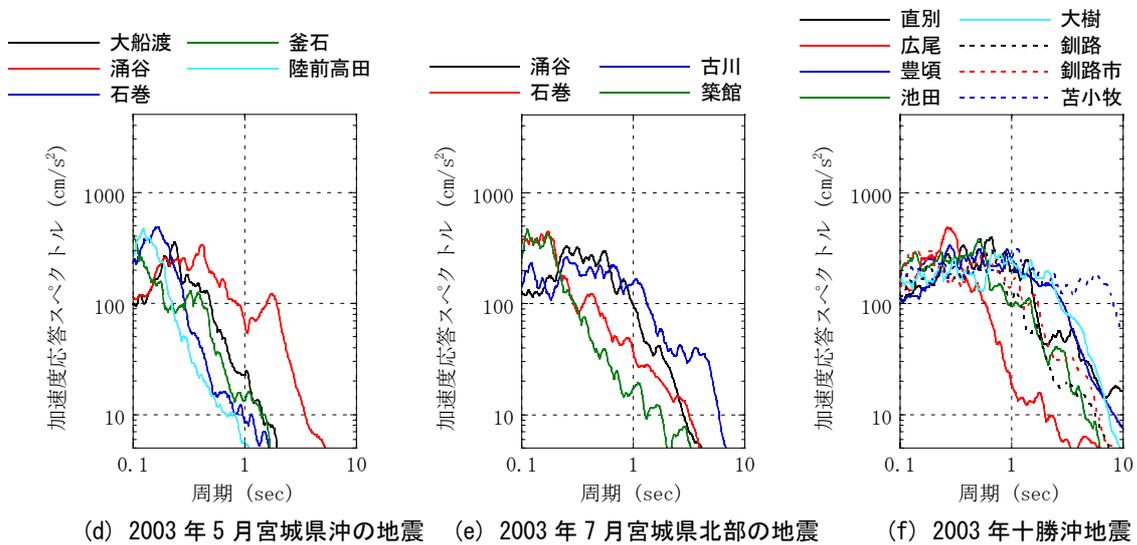
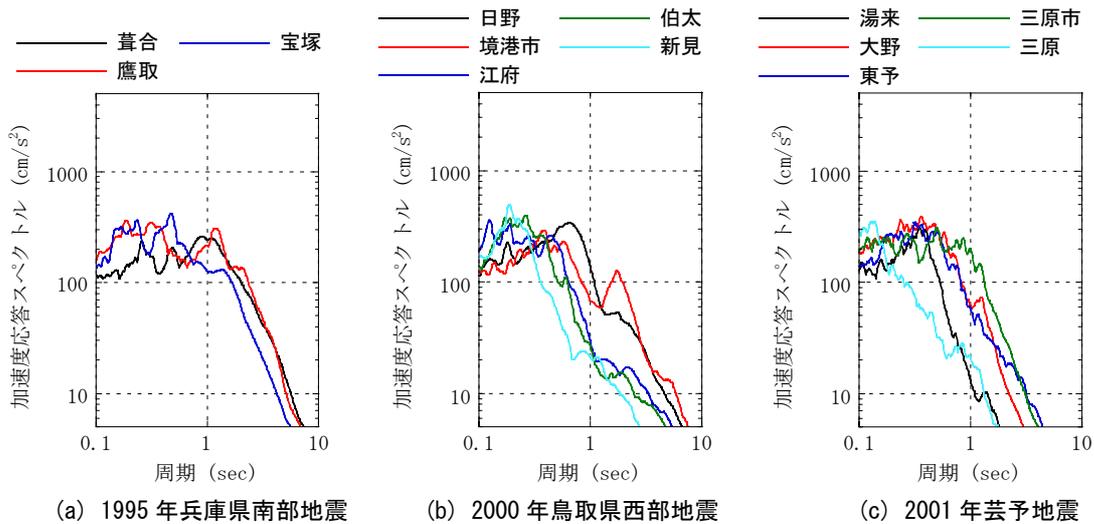
	高さ H[cm]	幅 B[cm]	B/H	摩擦 係数 μ	重量 [t]	回転 慣性 [t m ²]	水平 剛性 [t/cm]	上下 剛性 [t/cm]	水平 減衰 定数	上下 減衰 定数
転倒モデル1	180	30	0.17	1.00	0.1	0.111	503.6	503.6	0.01	0.357
転倒モデル2	180	45	0.25	1.00	0.1	0.115	503.6	503.6	0.01	0.357
移動モデル1	20	100	5.00	0.05	0.1	0.035	503.6	503.6	0.01	0.357
移動モデル2	20	100	5.00	0.20	0.1	0.035	503.6	503.6	0.01	0.357

剛体の転倒・移動挙動に大きな影響を与えるパラメーターは、家具の寸法(H, B)と摩擦係数 μ である。一般に、 $\mu < B/H$ の場合には、入力レベルを上げても剛体は転倒せずに大きく滑り、 $\mu > B/H$ の場合には、剛体はほとんど移動せずに入力レベルが大きくなると転倒する。ここでは、転倒モデル1,2のHとBは、住宅にある本棚やたんすをイメージして設定した。 μ はB/Hより十分大きくなるように1.0とした。移動モデルのHとBは、モデルが転倒しないようにB/Hが十分大きくなるように設定した。 μ は、住宅内で計測された摩擦係数の値(図II-2)を参考に、0.05と0.2とした。重量はすべて100kgとし、回転慣性は重量が一樣に分布すると仮定して算出した。水平剛性と上下剛性は、解析モデルの固有振動数が入力波の卓越振動数よりも十分高くなるよう

表Ⅱ-2 検討で用いた観測地震波

地震	観測点		観測機関	観測位置	方位	A (cm/s ²)	V (cm/s)	A/V	計測震度
1995年 兵庫県南部	FKI	葺合	大阪ガス	地表	EW	802	123	6.5	6.44
	TKT	JR 鷹取駅	鉄道総研	地表	EW	657	127	5.2	6.19
	TKZ	JR 宝塚駅	鉄道総研	地表	EW	601	80	7.5	5.97
2000年 鳥取県西部	TTRH02	日野	KiK-net	地表	NS	925	108	8.6	6.40
	E9E	境港市東本町	気象庁	地表	EW	749	84	8.9	5.94
	TTR007	江府	K-NET	地表	NS	726	42	17.2	5.72
	SMNH01	伯太	KiK-net	地表	NS	720	37	19.6	5.69
	OKY004	新見	K-NET	地表	EW	816	25	32.6	5.60
2001年 芸予	HRS009	湯来	K-NET	地表	EW	830	31	26.8	5.68
	HRS014	大野	K-NET	地表	EW	441	32	13.9	5.56
	EHM003	東予	K-NET	地表	EW	459	29	15.6	5.47
	590	三原市円一町	気象庁	地表	NS	243	20	12.1	5.10
	HRS017	三原	K-NET	地表	NS	651	12	53.2	4.95
2003年5月 宮城県沖	DB8	大船渡市大船渡町	気象庁	地表	EW	1106	32	34.3	5.83
	8A4	涌谷町新町	気象庁	地表	NS	443	43	10.4	5.42
	E08	石巻市泉町	気象庁	地表	NS	943	30	31.4	5.50
	IWT007	釜石	K-NET	地表	EW	1039	25	41.8	5.37
	IWTH27	陸前高田	KiK-net	地表	NS	888	17	53.0	5.38
2003年7月 宮城県北部	8A4	涌谷町新町	気象庁	地表	EW	513	44	11.8	5.64
	E08	石巻市泉町	気象庁	地表	EW	489	19	25.5	5.20
	4B9	古川市三日町	気象庁	地表	EW	213	20	10.8	4.81
	MYG004	築館	K-NET	地表	EW	349	10	35.1	4.61
2003年 十勝沖	HKD086	直別	K-NET	地表	EW	801	112	7.1	6.28
	HKD100	広尾	K-NET	地表	EW	972	51	19.0	5.94
	TKCH07	豊頃	KiK-net	地表	NS	367	74	5.0	5.78
	HKD092	池田	K-NET	地表	EW	609	52	11.7	5.91
	HKD098	大樹	K-NET	地表	EW	346	76	4.5	5.80
	HKD077	釧路	K-NET	地表	EW	407	42	9.6	5.54
	D5A	釧路市	気象庁	地表	EW	288	34	8.6	5.38
	HKD129	苫小牧	K-NET	地表	EW	73	28	2.6	4.36
2004年 新潟県中越	65042	川口町川口	気象庁	地表	EW	1676	133	12.6	6.49
	532	小千谷市城内	気象庁	地表	EW	898	92	9.8	6.22
	NIG021	十日町	K-NET	地表	NS	1716	59	29.2	6.02
	65057	新潟小国町法坂	気象庁	地表	EW	692	65	10.7	6.00
	NIG017	長岡	K-NET	地表	NS	468	39	11.9	5.41
2005年 福岡県西方沖	FKO006	福岡	K-NET	地表	NS	277	54	5.1	5.49
	FKO011	久留米	K-NET	地表	EW	239	27	8.8	5.11
	FKO007	前原	K-NET	地表	EW	261	19	14.0	4.97
	FKO015	柳川	K-NET	地表	EW	179	15	11.9	4.88
2007年 能登半島	ISK005	穴水	K-NET	地表	EW	782	99	7.9	6.26
	ISK006	富来	K-NET	地表	EW	849	44	19.3	5.78
	ISK004	能都	K-NET	地表	NS	622	26	24.2	5.41

※ 各波の最大速度Vは、加速度波を一自由度系（周期20秒，減衰h=0.707）に入力したときの相対速度応答として求めた。



図Ⅱ-3 検討で用いた観測記録の減衰定数5%の加速度応答スペクトル
(最大加速度100cm/s²で基準化)

(2) フィルター波

表Ⅱ-3 に示す観測地震波(10 波)を入力として、表Ⅱ-4 に示す建物モデル(6 種類)の時刻歴応答解析を行い、最上階の応答波(10×6=60 波)を求めた。ここでは、これらの応答波を建物というフィルターを通した波という意味でフィルター波と呼ぶ。

観測地震波は、表Ⅱ-2 に示した観測記録の中から各地震 1～2 波ずつ選択したものである。このとき、A/V の値が小さい記録から大きい記録まで含まれるようにした。

建物モデルは、木造 2 階建て、鉄筋コンクリート造(以下、RC 造と呼ぶ) 5 階建て、10 階建て、20 階建て、30 階建て、40 階建ての 6 種類とした。各建物は、線形の一本棒多質点系せん断ばねモデルでモデル化した。各建物の重量分布、剛性分布、1 次固有周期、減衰は表Ⅱ-4 のように設定した。

表Ⅱ-3 フィルター波の計算で用いた観測地震波

	地震	観測点		観測機関	観測位置	方位	A (cm/s ²)	V (cm/s)	A/V	計測震度
a	1995 年兵庫県南部	FKI	葺合	大阪ガス	地表	EW	802	123	6.5	6.44
b	2000 年鳥取県西部	TTRH02	日野	KiK-net	地表	NS	925	108	8.6	6.40
c	2001 年芸予	TTRH07	湯来	K-NET	地表	EW	830	31	26.8	5.68
d	2003 年 5 月宮城県沖	TTRH12	大船渡	気象庁	地表	EW	1106	32	34.3	5.83
e	2003 年 7 月宮城県北部	TTRH17	涌谷	気象庁	地表	EW	513	44	11.8	5.64
f	2003 年十勝沖	TTRH22	広尾	K-NET	地表	EW	972	51	19.0	5.94
g		TTRH28	苫小牧	K-NET	地表	EW	73	28	2.6	4.36
h	2004 年新潟県中越	TTRH29	川口	気象庁	地表	EW	1676	133	12.6	6.49
i	2005 年福岡県西方沖	TTRH34	福岡	K-NET	地表	NS	277	54	5.1	5.49
j	2007 年能登半島	TTRH38	穴水	K-NET	地表	EW	782	99	7.9	6.26

※ 各波の最大速度 V は、加速度波を一自由度系(周期 20 秒、減衰 h=0.707)に入力したときの相対速度応答として求めた。

表Ⅱ-4 フィルター波の計算で用いた建物モデルの諸元

パラメータ		質点数	重量分布 (1 階：最上階)	1 次固有周期	剛性分布 (1 階：最上階)	減衰 (1 次モード)
木造	2 階	2	3 : 2	0.4 秒	3 : 2	5%
RC 造	5 階	5	各階一様	0.35 秒	2 : 1	2%
	10 階	10		0.7 秒		
	20 階	20		1.4 秒		
	30 階	30		2.1 秒		
	40 階	40		2.8 秒		

※ 剛性は台形分布、減衰は剛性比例型

フィルター波（60波）のA/Vの値を表Ⅱ-5に、各波の最大加速度値を 100cm/s^2 で基準化した加速度応答スペクトルを図Ⅱ-4に示す。

各波は、最大加速度で基準化して解析に用いた。最大加速度は 50cm/s^2 刻みで与え、転倒解析では最大 2000cm/s^2 まで、移動解析では最大 1000cm/s^2 まで設定した。

表Ⅱ-5 フィルター波のA/Vの値

地震観測記録のA/V		フィルター波のA/V					
		木造2階 (15.7)	RC造5階 (18.0)	RC造10階 (9.0)	RC造20階 (4.5)	RC造30階 (3.0)	RC造40階 (2.2)
a 葺合	6.5	6.1	8.9	7.5	5.3	3.7	3.8
b 日野	8.6	10.5	13.5	8.6	6.4	5.9	4.8
c 湯来	26.8	15.5	17.8	13.2	12.4	13.3	12.9
d 大船渡	34.3	16.6	18.2	17.8	10.3	12.0	7.6
e 涌谷	11.8	12.4	17.7	8.6	8.4	6.9	8.1
f 広尾	19.0	14.9	19.4	13.1	10.6	5.4	5.1
g 苫小牧	2.6	3.0	6.6	4.7	3.3	2.6	2.1
h 川口	12.6	10.9	14.0	6.8	4.5	4.4	4.8
i 福岡	5.1	8.4	8.0	7.4	4.3	3.4	3.7
j 穴水	7.9	7.5	9.4	6.9	4.9	5.1	5.5

※ 括弧書きの数値は、各建物1次固有周期Tから、 $2\pi/T$ を計算した値

以下では、フィルター波の種類を、建物階数と観測地震波の記号を組み合わせた記号（例えば、10aは、RC造10階建てにa 葺合の観測記録を入力したときの建物最上階の応答波）で表す。

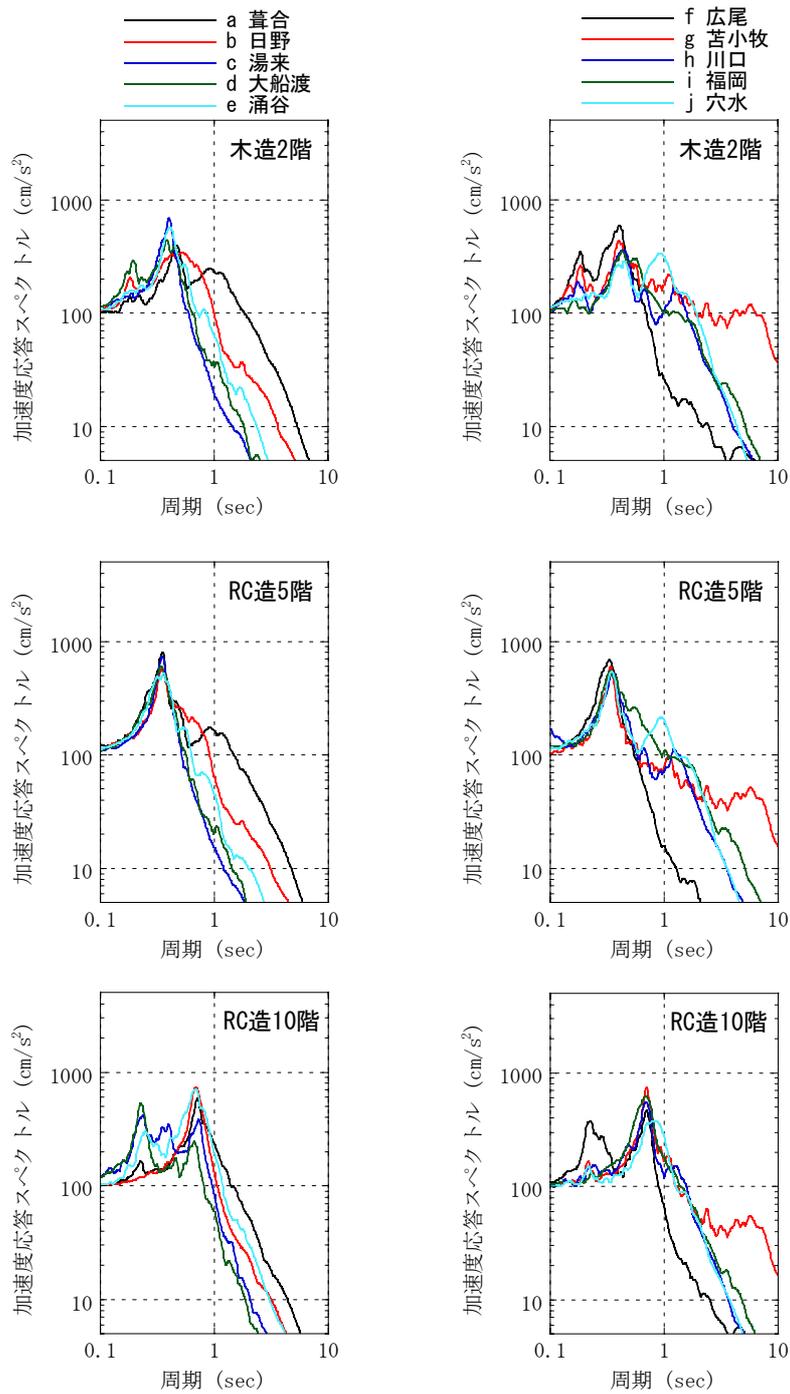


図 II-4 検討で用いたフィルター波の減衰定数 5%の加速度応答スペクトル (1/2)
 (最大加速度 100 cm/s²で基準化)

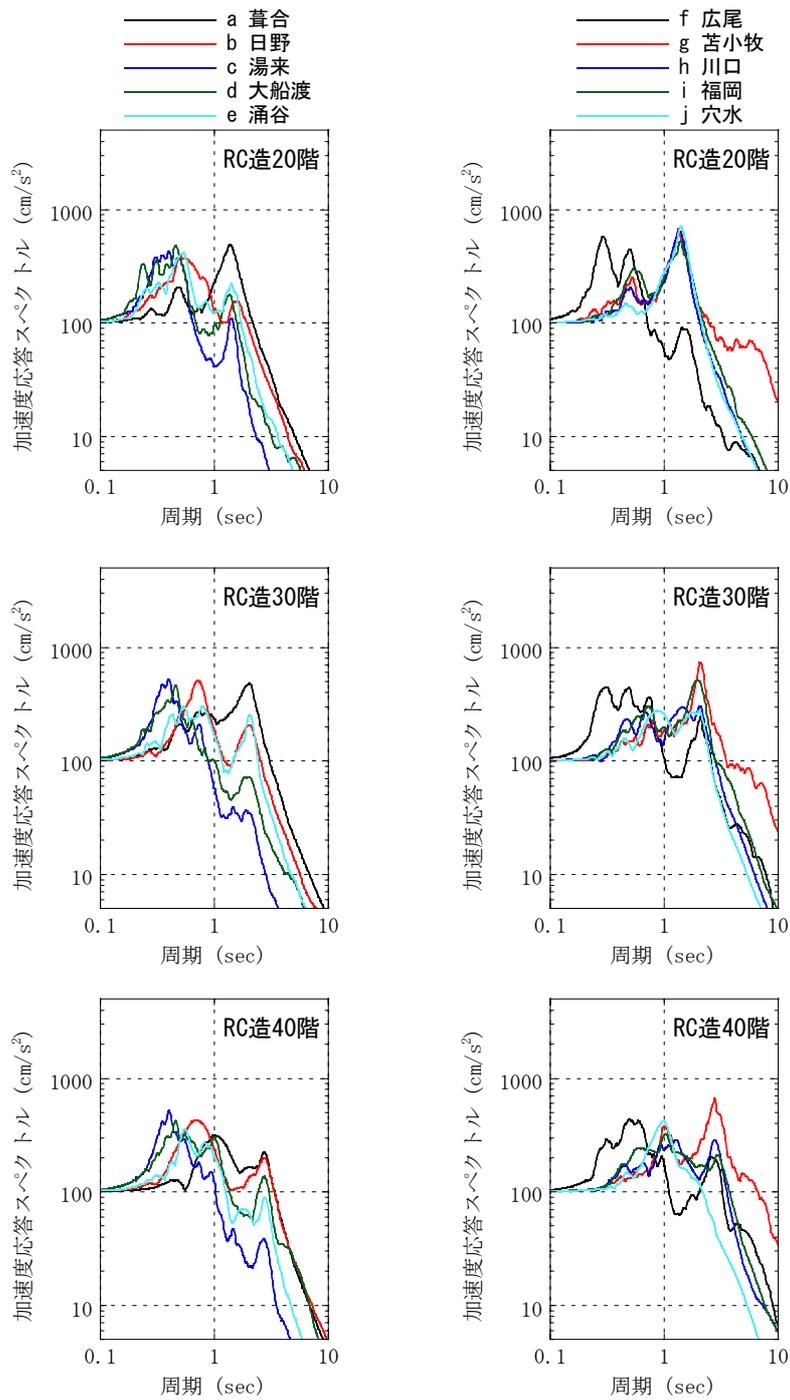


図 II-4 検討で用いたフィルター波の減衰定数 5%の加速度応答スペクトル (2/2)
 (最大加速度100 cm/s²で基準化)

3. 家財被害と地震動指標の関係

3-1. 家財の転倒と地震動の関係

入力波の最大加速度を 50cm/s^2 刻みで大きくし、最初に剛体が転倒したときの最大加速度を「転倒加速度」と定義する。また、そのときの最大速度を「転倒速度」、計測震度を「転倒震度」と定義する。表 II-6 と表 II-7 に、転倒加速度、転倒速度、転倒震度を示す。表中の括弧書きの数値は、入力波の最大加速度を 2000cm/s^2 にしても転倒しなかったケースの 2000cm/s^2 のときの最大速度と計測震度の値である。転倒加速度・転倒速度・転倒震度の平均値・標準偏差・変動係数の値を表 II-8 に、剛体の転倒加速度・転倒速度・転倒震度の値を縦軸に、入力波の A/V の値を横軸にとったものを図 II-5 に示す。図には、以下の式で回帰した直線を赤線で、相関係数 R を赤字で示している。

$$Y = a + bX \text{ ----- (II-2)}$$

(Y : 地震動指標の大きさ, X : A/V の値)

図 II-5 より、転倒加速度と A/V には強い正の相関があり、最大加速度の大きさのみで家財の転倒被害の大きさを表現できないことがわかる。また、表 II-8 を見ても、転倒加速度の変動係数の値は、他の地震動指標に比べて大きい。これらのことから、家財の転倒被害の大きさを表現するのに、最大加速度はあまり適さないといえる。一方、転倒速度と A/V にはほとんど相関がなく、変動係数の値も転倒加速度に比べると小さい。多少のばらつきはあるものの、剛体の転倒と最大速度との相関は高いといえる。また、転倒震度には、 A/V が大きくなると緩やかに大きくなる傾向が見られるが、その傾向は最大加速度ほど顕著ではない。よって、剛体の転倒の有無を表現する指標としては、最大速度 > 計測震度 > 最大加速度の順に適しているといえる。

3-2. 家財の移動量と地震動の関係

剛体の移動量と最大加速度・最大速度・計測震度の関係を図 II-6 に示す。以下の式で回帰した曲線を赤線で、相関係数 R を赤字で図中に示す。

$$\text{最大加速度または最大速度の場合： } \log Y = a + b \log X \text{ ----- (II-3)}$$

$$\text{計測震度の場合} \quad \quad \quad : \log Y = a + bX \text{ ----- (II-4)}$$

(Y : 移動量, X : 地震動指標の大きさ)

図 II-6 より、相関係数は最大速度 > 計測震度 > 最大加速度の順に大きくなっており、この順に家財の移動被害と関連の強い指標と考えることができる。

図 II-7 に、 A/V を 5 未満、5 以上 10 未満、10 以上 15 未満、15 以上 20 未満の区分に分けて、剛体の移動量と地震動指標の関係を回帰した結果を示す。横軸が最大加速

度の場合には、 $\mu=0.05$ のときも $\mu=0.2$ のときも、移動量は A/V に依存して変化している。横軸が最大速度の場合には、 $\mu=0.2$ のときには、 A/V が大きい方がやや移動量が大きくなっているものの、 $\mu=0.05$ のときには A/V による移動量の違いはほとんどない。横軸が計測震度の場合には、 $\mu=0.05$ のときには A/V が小さいほど移動量が大きくなる傾向があるが、 $\mu=0.2$ のときには A/V による移動量の違いはあまり見られない。よって、剛体の移動量を表現する指標としては、最大速度または計測震度が適しているといえる。

以上のことから、以降において家財被害の大きさを表す地震動指標としては、最大速度と計測震度を用いることとする。以降の章では、地震動指標として表記する場合には、最大速度を「速度」、 「計測震度」を震度とする。

表 II-6 転倒加速度・転倒速度・転倒震度（観測地震波を入力した場合）

入力波（観測地震波）			転倒モデル 1			転倒モデル 2		
地震	観測点	A/V	転倒 加速度 [cm/s ²]	転倒 速度 [cm/s]	転倒 震度	転倒 加速度 [cm/s ²]	転倒 速度 [cm/s]	転倒 震度
1995 年 兵庫県南部	葺合 (a)	6.5	300	46	5.59	450	69	5.94
	JR 鷹取駅	5.2	150	29	4.91	400	77	5.76
	JR 宝塚駅	7.5	350	47	5.50	550	74	5.89
2000 年 鳥取県西部	日野 (b)	8.6	550	64	5.95	900	105	6.37
	境港市東本町	8.9	300	34	5.14	500	56	5.59
	江府	17.2	1500	87	6.35		(116)	(6.60)
	伯太	19.6	1550	79	6.35	1900	97	6.53
	新見	32.6	1900	58	6.33		(61)	(6.38)
2001 年 芸予	湯来 (c)	26.8		(75)	(6.44)		(75)	(6.44)
	大野	13.9	700	50	5.96	1650	119	6.71
	東予	15.6	900	58	6.06	1500	96	6.50
	三原市円一町	12.1	650	54	5.96	1050	87	6.37
	三原	53.2		(38)	(5.93)		(38)	(5.93)
2003 年 5 月 宮城県沖	大船渡 (d)	34.3		(58)	(6.34)		(58)	(6.34)
	涌谷町新町	10.4	400	38	5.33	550	53	5.61
	石巻市泉町	31.4		(64)	(6.15)		(64)	(6.15)
	釜石	41.8		(48)	(5.94)		(48)	(5.94)
	陸前高田	53.0		(38)	(6.08)		(38)	(6.08)
2003 年 7 月 宮城県北部	涌谷町新町 (e)	11.8	750	64	5.97	1150	98	6.34
	石巻市泉町	25.5	1000	39	5.82	1700	67	6.29
	古川市三日町	10.8	300	28	5.11	650	60	5.78
	築館	35.1	1700	48	5.98		(57)	(6.12)
2003 年 十勝沖	直別	7.1	250	35	5.27	550	77	5.95
	広尾 (f)	19.0	1100	58	6.05		(105)	(6.57)
	豊頃	5.0	250	50	5.44	400	80	5.85
	池田	11.7	400	34	5.54	650	55	5.96
	大樹	4.5	200	44	5.32	300	66	5.67
	釧路	9.6	350	36	5.41	650	68	5.95
	釧路市	8.6	250	29	5.26	450	53	5.77
	苫小牧 (g)	2.6	200	78	5.24	300	116	5.59
2004 年 新潟県中越	川口町川口 (h)	12.6	450	36	5.34	750	60	5.79
	小千谷市城内	9.8	250	25	5.11	900	92	6.22
	十日町	29.2		(68)	(6.16)		(68)	(6.16)
	新潟小国町法坂	10.7	450	42	5.63	650	61	5.95
	長岡	11.9	450	38	5.37	700	59	5.76
2005 年 福岡県西方沖	福岡 (i)	5.1	250	49	5.40	350	68	5.70
	久留米	8.8	550	62	5.83	1150	130	6.47
	前原	14.0	700	50	5.82	1200	86	6.29
	柳川	11.9	450	38	5.68	900	76	6.28
2007 年 能登半島	穴水 (j)	7.9	300	38	5.43	500	63	5.87
	富来	19.3	1200	62	6.08	1800	93	6.43
	能都	24.2	1100	45	5.90	1700	70	6.28

※ 括弧書きの数値は、入力波の最大加速度を 2000cm/s² にしても転倒しなかったケースの 2000cm/s² のときの最大速度と計測震度。

表Ⅱ-7 転倒加速度・転倒速度・転倒震度(フィルター波を入力した場合)(1/2)

入力波 (フィルター波)		転倒モデル1			転倒モデル2		
記号	A/V	転倒 加速度 [cm/s ²]	転倒 速度 [cm/s]	転倒 震度	転倒 加速度 [cm/s ²]	転倒 速度 [cm/s]	転倒 震度
2a	6.1	300	49	5.60	450	74	5.96
2b	10.5	800	76	6.15	1300	124	6.58
2c	15.5		(129)	(6.88)		(129)	(6.88)
2d	16.6	1350	82	6.47		(120)	(6.81)
2e	12.4	850	69	6.10	1500	121	6.60
2f	14.9	1050	70	6.36	1800	121	6.83
2g	3.0	150	50	4.90	350	116	5.64
2h	10.9	300	28	5.16	700	64	5.90
2i	8.4	300	36	5.16	500	60	5.61
2j	7.5	400	53	5.85	650	87	6.27
5a	8.9	450	50	5.76	600	67	6.01
5b	13.5	850	63	6.20	1350	100	6.60
5c	17.8		(112)	(6.89)		(112)	(6.89)
5d	18.2	1500	82	6.52		(110)	(6.77)
5e	17.7	1800	101	6.70		(113)	(6.79)
5f	19.4	1450	75	6.58		(103)	(6.86)
5g	6.6	350	53	5.29	550	83	5.68
5h	14.0	500	36	5.72	900	64	6.23
5i	8.0	550	69	5.90	600	75	5.97
5j	9.4	450	48	5.72	750	80	6.17
10a	7.5	250	33	5.49	400	53	5.90
10b	8.6	400	46	5.90	600	70	6.25
10c	13.2	900	68	6.21	1500	114	6.65
10d	17.8	1000	56	6.13		(112)	(6.73)
10e	8.6	350	41	5.77	750	87	6.44
10f	13.1	650	50	5.99	1600	122	6.77
10g	4.7	200	42	5.26	500	106	6.06
10h	6.8	300	44	5.57	600	88	6.17
10i	7.4	400	54	5.89	650	88	6.31
10j	6.9	350	50	5.66	550	79	6.05
20a	5.3	300	56	5.86	350	66	6.00
20b	6.4	550	85	6.03	650	101	6.17
20c	12.4	650	53	5.87	1350	109	6.50
20d	10.3	550	53	5.94	1000	97	6.46
20e	8.4	350	41	5.53	700	83	6.13
20f	10.6	550	52	5.85	850	81	6.23
20g	3.3	200	61	5.51	300	91	5.86
20h	4.5	200	45	5.55	300	67	5.91
20i	4.3	200	46	5.47	300	70	5.83
20j	4.9	200	41	5.56	350	72	6.04

※ 括弧書きの数値は、入力波の最大加速度を2000cm/s²にしても転倒しなかったケースの2000cm/s²のときの最大速度と計測震度。

表Ⅱ-7 転倒加速度・転倒速度・転倒震度(フィルター波を入力した場合) (2/2)

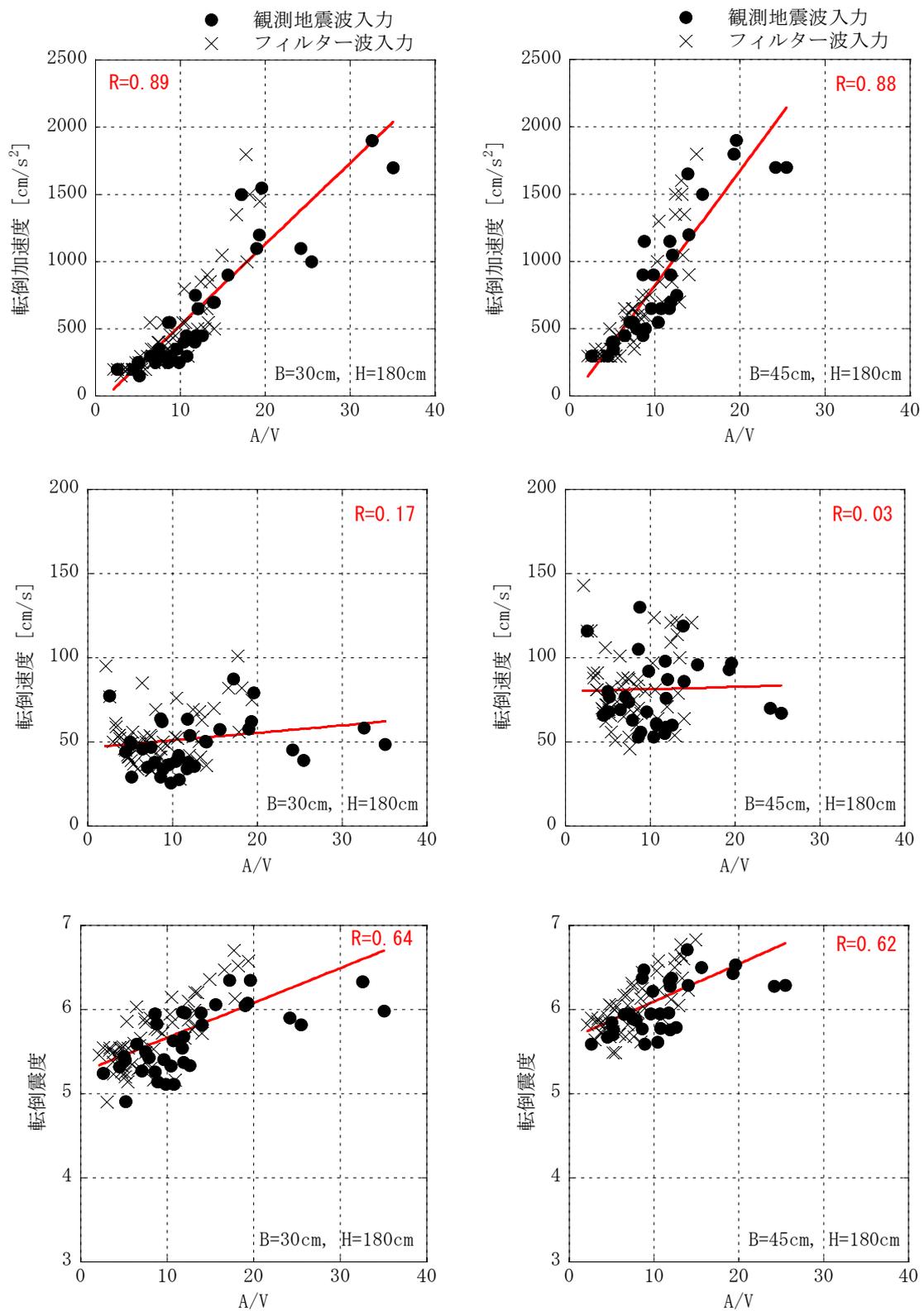
入力波 (フィルター波)		転倒モデル1			転倒モデル2		
記号	A/V	転倒 加速度 [cm/s ²]	転倒 速度 [cm/s]	転倒 震度	転倒 加速度 [cm/s ²]	転倒 速度 [cm/s]	転倒 震度
30a	3.7	200	54	5.49	300	81	5.84
30b	5.9	200	34	5.35	300	51	5.71
30c	13.3	550	41	5.81	1050	79	6.37
30d	12.0	500	42	5.66	850	71	6.12
30e	6.9	250	36	5.31	450	65	5.82
30f	5.4	200	37	5.14	300	56	5.49
30g	2.6	200	77	5.55	300	116	5.90
30h	4.4	200	46	5.39	300	69	5.74
30i	3.4	200	59	5.54	300	88	5.89
30j	5.1	200	39	5.25	350	68	5.74
40a	3.8	200	52	5.23	350	91	5.72
40b	4.8	200	41	5.33	300	62	5.68
40c	12.9	500	39	5.76	700	54	6.05
40d	7.6	250	33	5.38	350	46	5.68
40e	8.1	300	37	5.30	550	67	5.82
40f	5.1	250	49	5.20	350	69	5.49
40g	2.1	200	95	5.46	300	143	5.82
40h	4.8	250	52	5.54	350	72	5.84
40i	3.7	200	54	5.38	300	81	5.73
40j	5.5	250	46	5.54	450	82	6.05

表Ⅱ-8 転倒加速度・転倒速度・転倒震度の平均値・標準偏差・変動係数

	転倒モデル1			転倒モデル2		
	転倒 加速度	転倒 速度	転倒 震度	転倒 加速度	転倒 速度	転倒 震度
平均値	531	51.0	5.67	722	81.2	6.04
標準偏差	414	15.8	0.39	441	21.2	0.33
変動係数	0.78	0.31	0.07	0.61	0.26	0.05

※ 平均値・標準偏差・変動係数の算定では、表Ⅱ-6と表Ⅱ-7中の空欄の部分と括弧書きの数字は除いた。

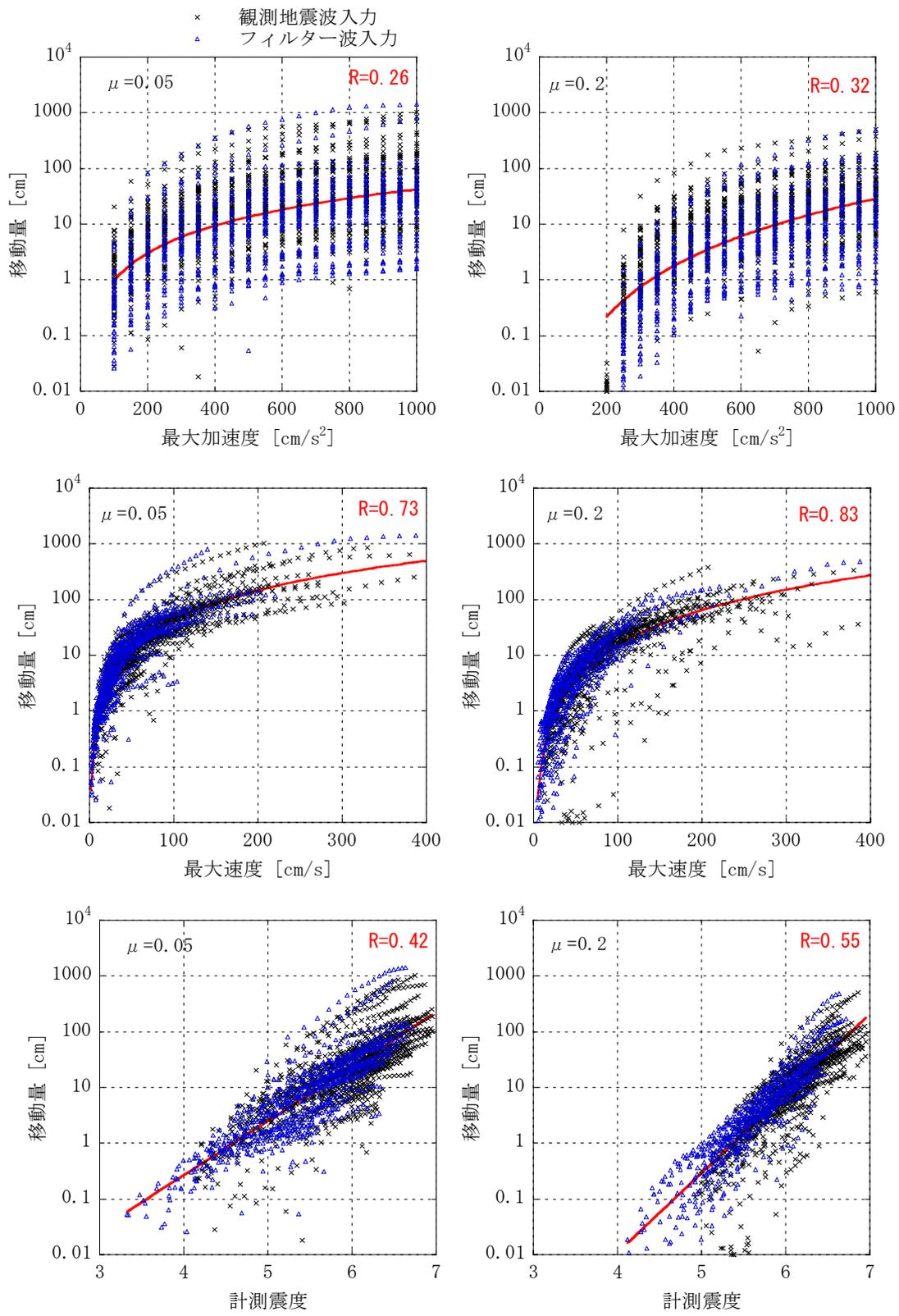
※ 変動係数=標準偏差/平均値



(a) 転倒モデル 1

(b) 転倒モデル 2

図 II-5 剛体の転倒加速度・転倒速度・転倒震度
(赤線は●と×のデータを合わせて回帰した直線, 赤字は相関係数)



(a) 移動モデル1

(b) 移動モデル2

図Ⅱ-6 剛体の移動量と地震動指標（最大加速度・最大速度・計測震度）の関係
（赤線は×とΔのデータを合わせて回帰した直線，赤字は相関係数）

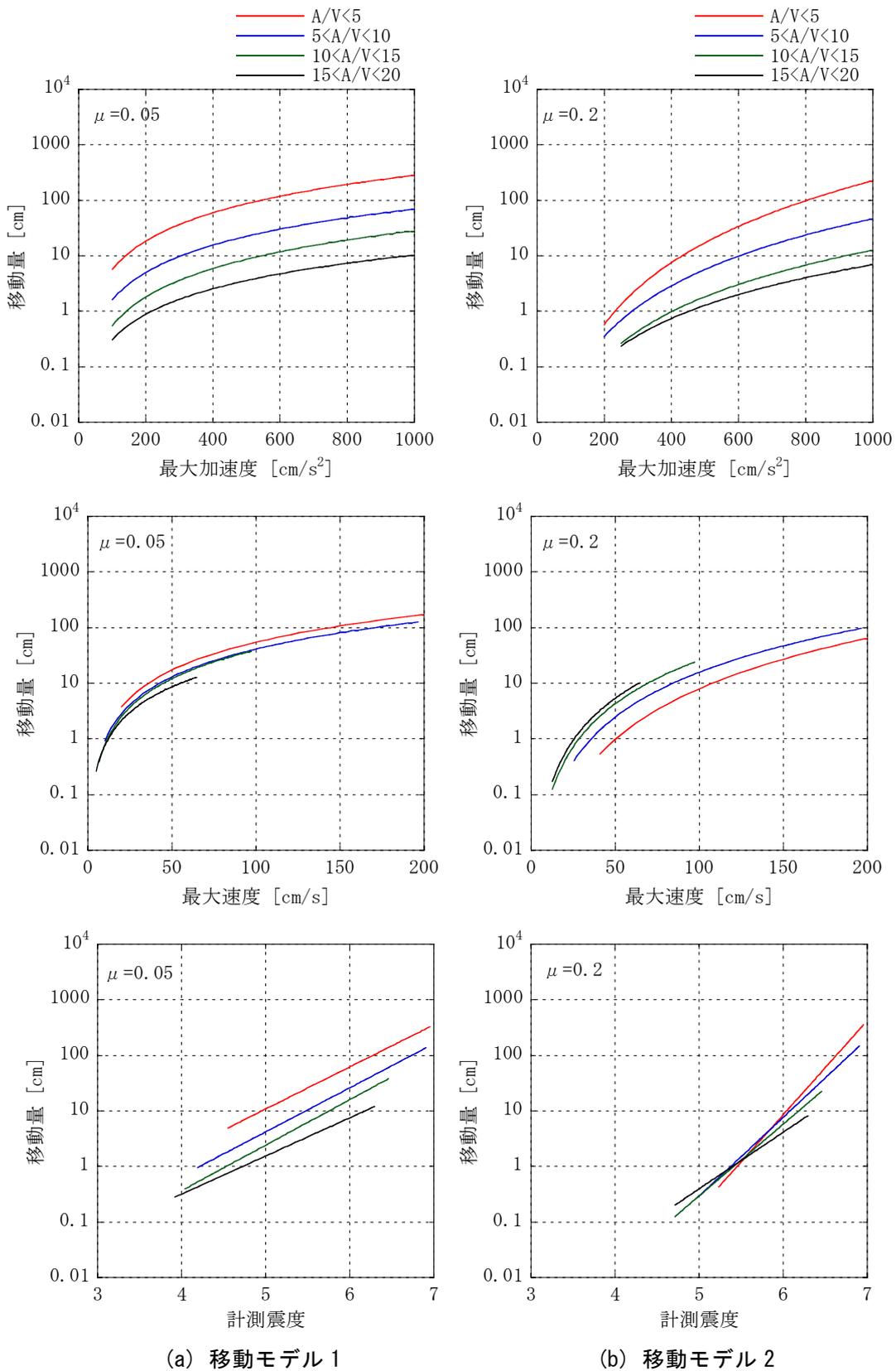


図 II-7 剛体の移動量と地震動指標（最大加速度・最大速度・計測震度）の関係（A/Vの区分ごとに回帰した結果）

