

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	空圧浮上ワイヤ駆動型地震シミュレータの提案
Title	
著者(和文)	塩飽晃司, Se-gon Roh, 西田裕介, 吉田稔, 広瀬茂男
Authors	Koji Shiwaku, Se-gon Roh, Yusuke Nishida, SHIGEO HIROSE
出典 / Citation	日本ロボット学会学術講演会, , 201-1, page 98
Citation(English)	, , 201-1, page 98
発行日 / Pub. date	2012, 9
権利情報 / Copyright	本著作物の著作権は日本ロボット学会に帰属します。 Copyright (c) 2012 The Robotics Society of Japan.

空圧浮上ワイヤ駆動型地震シミュレータの提案

○塩飽晃司(東京工業大学), Se-gon Roh (東京工業大学), 西田裕介 (東京工業大学),
吉田稔 (白山工業), 広瀬茂男 (東京工業大学)

1. 序論

近年、地震研究の分野において、大型な地震波形の再現可能なシミュレータが求められている。従来の地震シミュレータにはx-yテーブル方式のシミュレータ、本研究室で開発したTheVutonシリーズなどがあるが、以下の欠点があった。x-yテーブル方式はテーブル本体が重くなる傾向があり、その結果、電力を多く必要とし、実用上に大きな問題があった。一方、TheVuton シリーズ[1]は地面との摩擦力により推進力を得ているために、滑りが起き、加速度に限界があるという欠点を抱えていた。本研究では従来のシミュレータに比べ、電力消費が少なく、大きな加速度の出すことのできるシミュレータの開発を目指す。シミュレータの概念図を図1に示す。提案するシミュレータは空気圧により、加振台を浮上させることで摩擦抵抗なく積載物を保持でき、加振台に要するエネルギーの低減効果が見込める。また、駆動方法にワイヤ駆動を選択したことで、加振台の軽量化を行うことができ、省エネルギー駆動を狙える。

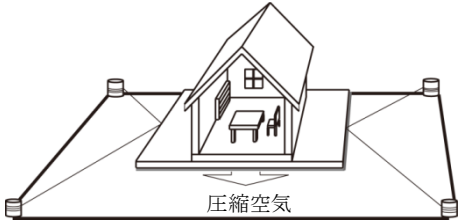


図1 コンセプト図

2. 機構

2.1 全体概要

本研究の実験機の概要、寸法を図2, 3, 表1に示す。本研究ではx-y平面運動、つまりは3自由度運動のみを主目的としている。その際、必要なワイヤ本数は自由度+1の4本となる[2]。図2のように四隅に置かれた4つの電動モータにより望みの運動を再現している。加振台に与える力とモータのトルクの関係は以下の式(1)のようになる。

$$A\tau = N \tag{1}$$

ただし、ここではAは3×4の行列、 τ は各モータのトルク、Nは加振台にかかるx-y方向の力、z軸周りのトルクの3×1ベクトルを表している。式(1)は冗長であるが、適当な条件式を導入することにより解くことができる。

次に加振台の浮上部について述べる。本研究の加振台は図4のような構造になっている。なお、 d_1 は床面と加振台の距離、 P_1 は圧縮空気の圧力である。図4では d_2 を理想的浮上距離とした。浮上原理について説明する。図4の機構では地面との

距離が $d_1(>d_2)$ となると、漏れ出す流量が多くなり、 $P_1<P_2$ のようになる。その結果、浮上力が減り、 d_2 へと近づく。一方、 $d_3(<d_2)$ となり距離が小さくなれば漏れ出す流量が小さくなり、 $P_2<P_3$ となるため、浮上力が増える。結果、同様に d_2 へ近づく。つまり、この浮上機構は常に一定距離 d_2 に保つような力が働く機構である。同時に、この浮上機構はx,y軸周りのモーメントにも復元モーメントが発生するため、安定な動作が可能である。

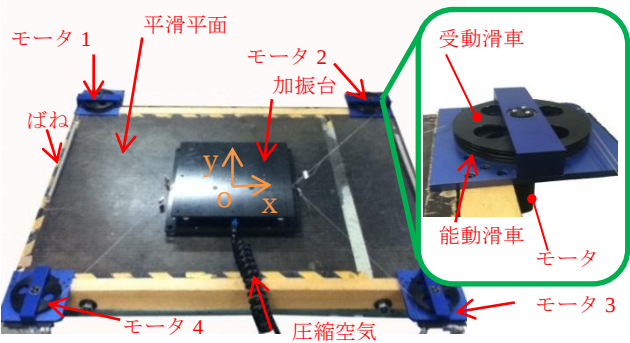


図2 全体図

x方向モータ距離:a	1154mm
y方向モータ距離:b	1302mm
加振台長さ:L	480mm
プーリ半径:R	78mm
平滑平面材質	鋳鉄
モータ出力	150W
加振台最大速度	0.88m/s
供給圧力	0.2MPa

図3 モデル図

表1 仕様表

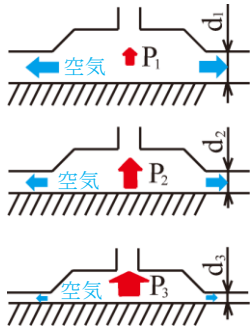
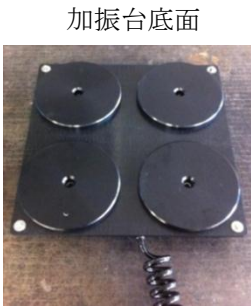


図4 加振台底面と浮上原理

2.2 干渉駆動

本研究の機構では図5のように対角の2つのモータをワイヤ、ばね B_1, B_2 を介し、つなぐことにより、干渉駆動の効果が期待することができる。図5の構造では加振台が動く際にはワイヤ長の変化が生じてしまうが、差分はばね B_1, B_2 に吸収さ

せることで解決している．図5より，対角のモータ，ばねには式(2),(3)の関係式が存在する．ただし， τ_i ， F_i は*i*モータのトルク，ワイヤ張力ベクトル， R はプーリ半径， F_w はばねによって生じるワイヤ張力ベクトルである．式(2)から干渉駆動を満たすための条件式(6)を導出する．

$$\tau_i = (|F_i| - |F_w|) \times R \quad (2)$$

$$\tau_{i+2} = (|F_w| - |F_{i+2}|) \times R \quad (3)$$

干渉駆動の効果が最大限に発揮される条件式が

$$\tau_i = \tau_{i+2} \quad (4)$$

である．また，ワイヤのたるまない条件式は

$$F_j > 0 \quad (j = 1, 2, 3, 4) \quad (5)$$

である．ここで，仮に加振台から*i*(*i*=1,2)番目のモータ方向に力が必要なとき，たるまないために反対側の*i*+2のワイヤは式(5)の条件式を満たす必要がある．よって，ワイヤ張力の満たすべき条件は

$$|F_w| = \frac{(|F_i| + |F_{i+2}|)}{2} > \frac{|F_{\max}|}{2} \quad (6)$$

となる．ただし， $F_{\max}$ は運動中にかかる最大加速度に質量をかけ計算される， F_i の最大ワイヤ張力とする．よって，干渉駆動を行うには式(1)を解く際に，式(6)を満たす必要性があることが分かった．

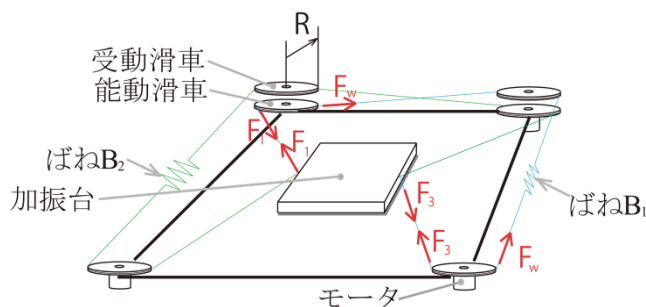


図5 干渉駆動構造

2.3 ポテンシャルエネルギー

本研究では加振台が動くことによって生じるワイヤ長の変化で，ばねのポテンシャル場が生成されることが予測される．ポテンシャル場の動作への影響を検討した．図6はばねのポテンシャル場である． B_1 ， B_2 のばね定数はグラフ中で k と表示している．簡便化のため， x, y 方向それぞれのモータ距離は1[m]とした．図6から原点周りではエネルギーの変化の少ないため，その部分で駆動する限り，動作への影響は十分小さいと考えられる．

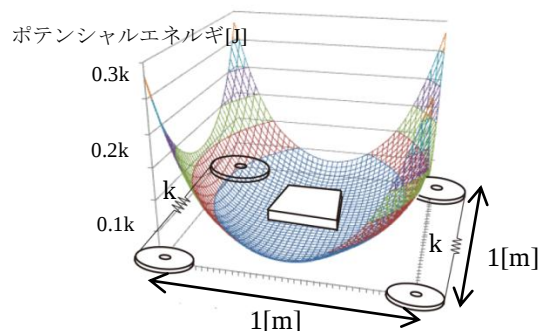


図6 ばねポテンシャル場

3. 実験結果

本実験装置で0.5[Hz]の単振動を再現した場合の加速度，速度，位置，消費エネルギーについて結果を図7，8に示す．なお，加振台の質量は16.35[kg]である．実験結果では加速度部分にノイズが入っているという問題点はあるが，位置情報は十分に一致していた．また，すべてのモータの消費電力の平均値は，3.1[W]であり，個々のモータのピーク値は9.9[W]であるため，家庭用電源で駆動できるほど十分に小さいことが分かった．

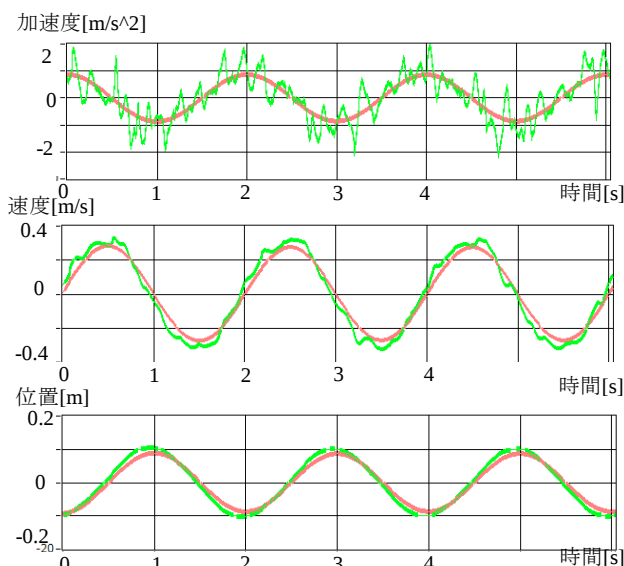


図7 加速度，速度，位置グラフ

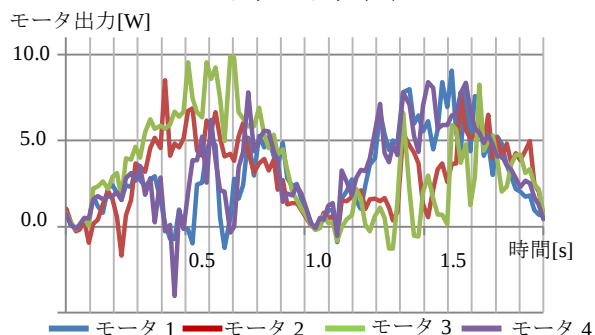


図8 駆動時の消費エネルギー量

4. まとめ

本報は地震シミュレータとして新たな機構の提案を行った．今後の改良では制御方法の変更により，加速度のノイズをとり，より精度の高い地震シミュレータの開発を目的とする．

参考文献

- [1] 松平昌之, 山口龍介, 平山義治, 王猛, 吉田稔, 翠川三郎, 広瀬茂男: 全方向移動型可搬式地震動シミュレータ“地震ザブトン”の開発, 第27回日本ロボット学会学術講演会予稿集 3Q1-03, 2009.
- [2] 大隈久, 沈于思, 新井民夫: “ワイヤ懸垂系における操り指標” 日本ロボット学会誌 Vol12.No7, pp.1049~1055, 1994.