

OA機器の落下・転倒防止に関する研究 (第2報)

Safety Measures against the Fall of Office Computer Systems (Series 2)

加藤 和夫*

片岡 正弘*

概 要

最近、急速に普及しているパソコン、ワープロなどのOA機器は、地震時には、落下、転倒するケースが多く予想され機器の損傷や人命への危険性が考えられる。

今回の実験は、OA機器の中でもディスプレイとプリンタについて固定方法を変えてその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 装置は、固定方法によって効果が違ってくるので組み合わせを考慮する必要がある。
- 2 両面テープを使用した固定方法は有効で、美観も損なわない。
- 3 ディスプレイは、重心が高く可動部分を有することから、固定方法には工夫が必要である。

The use of office-automation equipment like personal computers and word processors has been spreading rapidly. Meanwhile, it has been feared that some of the equipment may easily fall and break down in the event of an earthquake, sometimes causing serious injuries to office workers.

We examined the effectiveness of metal fittings for displays and printers, fixing machines in varying ways. We hope that the results of our tests will be of significance for the establishment of anti-earthquake measures for office-automation equipment.

The results/conclusions are as follows:

- 1 For effective immobilization, fixtures must be properly selected according to the types of equipment to be fixed.
- 2 'Double-sided, tapes are effective and recommendable. Also, they give no untidy appearance to the equipment fixed.
- 3 Computer displays must be elaborately fixed because of the fact that their center of gravity tends to be raised, and their upper, heavy part is also movable.

1 はじめに

前回報告(第1報、1996年第33号)した実験において、OA機器は、地震時に落下、転倒しやすいことがわかった。そして、OA機器中でも、プリンタ及びディスプレイについては、その危険性が高く、機器の損傷や人命への危険性も考えられる。

このことから、今回の実験では、プリンタ及びディスプレイについて市販されている固定具等を使用して有効な落下、転倒防止の固定方法を検証することを目的に実験を行った。

2 実験概要

実験は、振動測定装置の振動台(以下、「振動台」という)の上に専用ラックを固定し、その上に供試体(プリンタ、ディスプレイ)を設置する。

供試体は、市販されている固定具等で固定し、振動の入力条件(振動方向、地震波)を変化させてその挙動を観察して、固定具の有効性を検証するため詳細に実験を行った。

3 供試体の構成等

- (1) 構成、寸法等は、表1のとおり。
- (2) 型 式：H社製
- (3) 形 状：写真1参照

*第二研究室

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



写真1 供試体の設置状況

4 実験方法等

(1) 実験方法等

ア ラックの固定

ラックは、キャスターで移動可能であるが、Lアングルを用いて4隅4ヶ所をボルトで鉄柱に固定して、それを振動台に固定した。(写真1参照)

イ 次のように、各装置をラック上に配置する。

(写真1参照)

(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段のうち中段部にセットした。

(ウ) システム装置・キーボード

: ラック3段のうち下段に固定した。

エ システム装置、キーボード及びマウスはベルト等で完全に振動に耐えうるように固定した。

エ プリンタ及びディスプレイを固定する固定具等、固定方法及び実験番号

(ア) プリンタ及びディスプレイを固定する固定具等は、表2のとおり。

(イ) プリンタの固定方法及び実験番号は、表3のとおり。

(ウ) ディスプレイの固定方法及び実験番号は、表4のとおり。

なお、測定する装置以外の装置は、ベルト等で完全に固定する。

表2 固定具等の種類

固 定 具 名	内 容
① ゴムストッパー	<ul style="list-style-type: none"> ・厚さ5mmのゴムを長さ7cm、幅2.5cmにL字型に切った手製のもので、両面テープでラックに固定するもの。 ・装置の足部の外側に当てることによって、動きを阻止する方法である。(装置とラックを固定するものではない。) <p>(写真2参照)</p>
② プリンタストッパー	<ul style="list-style-type: none"> ・市販されているもの。 ・表面が粘着テープになっているものと、表面がマジックテープになっているもの2種類で構成されている。 ・大きさは、2.5cm×5cmの長方形で、厚さ1.6cmである。 ・表面が粘着テープになっているものを装置及びラックに接着させて、表面がマジックテープになっているものを挟むように固定する方法である。 <p>(写真3参照)</p>
③ コンピュータストラップ	<ul style="list-style-type: none"> ・市販されているもの。 ・ナイロン製のベルトの両側面にバックルを取り付け、それぞれのバックルの一面を装置及びラックに粘着テープで固定する方法である。 <p>(写真4参照)</p>
④ テレビストラップ	<ul style="list-style-type: none"> ・市販されているもの。 ・コンピュータストラップと同様のものの他に、装置上部とラックを長さ80cmのナイロン製のベルトで取り付け、それぞれのバックルの一面を粘着テープで固定する方法である。 <p>(写真5参照)</p>
⑤ 飛び出し防止金具	<ul style="list-style-type: none"> ・L型の金属のもので、ラックに両面テープにより取り付けて、ディスプレイが前方に落下するのを阻止するもの。 <p>(写真10参照)</p>

表3 プリンタの固定方法及び実験番号

実験番号	固定具名	振動方向	固定方法等
1	ゴムストッパー	横	・プリンタの足部の動きを阻止するためにラック4カ所に両面テープで取り付ける。(写真6参照)
2		正面	
3	プリンタストッパー	横	・プリンタの底面4カ所とラックをプリンタストッパーにより固定する。(写真7参照)
4		正面	
5	コンピュータストラップ	横	・プリンタの両側面4カ所とラックをコンピュータストラップにより固定する。(写真8参照)
6		正面	

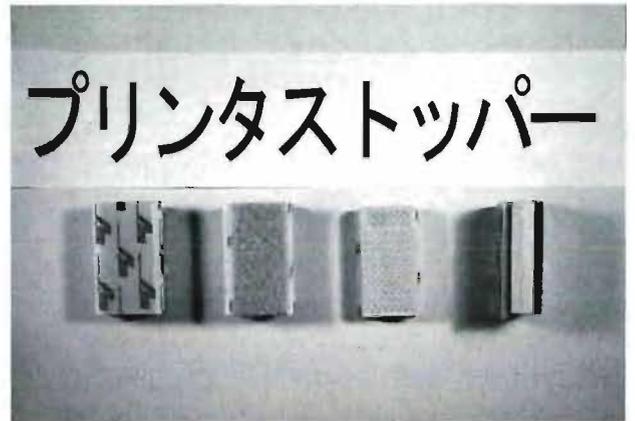


写真3 プリンタストッパー

表4 ディスプレイの固定方法及び実験番号

実験番号	固定具名	振動方向	固定方法等
7	ゴムストッパー	正面	・ディスプレイの足部の動きを阻止するためラック4カ所に両面テープで取り付ける。(写真9参照)
8	ゴムストッパーと飛び出し防止金具の併用	正面	・ディスプレイの足部の動きを阻止するためラック4カ所に両面テープで取り付ける。また、ディスプレイ上部のラックに飛び出し防止金具を2カ所取り付ける。(写真10参照)
9	テレビストラップ	横	・ディスプレイの両側面1カ所及び裏面上部とラック1カ所の計3カ所をテレビストラップで固定する。(写真11・12参照)
10		正面	
11	テレビストラップとゴムストッパーの併用	正面	・ディスプレイのブラウン管の両側面1カ所、裏面上部とラック1カ所の計3カ所をテレビストッパーで固定し、さらに、足部4カ所をゴムストッパーで固定する。 ・可動部固定する。(写真13参照)

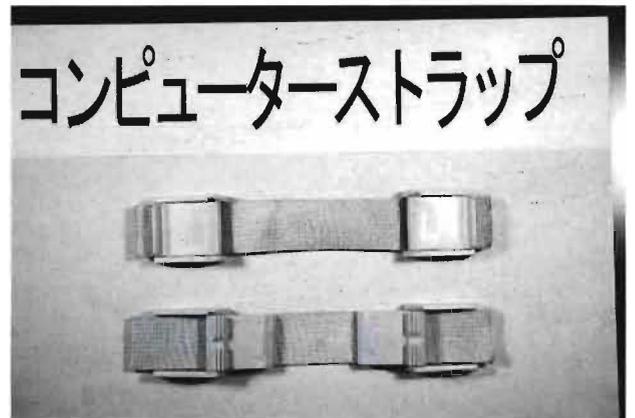


写真4 コンピュータストラップ

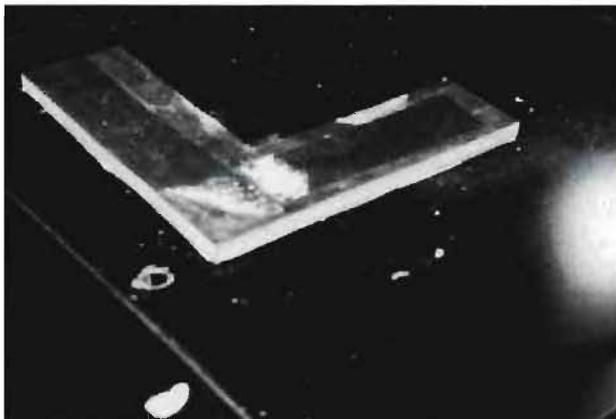


写真2 ゴムストッパー

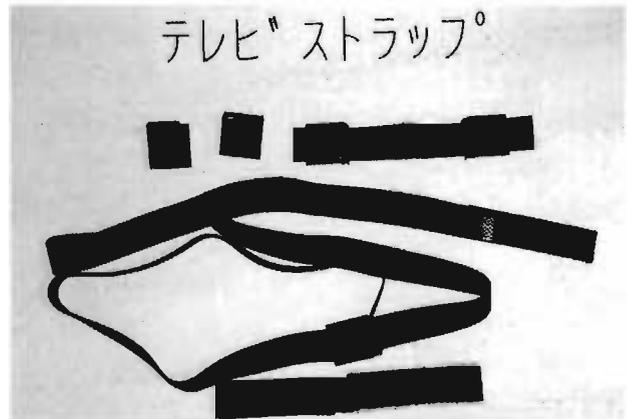


写真5 テレビストラップ



写真6 ゴムストッパーの設置状況

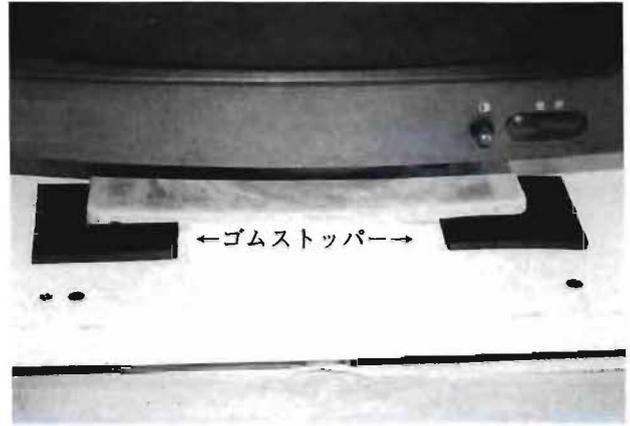


写真9 ゴムストッパーの設置状況



写真7 プリンターストッパーの設置状況



写真10 ゴムストッパー及び飛び出し防止金具の設置状況



写真8 コンピューターストラップの設置状況



写真11 テレビストラップ（正面）の設置状況



写真12 テレビストラップ (裏面) の設置状況



写真13 テレビストラップ及びゴムストッパーの設置状況

- オ 装置の向き (振動台上での設置方向)
- ㊦ 振動方向に直角：正面の向きが振動方向と直角の向き (横)
- ㊧ 振動方向：正面の向きが振動方向と同じ (正面)

(2) 入力条件

入力波は、前回の実験で使用した地震波 (1993年釧路沖地震) を使用し、水平・垂直方向に同時に振動台を加振する。(図1参照)

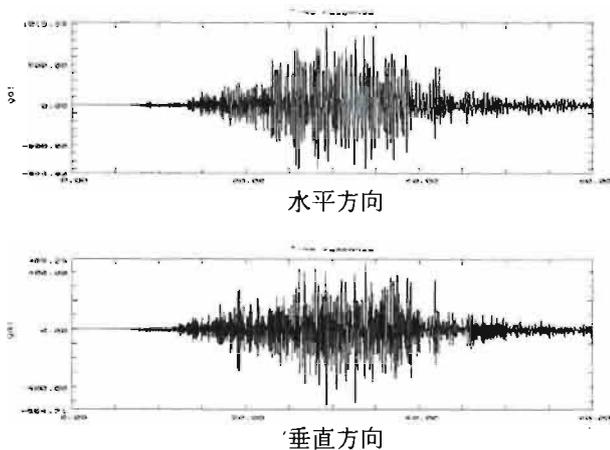


図1 地震波

(3) 測定項目及び内容

ア 加速度の測定

振動台、ラック中段、プリンタ及びディスプレイに加速度センサをそれぞれ取り付けて水平及び垂直方向の加速度を測定した。

(図2、写真14・15参照)

イ 目視による観察

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をするとともに、目視による観察を行った。

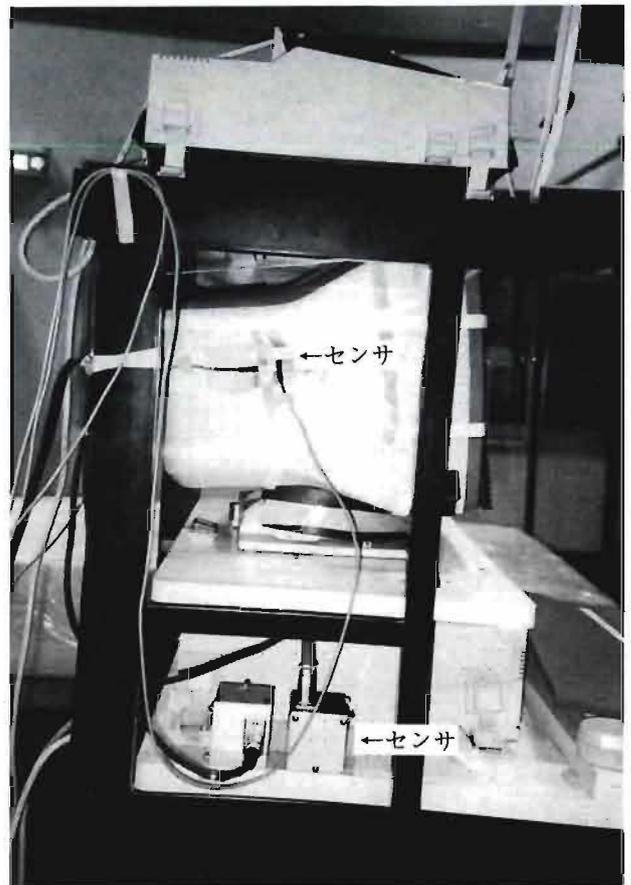


写真14 ラック及びディスプレイにセンサを設置した状況

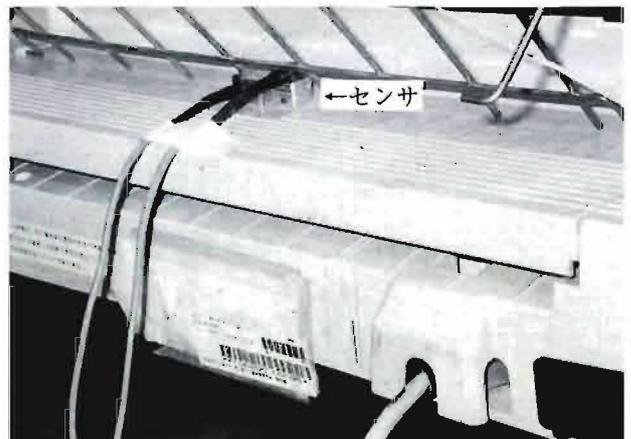


写真15 プリンタにセンサを設置した状況

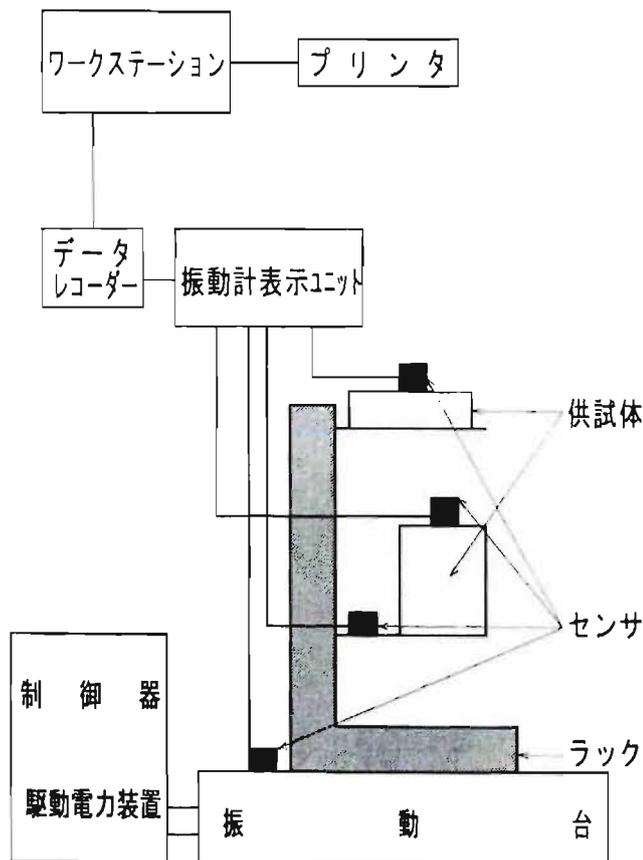


図2 測定系統図

5 実験結果

(1) プリンタの実験結果

ア 実験番号1・2 (ゴムストッパー)

(ア) ラックと一体なって揺れ、大きく揺れたとき多少プリンタが跳ね上がった。

(イ) ゴムストッパーは外れず、プリンタも落下しなかった。

(ウ) プリンタに生じた応答加速度波形を見ると、ラック中段の最大加速度に比べ、水平・垂直方向とも約2倍になっている。

また、垂直方向は、細かく振動していたことがわかる。(図4・5参照)

イ 実験番号3・4 (プリンタストッパー)

(ア) ラックと一体となって揺れるが、ストッパーは外れずに、プリンタも落下しなかった。

(イ) プリンタに生じた応答加速度波形を見ると、ラック中段の最大加速度に比べ、水平・垂直方向とも約2倍になっている。

また、垂直方向は、細かく振動していたことがわかる。(図6・7参照)

ウ 実験番号5・6 (コンピュータストラップ)

(ア) プリンタは、落下しなかったが、ストラップがわずかに剝がれた。(写真16参照)

(イ) プリンタに生じた応答加速度波形を見ると、振動方向が横の場合は、ラック中段の最大加速度に比べ、水平方向の最大加速度が約2倍になっているのに対して、振動方向が正面の場合は、あまり増加していない。

また、垂直方向は、両方向ともあまり増加していない。(図8・9参照)

(2) ディスプレイの実験結果

ア 実験番号7 (ゴムストッパー)

(ア) 前後に大きく揺れ、ストッパーにつまずき転倒したが、ラック上段が低かったので、ラックにひっかり落下しなかった。

(イ) 応答加速度波形は、図10のとおり。

イ 実験番号8 (ゴムストッパーと飛び出し防止金具の併用)

(ア) ディスプレイが前後に揺れ、ゴムストッパーにつまずき、飛び出し防止金具に激しく繰り返し衝突した。

(イ) ディスプレイに生じた応答加速度波形を見ると、ラック中段の最大加速度に比べ、水平・垂直方向とも最大加速度が2倍になっている。

また、水平・垂直方向とも細かく振動していたことがわかる。(図11参照)

ウ 実験番号9・10 (テレビストラップ)

(ア) ラック上を前後に滑る。

(イ) ストラップは外れないが、両端のストラップのベルトが緩んだ。(写真17参照)

(ウ) ディスプレイに生じた応答加速度波形を見ると、水平方向は、ラック中段の最大加速度に比べて増加している。

また、振動方向が正面の場合は、垂直方向の最大加速度がラック中段の最大加速度に比べて、3倍になっており、細かく振動していたことがわかる。

(図12・13参照)

エ 実験番号11 (テレビストラップとゴムストッパーの併用)

(ア) 前後に大きく揺れ、ゴムストッパーにつまずき、テレビストラップが外れて落下した。

(イ) ディスプレイに生じた応答加速度波形を見ると、最大加速度が生じた場所が、ディスプレイが落下したときを示している。(図14参照)

(3) ラック中段の応答加速度

ラック中段の応答加速度は、各実験ごとに多少違いがあるが、どの実験も振動台の波形に比べて、増加している。

実験番号1で行ったときのラック中段の応答加速度波形は、図3のとおり。



写真16 コンピューストラップがわずかに剥がれた状況

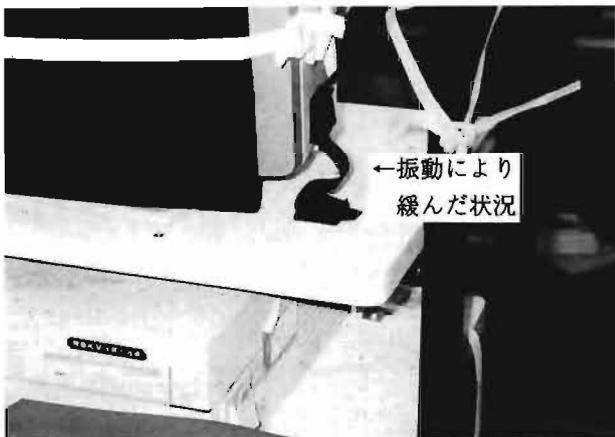


写真17 テレビストラップが緩んだ状況

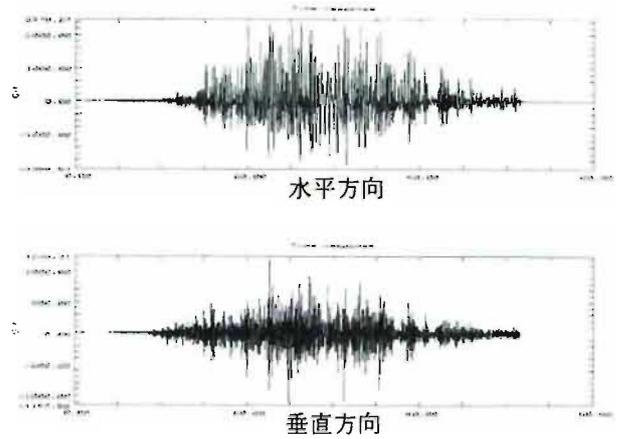


図4 実験1のときプリンタの応答加速度波形

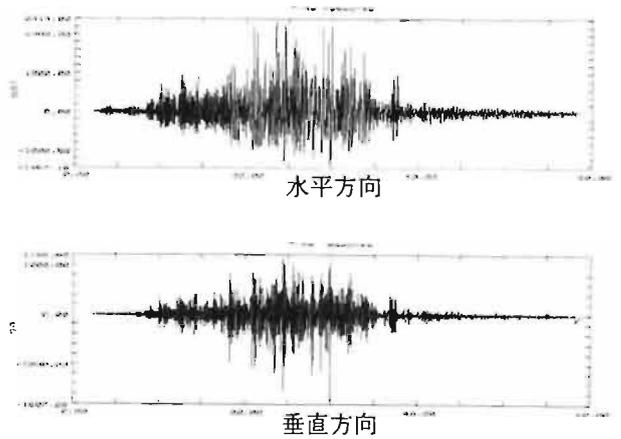


図5 実験2のときプリンタの応答加速度波形

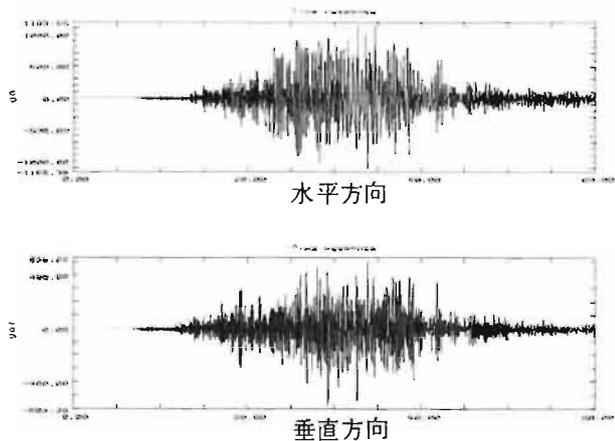


図3 ラック中段の応答加速度波形

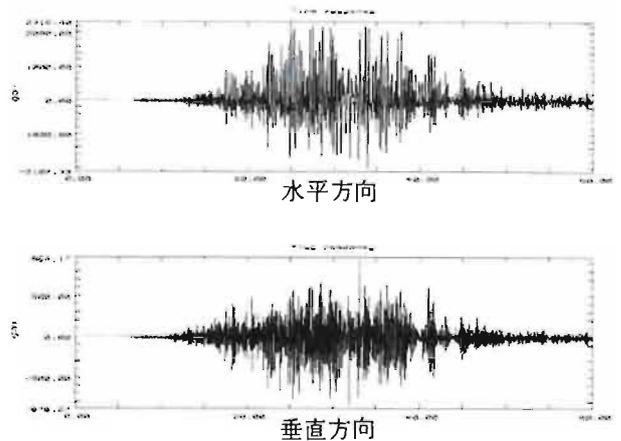
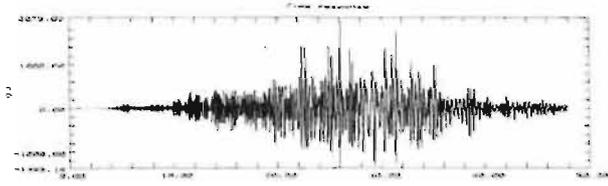
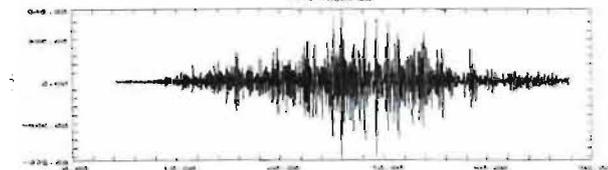


図6 実験3のときプリンタの応答加速度波形

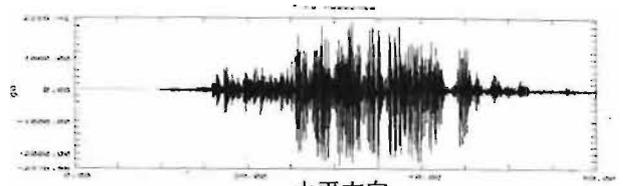


水平方向

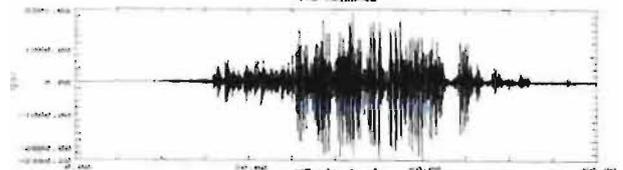


垂直方向

図7 実験4のときプリンタの応答加速度波形

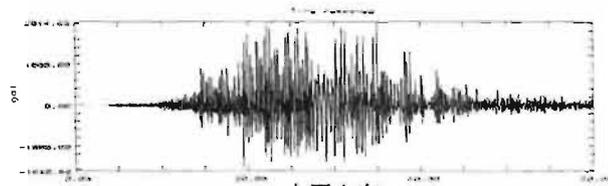


水平方向

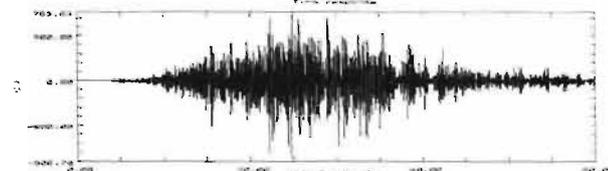


垂直方向

図10 実験7のときディスプレイの応答加速度波形

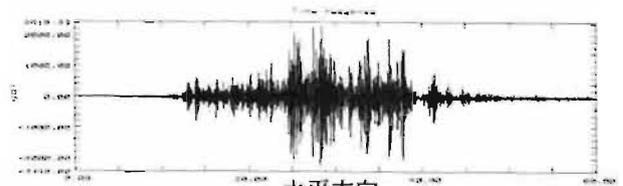


水平方向



垂直方向

図8 実験5のときプリンタの応答加速度波形

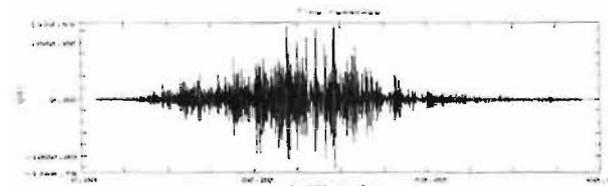


水平方向

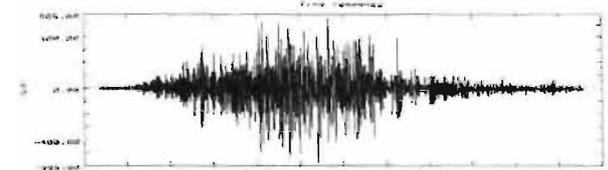


垂直方向

図11 実験8のときディスプレイの応答加速度波形

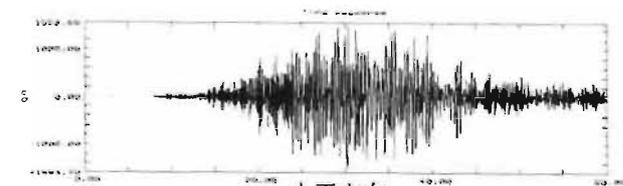


水平方向

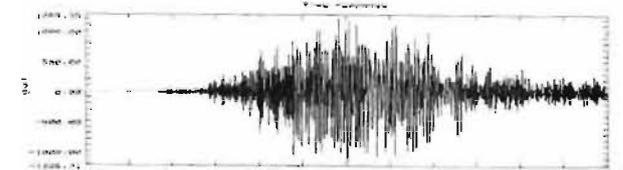


垂直方向

図9 実験6のときプリンタの応答加速度波形



水平方向



垂直方向

図12 実験9のときディスプレイの応答加速度波形

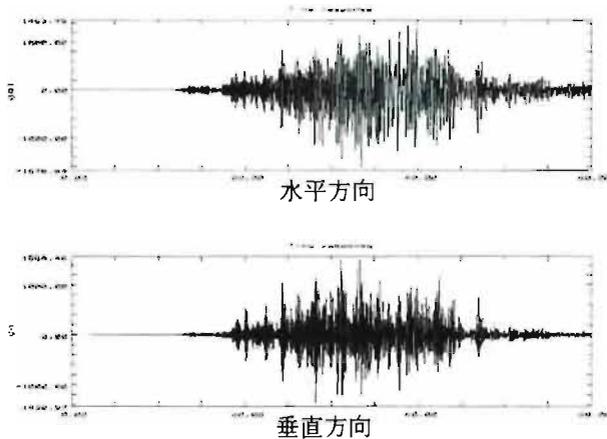


図13 実験10のときディスプレイの応答加速度波形

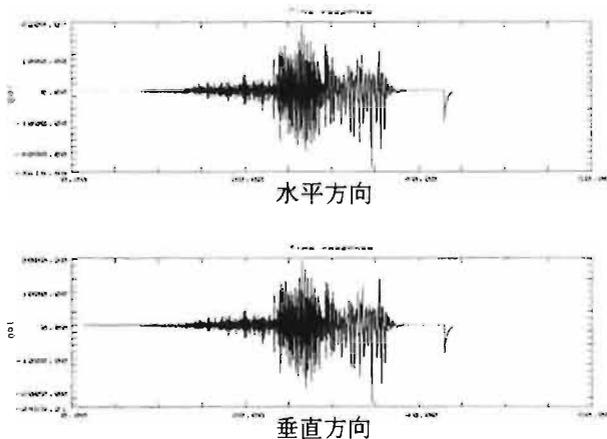


図14 実験11のときディスプレイの応答加速度波形

6 考 察

(1) プリンタの挙動及び落下防止

ア プリンタ下部四隅をL字のゴムストッパーでプリンタの動きを阻止した場合

(ア) ストッパーは、剥がれたり擦れることなく、プリンタは落下やゴムストッパーから飛び出すことはなかった。

(イ) 応答加速度の波形を見ると、垂直方向では、細かい振動をしていたことがわかる。実際に、目視による観察でプリンタが跳ね上がっていた。

(ウ) 振動方向を正面向きにした場合は、横向きに比べ水平・垂直方向とも応答加速度は減少している。

しかし、飛び跳ねる現象は発生した。

(エ) 以上のことから、ゴムストッパーは、今回の実験では、プリンタの挙動に対する阻止には十分効果があった。しかし、瞬間的な強い加速度をもった複雑な地震では、プリンタがラックと固定されているわけではないので、飛び跳ねて落下することが推定さ

れる。

また、ラックが壁等につかった拍子に、ストッパーを飛び越えてしまうことが推定されることから、実験で使用したゴムの厚さよりも厚いものでなくては効果がないものと考えられる。

イ プリンタストッパーでプリンタ下部を4ヶ所ラックと固定した場合

(ア) ストッパーは剥がれや擦れがなく、プリンタは落下しなかったが、ストッパーの強度が低下していることがわかった。

(イ) 応答加速度の波形を見ると、水平方向では、ラック中段の最大加速度に比べて約2倍以上になっている。

また、垂直方向では、加速度が増加し、細かく振動していることがわかる。

この波形から推定して、ストッパーの強度が限界近くまで達していたものと考えられる。

よって、これ以上の振動が加わると、ストッパーが外れてプリンタは落下してしまうことが予想される。

(ウ) ストッパーは、4ヶ所均等に固定してあるときに威力を発揮できるもので、1ヶ所でも外れてしまうと、安定した固定ができずに連鎖的に外れてしまう。

(エ) 以上のことから、固定する装置の重量を考慮し、設置個数を増やして均等に固定すれば効果がある。

ウ コンピュータストラップでプリンタ両側を4ヶ所ラックと固定した場合

(ア) 振動方向が横向きの場合に、ストラップがプリンタからわずかに剥がれかかっていた。これは、プリンタがストラップのベルトに当たり、このためバックルに力が加わり両面テープの粘着力が低下して剥がれかかったものである。

(イ) 振動方向が正面向きの場合は、安定して効果があった。しかし、実際には、地震動は複雑でどの方向に揺れるか予想がつかない。よって、横向きで起きた現象が起こり得ると考えられることから、外れる可能性がある。

また、ストッパーの強度が低下していることがわかった。

(ウ) 以上のことから、振動により装置がベルトに直接加わると固定が弱くなるが、ベルトに加わらないと強い。

また、1回の地震動により、両面テープの粘着力が低下してしまう。

(2) ディスプレイの挙動及び落下防止

ア ディスプレイ下部四隅をL字のゴムストッパーでディスプレイの動きを阻止した場合

ディスプレイは、重心が上部にあることから、ストッパーにつまずき効果はない。しかし、今回の実験に使用したラックは、ディスプレイを置くとディスプレイとその上部の段との間隔が狭いことから、振動によりつまずいても、ラックに引っ掛かって落下しなかった。よって、このような間隔が狭いラックの場合は、ディスプレイが傾斜するが落下しないので、ディスプレイがラックに当たる衝撃を吸収できるものをディスプレイかラックに取り付けてあれば効果があると考えられる。

イ ディスプレイ下部四隅をL字のゴムストッパーでディスプレイの動きを阻止して、かつ、ラック上部にディスプレイが飛び出さないように、金具を設置した場合

(ア) ディスプレイは、ゴムストッパーにつまずき飛び出し防止金具に激しく衝突するが、外れずに効果があった。しかし、継続して衝突していると装置が損傷するものと考えられることから、装置を損傷させないように考慮した、飛び出し防止金具を取り付ければ、有効であると考えられる。

(イ) 従って、飛び出し防止金具をラックと一体化して強度を高め、ディスプレイが損傷しない工夫をすれば十分に効果がある。

ウ テレビストラップで固定した場合

(ア) 振動方向が正面の場合は、ディスプレイが上部に重心があることから、裏面のストラップに負担がかかり、多少ベルトが緩むが、落下せずに効果があった。

これは、ベルトが緩むことで、ディスプレイが前後にラック上を滑ることから、ストラップにかかる負担を軽減したものと考えられる。

また、ストッパーの強度が、低下していることがわかった。

(イ) 振動方向が横の場合は、ディスプレイが両端のストラップに当たり、次第にベルトが緩んでしまったが外れずに落下しなかった。しかし、この両端のストラップは、コンピューターストラップと同じ形状でできていることから、そのまま振動を継続すると固定が外れることが推定される。

また、この方向では、裏面のストラップはあまり効果がなくなる。

(ウ) 以上のことから、振動により装置がベルトに直接加わると固定が弱くなるが、ベルトに加わらないと強い。

また、1回の地震動により、両面テープの粘着力が低下してしまう。

エ ディスプレイ下部四隅をL字のゴムストッパーで

ディスプレイの動きを阻止して、テレビストラップ固定した場合

ディスプレイは上部に重心があるので、下部にゴムストッパーで動きを阻止してしまうと、ディスプレイがつかずくことから、ディスプレイの重みがストラップに直接加わり、ゴムストッパーがないときよりも、加わる力が増大して、ストラップが外れ落下したものと考えられる。

7 結 論

装置は、固定しないと飛び出し落下するので、装置の破損はもちろん人命にも危険である。

このことから、今回の実験の結果により、プリンタ、ディスプレイの落下、転倒防止対策には、次のことを考慮して固定する必要がある。

- (1) ゴムストッパーは、プリンタのように重心が低く安定しているものには、効果があるが、装置がストッパーを飛び越えないようにするために、今回の実験で使用したゴムより厚くする必要がある。
- (2) プリンタストッパーは、装置の足部4ヶ所と両面テープで固定するもので水平のどの方向に対してもかかる力は同じであり効果がある。しかし、装置の重量が許容範囲内であっても、固定面積が少ないので、4ヶ所よりも個数を増やした方がよい。
- (3) プリンタは、コンピューターストラップの4隅4ヶ所固定が一番効果があった。これは、プリンタの重心が低く、固定も4ヶ所均等に力が加わり、振動に強いことが原因と考えられる。

しかし、強度の限界を越えてひとつのストラップが剝がれると、均等が保たれなくなるので、他のストラップが連鎖的に剝がれてしまう危険性がある。

- (4) プリンタは、以上のようなことから、低い場所に設置することが望ましい。

また、今回の実験のように、ラック上部に設置する場合は、固定方法を工夫すれば効果がある。

例えば、プリンタが振動により飛び越えない位の高さの柵をして、かつ、コンピューターストラップ等で固定すれば効果がある。

- (5) ディスプレイは、重心が高く可動部分を有することから、実験で使用した固定具では、完全に固定することはできなかった。

しかし、その中でも、テレビストラップやラックに取り付けた飛び出し金具は、ある程度の効果が認められた。

- (6) テレビストラップは、取り付け方向の水平方向に弱い。これは、裏面のストラップがあまり効かず、両

端のストラップに力が加わることにより、徐々に粘着力が弱まってしまうからである。

よって、重量のあるディスプレイには、効果がない。

(7) また、テレビストラップの場合は、裏面に取り付けるストラップがディスプレイの可動を邪魔するので、日常使用する場合は、工夫する必要がある。

(8) 飛び出し防止金具は、装置を損傷させない工夫をする必要がある。

また、ラックと一体化するなどして、強度を高くすれば十分効果がある。

(9) ディスプレイは、以上のようなことから、地震動に耐える完全な固定方法は、今回の実験ではなかった。しかし、例えば、コンピューターストラップで4隅4ヶ所を固定し、かつ、飛び出し金具を取り付ける等、固定具を併用し工夫をすれば効果がある。

(10) 装置は、固定方法によって効果が異なるので、組み合わせる使用することにより効果が上がる。

(11) プリントスTOPパーのような、両面テープによる固定具は有効で美観上も良い。

(12) 両面テープによる固定具は、一度大きな振動を受けたものは、強度が低下するので、交換する必要がある。

また、取り付け場所の環境や経年変化による強度の低下も考えられるので、定期的に交換していく必要がある。

8 おわりに

(1) 今回実験で使用したプリンタ・ディスプレイの固定具の特徴等は、表5のとおりである。

(2) 机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、本報の地震動による挙動を考慮し、最初から装置に合った取付け固定具等を製作して、取り付けた方が良いと思われる。

(4) 特にディスプレイは、可動部があるので固定具等の取り付け方については、更なる挙動解析及び転倒防止等で考慮する余地がある。

表5 固定具の特徴等

名称	方法	長所	短所
ゴムストッパー	足部の設置板側に固定し、動きを阻止する。	装置の取り付け、取り外しが簡単である。	固定していないので装置が飛び越える危険性がある。 ディスプレイの場合は、装置がつまりくので実用性に欠ける。
プリントスTOPパー	粘着テープで足部を設置面と固定する。	取り付けが簡単である。 美観上も良い。	取り付け位置が限定される。 大きな振動を受けた場合は、交換する必要がある。 定期的に交換する必要がある。
コンピューターストラップ	ストラップの両端を粘着テープで装置と設置面を固定する。	取り付けが簡単である。 安価である。	大きな振動を受けた場合は、交換する必要がある。 定期的に交換する必要がある。 取り付け方向、位置に注意する必要がある。
テレビストラップ	ストラップを両側面に粘着テープで装置と設置面を固定する。 長いベルトで装置の裏面を固定する。	取り付けが簡単である。 安価である。	可動部分を固定してしまう。 大きな振動を受けた場合は、交換する必要がある。 定期的に交換する必要がある。 取り付け方向、位置に注意する必要がある。