

令和 4 年 6 月 28 日現在

機関番号：52605

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2021

課題番号：17K01203

研究課題名（和文）簡易な方法による文化財用免震装置の揺れの許容判定指標の構築

研究課題名（英文）Development of the simple safety scale on seismic isolation system for displayed cultural properties

研究代表者

栗田 勝実（KURITA, Katsumi）

東京都立産業技術高等専門学校・ものづくり工学科・教授

研究者番号：90282871

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：文化財を地震の揺れから守るために使用する小型免震装置が、設置した場所で想定される地震の揺れに対して限界性能内に収まるのかを判断する簡易な許容判定指標を構築することを目的として文化財が展示される場所の振動特性の把握 簡易化した展示物モデルの転倒実験と数値解析 低層階における地震の揺れを模した振動実験と数値解析 以上3点を明らかにし、免震装置を適切に使用できるための環境作りの第一歩を構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「免震装置は揺れを低減するため、その上にある展示物は被害を受けない」と考える人々が多い。しかし、揺れを逃すための隙間（クリアランス）は有限であることから「免震装置の限界性能」が存在する。そのため、それ以上の揺れに襲われると、展示物は地震被害を受ける可能性が急激に高くなる。免震装置が持つ限界 万が一限界に達した時に、被害を生じさせないための工夫 を理解し、地震国日本の先端技術である「免震」を上手に使用していくことで、長い歴史の中で生まれ守り伝えられてきた貴重な文化財を、後生に伝えて行くために役立ててもらう意味で意義がある。

研究成果の概要（英文）：The small seismic isolation system is important item to prevent seismic damage for exhibits in the museum. However, it has a performance limit to reduce seismic ground motion, there is a possibility that the wrong use of seismic isolation system expands the seismic damage. To make a simple index for seismic isolation system, we have investigated three topics as following, To understand vibration characteristics on the display place, To investigate vibration experiment and numerical analysis of exhibits overturning using simple model, To investigate vibration experiment and numerical analysis of exhibits motion using response ground motion on the display stand

研究分野：地震工学

キーワード：免震 地震動 転倒限界加速度 摩擦 ロッキング 滑動

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

免震技術が注目され始めたきっかけは、1995年兵庫県南部地震による阪神・淡路大震災である。その理由は、阪神地域に存在した免震建物が被害を受けなかったことで「免震効果」が実証された事による。実際、免震建物の棟数は、この年を境に現在も伸び続けている(日本免震構造協会HPから)。

一方、文化財についても、阪神・淡路大震災を契機に地震対策が考えられるようになった。2005年に開館した九州国立博物館の事例が示すように、博物館の建物自体に免震を取り入れ、展示品の保護や来場者の安全を確保する方式が採用された。また、東京国立博物館・東洋館の耐震改修工事は免震レトロフィットで実施されなかったため、建物内部の展示物を守る小型免震装置を導入するなどの努力がなされた。このように、地震から展示物や収蔵資料を守るための手段として様々な形で免震装置が普及し始めた(神庭, 1999)。

しかし、「免震装置=地震から展示物を守る」という方程式は必ずしも成り立たない事象が起きている。2004年新潟県中越地震では、長岡市立科学博物館の小型免震装置上に展示していた土器が転倒した(岸・他, 2008)。また、2016年熊本地震では免震建物(4階建)内に設置されていた2F~4Fのロッカーが転倒する被害が生じた(国土技術政策総合研究所, 建築研究所, 2016)。これらを防止するためには「使用した免震装置の限界性能」を正しく理解して使用することが必要であり、特に文化財を小型免震装置上で展示する場合は、建物や展示ケースの影響が地震の揺れの中に含まれてくることを考慮する必要があるため、十分な注意が求められる。

だが、文化財用小型免震装置の評価は、大きな被害を引き起こした地震の地盤上で観測された記録を入力波としていることが多い(例えば、上田・他 2005)。また、免震装置に求められる性能として加速度応答の低減は挙げられるが(神庭, 2011)、揺れを逃がすための隙間(クリアランス)に関する情報は置いてきぼりである。

申請者は免震装置の開発・評価の実績を持ち(例えば栗田・他 2016, Kurita et al. 2014)、そこで得た様々なノウハウを有している。また、建物構造物の振動特性(例えば, Kurita et al. 2015)や地震の活断層調査(Kurita et al. 2012)など、この問題に対する十分なバックグラウンドを備えている。ここで述べてきた問題は、地震から展示物を守るために導入した小型免震装置が、誤った理解の下で使用されることで、逆に転倒・破損の原因になることを示している。そのためにも、地震から展示物や収蔵資料を守るため導入した小型免震装置を、地震防災の専門家でない学芸員や技術職員が、適切に使用できるよう簡便に判断できる揺れの許容判定指標を示すことが必要不可欠である。

### 2. 研究の目的

文化財を地震の揺れから守るために使用する小型免震装置が、設置した場所で想定される地震の揺れに対して、限界性能内に収まるのかを判断する簡易な許容判定指標を構築することを目的として

(1) 文化財が展示される場所の振動特性の把握

(2) 簡易化した展示物モデルの転倒実験と数値解析による調査

(3) 低層階における地震の揺れを模した振動実験と数値解析による調査

以上3点を行い、建物などの影響を考慮した地震応答解析から、「免震装置の持つ性能限界内に収まるか否かを判断する簡易な許容判定指標」を提案し、学芸員・技術職員の方々が小型免震装置を適切に使用できるための環境作りの第一歩を構築していく。

そして、小型免震装置の性能限界以上の揺れに襲われた場合の事も考慮した地震対策のノウハウを公開することで、地震による文化財の被害を減少させることを目的とする。

### 3. 研究の方法

研究目的に記した点について三段階で展開する。具体的に、第一段階は、建物や展示ケースなど文化財が展示される場所の振動特性の調査、振動実験に使用する入力地震波の作成を実施する。第二段階では、展示物モデルの転倒実験を振動実験で調査し、数値解析による検証を実施する。第三段階では、建物などの影響を含めた小型免震装置の振動実験と数値解析を実施し、免震装置の持つ性能限界内に収まるか否かを判断する簡易な許容判定指標作成へ繋ぐ。

### 4. 研究成果

(1) 文化財が展示される場所の振動特性の把握

文化財が展示される場所の振動特性を把握するには、対象となる建物構造物の特性を知る必要があるが、固有振動数や減衰比などのパラメータを与えることで簡易的に建物振動特性を表すことが可能であることを鑑み、ここでは博物館で使用されている展示台の振動特性を振動実験から求めることとした。

実地震波を入力とした時の博物館用展示台の応答性状を知るため、旧神戸海洋気象台で観測された平成7年兵庫県南部地震のNS成分を用いた振動実験を実施した。なお実験では、スチール製の脚部と木製の天板で構成されている縦400mm、横600mm、高さ1000mm、質量

25 kg の展示台を用いた。

展示台を固定端条件で加振した場合の展示台上部の応答波形を図 1-1 に示す。入力と応答の波形性状は、ほぼ同一である。すなわち地震波の場合、展示台の並進成分の振動性状は考慮する必要がないことを意味し、展示台に設置される展示文化財の転倒は入力との関係で決定される。

しかし博物館では、特別展などの催し毎に展示台の配置換えを行うことから、展示台をアンカーなどで床に固定するとは限らない。そのため、自由端条件下での応答性状を把握する必要がある。そこで、50 %スケールで入力した場合の応答波形を図 1-2 に示す。一見すると、入力と応答波形はほぼ同じ性状を示しているように見受けられるが、矢印で示した部分は実験時に目視で明らかにロッキング振動を示した部分であり、波形性状からも把握できる。振動方向の静的な転倒加速度は約 390 Gal であること、また、ロッキング振動が明確に表れた時に入力された波の振動数は約 2 Hz であり、ロッキング振動の固有振動数近傍であることを考慮すれば、ロッキング振動が励起されても不思議ではない。また、60 %スケールで入力した場合の応答波形を図 1-3 に示す。展示台は加速度振幅の大きな第一波の部分から明確なロッキング運動を示し、矢印の所にて転倒に至った。

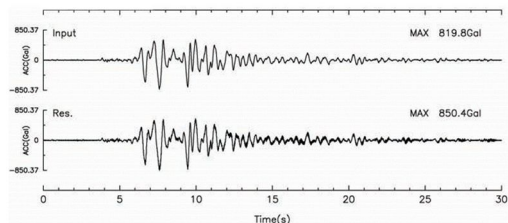


図 1-1 固定端条件下での振動実験による入力および応答波形

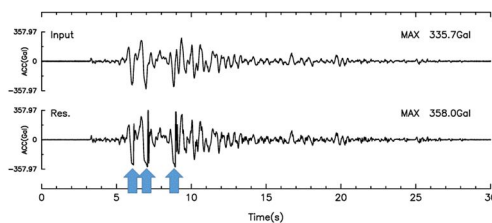


図 1-2 自由端条件下での振動実験による入力および応答波形（入力振幅スケール 50 %）

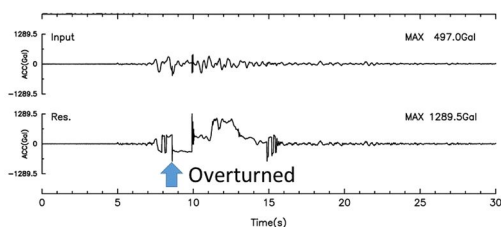


図 1-3 自由端条件下での振動実験による入力および応答波形（入力振幅スケール 60 %）

以上の結果から、本実験で使用した博物館用展示台は、並進運動成分の振動特性より、回転運動成分であるロッキング振動の振動特性が展示物の転倒に与える影響が大きいことが伺える。

## （2）簡易化した展示物モデルの転倒実験と数値解析

大地震が起きると、博物館・美術館内にある展示物が転倒・破損に至るといった文化遺産喪失を招く恐れがある。そのため地震動による展示品の転倒の物理過程を解明することは重要である。

ここでは、展示品モデルとして直方体の供試体を用い、正弦波及び実地震波を入力とする実験によってロッキング振動及び転倒挙動の測定をした。次に、反発係数に衝突速度の関数となる履歴特性を導入した数値解析を実施した。最後に、本数値モデルの妥当性を振動実験の結果と比較して検討した。

### 振動実験 - 正弦波を入力とした実験 -

正弦波の振動数を 1 Hz から 5 Hz までを 1 Hz 刻みに、加速度振幅を 200 Gal から 600 Gal まで 100 Gal 刻みに変化させながら実験を行った。その時の供試体の挙動を図 2-1 に示す。ここで、図中の○は、供試体がロッキングしなかった場合、△はロッキング振動した場合、×はロッキングまたは非定常なロッキング振動から転倒した場合を意味する。これから、加振振動数が 3 Hz 以下では加速度振幅 300 Gal で供試体は転倒し、4 Hz 以上ではロッキング振動が励起したことがわかる。加速度振幅 300 Gal は West の式 (Milne, 1881) から求められる静的転倒加速度 294 Gal に近い値である。このことから、4 Hz 以上の振動数において West の式から求められる値は、転倒加速度としては不十分だが、ロッキングの開始条件としては十分と考えられる。

図 2-2 にロッキング振動が励起した実験の一例として加速度振幅 400 Gal、加振振動数 4 Hz の結果を示す。実験装置の性能上、目標の加速度振幅に達するまでに立ち上がり時間が生じるため、加振開始 20 s 後からの波形を示す。静的転倒加速度を越えるところで供試体の挙動がロッ

キング振動を励起しはじめていることが入力波形と応答波形の比較から確認出来る。供試体のロッキング振動は、回転角度の振幅が変化する非定常な応答から、回転角度の振幅が約  $4.1^\circ$  で一定な定常応答へ収束する。また、供試体の転倒は非定常応答時に生じることを確認した。

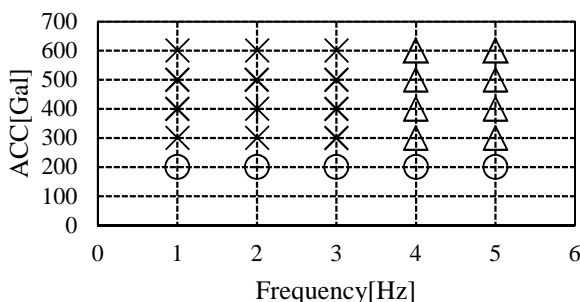


図 2-1 振動実験による供試体の振動性状  
○：起立      △：ロッキング      ×：転倒

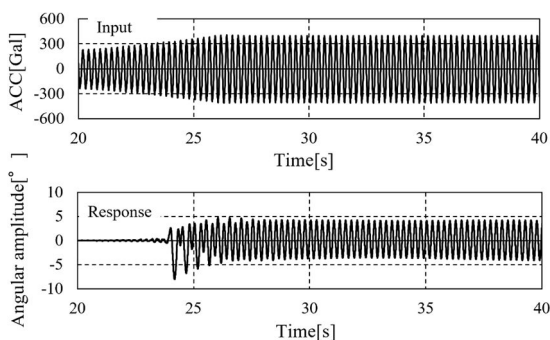


図 2-2 正弦波 (4 Hz 400 Gal) 入力による振動実験結果

振動実験 - 地震波を入力とした実験 -

K-NET NIG019 小千谷 (防災科研, 2019) で観測された平成 16 年新潟県中越地震の EW 成分を、振幅レベル 40 % に低減したものを入力として振動実験をした結果を図 2-3 に示す。加速度振幅が 300 Gal を超えた直後に、供試体の挙動が非定常なロッキング振動から転倒に変化している。この加速度振幅は供試体の静的転倒加速度 294 Gal に近い値となっている。これらから West の式から求まる値は、地震波に対しても転倒加速度値としては不十分だが、ロッキング開始のしきい値として使用することが可能であることを示している。

反発係数の非線形性を考慮した数値解析 - 地震波を入力とした場合 -

実験で使用した供試体に代表される構造物の転倒挙動を把握するうえで、非定常時のロッキング振動を数値解析で再現することは非常に重要である。しかし、衝突時の反発係数を一定と仮定した数値解析では、非定常時のロッキング振動の再現性が得られないことが明らかになっている。ここでは反発係数に非線形性を導入した数値解析を行った。

K-NET NIG019 小千谷で観測された平成 16 年新潟県中越地震の EW 成分を振幅レベル 40 % に低減したものを入力とした場合の入力波形と実験及び解析の応答波形を図 2-4 に示す。実験と同様に、6.5 s 及び 8.5 s で非定常なロッキング振動をし、9.0 s において転倒することが数値解析における応答波形でも再現していることが確認できる。

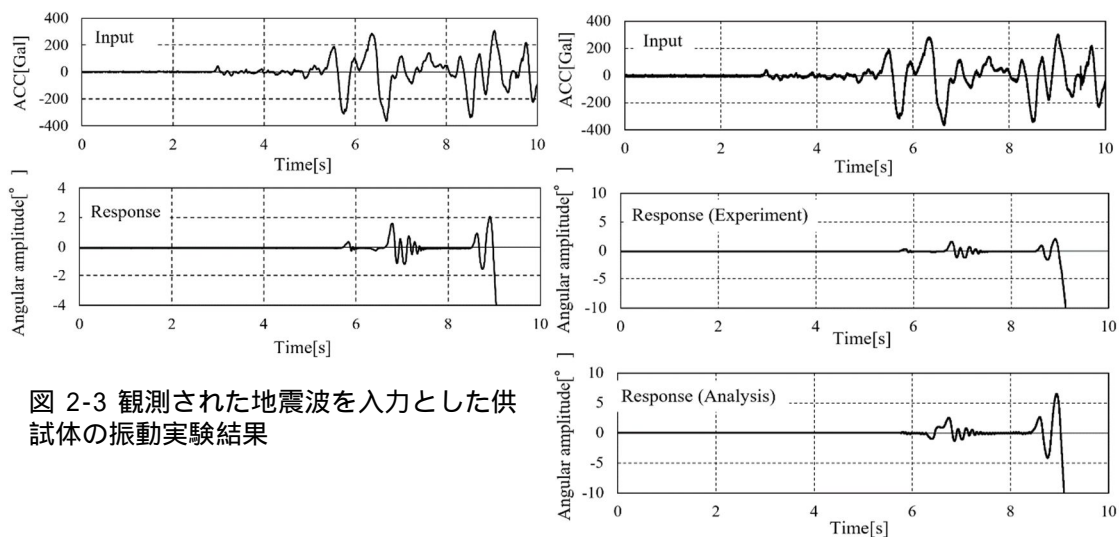


図 2-3 観測された地震波を入力とした供試体の振動実験結果

図 2-4 観測された地震波を入力とした供試体の振動実験と数値解析の結果

以上のことから、供試体の応答が West の式で表される静的転倒加速度を超えることで、構造物の挙動はロッキング振動及び転倒に変化する。反発係数の非線形性を考慮した数値解析モデルを適用することにより、構造物のロッキング振動及び転倒挙動を数値解析で再現出来る。本数値

モデルを用いた数値解析は、構造物の転倒挙動を把握する上で有効であることを示した。

### (3) 低層階における地震の揺れを模した振動実験

小型構造物を載せた状況での小型免震装置の有効性を確認するために、高さ  $H=450$  mm、奥行  $D=150$  mm、幅  $B=40$  mm の小型構造物を設置した状況で振動実験を行った。なお、免震装置は展示台上に設置してあり、入力正弦波とし、最大加速度振幅を 250, 500 Gal、振動数を 2.0~6.0 Hz として 1 Hz 刻みで設定した。結果の一例として、下板にシリコングリスを塗布した下板に 3 Hz、500 Gal で加振した場合の波形を図 3-1 に示す。入力と加速度応答の波形を比較すると 15 s 付近まではほぼ同じ波形性状を示し、その後、加速度応答振幅は約 150 Gal に低減され定常振動を示した。15 s 付近までは、下板と上板間の摩擦が静止摩擦力に支配されていたことにより、入力と加速度応答の波形はほぼ同一性状を示したが、それ以降は動摩擦力に切り替わったことにより、下板と上板との間で滑りが生じ免震効果を生み出したことで加速度応答振幅が低減した。当然ではあるが、免震装置上板に載せた小型構造物の応答も上板と同様な応答性状を示している。特質すべき点は 6 s 付近の小型構造物の応答に非定常な応答が表れることである。これはロッキング振動が開始された時に起きた現象である。宮田・他(2020)は構造物の転倒は非定常状態の時に起きることを指摘しているが、本研究の実験でも免震装置上にあっても非定常状態の時に小型構造物が転倒していることを確認している。そのため、免震装置の静止摩擦係数、動摩擦係数の設定が非常に重要となる。

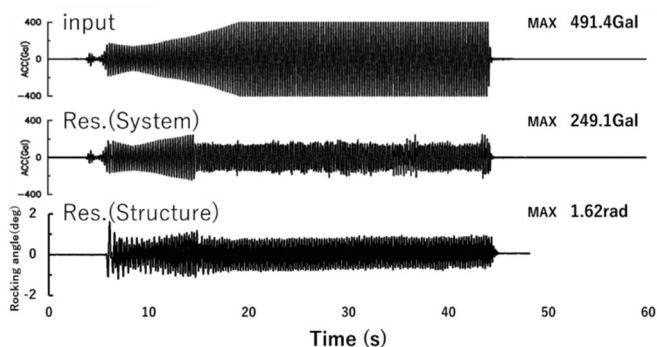


図 3-1 免震装置上に供試体を設置した場合の振動実験結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 MIYATA Masaaki, KURITA Katsumi, AOKI Shigeru	4. 巻 86
2. 論文標題 Characteristics of rocking vibration based on excitation experiment and numerical analysis of it considering nonlinear effects	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Transactions of the JSME (in Japanese)	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/transjsme.19-00440	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 青木繁, 栗田勝実, 野村幸一	4. 巻 18
2. 論文標題 振動体を介して土台部と天井を連結する住宅用オイルダンパの性能に関する検討 (振動体の形状による有効性の検討)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本地震工学会論文集	6. 最初と最後の頁 78-87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5610/jaee.18.5_78	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Aoki, S., Kurita, K.	4. 巻 22
2. 論文標題 Characteristics of Acceleration and Displacement Response of System with Friction Subjected to Random Vibration	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Information	6. 最初と最後の頁 65-72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計42件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 13件）

1. 発表者名 Katsumi Kurita, Shigeru Aoki
2. 発表標題 Restitution Coefficient at Impact between a Bottom of Small Structure and a Plate by Rocking Vibration
3. 学会等名 The 10th conference, Information'2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yu Tamura, Katsumi Kurita, Shigeru Aoki
2. 発表標題 Behavior of Exhibits Fixed with Nylon Gut by Seismic Motion
3. 学会等名 The 10th conference, Information'2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shigeru AOKI, Katsumi KURITA
2. 発表標題 Acceleration and Displacement Response Characteristics of System with Friction Subjected to Random Vibration(Effect of Damping Ratio and Natural Period)
3. 学会等名 The 10th conference, Information'2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 栗田勝実, 青木繁, 宮田昌明
2. 発表標題 自由ロッキング振動から推定される衝突時の反発係数
3. 学会等名 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 栗田勝実, 青木繁, 宮田昌明
2. 発表標題 小型構造物のロッキング振動で生じる衝突時の反発係数
3. 学会等名 山梨講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田村優, 栗田勝実, 青木繁
2. 発表標題 加振実験によるナイロンテグスで固定された展示品の挙動
3. 学会等名 山梨講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮田昌明, 栗田勝実, 青木繁
2. 発表標題 加振実験に基づくロッキング振動特性と非線形性を考慮したその数値解析
3. 学会等名 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栗田勝実, 青木繁, 宮田昌明, 三国大河, 菅原匡吾, 田村優
2. 発表標題 地震時における博物館の展示品の挙動とその対策法
3. 学会等名 日本機械学会北陸信越支部 第57期総会・講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤武, 宮田昌明, 栗田勝実, 青木繁
2. 発表標題 構造物を対象とした自由ロッキング振動時の反発係数の推定
3. 学会等名 日本機械学会関東支部 第26期総会・講演会
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 田村優, 栗田勝実, 青木繁
2. 発表標題 テグスを用いた地震時における展示品の転倒対策の有効性
3. 学会等名 日本機械学会関東支部 第26期総会・講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮田昌明, 栗田勝実, 青木繁
2. 発表標題 地震動による小型構造物の転倒確率に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会関東支部 第26期総会・講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮田昌明, 栗田勝実, 青木繁
2. 発表標題 構造物を対象とした自由振動と強制振動によるロッキング振動特性の基礎的研究
3. 学会等名 日本機械学会Dynamics and Design Conference 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青木繁, 栗田勝実
2. 発表標題 摩擦のある振動系の応答特性(等価線形化法による評価)
3. 学会等名 日本機械学会2018年度年次大会講演
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hakuta,K., Kurita,K., Aoki,S., Iwata,Y., Kanazawa,M.
2. 発表標題 Evaluation of Seismic Response Reduction on Actual Seismic Isolation System using Friction Bearing
3. 学会等名 12th International Workshop on Seismic Microzoning and Risk Reduction (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Miyata,M., Kurita,K., Aoki,S., Oda,Y., Kosaka,K.
2. 発表標題 Study on Rocking Vibration Characteristics and Restitution Coefficient Effects by Free Rocking Vibration
3. 学会等名 12th International Workshop on Seismic Microzoning and Risk Reduction (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Aoki,S., Kurita,K.
2. 発表標題 Response Characteristics Observed in Base Isolation System with Friction Subjected to Seismic Excitation
3. 学会等名 12th International Workshop on Seismic Microzoning and Risk Reduction (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮田昌明, 栗田勝実, 青木繁
2. 発表標題 反発係数の変化が自由ロッキング振動に与える影響
3. 学会等名 山梨講演会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 白田魁, 栗田勝実, 青木繁, 岩田悠希, 金澤光雄
2. 発表標題 実機による摩擦軸受を用いた小型免震装置の振動実験
3. 学会等名 山梨講演会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青木繁, 栗田勝実
2. 発表標題 住宅用オイルダンパの性能に関する研究(形状の異なるダンパに対する検討)
3. 学会等名 山梨講演会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Aoki, S., Kurita, K.
2. 発表標題 Response Characteristics of Base Isolation System with Friction
3. 学会等名 International Conference on Mechanical, Electrical and Medical Intelligent System 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青木繁, 栗田勝実
2. 発表標題 摩擦振動系の不規則振動応答特性(等価線形化法の比較)
3. 学会等名 日本機械学会第31回計算力学講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Miyata,M., Aoki,S., Kurita,K., Oda,Y., Kosaka,K.
2. 発表標題 Fundamental Study on Rocking Vibration Characteristics of Rigid Block Structure for Seismic Disaster Prevention
3. 学会等名 The Ninth International Conference on Information (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hakuta,K., Kurita,K., Aoki,S., Iwata.Y, Kanazawa,M.
2. 発表標題 Reduction of Seismic Response on Actual Seismic Isolation System using Friction Bearings
3. 学会等名 The Ninth International Conference on Information (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Aoki,S., Kurita,K.
2. 発表標題 Characteristics of Acceleration and Displacement Response of System with Friction Subjected to Random Vibration
3. 学会等名 The Ninth International Conference on Information (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩田悠希, 栗田勝実, 青木繁, 白田魁, 金澤光雄
2. 発表標題 摩擦軸受を用いた小型免震装置の性能評価 (リベット型ベアリングが免震性能に与える影響)
3. 学会等名 日本機械学会北陸信越支部第56期総会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮田昌明, 栗田勝実, 青木繁
2. 発表標題 構造物を対象とした地震動によるロッキング振動特性の基礎的検討
3. 学会等名 日本機械学会北陸信越支部第56期総会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三國大河, 栗田勝実, 青木繁, 菅原匡吾
2. 発表標題 テグスを用いた地震時における美術品の転倒対策
3. 学会等名 日本機械学会関東支部第25期総会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 白田魁, 栗田勝実, 青木繁, 岩田悠希, 金澤光雄
2. 発表標題 アリング形状の変化が地震応答低減効果に与える影響
3. 学会等名 日本機械学会関東支部第25期総会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮田昌明, 栗田勝実, 青木繁
2. 発表標題 構造物を対象としたロッキング振動の非線形性に関する基礎的検討
3. 学会等名 日本機械学会関東支部第25期総会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Katsumi Kurita, Shigeru Aoki, Mitsuo Kanazawa
2. 発表標題 Response Reduction Effects by Seismic Isolation System Using New Friction Bearings
3. 学会等名 Eighth International Conference on Information (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tetsuhiko Owa, Shigeru Aoki, Katsumi Kurita
2. 発表標題 Selection of Effective Internal Parameters for Small Size Spherical Damper Using Silicon Oil
3. 学会等名 Eighth International Conference on Information (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Katsumi Kurita, Shigeru Aoki, Masaaki Miyata, Mitsuo Kanazawa
2. 発表標題 Vibration Characteristics and Seismic Responses of Museum Display Stand (For Prevention from Overturning of Displayed Art Objects)
3. 学会等名 International Conference on Mechanical, Electrical and Medical intelligent System 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 青木繁, 栗田勝実
2. 発表標題 非対称履歴復元力特性がある構造物の不規則振動応答
3. 学会等名 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 尾和徹彦, 青木繁, 栗田勝実
2. 発表標題 シリコンオイルを用いた小型球型ダンパの振動特性について
3. 学会等名 日本機械学会2017年度年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮田昌明, 栗田勝実, 青木繁, 松永俊茂, 金澤光雄
2. 発表標題 振動実験による博物館用展示台の振動特性
3. 学会等名 山梨講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 青木繁, 栗田勝実
2. 発表標題 非定常不規則振動入力を受ける摩擦振動系の不規則振動応答特性 (最大応答と吸収エネルギーの評価)
3. 学会等名 山梨講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 青木繁, 栗田勝実
2. 発表標題 非定常不規則振動入力を受ける摩擦振動系の不規則振動応答特性 (吸収エネルギーに対する検討)
3. 学会等名 日本機械学会第30回計算力学講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高嶋健, 尾和徹彦, 青木繁, 栗田勝実
2. 発表標題 シリコンオイルを用いた小型球型ダンパにおける減衰効果と内部球直径比との関係
3. 学会等名 日本機械学会関東支部第24期総会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮田昌明, 栗田勝実, 青木繁
2. 発表標題 構造物のロッキング振動に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会関東支部第24期総会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 尾和徹彦, 青木繁, 栗田勝実, 高嶋健
2. 発表標題 シリコンオイルを用いた小型球型ダンパの減衰効果に関する研究(実験式および理論式を用いた数値解析による検討)
3. 学会等名 日本機械学会東海支部第67期総会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青木繁, 栗田勝実
2. 発表標題 摩擦のある振動系の加速度および変位応答特性
3. 学会等名 日本機械学会東海支部第67期総会講演会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 栗田勝実, 青木繁, 金澤光雄
2. 発表標題 摩擦軸受を用いた小型免震装置の地震応答解析
3. 学会等名 日本機械学会北陸信越支部第56期総会講演会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	青木 繁  (AOKI Shigeru)  (20106610)	東京都立産業技術高等専門学校・ものづくり工学科・名誉教授   (52605)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	野村 幸一  (NOMURA Kouichi)		
研究協力者	尾和 徹彦  (OWA Tetsuhiko)		
研究協力者	宮田 昌明  (MIYATA Masaaki)		

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	松永 俊茂  (MATSUNAGA Toshishige)		
研究協力者	高嶋 健  (TAKASHIMA Ken)		
研究協力者	三国 大河  (MIKUNI Taiga)		
研究協力者	菅原 匡吾  (SUGAWARA Kyougo)		
研究協力者	白田 魁  (HAKUTA Kai)		
研究協力者	岩田 悠希  (IWATA Yuuki)		
研究協力者	田村 優  (TAMURA Yu)		
研究協力者	佐藤 武  (SATO Takeru)		

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	金澤 光雄  (KANAZAWA Mitsuo)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関