

3.1.4 キャスター機器の地震対策に関する研究

(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、および被災状況等の情報発信の拠点となる情報通信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、医療業界および建築業界の民間企業や学協会等と連携し、機能保持を目指した重要施設の地震対策指標と具体的な対策手法を取りまとめ、既存および新規施設の耐震対策として普及を促すガイドラインを示す。

(b) 平成21年度業務目的

医療施設など重要施設においては、キャスターを有する機器が多いことから、震災時におけるキャスター機器による被害を軽減するため、応答低減機構に関わる検討を行う。

(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

(2) 平成21年度の成果

(a) 業務の要約

地震を受けた際のキャスター機器の応答低減機構として、与える電圧によって制動力が可変となるERブレーキを組み込んだキャスターを製作した。瞬時最適化制御を用いた制御系を設計し、シミュレーション解析、および平成19年度に購入した小型振動台を用いた実験を行って、その効果を確認した。

(b) 業務の成果

1) 実験装置概要

ブレーキキャスターの外観を写真1に示す。昨年度の報告にあるように、現在のワゴンに対してブレーキの制御可能範囲を広げる方法としてワゴン重量を重くする方法は有効であるが、小型振動台への負荷が増えて加振限界が低くなってしまったため、ERブレーキの改良を行っている。ブレーキに封入している液体を、液晶均一系のER流体から粒子分散系のER流体に替えることで、出力できる最大のブレーキトルクが約1/3以下になってしまうというデメリットがあるものの、電圧非印加時の基底トルクを現在の約半分ほど

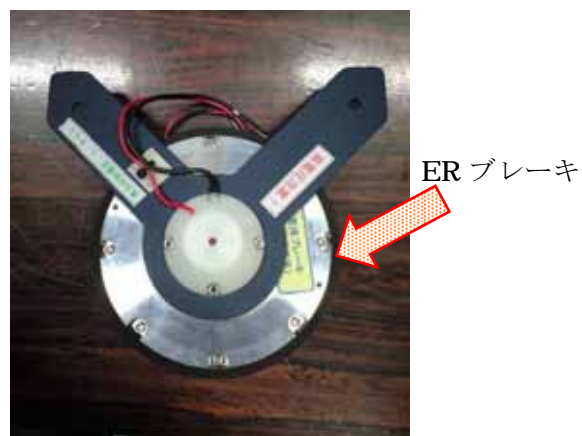


写真1 ERブレーキ

に低下させることができるものである。図1に印加電圧に対するブレーキトルクの特徴を示す。○印が実験結果、実線はそれを次に示す3次の多項式で近似したものである。

$$T = -20.106 \times 10^{-9} E^3 + 21.6428 \times 10^{-6} E^2 - 3.703 \times 10^{-4} E + 0.242 \quad (1)$$

ここで、 T はブレーキトルク[Nm]、 E は印加電圧[V]である。

写真2はERブレーキ2個と通常キャスト2個を設置した実験用ワゴンである。右図において左が一方向キャスト、右がERブレーキキャストである。小型振動台およびモーションキャプチャーを利用した計測システムに関しては、昨年度までと同様のものを使用している。印加電圧一定の条件で電圧とワゴン質量を変化させたときの、最大加速度約 2m/s^2 のエルセントロ NS 波に対するワゴンの応答加速度と変位の関係を表1および図2に示す。

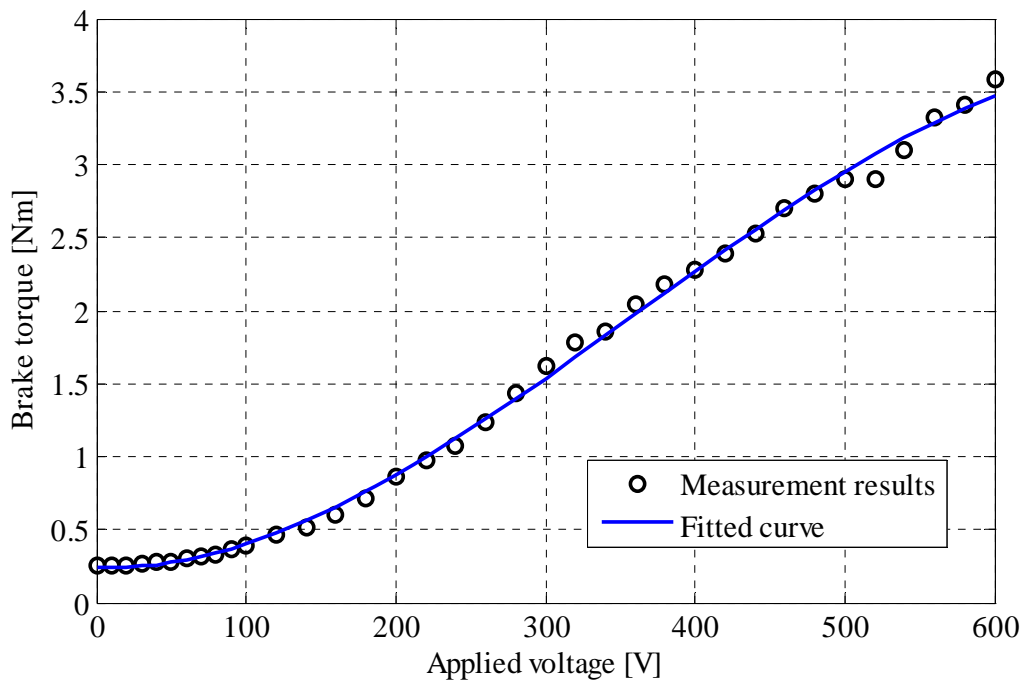


図1 印加電圧とブレーキトルク



写真2 キャスターワゴン概観

表1 ER ブレーキワゴンの応答（最大加速度、最大変位）

Brake torque [Nm]	Without weight		Weight 16kg		Weight 32kg	
	Max acc. [m/s ²]	Max disp. [mm]	Max acc. [m/s ²]	Max disp. [mm]	Max acc. [m/s ²]	Max disp. [mm]
0.24	0.95	24	0.94	25	0.74	39
0.25	1.02	21	0.79	30	0.76	29
0.3	1.08	19	0.92	21	0.94	47
0.4	1.15	14	0.91	24	0.85	40
0.5	1.24	16	0.93	18	1.25	41
0.6	1.42	14	1.07	19	0.91	59
0.7	1.42	9	1.21	19	1.19	61
0.8	1.63	8	1.33	22	1.05	47
0.9	1.74	9	1.44	16	1.15	43
1.0	1.80	8	1.65	21	1.23	43
1.1	1.81	8	1.36	18	1.26	32
1.2	1.57	5	1.36	14	1.41	41
1.3	1.67	5	1.35	15	1.51	37
1.4	1.68	8	1.37	14	1.79	34
1.5	1.83	5	1.44	12	1.73	33
1.6	1.64	6	1.49	13	1.80	26
1.7	1.81	10	1.83	15	1.53	26
1.8	1.74	6	1.89	16	1.68	21
1.9	1.83	11	1.73	13	1.79	18
2.0	2.05	8	1.68	12	1.77	17
2.1	2.04	6	1.80	11	1.61	18
2.2	1.69	6	1.73	14	1.84	21
2.3	2.07	6	1.73	17	1.94	16
2.4	1.73	6	2.04	12	2.26	15
2.5	1.61	8	2.19	14	2.41	14
2.6	2.01	5	2.28	14	1.88	18
2.7	1.65	11	2.33	14	2.35	14
2.8	1.99	4	2.27	11	2.15	13
2.9	1.70	7	2.16	14	2.33	16
3.0	1.76	6	2.01	13	2.30	15

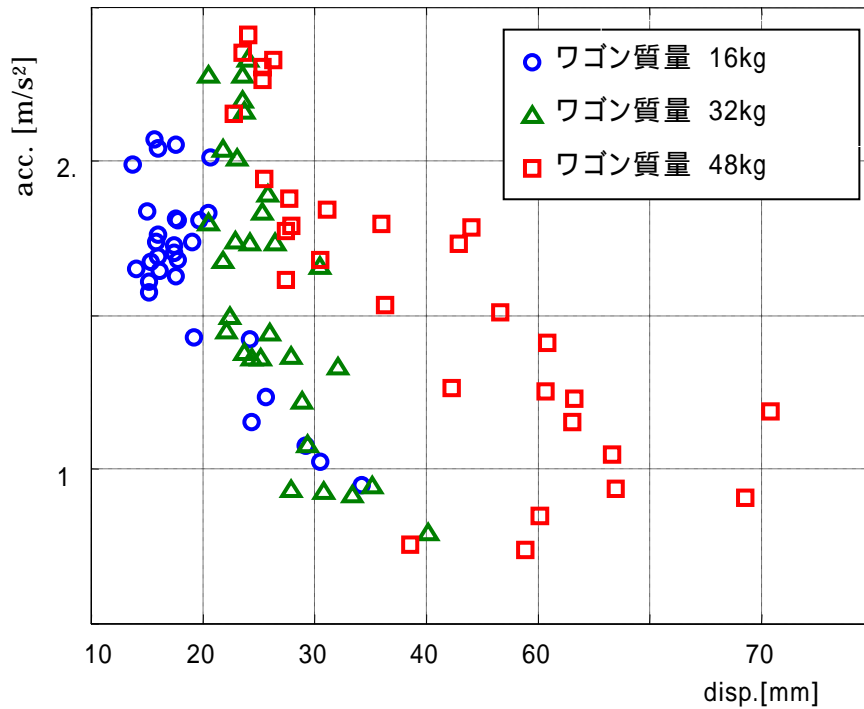


図2 最大変位と最大加速度の分布

電圧を高くすればするほど制動力が大きくなるため、応答加速度が大きく、応答変位が小さくなるのがわかる。また、ワゴンに重りを載せて重量を重くしたほうが基底トルクの影響が小さくなり、制御できる範囲が広がるのがわかる。

2)ワゴンのモデル化と制御器の設計

a)ブレーキトルクのモデル化

ワゴンを図3のような1自由度系として考える。解析モデルの運動方程式と切り替え条件を式(2)~(6)に示す。**Phase 1**はワゴンが停止している状態、**Phase 2**はワゴンが運動している状態である。切り替え条件は、停止時にブレーキ力 F を上回る地震入力が入力されたときにワゴンは運動を始め、運動時にはワゴンの相対速度 \dot{x} がゼロかつ地震入力 E がブレーキ力 F の2倍を下回るとき停止するものとした。

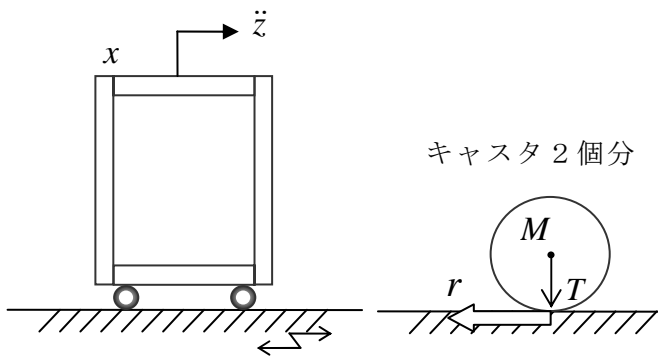


図3 ワゴンモデル

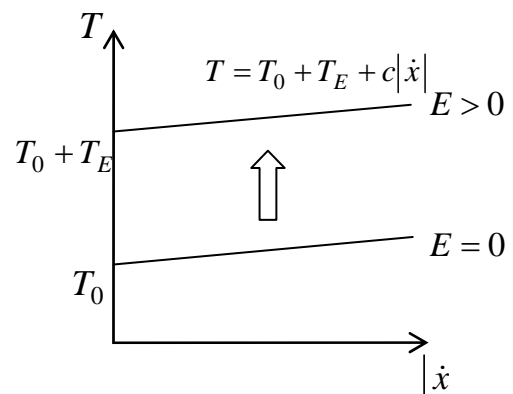


図4 ブレーキトルク特性

一方、ER ブレーキの出力特性を図 4 に示す。本研究で使用する粒子分散系 ER 流体は、ブレーキの回転速度がブレーキトルクへ与える影響はほとんどないビンガム流動の特徴を示すが、僅かに持つ回転速度による影響を考慮するため、ブレーキトルク算出にワゴン速度に関する係数 c を導入する。

(Phase 1) ワゴンが停止している状態

$$\begin{cases} x = \text{const.} \\ \dot{x} = 0 \\ \ddot{x} = 0 \end{cases} \quad (2)$$

(Phase 2) ワゴンが運動している状態

$$M\ddot{x} = -M\ddot{z} - F \cdot \text{sign}(\dot{x}) \quad (3)$$

$$F = \frac{T}{r} \left(= \frac{T_0 + T_E + c|\dot{x}|}{r} \right) \quad (4)$$

① (Phase 1) から (Phase 2) への切り替え条件

$$|M\ddot{z}| \geq F \quad (5)$$

② (Phase 2) から (Phase 1) への切り替え条件

$$\dot{x} = 0 \quad \text{かつ} \quad |M\ddot{x}| < 2F \quad (6)$$

$$\left(\begin{array}{l} x : \text{ワゴン相対変位} \quad M : \text{ワゴン重量} \quad \ddot{z} : \text{地震入力加速度} \quad F : \text{ブレーキ力} \\ \text{sign} : \text{符号関数} \quad T : \text{ER ブレーキトルク} \quad T_0 : \text{基底ブレーキトルク} \\ T_E : \text{付加ブレーキトルク} \quad r : \text{ER ブレーキ半径} \end{array} \right)$$

b) モデルの検証

シミュレーションを行ってモデルの妥当性を検証した。シミュレーションの加振入力には実験時の振動台加速度（エルセントロ NS 波）を使用し、4 次の Runge-Kutta 法を用いて計算を行う。ワゴン質量は 16、32、48kg の三通り、ブレーキトルクに関しても、0.24Nm（基底トルク）、0.5Nm、1.0Nm の三通りについてシミュレーションを行った。ワゴン質量 16kg、ブレーキトルク 0.24Nm（基底トルク）の場合の結果と、ワゴン質量 48kg、ブレーキトルク 0.5Nm の結果を図 5，6 に示す。応答変位、加速度ともシミュレーションと実験値に若干の差異はあるが、定性的にはほぼ同等の挙動となっており、定量的な値についても大きな違いは見られない。他の結果もほぼ同様であり、作成されたモデルの妥当性が確認された。なお、ブレーキトルクの数値項については、ワゴン重量 16kg、ブレーキトルク 0.24Nm とした時の実験結果とシミュレーション結果を比較し、試行錯誤的に $c=2.5\text{Ns}$ と決定した。

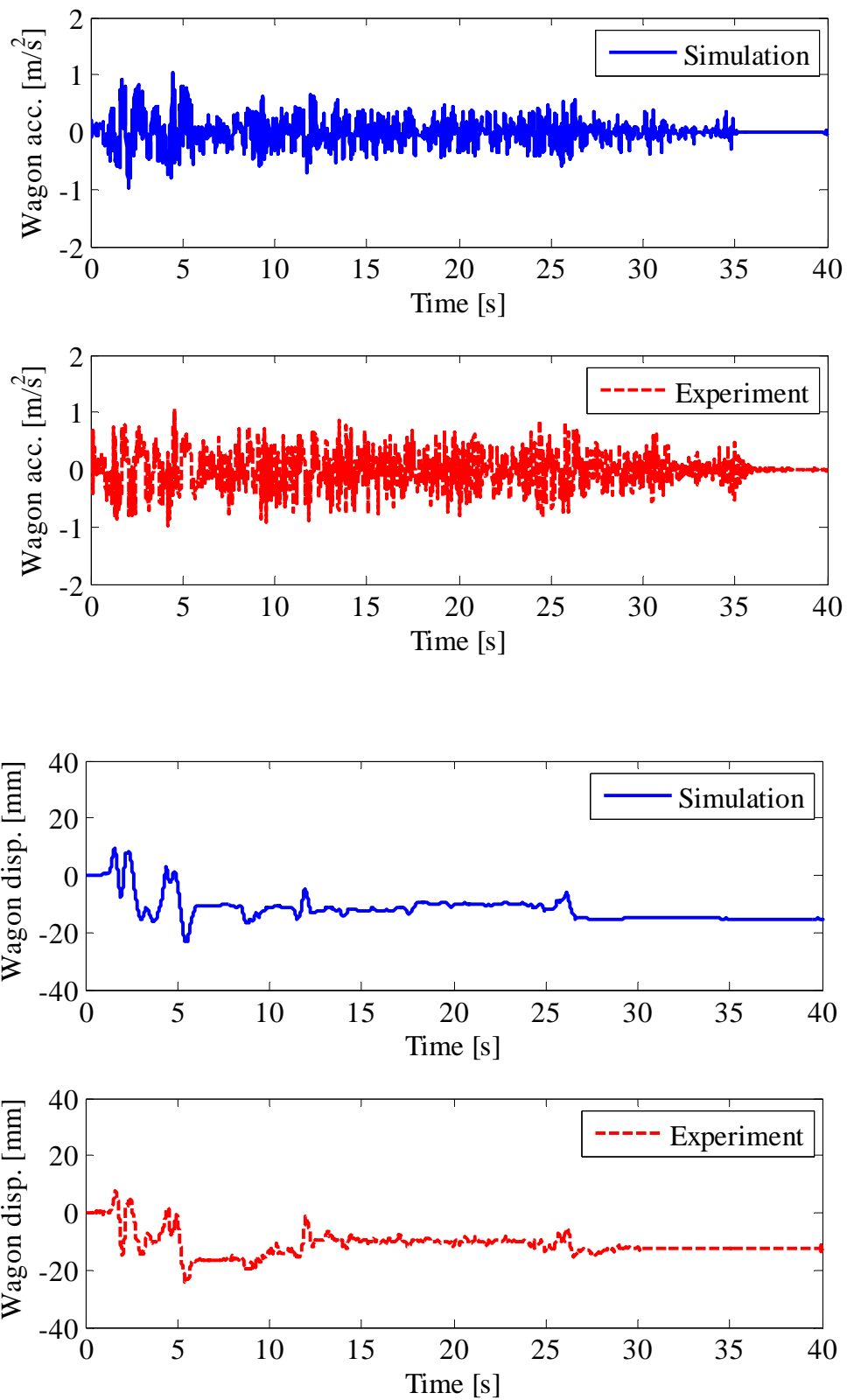


図5 ワゴンの応答
(質量 16kg、トルク 0.24Nm の場合)

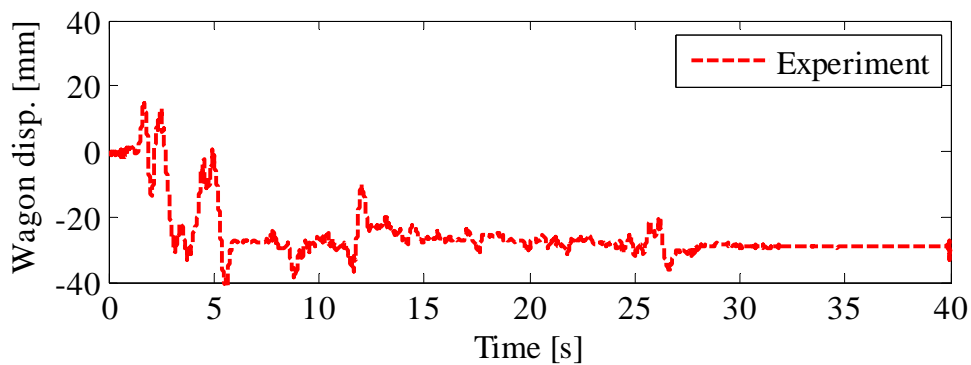
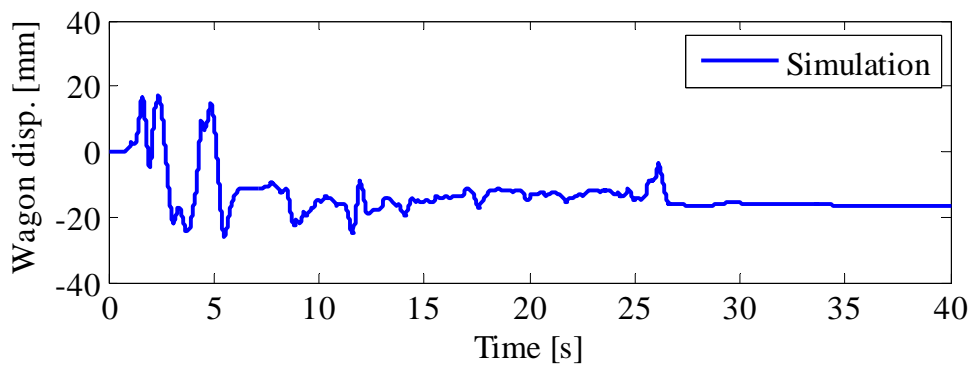
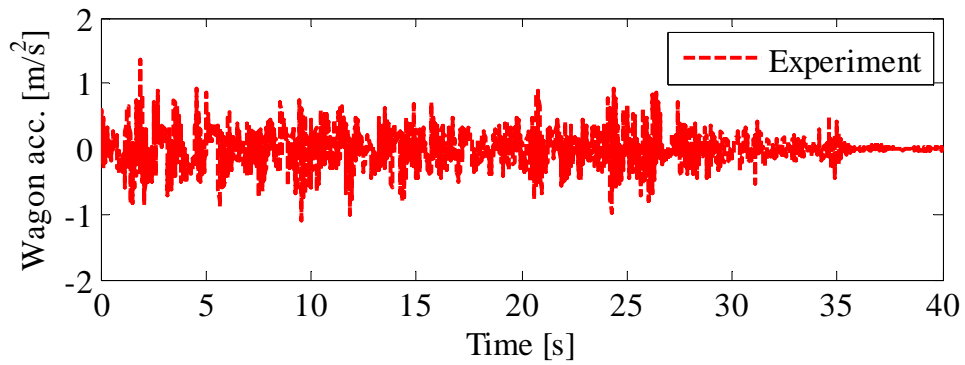
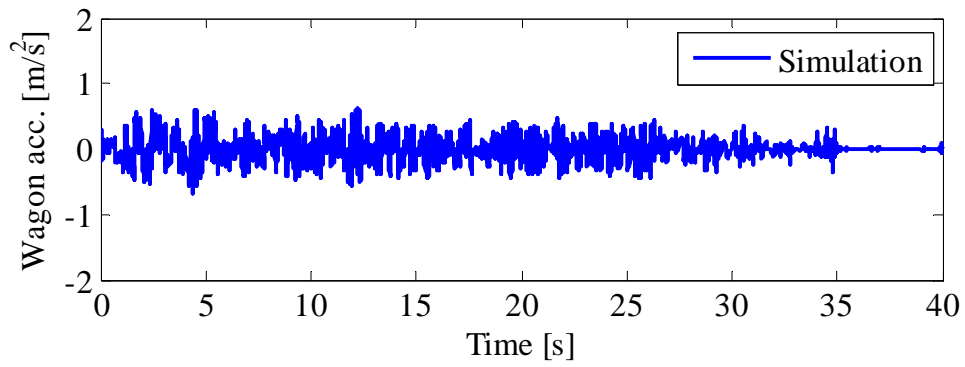


図6 ワゴンの応答
(質量 48kg、トルク 0.5Nm の場合)

3)制御器の設計

a)瞬時最適制御

前節で構築されたモデルに対して瞬時最適制御^[1]による制御器の構築を行った。この瞬時最適制御は Yang, J.N らによって提唱された制御理論であり、各離散時間において制御パラメータを最適化させるというものである。制御対象とするブレーキトルクモデルは非線形モデルであるが、この瞬時最適制御は非線形の系に対しても線形近似などを行わず制御器が構築できるという利点がある。以下に、1 自由度系構造物における制御則の導出^{[2][3]}を参考とした ER ブレーキへの制御電圧を算出するための計算式の導出過程を示す。

はじめに、瞬時最適制御は各離散時間において最適な制御トルクを計算するという特徴を持つため、高圧電源が制御電圧を発生させる際に生じる遅れを考慮する。本研究で使用する高圧電源の遅れを 1 次遅れ要素として考え、制御電圧の印加によって発生するブレーキトルク T_E を式(7)のように表す。

$$T_L \dot{T}_E + T_E = E \quad (7)$$

ここで、 T_L は時定数、 E は ER ブレーキへの印加電圧である。

次に、線形加速度法により n 、 $n-1$ ステップの状態量を用いるとワゴン相対変位、相対速度は、

$$x_n = x_{n-1} + \Delta t \dot{x}_{n-1} + \frac{\Delta t^2}{3} \ddot{x}_{n-1} + \frac{\Delta t^2}{6} \ddot{x}_n \quad (8)$$

$$\dot{x}_n = \dot{x}_{n-1} + \frac{\Delta t}{2} \ddot{x}_{n-1} + \frac{\Delta t}{2} \ddot{x}_n \quad (9)$$

のように表せる。ここで Δt はサンプリングタイムである。また、式(7)についても n 、 $n-1$ ステップの状態量で記述すると、

$$(T_L + \Delta t)T_{En} = T_L T_{En-1} + E_n \Delta t \quad (10)$$

となる。式(7)~(9)を考慮して運動方程式を差分化すると、

$$\mathbf{X}_n = \mathbf{A}\mathbf{X}_{n-1} + \mathbf{B}E_n + \mathbf{Z} \quad (11)$$

と表せる。ここで 行列 \mathbf{A} 、 \mathbf{B} 、 \mathbf{Z} は、

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \frac{-\Delta t^2}{6} & 0 \\ 0 & 1 & -\frac{\Delta t}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -\frac{T_L \times \text{sign}(\dot{x}_{n-1})}{Mr\Delta t} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{Mr\Delta t}{T_L + \Delta t} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 1 & \Delta t & \frac{\Delta t^2}{3} & 0 \\ 0 & 1 & \frac{\Delta t}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{T_L \times \text{sign}(\dot{x}_{n-1})}{Mr\Delta t} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{Mr\Delta t}{T_L} \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \frac{-\Delta t^2}{6} & 0 \\ 0 & 1 & -\frac{\Delta t}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -\frac{T_L \times \text{sign}(\dot{x}_{n-1})}{Mr\Delta t} \\ 0 & 0 & 0 & T_L + \Delta t \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -\frac{\text{sign}(\dot{x}_{n-1})}{Mr} \\ \Delta t \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \frac{-\Delta t^2}{6} & 0 \\ 0 & 1 & -\frac{\Delta t}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -\frac{T_L \times \text{sign}(\dot{x}_{n-1})}{Mr\Delta t} \\ 0 & 0 & 0 & T_L + \Delta t \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} -\frac{\Delta t^2}{6} \ddot{z}_n - \frac{\Delta t^2}{3} \ddot{z}_{n-1} \\ -\frac{\Delta t}{2} \ddot{z}_n - \frac{\Delta t}{2} \ddot{z}_{n-1} \\ \{T_0 + c|\dot{x}|\} \text{sign}(\dot{x}_{n-1}) \\ Mr \\ 0 \end{bmatrix} \quad (14)$$

である。また状態ベクトルは、

$$\mathbf{X}_n = [x_n \quad \dot{x}_n \quad \ddot{x}_n + \ddot{z}_n \quad T_{En}]^T \quad (15)$$

である。

次に、評価関数 J_n を以下のように設定する。

$$J_n = \mathbf{X}_n^T \mathbf{Q} \mathbf{X}_n + R E_n^2 \quad (16)$$

ここで、 \mathbf{Q} は各状態量に対応する重み係数 q_d 、 q_v 、 q_a 、 q_t を用いて、

$$\mathbf{Q} = \begin{bmatrix} q_d & 0 & 0 & 0 \\ 0 & q_v & 0 & 0 \\ 0 & 0 & q_a & 0 \\ 0 & 0 & 0 & q_t \end{bmatrix} \quad (17)$$

のように表せる準正定値正方行列であり、 R はスカラ量である。

瞬時最適制御は、式(11)の制約条件下で評価関数(16)を最小にする最適化問題として考えられる。各ステップのラグランジュ乗数を λ_n とおくと、ハミルトニアン L_n は、

$$L_n = \mathbf{X}_n^T \mathbf{Q} \mathbf{X}_n + R E_n^2 + \lambda_n (\mathbf{X}_n - \mathbf{A} \mathbf{X}_{n-1} - \mathbf{B} E_n - \mathbf{Z}) \quad (18)$$

となる。式(18)にラグランジュの未定係数法を適用すると、

$$\frac{\partial L_n}{\partial \mathbf{X}_n} = 2\mathbf{Q} \mathbf{X}_n + \lambda_n = \mathbf{0} \quad (19)$$

$$\frac{\partial L_n}{\partial E_n} = 2RE_n - \mathbf{B}^T \lambda_n = \mathbf{0} \quad (20)$$

$$\frac{\partial L_n}{\partial \lambda_n} = \mathbf{X}_n - \mathbf{A}\mathbf{X}_{n-1} - \mathbf{B}E_n - \mathbf{Z} = \mathbf{0} \quad (21)$$

の連立方程式が得られる。これらを E_n について解くと、最適制御電圧 E_n^* の計算式は、

$$E_n^* = (\mathbf{R} + \mathbf{B}^T \mathbf{Q} \mathbf{B})^{-1} \{ -\mathbf{B}^T \mathbf{Q} (\mathbf{A}\mathbf{X}_{n-1} + \mathbf{Z}) \} \quad (22)$$

となる。

b) 重み係数の決定

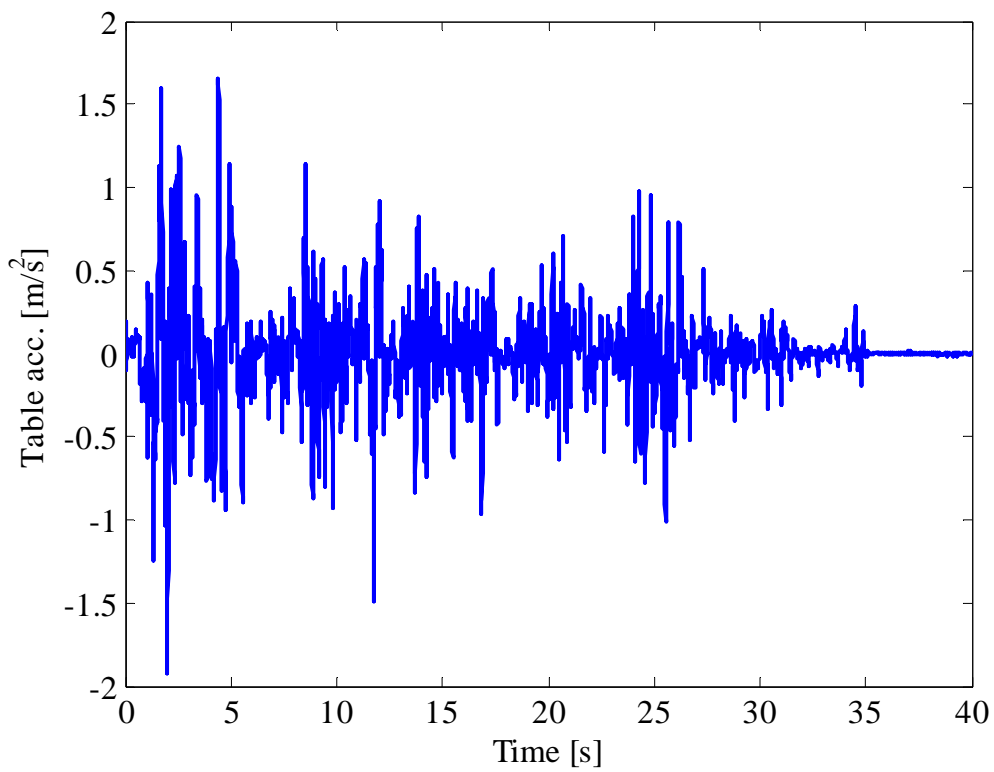
前節で述べた評価関数内の重み係数の決定は試行錯誤によって行った。この重み係数は、ワゴンの絶対加速度や相対速度などの各状態量に対応するものであり、本研究では、ワゴンの相対変位に対応する q_d の項をゼロとした。これは、ワゴンが初期位置から一度でも大きく移動した場合に制御電圧が大きく印加された状態で維持されてしまい、ワゴンが転倒する危険性が高まるためである。したがって、ワゴンの応答変位の低減を調整するためのパラメータには、相対速度に対応する q_v を用いる。ワゴンの応答加速度の低減については絶対加速度に対応する q_a によって制御する。

試行錯誤では、最大応答加速度のシミュレーション結果がワゴンの転倒限界加速度 (3.97m/s^2) を下回りかつ応答変位が最小となる重み係数を求めた。シミュレーションの加振入力には、エルセントロ NS 波と JMA 神戸 NS 波を用いた。ただし、これらの波形は図 7 に示すような小型振動台上で計測された振動台加速度を用いており、振動台の性能限界のため本来の地震波とは多少異なる波形となっている。また、制御実験時に使用する高圧電源の仕様から立ち上がり (0~90%) と立ち下がり (100~10%) で共に 300ms の遅れが生じることがわかっているため、遅れ時間 $T_L = 300\text{ms} \times 73.2\% = 0.211\text{s}$ をシミュレーションに用いている。なお制御電圧については、ER ブレーキのブレーキトルクがほぼ飽和する 700V が上限となるように制限した。

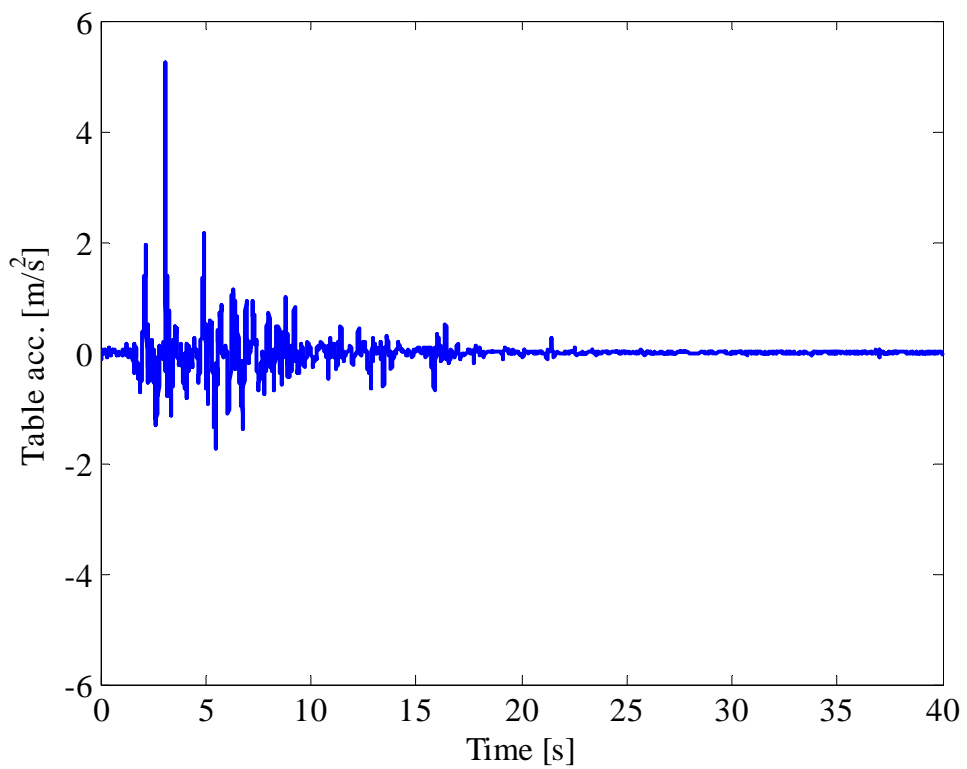
得られた値を表 2 に示す。本年度の研究は瞬時最適制御の有効性を確認するために行っているため、地震波によって値が異なっているが、実用の際には同じ値を用いるべきである。

表 2 重みの最適値 (q_a, q_v)

	16kg	32kg	48kg
El-Centro NS	$4 \times 10^1, 7 \times 10^6$	$4 \times 10^2, 3 \times 10^7$	$7 \times 10^5, 7 \times 10^{10}$
JMA Kobe NS	$9 \times 10^3, 9 \times 10^7$	$3 \times 10^{-4}, 6 \times 10^8$	$3 \times 10^2, 3 \times 10^6$



(a) エルセントロNS波



(b) JMA神戸NS波

図7 振動台加速度波形

3)制御効果の確認

a)シミュレーション結果

前節において決定した最適重み係数を用いて、瞬時最適制御による制御効果をまずシミュレーションで検証した。入力エルセントロ NS 波と JMA 神戸 NS 波としたが、エルセントロ NS 波を加振入力とした場合における応答加速度、応答変位、制御電圧のシミュレーション結果を図 8~10 に示す。図には基底トルク時のシミュレーション結果と制御時の最大応答加速度と同程度になるようなブレーキトルクを一定値で付加した場合のシミュレーション結果も併せてプロットしている。また、最大応答加速度と最大変位の結果をワゴン重量別でまとめたものについては、両地震波での結果を非制御時の結果も含め表 3 と 4 に示す。

表より一定のブレーキトルクを付加した場合と瞬時最適制御を用いた場合を比較すると、制御行った場合の方が最大変位を小さく抑えられていることが分かる。特に、ワゴンの重量が大きな場合ほど瞬時最適制御の効果が顕著に表れている。

表 3 最大応答加速度と応答変位 (El Centro NS)

	16kg		32kg		48kg	
$T = 0.24\text{Nm}$	0.58 m/s ²	31 mm	0.53 m/s ²	27 mm	0.46 m/s ²	39 mm
$T = \text{const.}$	2.39	0	2.13	3	2.33	8
With control	2.39	0	2.09	1	2.25	1

表 4 最大応答加速度と応答変位 (JMA Kobe NS)

	16kg		32kg		48kg	
$T = 0.24\text{Nm}$	0.81 m/s ²	59 mm	0.51 m/s ²	53 mm	0.60 m/s ²	46 mm
$T = \text{const.}$	2.73	8	3.31	10	1.86	45
With control	2.80	3	3.40	7	1.88	13

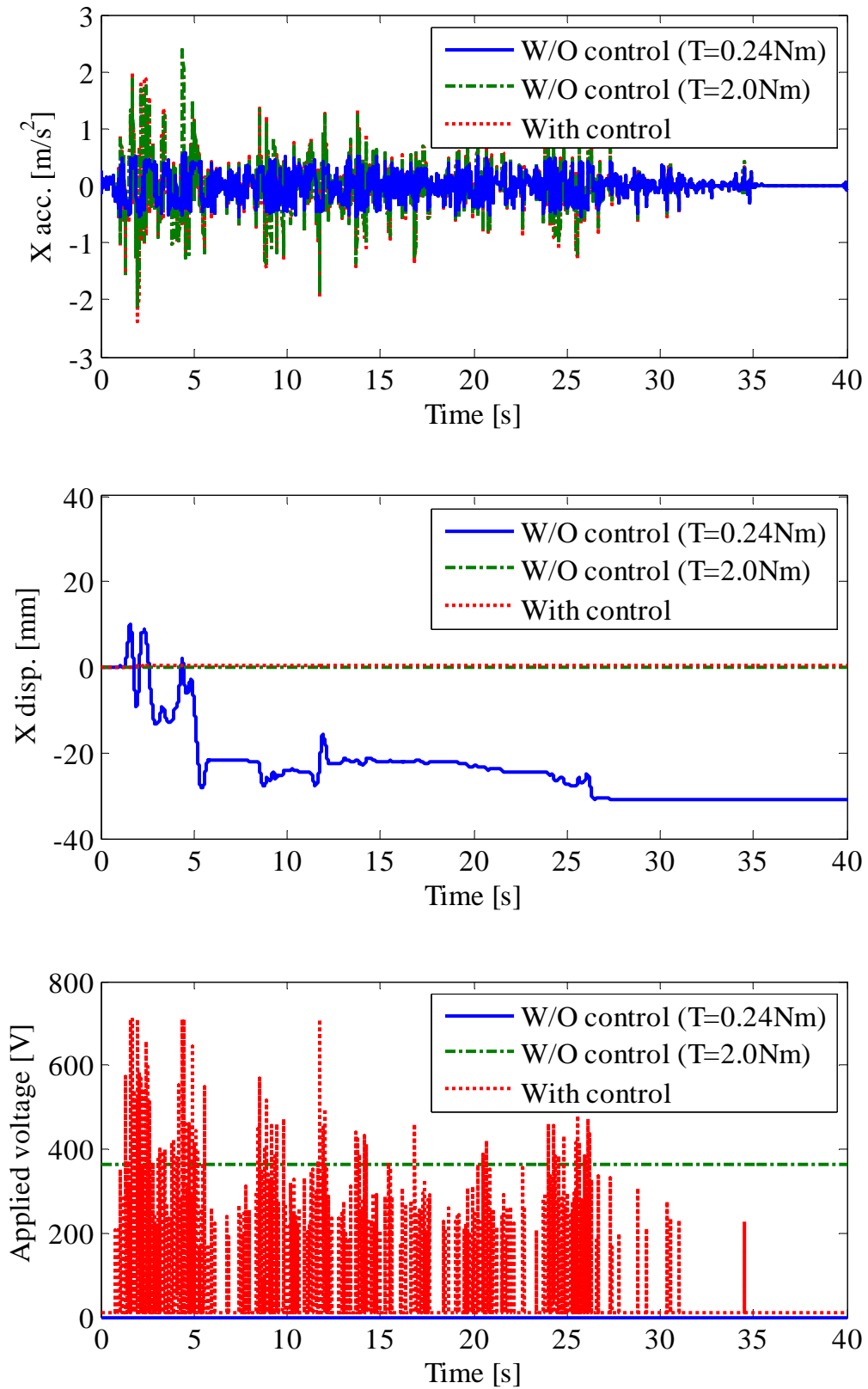


図8 シミュレーション結果 ($M = 16\text{kg}$, El-Centro NS)

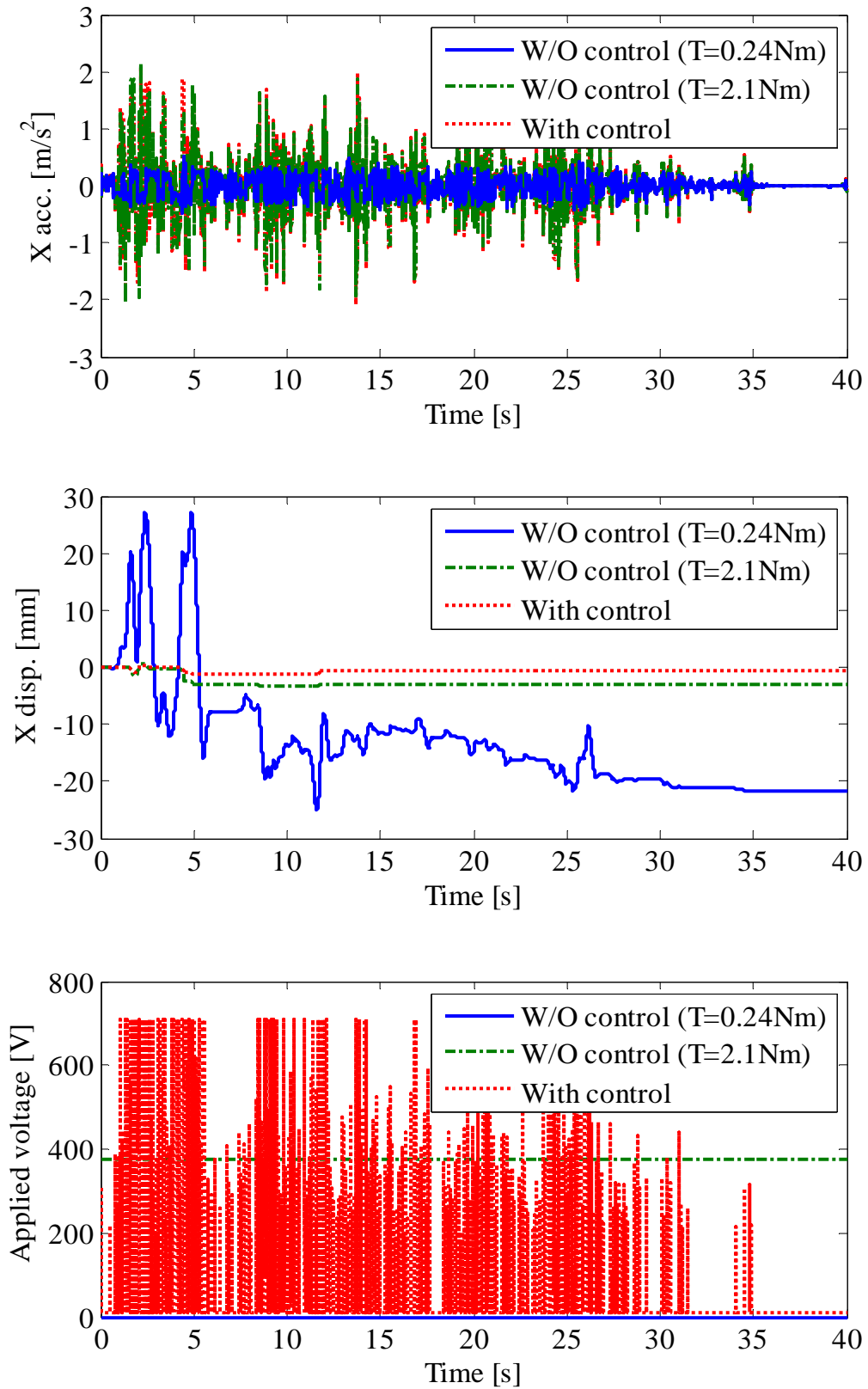


図9 シミュレーション結果 ($M = 32\text{kg}$, El-Centro NS)

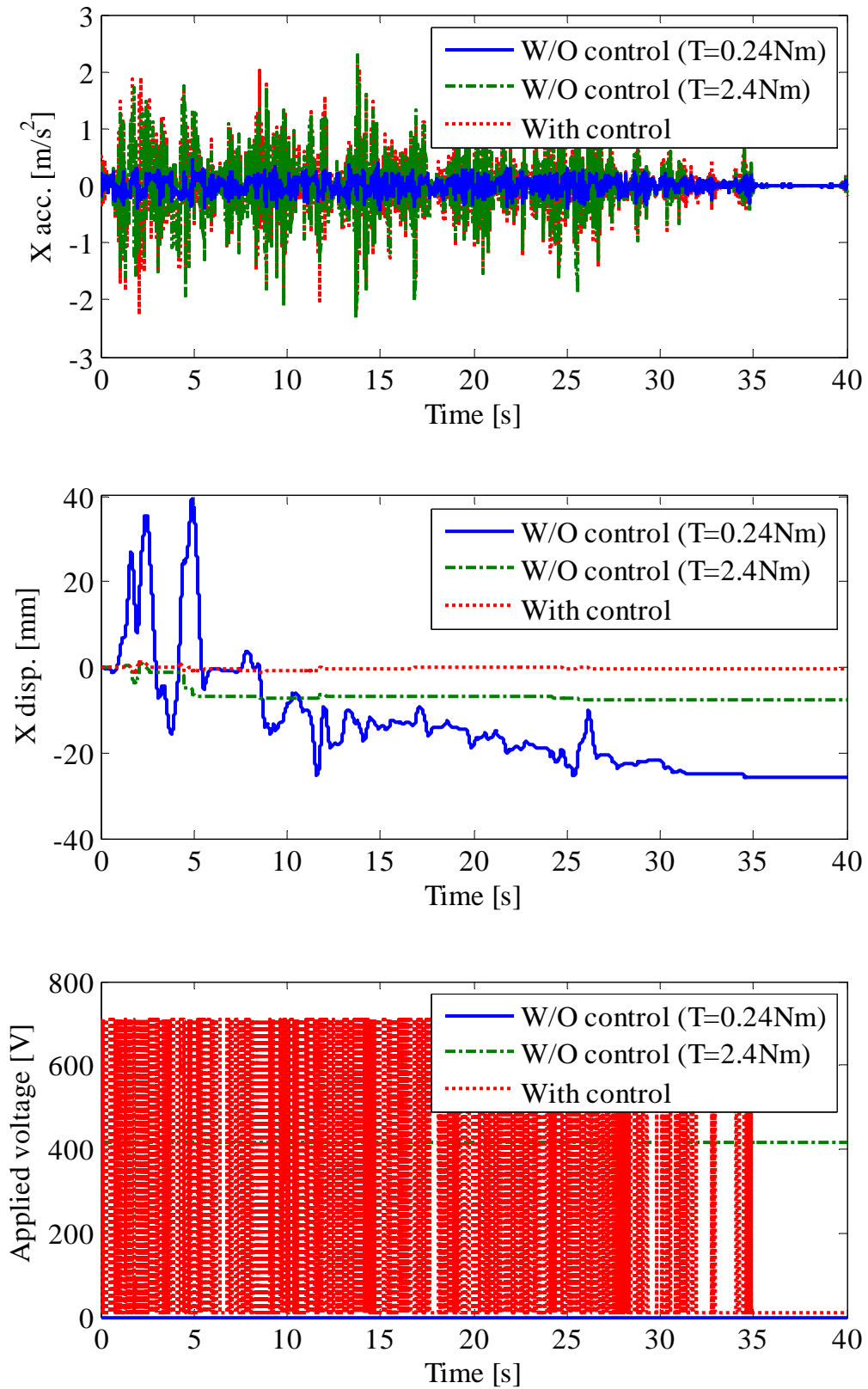


図 10 シミュレーション結果 ($M = 48\text{kg}$, El-Centro NS)

b) 実験結果

加振実験に用いた実験装置の構成を図 11 に示す。加速度計でワゴン上板と下板の加速度と振動台加速度を計測し、ワゴン変位はモーションキャプチャによって計測している。PC からの出力電圧を指令として高圧電源から ER ブレーキへ制御電圧を印加することでリアルタイムでの制御を行っている。なお、制御時に必要な相対速度に関しては、Phase 判定でワゴンが運動中となった場合はワゴン下板の絶対加速度と振動台加速度との差を離散時間積分した後に、カットオフ周波数 0.2Hz の 2 次バターワースハイパスフィルタを通すことで算出している。加振入力は、シミュレーションと同じエルセントロ NS 波と JMA 神戸 NS 波の二種類の振動台加速度とした。瞬時最適制御の重み係数はシミュレーションと同じものを使用している。

図 12～14 はエルセントロ NS 波に対する時刻歴応答結果である。表 5、6 にエルセントロ NS 波、JMA 神戸波に対するワゴンの最大応答加速度と応答変位を示すが、シミュレーションより若干性能が悪いが狙い通りの効果が上げられていることがわかる。

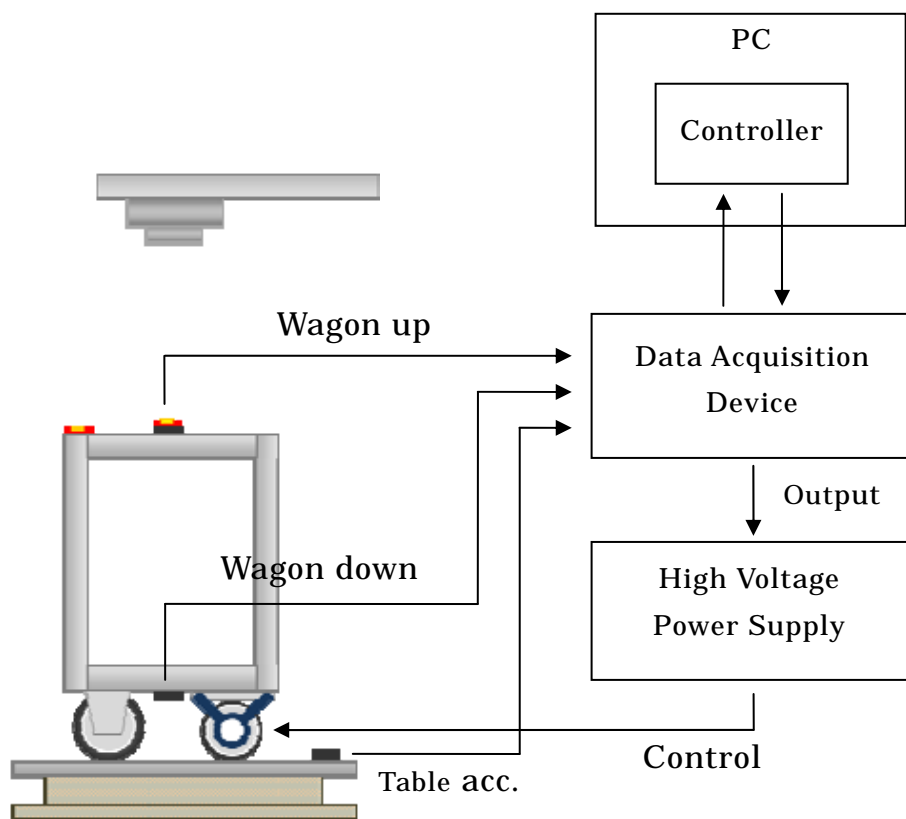


図 11 実験システム概要

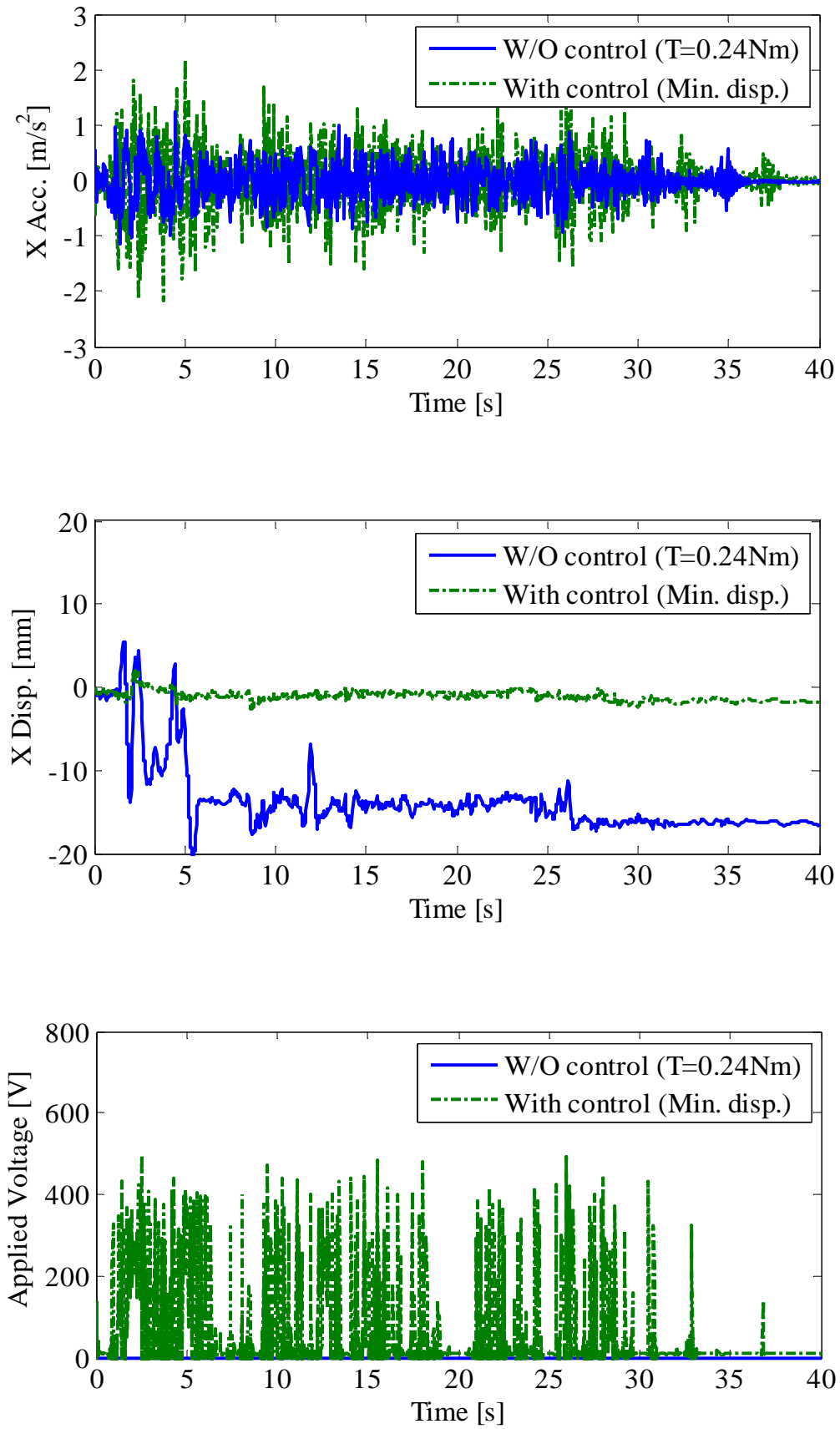


図 12 エルセントロ NS 波に対する実験結果 (質量 16kg)

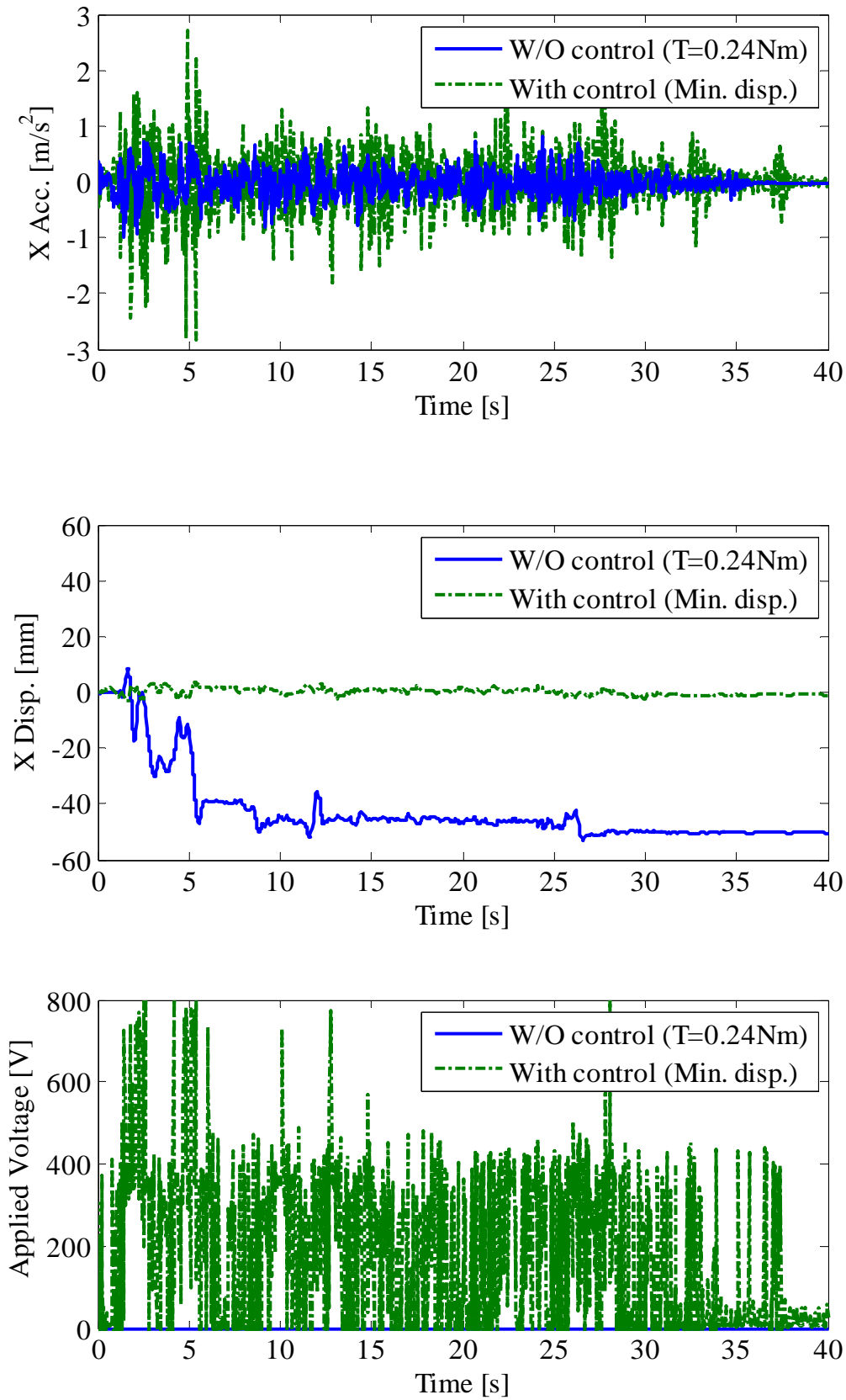


図 13 エルセントロ NS 波に対する実験結果 (質量 32kg)

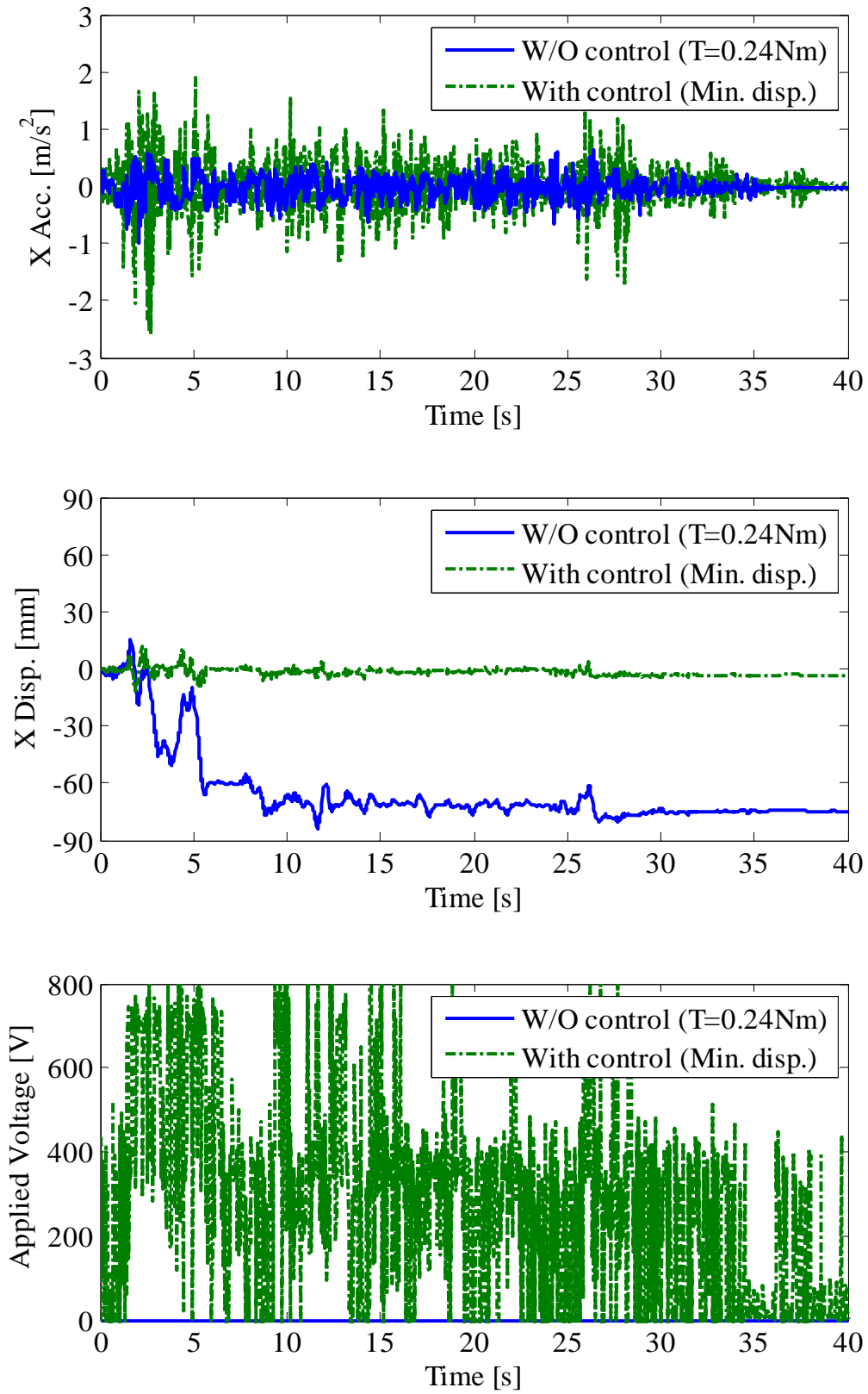


図 14 エルセントロ NS 波に対する実験結果 (質量 48kg)

表5 エルセントロ NS 波に対する最大応答加速度と応答変位

トルク	16kg		32kg		48kg	
0.24Nm	1.22 m/s ²	21 mm	0.99 m/s ²	53 mm	0.99 m/s ²	84 mm
0.5Nm	1.39	10	1.05	52	1.17	81
1.0Nm	1.69	6	1.27	47	1.28	78
1.5Nm	2.00	6	1.53	39	1.40	63
2.0Nm	2.22	3	1.72	18	1.71	56
2.5Nm	2.39	4	2.23	11	1.87	40
3.0Nm	2.60	6	2.24	6	2.10	25
3.5Nm	2.60	6	2.61	8	2.48	14
4.0Nm	2.43	3	3.08	4	2.71	12
Active	2.17	3	2.84	3	2.59	12

表6 JMA 神戸波に対する最大応答加速度と応答変位

トルク	16kg		32kg		48kg	
0.24Nm	1.88 m/s ²	52 mm	1.75 m/s ²	74 mm	1.53 m/s ²	91 mm
0.5Nm	1.80	46	1.88	75	1.63	90
1.0Nm	2.35	38	1.72	74	1.60	99
1.5Nm	2.63	28	2.27	73	1.78	101
2.0Nm	2.57	21	2.02	63	1.93	79
2.5Nm	2.67	23	1.96	52	1.87	79
3.0Nm	3.10	17	2.45	41	2.18	67
3.5Nm	3.41	11	2.53	29	2.62	57
4.0Nm	4.28	11	2.89	21	2.85	50
Active	5.21	16	2.60	29	2.58	47

(c) 結論ならびに今後の課題

本年度はキャストワゴンの地震応答を低減するため、瞬時最適制御を用いた制御器を設計し、シミュレーションと加振実験を行って制御効果を検証した。以下に、本年度で得られた主な知見を示す。

- 1) 改良された ER ブレーキを使ったワゴンの基礎特性を把握し、キャストワゴンの地震応答を模擬するためのモデル化を行った。シミュレーション結果と基礎実験の結果との比較によって、解析モデルが妥当であることを示した。
- 2) 瞬時最適制御を用いた制御を行い、シミュレーションと実験の両方において一定のブレーキトルクを付加した場合に比べ、最大応答加速度と最大変位を効果的に低減することができた。

なお、現在の制御では入力地震波の種類や加速度の大きさによって最適な重み係数が変化するため、実際のキャストワゴンに瞬時最適制御を導入する場合には、地震波自身の

観測結果等を反映して最適な重み係数を変更するような機能を制御器に組み込む必要があると考えられる。

(d) 引用文献

- 1) Yang, J.N., Akbarpour, A. and Ghaemmaghami, P. : New Optimal Control Algorithms for Structural Control, *Journal of Engineering Mechanics*, ASCE, Vol.113, No.9,(1987), pp.1369-1386

(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	国際・国内の別
ERブレーキを用いたキャストワゴンの免震に関する研究 口頭発表	小方康裕、 鎌田崇義、 佐藤栄児、 井上貴仁	北海道大学 Dynamics and Design Conference 2009	2009年8月	国内

学会誌・雑誌等における論文掲載

なし

マスコミ等における報道・掲載

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22年度業務計画案

- ・ 医療施設など重要施設においては、キャストを有する機器が多いことから、震災時におけるキャスト機器の応答低減を行うために開発した制動システムの機能検証を行う。また、シミュレーション解析および小型振動台実験を行い、その効果を評価する。
- ・ 地震時におけるキャストの揺れに対する応答量の低減技術に関し、これまでの研究開発成果を踏まえて、今後の実用化についての調査検討を行う。

