

平成 22 年 6 月 23 日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19300302
 研究課題名（和文） 文化財輸送の基礎的研究
 - 輸送時に与えるストレスの解析と防振輸送台の開発 -
 研究課題名（英文） A fundamental study of the cultural properties transportation
 - Analysis of the stress against cultural properties during the transportation and development of the seismic isolation system -
 雨森 久晃（AMENOMORI HISATERU）
 財団法人元興寺文化財研究所・研究部・研究員
 研究者番号：70250347

研究成果の概要（和文）：当該研究は、文化財（美術品）を輸送時における衝撃等の負荷から守り安全に輸送できることを第一の目的とし、そのための負荷軽減装置として免震技術を応用した文化財用防振輸送台のプロトタイプを開発することが出来た。また今般の社会情勢から文化財を所蔵し、展覧会を企画運営する立場から文化財輸送に対する意識、美術梱包の評価、移動のリスク、具体的には輸送の安全性・予算面・輸送業者の選択などについて全国を対象にアンケート形式で意識調査を行い、有効な回答を得られた。

研究成果の概要（英文）：Main purpose of this study was to enable proper and safe transportation of cultural properties protecting them from the stress like vibration. Then we have developed a seismic isolation system using palettes and coils as a prototype.

Beside, at a viewpoint of planning and managing exhibitions nowadays, we conducted a questionnaire and obtained information concerning the consciousness about transportation of cultural properties and works of art, how owners estimate packaging and risk of transportation, the cost and professional technique of transportation in Japan. The reply was useful to understand the problem.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
総計	6,900,000	2,070,000	8,970,000

研究分野：修復技術・保存科学

科研費の分科・細目：文化財科学・文化財科学

キーワード：文化財・美術品・輸送・免震装置・美術品専用車・美術梱包・美術品輸送・意識調査・走行実験

1. 研究開始当初の背景

美術品や考古遺物などの社会教育に寄与する資料のストレス全般に関する研究は、展示下における温湿度や紫外線などの光線等が資料・遺物に与える影響を考察・検証する

研究は進められている。また一部輸送における研究もなされているが、その内容は輸送中における温・湿度、気圧等環境と移動中における負荷が美術品に与える影響をテーマにしたものもある。そして、それは博物館等

の展覧会のために所蔵者から博物館、巡回展であるとその途中に博物館から博物館の行程が入るが、あくまでも特定の出陳資料の移動をターゲットとしたものであり、美術品や考古遺物など全ての文化財に対応する汎用性は、意識されないものであった。

考古遺物を輸送する際の遺物・資料自体にかかる負荷（衝撃等）についての研究を「平成13・14で課題番号13780101 美術品輸送における基礎的研究 - 出土金属製品をモデルケースとして - 」によって進めてきた。これらで得られたデータを基に研究を進めることが出来る環境であった。

2. 研究の目的

現在、美術品を輸送するために用いる美術品専用車は、美術品梱包を行い専用車で輸送することが全てであるように認識されている。しかし、専用車とはいえ路面の状況などで振動も起り、前後・横加重も遺物に与える。しかし、美術品輸送は、今まで輸送業者の経験による梱包方法をあまり検証することなく行ってきた。しかし、それらは今まで当然のこのように数値化・データ化されることは無かった。

また、もうひとつの問題は、この頃の社会情勢のため全ての美術品について専用車を使用して輸送することは出来ないのが現状であり、一般車両を使用した輸送に頼る場合もある。当然、この場合は、美術品梱包のみに頼ることとなる。しかし、現在この梱包に対しても遺物や資料にかかる影響を明確な数値やデータで評価することは行なわれていない。当該研究は輸送時の振動測定比較試験などを通して、これまで行われなかった輸送時における遺物・資料への負荷の状況をリアルに把握することが可能となる。また、そのデータを基に自重により崩壊する可能性のあるような立体物や経年の変化により損傷し、より良い美術品梱包・輸送を創造することを可能とする。

それらと並行するように新たな着想として現在博物館・資料館で導入されてきている免震台を改良開発することにより、その装置を設置するだけで通常サスペンションの輸送車等でも資料に負荷を掛けることなく輸送が出来ることを可能にすると考えている。

これらを総合的に活用することで、現在収集から保存・公開・活用への移行が進んでいる博物館・資料館の遺物・資料の移動を事故無く、安全に行なうことが可能になる研究と位置づける。

3. 研究の方法

当該研究は、大きな二つの柱によって研究を構成している。一つは、文化財輸送（美術品輸送）に関する現状と認識についての意識

調査、いま一つは、免震技術を応用した、文化財輸送用防振パレットの試験作製である。アンケート調査での研究方法は、全国主要博物館・資料館に資料・遺物などに文化財輸送（美術品輸送）に関する現状と認識についてアンケートを作成・送付し、その回答により美術品輸送の基準、現状の考え方、業者等の選択の基準、作業の基準、梱包材料の使用認識など基本的な事項について意識調査を行うことである。当該研究者たちは、文化財輸送に関する問題の所在は、1. 学芸員・研究員の文化財輸送に対する意識、2. 美術品梱包の評価、3. 移動のリスク等があると考え、それぞれについていくつかのテーマに分け問題を作成した。具体的なテーマは以下のとおりである。テーマ1 学芸員・研究員などの文化財輸送に関する意識調査、テーマ2 予算と輸送業者、テーマ3 学芸員・研究員などの文化財輸送・展示との関わり方、テーマ4 輸送保険など文化財輸送に関する安全性について、テーマ5 輸送時の事故について、である。これらのテーマに基づき28問の設問を行ない、回答をお願いした。その回答により現在各館で行われている文化財の輸送についての認識、問題点を集計により導き出す。

文化財用防振台のプロトタイプの開発については、免震メーカーの株式会社エーエスと共に開発にあたった。開発については、研究所既存の美術品専用車を使い、免震パレットを基本にその免震装置の形状・材料などによりどのような免震効果が得られるかを実走行試験により、明確にすることをそのテーマとした。免震装置の開発について具体的には、ワイヤーロープ防振器・シリコン系防振材・

リンク型（車輪）・Zリンク型、コイルばね型プラス粘性ダンパーは、数種類の粘度・オリフィス径で検証した。それと共に同一の美術品専用車を使用して運転者の差異がどのように荷室内での衝撃・ストレスを与えるかも計測することとした。これにより安全に美術品を輸送するための運転技能の指針が示せると考えた。実走行実験の走行ルートは、山坂道、市街地、高速道の三パターンを走行し、それぞれに対し、荷室内の加速度、防振パレット上の加速度を三軸加速度ピックアップにより計測することでデータとして採取し、防振パレットプロトタイプの開発を行う。

4. 研究成果

研究所既存の美術品専用車による実走行実験を重ね、文化財用防振台プロトタイプ開発成果について報告する。

既存の美術品専用車（以下美専車）は、日野自動車社製でサスペンション形式は、フロントテーパーリーフサスペンション、リア4バックエアサスペンション仕様の全長7235・全幅2308・全高3366のボディーに荷室内寸法長5136・幅2070・高

2080 (ミリ)の寸法を持つ4 tトラックである。

計測装置については以下のとおりである。

1. 3軸加速度ピックアップ(リオン製: PV-93) 圧電式加速度ピックアップ3方向 振動数範囲: 1~8000Hz (2軸) 1~4000Hz (1・3) 2. 加速度ピックアップ(リオン製: PV-85) 圧電式加速度ピックアップ汎用型 振動数1~7000Hz 3. 振動計ユニット(リオン製: UV-05A 型) 周波数範囲: 0.5~30 kHz 4. FFT 分析器(リオン製: SA-78) 2ch 小型 FFT 分析器周波数範囲: DC~80 kHz 波形分析ソフト: CAT-78WR 5. データレコーダ(キーエンス製: NR-2000) モバイル型絶縁高電圧入力レコーダ 最高サンプリング周波数: 400 kHz、入力周波数帯域: 100 kHz、波形観測ソフト: WEVE SHOT2000 6. データレコーダ(キーエンス製: NR-600、NR-U60、NR-CA04) マルチ入力データ収集システム最高サンプリング周波数: 100 kHz、波形観測ソフト: WEVE LOGGER PRO を使用した。

まず、美専車の荷室床上の加速度の発生具合を確認するために測定を行った。加速度ピックアップの設置位置は前側・中央部・後側でそれぞれ中心と右側壁に近い箇所に設置した。

測定名	測定位置	運転条件
F-1	前側	激しい
F-2		普通
C-1	中央	激しい
C-2		普通
R-1	後側	激しい
R-2		普通

表1 設置位置と運転条件

測定位置は図1を参照。サンプリング周波数: 1kHz 測定ピックアップ: 3ch×2 A: 1~3ch B: 4~6ch

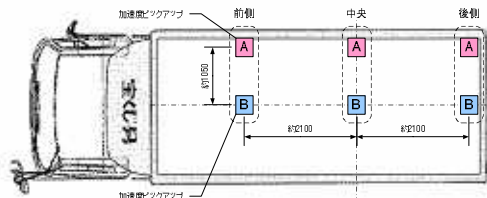


図1 床上測定位置



荷室床上加速度ピックアップ設置画像

次に上記表1で行った走行実験の結果は、図2・3は、高速道路に見立てた一般道路(運用開始時には有料自動車専用道)において比較的挙動を大きく運転した場合に起こった加速度ピークを示したものである。鉛直・左右・前後ともほとんど同じピークとなった。

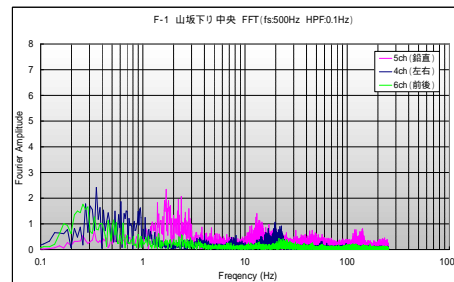


図2 加速度軸による比較(前部中央)

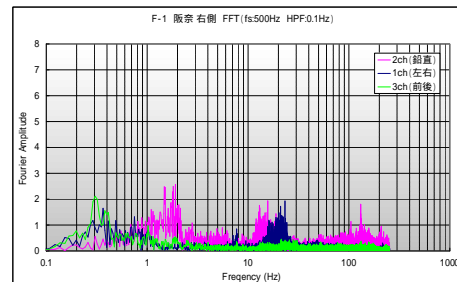


図3 加速度軸による比較(前部右側)

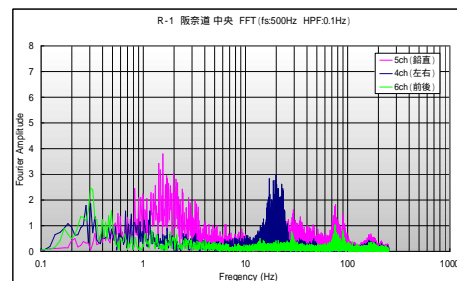


図4 加速度軸による比較(後部中央)

しかし、図2・4 荷室前後で見ると図4のピークが大きく表れていることが確認できる。このことから荷室では前方の方が後方よりも衝撃が小さいことが確認できた。

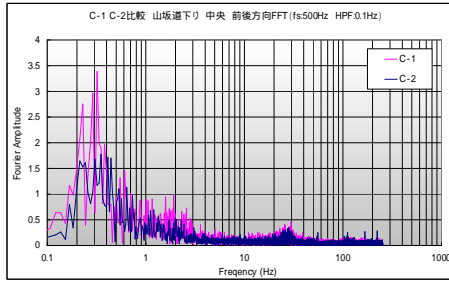
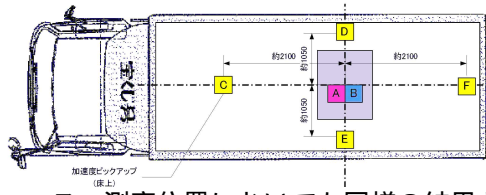


図5 運転条件による比較山坂道下り
(中央部)

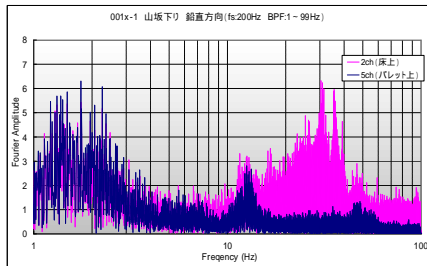
図5に示したの、運転条件の変化が加速度にどのように影響を及ぼすかを測定した結果である。(前後方向) C - 2 普通の運転に比べ C - 1 挙動を大きくした運転では、0.3Hz 部分で2倍以上の加速度の変化が生まれていることが確認できる。

これは、実走行実験において設定した全て



のコース・測定位置においても同様の結果となった。

次に防振台試作機を搭載して計測した結果について報告する。なお図6に示すようにこの計測には6つの加速度ピックアップを



用いた。その配置位置は、Aは後輪車軸上で左右均等の床上に設置し、Bは防振パレット上に設置し、C・Fは前後距離均等位置に、E・Dは左右距離均等位置に設置した。

図6パレット加速度測定位置平面配置図

1. リンク型防振材による走行実験

図7・8で示したように10Hz以上の大きな加速度を小さくすることに成功した。

図7 リンク型山坂道下り鉛直方向

2. コイルばね型

図9・10で確認できるようにこちらも10Hz以降の加速度のピークが抑制されているのが確認できる。

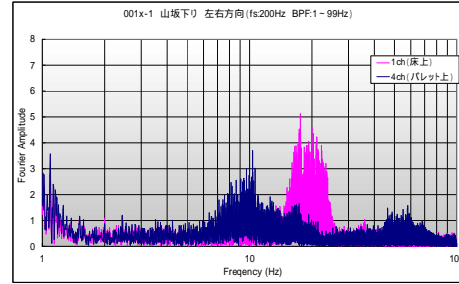


図8 リンク型山坂道左右方向

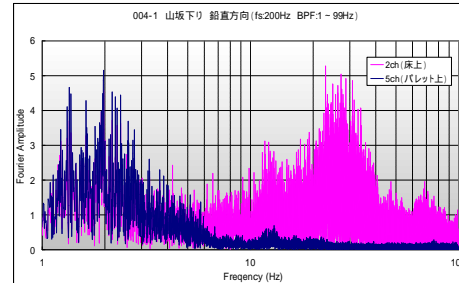


図9 コイルばね + 粘性ダンパ型 山坂道
鉛直方向

3. Zリンク型

Zリンク型は、リンク型、コイルばね型 + 粘性ダンパ型に比べ図11で明らかなようにもっとも重要な鉛直方向の加速度が大きく出ていることが分かる。左右方向は、図12に見られるようにあまり違いは見出せない。

ここで挙げた資料数は少ないが総合的に考え文化財用防振パレットの防振材はコイルばね材を用いたものでの開発を行い、プロトタイプを完成させた。

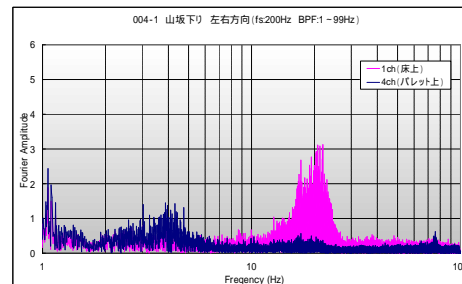


図10 コイルばね + 粘性ダンパ型 山坂道
左右方向

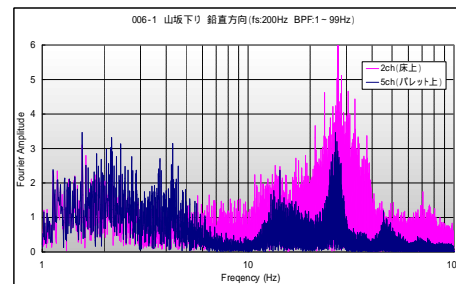


図11 Zリンク型山坂道鉛直方向

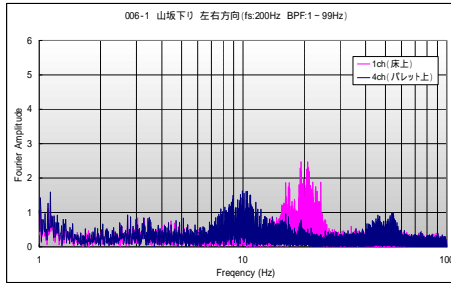


図1 2 Zリンク型山坂道左右方向

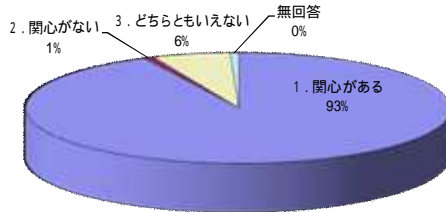
次に文化財輸送（美術品輸送）に関する現状と認識についての意識調査での調査結果を以下に報告する。

アンケートの全国への送付数は1082件、その内回答数は、486件で約45%の回答率となった。以下に主要な質問について個々に報告する。

設問は、プレで行った近畿地区を対象としたものでは、27問、次年度に行った近畿以外の全国への問いは、28問であった。

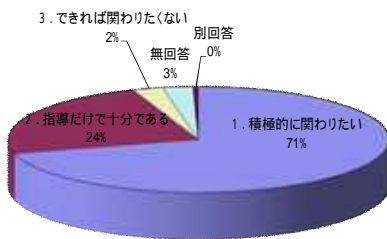
設問はテーマ別に設け、

テーマ1．問1．梱包のあり方にはほとんど93%が関心を持ち、どちらとも言えないが6%、関心がないは1%である。



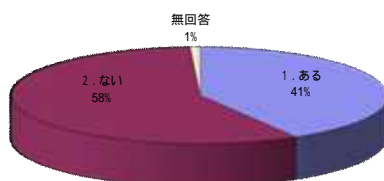
問1

問2．梱包時の学芸員の立場については、積極的に関わりたいと考えている71%、しかし指導だけでいいという回答も約24%、出来れば関わりたいくないも2%あった。



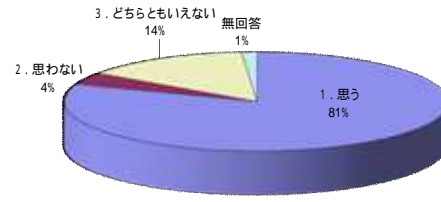
問2

問3 美術品梱包研修の参加経験については、参加したことがある41%、無いのは58%であった。



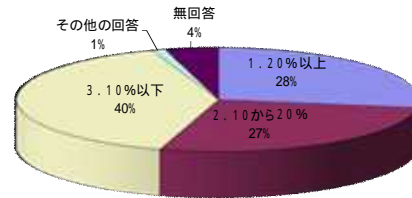
問3

問4．梱包研修受講希望では、81%が梱包研修を受けたいと考えていた。



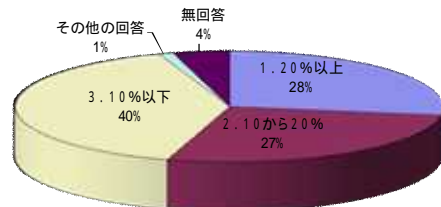
問4

テーマ2．予算と運輸業者では、問5．運営費の中での展示企画予算の占める割合では、企画展予算は10%以下が40%、10~20%が27%、20%以上28%であり、



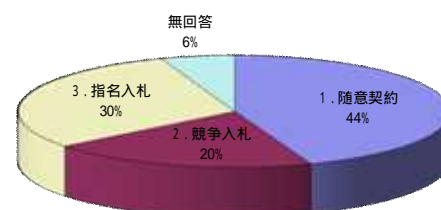
問5

問6．企画展示予算に対する梱包・輸送費の割合は、10%以下が40%、10~20%が27%、20%以上28%であった。



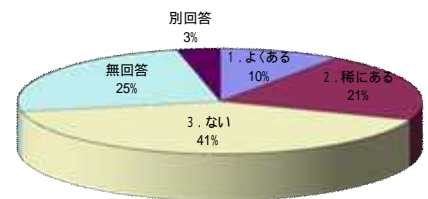
問6

問10．業者発注方法ではその44%が随意契約であった。

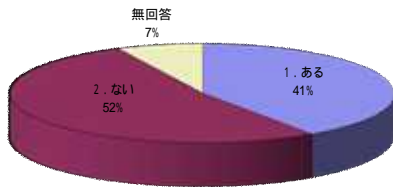


問10

問12．31%が落札業者の梱包技術に不安があると回答した。



テーマ3．問15．公共機関を使った自身による輸送は、52%が無いと答え、その理由としては盗難等の安全性を挙げている。



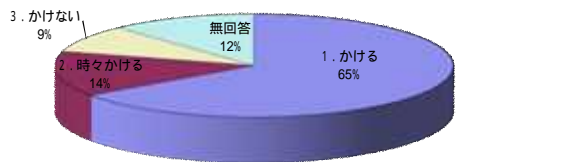
問 1 5

問 1 8 . 業者と展示作業の関係では 6 6 % が何らかの形で業者に展示作業をさせる。



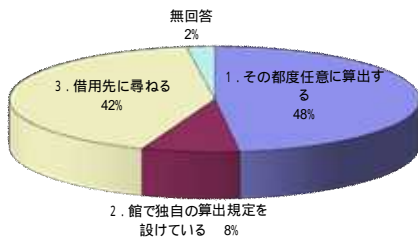
問 1 8

テーマ 4 . 問 2 1 . 保険は、6 5 % がかけているが、9 % がかけていない。



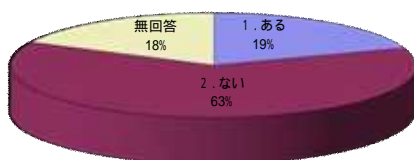
問 2 1

問 2 2 . 評価額の算定方法は、その都度算出すると 4 8 % で借用先に尋ねるが 4 2 % あった。



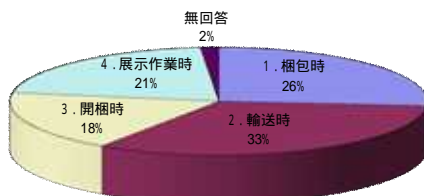
テーマ 5 . 問 2 5 . 今まで梱包時、輸送時に事故を経験したと答えたのは、1 9 % あり、

問 2 2



問 2 5

問 2 6 . 事故の発生時点を聞くと 2 4 件が梱包時、3 4 件が輸送時、2 9 件が開梱時、2 9 件が展示作業時であった。



また、その解決方法の大半が保険による修理であった。

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 5 件)

雨森久晃、高橋平明、川本耕三、塚本敏夫、谷口耕生、文化財輸送の基礎的研究 美術品輸送に関する意識アンケートを中心に有限責任中間法人文化財保存修復学会 2 0 0 9 . 6 倉敷市芸文館

塚本敏夫、雨森久晃、駒井利定、小島誠、横尾淳一、美術品輸送に関する文化財用免震装置の開発 (2) - 運転技能による振動格差 - 日本文化財科学会 2 0 0 9 . 7 トヨタ講堂

塚本敏夫、雨森久晃、美術品輸送に関する文化財用免震装置の開発 東アジア文化遺産保存学会 2 0 0 9 . 1 0 北京

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

雨森 久晃 (AMENOMORI HISATERU)

財団法人元興寺文化財研究所

研究部・研究員

研究者番号 : 7 0 2 5 0 3 4 7

(2) 研究分担者

塚本 敏夫 (TUKAMOTO TOSHIO)

財団法人元興寺文化財研究所

研究部・研究員

研究者番号 : 3 0 2 4 1 2 6 9

川本 耕三 (KAWAMOTO KOUZOU)

財団法人元興寺文化財研究所

研究部・研究員

研究者番号 : 1 0 2 4 1 2 6 7

高橋 平明 (TAKAHASHI NARIAKI)

財団法人元興寺文化財研究所

研究部・研究員

研究者番号 : 6 0 2 6 1 2 1 0

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :