

複写機，複合機及び
デジタル印刷機の耐震実験結果報告
～移動・転倒リスクの低減方法について～

Earthquake-resistant testing report
for copying machines, multifunction devices
and digital photo-printing equipment
～The way to reduce risks of moving or falling down～

JBMIA-TR-22 : 2011

(2021 確認)

平成23年10月 制定
(October, 2011)

社団法人 **ビジネス機械・情報システム産業協会**
Japan Business Machine and Information System Industries Association

技術委員会 安全専門委員会

複写機の地震安全対策WG

複写機の地震安全対策WG 委員構成表

主査	五 野 克 昭	コニカミノルタビジネステクノロジー株式会社
副主査	中 野 善 仁	北川工業株式会社
	谷 口 匡	シャープ株式会社
委員	安 田 晃	理想科学工業株式会社
	竹 牟 禮 昭 示	株式会社エークリエイト
	三 又 勇 治	富士ゼロックス株式会社 (2010年5月まで)
	角 守 裕	富士ゼロックス株式会社 (2010年6月から)
	安 田 敦	株式会社リコー
	内 藤 昌 彦	北川工業株式会社
	北 島 直 人	キヤノン株式会社
	村 沢 賢 二	カシオ計算機株式会社
	伊 藤 幸 洋	京セラミタ株式会社 (2010年12月から)
	中 富 吉 次	東芝テック株式会社 (2010年5月まで)
	高 井 正 憲	東芝テック株式会社 (2011年2月から)
オブザーバ	小 野 修	東京消防庁 (2010年3月まで)
	水 村 一 明	東京消防庁 (2010年4月から)
	松 野 兼 男	東京消防庁
	堀 越 律 子	東京消防庁 (2010年5月から)
事務局	水 野 重 徳	社団法人 ビジネス機械・情報システム産業協会

TR 番号 : JBMIA-TR-22

制 定 : 平成23年10月17日

改 正 : ー

原案作成 : 技術委員会 安全小委員会 複写機の地震安全対策WG

目次

	ページ
1 背景	1
2 このJBMIA-TRの位置づけ及び目的	1
3 用語及び定義	1
4 目標とする軽減効果	3
5 判断基準（推奨例）	3
6 耐震実験	4
6.1 2008年, 2009年の耐震実験	4
6.2 2010年の耐震実験	7
7 まとめ	14
7.1 対策方法の有効性判断	14
7.2 推奨対策方法（減災例）の考察	20
8 耐震実験データ及び試験機関	21
8.1 耐震実験の詳細データ	21
8.2 耐震実験が可能な試験機関の情報	24
9 謝辞	25

白 紙

複写機、複合機及びデジタル印刷機の耐震実験結果報告 ～移動・転倒リスクの低減方法について～

Earthquake-resistant testing report for copying machines,
multifunction devices and digital photo-printing equipment
～The way to reduce risks of moving or falling down～

1 背景

内閣府の傘下に設置されている中央防災会議は、近い将来発生が予想される大規模地震として、東海地震、東南海・南海地震、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震、首都直下地震を想定し、大規模地震毎の被害想定に基づき、平成18年に減災目標（例 今後10年間で死者数・経済被害額を半数とする。）及びその達成のための具体目標（例 住宅の耐震化率90 %とする。）として“地震防災戦略”を策定し発行した。また、消防庁においても大規模地震に対応した自衛消防力確保のために、平成21年6月に施行された改正消防法において、一定の大規模・高層建築物等の防災管理者は、一例として地震災害に対応した被害軽減措置（家具の固定など）を含めた消防計画を作成し届出することが義務化された。

一方、独立行政法人防災科学技術研究所（以下、防災科研という。）が2008年1月に実施した“長周期地震動による高層建物の大振幅に備える震動台実験”では、キャストフリーの複写機が走り回っている映像が公開され、複写機のようなキャスト使用機器に対する地震時の危険性が警鐘され、お客様の危惧を招くきっかけになった。

当産業協会としては、このような外部環境の変化に速やかに対応するため、技術委員会 安全小委員会で2008年から地震時に複写機が顧客の設置環境で及ぼす移動又は転倒のリスクを軽減する対応策を耐震実験にて検証する活動を開始した。2009年度には、この活動を本格化するために安全小委員会の傘下に“複写機の地震安全対策WG”を発足させ、耐震実験による活動を継続してきた。2010年度は、短周期地震動及び長周期地震動に効果があると考えられる対応策を耐震実験で検証し、効果の有効性が確認できると判断した対応策を用いた複写機を準備して、防災科研が実施した“医療施設の機能保持向上のための耐震実験”に参加した結果、当WGが検討してきた複写機での減災事例の有効性が確認できた。

この成果を当産業協会会員で共有化するために、ここに標準報告書（JBMIA-TR）を作成するに至ったので有効活用をお願いしたい。

2 このJBMIA-TRの位置づけ及び目的

このJBMIA-TRは、長周期地震動、短周期地震動時を想定した耐震実験によって、移動、転倒防止対策実施前後における複写機、複合機及びデジタル印刷機の挙動をまとめたものである。

このJBMIA-TRで示す事例、データを当産業協会会員に提供し、必要に応じて実際の顧客設置環境下に於ける地震時の危害軽減化の検討の参考情報とする、及び地震対策への啓発を促すのを目的としている。

3 用語及び定義

このJBMIA-TRで用いる用語及び定義は、次による。

3.1

地震動

地震によって発生する揺れ。

3.2

短周期地震動

周期0.5～1秒の地震動。人間が最も揺れを感じやすい地震動で、建物でも地上に近い部分の揺れは短周期の揺れになる。

3.3

長周期地震動

短周期地震動の周期を超える地震動。高層建築物が最も揺れやすい地震動で、周期が短いものに比べて、建物などの揺れる幅が大きく、室内にある家具などが高速で移動し人及び／又は物を傷つけるといったことが起こる。

3.4

大地震

マグニチュード7以上の地震。アメリカ地質調査所ではさらにマグニチュード8以上を巨大地震としている。

3.5

対象機

実験に用いる複写機，複合機及びデジタル印刷機。

3.6

島設置

対象機を壁面から50 cm以上離して設置した状態。

3.7

壁際設置

対象機を壁面から50 cm未満に設置した状態。

3.8

耐震構造

地震の力に対して、構造体の力で支える技術。建物などが、地震力をうけても倒壊しないように構造を丈夫にすることをいう。

3.9

免震構造

建物などの構造体を地盤から何らかの機構で絶縁し地震力を受けないようにする技術。基礎部分にアイソレータ又はダンパを敷き，その上に建物を設置することによって地盤の揺れに建物が追随しないようにする方法がある。

3.10

制振

地震動をエネルギーとして捕らえ，対象物自体に組み込んだエネルギー吸収機構によって地震力がかかっても，その力を制御する技術。一般的には，振動のエネルギーを熱エネルギーに変換し減衰させることをいう。

3.11

テーブルの応答加速度

振動台に入力された波形を受けてテーブル（主に床）部分が応答した加速度。

3.12

加振波形

振動台に入力される地震波形。

3.13

加振方向

振動台に入力される地震力の方向。水平1方向なら一次元，水平2方向なら二次元，それに垂直方向が加わると三次元となる。

3.14

セミロック

キャストロックの制動力を弱め，一定以上の力が加わると車輪が回転するようにした状態。

3.15

ロッキング

地震力によって対象機が傾き，転倒を誘発するような状態。

3.16

減災

災害時において発生しうる被害を最小化するための取組み。あらかじめ被害の発生を想定した上でその被害を軽減させて行こうとするもので，これに対し防災は被害を出さない取組みである。

3.17

耐震実験

地震動を模擬した振動実験。

4 目標とする軽減効果

地震時に，対象機の移動，転倒による人的被害，避難通路が塞がれるなどによる2次的被害を軽減する。

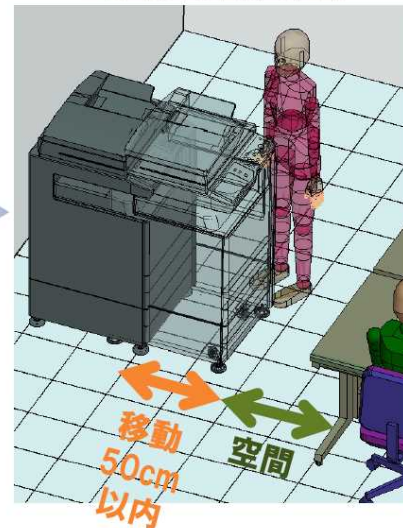
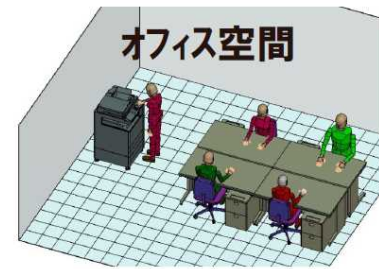
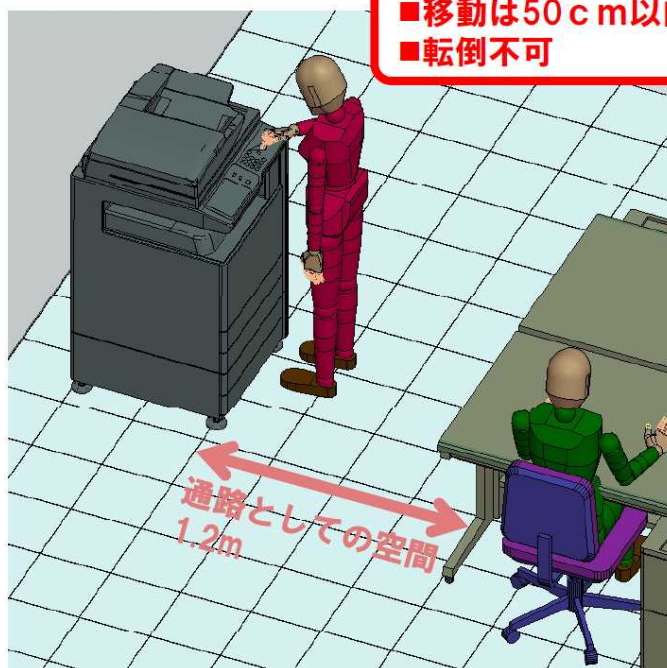
5 耐震実験を実施するに当たり策定した判断基準（推奨例）

- a) 地震後，対象機の移動距離は50 cm以内にする。避難通路は，東京都火災予防条例に従った幅120 cm確保（人二人がすれちがえるスペース）を踏まえて，人一人が通過できる60 cmを確保するためには，対象機の移動距離は50 cm以内とした。

注記 東京都火災予防条例51条（百貨店等，地下街又は展示場の避難通路等）において，“床面積が150平方メートル以上300平方メートル未満のものにあつては，1.2メートル以上の幅員の主要避難通路を保有しなければならない。”となっている。

- b) 地震によって対象機が転倒しない。転倒することにより，避難通路を塞ぐことを防止するためである。

判断基準（推奨例）



6 耐震実験

6.1 2008年, 2009年の耐震実験



a) 目的

[2008年]

- 1) 対象機の設置環境 島設置, 壁際設置の違いによる挙動確認
- 2) キャスタの固定設定方法の違い及びアジャスタによる固定の挙動確認

[2009年]

- 1) フィニッシャなどオプション機器装着時の挙動確認
- 2) 床材の違いによる挙動確認
- 3) 市販対策部材装着時の挙動確認

A	レール (市販品)	A 	B 
B	免震装置 (当時は市販予定品)		

b) 実験実施日時

- 1) 2008年8月21日～22日
- 2) 2009年8月20日～21日

c) 実験場所

千葉科学大学 危機管理学部 防災システム学科 小川研究室

d) 実験条件検証環境

- 1) 振動台
- 2) 加震方向 水平1方向（一次元）
- 3) テーブル規格 2 m×2 m
- 4) 入力波形 JMA神戸波, K-NET小千谷波ほか
- 5) 最大変位 ±22 cm
- 6) 最大加速度 2 G (0.5 t搭載時) , 1.5 G (1 t搭載時)
- 7) 最大速度 ±100 cm/s
- 8) 最大搭載荷重 1 t
- 9) 加振周波数 DC(0)～50 Hz

振動台（千葉科学大学 振動実験室）

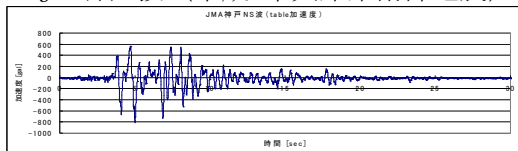


e) 加振波形

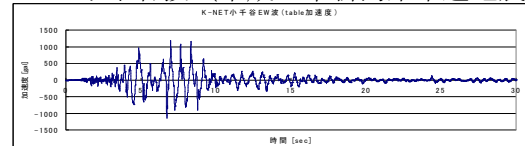
- 1) JMA神戸波 100 %（平成7年兵庫県南部地震）
- 2) K-NET小千谷波 100 %（平成16年新潟県中越地震）

参考 テーブルの応答加速度

JMA神戸波（平成7年兵庫県南部地震）



K-NET小千谷波（平成16年新潟県中越地震）



f) 実験対象製品

次のキャスト付き床置きタイプの複写機（複合機）を使用した。

- ・2008年実験対象機

No.	総質量 (Kg)		外寸 (mm) W×D×H	補足
	後輪 左	後輪 右		
	前輪 左	前輪 右		

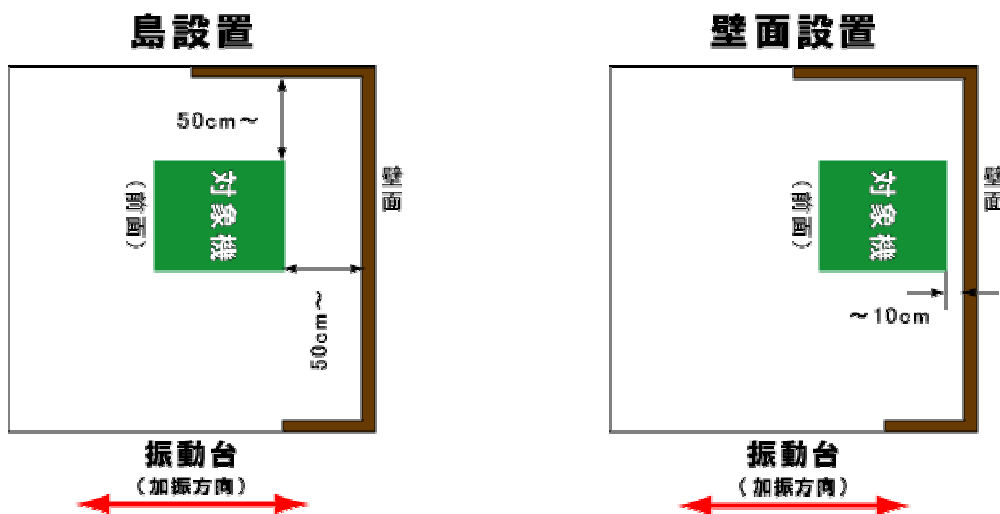
A	177		650×718×1 155	コンソール型 (キャスタはロック機構なし。 アジャスタ6個あり)
	44	68		
	27	38		
B	241		650×788×1 180	コンソール型 (キャスタはセミロック機構あり。 4箇所)
	55	67		
	63	56		

・2009年実験対象機

No.	総質量 (Kg)		外寸 (mm) W×D×H	補足
	後輪 左	後輪 右		
	前輪 左	前輪 右		
C	137.5		587×655×1 116	セパレート型 (下部にオプション給紙ユニットと上部の 本体とが連結されているタイプ。アジャ スタ機構あり)
	43.0	48.0		
	18.0	28.5		
D	148		640×679×1 126	コンソール型 (アジャスタ+キャスタロック 機構あり)
	44	68		
	27	38		

g) 設置条件

- ・対象機がオフィス内に設置される環境を壁面近傍型と独立型とに分類し、壁面近傍型=壁際設置、独立型=島設置とする。
- ・壁は、5 cm厚のコンクリート板に塗装石膏ボードを貼り付けた簡易壁を用意し、振動台に設置した。
- ・壁面設置では、対象機を壁から5~10 cmの距離、島設置では50 cm以上離して設置した。



h) 加振方向

振動台の加震方向は水平1方向（一次元）であったが、対象機の設置向きを90° 変え、X方向及びY方向への加震を行った。

i) 床材

床材の違いによる対象機の挙動の差異等を検証するために、Pタイル、タイルカーペット、フローリング（木質）を振動台に施工したうえで、対象機を設置した。

j) 加速度・変位計測

加震時の挙動を定量的に確認するため、加速度計と変位計とを対象機に取り付け、計測を実施した。

k) 実験結果

次にその実験結果の要点を記載する。

詳細結果については、**表2**及び**表3**を参照する。

[2008年実験結果から]

1) 島設置の場合は、キャストが免震効果を発揮。

壁面から50 cm～100 cm以上離して（地震による構造物の変位量を上回る条件で）設置すると、壁面との衝突の可能性が軽減。

2) 壁面に近いと、壁面に衝突して、予測できない挙動を示す可能性あり。

壁面に衝突した際の応答加速度は入力波の2～5倍。

壁面に押されて対象物の応答加速度が上昇。

3) キャスタ当たりの荷重量がアンバランスだと、挙動範囲が拡大する可能性あり。

4) アジャスタは、移動距離の抑止効果はあるが、ロックの可能性あり。

5) キャスタロックはセミロックが効果を発揮。

[2009年実験結果から]

1) フィニッシュなどのオプション装着によって、（平面上の）重心位置が変わるため想定外の挙動を示す。

2) タイルカーペットは、Pタイル、フローリング（木質）に比べて、キャストの転がり抵抗及びアジャスタの接触抵抗が大きくなるため、移動量は若干小さくなる。

3) 市販対策部材（ルール）は、X方向加振では免震性能を発揮したが、Y方向加振では対象機器とオプション機器との固定が脆弱な場合は、オプション機器が本体から落下する危険性がある。

4) 市販予定品（免震装置）は、セミロック式キャストに類似した免震性能を発揮したが、設置性と平時の移動性とに難点がある。

5) 給紙トレイのロック構造によっては、トレイ飛び出しを抑制できる。

6.2 2010年の耐震実験

6.2.1 目的

地震時における複写機、複合機及びデジタル印刷機の移動・転倒のリスクを低減させる手法の効果を、長周期地震動及び短周期地震動実験を行い確認する。

6.2.2 耐震実験内容

a) 2010年耐震実験の試験仕様に関するまとめ


上記目的を達成する為に、（入力波に近い理論上）の揺れを再現した検証を、防災科研が実施する実大構造物を使用した耐震実験に参加することによって行った。

	実験日（期間）	実験装置	設置環境 （試験体）	入力波		
				波形	短周期	長周期
①	7/12～13	(独) 都市再生機構 (三次元)	簡易躯体 ^{a)} (テーブル上)	JMA神戸波	○	—
②	7/16	(独) 建築研究所 (一次元)	〃	三の丸波	—	○
③	9/21～10/4	(独) 防災科研	RC構造4階建 ^{b)} (免震構造)	三の丸波他	○	○
④	10/12～10/21	(E-Defense)	RC構造4階建 ^{b)} (耐震構造)	JMA神戸波 他	○	○

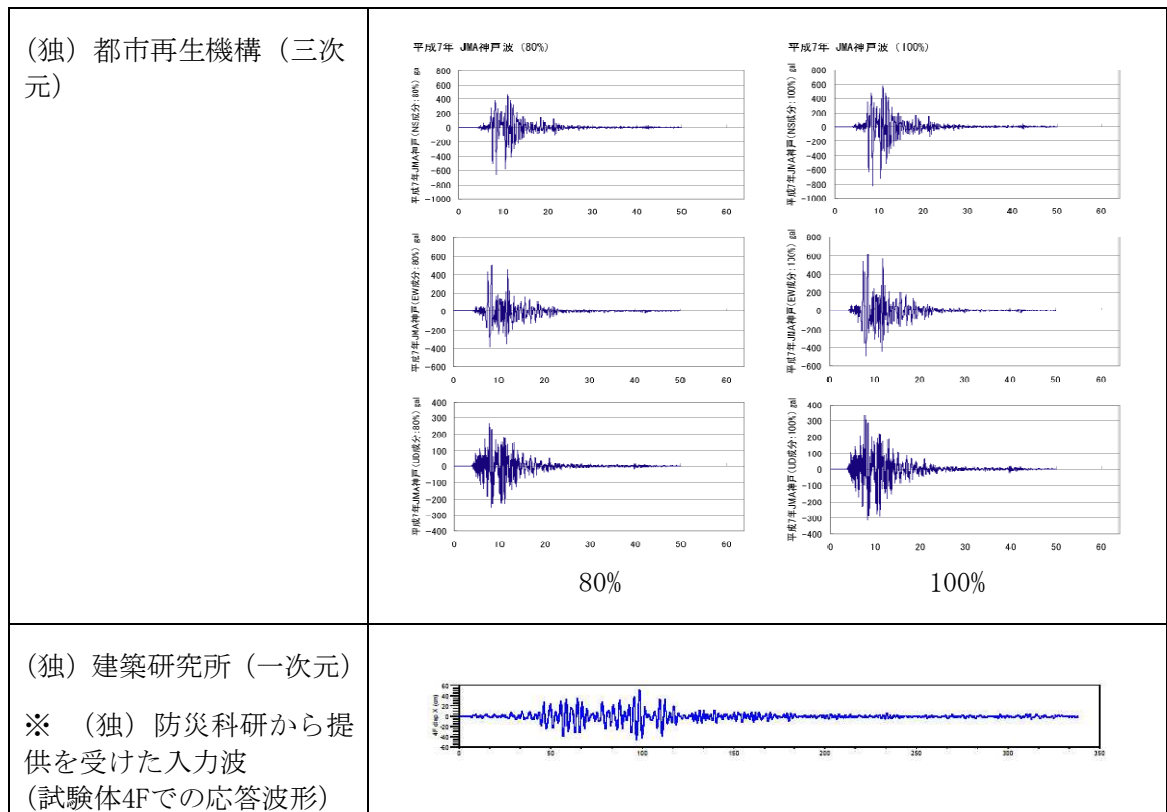
注^{a)} 振動台テーブル上に簡易的な床と壁面とを施工した構造。テーブルの揺れに近い応答。
^{b)} 鉄筋コンクリート（Reinforced-Concrete, 補強されたコンクリート）構造。実大構造物の応答。

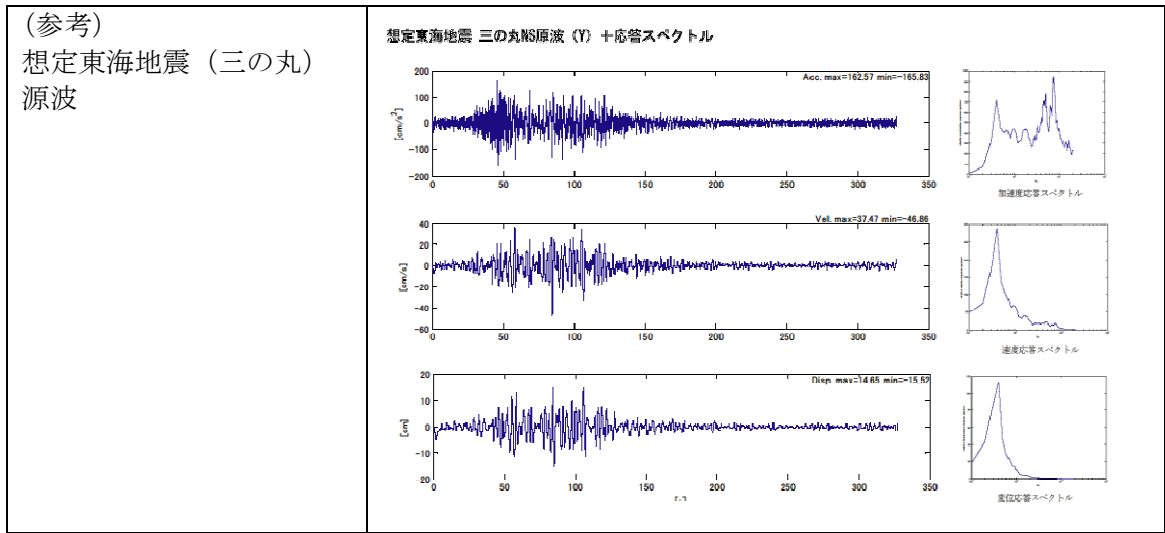
b) 実験装置仕様

(独) 都市再生機構 (三次元)	テーブル寸法	3 m×4 m (外寸)	
	最大搭載質量	4.0 t	
	最大変位	X = ±25 cm Y = ±20 cm Z = ±10 cm	
	最大加速度	XY = ±1.2 G, Z = ±0.8 G	
	最大速度	XYZ = ±75 cm/s	
	加振波	JMA神戸波, K-NET小千谷波ほか	
	(独) 建築研究所 (一次元)	テーブル寸法	
最大搭載質量		0.5 t	
最大変位		水平X = ±200 cm	
最大加速度		水平X = 1.5 G (0.5 t 搭載時)	
最大速度		水平X ±30 cm/s	
加振波		東海・東南海複合波ほか	

(独) 防災科研 兵庫耐震工学 研究センター (三次元)	テーブル寸法	20 m×15 m (外寸)	
	最大搭載質量	1 200 t	
	最大変位	X・Y=±100 cm Z=±50 cm	
	最大加速度	X・Y=±900 cm/s ² Z=1 500 cm/s ²	
	最大速度	X・Y=200 cm/s Z=70 cm/s	
	加振波	JMA ^{a)} 神戸波, 想定東海地震波ほか	
注 ^{a)} 気象庁 (Japan Meteorological Agency, JMA)			

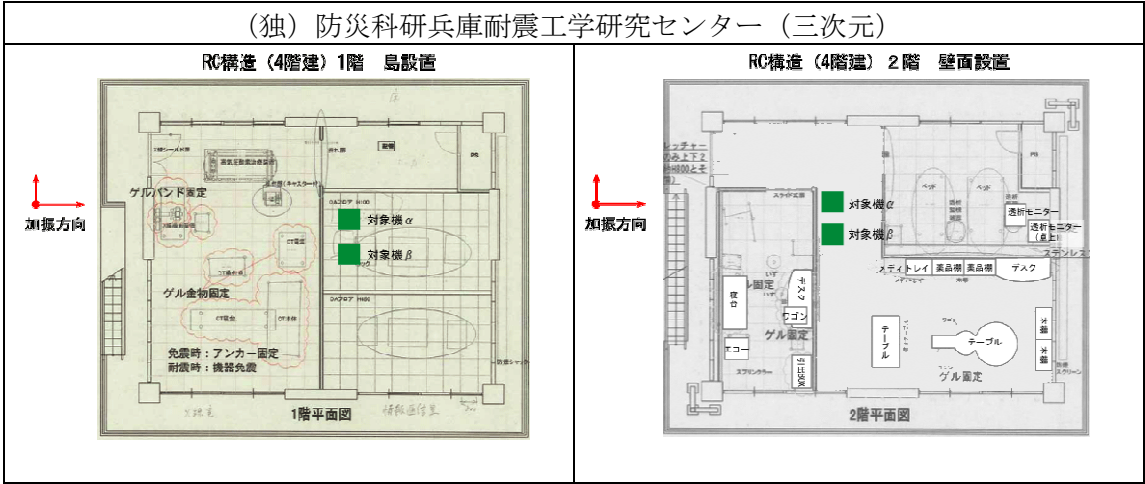
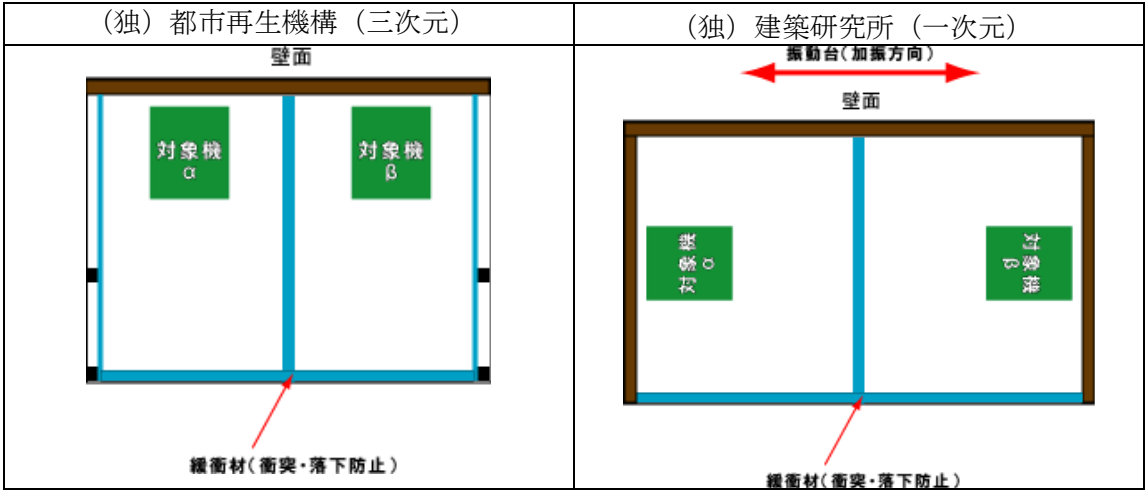
c) 入力波



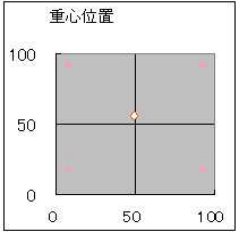
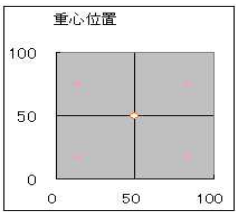
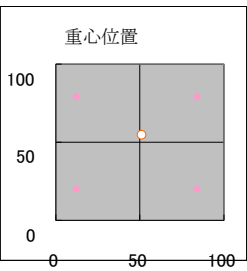


d) 試験体

- ・床面 Pタイル, 又はタイルカーペット (TC)
- ・壁面 スタッド工法壁, 石膏ボード (表面ビニール壁紙)
- ・加振条件 対象物を壁面に接して2台設置し三次元 (XYZ) 又は一次元 (X) 方向に加振



e) 対象機

<p>α</p>	<p>セパレート型</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サイズ 1 380 mm×645 mm×1 050 mm ・重量 107 kg ・キャスタ四輪セミロック（調整型），前輪ロック対応可 	
<p>β</p>	<p>コンソール型</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サイズ 590 mm×670 mm×1 220 mm ・重量 170.5 kg (本体 155 kg) ・アジャスタ機構あり 	
<p>γ</p>	<p>コンソール型</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サイズ 620 mm×760 mm×962 mm ・重量 209.5 kg (本体 199.5 kg) ・アジャスタ機構あり 	

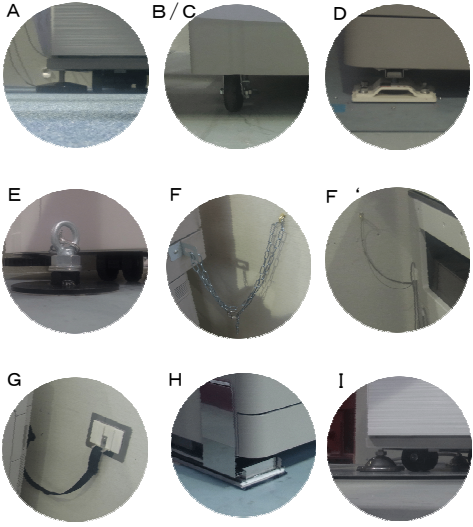
f) 対策品の選定

1) 選定理由

2010年の耐震実験で使用した対策品の選定は、以下を基本コンセプトとして決定した。

- ・ホームセンターで購入が容易である。（顧客自身が購入できる利便性を考慮）
- ・市販対策品（速やかな耐震実験遂行のために、即入手可能なものを優先した。）
- ・機器が保有している対策品である。（本来機器が保有している機能を優先して確認）

2) 対策品

A	アジャスタ固定 [標準品 ^{a)}]	
B	キャスタロック (標準品)	
C	キャスタセミロック [改良品 ^{b)}]	
D	キャスタ固定 [市販品 ^{c)}]	
E	キャスタワイヤ固定 (市販品)	
F/F'	チェーン (市販品)	
G	ベルト (市販品)	
H	レール (市販品)	
I	アジャスタ粘着固定	
注 a) 対象機に標準で装備されている対策品 b) 対象機の標準装備を改良した対策品 c) 外部から入手した市販品 (外付の対策品)		

6.2.3 耐震実験結果 (都市再生機構及び建築研究所)

a) 耐震実験データ

表4を参照する。

b) 耐震実験結果 (都市再生機構及び建築研究所)

対策	試験体	入力波		最大移動距離 (cm)	対策の効果		
		短周期	長周期				
A	アジャスタ固定	①	簡易躯体	○	—	36	効果あり 但し、ロッキング発生 (転倒する可能性大)
		②		—	○	0	効果あり
B	キャスタロック	①	簡易躯体	○	—	32	効果あり
		②		—	○	44	効果あり
C	キャスタ セミロック (前輪)	①	簡易躯体	○	—	40	効果あり
		②		—	○	15	効果あり

D	キャスト固定	①	簡易躯体	○	—	転倒	対象機上下の固定強度不足により，上下分断。
E	キャストワイヤ固定	①	簡易躯体	○	—	20	効果あり 但し，対象機のキャストが固定器具と衝突して固定器具の粘着テープの剥がれ発生
F	チェーン（市販品）	①	簡易躯体	○	—	40	効果あり 但し，衝突による壁面の損傷大
		②		—	○	41	
G	ベルト（市販品）	②	簡易躯体	—	○	40	効果あり
H	レール（市販品）	①	簡易躯体	○	—	脱輪	ペDESTAL(架台)の左側面カバーが破損し，レールから脱輪。
I	アジャスタ粘着固定	①	簡易躯体	○	—	8	効果あり
		②		—	○	2	
A+F	アジャスタ+チェーン	②	簡易躯体	—	○	9	効果あり
C+G	セミロック+ベルト	②	簡易躯体	—	○	40	効果あり

c) 実験結果を踏まえた考察

今回の検証によって，次の事象を確認した。

- 1) 簡易躯体を使用した短周期地震動の実験では，過去に行った検証のとおり，ある程度の移動範囲を許容した対策が効果を発揮した反面，外付けの強固定対策は対象機の強度に依存することが判明した。
- 2) 簡易躯体を使用した長周期地震動の実験では，短周期で効果のあったキャストのセミロックの効果が脆弱なことが判明した反面，標準機能（アジャスタ固定，キャストロック）に外付け対策を追加した場合に効果が上がることが判明した。

このことから，今回の耐震実験で効果があると判断した [(I) アジャスタ粘着固定] ， [(A+F) アジャスタ+チェーン] 及び [(C+G) セミロック+ベルト] にて，防災科研が実施した実大構造物を使用した耐震実験に参加することを決定した。

6.2.4 耐震実験結果（防災科研）

a) 耐震試験データ及び結果

対策	試験体	入力波		最大移動距離 (cm)		対策の効果
		短周期	長周期			
I アジャスタ粘着固定	③ RC (免震構造)	○	○	0	0	効果あり
	④ RC (耐震構造)	○	○	0	0	

A+F	アジャスタ+チェーン	③	RC (免震構造)	○	○	3	0	効果あり
		④	RC (耐震構造)	○	○	0	27	効果あり 但し、壁への衝突あり
C+G	セミロック (前輪)+バンド	③	RC (免震構造)	○	○	7	17	効果あり
		④	RC (耐震構造)	○	○	0	14	効果あり
C'+G	セミロック (四輪)+バンド	③	RC (免震構造)	—	○ ^{a)}	—	39	効果あり
		④	RC (耐震構造)	○ ^{a)}	—	10	—	効果あり
注 ^{a)} C'+Gについては、短周期及び長周期地震動の挙動が顕著に現れる条件のみ行った。								

b) 実験結果を踏まえた考察

- 1) 実大構造物を使用した短周期地震動の実験では、免震構造の場合、簡易躯体の実験で効果のあった“標準機能+外付け対策”が効果的であったが、耐震構造の場合、器具が揺れを緩衝する機能を持たない固定（チェーン）では、接合面の強度不足によって破損する可能性があることが判明した。
- 2) 実大構造物を使用した長周期地震動の実験では、上記“標準機能+外付け対策”が効果的であった。
- 3) なお、強固定の方式であっても、装置が標準で装備する固定方法に振動を緩衝する機構を付加した対策（アジャスタ+制振性粘着ゲル）は全ての実験で効果を発揮した。

7 まとめ

7.1 対策方法の有効性判断

対策方法の有効性を、次の4分類に於いて、最大変位に注目し、目標としている移動以内であるかの検証を行った。

- [分類]
1. キャスタフリー
 2. 機器保有対策
 3. 背面固定対策
 4. 床面強固定対策

7.1.1 キャスタフリー

キャスタフリー状態での対象機の状態を検証する。

図1に機器保有対策の最大変位と最大加速度との関係を加振波、対策別に示している。検証した加振波及び対策は次のとおりである。

a) 加振波形

- 1) 短周期地震動
 - ・ JMA神戸波100 %

- ・ JMA神戸波80 %
- ・ K-NET小千谷波100 %

b) 確認条件

1) キャスタフリー

加振波形及び地震対策の詳細については、箇条6を参照する。

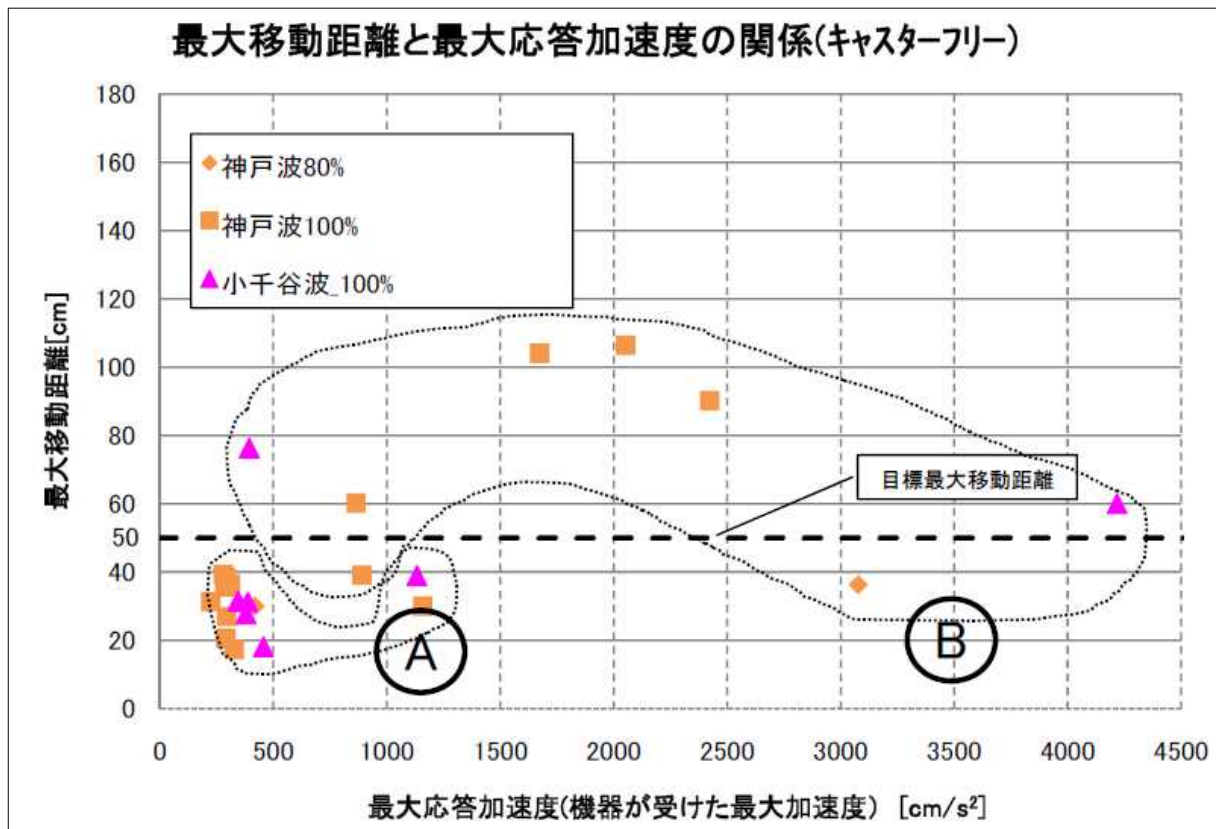


図1-キャスタフリー

全実験に於いて機器の転倒は無い。

移動に於いて、図中A, Bの結果について解説する。

- ・ A 壁との衝突が無く、キャスタの回転によって、免震効果が確認出来る。
- ・ B 壁と衝突し目標最大変位を超え移動している。

7.1.2 機器保有対策

特別な地震対策を行うことなく、対象機が本来構造的に保有している機構の有効性を検証する。

図2に機器保有対策の最大移動距離と最大応答加速度との関係を加振波、対策別に示している。検証した加振波及び対策は次のとおりである。

a) 加振波形

1) 短周期地震動

- ・ JMA神戸波100 %
- ・ JMA神戸波80 %

2) 長周期地震動

- ・ 三の丸波100 %

b) 地震対策

- 1) アジャスタ固定
- 2) キャスタの前輪ロック
- 3) キャスタの前輪セミロック

加振波形及び地震対策の詳細については、箇条6を参照する。

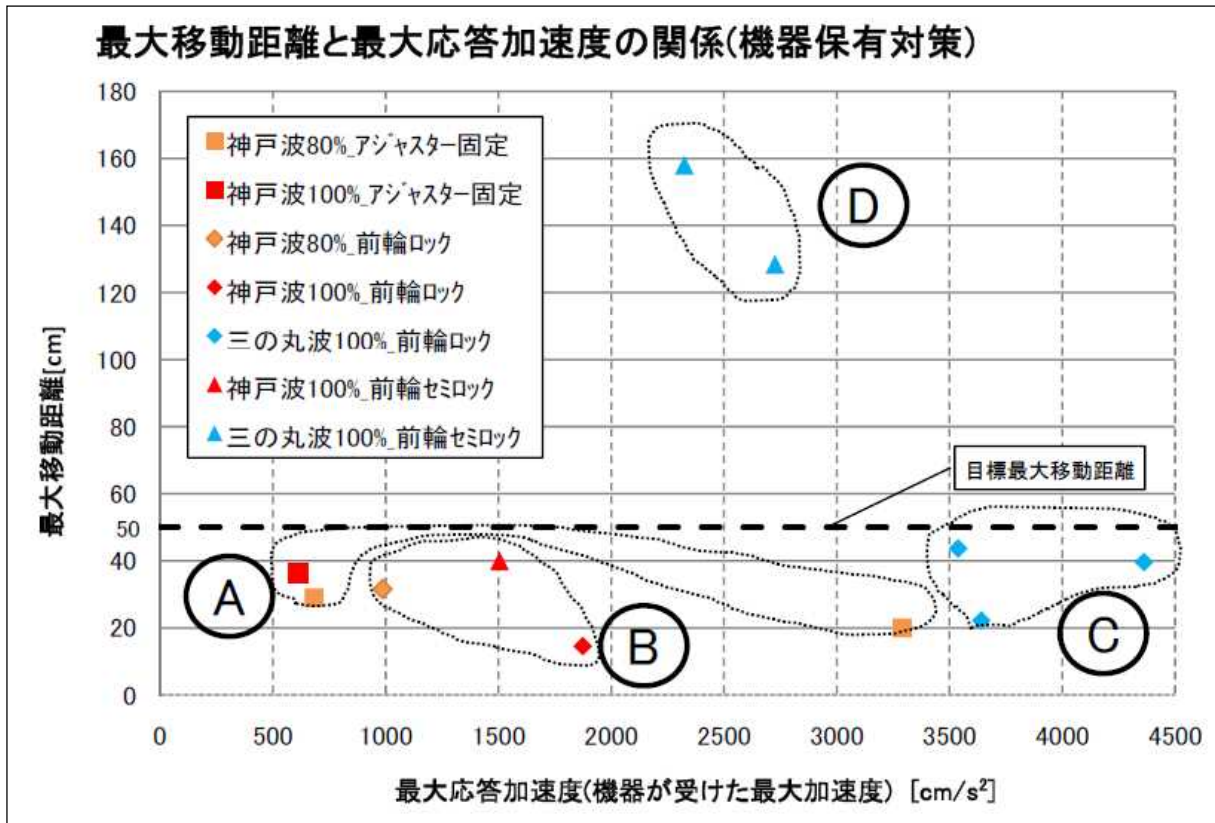


図2—機器保有対策

全実験に於いて機器の転倒は無く、転倒に関して対策効果が確認できた。

移動に於いて、図中A, B, C及びDの結果について解説する。

- ・A アジャスタ固定は、機器がロッキングと同時に移動しているが、壁との衝突がない為、目標最大変位以内の移動で停止し対策効果が確認できた。壁との衝突については今回測定出来ていないが、機器の重量、重心、地震波によって状態が異なる事が予想される。
- ・B キャスタ前輪ロック、及び前輪セミロック対策は、短周期地震動に於いては、目標最大移動距離以内の移動で停止し、対策効果が確認できた。
- ・C 長周期地震動のキャスタ前輪ロックに於いては、壁との衝突によって最大応答加速度が大きくなっているが、目標最大移動距離以内の移動で停止し対策効果が確認できた。
- ・D 長周期地震動のキャスタ前輪セミロックに於いては、壁との衝突によって最大移動距離が目標値を大きく外れており、長周期地震動に於いては、対策効果が無い。

7.1.3 背面固定対策

機器背面又は側面に、壁から一定間隔の距離を保った状態で、バンド等の部材によって固定した場合の有効性を検証した。

図3に背面固定対策の最大移動距離と最大応答加速度との関係を加振波、対策別に示している。

検証した加振波及び対策は次のとおりである。

a) 加振波形

- 1) 短周期地震動
 - ・ JMA神戸波100 %
 - ・ JMA神戸波80 %
- 2) 長周期地震動
 - ・ 三の丸波100 %
 - ・ 東海・東南海波100 %

b) 地震対策

- 1) バンド固定
- 2) バンド+前輪セミロックの複合対策
- 3) ワイヤ固定
- 4) チェーン固定
- 5) チェーン固定+アジャスタ固定の複合対策

加振波形及び地震対策の詳細については、簡条6を参照する。

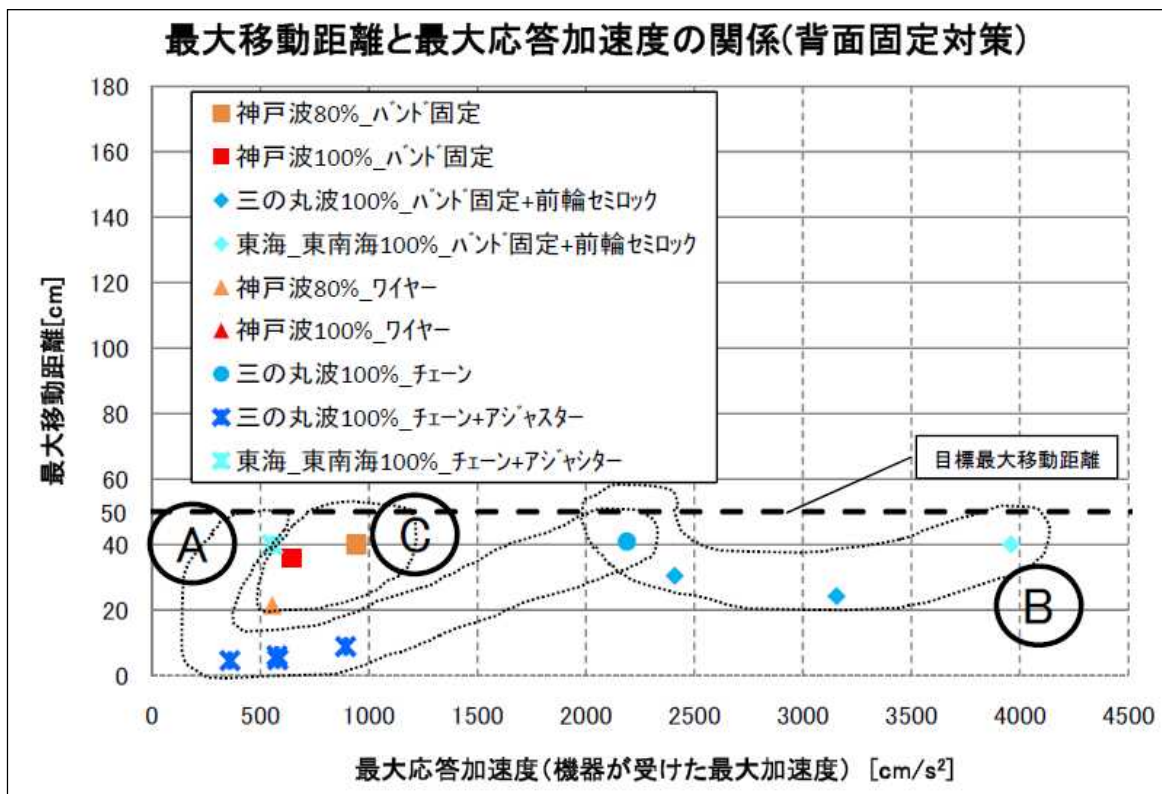


図3－背面固定対策

全実験に於いて機器の転倒は無く、転倒に関して対策効果が確認できた。

移動について、図中A、B及びCの結果について解説する。

- ・ **A** 長周期地震動に於けるチェーン固定の効果は、チェーン長さ内での移動で停止しており対策効果が確認できた。さらに、アジャスター固定を加える事によって、最大移動距離、最大応答加速度の両方を軽減できる事が確認できた。

- ・B 長周期地震動に於いて、チェーン、又はバンドの長さ以上の移動力が機器に付加されている為、最大応答加速度が大きくなっているが、最大移動距離に於いては、チェーン、又はバンド長さ以内の移動で抑制されており、対策効果が確認できた。
- ・C 短周期地震動においては、バンド、又はワイヤの長さ以内の移動で停止しており、対策効果が確認できた。

7.1.4 床面強固定対策

機器のキャスタ及びアジャスタを床面に強固定した場合の有効性を検証した。

図4に床面強固定対策の最大移動距離と最大応答加速度との関係を加振波, 対策別に示している。検証した加振波及び対策は次のとおりである。

a) 加振波形

1) 短周期地震動

- ・ JMA神戸波100 %
- ・ JMA神戸波80 %

2) 長周期地震動

- ・ 三の丸波100 %

b) 地震対策

- 1) キャスタワイヤ固定
- 2) アジャスタゲル固定
- 3) アジャスタ強固定

加振波形及び地震対策の詳細については、簡条6を参照する。

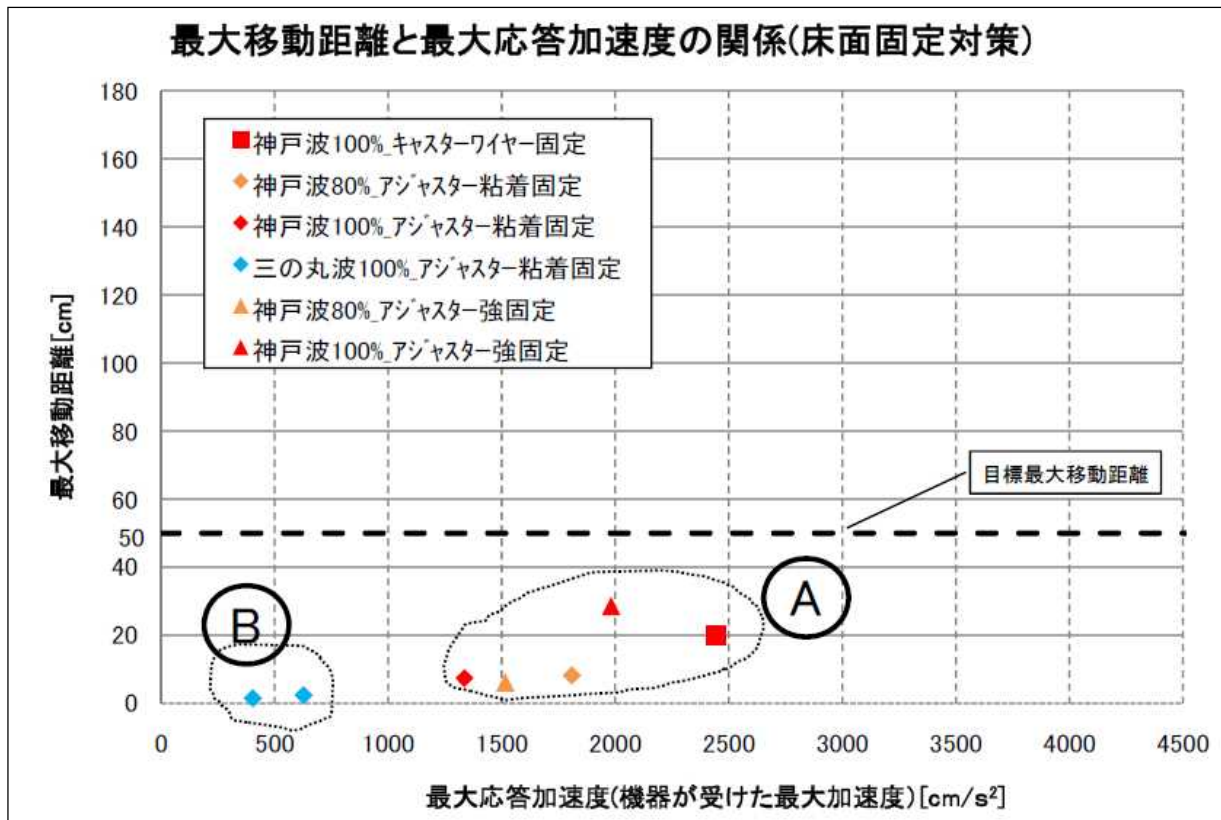


図4—床面強固定対策

全実験に於いて機器の転倒は無く、転倒に関して対策効果が確認できた。

移動について、図中**A**及び**B**の結果について解説する。

- ・ **A** アジャスタをゲルで床面に固定する対策に於いて、最大応答加速度は大きくなっているが、移動に関しては殆どなく対策効果が確認できた。機器を床面に強固定する為、加振波エネルギーを機器全体で受ける事になり最大応答加速度が増加していると考えられる。

短周期地震動時、キャストをワイヤで床面に強固定する場合、ワイヤ長さ分の移動とロッキングとによって移動距離、応答加速度ともに増加しているが、対策効果は十分であることが確認できた。

- ・ **B** 長周期地震動に於いては、加速度が小さい為、アジャスタゲル対策は、ほとんど移動なく、対策効果が確認できた。

以上の結果を基に**表1**に、移動については最大移動距離を中心に、転倒については転倒の有無に於いて、対策効果の有効性を示す。

表1ー対策効果の有効性まとめ

	対策内容	短周期地震動		長周期地震動	
		移動 ^{a)}	転倒	移動 ^{a)}	転倒
機器保有対策	・アジャスタ固定	○ (壁との距離に注意)	転倒無し	○	転倒無し
	・キャスト前輪ロック	○	転倒無し	○	転倒無し
	・キャスト前輪セミロック	○	転倒無し	× (他の対策との併用では効果有)	転倒無し
背面固定対策	・バンド固定	○	転倒無し	○	転倒無し
	・バンド固定+キャスト前輪セミロック	○	転倒無し	○	転倒無し
	・ワイヤ固定	○	転倒無し	○	転倒無し
	・チェーン固定	○	転倒無し	○	転倒無し
	・チェーン固定+アジャスタ固定	○	転倒無し	○	転倒無し
床面固定対策	・キャストワイヤ固定	○	転倒無し	○	転倒無し
	・アジャスタゲル強固定	○	転倒無し	○	転倒無し
	・アジャスタ強固定	○	転倒無し	○	転倒無し

注^{a)} “○”は最大変位が50 cmを超えない，“×”は最大変位が50 cm以上を示す。

- ・単対策よりも、複合対策の方がより効果が大である。
- ・背面固定対策は、機器側の固定強度にも注意が必要である。
- ・床面固定対策は、機器の上下固定等の強度UPなど、機器自身の強度に注意が必要である。

この結果は、限られた条件での結果であり、機器の設置場所、重量、重心、地震波、その他の条件によって結果は異なってくるが、傾向は上記となる。

7.2 推奨対策方法（減災例）の考察

2008年8月、2009年8月、2010年7月に実施した耐震実験結果及び2010年9月、同10月に参加した防災科研が実施した耐震実験の結果によって、当産業協会として“地震時における複写機、複合機及びデジタル印刷機の移動又は転倒防止の推奨策”は、次のとおりとした（**図5**参照）。

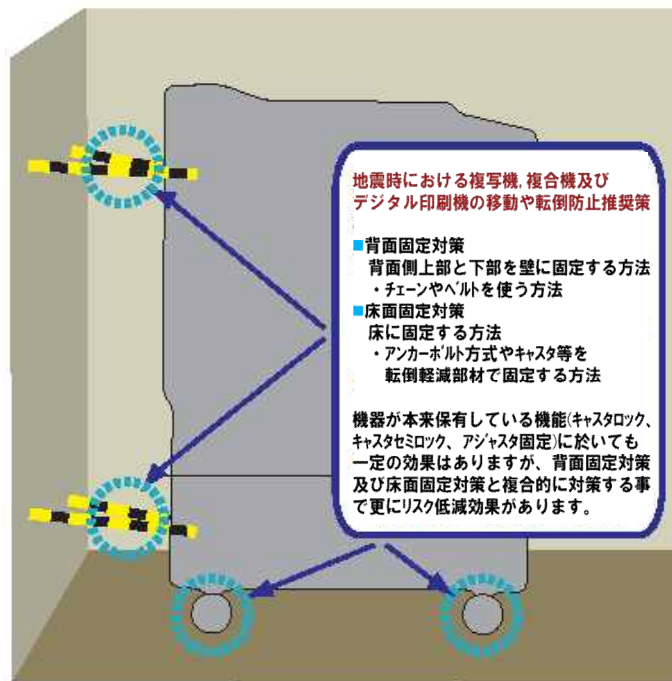


図5—地震時における複写機，複合機及びデジタル印刷機の移動又は転倒防止の推奨策

- 背面固定対策として、チェーン又はベルトを使って、背面側上部と下部とを壁に固定する方法。
- 床面固定対策として、アンカーボルト方式，キャスタ等を転倒軽減部材で床に固定する方法。

機器が本来保有している機能（キャスタロック，キャスタセミロック，アジャスタ固定）に於いても一定の効果はありますが，背面固定対策及び床面固定対策と複合的に対策する事で更にリスク低減効果がある。

各社においては，地震時に複写機，複合機及びデジタル印刷機が移動したり転倒することで顧客が怪我をしたり，避難通路を塞ぐことがないように，顧客の設置環境，複写機，複合機，デジタル印刷機の構造などの特性に合った最適な対策方法（減災例）を提案することが重要となる。

8 耐震実験データ及び試験機関

8.1 耐震実験の詳細データ

表2-2008年耐震実験データ

日付	No.	フロア	方向	加振波	加速度	対象物	設置条件	壁との距離 (mm)		キャスト ロック	試験体		結果		壁との距離		壁との距離		計測データ(最大値)						
								背面	左側面		対策	その他条件	結果	評価	X(mm)		Y(mm)		①加速	②加速	③加速	④加速	⑦変位	⑧変位	⑨変位
															左	右	左	右	table	上部X	上部Z	下部X	変:右	変:左	変:Z
8/21	加振1	Pタイル	X	神戸NS	100%	対象機A	島	500	500	なし	未対策		右回り(30)	△	570	870			-811	-188	-209	-257	-245	190	
	加振2	"	"	小千谷EW	100%	"	"	"	"	"	"		後退	△	170	220			1 233	-186	226	-316	371	409	
	加振3	"	"	神戸NS	100%	"	壁際	50	"	"	"		壁当り(大)	×	730	810			-797	1 987	732	2 855	-961	-997	
	加振4	"	"	小千谷EW	100%	"	"	"	"	"	"		少し前進	○	250	240			1 242	-231	-253	-327	-313	-341	
	加振5	"	"	小千谷WE	100%	"	"	"	"	"	"		壁当り(甚大)	×	400	560			-1 331	3 928	1 741	6 550	-873	-895	
	加振6	"	"	小千谷WE	100%	"	"	0	"	"	"		壁当り(甚大)	×	970	1130			-1 591	4 513	2 637	7 016	-1 076	-1 103	
	加振7	"	"	神戸NS	100%	"	"	50	"	"	アジャスタ固定	(6箇所)	壁当り(中)	△	30	20			-925	1 993	-598	1 510	-223	-237	
	加振8	"	"	小千谷WE	100%	"	"	"	"	"	"		移動(大)	△	0	0			-1 402	2 806	2 344	2 248	-1 027	-851	
	加振9	"	Y	神戸NS	100%	"	"	300	50	"	"		移動(小)	○	235	290	20	50	-878	1 200	-473	1 150	288	64	
	加振10	"	"	小千谷WE	100%	"	"	"	"	"	"		壁当り(甚大)	×	580	680	-40	60	-1 791	4 179	1 079	4 220	-567	427	
	加振11	"	"	小千谷EW	100%	"	"	"	"	"	"		壁当り(甚大) 左回転(90度)	×	計測不能				1 466	3 470	1 225	4 182	-440	658	
	加振12	"	X	神戸NS	100%	対象機B	"	50	500	"	未対策		壁当り(大)	×	870	480			-784	1 869	1 435	-1 626	-934	-908	
	加振13	"	"	小千谷EW	100%	"	"	"	"	"	"		移動(中)	△	700	750			1 230	1 349	-359	1 004	-718	-678	
	加振14	"	"	小千谷WE	100%	"	"	"	"	"	"		壁当り(甚大)	×	460	490			-1 402	4 367	2 157	4 364	-958	-944	
	加振15	"	"	神戸NS	100%	"	"	"	"	あり	"		移動(小)	○	310	290			-868	988	321	682	-383	-405	
	加振16	"	"	小千谷WE	100%	"	"	"	"	"	"		移動(大)	×	610	620			-1 405	3 597	2 588	3 812	-845	-832	
	加振17	"	Y	神戸NS	100%	"	"	300	50	"	"		移動(小)	○	290	350	0	50	-796	473	152	-483	157	13	
	加振18	"	"	小千谷WE	100%	"	"	"	"	"	"		移動(中)	○	280	360	20	90	-1 378	570	298	-665	270	52	
8/22	加振1	Pタイル	X	神戸NS	100%	対象機A		50	500	なし	CP1-S	E(1.2)			150	165			-821	4 141	1 728	4 119	-157	-159	
	加振2	"	"	小千谷WE	100%	"		"	"	"	背面にダンパ (55 mm)														
	加振3	"	"	神戸NS	100%	対象機B		"	"	"	CP1-L	G(1.5)	前(40)後(50)		190	220			-814	850	727	2 257	-229	32	
	加振4	"	"	小千谷WE	100%	"		"	"	"	"	"			300	320			-1 402	3 586	-1 221	-2 204	-452	134	

8.2 耐震実験が可能な試験機関の情報 (表5参照)

表5-耐震実験可能な試験機関

所有者	地域	竣工	種別	テーブル	最大積重量(t)	備考 (仕様)	最大加速度(G)			最大変位(±cm)			最大速度cm/s			加振波				貸出費用/日(万円)				貸出範囲			備考
							X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	JMA 神戸	JMA 小千谷	K-NET 小千谷	三の丸	施設 貸与	計測 電気	受託 実験	躯体 施工	施設 貸与	計測	受託 実験	
1 千葉科学大学	千葉(銚子)	2005/3	一次元	2×2 m	1.0		2.0	-	-	22	-	-	100	-	-	○	○	○	×	-	-	-				北川工業にて専属使用契約中	
2 独)都市再生機構	東京(八王子)		三次元	4×3 m	4.0		1.2	1.2	0.8	25	20	10	75	75	75	○	○	○	×	31	20		40	○	△		
3 NTTファシリティーズ	東京(武蔵野)	2010/3	三次元	4×3 m	7.0	長周期	2.0	2.0	1.5	110	110	50	200	200	150				○	-	-	-				2010年3月完成 2011年2月時点=調整中 一般への貸出は当面NG	
						短周期	2.0	2.0	2.0	15	15	15	150	150	150	△	△	△	×								
4 大林組 技術研究所	東京(清瀬)		三次元	5×5 m	50.0		3.0	2.0	1.0	60	30	20	200	130	100	○	○	○	×	200							
5 清水建設	東京(江東)		三次元	4×4 m	20.0		1.0	1.0	1.0	20	20	10	45	45	22.5	△	×	×	×								
6 鹿島技術研究所	東京(調布)	2011/1	二次元	2×2 m	5.0	長周期	0.5	0.5	-	125	135	-	250	250	-				○								
			三次元	5×7 m	60.0	主振動台	2.0	2.0	2.0	25	35	15	200	200	100	○	○	○	×							営業経由の依頼物件のみ対応	
7 独)建築研究所	茨城(つくば)		一次元	2.5×4 m	0.5		1.5	-	-	250	-	-				○			○	50	3.5			△	△		長周期地震動再現可
8 独)建築研究所	茨城(つくば)		三次元	3×4 m	20.0		1.5	-	-	15	15	-				○			×	90	3.5			△	△		長周期地震動再現可
9 独)土木研究所	茨城(つくば)		三次元	8×8 m	300.0		2.0	2.0	1.0	60	60	30	200	200	100	○	○	○	×	115	35			○	△	-	
10 鴻池組 技術研究所	茨城(つくば)		三次元	3×3 m	10.0		1.0	1.0	1.0	15	15	10	75	75	50	△	×	×	×	100							
11 奥村組 技術研究所	茨城(つくば)		三次元	4×4 m	60.0		3.0	3.0	3.0	12.5	12.5	7.5	100	100	50	△			×	100	50			○	○		
12 住友金属工業	茨城(鹿島)		二次元	2×3 m	10.0													×						-	△	○	
13 明治大学	神奈川(川崎)		三次元	4×3 m	3.0		1.5	1.4	1.0	12.5	7.5	7.5	85	85	85	△	△	△	×			200		-	△	○	
14 東京工業大学 都市地震工学センター	神奈川(横浜)		二次元	3.2×2.2 m	1.0		1.0	1.0		100	50		150			○			×								首都圏大震災軽減のための実践 的都市地震工学研究の展開
15 大成建設 技術センター	神奈川(戸塚)		三次元	4×4 m	20.0		1.0	1.0	1.0	20	20	10	45	45	22.5	△	×	×	×	120	130			○	△		
16 東急建設 技術研究所	神奈川(相模原)		三次元	4×4 m	30.0		1.0	1.0	0.8	50	20	10				△	×	×	×	100				○	△	○	
17 日本国土開発 技術研究所	神奈川(愛川)		三次元	4×4 m	20.0		1.0	1.0	1.0	15	15	15	100	100	100	△	×	×	×								
18 パナソニック電工 品質評価棟	大阪(門真)		三次元	1.5×1.5 m	0.5		2.9	2.9	2.9	20	20	20	75	75	75	△	△	△	×								
19 浅沼組 技術研究所	大阪(高槻)		二次元	1.5×2 m	2.5		2.0	2.0		7.5	7.5	5	50	50	30	△	△	△	×								同時二方向加振
20 独)防災科学技術研究所	兵庫県(三木)	2004/5	三次元	20×15 m	1 200		0.9	0.9	0.9	100	100		200	200		○	△	△	○	3000							
21 独)原子力発電機構	香川県(多度津)	1982/11	二次元	15×15 m	1 000		5.0	-		20	-		75	-	75												2005/9閉鎖

注意 上記の試験機関を利用するにあたっては、各社の責任において利用可能かを確認いただくことをお願いする。

9 謝辞

実験に当たり、多くの方々からのご助言、ご指導をいただき大変感謝している。中でも、次の方々には、改めて御礼を申し上げる。

- 千葉科学大学 危機管理学部 防災システム学科教授 小川 信行様
平成20年（2008年）初回の耐震実験当初からご指導をいただき、また、E-ディフェンスを使用した実験に参加する機会を与えていただいた。
- 東京消防庁 防災部 副参事 消防司令長 小野 修 様
東京消防庁 防災部 防災課 震災対策係係長 水村 一明様
同 震災対策係主任 松野 兼男様
同 震災対策係副主任 堀越 律子様
WGのオブザーバとして毎回貴重なご意見をいただいた。
- 危機管理教育研究所 代表 国崎 信江様
“現状の文部科学省における地震調査研究の方針について”をテーマにしたご講演をいただいた。
- （独）防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センター センター長 梶原 浩一様
同 主任研究員 佐藤 栄児様
E-ディフェンスを使用した実験に参加する機会を与えていただくと共に、三次元／長周期地震動実験へのご助言、ご指導をいただいた。
- （独）建築研究所 国際地震工学センター 上級研究員 斉藤 大樹様
長周期地震動実験に参加する機会を与えていただくと共に長周期地震動実験へのご助言、ご指導をいただいた。
- （独）都市再生機構 都市住宅技術研究所 住まい技術研究チーム 金子 知宣様
三次元地震動実験に参加する機会を与えていただくと共に三次元地震動実験へのご助言、ご指導をいただいた。

参考文献 [1] 地震の事典（朝倉書店） 宇都 徳治，吉井 敏克，嶋 悦三，山科 健一郎編集
[2] 振動する世界（ナツメ社） 鈴木 幸平著
[3] 火災予防条例 昭和37年3月31日 東京都条例 第65号