資料３－２

古墳壁画の保存活用に関する検討会（第２１回）
Ｈ２８．１２．１９

キトラ古墳壁画の輸送環境調査報告－振動について－

東京国立博物館　和田浩

1　計測の概要

(1)計測対象

本報告では 2016 年 8 月 24 日に実施された輸送を出発時系列順に、1 便、2 便、3 便とし、同様に 2016 年 12 月 8 日の輸送を、4 便、5 便と呼ぶ。各輸送において積載した梱包対象(修理後の壁画)と梱包箱の重量は下記の通りである。1 便と 5 便、3 便と 4 便では同じ梱包箱を使用した。

		①梱包対象 (壁画＋フレーム)	②梱包箱	①+②			①梱包対象 (壁画＋フレーム)	②梱包箱	①+②
1便	西壁	50.5kg	78.7kg	129.2kg	5便	東壁	55.1kg	77.5kg	132.6kg
2便	天井	72.0kg	87.7kg	159.7kg					
3便	南壁	23.8kg	46.4kg	70.2kg	4便	北壁	25.9kg	46.5kg	72.4kg

従って、3 つの梱包箱が用いられたことになり、それらの外観と外寸は下記の通りである。

	1･5 便	2 便	3･4 便
外寸	2700/1450/350 ㎜	2200/1730/510 ㎜	1450/1340/350 ㎜
内部			
外観			

梱包箱の構造は、木材による木枠を外箱とし、段ボール製の内箱にポリエチレンフォームを緩衝材として設置した上に壁画を積載するものである。

また、使用した輸送車両は左に示すエアサスペンション付きのトラックである。ただし、8 月 24 日と 12 月 8 日の車両の仕様は若干異なる。最大積載量が前者は 1,700kg、後者は 2,650kg であり、前者のみ荷室内空調機器を備えている。写真は 8 月 24 日の車両の外観を示す。

(2)計測手法

輸送環境を計測するに際して、計測機器の役割と設置場所等を下記のように計画した。

計測機器	加速度ロガー 「SAVER3X90 」(Lansmont 社)		GPS ロガー i-gotU(MobileAcction 社)
設置場所	荷台上	梱包箱底部	運転席付近
目的	荷台上で発生した加速度を計測する	走行中および前後の作業中に受けた加速度を計測する	走行中の加速度発生時刻と発生位置情報とを結びつける
設定	サンプリングレート：0.2ms、記録インターバル：2s 1 イベント記録時間：1.6384s		サンプリング間隔：1data/s

2　梱包箱が受けた加速度

(1)各便最大加速度一覧

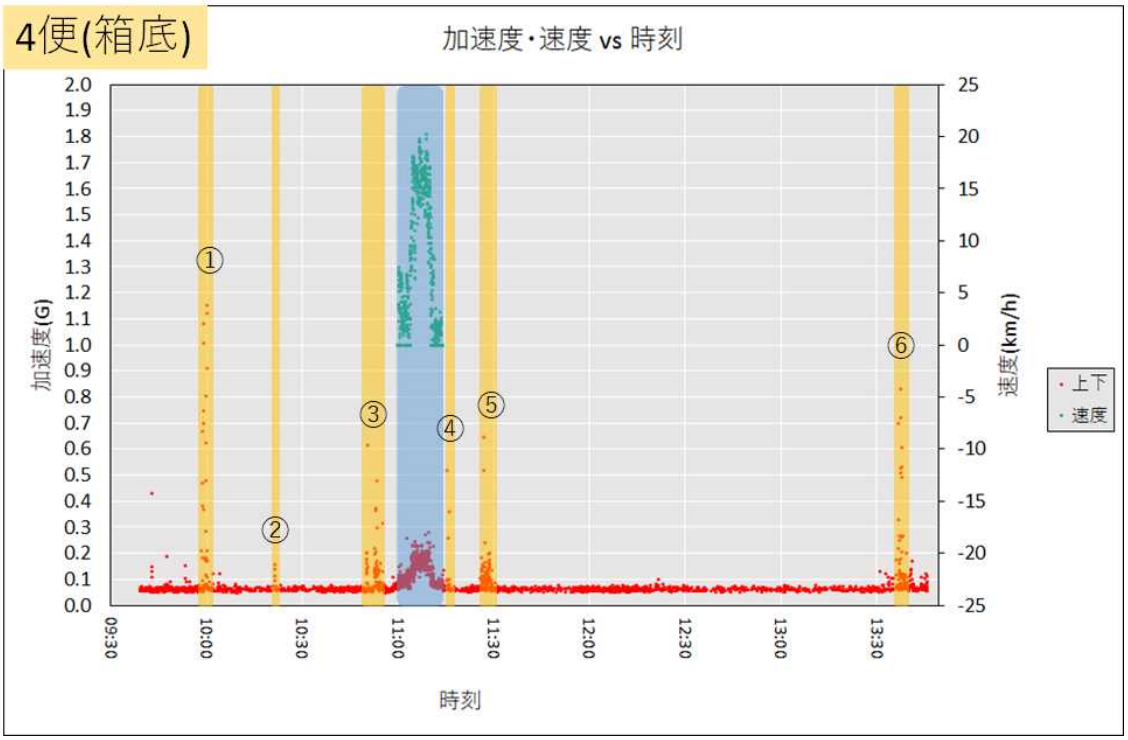
加速度ロガーで計測された各便の全工程における最大の加速度を、その発生時刻と GPS データやデジタル動画あるいは静止画に記録された情報から輸送工程を割り出したものが左表となる。全体的に加速度のレベルは極めて低い。荷台上での最大加速度は当然走行中のものとなるが、箱底での最大加速度はむしろ走行中以外の工程で発生していることが分かる。

これは、走行中の輸送環境が非常に安定していたことによる結果である。従って、まず走行中以外の輸送工程を含めて梱包箱が受けた加速度について、以下に解析結果を示す。

	位置	方向	最大加速度(G)	発生時刻	工程
1便	荷台	前後	0.16	14:00:16	発車直後
		左右	0.27	14:07:26	走行中
		上下	0.39	14:00:16	発車直後
	箱底	前後	0.42	13:46:36	トラック積込み
		左右	0.30	13:46:10	トラック積込み
		上下	0.33	14:07:28	走行中
2便	荷台	前後	0.25	15:09:30	展示館歩道段差
		左右	0.30	15:05:30	走行中
		上下	0.43	15:10:00	展示館門の段差
	箱底	前後	0.75	14:50:25	トラック積込み
		左右	0.56	15:21:46	展示館内作業
		上下	0.98	14:47:17	トラック積込み
3便	荷台	前後	0.20	15:46:23	走行中
		左右	0.29	15:50:29	走行中
		上下	0.65	15:47:49	走行中
	箱底	前後	0.44	15:39:20	トラック積込み
		左右	0.25	15:38:05	トラック積込み
		上下	0.65	16:04:44	展示館内作業
4便	荷台	前後	0.17	11:00:08	発車直後
		左右	0.44	11:02:53	高松塚施設出口前
		上下	0.48	11:02:53	高松塚施設出口前
	箱底	前後	1.67	10:53:32	トラック積込み
		左右	1.48	9:59:57	外箱組立て
		上下	1.16	10:00:00	外箱組立て
5便	荷台	前後	0.16	12:10:49	走行中
		左右	0.36	12:05:53	走行中
		上下	0.46	12:02:29	高松塚施設出口前
	箱底	前後	0.41	11:50:05	トラック積込み
		左右	0.31	12:08:36	走行中
		上下	0.51	11:51:17	トラック積込み

(2)4 便(箱底)で計測された加速度の解析

上記表中全体の加速度レベルは極めて低いが、その中でも 4 便(箱底)では相対的に大きな数値が計測されているので当該輸送を取り上げ、具体的な作業工程と加速度値との関係性について詳細に解析した。下図は箱底が受けた垂直方向の加速度(縦軸:左)と車両走行速度(縦軸:右)の時刻(横軸)に伴う変化である。11:00 から約 15 分間走行(15km/h 程度)して



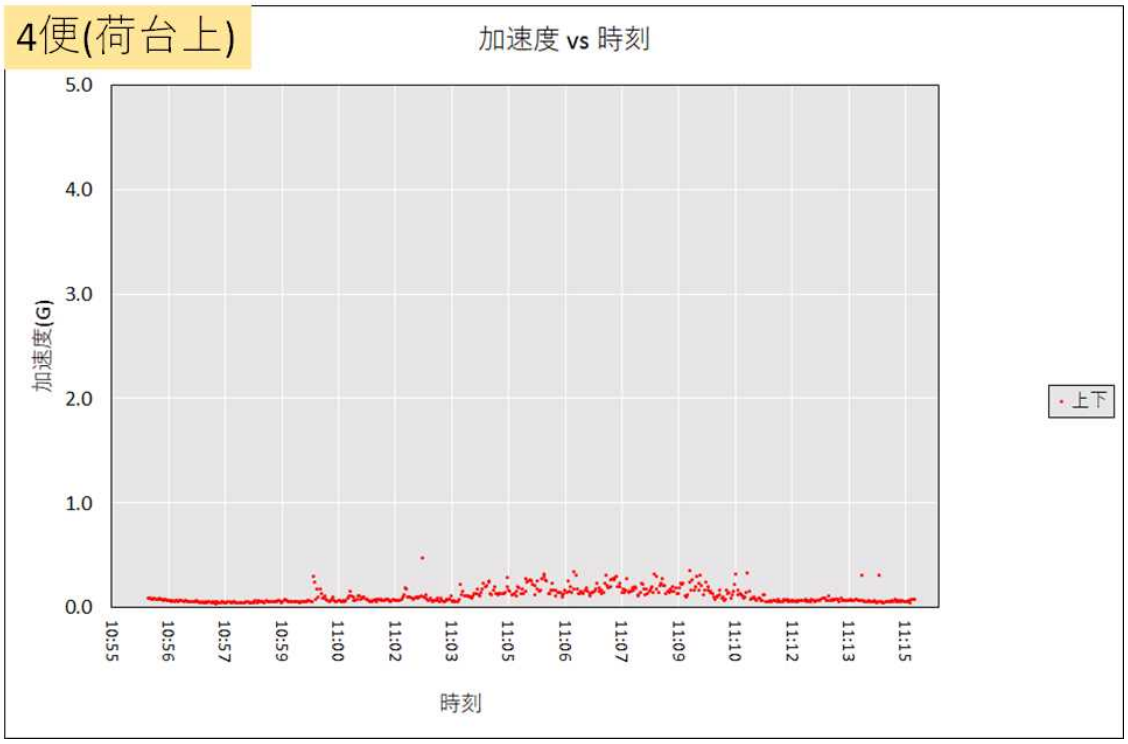
おり、その間(図中青色の領域)は概ね速度に比例する形で加速度が分布している。走行中以外の時間帯で加速度が集中して発生している時間帯に①から⑥まで番号を付した。作業に同行して撮影した画像や動画から具体的な作業工程を割り出し、下表にまとめた。

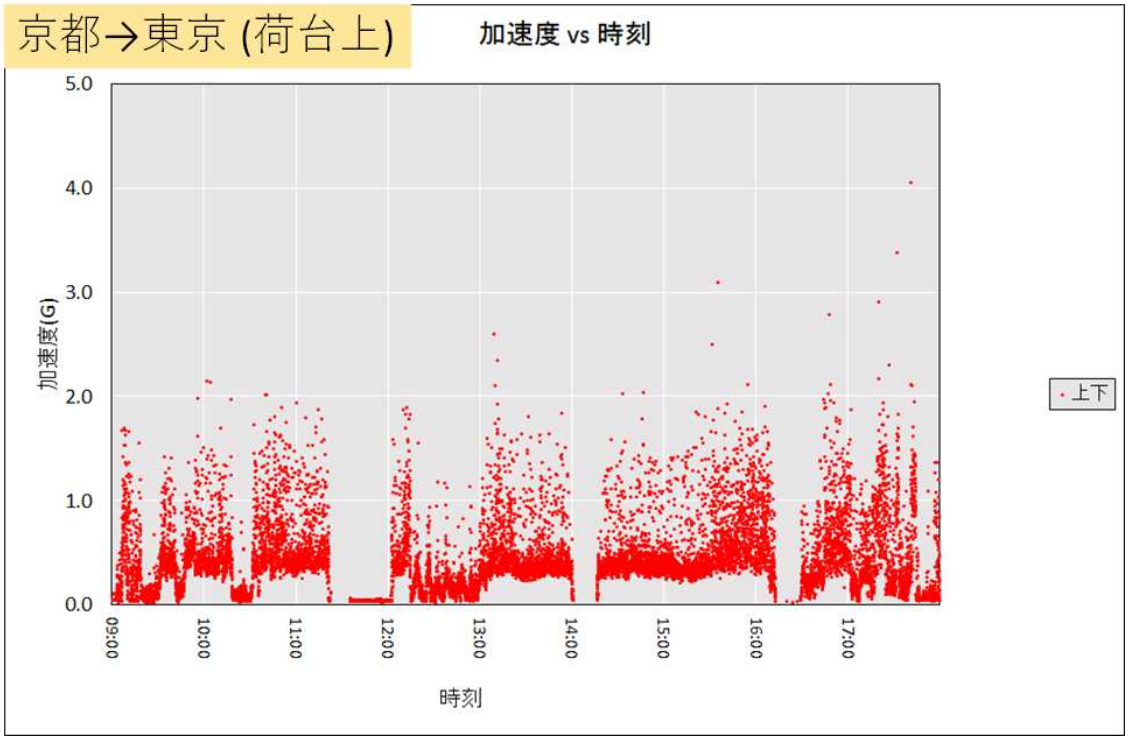
番号	時間帯	具体的な作業工程
①	09:58:20-10:00:08	外箱の蓋を閉じる。外箱のビス留めを行う(梱包作業)。
②	10:21:12-10:21:28	トラックへの積載方向に合わせて箱を 180 度方向転換。
③	10:50:08-10:53:27	高松塚施設修理室内からトラックヤード前室までの移動とトラックへの積載。
④	11:15:24-11:16:02	展示施設到着後、トラックからの荷降ろし。
⑤	11:26:04-11:29:34	展示室への移動と展示室床面への設置。
⑥	13:37:18-13:38:28	外箱のビスを外し、蓋を開ける(開梱作業)。

これらの作業から生じた加速度値は通常の文化財の梱包、輸送作業と比較しても総じて低いレベルのものである。最大加速度を示した作業工程「①」についても、瞬間的な加速度値は 1.16G が検出されたが、作用時間が極めて短いため、大きなリスクと評価できるものではなかった。

3　荷台で発生した加速度

最後に車両走行中に荷台で発生した加速度の解析を基に、相対的な評価を行う。





これらは 4 便荷台上の加速度(上)と過去に計測した京都から東京間を走行した際の荷台上の加速度(下)である。走行速度の違いが大きく影響しているが、いわゆる通常の美術品輸送環境と比較した場合に極めて安定していたものであったことが明確である。