

OA機器の落下・転倒防止実験 (第1報)

Fall preventive measures for office computer systems (Series 1)

加藤 和夫*

片岡 正弘*

概要

最近、急速に家庭や職場に普及しているパソコン、ワープロなどのOA機器は地震によって落下、転倒しやすい。

本実験は、パソコン、ワープロ等のOA機器が地震時において落下、転倒による損傷の可能性、人命への危険性を検証するとともに、装置の挙動及び固定金具の有効性等を検証し、今後のOA機器の耐震対策の一助とするものである。

本実験の結果は、次のとおりである。

- 1 ラックの転倒防止については、今回実験で使用した固定金具のボルト固定で十分効果がある。
- 2 装置の落下防止については、それぞれの装置にあった固定方法であれば効果がある。
- 3 装置の稼働状態であっても転倒防止と落下防止の措置がしてあれば、正常に機能する可能性が高い。

Personal computers and word processors, which are very popular at work places and families, can fall down easily when an earthquake attacks.

We experimented the possibility of their fall in case of an earthquake, damaging the equipment themselves, or causing injuries to people.

And we also experimented the effectiveness of fastening devices which hold the equipment tight.

We hope this experiment will contribute to the earthquake countermeasures for computers in office.

- 1 Bolts, which we used in this experiment, showed enough effectiveness for fall prevention of racks which contain computers.
- 2 For falling prevention of computers, fastening devices of each computer have enough effectiveness for the purpose.
- 3 Computers have a high possibility of continuing to work, in case of an earthquake, if they have preventive measures against falling down.

1 はじめに

近年、建物の耐震化が進み、地震時に建物の倒壊等の被害は少なくなっている。

しかし、建物の中に置かれている屋内収容物の落下・転倒する被害が増大している。

この屋内収容物の中で、最近、オフィスをはじめ一般家庭にも急速に普及しているパソコンやワープロなどのOA機器は、専用ラックや机の上に単に置かれていることが多く、地震時に装置が落下、転倒しやすい。

また、関東地方に平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震のような大地震が発生すれば、OA機器の落下・転倒に加え人命の危険さえも予想される。

このことから、今回パソコンについて、地震時における落下・転倒の検証及び落下・転倒防止対策を行って

くために実験を行った。

2 実験概要

- (1) 実験は、振動測定装置の振動台(以下、「振動台」という)の上に供試体〔プリンタ、ディスプレイ、システム装置及びキーボードで構成されたパソコン(以下「パソコン」という)を設置し、振動の入力条件(振動方向、地震波、周波数、強さ)を変化させてその挙動、落下・転倒状況等を測定、観察した。
- (2) 供試体の各装置について、設置方法、装置の固定方法(ロック及びベルト方式)等を変化させて実験を行った。

*第二研究室

3 供試体の構成等

(1) 構成、寸法等は、表1のとおり。

表1 供試体の構成、寸法

構成	寸法 (単位mm)			重量 (単位kg)
	高さ (H)	幅 (W)	奥行 (D)	
(1) システム装置	545	190	403	15
(2) ディスプレイ	371	372	398	18
(3) プリンタ	180	560	380	15
(4) キーボード	35	480	205	2
(5) ラック	1070	800	800	35

(2) 型式：H社製・2020型

(3) 形状：写真1参照



写真1 供試体の設置状況
(ラックを固定していない状態)

4 実験年月日及び実験場所

(1) 実験年月日
平成7年4月27日

(2) 実験場所
東京消防庁消防科学研究所振動実験室

5 実験に使用した測定装置等

表2のとおり。

表2 実験で使用した測定装置等

測定器名	諸元
(1) 振動測定装置	ア 供試体を乗せ振動実験、条例試験に使用 イ IMV製 DS-2000-25L型 ウ 水平・垂直の2次元振動装置で、電気により駆動しコンピュータで制御する動電型 エ 正弦波(周波数範囲 0.5~100 Hz)、地震波の入力により可動 オ 振動台の大きさは2.5m×2.5m カ 最大搭載量は2000kg キ 加振力は試験体：500kgで890gal ク 最大変位・速度 水平：150mmP-P, 70cm/sec ケ 性能曲線は、図1のとおり
(2) ワークステーション	ア 加速度センサーによる振動波形解析及び記録に使用 イ 振動解析システム：Appollo 8000シリーズ700 ウ ヒューレットパッカード製 エ 解析ソフトウェア：I-DEAS(SDC製)
(3) データレコーダ	ア 波形の記録に使用 イ TEAC製 ウ DATテープ型：RD-145T
(4) 振動計表示ユニット	ア センサーの信号を変換しデータの抽出に使用 イ 振動の強さをデジタル表示するのに使用 ウ IMV製 エ 16ch
(5) 加速度センサー	ア 装置の加速度の測定に使用 イ IMV株式会社：サーボ型加速度センサー

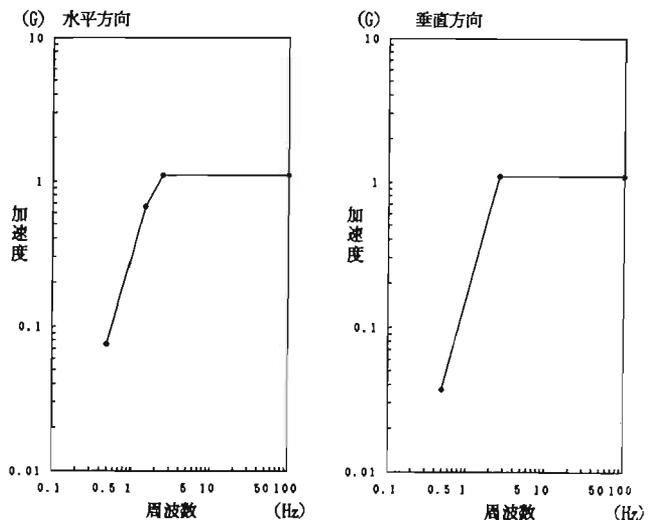


図1 振動測定装置性能曲線

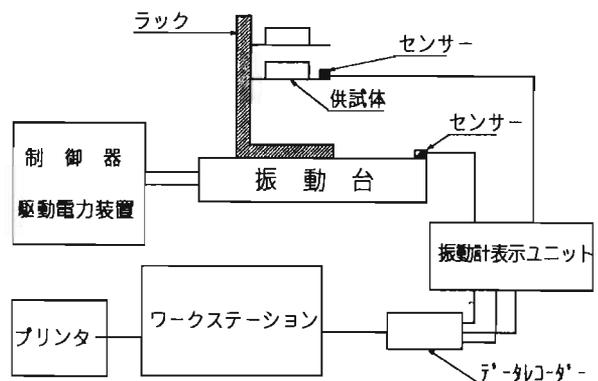


図2 測定系統図

6 実験方法等

(1) 実験方法等

ア ラックの設定

ラックの床置き部分は、キャスター又はアジャスター四個を四角に設け、これでラック全体を支えている。移動するときは、キャスターを使用し、床置きで使用するときには、アジャスターに交換して使用する。

本実験では、次の2通りで行った。

- (ア) アジャスター四個で床置き（固定しない）する方法（写真1参照）

なお、床面は振動台上に合板を載せ、その上にPタイルを貼った。

- (イ) Lアングル四個をそれぞれアジャスター部の横鉄棒にボルトで固定し、更に床にボルトで固定する方法（図3・写真2参照）

イ 各装置のラック上での配置（写真2参照）

- (ア) プリンタ : ラック最上部にセットした。
 (イ) ディスプレイ : ラック3段の中段部にセットした。
 (ウ) システム装置・キーボード : ラック下段に固定した。

ウ 装置の向き（振動台上での設置方向）

- (ア) 振動方向 : 正面の向きが振動方向と同じ
 (イ) 振動方向に直角 : 正面の向きが振動方向と直角の向き

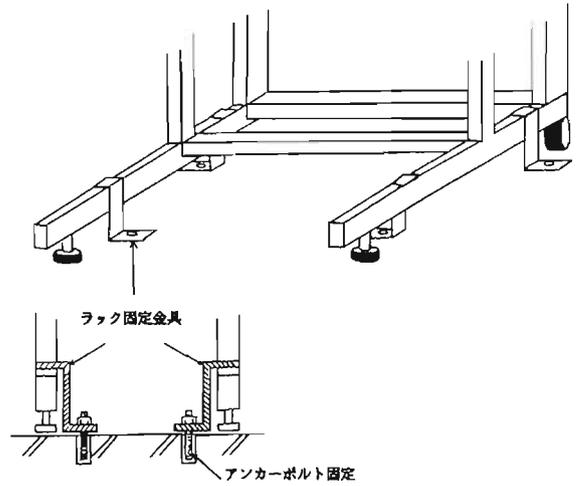


図3 転倒防止方式

エ 装置の固定方法

表3の方法で装置をラックに固定した。

表3 装置の固定方法

固定方法	内容
① ロック方式 (写真3参照)	<ul style="list-style-type: none"> 商品名「フライファスナー」 米国製 中型ファスナー（2個一組） 粘着面サイズ25.4mm×44.5mm ベルト長さ102mm
② ベルト方式 (写真4参照)	<ul style="list-style-type: none"> ベルト部は、ナイロン製で市販されているもの、両端を金属製の固定板を取り付けてボルトで固定する。 ベルト部は、可変できる。



写真2 供試体の設置状況
(ラックを固定した状態)

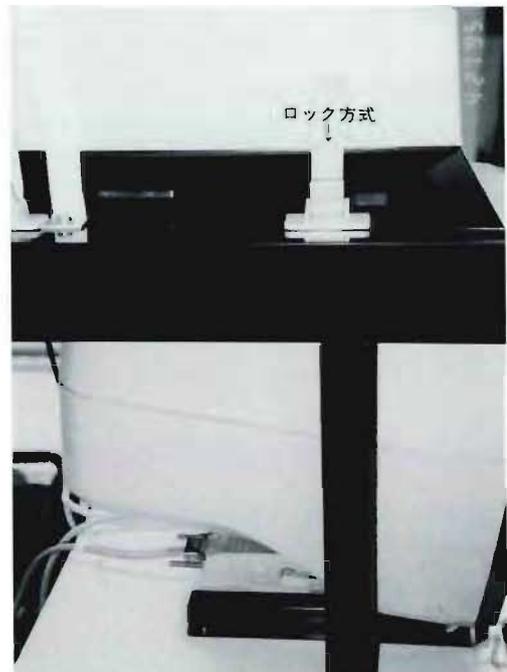


写真3 ロック方式（プリンタ固定状況）

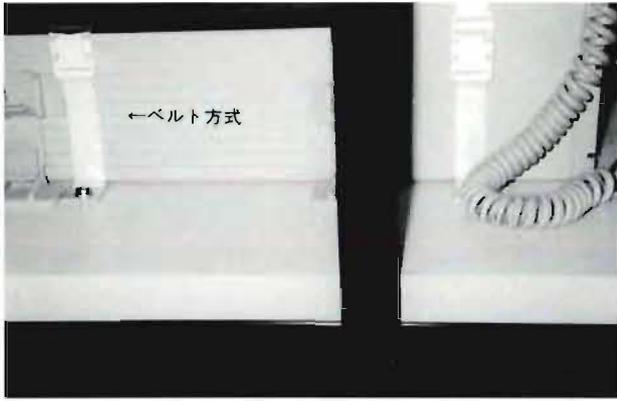


写真4 ベルト方式 (システム装置固定状況)

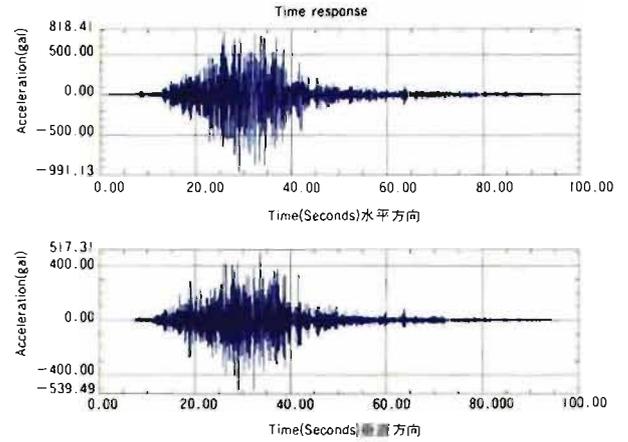


図5 1993年釧路沖地震波

(2) 測定 (入力) 条件

入力波の周波数、振動方向等については表4により実施した。

表4 測定 (入力) 条件

入力波	周波数	波形	振動方向	加 速 度 等
正弦波	3 Hz	図4	水平方向	漸増加速度30gal/s で0~800 gal まで漸増した。
地震波	釧路沖地震波	図5	地震波の水平・垂直同時	最大加速度：920 cm/s ² (E) 711 cm/s ² (W) 周 期：0.37 sec
	①発 生 日 時：平成5年1月15日 20時06分 ②地震波記録場所：気象庁釧路観測所 (釧路地方気象台) ③震 央：北緯42度53.5分、東経144度22.4分 ④震 源 の 深 さ：103.2 km ⑤マグニチュード：7.8 ⑥各 地 の 震 度：震度6：釧路、震度5：浦河・広尾・八戸			

(3) 測定項目

測定項目、内容は、表5により実施した。

表5 測定項目等

測 定 項 目	測 定 内 容
ア 加速度の測定	<ul style="list-style-type: none"> ・ラックを床固定した場合は、ラック中段のディスプレイ設置部に加速度センサーを取り付けその位置における加速度を測定した。 ・ラックを床固定しない場合は、床面を移動することから測定しなかった。
イ 目視による観察	<ul style="list-style-type: none"> ・振動状況及び結果について、カメラ及びビデオによる記録と目視による観察を行った。

(4) 実験方法

実験は、ラックの床面固定の有無、装置の固定方法向き及び入力条件をそれぞれ組み合わせる表6により実施した。(詳細は、表6に示す。)

7 実験結果

(1) 表6に示す。

(2) 実験結果の概要は、次のとおりである。

- ア ディスプレイは振動及び振動方向にあわせて首振りをする。また、地震波入力に対して正弦波入力では、より首振りが激しく、ラックを固定した場合は、非常に激しくなる。
- イ 全体的に各方向に滑るが、より振動方向に滑る。
- ウ 各固定方式とも地震波のほうが正弦波入力より安定している。
- エ 装置の向きが振動方向に直角の場合は、滑りが少なく回転する動きをする。

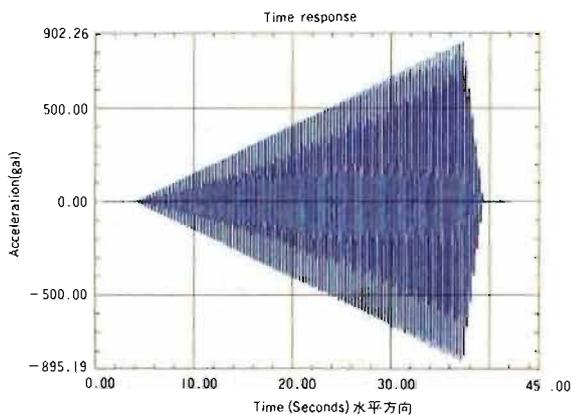


図4 3 Hz正弦波

表6 実験方法及び結果

転倒防止 (床面の固定)	落下防止 (パソコンの固定 個所数)	装置の向き	入力条件		状況及び結果		
			入力波形・周波数				
ラック下部四角 をアジャスター で床置き(固定 しない)する方 法	ロック方式 システム装置×4 プリンター×4 キーボード×1	振動方向	3 Hz正弦波 (水平方向)	落下・転倒しない	<ul style="list-style-type: none"> ・ディスプレイは首振りがある。 ・ラックは全体的に滑るが、より振動方向に滑る。テーブルから飛び出すのでゴム紐で強制的に中央部に移動させたものがある。 ・地震波入力では正弦波入力より安定していた。 ・装置の向きが振動方向に直角の場合は、滑りが少なく回転する動きをする。 ・ラックが飛び跳ねるような動きをする。 		
			地震波 (1993年釧路沖)				
		振動方向に 直角	3 Hz正弦波 (水平方向)				
			地震波 (1993年釧路沖)				
		ロック方式 システム装置×4 キーボード×1	振動方向			3 Hz正弦波 (水平方向)	
						地震波 (1993年釧路沖)	
	振動方向に 直角	3 Hz正弦波 (水平方向)					
		地震波 (1993年釧路沖)					
	ベルト方式 システム装置×4 プリンター×1	振動方向	3 Hz正弦波 (水平方向)				
			地震波 (1993年釧路沖)				
		振動方向に 直角	3 Hz正弦波 (水平方向)				
			地震波 (1993年釧路沖)				
ラックを床面に Lアングルで固 定する方法	ロック方式 システム装置×4 プリンター×4 キーボード×1	振動方向	3 Hz正弦波 (水平方向)	落下・転倒しない	<ul style="list-style-type: none"> ・ラックはテーブルと同じに動き安定している。 ・ディスプレイは首振りが非常に激しい。 ・ベルト及びロック方式とも緩みが見られるが、落下脱落等はない。 ・正弦波の方が地震波に比べ動きが激しい。 ・ラックを固定しない場合に比べ装置の動きが激しい。 ・ベルト方式で装置の正面向きが振動方向の場合は、正弦波900galになった時点でキーボードの固定が外れ落下した。 		
			地震波 (1993年釧路沖)				
		振動方向に 直角	3 Hz正弦波 (水平方向)				
			地震波 (1993年釧路沖)				
		ロック方式 ディスプレイ×4 キーボード×1	振動方向に 直角			3 Hz正弦波 (水平方向)	ディスプレイのロック 方式が1ヶ所斜がれた (写真5参照)
						地震波 (1993年釧路沖)	ディスプレイのロック 方式が1ヶ所斜がれた (写真6参照)
	ベルト方式 システム装置×4 プリンター×1	振動方向	3 Hz正弦波 (水平方向)	900galでキーボードが 落下した			
			地震波 (1993年釧路沖)				
		振動方向に 直角	3 Hz正弦波 (水平方向)	落下・転倒しない			
			地震波 (1993年釧路沖)				

注 記入のない装置は、別に金具等で固定し実験の対象外とした。

オ 正弦波入力では、ラックが床面に引っ掛かり飛び跳ねる様な動きが生じた。

カ 地震波及び正弦波入力とも、床面を固定しない場合はラックが床面を広い範囲で移動するが、各装置の固定は比較的安定している。

また、床面を固定した場合は、ラックは安定しているが、各装置の固定に緩みが生じた。脱落や落下はしなかった。

キ ラックを固定し、正弦波入力の最大800ガル有的时候、ラック中段の加速度は、最大で約1500ガルを記録した。(図5参照)

また、地震波を入力した場合は、ラック中段の加速度は、水平方向で最大約1400ガルを記録した。(図6参照)

ク 装置を稼働状態(電源を投入し、ディスプレイ画面に文字を映し出している状態)で、「ベルト3ヶ所固定で装置の正面向きを直角にして地震波入力で振動させた場合」の結果は、特に異常無く稼働していた。



写真5 ディスプレイのロック方式固定が剥がれた状況 (3 Hz正弦波)

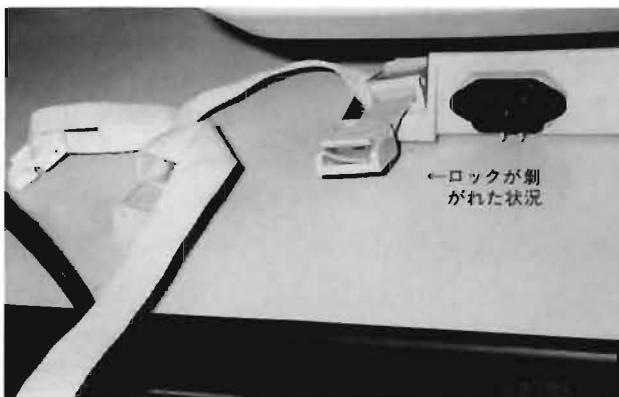


写真6 ディスプレイのロック方式固定が剥がれた状況 (1993年釧路沖地震波)

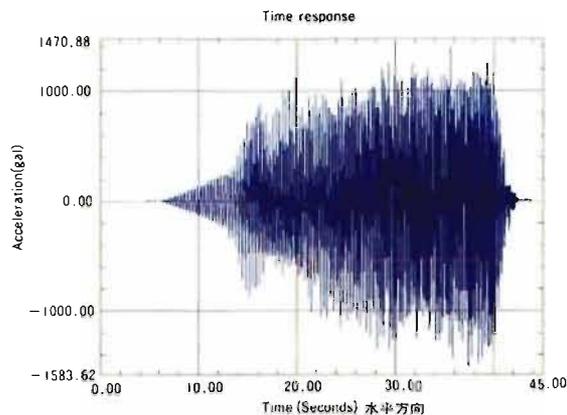


図6 ラック中段の波形 (3 Hz正弦波)

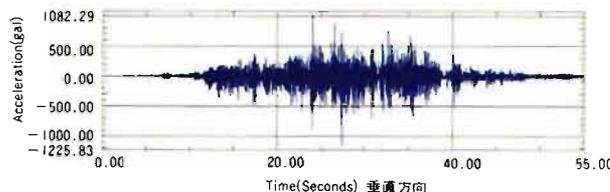
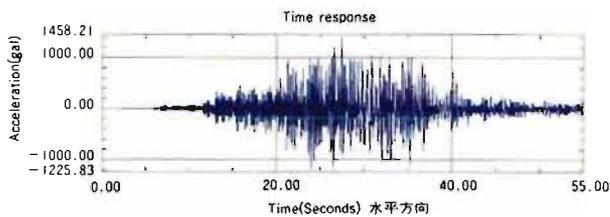


図7 ラック中段の波形 (1993年釧路沖地震波)

8 考 察

- (1) ディスプレイの可動部は振動及び振動方向にあわせて激しく首振りをするが、今回の実験では破損しなかった。しかし、観察状況ではさらに強い力が加わると破損することが十分推定される。
- (2) ラックを固定しない場合は、次のことが考えられる。
 - ア 装置の正面が振動方向と同一の場合は、振動方向に滑って動くが、直角に置いた場合は、振動方向に少し動きながら回転しようとする。これは前方両サイドにアジャスター及び後部サイドにキャスターがそれぞれ付いており、併せて、この床面の支点4ヶ所の寸法は、横が奥行より長く、かつ、各装置とも横と奥行の寸法が異なるなどが重なって、滑動に影響を与えていると考えられる。
 - イ 装置の固定は2種類で、かつ、止める箇所の増減をしてもいずれも緩みは見られたが外れ等はない。これは、振動台の振動が装置に直接伝達されないためと推定される。
- (3) ラックを固定した場合は、次のことが考えられる。
 - ア ラックが固定されていることから、ラック自体は安定している。従って、地震に耐えられる固定方法

であれば問題はない。

イ しかし、装置はラックを固定しない場合に比べ、かなり激しい動きをする。これは、ラック中段の加速度が約1500ガルまで(入力は3 Hz正弦波800ガル)上昇することから明らかであり、入力波より約1.8倍まで強まっている。

この原因としては、振動台の振動がラックの固有振動周波数と一致して共振現象を起こし、より激しく振動したものと考えられる。

従って、これに耐えられる固定方法でないと脱落等が生じるものと考えられる。

実際に、いずれの固定方式でも落下はしなかったが、緩みが見られた。(ディスプレイをロック方式で固定した場合。写真5・6参照)

- (4) 正弦波でラックが床面に引っ掛かり飛び跳ねる様な動きが見られたが、これは、重心の位置、床の敷物の種類、振動の種類によっては、転倒する可能性があるものと推定することができる。
- (5) 装置が稼働状態(電源を投入し、ディスプレイ画面に文字を映し出している状態)でも、脱落等の落下や転倒がないかぎり、振動停止後、動作するものと推定できる。
- (6) ロック方式(粘着テープ止め)のものは、振動が長く続くと効果が低下することが推定される。

9 結 論

- (1) ラックの転倒防止については、Lアングルのボルト固定で十分効果がある。

ただし、Lアングルの厚さ、ボルトの大きさ、取付け個数と強度の関係については、今後実験を進めて確認しておく必要がある。

なお、ラックを固定しないと床面を滑り、状況によっては、広範囲にかなりのスピードで動き、壁等にぶつかったりすることから、損傷はともかくその付近にいる者に危険を及ぼす恐れがある。

- (2) 装置の落下防止については、800gal、震度7程度の地震においても、いずれの固定方式であっても、十分効果がある。

ただし、ラックを固定した場合は、建物の共振等から瞬間的に装置にかなりの力は加わることも予想されるので、固定箇所をある方向のみに揃えないで、一定箇所以上行う必要はある。

また、装置の形状(重心が高い)によっては、固定方式を検討していく必要がある。

- (3) 固定箇所、固定数と強度の関係については、今後実験を重ねて確認しておく必要がある。

- (4) 装置自体の振動に対する強さについても、今後製造業者に確認、検証させるか、或いは実施する必要があると考えられる。

ロック方式(粘着テープ止め)のものは、1回の地震を経るごとに交換をする必要がある。

また、経年変化に対して粘着テープの強度の低下も考えられる。

- (5) 装置が稼働状態(電源を投入し、ディスプレイ画面に文字を映し出している状態)であっても、転倒防止と装置の落下防止の措置がしてあれば、正常に機能する可能性が高い。
- (6) 兵庫県南部地震は、周期が長く、かつ、加速度の影響よりも速度の影響が大きく、かつ、短時間であるので、従来の地震波入力と異なるが、基本的には変わらないものと考えられる。

10 おわりに

- (1) 今回使用した装置の固定金具の特徴は、表7のとおりであるが、いずれも効果がみとめられるので使用場所、美観等を考えて、それぞれにあった対策を講ずればよいと思われる。
- (2) 机等の上に平面的に固定した場合の挙動、対策について、今後更に実験を重ねていく必要があると思われる。
- (3) 半永久的に同一箇所で使用する場合は、美観を考慮して最初から装置にあった取り付け金具を製作し取り付けの方がよいと思われる。

表7 装置の固定金具の特徴

方式	特 徴	長 所	短 所
ロック	粘着テープで固定	取り付けが簡単である	3年毎や地震後に交換する必要がある。 床取り付けは出来ない
			※年間を通じテープの強度を調査してみる必要がある。
ベルト	両端ネジ止め	長さの調節が可能 丈夫で、安定感がある 長年の使用に耐える。	両端ネジ止めで工事が 必要で、美観上も良くない。

なお、今回の実験を実施するにあたり、情報処理課の多大な協力を頂きました。