

貨物輸送中の衝撃値（加速度）に関するデータベースの作成

<貨物の損害防止・輸送の安全に関する調査・資料収集>

報告書

令和 7 年 3 月 31 日
一般社団法人 日本海事検定協会
(検定サービスセンター)

目次

目次	1 ページ
1.はじめに	2 ページ
2.調査の目的	2 ページ
3.トレードレーンの選定	3～4 ページ
4.計測について	
4-1.計測機器の選定	5 ページ
4-2.計測機器の設定	6 ページ
4-3.使用コンテナ	7 ページ
4-4.計測機器の取り付け方法	8 ページ
4-5 計測機器の設置場所	9 ページ
4-6.計測の結果	10 ページ
5.計測結果の考察	
5-1.衝撃計測結果の考察	11 ページ
5-2.振動計測結果の考察	12 ページ
6.まとめ	12 ページ
添付資料	

1. はじめに

現在の国際貨物輸送では陸上、海上ともに国際海上コンテナを利用した複合輸送が主流となっている。国際海上コンテナ輸送においては様々な輸送手段(船舶・鉄道・トラック等)を活用しエンドユーザーに貨物を提供する事から、関係者は国際海上コンテナ内への貨物の積み付けや積載された貨物の固縛等に注意を払い事故防止に努めている。

しかし、国際貨物輸送においては複数の輸送モードを経由し目的地へ到着した時には貨物に損傷が発生していることも少なくない。

このことから、輸送経路や輸送手段が及ぼす影響度に着目、輸送環境毎に最適な計測機器を選定しデータの収集、分析を行い国際海上コンテナ輸送の貨物の事故防止に寄与することとした。

2. 調査の目的

輸送経路や輸送手段によって加速度が及ぼす影響度に着目、輸送環境毎に最適な計測機器を選定しデータの収集、分析を行い国際海上コンテナ輸送における貨物の事故防止に寄与することを目的とする。

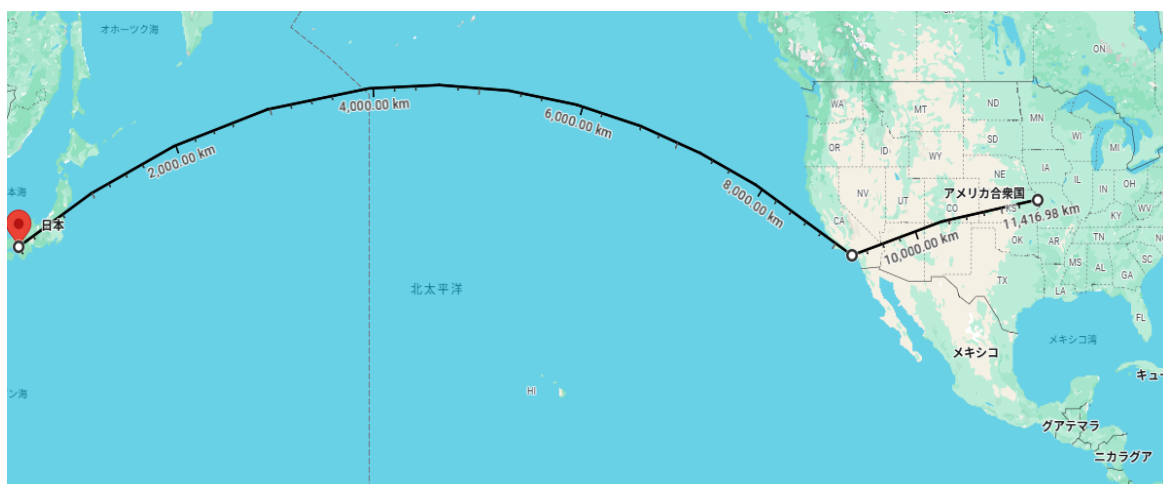
本事業は、船舶・鉄道・トラック等で輸送時に発生する加速度を一定期間に渡って収集、分析を行い輸送手段別にデータベース化し公表するものである。

本事業の成果は、多くの関係者にとって、輸送中の安全及び貨物の損害防止、危険回避策の構築等の為に有用な情報になると考える。

3. トレードレーンの選定

- ・本年度は、データ収集を主たる目的とし、神戸港→ロサンゼルス港→カンザスシティ間での計測を実施した。
- ・天候、陸上輸送中、コンテナヤードでの蔵置場所、船舶での積載箇所等を限定せずに計測を実施した。

図 1. 輸送ルート（地理的なセンタ）の直線距離



上記トレードレーンにおける本計測のスケジュール表を以下に示す。

本計測のスケジュール

年月日時分（現地時間）	場所	概要
2024/08/05 14:00	神戸港倉庫	バンニング
2024/08/05 15:03	神戸港倉庫	計測開始
2024/08/06 14:43	神戸港	ヤード搬入
2024/08/12 11:33	神戸港	出港
2024/09/01 05:23	LAX 港	入港
2024/09/01 19:03	LAX 港	コンテナ荷卸し
2024/09/10 20:16	LAX 港	鉄道貨車へ積み込み
2024/09/12 16:43	LAX 港ターミナル	出発（鉄道）
2024/09/16 02:53	KCK ターミナル	到着（鉄道）
2024/09/17 06:53	KCK ターミナル	コンテナ荷卸し
2024/09/19 12:05	KCK ターミナル	出発（トラック）
2024/09/19 12:46	KCK 工場	到着
2024/09/25 02:43	KCK 工場	計測終了

4. 計測について

4-1 計測機器の選定

計測機器は、揮発式メモリへの記録ではデータが消滅してしまう可能性がある為、非揮発性メモリへのデータ格納が可能な点、また今回の計測計画の輸送期間が長期に渡る事から長期連続計測が可能な点を考慮して、米国ランスモント社製 Saver3X90 を使用して計測する事とした。2020 年度にも同様の機器を使用し、陸上輸送時中や入港時等の状況下における加速度(3 軸)及び周波数特性を計測済みである。



図 2.Saver3X90

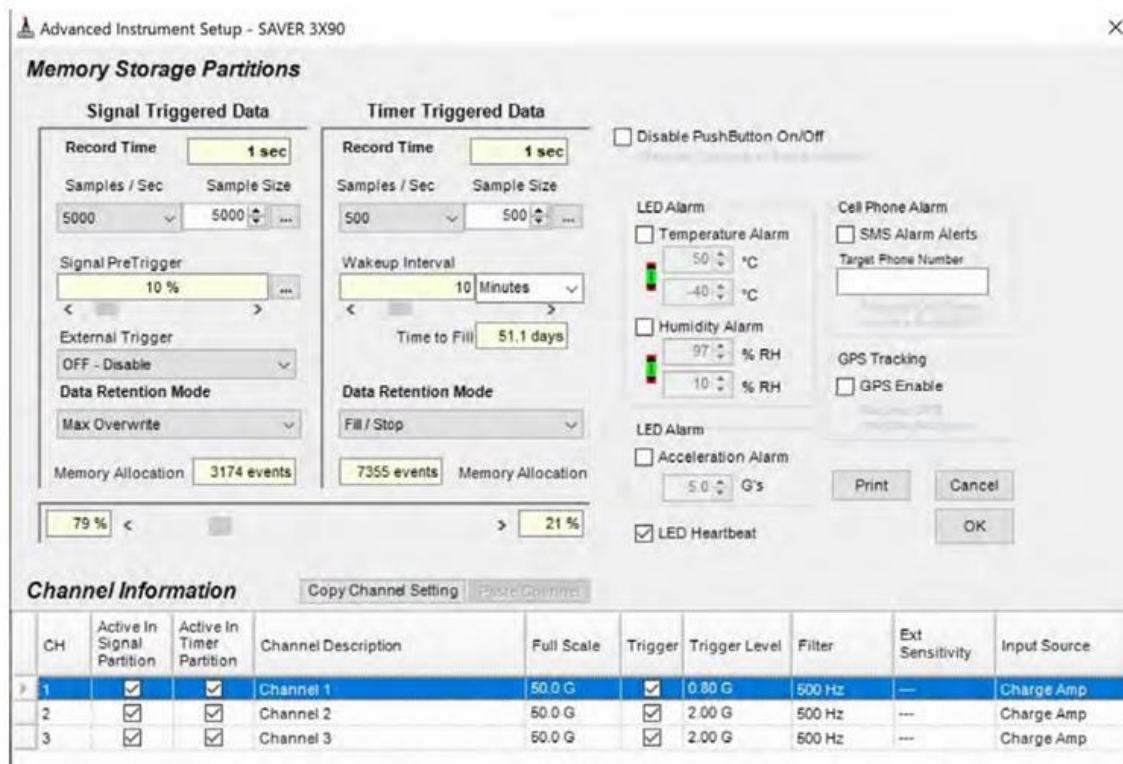
【仕様】

寸法	95 x 74 x 43 (mm)	加速度センサー	3 軸ピエゾ型
体積	302 cm ³	加速度レンジ	5,10,20,50,100,200G (可変 F/S)
材質	6061-T6 アルミ材	サンプリングレート	50,100,200,250,500,1000,2500,5000 サンプル/秒
質量	473g	計測精度	±5% (一般的な温度、周波数変動の場合)
取り付け方法	#6(M3)ネジ用通し穴 x 4	メモリ	128MB 不揮発性フラッシュメモリ
電源	9V アルカリ 又は リチウム乾電池 2 個	温度計測制度	-40°C~+60°C(-40°~ +140) ±1.0°C(+5°~ +40°C) ±1.5°C(-40°~ +60°C)
連続駆動時間	90 日(リチウム電池) 45 日 (アルカリ電池) 180 日 (外部電池使用時)	湿度計測制度	5%~95%RH (結露なし) ±4%(5% ~ 95% RH @25°C)

4-2 計測機器の設定

記憶容量制限がある為、記憶容量から計測インターバルを設定した。下記に計測でを使用した設定の詳細を示す。

図 3.計測機器設定



・ Signal Triggered Data: 衝撃的なデータを記録
 トリガ・レベル : 0.8,2.0,2.0G (XYZ 軸)
 最大計測加速度 : 50G (XYZ 軸共)
 サンプリングスピード : 5000 samples/sec
 サンプル・サイズ : 5000 point
 レコーディング・タイム : 1 sec
 記録可能データ数 : 3174 データ

最大計測加速度 : 50G (XYZ 軸共)
 トリガ間隔 : 10 sec
 サンプリングスピード : 500 samples/sec
 サンプル・サイズ : 500 point
 レコーディング・タイム : 1.0 sec
 記録可能データ数 : 7355 データ

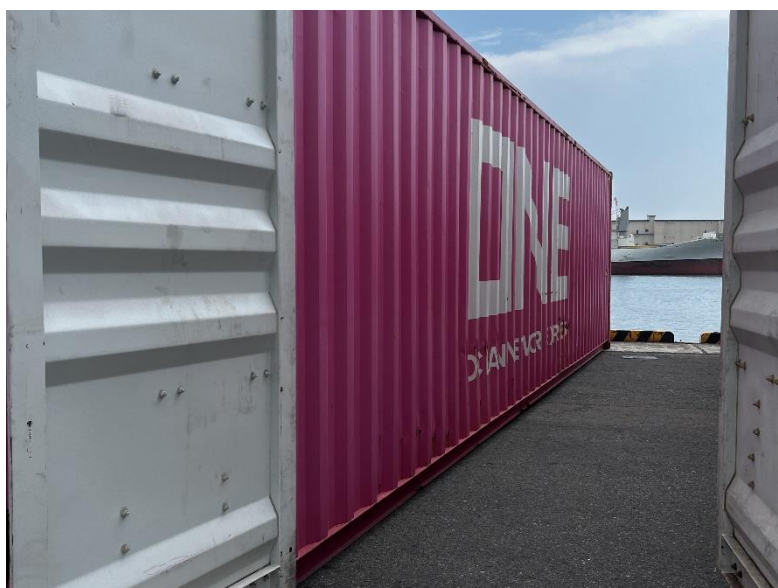
4-3 使用コンテナ

国際海上コンテナには用途に応じて様々な種類・サイズがあるが、計測では、40 フィートコンテナを使用し計測を実施した。

図 4. 使用した 40 フィートのドライコンテナの左側面



図 5 右側面



4-4 計測機器の取り付け方法

計測機器の取り付けは、輸送時に計測機器が外れる事がない方法を考慮し、合板材の固定ベースを作成し、固定ベースの上に計測機器をネジにて固定、コンテナ床面に釘打ちをして取り付けを行った。計測機器の設置方向、X(横)軸(Channel:1)、Y(縦)軸(Channel:2)、Z(上下)軸(Channel:3)と進行方向との関係は下記の通りである。

図 6. Saver3X90 取り付け



図 7 Saver3X90 取り付け(全体)



4-5 計測機器の設置場所

計測機器の設置箇所は、輸送中に発生する加速度が積載貨物に影響する数値に可能な限り近い数値を収集したい点を考慮し、積載貨物に隣接する箇所とした。積載した輸出貨物は貨物の重量及び数量を考慮し下記の通り積み付けを行った。また、コンテナと木箱の固縛には合板材を使用した。

図 8.設置場所



4-6 計測の結果

コンテナの外観上は傷、凹み等は確認されず、本計測における海上・陸上輸送共に外部からは危険を伴うとされるような衝撃を受ける事なく、スムーズな輸送が行われたものと推察する。

通常、輸送及び使用されている製品が“衝撃”によって壊れる時は、“ピーク加速度”と“速度変化”の二つの衝撃パラメーターが関係している。解析における衝撃の評価はピーク加速度の大小が始点となるが、製品に衝撃が加わった時、ダメージを受けるかどうかは、ピーク加速度だけでは決まらず、加速度ピーク値を含めメインパルスの速度変化、すなわちエネルギー量でもある ΔV も評価材料となる。

また、加速度ピーク値を含むメインパルスが衝撃を受けた方向も Saver3X90 を基準にして評価した。※詳細は添付資料を参照

5.計測結果の考察

5-1 衝撃計測結果の考察

日本国内におけるトラック輸送やガントリークレーン作業では、荷物の移動や積み下ろし、運搬などの作業中に衝撃の発生が確認された。特にトラック輸送においては、道路の状態や荷物の取り扱いにより衝撃の発生が確認された。同様にガントリークレーンを使用した作業においても、荷物の吊り上げや移動に伴って衝撃が観測されることがあった。

次に、ロサンゼルス港のコンテナヤードで行われた移動作業とガントリークレーン作業でも衝撃が発生した。ガントリークレーンを使った作業では、コンテナの位置変更時に発生する力が衝撃として記録された。

また、ロサンゼルス港と KCK ターミナルにおける貨車の操車作業やトラックへの積み込み作業でも衝撃が観測された。鉄道貨車の操車や積み込み作業中は、貨物の位置や動きが変化する際に衝撃が発生しやすく、これらの作業による衝撃が計測されたことが確認された。

最後に、KCK 工場で行われたフォークリフト作業においても衝撃が発生した。フォークリフトによる荷物の移動や積み下ろしは、特に荷物が急激に移動する場合や積み重ねる際に衝撃を伴うことが考えられる。

鉄道輸送に関しては、最大衝撃値上位 20 の中で 10 回のイベントが鉄道貨車の操車作業中に発生した。加速度は 13.4~25.1G、速度変化は 26.6~69.9cm/sec の範囲にあり、これらの数値は 0.8~1.6cm の自由落下に相当するものである。

港のガントリークレーン作業においては、最大衝撃上位 20 の中で 6 回のイベントが確認された。加速度は 18.9G で、速度変化は 51.9~79.7cm/sec の範囲であり、これらの数値は 1.1~2.1cm の自由落下に相当するものである。

以上のように、衝撃は各作業場所で発生したが、全体的に大きなエネルギーを伴う衝撃は見られなかった。

5-2 振動計測結果の考察

ロサンゼルス港ターミナルから KCK ターミナル間の鉄道輸送中に、大きな振動が観測された。この振動は、鉄道貨車輸送中に発生したものであり、最大 Grms 値(加速度実効値)上位 20 の内、19 回のイベントが確認された。これらのデータにおける Grms 値は非常に高く、範囲としては 3.595 から 2.086Grms となっており、鉄道輸送中に発生した振動が大きいことが示された。

また、鉄道輸送の振動データの PSD (Power Spectral Density) とプロファイルについても検討を行い、計測された振動データの PSD は、ASTM D4169 Rail Level1 および ISTA 3H Rail と比較した結果、特に 30Hz 以上の周波数帯域で高い値を示しており、これらの周波数帯域での振動が強いことが確認された。

加えて、衝撃および振動波形のすべてにおいて、41Hz の共振波形が認めらる事も確認された。

6. まとめ

本年度は1回の計測にとどまり、輸送手段ごとの傾向性を十分把握できたとは言い難く、有効なデータベースを作成するにはまだまだ計測回数が不足している。

本事業の目的は多くの関係者にとって、輸送中の安全及び貨物の損害防止、危険回避策の構築等に有用な情報を開示することである。

来年度は引き続き、民間物流会社にご協力頂き、欧米向けの計測を実施していく予定である。

添付資料

計測データ（加速度・速度変化）

図 9 神戸港～KCK 間の衝撃データ

Project ID	Ship To	Country	Transport Type
Trip ID	Ship From	Region	Loading Type
Source File	Ship Via		Cargo Description
Notes			
De Soto Kansas USA			
Kobe Port			
20240805-Contain...	Truck,Ship,Truck,Rail,Truck		

Channel	Description	
Resultant	Resultant	<input type="checkbox"/>
1	Channel 1	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Channel 2	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Channel 3	<input checked="" type="checkbox"/>

Event #	Event Time	Order	Event Type	Accelerati on...	Delta V cm/s	Impact Orientation	Temperature °C	RH %	Summary
Signal 3135	2024/09/23 22:42:52	0	General	50.08	64.22	Edge - Bottom Front	14.4	78.6	<input type="checkbox"/>
Signal 3145	2024/09/23 22:43:09	0	General	48.52	102.82	Edge - Left Front	14.4	78.3	<input type="checkbox"/>
Signal 14	2024/08/06 14:47:32	0	Shock	37.31	53.94	Flat - Top	40.1	69.2	<input checked="" type="checkbox"/>
Signal 77	2024/09/05 14:18:16	0	Shock	29.63	79.72	Flat - Top	27.1	69.7	<input checked="" type="checkbox"/>
Signal 3138	2024/09/23 22:42:58	0	General	29.49	37.73	Flat - Bottom	14.4	78.5	<input type="checkbox"/>
Signal 3133	2024/09/23 22:42:49	0	General	27.45	27.97	Corner - Back Top Right	14.3	78.5	<input type="checkbox"/>
Signal 3137	2024/09/23 22:42:57	0	General	25.68	92.92	Flat - Bottom	14.3	78.5	<input type="checkbox"/>
Signal 1155	2024/09/15 2:33:59	0	Shock	25.12	26.62	Flat - Right	26.9	65.6	<input checked="" type="checkbox"/>
Signal 1159	2024/09/15 9:36:04	0	Shock	24.01	49.67	Flat - Left	35.0	51.7	<input checked="" type="checkbox"/>
Signal 3065	2024/09/17 20:53:55	0	Shock	23.96	48.21	Flat - Bottom	19.6	70.1	<input checked="" type="checkbox"/>
Signal 28	2024/08/11 22:44:02	0	Shock	23.80	62.33	Edge - Bottom Right	29.5	71.4	<input checked="" type="checkbox"/>
Signal 94	2024/09/12 2:13:22	0	Shock	22.79	63.63	Flat - Top	22.0	73.1	<input checked="" type="checkbox"/>
Signal 3132	2024/09/23 22:42:48	0	General	22.49	20.24	Corner - Top Back Right	14.3	78.5	<input type="checkbox"/>
Signal 39	2024/09/02 11:10:18	0	Shock	21.82	61.47	Corner - Top Right Back	24.7	71.0	<input checked="" type="checkbox"/>

図 10 衝撃イベントの入力方向と頻度

衝撃イベントの入力方向と頻度 (123データ)				
Type	Orientation	本計測の名称	回数	統計
Flat	Top	上面	25	Flat合計 69 56.1%
	Bottom	下面	26	
	Front	右面	1	
	Back	左面	0	
	Left	ドア面	10	
	Right	奥面	7	
Edge	Top Front	上面 - 右面	0	Edge合計 37 30.1%
	Top Back	上面 - 左面	6	
	Top Left	上面 - ドア面	4	
	Top Right	上面 - 奥面	4	
	Bottom Front	下面 - 右面	3	
	Bottom Back	下面 - 左面	2	
	Bottom Left	下面 - ドア面	4	
	Bottom Right	下面 - 奥面	6	
	Front Left	右面 - ドア面	2	
	Front Right	右面 - 奥面	3	
	Back Left	左面 - ドア面	1	
	Back Right	左面 - 奥面	2	
	Corner	Top Front Left	上面 - 右面 - ドア面	
Top Front Right		上面 - 右面 - 奥面	1	
Top Back Left		上面 - 左面 - ドア面	4	
Top Back Right		上面 - 左面 - 奥面	3	
Bottom Front Left		下面 - 右面 - ドア面	5	
Bottom Front Right		下面 - 左面 - 奥面	2	
Bottom Back Left		下面 - 右面 - ドア面	0	
Bottom Back Right	下面 - 左面 - 奥面	2		

図 11 衝撃データの加速度

Shock Acceleration Top 20 (123 Event)						
Order	Event Number	Local Time	加速度 (G)	速度変化 (cm/s)	Orientation	考察 (CY :コンテナヤード、TML :ターミナル)
1	14	2024/8/6 14:47:32	37.3	53.9	Flat - Top	神戸港 - 神戸港CY トラック輸送
2	77	2024/9/4 22:18:16	29.6	79.7	Flat - Top	Lax港CY ガントリークレーン
3	1155	2024/9/14 10:33:59	25.1	26.6	Flat - Right	LAX港TML 操車作業
4	1159	2024/9/14 17:36:04	24.0	49.7	Flat - Left	LAX港TML 鉄道貨車操車作業
5	3065	2024/9/17 6:53:55	24.0	48.2	Flat - Bottom	KCK TML 貨車の操車作業
6	28	2024/8/11 22:44:02	23.8	62.3	Edge - Bottom Right	神戸港CY ガントリークレーン
7	94	2024/9/11 10:13:22	22.8	63.6	Flat - Top	Lax港CY 移動荷役
8	39	2024/9/1 19:10:18	21.8	61.5	Corner - Top Right Back	Lax港CY ガントリークレーン
9	3066	2024/9/17 6:54:00	21.7	52.6	Edge - Right Bottom	KCK TML 貨車の操車作業
10	3073	2024/9/17 10:58:41	20.8	58.4	Flat - Right	KCK TML トラックに積込み
11	108	2024/9/11 13:30:54	19.3	19.0	Flat - Right	LAX港TML 鉄道貨車操車作業
12	57	2024/9/1 19:21:57	19.3	67.0	Flat - Bottom	Lax港CY ガントリークレーン
13	70	2024/9/4 22:12:52	18.9	51.9	Corner - Bottom Left Front	Lax港CY ガントリークレーン
14	104	2024/9/11 10:17:07	18.7	55.8	Edge - Bottom Left	LAX港TML 鉄道貨車操車作業
15	3036	2024/9/16 3:25:15	17.9	23.0	Flat - Left	KCK TML 貨車の操車作業
16	83	2024/9/4 22:19:40	17.7	58.9	Flat - Top	LAX港CY 鉄道貨車に積込み
17	3061	2024/9/17 4:36:39	17.7	69.8	Flat - Top	KCK TML 貨車の操車作業
18	3068	2024/9/17 6:55:05	17.5	69.9	Flat - Top	KCK TML 貨車の操車作業
19	3026	2024/9/16 3:19:59	17.0	18.4	Flat - Left	KCK TML 貨車の操車作業
20	3119	2024/9/23 7:48:43	16.0	36.2	Flat - Bottom	KCK工場 フォークリフトで開墾場所に移動

図 12 衝撃データの速度変化

Shock DeltaV Top 20 (123 Event)

Order	Event Number	Local Time	加速度 (G)	速度変化 (cm/s)	Orientation	考察 (CY :コンテナヤード、TML :ターミナル)
1	77	2024/9/4 22:18:16	29.6	79.7	Flat - Top	Lax港CY ガントリークレーン
2	3068	2024/9/17 06:55:05	17.5	69.9	Flat - Top	KCK TML 貨車の操車作業
3	3061	2024/9/17 04:36:39	17.7	69.8	Flat - Top	KCK TML 貨車の操車作業
4	57	2024/9/1 19:21:57	19.3	67.0	Flat - Bottom	Lax港CY ガントリークレーン
5	94	2024/9/11 10:13:22	22.8	63.6	Flat - Top	Lax港 CY移動荷役
6	28	2024/8/11 22:44:02	23.8	62.3	Edge - Bottom Right	神戸港CY ガントリークレーン
7	39	2024/9/1 19:10:18	21.8	61.5	Corner - Top Right Back	Lax港CY ガントリークレーン
8	83	2024/9/4 22:19:40	17.7	58.9	Flat - Top	LAX港CY 鉄道貨車に積込み
9	3073	2024/9/17 10:58:41	20.8	58.4	Flat - Right	KCK TML トラックに積込み
10	3114	2024/9/19 17:42:33	14.8	57.9	Edge - Bottom Back	KCK工場 フォークリフト作業
11	3063	2024/9/17 04:37:44	15.1	56.4	Flat - Top	KCK TML 貨車の操車作業
12	104	2024/9/11 10:17:07	18.7	55.8	Edge - Bottom Left	LAX港TML 鉄道貨車操車作業
13	14	2024/8/6 14:47:32	37.3	53.9	Flat - Top	神戸港 - 神戸港CY トラック輸送
14	219	2024/9/12 20:22:44	13.9	53.9	Flat - Bottom	LAX港 鉄道貨車操車作業
15	3066	2024/9/17 06:54:00	21.7	52.6	Edge - Right Bottom	KCK TML 貨車の操車作業
16	70	2024/9/4 22:12:52	18.9	51.9	Corner - Bottom Left Front	Lax港CY ガントリークレーン
17	1159	2024/9/14 17:36:04	24.0	49.7	Flat - Left	LAX港TML 鉄道貨車操車作業
18	3065	2024/9/17 06:53:55	24.0	48.2	Flat - Bottom	KCK TML 貨車の操車作業
19	93	2024/9/11 10:12:28	13.4	45.1	Edge - Top Right	LAX港 鉄道貨車操車作業
20	53	2024/9/1 19:20:18	10.4	36.8	Edge - Bottom Right	Lax港CY ガントリークレーン

図 13 速度変化(x 軸)・加速度(Y 軸)

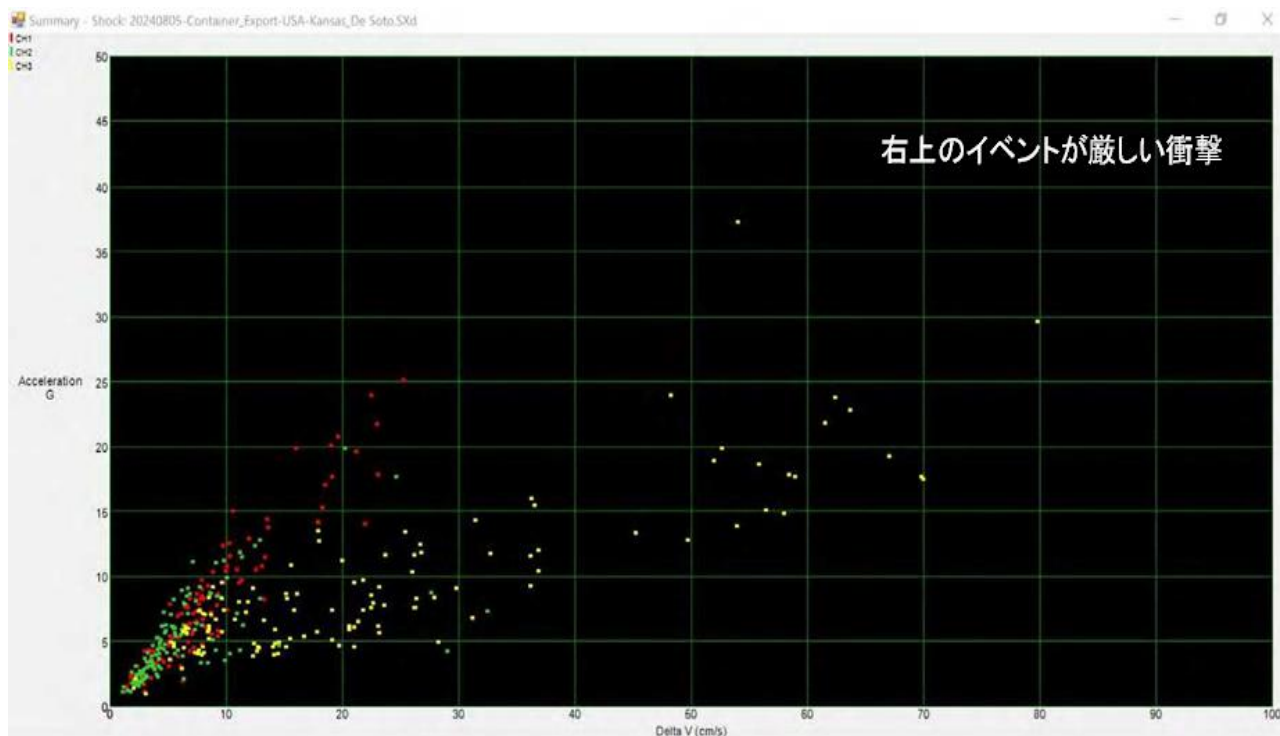
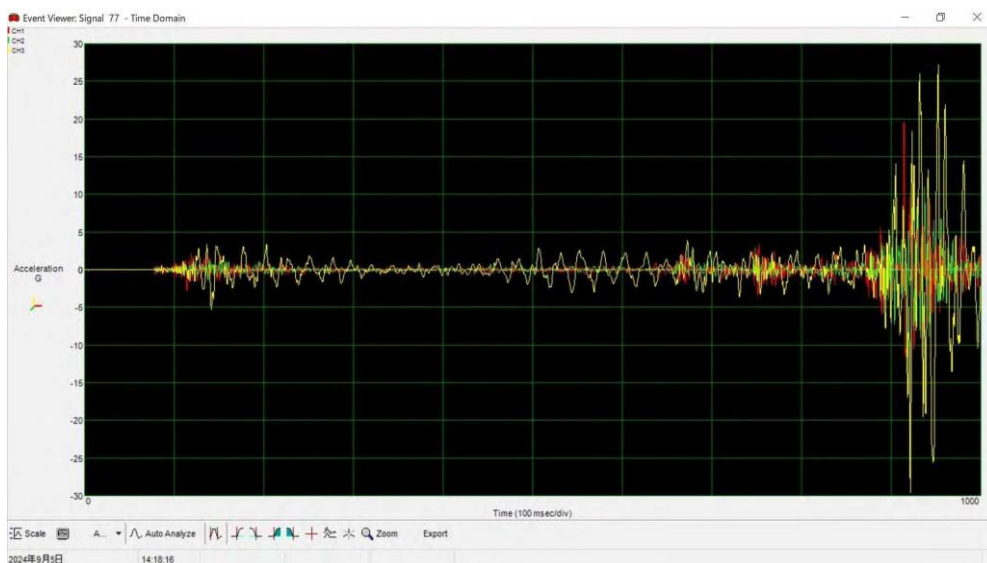


図 14 衝撃データ (最大衝撃順)

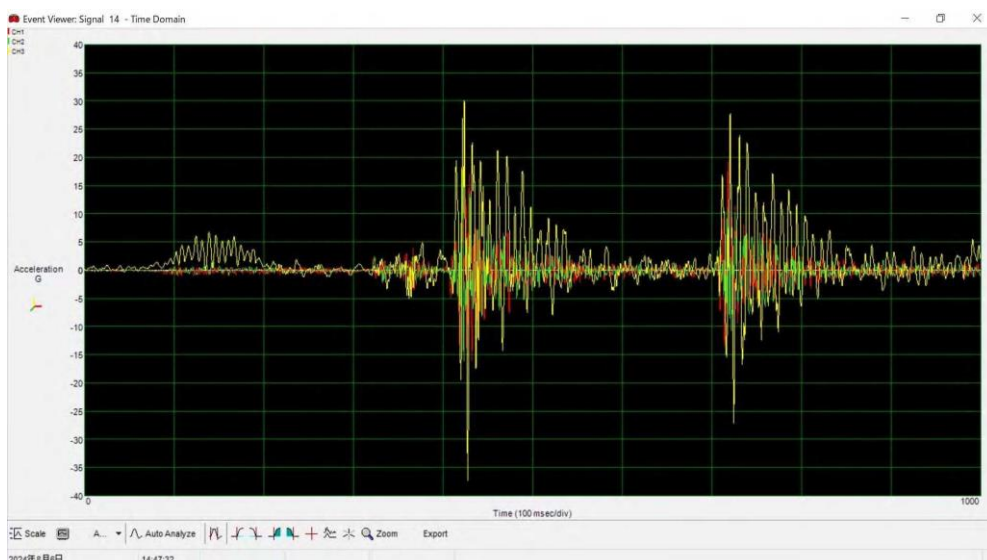
ShockMax Top 20 (123 Event)								
Order	Event Number	Local EventTime	加速度 (G)	速度変化 (cm/s)	ShockMax	Orientation	考案 (CY: コンテナヤード, TML: ターミナル)	
1	77	2024/09/04 22:18:16	29.6	79.7	2,362.1	Flat - Top	Lax港CY	ガントリークレーン
2	14	2024/08/06 14:47:32	37.3	53.9	2,012.5	Flat - Top	神戸港	神戸港CY トラック輸送
3	28	2024/08/11 22:44:02	23.8	62.3	1,483.7	Edge - Bottom Right	神戸港CY	ガントリークレーン
4	94	2024/09/11 10:13:22	22.8	63.6	1,450.0	Flat - Top	Lax港CY	移動荷役
5	39	2024/09/01 19:10:18	21.8	61.5	1,341.1	Corner - Top Right Back	Lax港CY	ガントリークレーン
6	57	2024/09/01 19:21:57	19.3	67.0	1,294.9	Flat - Bottom	Lax港CY	ガントリークレーン
7	3061	2024/09/17 04:36:39	17.7	69.8	1,237.0	Flat - Top	KCK TML	貨車の操車作業
8	3068	2024/09/17 06:55:05	17.5	69.9	1,222.7	Flat - Top	KCK TML	貨車の操車作業
9	3073	2024/09/17 10:58:41	20.8	58.4	1,215.5	Flat - Right	KCK TML	トラックに横込み
10	1159	2024/09/14 17:36:04	24.0	49.7	1,192.5	Flat - Left	LAX港TML	鉄道貨車操車作業
11	3065	2024/09/17 06:53:55	24.0	48.2	1,155.1	Flat - Bottom	KCK TML	貨車の操車作業
12	3066	2024/09/17 06:54:00	21.7	52.6	1,143.3	Edge - Right Bottom	KCK TML	貨車の操車作業
13	83	2024/09/04 22:19:40	17.7	58.9	1,044.4	Flat - Top	LAX港CY	鉄道貨車に横込み
14	104	2024/09/11 10:17:07	18.7	55.8	1,041.4	Edge - Bottom Left	LAX港TML	鉄道貨車操車作業
15	70	2024/09/04 22:12:52	18.9	51.9	982.3	Corner - Bottom Left Front	Lax港CY	ガントリークレーン
16	3114	2024/09/19 17:42:33	14.8	57.9	859.7	Edge - Bottom Back	KCK工場	フォークリフト作業
17	3063	2024/09/17 04:37:44	15.1	56.4	853.8	Flat - Top	KCK TML	貨車の操車作業
18	219	2024/09/12 20:22:44	13.9	53.9	746.7	Flat - Bottom	LAX港	鉄道貨車操車作業
19	1155	2024/09/14 10:33:59	25.1	26.6	668.7	Flat - Right	LAX港TML	操車作業

図 15 最大衝撃(No.1)



場所	Lax 港 CY ガントリークレーン
時刻 (現地時間)	2024/09/04 22:18:16
最大 G	29.6G
速度	79.7cm/sec

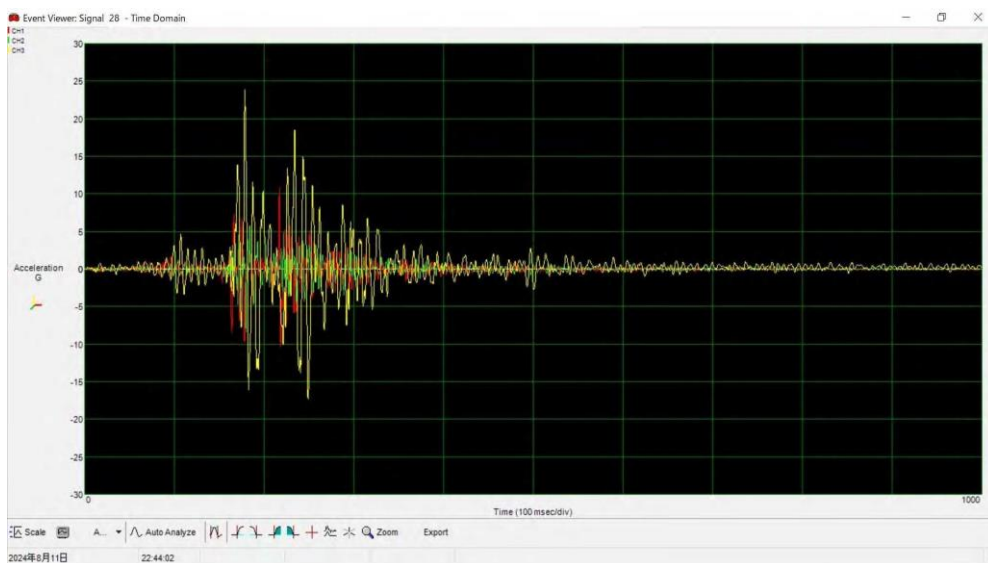
図 16 最大衝撃(No.2)



場所	神戸港 CY トラック輸送
時刻 (現地時間)	2024/8/6 14:47:32
最大 G	37.3G
速度	53.9cm/sec

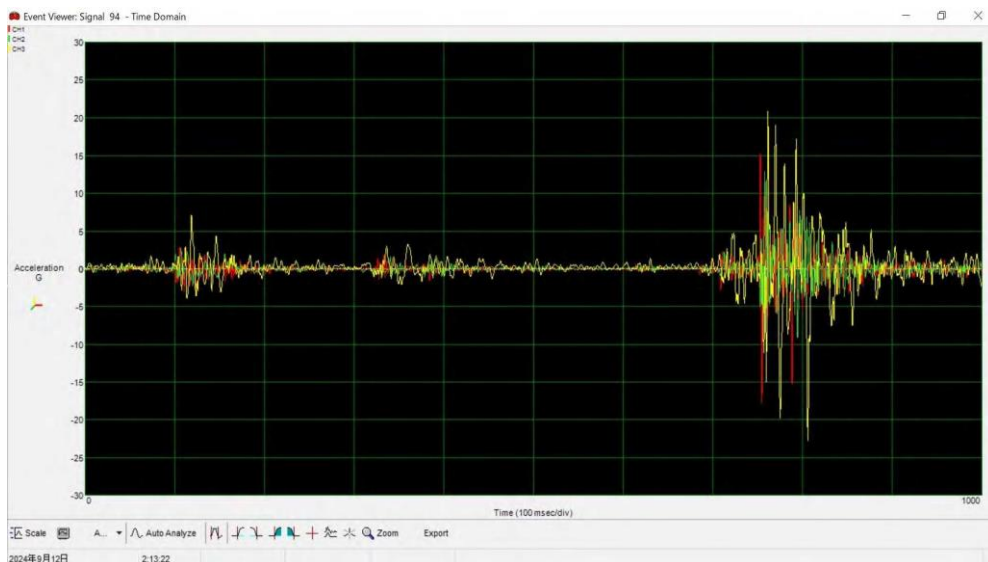
※本データのみ加速度の目盛が±40G

図 17 最大衝撃(No.3)



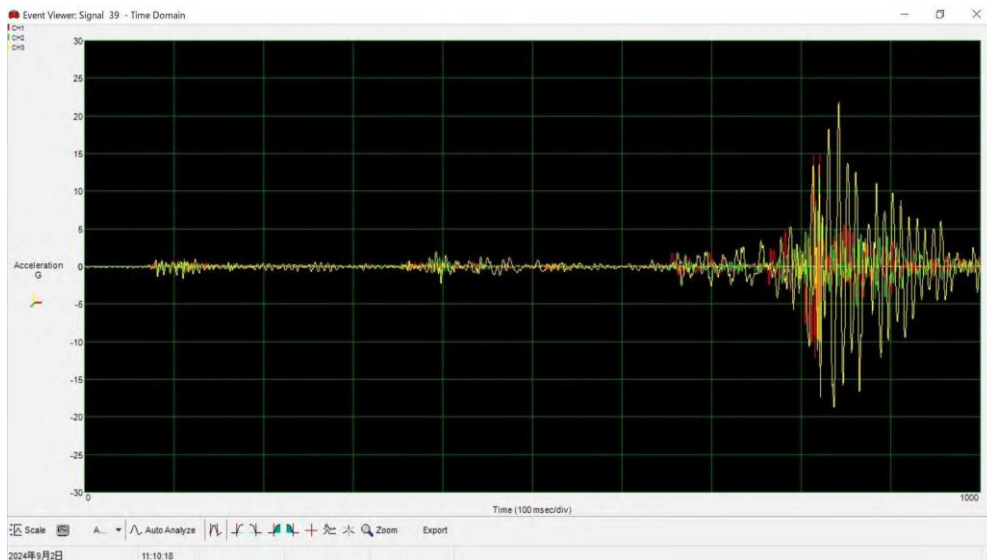
場所	神戸港CY ガントリークレーン
時刻 (現地時間)	2024/8/11 22:44:02
最大 G	23.8G
速度(dV)	62.3cm/sec

図 18 最大衝撃(No.4)



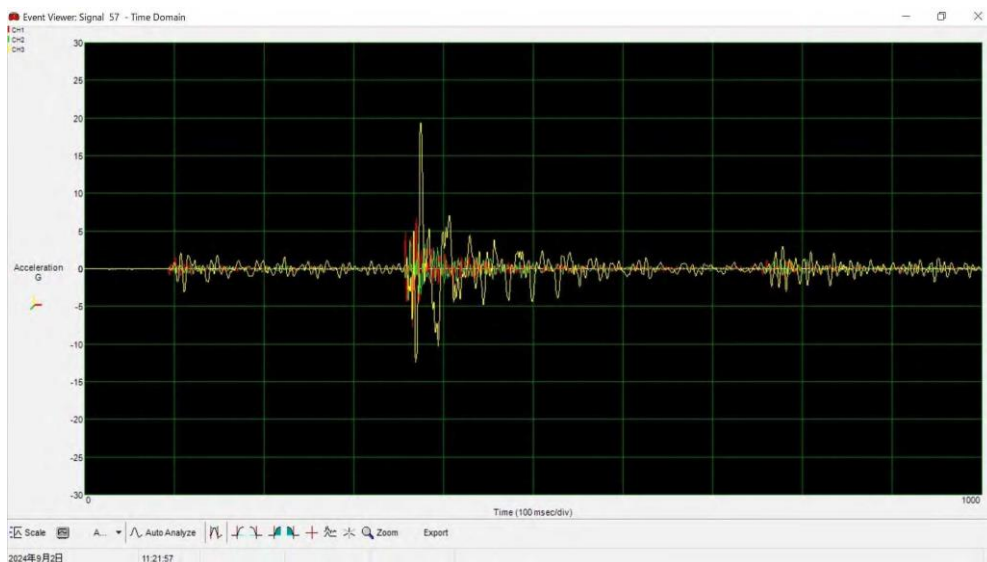
場所	Lax 港 CY 移動荷役
時刻 (現地時間)	2024/9/11 10:13:22
最大 G	22.8G
速度(dV)	63.3cm/sec

図 19 最大衝撃(No.5)



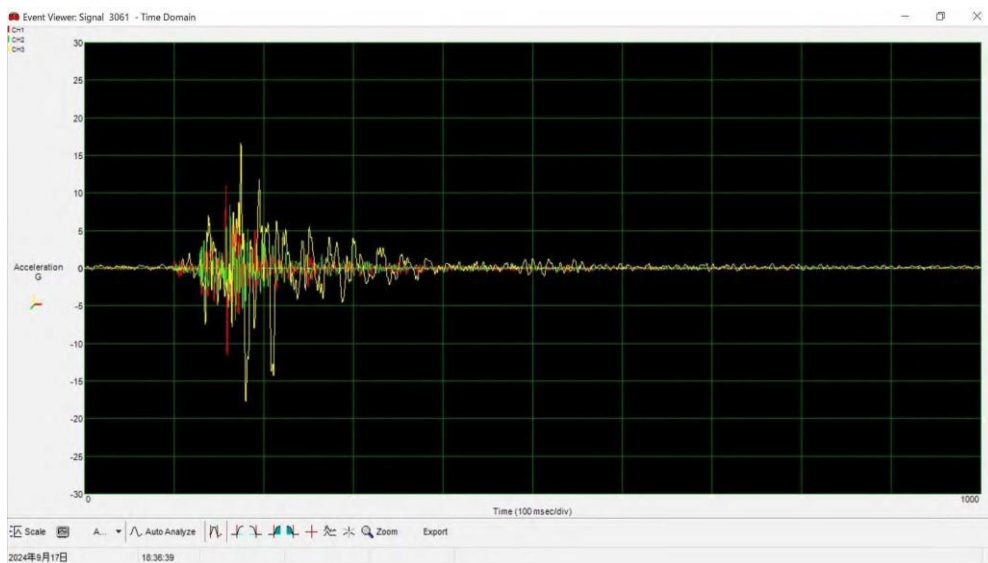
場所	Lax 港 CY ガントリークレーン
時刻 (現地時間)	2024/9/1 19:10:18
最大 G	21.8G
速度(dV)	61.5cm/sec

図 20 最大衝撃(No.6)



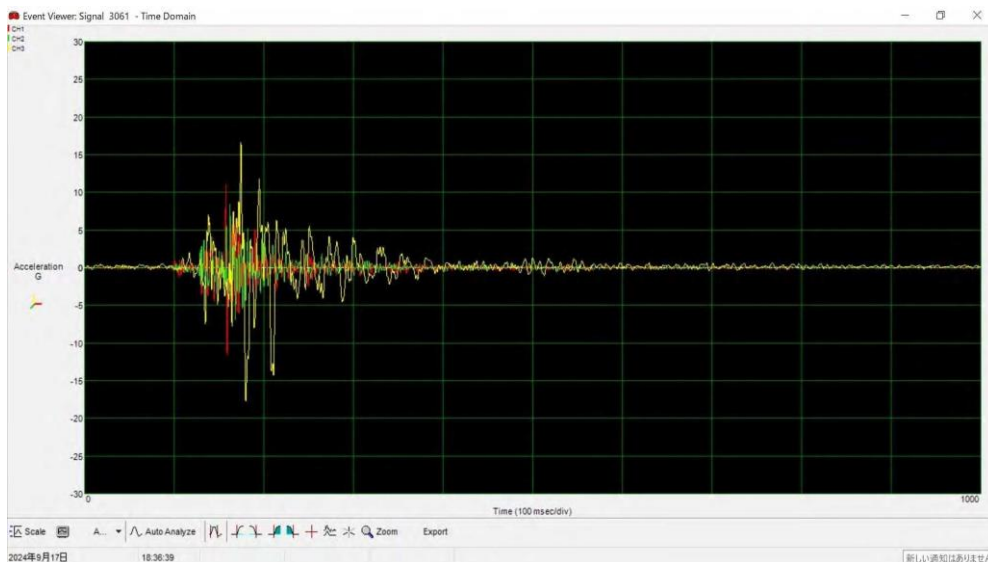
場所	Lax 港 CY ガントリークレーン
時刻 (現地時間)	2024/9/1 19:21:57
最大 G	19.3G
速度(dV)	67.0cm/sec

図 21 最大衝撃(No.7)



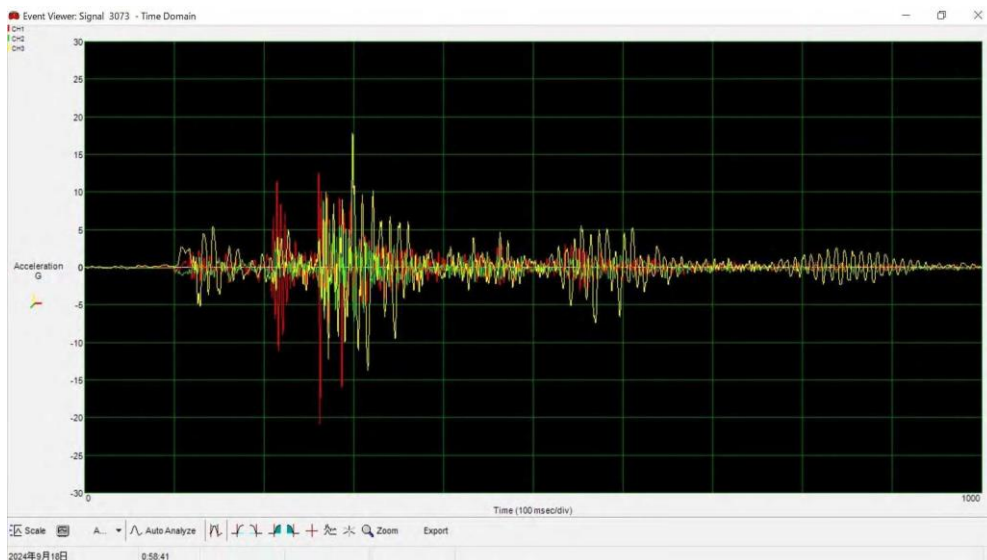
場所	KCK TML 貨車の操車作業
時刻 (現地時間)	2024/9/17 04:36:39
最大 G	17.7G
速度(dV)	69.8cm/sec

図 22 最大衝撃(No.8)



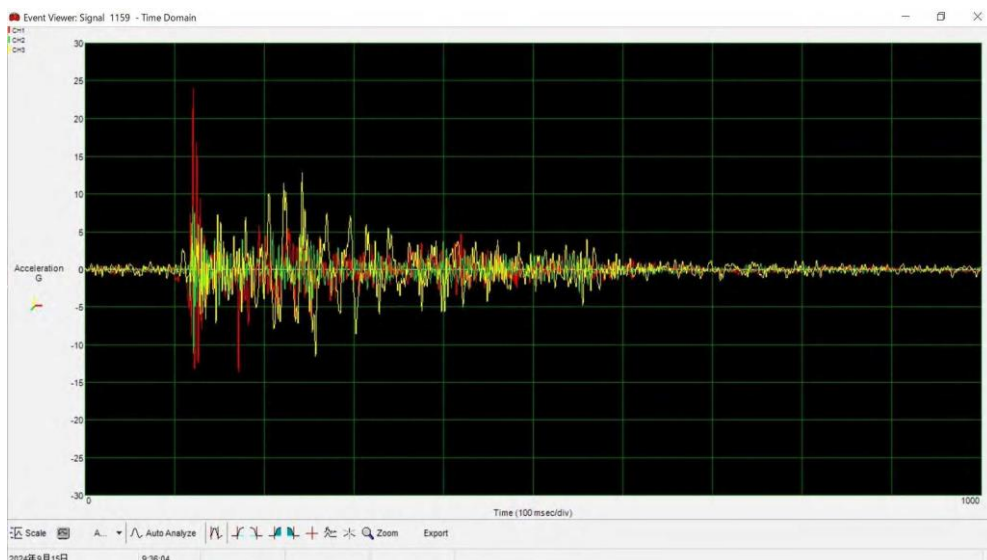
場所	KCK TML 貨車の操車作業
時刻 (現地時間)	2024/9/17 06:55:05
最大 G	17.5G
速度(dV)	69.9cm/sec

図 23 最大衝撃(No.9)



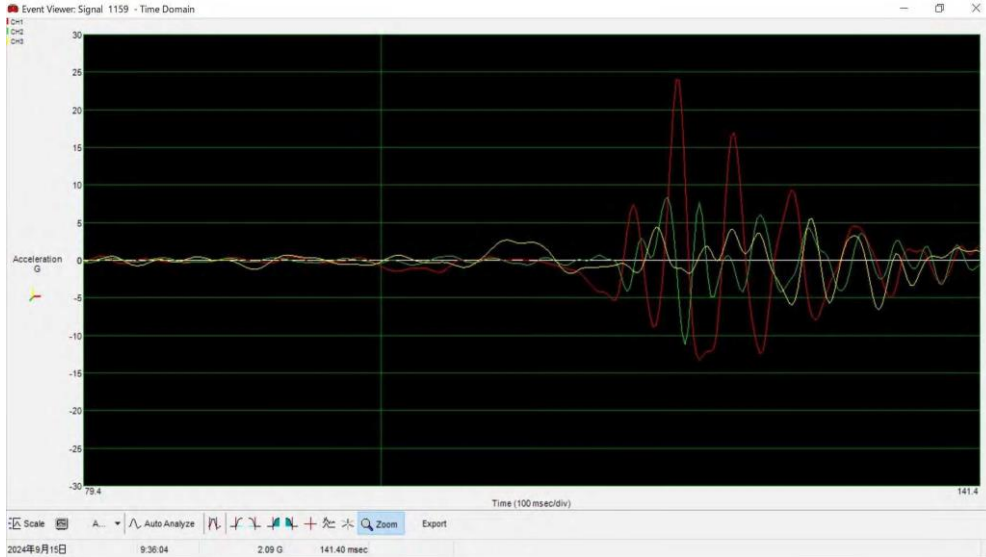
場所	KCK TML トラックに積込み
時刻 (現地時間)	2024/9/17 10:58:41
最大 G	20.8G
速度(dV)	58.4cm/sec

図 24 最大衝撃(No.10)



場所	LAX 港 TML 鉄道貨車操車作業
時刻 (現地時間)	2024/9/14 17:36:04
最大 G	24.0G
速度(dV)	49.7cm/sec

図 25 最大衝撃(No.10)の Zoom



- ・貨車の操車作業による貨車同士の衝突で発生する X 軸方向の衝撃。このイベントでは最高の 24.0G

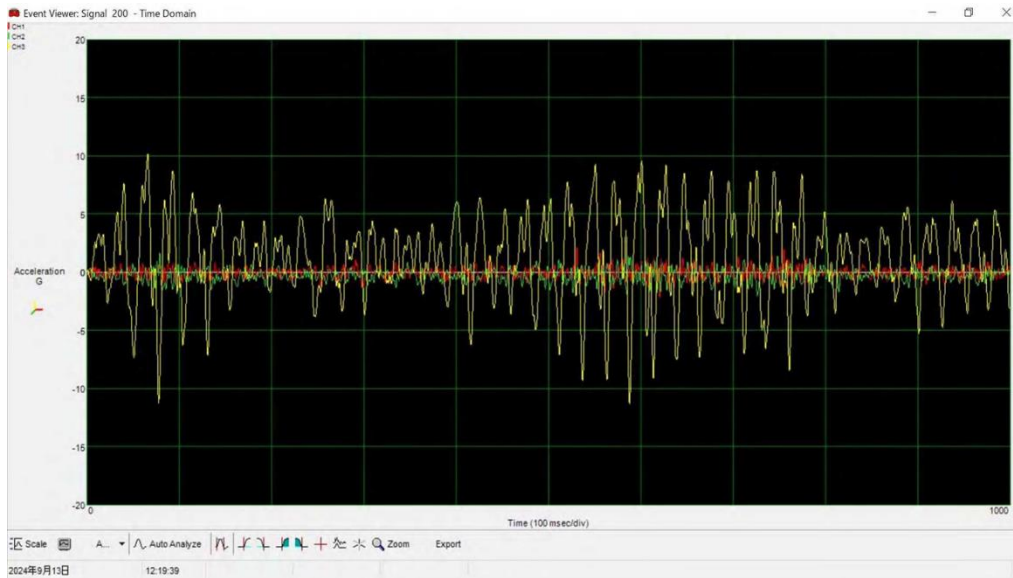
図 26 神戸港 ～ KCK 工場間の振動データ

Project ID	Ship To	Country	Transport Type				
Trip ID	Ship From	Region	Loading Type				
Source File	Ship Via		Cargo Description				
Notes							
Event #	Event Time	Order	Event Type	RMS G	Temperature °C	RH %	Summary
Signal 398	2024/09/13 17:51:59	0	Vibration	1.159	17.8	70.2	<input checked="" type="checkbox"/>
Signal 399	2024/09/13 17:52:10	0	Vibration	1.465	17.8	70.2	<input checked="" type="checkbox"/>
Signal 400	2024/09/13 17:57:14	0	Vibration	0.978	17.7	70.4	<input checked="" type="checkbox"/>
Signal 401	2024/09/13 17:57:16	0	Vibration	1.028	17.7	70.4	<input checked="" type="checkbox"/>
Signal 402	2024/09/13 17:58:25	0	General	0.791	17.6	70.5	<input type="checkbox"/>
Signal 403	2024/09/13 17:59:19	0	Vibration	0.946	17.6	70.4	<input checked="" type="checkbox"/>
Signal 404	2024/09/13 17:59:26	0	Vibration	1.127	17.6	70.5	<input checked="" type="checkbox"/>
Signal 405	2024/09/13 17:59:30	0	Vibration	1.035	17.6	70.5	<input checked="" type="checkbox"/>
Signal 406	2024/09/13 18:00:20	0	Vibration	0.870	17.6	70.6	<input checked="" type="checkbox"/>
Signal 407	2024/09/13 18:02:04	0	Shock	1.012	17.6	70.5	<input type="checkbox"/>
Signal 408	2024/09/13 18:03:25	0	General	1.345	17.5	70.8	<input type="checkbox"/>
Signal 409	2024/09/13 18:03:28	0	Vibration	1.102	17.5	70.8	<input checked="" type="checkbox"/>
Signal 410	2024/09/13 18:03:29	0	Vibration	1.518	17.5	70.8	<input checked="" type="checkbox"/>
Signal 411	2024/09/13 18:03:41	0	Vibration	1.047	17.5	70.9	<input checked="" type="checkbox"/>
Signal 412	2024/09/13 18:14:09	0	Vibration	0.951	17.3	71.7	<input checked="" type="checkbox"/>

図 27 振動データの Grms(加速度実効値) 上位 20

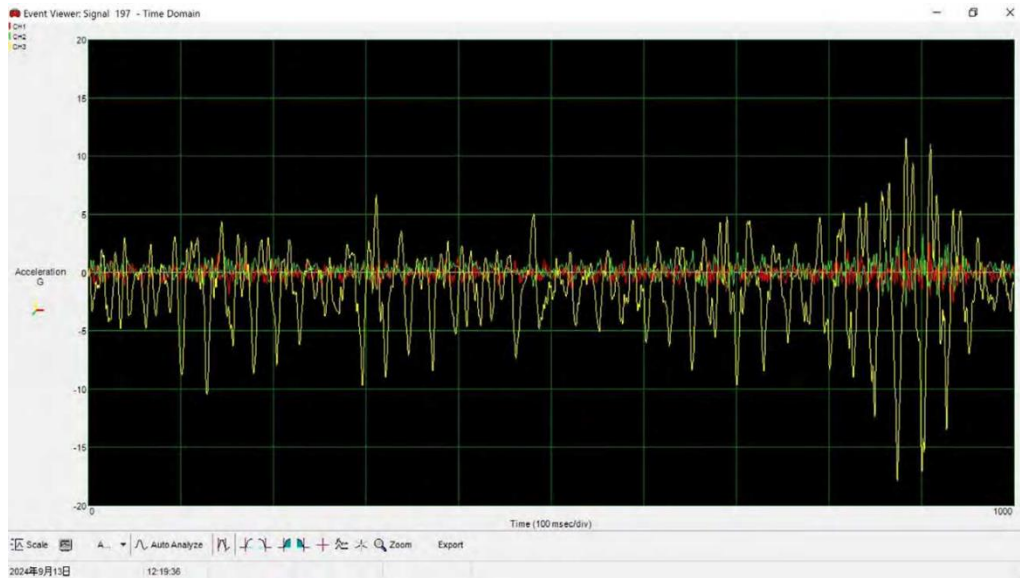
Vibration Data Grms Top 20 (2251 Event)					
Order	Event Number	Local EventTime	Grms	Orientation	考察 (CY:コンテナヤード, TML:ターミナル)
1	200	2024/09/12 20:19:39	3.595	Flat - Top	LAX港-KCKターミナル 鉄道輸送
2	197	2024/09/12 20:19:36	3.582	Flat - Top	LAX港-KCKターミナル 鉄道輸送
3	198	2024/09/12 20:19:37	3.573	Flat - Top	LAX港-KCKターミナル 鉄道輸送
4	202	2024/09/12 20:19:41	2.858	Flat - Top	LAX港-KCKターミナル 鉄道輸送
5	203	2024/09/12 20:19:42	2.791	Flat - Top	LAX港-KCKターミナル 鉄道輸送
6	204	2024/09/12 20:19:43	2.775	Flat - Top	LAX港-KCKターミナル 鉄道輸送
7	205	2024/09/12 20:19:44	2.711	Flat - Top	LAX港-KCKターミナル 鉄道輸送
8	180	2024/09/12 20:19:05	2.627	Flat - Top	LAX港-KCKターミナル 鉄道輸送
9	2545	2024/09/15 18:06:45	2.361	Flat - Bottom	LAX港-KCKターミナル 鉄道輸送
10	1151	2024/09/14 09:57:44	2.314	Flat - Top	LAX港-KCKターミナル 鉄道輸送
11	1859	2024/09/15 07:40:52	2.248	Flat - Bottom	LAX港-KCKターミナル 鉄道輸送
12	1583	2024/09/15 01:28:48	2.224	Flat - Bottom	LAX港-KCKターミナル 鉄道輸送
13	976	2024/09/14 04:09:17	2.219	Flat - Top	LAX港-KCKターミナル 鉄道輸送
14	2520	2024/09/15 18:06:13	2.157	Flat - Top	LAX港-KCKターミナル 鉄道輸送
15	2539	2024/09/15 18:06:39	2.141	Flat - Top	LAX港-KCKターミナル 鉄道輸送
16	1137	2024/09/14 07:04:25	2.103	Flat - Top	LAX港-KCKターミナル 鉄道輸送
17	1345	2024/09/14 22:15:22	2.096	Flat - Bottom	LAX港-KCKターミナル 鉄道輸送
18	3034	2024/09/16 03:22:40	2.086	Flat - Top	KCKターミナル 操車作業
19	2025	2024/09/15 12:57:03	2.070	Flat - Top	LAX港-KCKターミナル 鉄道輸送
20	2468	2024/09/15 18:05:11	2.067	Flat - Bottom	LAX港-KCKターミナル 鉄道輸送

図 28 振動データの Grms No.1



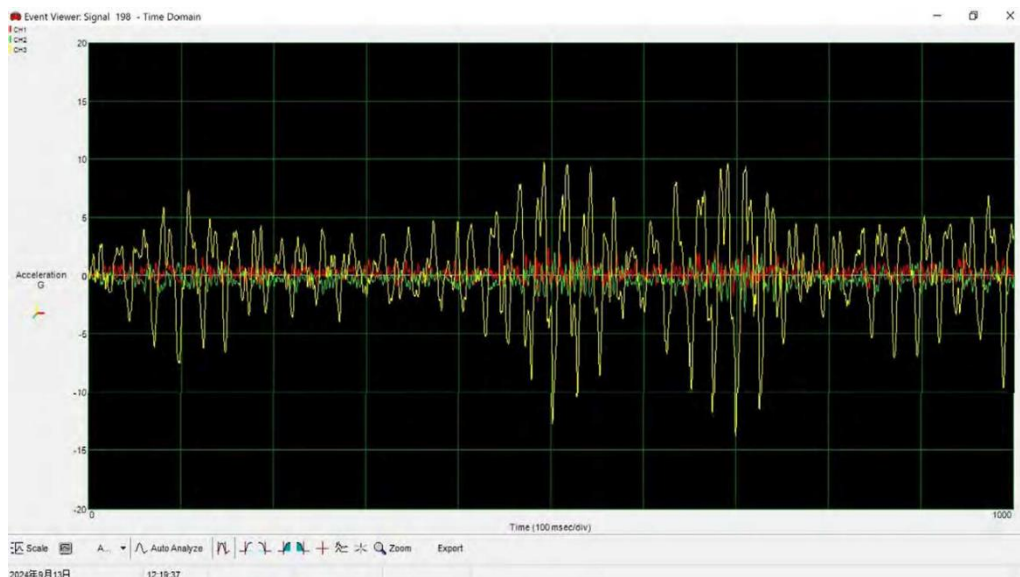
場所	LAX 港-KCK ターミナル鉄道輸送
時刻(現地時間)	2024/9/12 20:19:39
加速度実効値(Grms)	3.595

図 29 振動データの Grms No.2



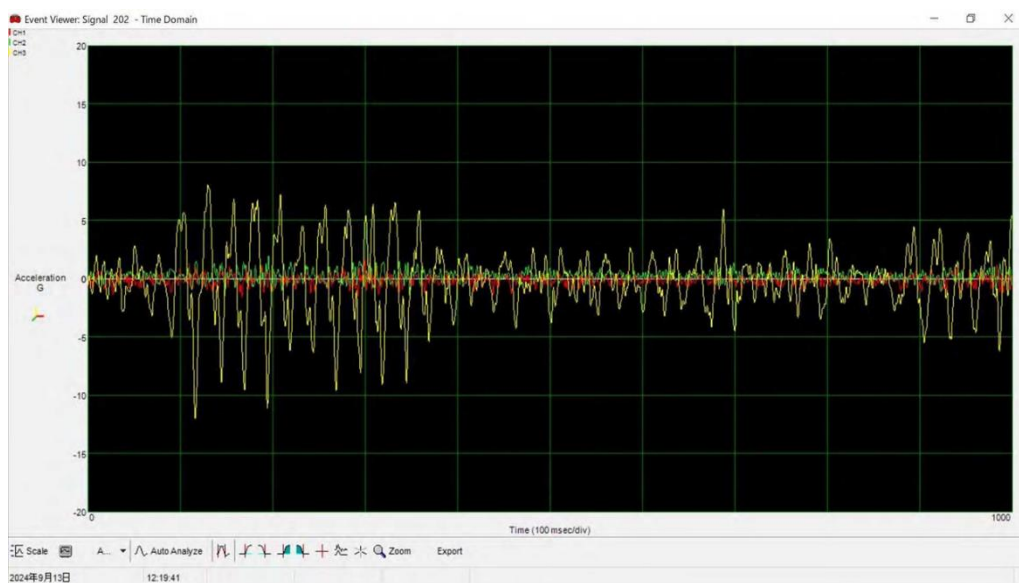
場所	LAX 港-KCK ターミナル鉄道輸送
時刻(現地時間)	2024/9/12 20:19:36
加速度実効値	3.582

図 30 振動データの Grms No.3



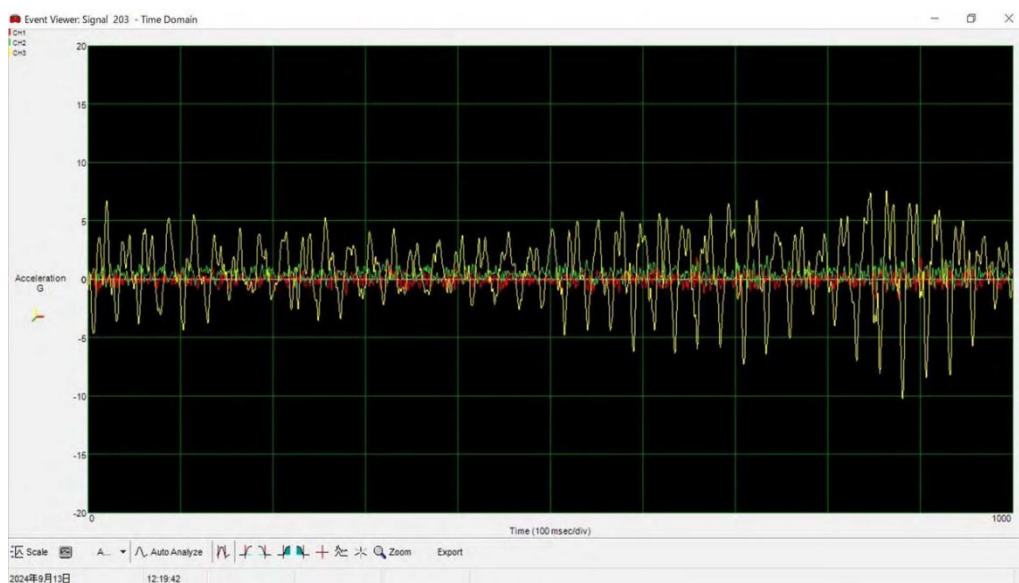
場所	LAX 港-KCK ターミナル鉄道輸送
時刻(現地時間)	2024/9/12 20:19:37
加速度実効値	3.573

図 31 振動データの Grms No.4



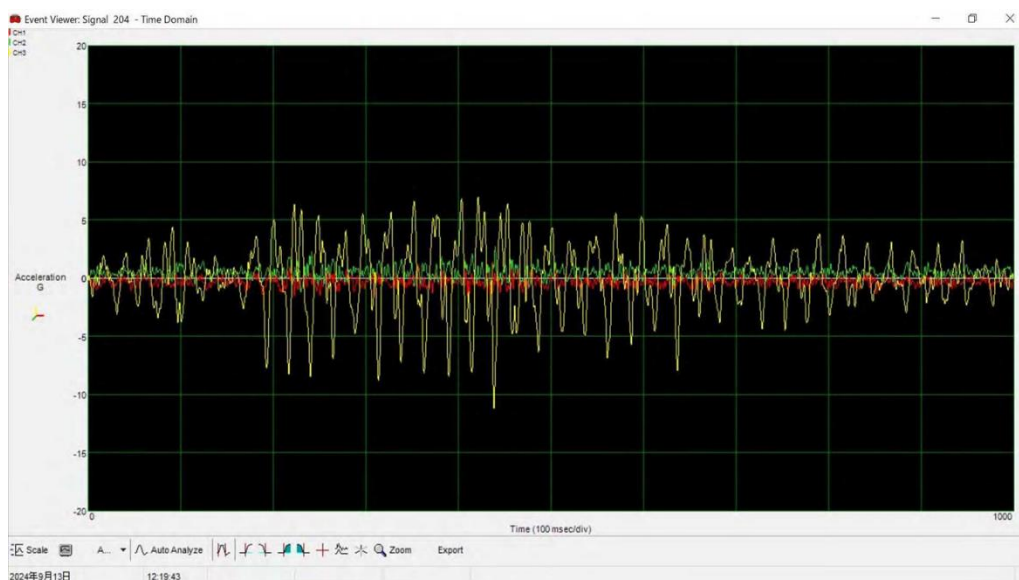
場所	LAX 港-KCK ターミナル鉄道輸送
時刻(現地時間)	2024/9/12 20:19:41
加速度実効値	2.858

図 32 振動データの Grms No.5



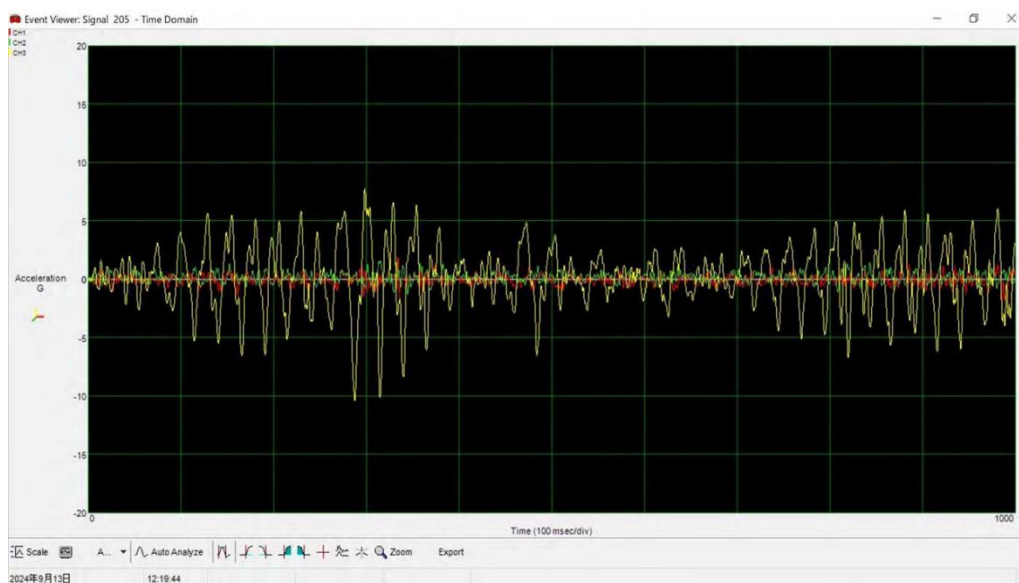
場所	LAX 港-KCK ターミナル鉄道輸送
時刻(現地時間)	2024/9/12 20:19:42
加速度実効値	2.791

図 33 振動データの Grms No.6



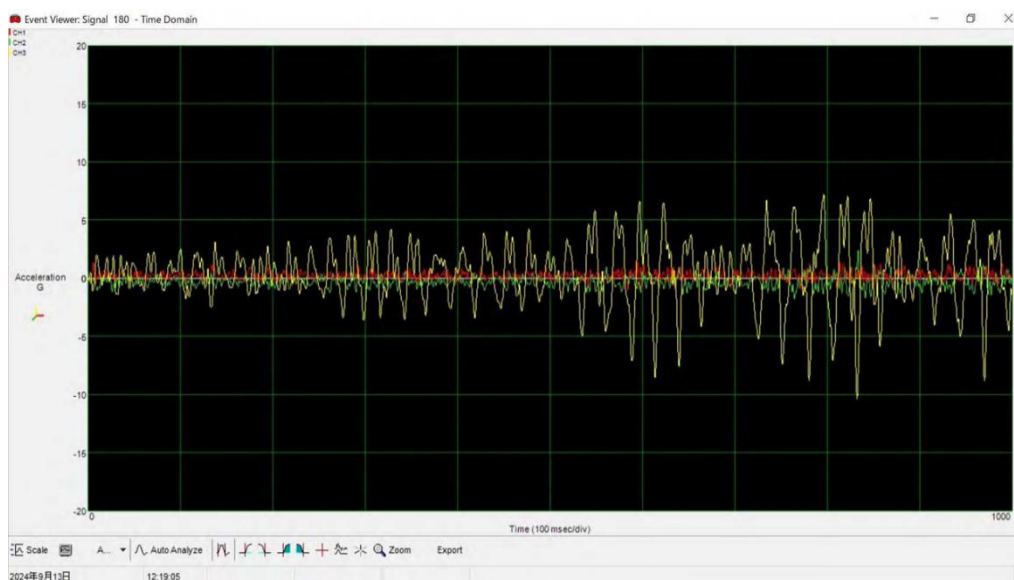
場所	LAX 港-KCK ターミナル鉄道輸送
時刻(現地時間)	2024/9/12 20:19:43
加速度実効値	2.775

図 34 振動データの Grms No.7



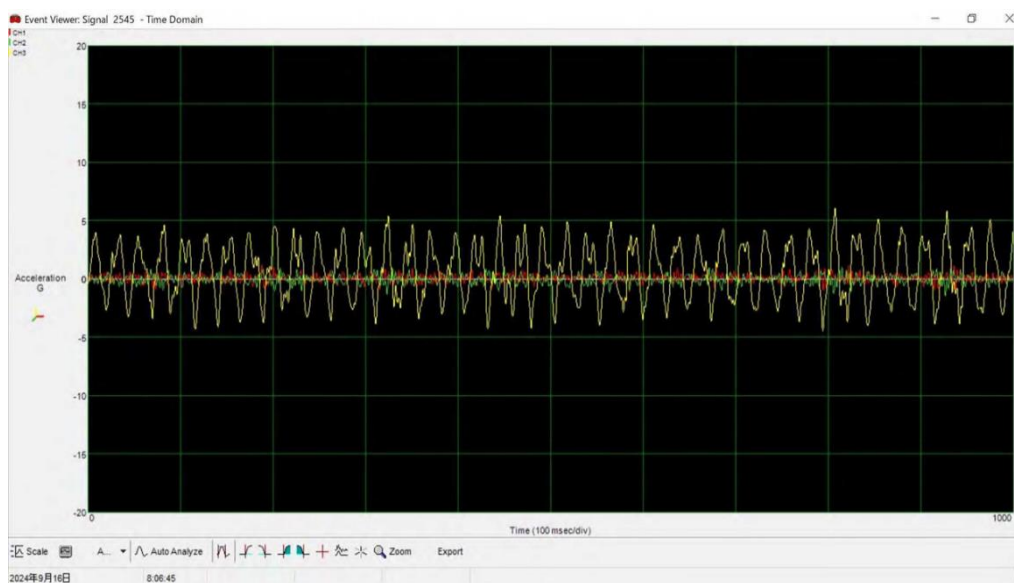
場所	LAX 港-KCK ターミナル鉄道輸送
時刻(現地時間)	2024/9/12 20:19:44
加速度実効値	2.711

図 35 振動データの Grms No.8



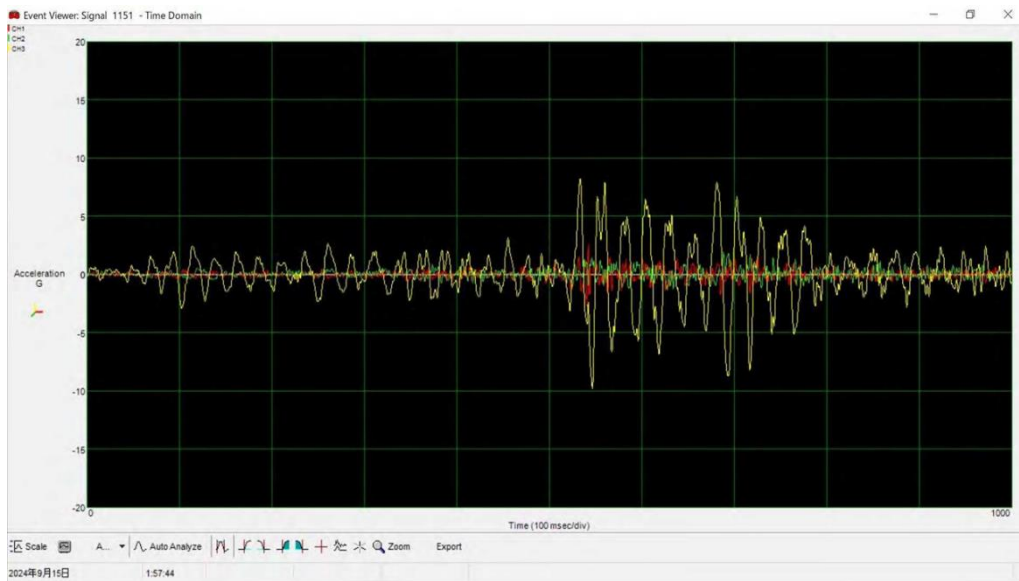
場所	LAX 港-KCK ターミナル鉄道輸送
時刻(現地時間)	2024/9/12 20:19:05
加速度実効値	2.627

図 36 振動データの Grms No.9



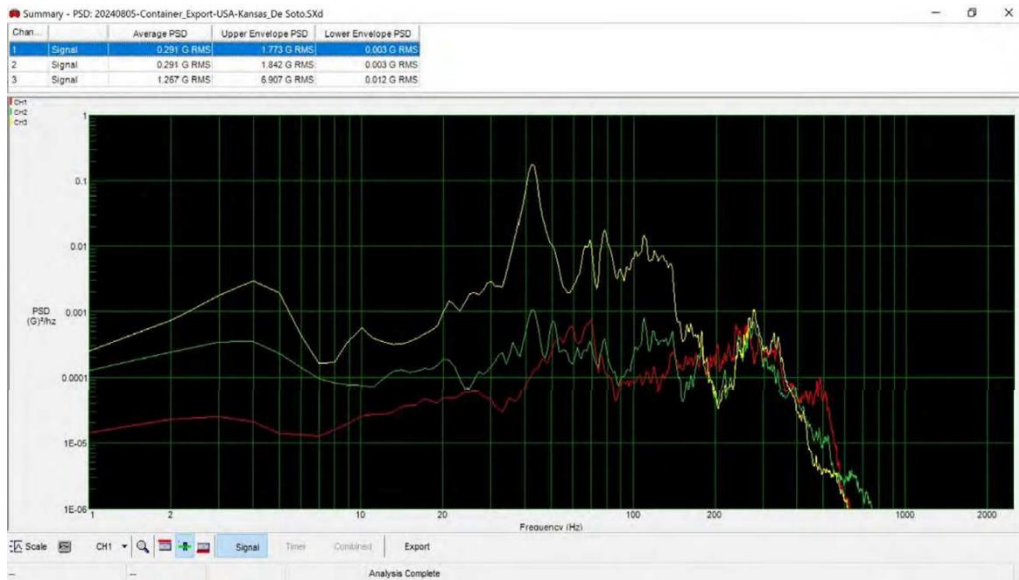
場所	LAX 港-KCK ターミナル鉄道輸送
時刻(現地時間)	2024/9/15 18:06:4
加速度実効値	2.361

図 37 振動データの Grms No.10



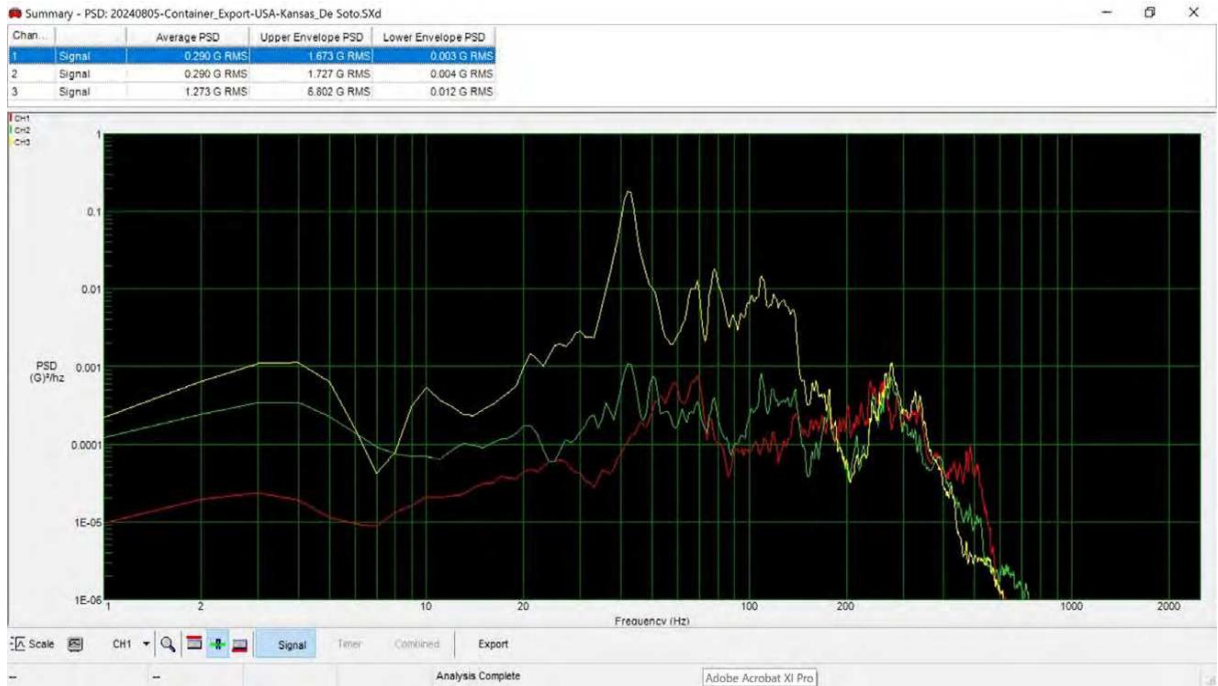
場所	LAX 港-KCK ターミナル鉄道輸送
時刻(現地時間)	2024/9/14 09:57:44
加速度実効値	2.314

図 38 振動データの PSD(有効データ全て)



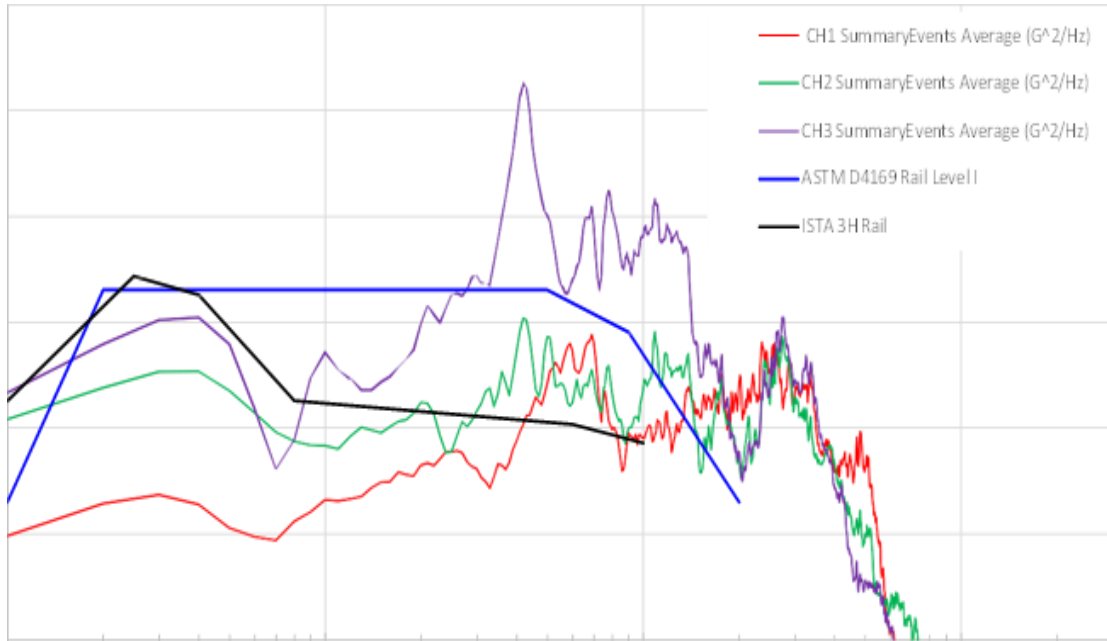
PSD(パワースペクトル密度)のピークが約 4.1 Hz にあり、これは全ての振動データに発生。これは振動波形の Z 軸の細かな振動成分で、コンテナの固有振動数と考えられる。

図 39 鉄道輸送の振動データの PSD



約 41 Hz の PSD のピークが顕著に表れている。
積載物の中で 30 ~ 120 Hz の部品が破損する可能性が高い。

図 40 鉄道輸送の振動データの PSD とプロファイルの比較



ASTM、ISTA の Rail のプロファイルと比較しても 30 Hz 以上の PSD レベルが高い。