

### 3.1.7 新たな機能保持技術の調査

#### (1) 業務の内容

##### (a) 業務の目的

大地震時における救急救命、被災後の生命維持の拠点となる医療施設など重要施設の、機能保持および耐震性向上を目的として、医療機器など重要機器およびシステムの耐震性に関して調査検討を行い、地震災害に対する脆弱性を定量的に評価するとともに、施設が地震時に機能保持するための対策方法や、より機能保持性能を向上させる新たな技術を考案し検証する。

##### (b) 平成19年度業務目的

実大規模実験計画の立案のために、既存床免震技術や機器免震技術を調査する。また、本研究対象の機器・システムの機能保持のための新たな技術開発を行うための検討を進める。

##### (c) 担当者

| 所属機関   | 役職   | 氏名    |
|--------|------|-------|
| 東京農工大学 | 准教授  | 鎌田 崇義 |
|        | 教務職員 | 池西 俊仁 |
|        | 大学院生 | 丸山 敦士 |
|        | 学生   | 小方 康裕 |

#### (2) 平成19年度の成果

##### (a) 業務の要約

3.1.1～3.1.3 項の調査等の結果および3.1.4 項の実験結果から、医療機器では移動の簡便性からキャスタ付き機器が多いことに注目し、キャスタ付き機器の機能保持をめざし、今回はキャスタ機器に関する既存および新たな技術の調査と検討を行った。具体的には、地震による機器の応答を軽減する新たな装置としてERブレーキについての検討を行い、実際にERブレーキ付きキャスタ機器（試験体：図-5）を製作し、小型振動台にて一方向加振実験を行い基本性能についての調査を行った（図-6）。また、既存床免震技術や機器免震技術に関する資料収集を行った。

##### (b) 業務の成果

###### 1) 緒言

日本は世界有数の地震大国であることから、これまで地震による被害を軽減するための様々な技術、特に建築物の耐震や免震に関する様々な研究がなされ実用化されてきた。そして、災害時の拠点となる病院の建築耐震性についてはすでに諸基準が整備されており、それらに準拠すれば少なくとも病院の建物自体が倒壊する危険性はかなり低いと言える。その一方で、災害時に期待される医療活動を行えるかどうかについては病院設備や医療機

器自体の耐震性が問題となる。例えば 1995 年に発生した兵庫県南部地震においては、病院設備や医療機器の被害が多数報告されている<sup>1)</sup>。しかし、医療機器の耐震性の問題に関しては、これまで工学的研究が十分に行われてこなかったというのが現状である。

本節では、医療機器に特化した新たな機能保持技術に関して検討を行う。一般の床免震、機器免震はコンピュータ設備や美術品等高価値で床面に固定されるものを対象としているが、医療機器には利便性のためキャスタが取り付けられていることが多い、という特徴がある。このため、地震の際にはキャスタを固定しておくことと重心の高い機器が転倒し、キャスタがフリーの状態では動き廻って他の機器や壁に衝突してしまったという被害が報告されている<sup>2)</sup>。さらに、医療機器は水道やガスなどのライフラインと接続して使用されることが多く、地震時の転倒や移動は、配管など接続部分の損傷を招いてしまう危険性が高い。このような現象によって、医療機器が使用不能に陥るなどの事態が発生すれば人命に関わる大きな問題となることから、何らかの対策を講じる必要がある。

島崎らの研究<sup>3)</sup>において、キャスタのロック方法の違いによる医療用ワゴンの地震時挙動への影響が検証されている。キャスタをロック無し、1カ所、2カ所、4カ所ロックとしたそれぞれの場合についてサイン波による加振実験を行い、その応答加速度と加振後の変位量が比較されている。その結果、キャスタを4カ所ロックしている場合には、変位量は小さくなるが応答加速度は極めて大きくなり、キャスタをロックしていない場合には、応答加速度は小さくなるが変位量は大きくなる、というトレードオフがある。既存のキャスタでは、フリーとロックの切り替えのみが可能な物が一般的であるが、この中間にあたるような弱ブレーキ状態が利用できれば、応答加速度と変位量の両方を安全なレベルまで低減できる可能性がある。

本報告では、キャスタ付き医療機器の地震時における転倒や暴走を防止することを目的として、弱ブレーキ状態にすることが可能な機構を持つキャスタを設計し、小型振動台を用いた加振実験によってそのブレーキ効果を検証し、新たな振動制御の可能性について検討する。また、ブレーキ強さが可変である ER ブレーキに注目し、その適応可能性についても調査を行った。

## 2) 実験装置

キャスタのブレーキ状態の違いが、キャスタ付き医療機器の地震時挙動に与える効果について、振動台を用いた加振実験によって検証した。本項では、加振実験に使用した実験装置について説明する。

### a) ワゴン

実際の医療現場で使用されているキャスタ付きの医療機器は多岐にわたるため、最もシンプルな医療用ワゴンを対象とし、市販されているワゴンの寸法を参考にして設計を行った。ワゴンの外観を写真 1 に示す。ワゴンはアルミ製で、各部寸法は 400mm×300mm×750mm、キャスタ部分を除いたワゴンの総重量は約 7kg である。



写真 1 実験装置 (ワゴン)

#### b) ブレーキキャスタ

キャスタのブレーキ力を調整するため、図 1 のようなキャスタを考案し、市販品の双輪キャスタの改造を行った。双輪キャスタとは一つの車軸に 2 つのキャスタがとりつけられたものであり、一般的なラックやデスク等に使用されている。これを使用する理由は、一輪を取り外すことによりブレーキ機構用の部品を組み込むスペースを確保するためである。なお、このキャスタは自由に首振り可能な自在キャスタである。キャスタの概観を写真 2 に示すが、車輪の材質はナイロン製であり、一般的なゴム車輪に比べ床面との摩擦が少ない。車輪径は 50mm、重量は 1 輪あたり約 0.8kg である。

このキャスタのブレーキ機能の仕組みは、厚さ 1mm の金属ワッシャーの枚数を増やすことによりゴムワッシャーが圧縮され、アルミブレーキパッドへの押しつけが強まることでブレーキ力を強くすることができるというものである。なお、金属ワッシャーは最大 3 枚まで挿入することが可能で、3 段階のブレーキ状態を実現できる。このキャスタでは、ワッシャーが 1 枚の時にゴムワッシャーの圧縮量が 0mm となるよう設計しているため、以下キャスタのブレーキ状態を「ブレーキなし」「弱ブレーキ」「強ブレーキ」と表現する。強ブレーキの時、車輪はほぼロックされた状態になる。

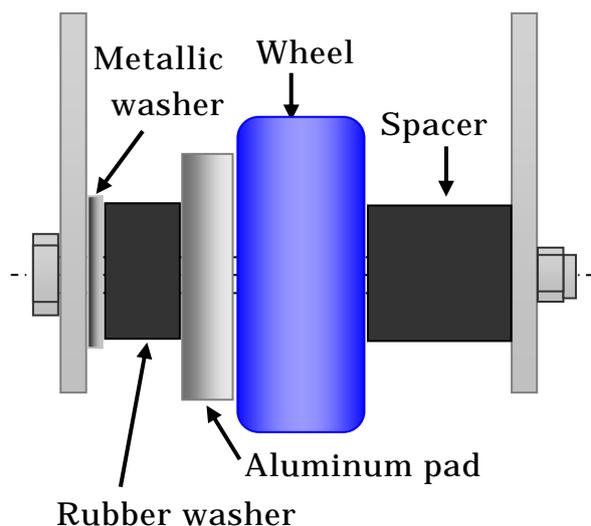


図1 ブレーキキャストの構造

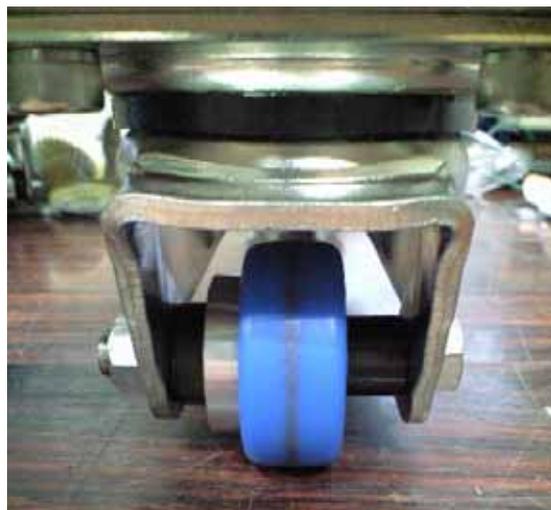


写真2 ブレーキキャスト

### c) ER ブレーキ

#### 1) ER ブレーキの概要<sup>5)</sup>

キャストのブレーキ力を可変に調整するものとして、ブレーキ力を電氣的に変化させることが可能な ER ブレーキがある。作動流体である ER 流体は、分散系と均一系の二種類に大別することができる。図 2 に分散系、均一系それぞれの剪断速度-剪断応力特性を示す。電界をかけない状態では両者とも剪断速度に剪断応力が比例するニュートン流動を示すが、電界をかけると分散系 ER 流体は剪断応力が電界の強さに応じて一様に大きくなるビンガム流動を示す。一方、均一系 ER 流体は電界をかける、と剪断応力の直線の勾配（粘度）が大きくなるニュートン流動を示す。これらの特性から、ER ブレーキには主に速度・位置の制御に適している液晶均一系 ER 流体が使用される。

次に、ER 流体が粘性を変化させる原理について説明する。分散系 ER 流体の場合、図 3(a)のように電圧を印加すると分極した粒子が電界方向に粒子のブリッジを形成し、このブリッジ間の引力が流体の粘性を増大させる。また均一系 ER 流体の場合、図 3(b)のように電圧が印加されると流体を構成する分子やドメインが電界により配向し、その結果流体の粘度が増大するというものである。ただし、均一系 ER 流体は上記の原理により、電圧解除後もその影響が残るという特徴がある。なお、このメモリー性は軽い剪断力がかかることで解消される。

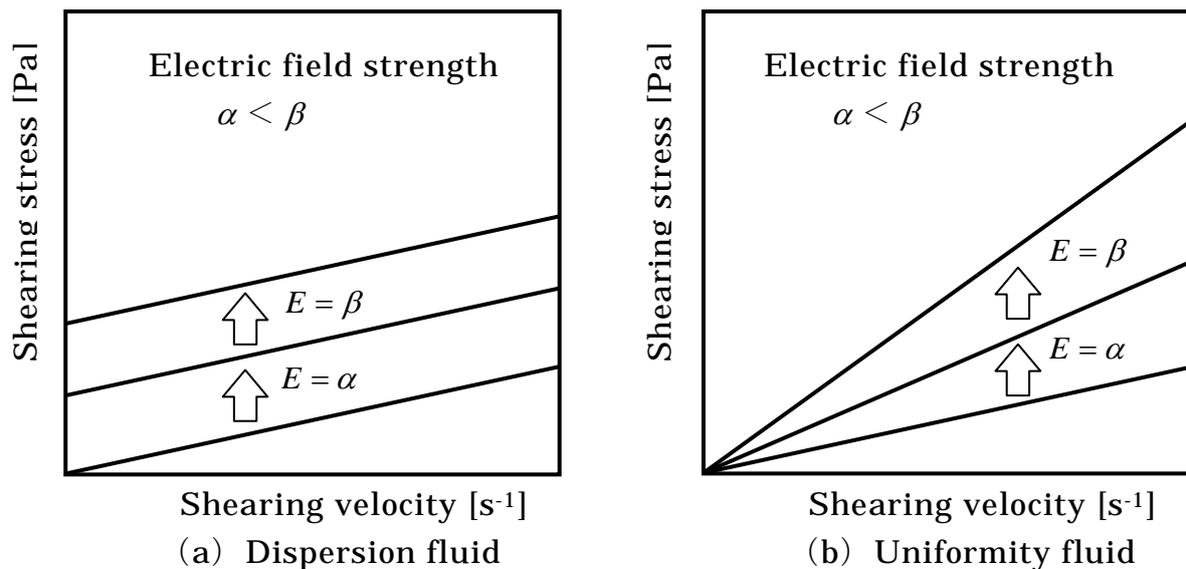


図 2 せん断応力の特性

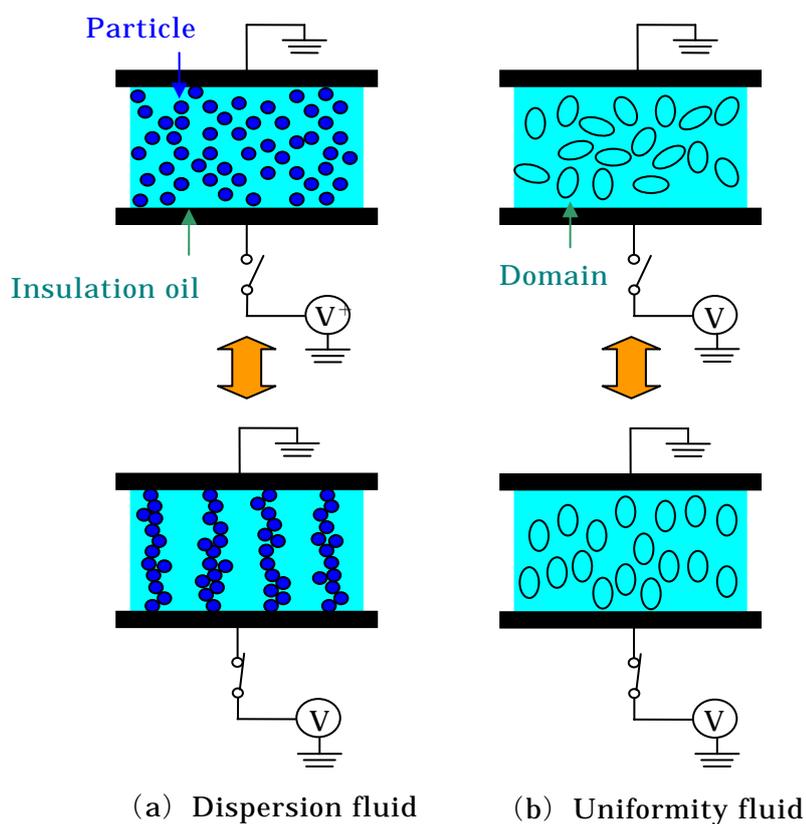


図 3 粘性変化のメカニズム

### ER ブレーキキャスト

使用を検討している ER ブレーキを写真 3 に示す。見てわかるように ER ブレーキの外周部分に厚さ 5mm のゴムシートを貼り付けることで、ブレーキを内蔵したキャストとして使用する。ER ブレーキのブレーキ性能表を表 1 に示す。本システムでの最大電圧は 1kV、

最大電流は 1mA である。

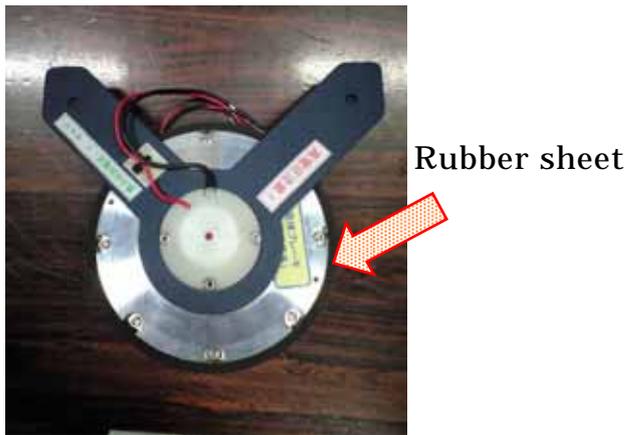


写真 3 ER ブレーキ

表 1 ER ブレーキのトルク [Nm]

|                     |      | Rotational speed [rpm] |     |
|---------------------|------|------------------------|-----|
|                     |      | 30                     | 60  |
| Applied voltage [V] | 0    | 0.3                    | 0.4 |
|                     | 500  | 1.2                    | 1.0 |
|                     | 750  | 1.9                    | 2.1 |
|                     | 1000 | 2.7                    | 4.5 |
|                     | 1500 | 3.3                    | 6.2 |

) 小型振動台

加振に使用する小型振動台を写真 4 に、仕様を表 2 に示す。この振動台は機械式のサーボ制御機構を使用しており、波形発信用ソフトウェアからのデータをコントローラにおいて DA 変換を行い、電圧に比例した変位を与え振動台を制御するというものである。駆動源にはパルスモーターを使用している。振動台のテーブル寸法がワゴンの予想移動量に対して不足しているため、その不足を補うためにアルミ製の板（以下、天板とする）と振動台上板とを接合させテーブル寸法を拡張し、図 4 のような形で実験を行う。天板のサイズは 1500mm×600mm×10mm、重量は約 24kg である。



写真 4 小型振動台

表 2 振動台仕様

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| Table size [mm]         | 700×400 |
| Load weight [kg]        | 70      |
| Max. acceleration [gal] | 300     |
| Max. displacement [mm]  | ±50     |
| Frequency range [Hz]    | 0.01~10 |



図 4 振動台の拡張

### ) 計測システム

ワゴンの変位、回転角は、図 5 のように実験装置の上方に固定されたビデオカメラから撮影し、モーションキャプチャにより測定する。「PV STUDIO 2D」というソフトを使用することによって、ビデオカメラで撮影された映像内の複数のマーカーを同時にキャプチャし、その座標データを出力することができる。この出力された各マーカーの座標データを処理し、計算によってワゴンの変位と回転角を求める。マーカーはワゴン上に計測点を 2 点設定するが、この 2 点間の距離は既知であるため、これらの座標データを用いてキャリブレーションを行う。また、キャプチャした映像を使用して振動台の動きを観測することで、キャプチャした変位データと加速度計による計測データとの同期をとる。

ワゴンの加速度はワゴン中心点に取り付けた加速度計によって計測する。求めた回転角から座標変換を行い、XY 方向それぞれの絶対加速度を算出する。

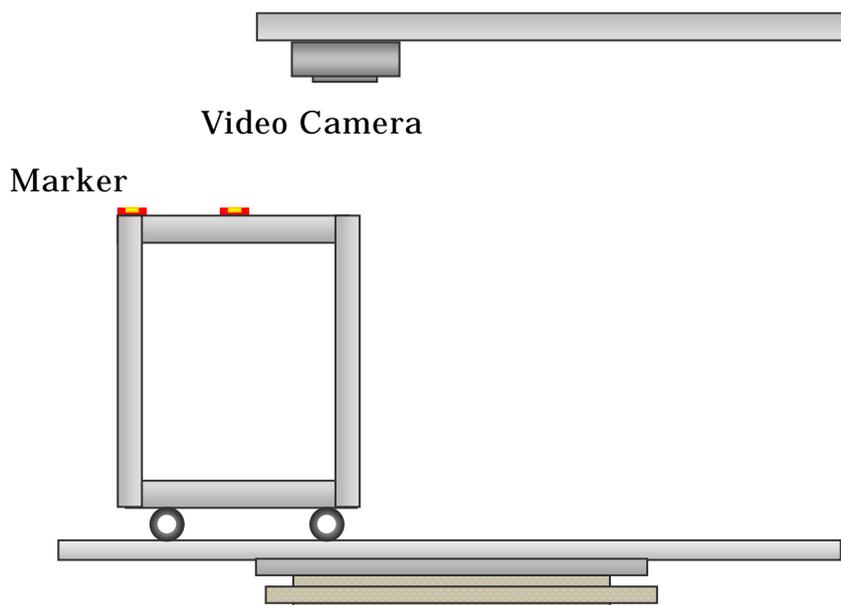


図 5 モーションキャプチャシステム

### 3) 加振実験

キャストのブレーキ強さが機器の地震時挙動へ与える影響を確認するための加振実験を行った。キャストの初期配置や荷重が挙動に与える影響についても検討した。

#### a) 実験条件

実験条件を表 3 に示す。振動台への入力は 2 種類とし、振幅 10mm、周波数 1Hz の正弦波と最大振幅 20mm のエルセントロ NS 波とする。実計測された振動台の加速度波形を図 6 に示すが、正弦波において正負の反転する際にショックが入っていることがわかる。振動台自身のゲイン調整等で今後改善する可能性はあるが、本実験はこのままの状態で行うこととした。

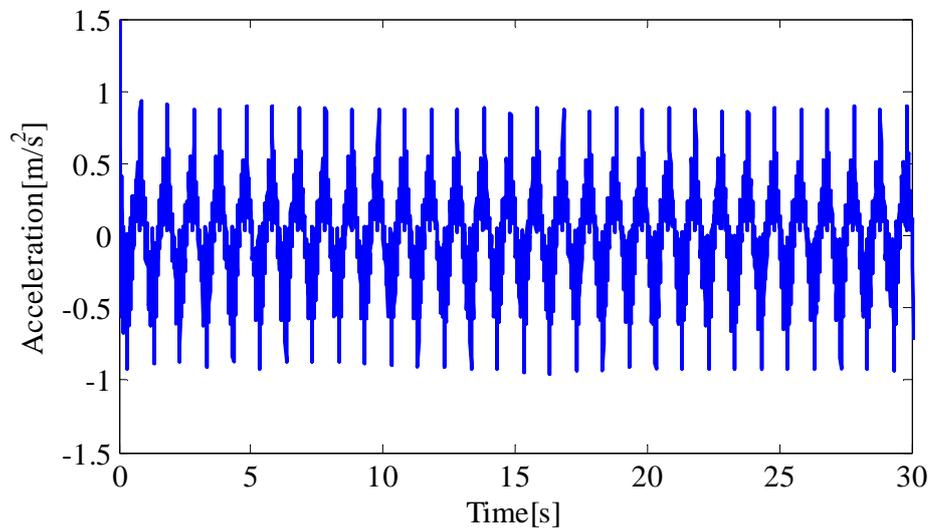
キャストのブレーキ状態はブレーキなし、弱ブレーキ、強ブレーキの 3 通りとする。また、キャストの初期配置が挙動へ影響すると考えられるため、今回の実験では図 7 に示す

ように振動台の加振方向に対してキャストの首振り角が  $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$  の 3 通りとなるよう配置する。なお、ワゴン本体は長手方向が加振方向を向くように初期配置する。以上の全ケースについて各 5 回の加振実験を行う。さらに積載荷重による影響を調べるため、約  $10\text{kg}$  の荷重をワゴン下部に積載して固定し、同様の条件で各 1 回の加振を行う。

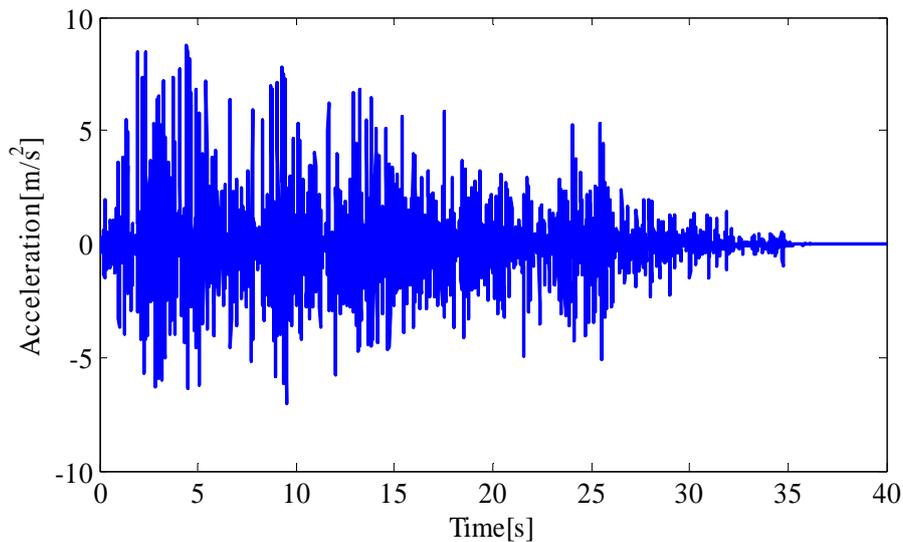
計測項目は、図 8 に示すようにワゴン中心点における XY 加速度、XY 変位、ワゴン回転角  $\theta$  および振動台加速度  $\ddot{z}$  とする。

表 3 加振条件

|                      |                                     |
|----------------------|-------------------------------------|
| Input wave           | Sin wave (1Hz、2Hz)、El-Centro NS     |
| Brake power          | Hard brake、Soft brake、Without brake |
| Initial caster angle | $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ |
| Load weight          | 0kg、10kg                            |



(a) 正弦波(1Hz)



(b) El-Centro NS 波

図 6 計測された振動台加速度

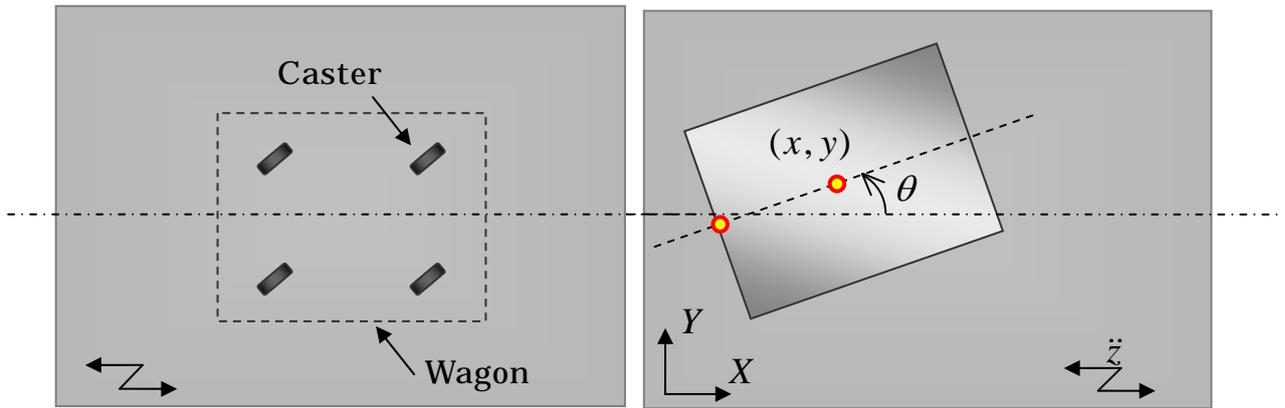


図 7 キャスタ初期配置

図 8 計測項目

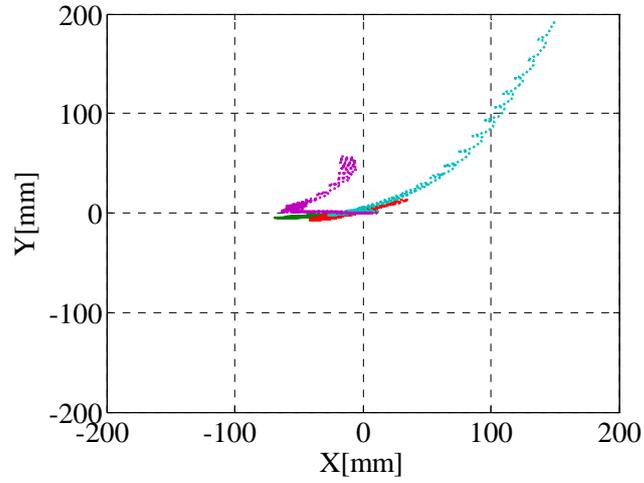
## b) 実験結果

### 1) 初期配置による影響

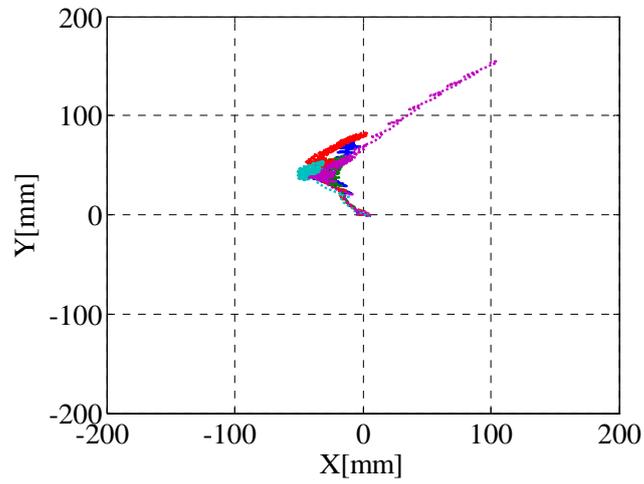
キャストの初期配置の違いによる挙動への影響を比較するため、ブレーキなしの条件においてキャストの車輪を加振方向に対して  $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$  と配置した場合の実験結果を図 9、10 に示す。図は XY 平面上をワゴン中心点が移動した軌跡を表している。なお、弱ブレーキと強ブレーキでの結果については、移動量が小さく比較が困難であるため省略する。

キャストの初期配置が  $0^\circ$  の場合に最も挙動が大きくばらついているが、これは、キャストの首振り角が  $0^\circ$  の場合に 4 輪それぞれの首振りの回転がばらつきやすいためであると考えられる。また初期配置  $45^\circ$  や  $90^\circ$  の場合では、加振直後はほぼ同様の挙動を示すものの、その後の挙動に傾向はみられない。実験時の様子では、4 輪のキャストがそれぞれ独立に首振りや加振方向への運動をしており、時々刻々と複雑に変化している様子が観察できた。これは、キャスト毎のわずかな回転抵抗の差が影響していると考えられる。そのため、4 輪それぞれのキャストの状態によってワゴンの挙動が大きく異なることから、初期配置の違いによる明確な傾向は得られなかった。

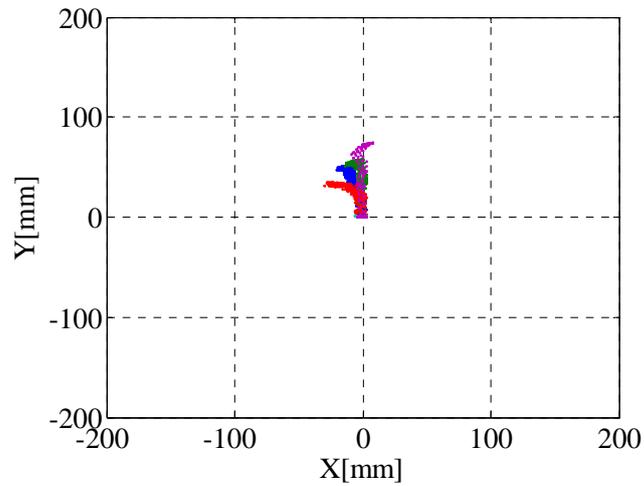
なお、 $0^\circ$  に配置した場合において加振方向のみの直線運動をしない理由は、図 11 に示すキャストトレールにより生じる首振りのためである。図 12 のように加振の正負が反転する際、キャストトレールによりキャストが首振りを行い、車輪の横方向から加振力を受ける。その結果、加振方向と異なる方向へ移動するという現象が生じていると思われる。



(a) Initial caster angle  $0^\circ$

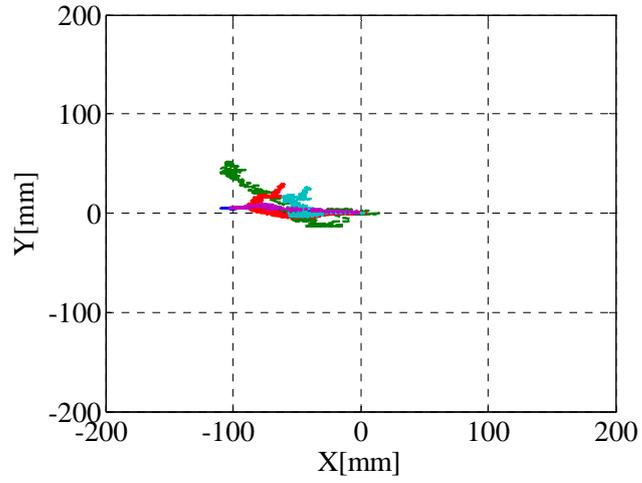
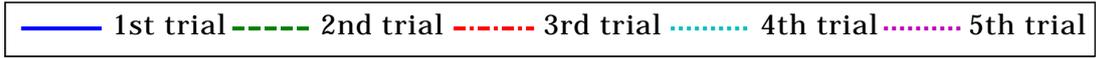


(b) Initial caster angle  $45^\circ$

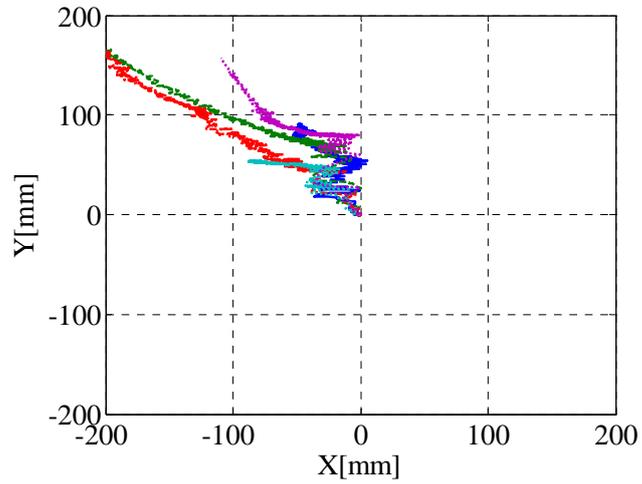


(c) Initial caster angle  $90^\circ$

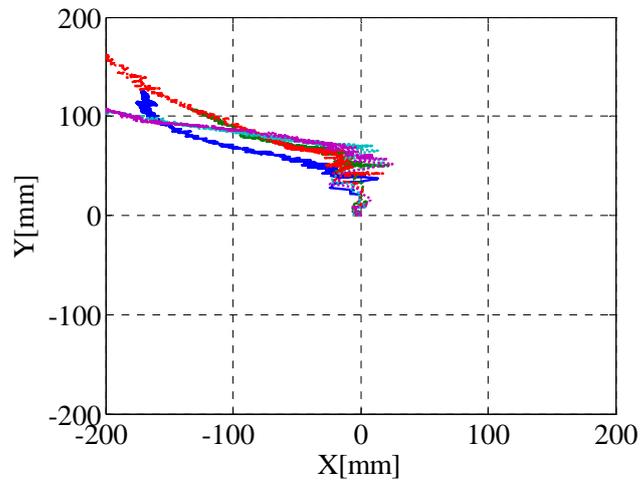
図9 キャスタ初期状態の影響 (Sin 1Hz)



(a) Initial caster angle  $0^\circ$



(b) Initial caster angle  $45^\circ$



(c) Initial caster angle  $90^\circ$

図 10 キャスタ初期状態の影響 (エルセントロ NS)

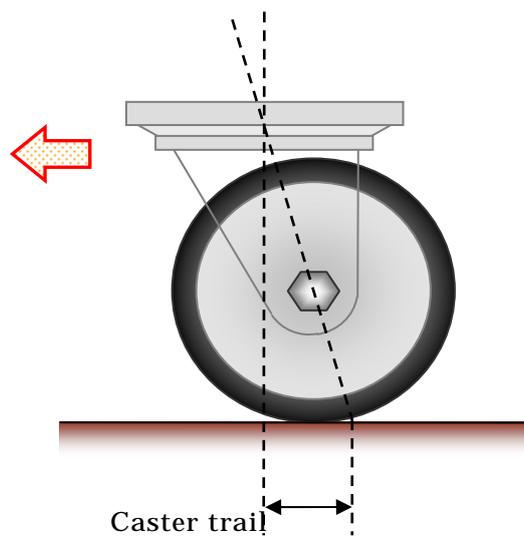


図 11 キャスタトレール

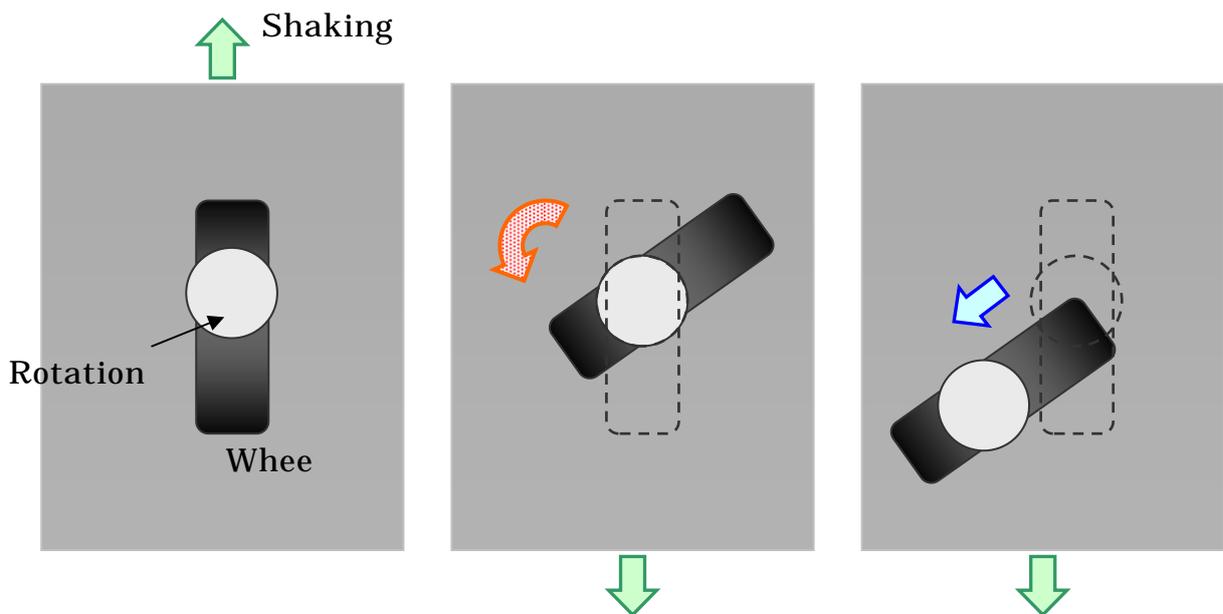


図 12 キャスタの首振り

### ）ブレーキ力の強さによる影響

ブレーキ力の変更による影響を比較するため、荷重を積載しない場合でのワゴンの変位と回転角および加速度の時刻歴応答を図 13～18 に示す。なお、ワゴンが振動台から落下した場合は、その直前までのデータを表示した。すべての実験結果に共通していることとして、変位についてはブレーキなしの場合が最も大きくなっている。ワゴンの回転角についてはブレーキなしの場合のみ大きくなった。また応答加速度については、強ブレーキの場合に最も大きくなり、ブレーキなしの場合に最も小さくなるという結果になった。これは文献<sup>3)</sup>で示されていた傾向と一致する。弱ブレーキによる変位への影響については、図

13～15のような加振力の小さい場合、強ブレーキと弱ブレーキはほぼ同じ程度の変位を示し、それ以外のケースではほとんどの場合弱ブレーキはブレーキなしに比べ小さくなっている。応答加速度への影響については、図 13 の応答加速度結果からわかるように、弱ブレーキはブレーキなしと強ブレーキとの間となっている。この傾向は図 15 でははっきりとはわからないものの、それ以外のケースでは共通してみられる傾向である。

しかし、定量的な評価については、各時間でのワゴンの状態が異なっているので単純な比較はできない。そこで、応答加速度と変位についての最大値を指標とするために、表 4 にキャスト初期配置 0°の場合における最大応答加速度と最大変位を示す。ワゴンが振動台から落下した場合は、参考データとして括弧付きで示している。なお、最大応答加速度は XY 応答加速度の 2 乗和の平方根から求めた加速度の最大値であり、最大変位は XY 変位の 2 乗和の平方根から求めた変位の最大値である。いずれの加振入力の場合においても、最大応答加速度は強ブレーキのときに最も大きくなり、最大変位はブレーキなしのときに最も大きくなった。一方、弱ブレーキでは、正弦波での加振時には最大応答加速度が強ブレーキの 50%以下に低減できており、また最大変位はブレーキなしの約 80%以下になっている。エルセントロ NS 波での加振時は、正弦波ほどの差はないものの、最大応答加速度と最大変位は強ブレーキとブレーキなしの間に抑えられている。特に、図 16～18 の 15～20 秒付近での X 方向の応答加速度をみると、弱ブレーキはブレーキなしと同程度か強ブレーキの半分程度であるので、地震波であっても振幅の小さな振動に対しては弱ブレーキが有効であると言える。

表 4 ブレーキ強さの影響

|                |               | Max acceleration<br>[m/s <sup>2</sup> ] | Max displacement<br>[mm] |
|----------------|---------------|---|--------------------------|
| Sin wave (1Hz) | Without brake | (0.53)                                  | (246)                    |
|                | Soft brake    | 1.04                                    | 4                        |
|                | Hard brake    | 2.41                                    | 6                        |
| El-Centro NS   | Without brake | 3.18                                    | 118                      |
|                | Soft brake    | 3.64                                    | 103                      |
|                | Hard brake    | 4.26                                    | 51                       |

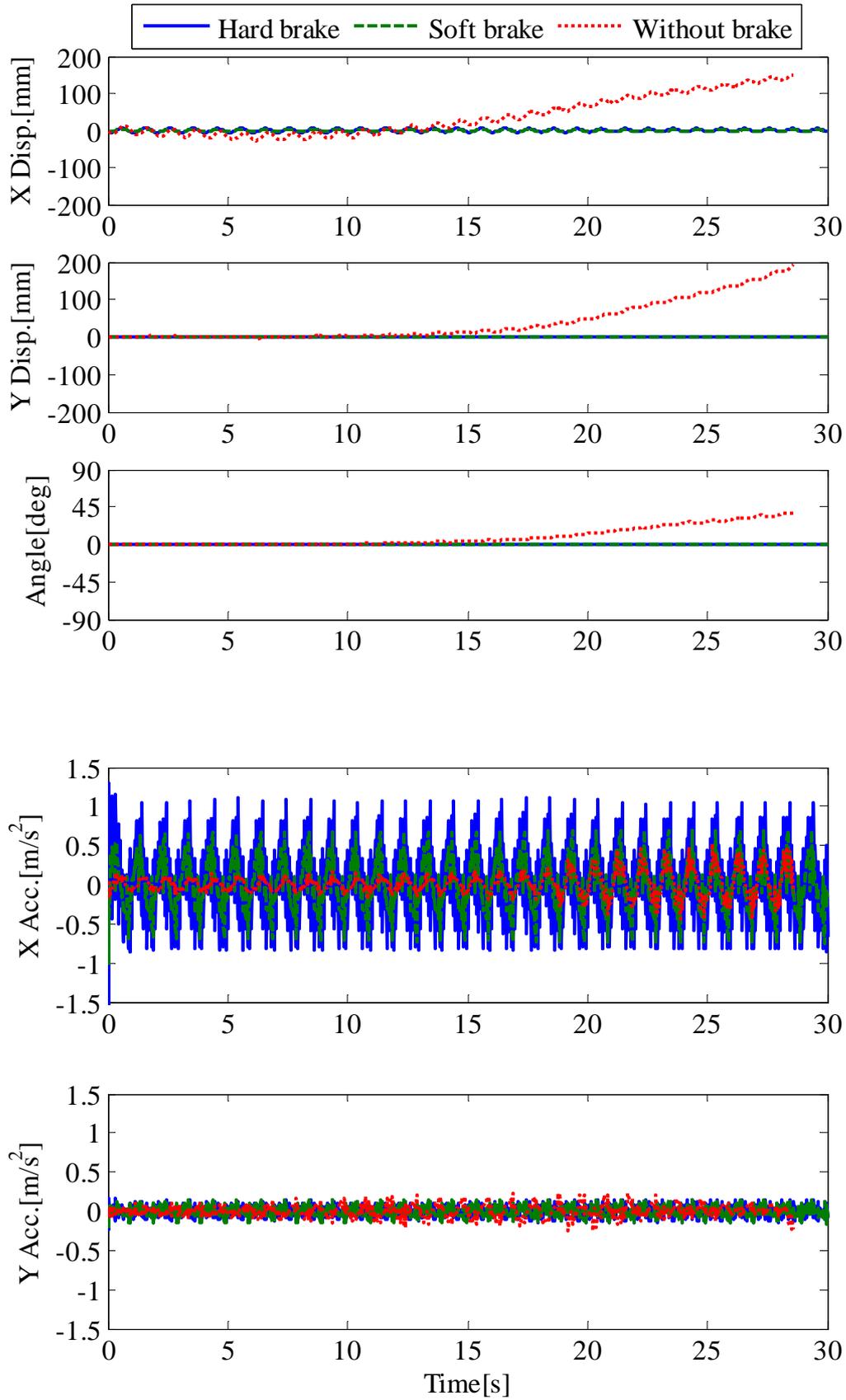


図 13 正弦波に対する応答、Initial caster angle 0°

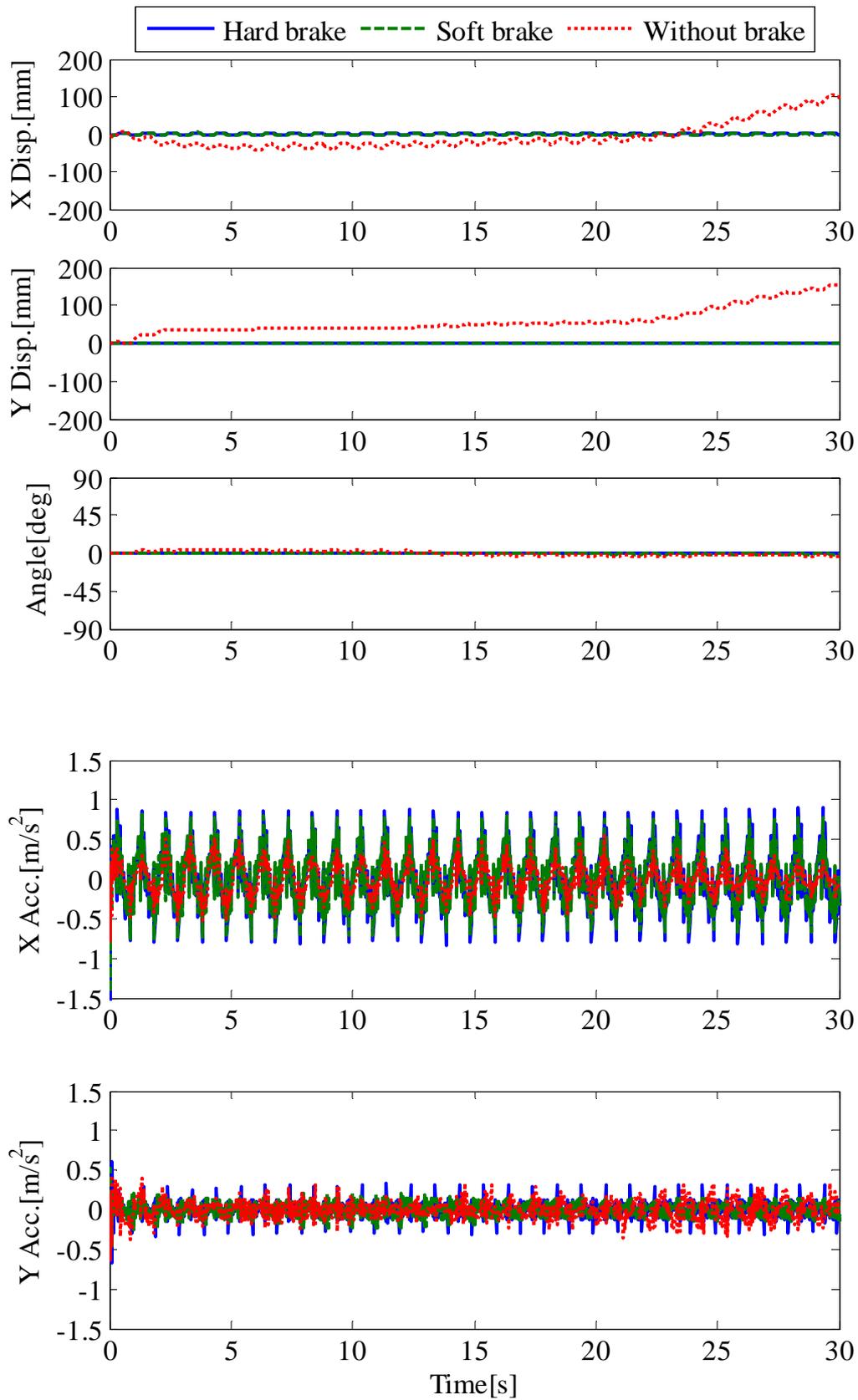


図 14 正弦波に対する応答、Initial caster angle 45°

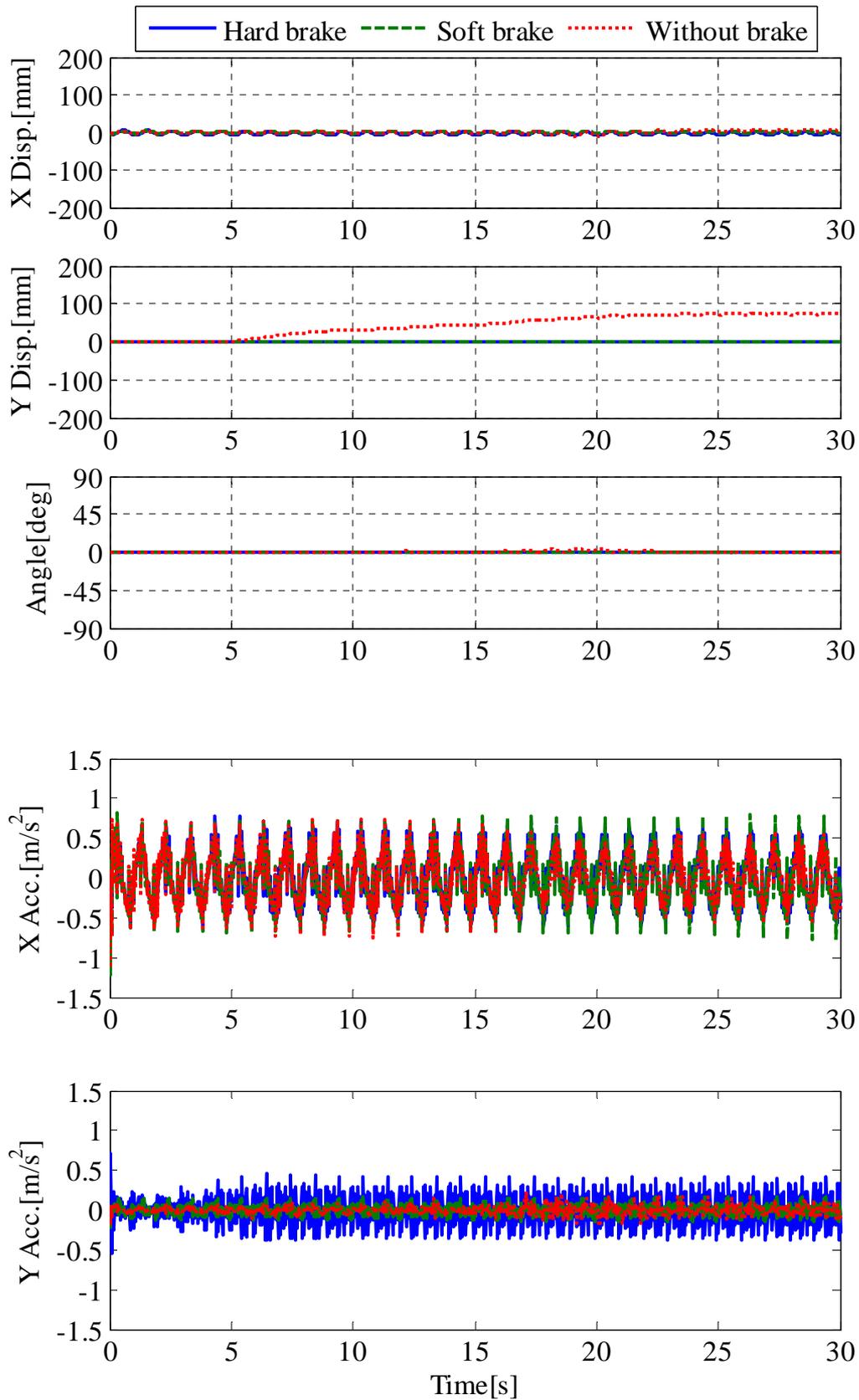


図 15 正弦波に対する応答、Initial caster angle 90°

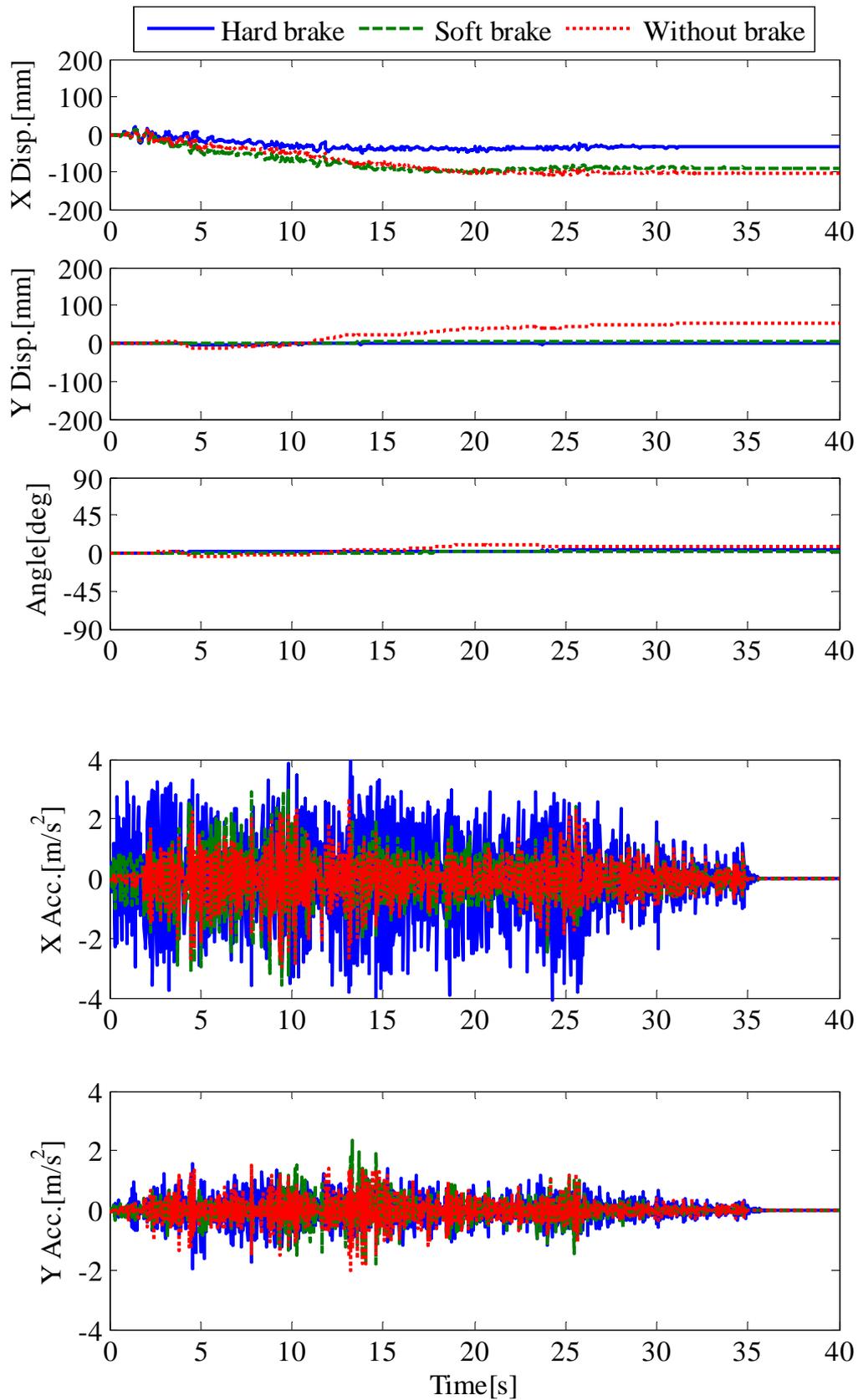


図 16 エルセントロ NS 波に対する応答、Initial caster angle 0°

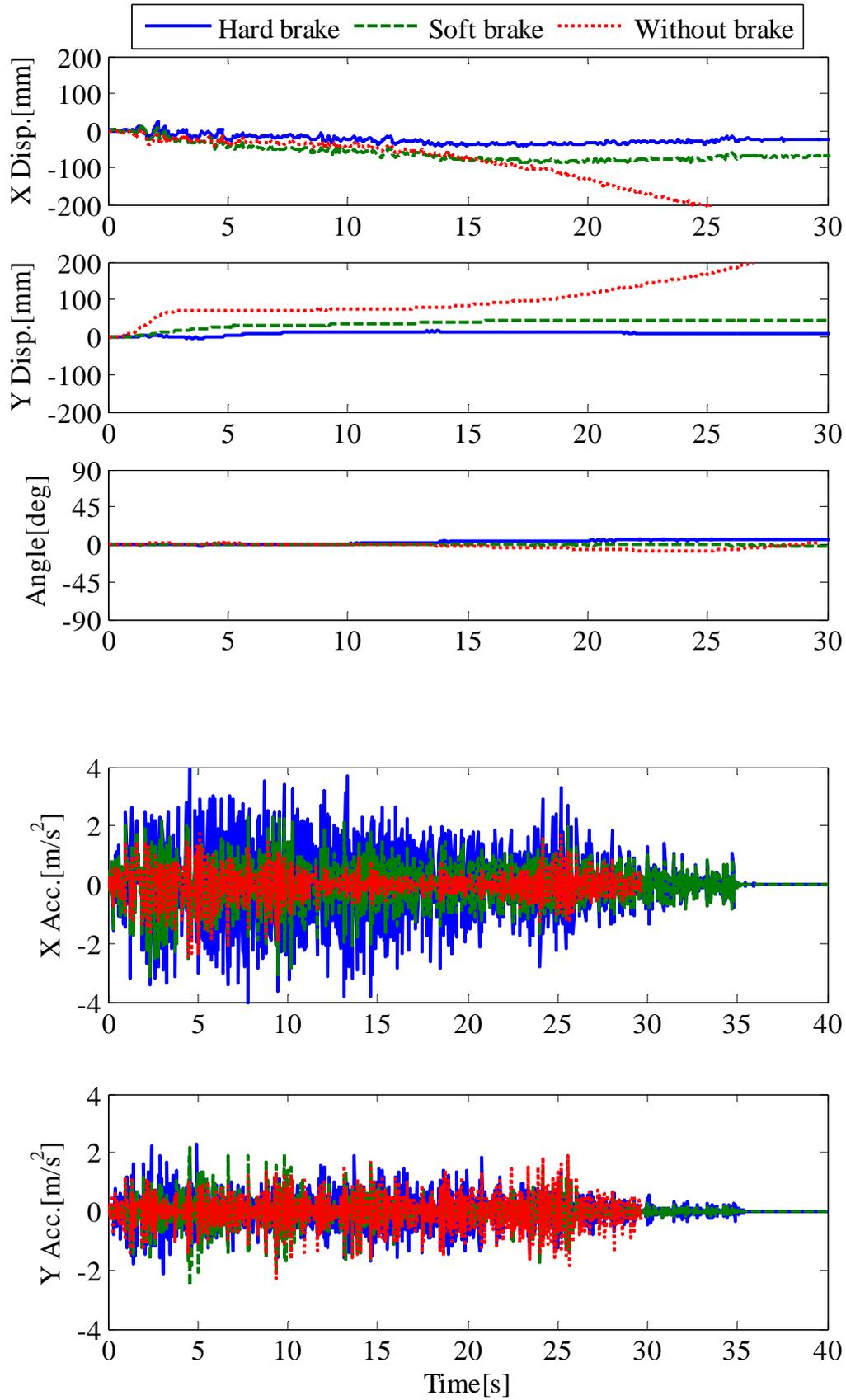


図 17 エルセントロ NS 波に対する応答、Initial caster angle 45°

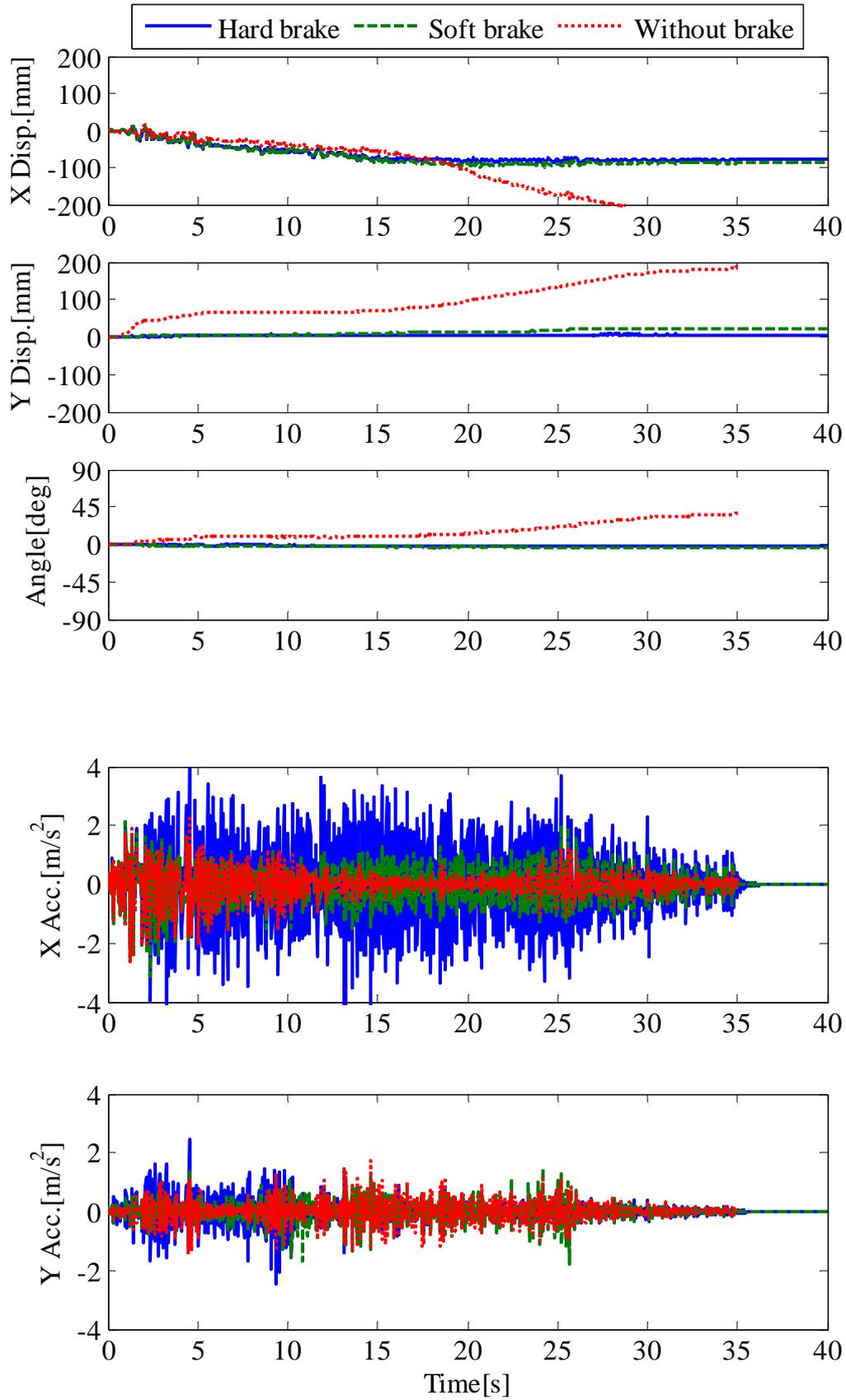


図 18 エルセントロ NS 波に対する応答、Initial caster angle 90°

### ）積載荷重による影響

荷重を積載した場合におけるワゴンの変位と回転角および応答加速度の時刻歴応答を図 19～24 に示す。また、表 5 にキャスト初期配置 0°の場合における最大応答加速度と最大変位を示す。

正弦波の場合ではブレーキなしの場合にワゴンが振動台から落下している。そして表 4 と 5 を比較すると、荷重を積載することにより最大変位が増加している。これは、ワゴンの重量が増加したことによりワゴンの慣性力が大きくなったことが原因だと考えられる。ただし、弱ブレーキや強ブレーキでの変位への影響については明らかな傾向がみられない。また、積載荷重による最大応答加速度への影響に関して、正弦波での加振時では特に傾向がみられない。エルセントロ NS 波での加振時ではいずれのブレーキ力においても最大応答加速度が大きくなっているが、図 18 と図 24 を比べると応答加速度が全体的には増加していない。

以上より、積載荷重によってブレーキなしの場合において変位が増加する、という以外に傾向はみられなかったが、これはワゴンの重量が約 13kg であることにに対し、積載した荷重が約 10kg と小さかったことが原因である可能性がある。したがって、積載する荷重を大きくすることにより、積載荷重の影響をより詳細に検討できると考えられる。

表 5 積載荷重の影響

|                |               | Max acceleration<br>[m/s <sup>2</sup> ] | Max displacement<br>[mm] |
|----------------|---------------|---|--------------------------|
| Sin wave (1Hz) | Without brake | (0.78)                                  | (284)                    |
|                | Soft brake    | 0.59                                    | 14                       |
|                | Hard brake    | 2.32                                    | 4                        |
| El-Centro NS   | Without brake | (4.09)                                  | (263)                    |
|                | Soft brake    | 4.80                                    | 95                       |
|                | Hard brake    | 4.91                                    | 60                       |

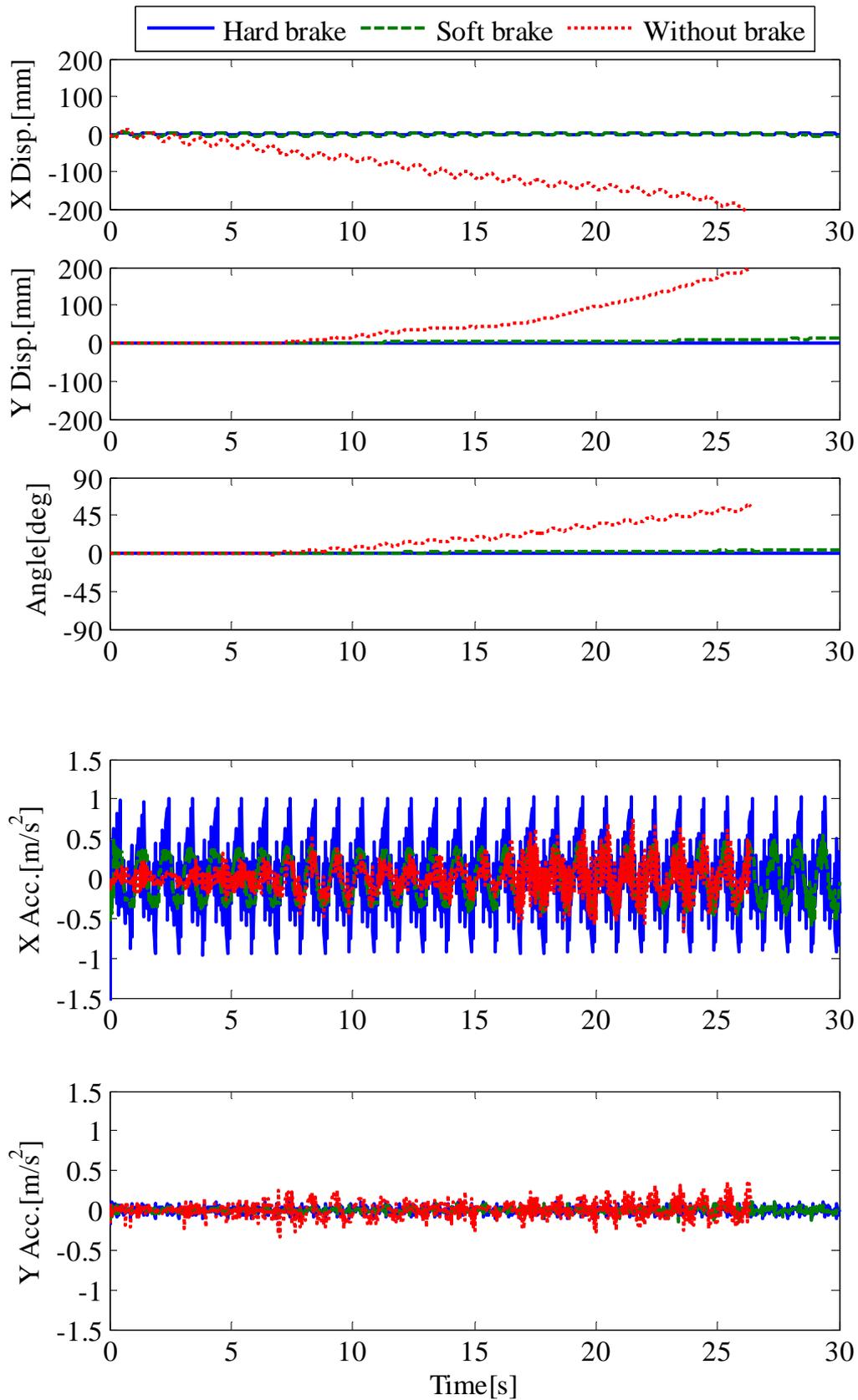


図 19 正弦波に対する応答、Initial caster angle 0°、積載有

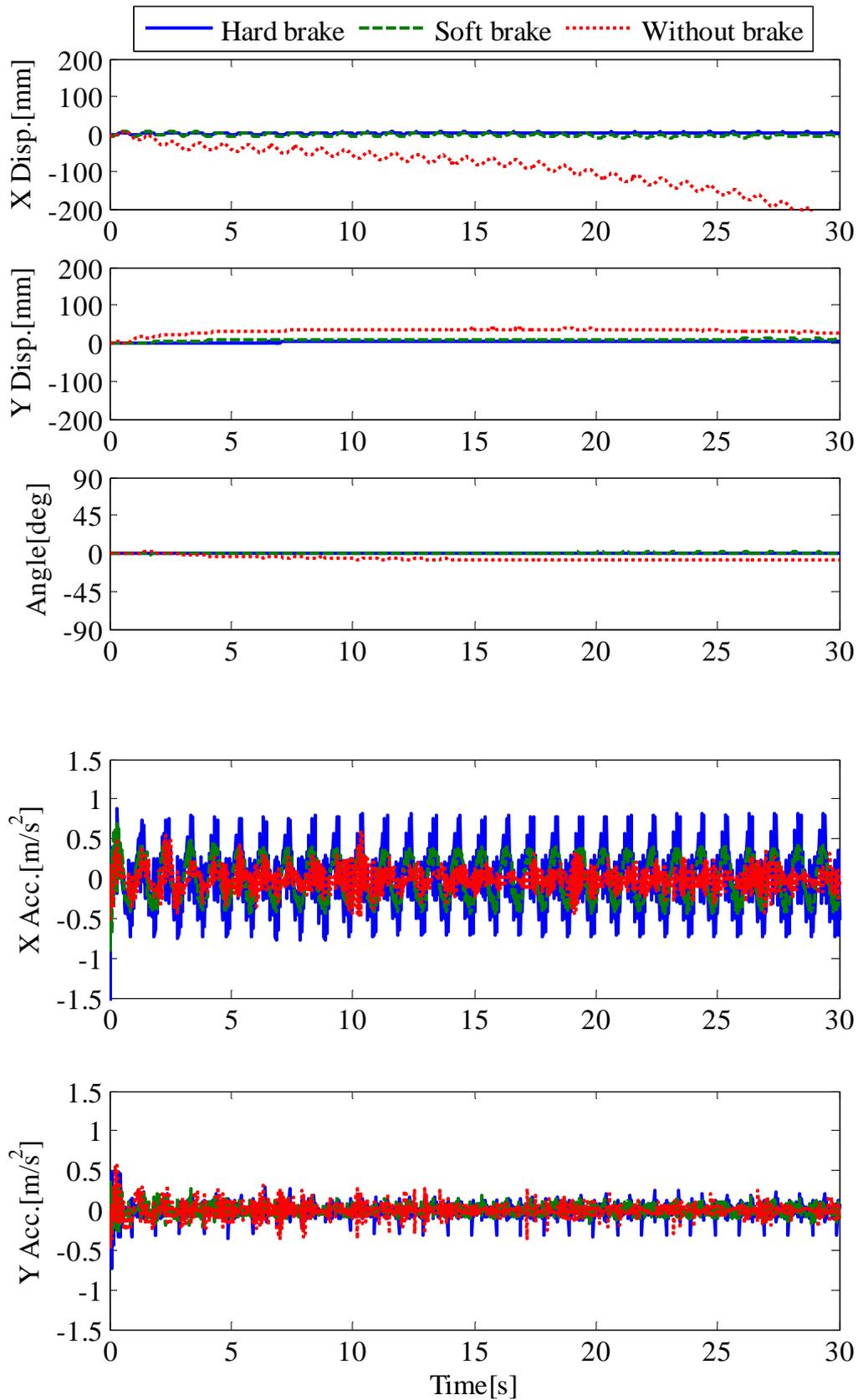


図 20 正弦波に対する応答、Initial caster angle 45°、積載有

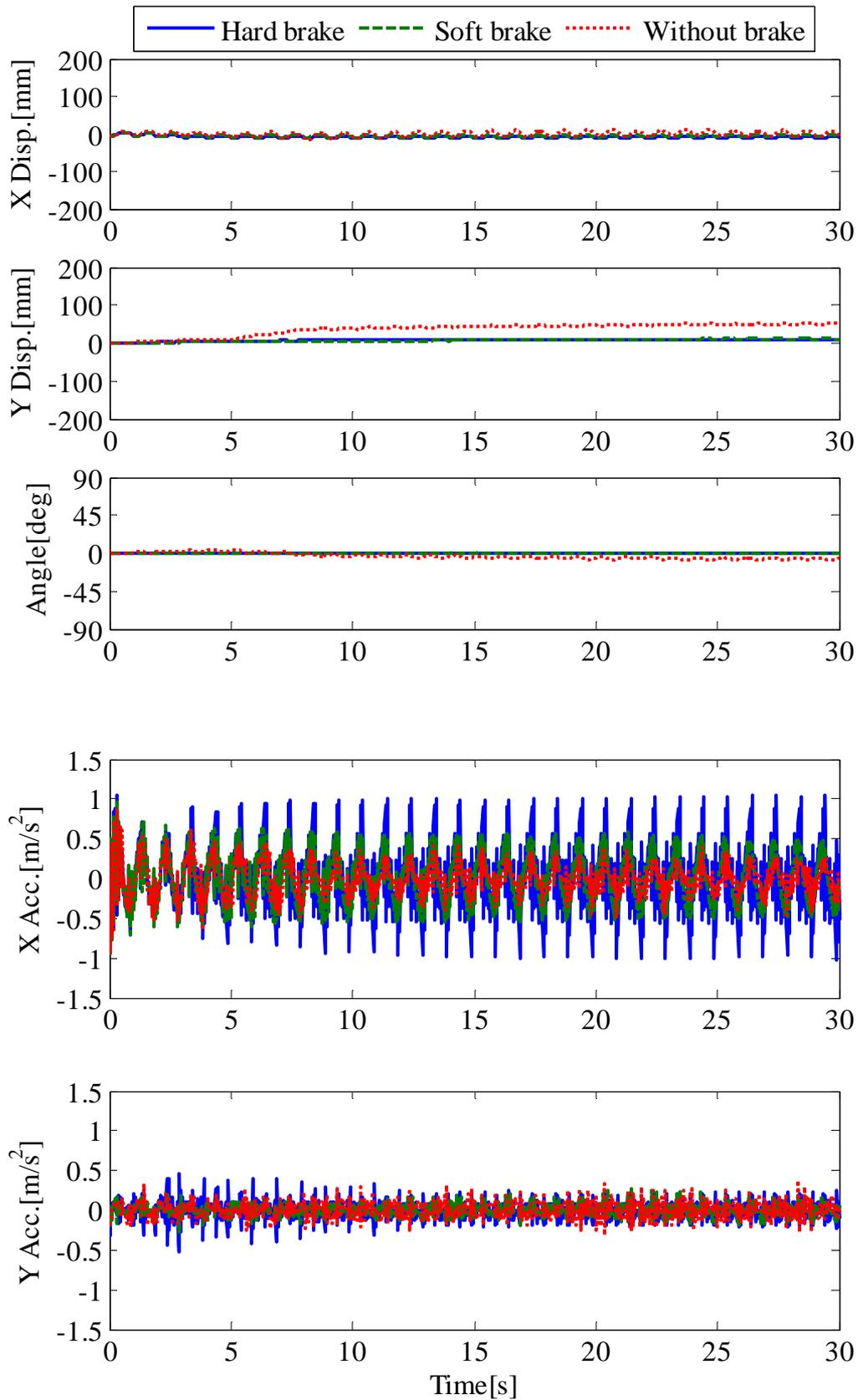


図 21 正弦波に対する応答、Initial caster angle 90°、積載有

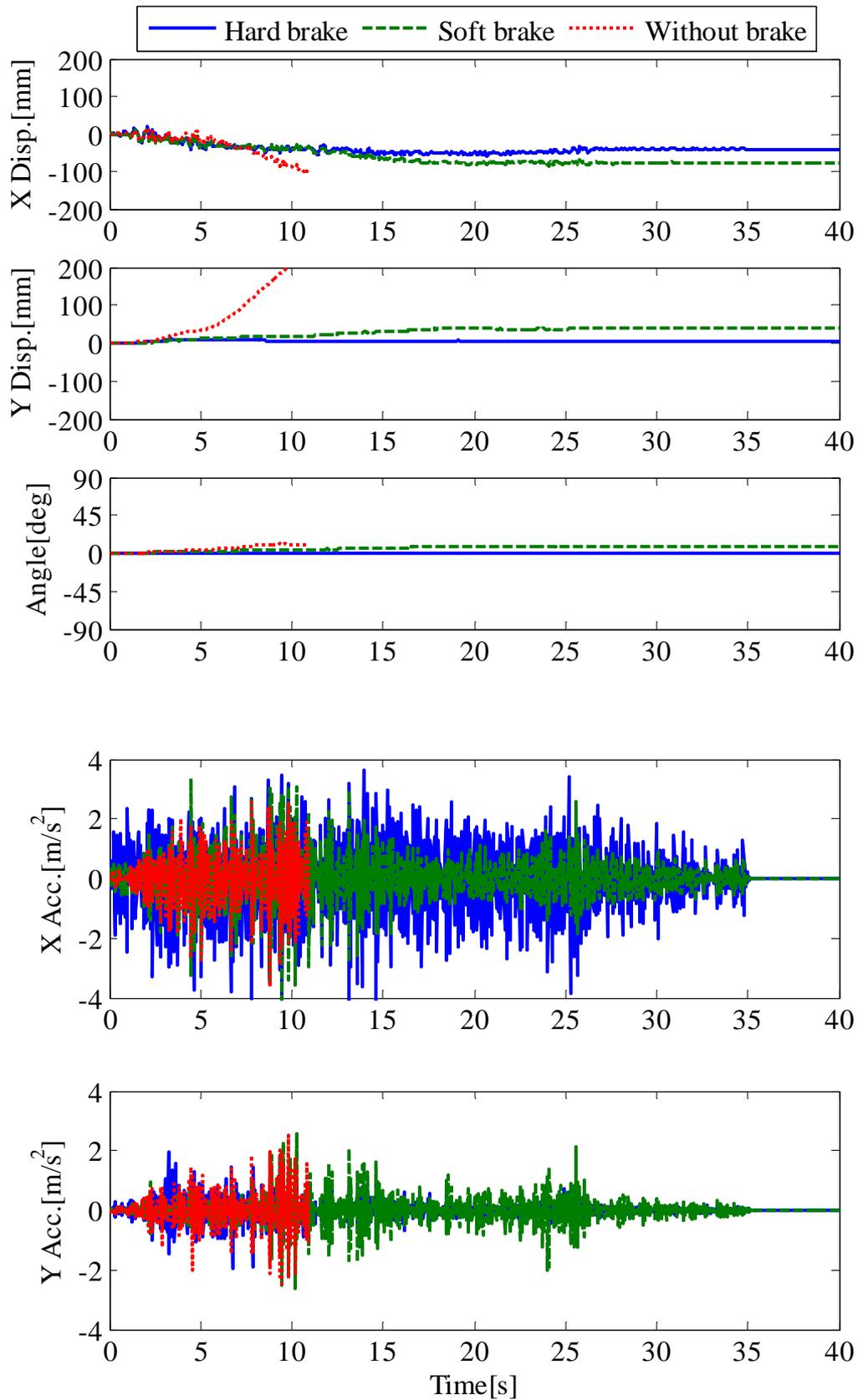


図 22 エルセントロ NS 波に対する応答、Initial caster angle 0°、積載有

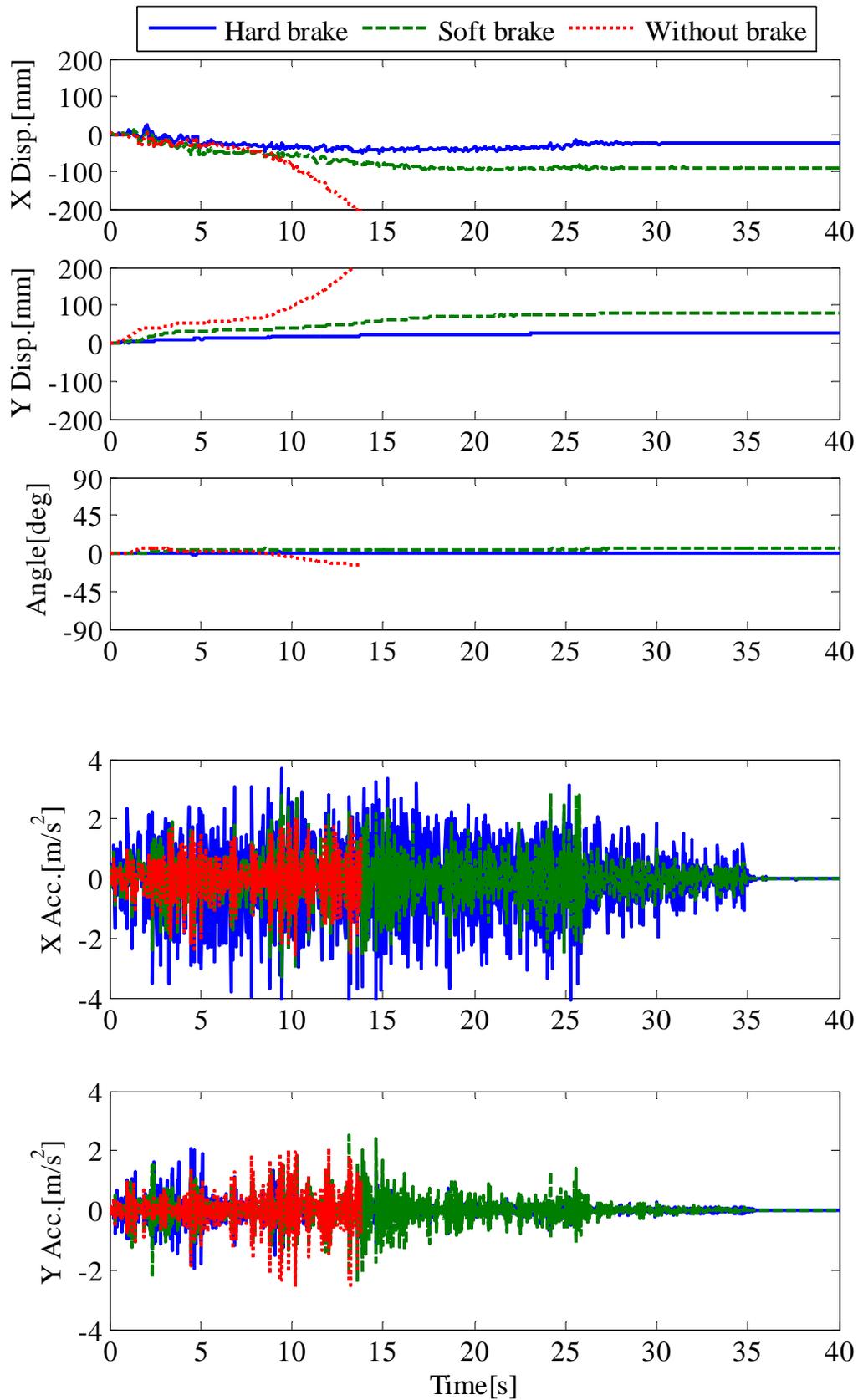


図 23 エルセントロ NS 波に対する応答、Initial caster angle 45°、積載有

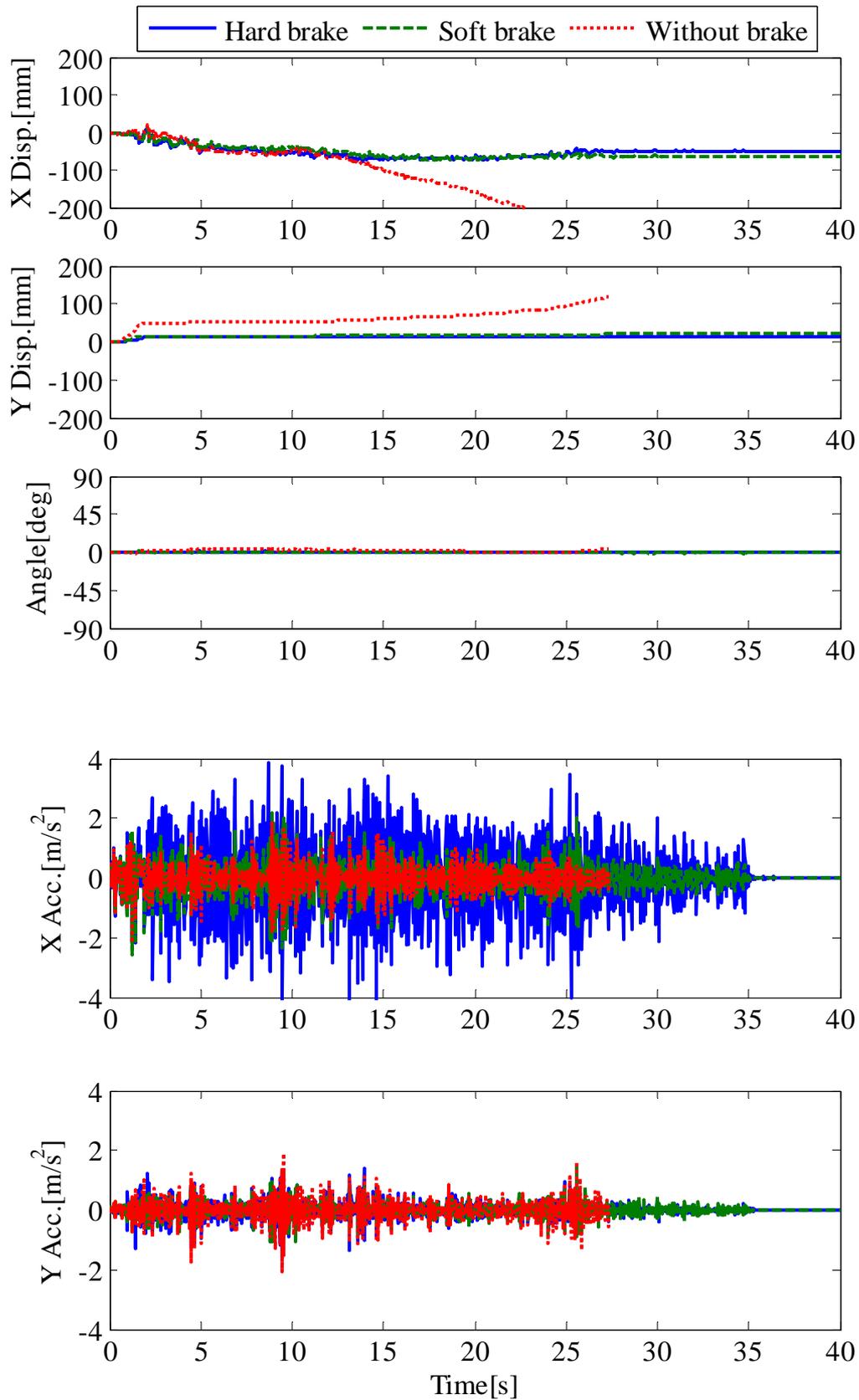


図 24 エルセントロ NS 波に対する応答、Initial caster angle 90°、積載有

### 3) 既存技術の調査

重要施設の機能保持技術として現在利用され普及しつつある、床免震技術や機器免震技術について調査した。床免震についてのメーカーと主な方式についてとりまとめた結果を表6に、機器免震について表7に示す。

床免震については水平2次元および水平+鉛直3次元方式がともに存在する。しかし鉛直方向の免震方式はほとんどが空気ばねを用いたものであり、免震床上の歩行等による振動励起の問題が懸念される。

また、機器免震のほとんどは水平2次元方式であり、近年発生した地震では、高周波成分による上下方向の高加速度が観測されており、重要機器および精密機器を考慮した場合上下方向の免震についても調査検討する必要もある。

またこれらの床免震、機器免震技術は情報通信関連施設（サーバー室等）や博物館美術館等への実績は多いが、運用上の問題等もあり医療施設、医療機器への実績はまだ少ない。今後実績に関する調査や、普及も考慮した開発が必要と思われる。

表6 床免震装置の主な仕様

| メーカー        | 軸   | 水平            |          |                 | 鉛直         |         |
|-------------|-----|---------------|----------|-----------------|------------|---------|
|             |     | 支持方式          | 復元力      | 減衰              | 復元力        | 減衰      |
| 三菱重工        | 3次元 | ボールベアリング      | 引張りコイルばね | オイルダンパー         | 空気ばね       | 粘性体ダンパ  |
| 三菱重工        | 2次元 | ボールベアリング      | 引張りコイルばね | オイルダンパー         |            |         |
| 日立          | 2次元 | ボールベアリング      | コイルばね    | オイルダンパー         |            |         |
| 日立          | 3次元 | ボールベアリング      | コイルばね    | オイルダンパー         | 鉛直ばね       | オイルダンパー |
| 石川島播磨重工業    | 3次元 | 滑り支承          | コイルばね    | 摩擦              | 空気ばね       | 空気ばね    |
| エーエス        | 2次元 | 曲線レール         | 曲線レール    | 摩擦              |            |         |
| オイレ工業       | 2次元 | ボールベアリング+特殊鋼板 | コイルばね    | 粘性体ダンパ          |            |         |
|             | 3次元 | ボールベアリング+特殊鋼板 | コイルばね    | 粘性体ダンパ          | 空気ばね       | 空気ばね    |
| 高環境エンジニアリング | 2次元 | ボールベアリング      | コイルばね    | 粘性体ダンパまたはオイルダンパ |            |         |
|             | 3次元 | ボールベアリング      | コイルばね    | オイルダンパ          | 空気ばね+コイルばね | 摩擦ダンパ   |
| テクノウェーブ     | 2次元 | ベアリング         | 傾斜板      | 高減衰ゴム           |            |         |
|             | 3次元 | ベアリング         | 傾斜板      | 高減衰ゴム           | 空気ばね       | 空気ばね    |
| ヤクモ         | 2次元 | ボールベアリング      | コイルばね    | オイルダンパ          |            |         |
|             | 3次元 |               |          |                 |            |         |

表7 機器免震の主な仕様

| メーカー | 軸   | 方式      | 支持          | 復元力   | ダンパ       | 積載荷重        | 許容変位      | 装置大きさ               | 装置高さ  | 装置質量     |
|------|-----|---------|-------------|-------|-----------|-------------|-----------|---------------------|-------|----------|
| 三菱重工 | 2次元 | 曲線レール方式 | 曲線レール+ベアリング | 曲線レール | 摩擦ダンパ     | 4t          |           |                     |       |          |
|      | 2次元 | コイルばね方式 | 直道ベアリング     | コイルばね | 摩擦ダンパ     | 4t          |           | 800×800mm以下         |       |          |
| エーエス | 2次元 |         | 円弧レール       | 円弧レール | 摩擦(円弧レール) |             |           | 1500×1500mm等複数      |       |          |
| 特許機器 | 2次元 |         | 円弧レール       | 円弧レール | 摩擦(円弧レール) | 200kg       | 200mm     | 650×650mm           | 50mm  | 60kg     |
| ヤクモ  | 2次元 |         | 円弧レール       | 円弧レール | 摩擦(円弧レール) | 1000-1300kg | 365mm     | 900-1600×900-1000mm | 160mm | 90-135kg |
|      | 2次元 |         | 円弧レール       | 円弧レール | 摩擦(円弧レール) | 50kg        | 180-240mm | 380-500×380-500     | 75mm  | 15-25kg  |

#### (c) 結論ならびに今後の課題

本稿では、直下型地震に対する医療機器の新たな機能保持技術としてキャスト付き医療機器に注目し、加振実験を行ってブレーキ力が応答変位、加速度に与える影響について考察を行った。キャストの初期配置や荷重を積載した場合の挙動への影響についても確認した。ブレーキ力を可変に変化させるデバイスとしてERブレーキの調査も行った。得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 地震時の変位や応答加速度の低減に対し、通常のブレーキなしや強いブレーキと比べて弱いブレーキが有効である。
- 2) 各キャストが独立して複雑な挙動を示すため、キャストの初期配置が地震時の挙動に

与える影響については、明らかに影響はあるものの、その傾向を掴むことは現状では困難である。

- 3) ブレーキなしの状態において荷重を積載すると、地震時の変位が増加する。
- 4) ER ブレーキキャストは、電圧をかけない状態でも基底トルクを持つため、比較的重量の大きな機器の耐震性向上に有効である可能性がある。

また、機能保持の対策手法として既存床免震技術や機器免震技術の調査を行った。これらの技術は、運用上の問題等により医療施設への応用実績はまだ数少ない。医療施設の特長性を考慮した技術開発が必要と思われる。

#### (d) 引用文献

- 1) 笥淳夫、災害に備えた病院建築・設備整備 一阪神・淡路大震災における医療施設の被災状況一、厚生省の指標、vol.42、No.13、1995、pp.37-45
- 2) 中山茂樹、病院建築・設備と医療機器等の耐震性、臨床外科、vol.51、No.13、1996、pp.1545-1549
- 3) 島崎剛ほか、医療用ワゴンの地震時挙動に関する実験的研究、日本自然災害学会学術講演会講演概要集、vol.25、2006、pp.35-36
- 4) 井上昭夫、均一系電気粘性(ER)流体の紹介と応用事例、精密工学会誌、vol.72、No.7、2006、pp.821-825
- 5) ER テック社 HP、<http://www.ertec.jp/>

#### (e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

| 発表成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）   | 発表者氏名                        | 発表場所（学会等名）                 | 発表時期    | 国内・外の別 |
|--|------------------------------|----------------------------|---------|--------|
| キャスト付き医療機器の地震応答に関する研究<br>－震災時における建物の機能保持に関する研究開発（その4）－<br>口頭発表 | 小方康裕、鎌田崇義、佐藤栄児、井上貴仁、笥淳夫、小林健一 | 広島大学<br>2008年度日本建築学会大会（中国） | 2008年9月 | 国内     |

学会誌・雑誌等における論文掲載

| 掲載論文（論文題目） | 発表者氏名 | 発表場所（雑誌等名） | 発表時期 | 国内・外の別 |
|------------|-------|------------|------|--------|
| なし         |       |            |      |        |

マスコミ等における報道・掲載

| 報道・掲載された成果<br>(記事タイトル) | 対応者氏名 | 報道・掲載機関<br>(新聞名・TV名) | 発表時期 | 国内・外<br>の別 |
|------------------------|-------|----------------------|------|------------|
| なし                     |       |                      |      |            |

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1)特許出願

なし

2)ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

**(3) 平成20年度業務計画案**

地震災害時における重要施設内に設置された重要機器の機能保持を目指し、カスタ付き機器を対象としたブレーキ制御等の対策技術に関する基礎実験を行う。

