

絵画輸送用汎用クレートの開発プロジェクトについて

Development of Multipurpose Crates for the Transport of Paintings

ヤマト運輸株式会社+田所夏子、原小百合

YAMATO TRANSPORT CO., LTD. + TADOKORO Natsuko, HARA Sayuri

はじめに

石橋財団はかねてより環境保全の観点から、汎用性のあるリユース可能な輸送用ケース(以下、汎用クレート)の開発に関心を寄せていた。そこで、2015年5月にブリチストン美術館(現在のアーティゾン美術館)がビルの建て替え工事に伴う長期休館となり、休館中の新規計画のひとつとして汎用クレートの開発プロジェクトが立ち上がった。開発にあたっては、当館学芸課を中心とし、ヤマトグローバルロジスティクスジャパン株式会社およびヤマト包装技術研究所株式会社(2社ともに2021年4月よりヤマト運輸株式会社へ統合)の協力を得た。本稿では、この汎用クレートの開発プロジェクトに至る経緯と、開発経緯の概要、そして実際の運用状況についてまとめた。

石橋財団は、2015年に東京都町田市に石橋財団アートリサーチセンター(以下、ARC)を開設し、美術館の展示機能と収蔵機能を分割した。休館前は京橋にある美術館のほか、当時麻布永坂町にあったブリチストン美術館永坂分室(2019年に閉室)、福岡県久留米市にあった石橋美術館(現在は久留米市美術館)、さらには都内数カ所に契約していた外部倉庫など、収蔵品や資料が各地に分散して保管されていた。そのため、それらを一元管理するための新しい施設としてARCが開設されたのである。通常1カ所に集約されることの多い展示機能と収蔵機能を分けた

のは、阪神・淡路大震災や東日本大震災のような大規模な自然災害によるリスクを分散するための措置でもあった。しかし同時に、コレクションを使った展覧会企画が活動の主軸となっている当館にとって、都度作品を移動させるためのクレートに汎用性をもたせ、環境への配慮と利便性を実現することが重要な課題となっていた。

そこで汎用クレートの開発に際して前提となったのは、石橋財団コレクションの額装絵画作品の輸送に活用できることであつた。紙を支持体とする版画や素描などの紙作品、あるいは彫刻や工芸などの立体作品は、仕様が異なるため対象外とした。また、原則として美術館のある京橋と、収蔵庫のある町田間のトラック輸送を対象として仕様を検討した。航空機や船便などによる輸送は環境条件や仕様が異なるためである。なお、他館への貸出あるいは他館からの借用時には先方との調整が関わるため、対象外とした。

開発に際しては、ヤマト運輸(株)と共同で内外装に使用する素材の選定や仕様について検討を重ね、強度や温湿度の推移について従来素材と比較して実験が行われた。輸送対象となる額装絵画作品を額縁の形状や寸法によって分類し、主に外周部の装飾性が強すぎないもの、そしてグレーディングが施されたものを基準として選定した。また、最も該当数の多かった6から20号のサイズと、大きなものにも対応できるよう40号までのサ

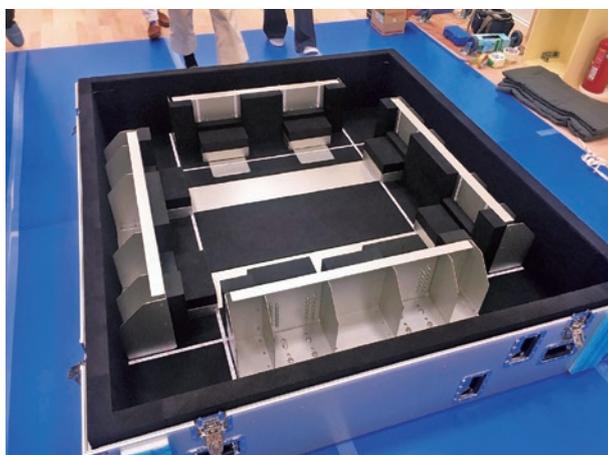


fig. 1-5
試作品内装および試作品テストの様子

イズの2種類において試作品を製作し、実際に都内をテスト輸送し温湿度の推移などを検証した (fig. 1-5)。

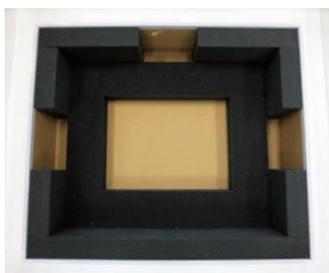
当該プロジェクトは2016年から開始され、意見交換や各種試験、試作品の実見などを経て2019年10月に完成、納品された。実際に運用が開始されたのは、2020年のアーティゾン美術館の開館記念展「見えてくる光景 コレクションの現在地」の準備作業からで、その後も年1回仕様の見直しをおこない、これまでに3回の修正・改良が施されている。本稿のなかではヤマト運輸(株)による各種試験データと分析結果を含めた「開発経緯の概要」とともに、開館後の運用状況と改良点についても報告する。「開発経緯の概要」についてはヤマト運輸(株)が執筆し、「はじめに」および「運用状況(2020年度)」「今後の課題・改良点」「おわりに」については、アーティゾン美術館が執筆した。

開発経緯の概要

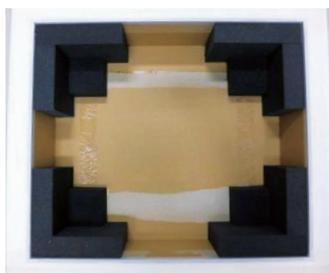
アーティゾン美術館とARCの持続的な輸送が見込まれることとなり、輸送時に都度作成、廃棄していた合板製クレートではなく、繰り返し使用できる汎用クレートを開発する運びとなった。開発に当たっては美術作品の輸送箱を数多く作成、また輸送・取扱いを行っていたヤマトグローバルロジスティクスジャパン(株)、ヤマトグループ内で包装資材の開発と研究を行っていたヤマト包装技術研究所[2社ともに現:ヤマト運輸(株)]/以下ヤマト運輸(株)が協力。クレートの製作はアルミニウム製コンテナ・ケースの製造販売を行う専門メーカーであるフジコーワ工業(株)が行い、ヤマト運輸(株)からは嶋村純一、森内翔澄、的井通浩、磯邊茂樹、フジコーワ工業(株)からは中村哲也が本件を担当した。本稿は各種検証数値や実物の写真を示しながら、汎用クレートの開発の経緯と全体の概要を示すものである。

開発は2016年より開始。新たに採用する素材については繰り返し検討され、最終的にアルミニウム素材、アルマイト板並びにプラスチックダンボールからなる複合素材の2種類について、既存の合板素材との比較を含め輸送上の安全を検証する運びとなった。

アルミニウムは金属のため経年劣化が遅く、長期にわたって使用可能。開口部以外つなぎがない構造で、外気の侵入を最小限に抑えられるという特徴がある。一方、複合素材は表層をアルマイト板として心材にプラスチックダンボールを採用。美粧



a) 従来仕様



b) 新仕様

性を備えつつ2重構造により強度を上げた。

緩衝材の取付方法についても従来は長辺側面部を一周するように配置され衝撃を“面”で受けるような仕様になっていたところを、四つ角の“点”で受けるよう変更し、さらに緩衝力を上げるよう設計した。

2016年11月にアルミニウム素材試作品が、翌2017年にアルミニウム素材のほか、アルマイト板並びにプラスチックダンボールからなる複合素材試作品が完成し、取り回しなどの作業性や落下時衝撃、温湿度変化などを検証した。

その結果、複合素材のクレートはアルミニウム素材のものより重量があるが、60cmの高さからの落下実験では短辺側面からの落下の衝撃について合板製クレートやアルミニウム素材のクレートよりも衝撃が伝わりやすいことが判明した。(図1)

落下実験

【諸元】

メーカー:	LANSMONT社
型式:	PDT-56E
最大搭載重量:	56kg(標準ドロップリーフ時) 45kg(拡張ドロップリーフ時)
供試品最大寸法:	奥行610mm(標準ドロップリーフ時) 奥行910mm(拡張ドロップリーフ時)
落下高さ範囲:	280~1830mm(標準ドロップリーフ時) 400~1830mm(拡張ドロップリーフ時)

底面落下



側面1落下



側面2落下



条件	Item 箇所	現行品 (合板)						提案品A (アルミニウム)						提案品B (複合)					
		1回目	2回目	3回目	AVE (G)	GAP	標準偏差	1回目	2回目	3回目	AVE (G)	GAP	標準偏差	1回目	2回目	3回目	AVE (G)	GAP	標準偏差
落下高さ 350mm ①内数字 二作用時間 msec	底面	45.27 (20.6)	47.26 (22.5)	44.43 (22.7)	45.65 -	-	1.5 3.2%	29.78 (26.6)	32.38 (31.5)	36.43 (28.1)	32.86 ◎	28.0%	3.4 10.2%	27.34 (18.6)	34.08 (24.8)	41.69 (17.2)	34.37 ◎	24.7%	7.2 20.9%
	側面1	64.97 (7.6)	72.84 (7.8)	71.95 (7.9)	69.92 -	-	4.3 6.2%	34.95 (17.7)	36.85 (16.6)	33.19 (17.0)	35.00 ◎	49.9%	1.8 5.2%	30.28 (13.9)	28.91 (14.8)	29.63 (14.9)	29.61 ◎	57.7%	0.7 2.3%
	側面2	25.4 (22.5)	26.24 (26.1)	24.37 (24.4)	25.34 -	-	0.9 3.7%	21.54 (26.5)	18.55 (31.2)	18.96 (33.4)	19.68 ◎	22.3%	1.6 6.2%	19.93 (29.0)	25.81 (27.4)	25.26 (27.9)	23.67 ○	6.6%	3.2 13.7%
【参考】 落下高さ 600mm ①内数字 二作用時間 msec	底面	79.78 (19.0)	72.8 (22.1)	66.7 (23.1)	73.09 -	-	6.5 9.0%	36.26 (30.6)	43.95 (31.0)	42.45 (31.2)	40.89 ◎	44.1%	4.1 10.0%	60.45 (17.0)	64.37 (13.9)	63.61 (19.9)	62.81 ○	14.1%	2.1 3.3%
	側面1	109.8 8 (7.4)	104.4 (7.9)	89.92 (8.2)	101.39 -	-	10.3 10.2%	45.34 (17.2)	45.9 (16.7)	43.4 (23.6)	44.88 ◎	55.7%	1.3 2.9%	40.00 (13.9)	39.62 (14.5)	39.65 (14.5)	39.77 ◎	60.8%	0.2 0.5%
	側面2	39.47 (25.7)	40.97 (21.4)	52.16 (19.3)	44.20 -	-	6.9 15.7%	25.99 (25.5)	30.64 (22.4)	33.75 (22.3)	30.13 ◎	31.8%	3.9 13.0%	53.74 (21.6)	54.34 (20.3)	56.72 (20.3)	54.93 x	24.3%	1.6 2.9%

図1 現行品(合板)に対するアルミニウム製および複合素材製のG数値

【加速度(衝撃)ロガー】

メーカー: LANSMONT社
 型式: TP3-USB
 測定時間設定: 1msec~1000msec
 トリガーレベル: ±1から100%

a) 現行品(合板)

- ・外観及び内容品(額縁)の変化は見受けられなかった。
- ・緩衝性に関しては、落下高さが上がるほど衝撃(加速度)が非常に大きく、また各面のバラつきも発生していた。

b) アルミニウム製

- ・緩衝性に関して、現行品と比較し非常に優位性がある。またバラつきも少なく安定していると見受けられる。
- ・外観等に関して、角部にある球状金具の接地面が窪むように変形したが、変形量も少なく特に問題は無いと思われる。
- ・その他、特に異常等は見受けられなかった。

c) 複合素材製

- ・緩衝性に関して、アルミニウム製と同じく現行品と比較して優位性はあるが、側面2については緩衝性を上げるか検討する必要がある。
- ・外観等に関して、アルミニウム製同様球状金具の接地面が変形したが、特に問題は無いと思われる。
- ・その他、特に異常は見受けられなかった。

温度・湿度の変化については従来から使用している合板製含め

3種において特筆すべき変化はなかった。(図2-a, b)

温度湿度実験

【諸元】

メーカー名: エスペック株式会社
 品名: ビルトインチェンバー(恒温恒湿室)
 型式: TBL-2E20A6PK
 温度制御範囲: -30から80℃
 湿度制御範囲: 10から95%(但し+10から80℃内)
 内寸法: W 1,970×D 1,970×H 2,100 mm
 開口部: W 1,400×H 1,800 mm
 【内容品 計測用ダミー絵画】
 額縁外寸: 約550×460×45 mm
 キャンバス規格: F6号
 重量: 2.9 kg(額縁+キャンバス合計)
 ポリエチレンシート梱包時 2.9 kg(代表値)

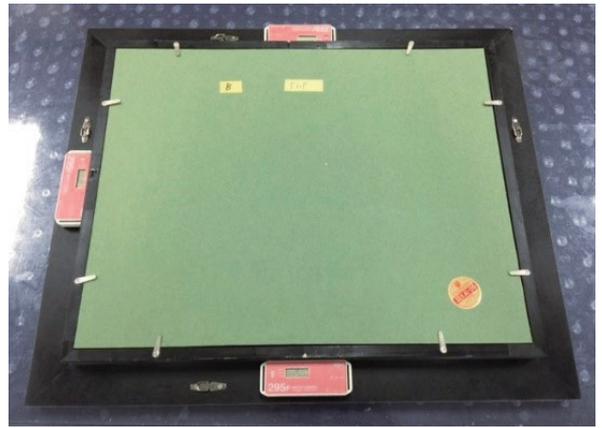
【内装の順序】

- 絵画に近い順から外に向かって
- ①LDポリエチレンシート: 厚み100 μm
 - ②発泡ウレタンボード: 厚み50 mm
 - ③WF段ボール板: 厚み約8 mm
 - ④発泡ポリスチレン: 厚み50 mm

以上の結果から、汎用クレートの素材としてアルミニウム製を採用することを決定した。



左から:a) 現行品、b) アルミニウム製、c) 複合素材製の各外観



ロガー取付の様子

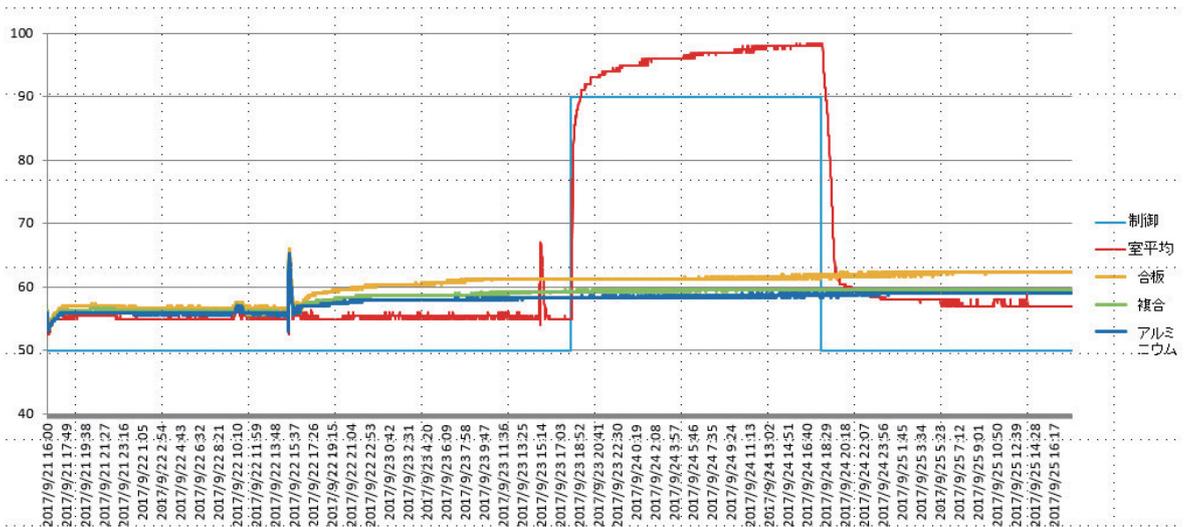


図2-a 通常の保管条件である気温20℃ / 相対湿度50%の環境から、一気に高湿度下(90%)へ24時間暴露された場合を想定して内部の湿度変化を計測。

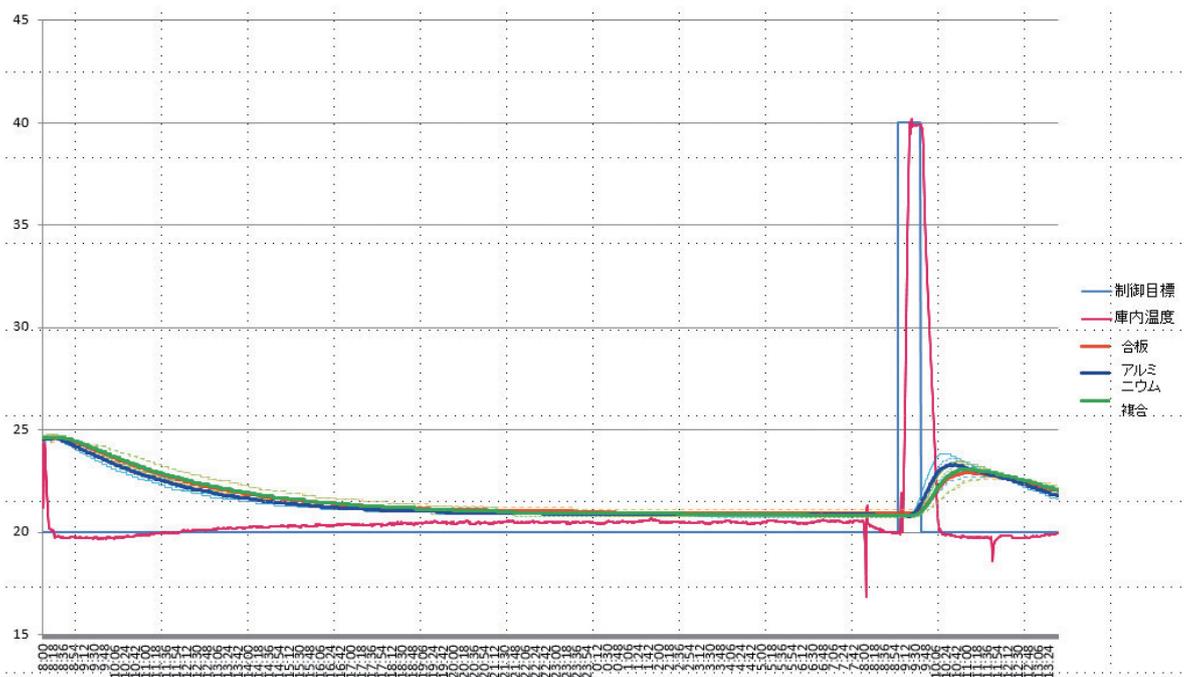


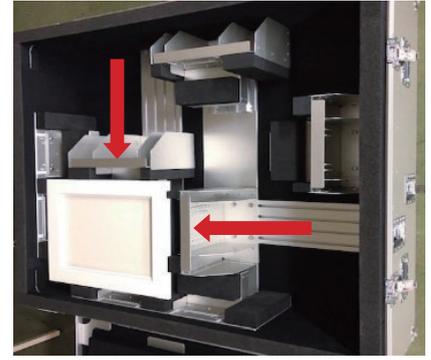
図2-b 通常の保管条件である気温20℃ / 相対湿度50%の環境から、一気に高温度下(40℃)へ短時間暴露された場合を想定して内部の温度変化を計測。



汎用クレート内部の構造



40号サイズの作品を固定



6号サイズの作品を固定する際のレールの可動域

クレート内部の緩衝材についても、超臨界窒素ガス発泡方式によりホルムアルデヒドや硫黄、シロキサンアンモニアなどのアウトガスが非常に少ないうえ、粉落ちが少なく長期使用に適した素材を新たに採用している。緩衝材の取付けに使用される接着剤もノンホルムアルデヒド仕様でポリエチレンフォーム、ポリウレタンフォームの接着剤として大変優れた製品を採用している。

従来の輸送箱で一番の問題となっていたのは、合板を作品サイズに合わせて加工していた為他に作品の輸送箱として転用ができず、1度きりの使用で廃棄される一因となっていたことであった。そのため、汎用クレートでは箱の内部に縦方向と横方向のレールを設置し、レール上に作品固定具を走らせ、任意の場所でその固定具をボルト留めすることで一定範囲のサイズに収まる平面作品であれば収納できる仕様とした。また固定具が前後だけでなく、上下にも動くことで作品ごとの厚みに配慮し、作品に対して最も適した箇所での固定が可能である。

汎用クレートのサイズについては、所蔵作品のサイズを参考に技術上実現可能な範囲の中で最も使用頻度が高いと想定される6号から40号まで収納でき、作品重量20kgまで対応できる規格とした。また、クレートは上下左右にハンドルが取り付けられているため90度回転して使用することも可能で、縦絵・横絵どちらにも対応できる。

2019年10月に完成品を納品し、2020年1月からの開館記念展に伴う作品輸送から正式な使用が開始された。その後、実際の使用結果をふまえた改良版を作成し、現在に至るまで使用されている。

運用状況(2020年度)

1. 開館記念展「見えてくる光景 コレクションの現在地」撤収輸送時：206点中27点の輸送に使用 約13%
2. 2020年2期「石橋財団コレクション選」輸送時：54作品中9点に使用 約16%
3. 2020年「琳派と印象派展」輸送時：86作品中7点 約8%

2021年度については「STEPS AHEAD」展撤収、「石橋財団コレクション選」輸送時にも同様に使用した。

今後の課題・改良点

つど作品を梱包する木箱を製作するのに比べてコストがかからないため、長期的にエコロジカルな輸送を実現できる一方で、美術館でのクレート保管場所が充分でないこと、梱包作業にある程度の時間がかかるので、ハンドリングには今後改善の余地がある。

おわりに

環境保全の観点より、汎用性ある輸送ケースの開発の必然性があったのは論をまたないが、軽量化とハンドリングの点ではさらなる改善を検討したい。また、現在保有しているケースを有効利用できているかどうか、それぞれの箱のメンテナンスの必要性を検証するために、個別のクレートに番号等を付与し、使用が偏っていないか、および修理改良が必要になる頻度を検証する作業も必要に応じて進めてゆく。本課題に関しては2022年以降の展覧会スケジュールおよび、展示替え輸送作業をハンドリングする業者と担当学芸員の作業効率を考慮しながら実施を検討する。

石橋財団コレクションを管理する町田のアートリサーチセンターと、輸送先である京橋のアーティゾン美術館のそれぞれに何ケースずつを保管し運用するかも、今後の展覧会スケジュールに合わせて検証する。