

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３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 使用コンテナとトレーラー	・・7 ページ
4-4 計測機器の取り付け方法	・・8 ページ
4-5 計測機器の設置箇所	・・9 ページ
4-6 計測の結果	・・10～12 ページ
5. 考察	・・13 ページ
6. まとめ	・・13 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。その一つの要因として輸送中に発生する振動が貨物に伝わる事が挙げられ、上下・前後・左右の振動によって事故が発生していると推察する。

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。

本年度は民間物流会社のご協力を得て、主流となっている複合輸送における輸送環境データの収集、分析を実施した。

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。

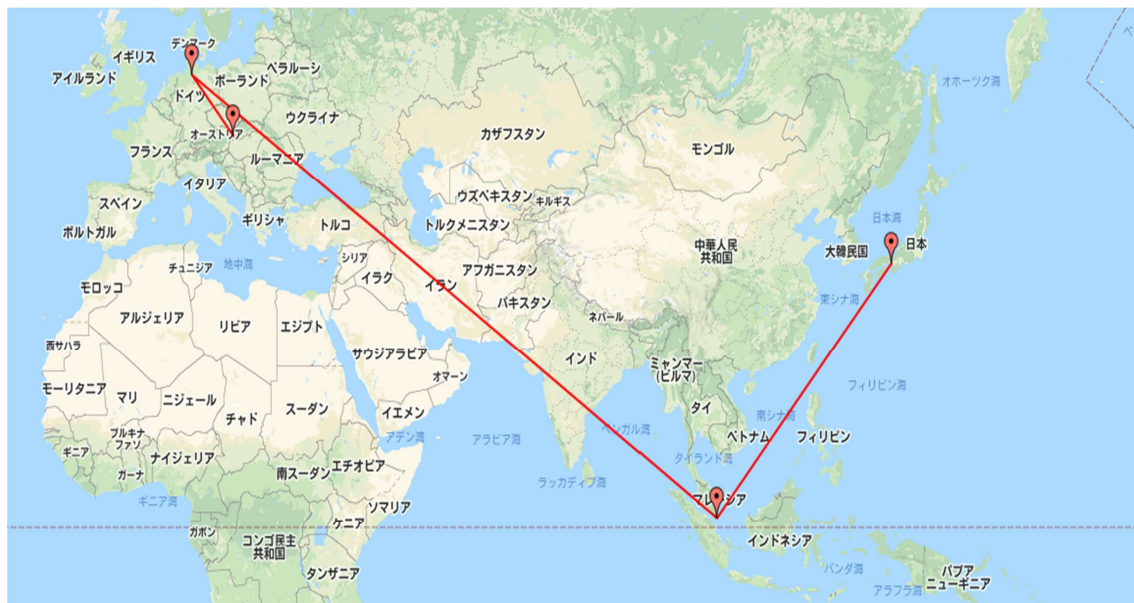
3. トレードレーンの選定

調査の目的は、海上・陸上輸送における輸送環境のデータを収集、分析する事である。前年度は大阪～スロバキアへのトラック輸送、鉄道輸送並びに海上輸送を含めたトレードレーンを選定した。本年度もデータ収集を主たる目的とし、平成31年8月7日から同年9月20日までの期間における計測を実施した。

以下のトレードレーンにおいて一度の計測を実施した。

- ・ 神戸港 → シンガポール港 → ハンブルグ港 → スロバキア
- * 天候、陸上輸送中の道路状況、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。

Fig1. 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(Table1)を以下に示す。

Table1. スケジュール

年月日時分秒	場所	概要
2019/08/07 11:08	国内物流施設	バンニング
2019/08/07 11:19	国内物流施設	コンテナ出発（計測開始）
2019/08/07 12:19	神戸港	ヤード搬入
2019/08/10 00:48	神戸港	出港
2019/08/16 14:48	シンガポール港	入港
2019/08/17 09:50	シンガポール港	コンテナ荷卸
2019/08/19 20:34	シンガポール港	コンテナ船積
2019/08/20 05:48	シンガポール港	出港
2019/09/12 17:38	ハンブルグ港	入港
2019/09/13 09:03	ハンブルグ港	コンテナ荷卸
2019/09/16 21:28	ハンブルグ港	ヤード搬出
2019/09/16 23:39	ハンブルグ鉄道	鉄道到着
2019/09/18 12:19	ハンブルグ鉄道	コンテナ積 開始
2019/09/18 12:26	ハンブルグ鉄道	出発
2019/09/20 07:41	スロバキア鉄道	到着
2019/09/20 08:27	スロバキア物流施設	搬入先 到着
2019/09/20 08:28	スロバキア物流施設	デバンニング(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 を前回の計測から引き続き使用して計測する事とした。

昨年度についても陸上輸送時中や入港時等の状況下の加速度（3 軸）及び周波数特性を計測済みである。



Fig2. 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)
取付方法	#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	温度計測精度	-40℃～+60℃ (-40° ~ +140°F) ±1.0℃ (+5° ~ +40℃) ±1.5℃ (-40° ~ +60℃)
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)	湿度計測精度	5%～95%RH (結露なし) ±4%(5% ~ 95% RH @25℃)

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。
下記に計測に使用した設定の詳細を示す。

Fig3. 設定内容

Memory Storage Partitions

Signal Triggered Data

Record Time: 1.024 sec

Samples / Sec: 5000

Sample Size: 5120

Signal PreTrigger: 10 %

External Trigger: OFF - Disable

Data Retention Mode: Max Overwrite

Memory Allocation: 2807 events

Timer Triggered Data

Record Time: 1.024 sec

Samples / Sec: 500

Sample Size: 512

Wakeup Interval: 10 Minutes

Time to Fill: 70.5 days

Data Retention Mode: Fill / Stop

Memory Allocation: 10157 events

Channel Information

CH	Active In Signal Partition	Active In Timer Partition	Channel Description	Full Scale	Trigger	Trigger Level	Filter	Ext Sensitivity	Input Source
1	✓	✓	Channel 1 X-Longitudinal	50.0 G	✓	0.80 G	500 Hz	---	Charge Amp
2	✓	✓	Channel 2 Y-Lateral	50.0 G	✓	2.00 G	500 Hz	---	Charge Amp
3	✓	✓	Channel 3 Z-Vertical	50.0 G	✓	2.00 G	500 Hz	---	Charge Amp

LED Alarm

☐ Temperature Alarm

☐ Humidity Alarm

☐ Acceleration Alarm

☒ LED Heartbeat

Cell Phone Alarm

☐ SMS Alarm Alerts

Target Phone Number:

GPS Tracking

☐ GPS Enable

Print Cancel OK

・Signal Triggered Data:衝撃的なデータを記録

トリガ・レベル : 0.8G(X 軸)/2.0G(YZ 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 : 5120 point

レコーディング・タイム : 1.024 msec

記録可能データ数 : 2807 データ

最大計測加速度 : 50G (XYZ 軸共)

トリガ間隔 : 10 minutes

サンプリングスピード : 500 samples/sec

サンプル・サイズ : 512 point

レコーディング・タイム : 10 minutes

記録可能データ数 : 10157 データ

4-3 使用コンテナとトレーラー

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 フィートサイズを使用し計測を実施した。また、シャーシにも車軸数の別があるが2軸のトレーラーを使用した。

下記に計測機器を取り付けた海上コンテナの外観を示す。

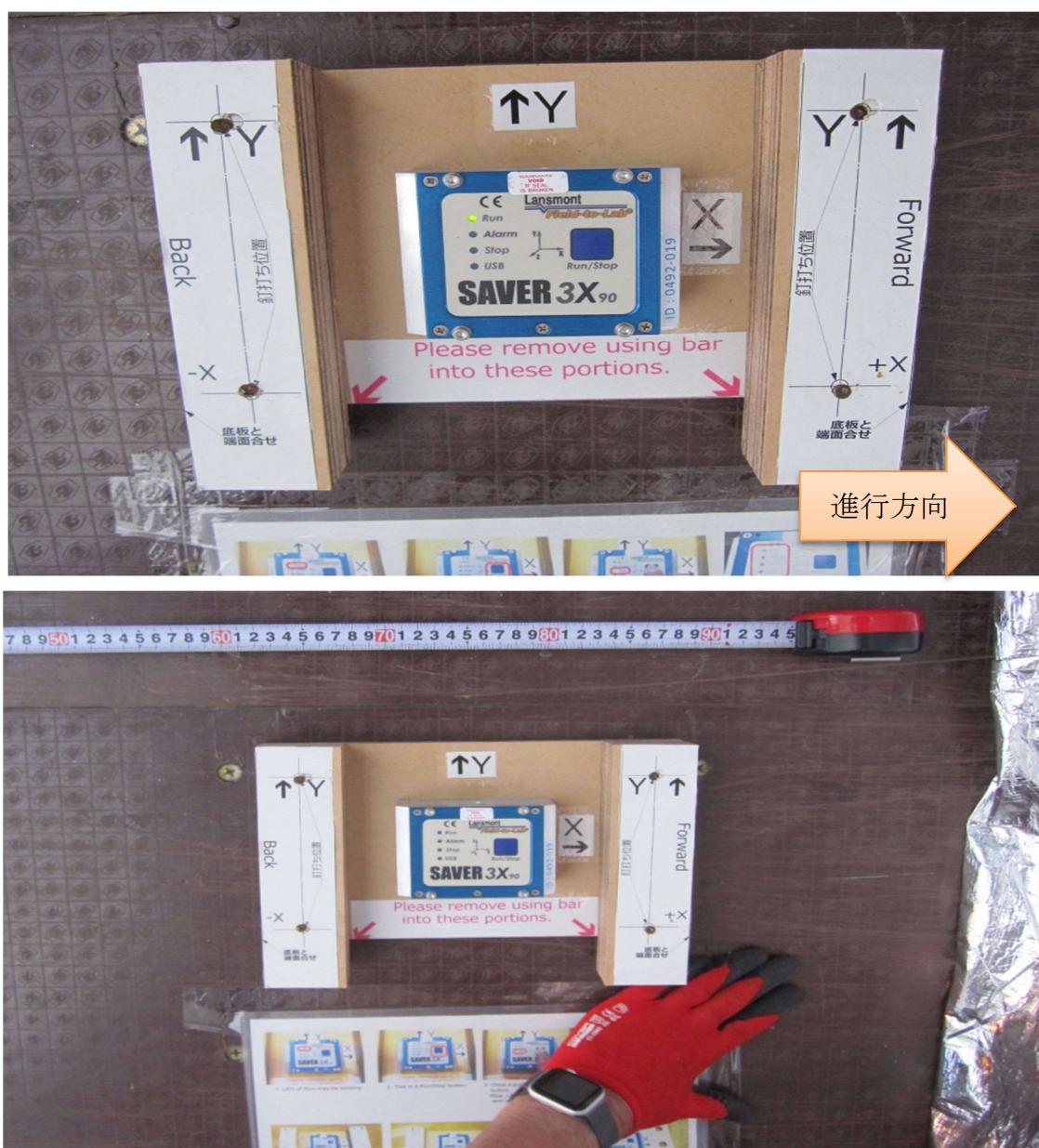
Fig4. 使用した 40 フィートのドライコンテナ及び2 軸トレーラー



4-4 計測機器の取り付け方法

計測機器の取り付けは前回同様、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 軸(Channel:1)、Y 軸(Channel:2)、Z 軸(Channel:3)と進行方向との関係は下記の通りである。

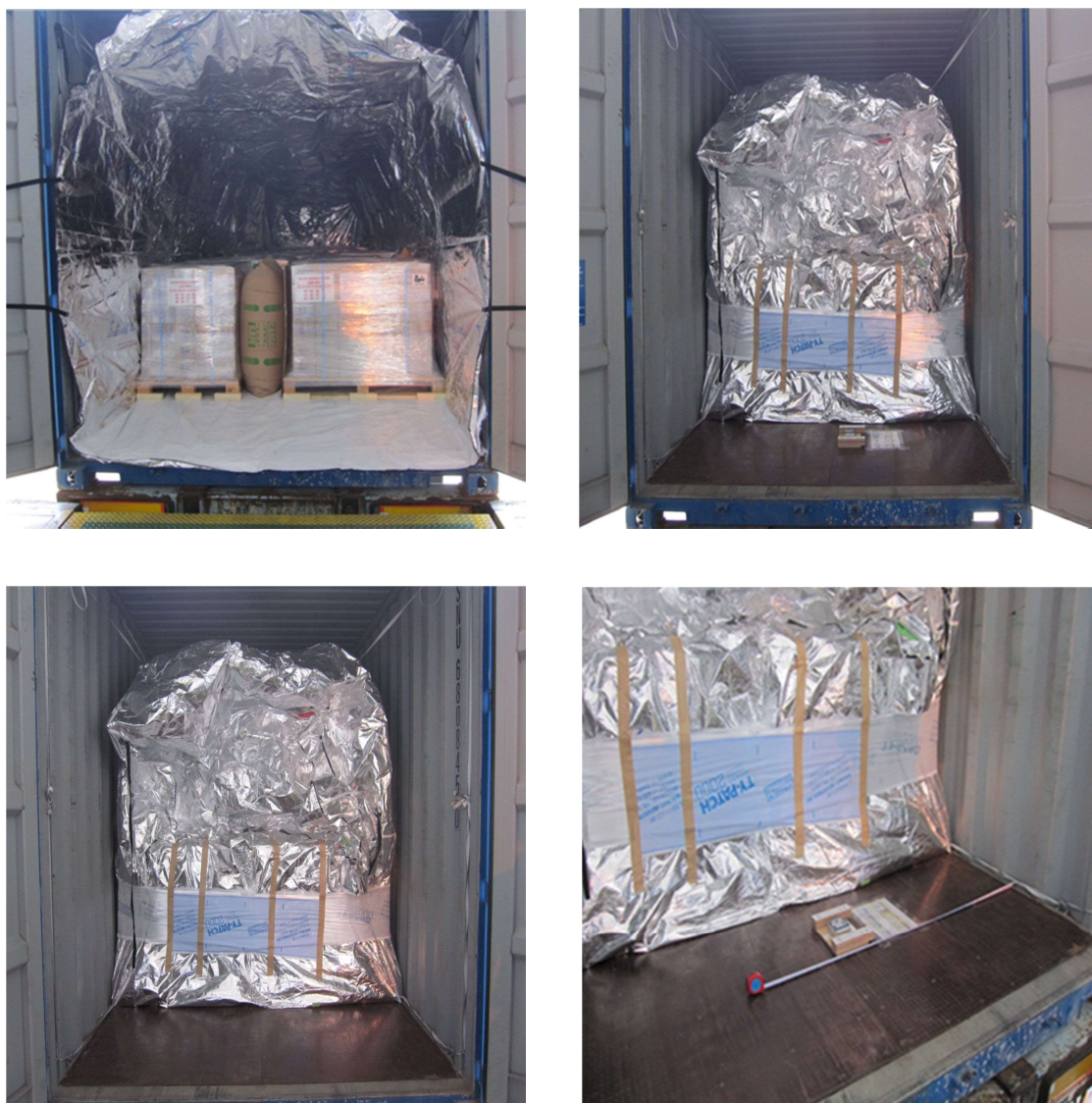
Fig5. Saver3X90 取り付け



4-5 計測機器の設置箇所

計測機器の設置箇所は前回同様、輸送中に発生する加速度が積載貨物に影響するものと可能な限り近いデータを収集するため、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、ラッシングにはタイガード及び合板材を使用した。

Fig6. コンテナ内部



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、前回の計測と同様、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、総体的に順調であったと推察する。

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 velocity 変化、すなわちエネルギー量でもある Delta V 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。

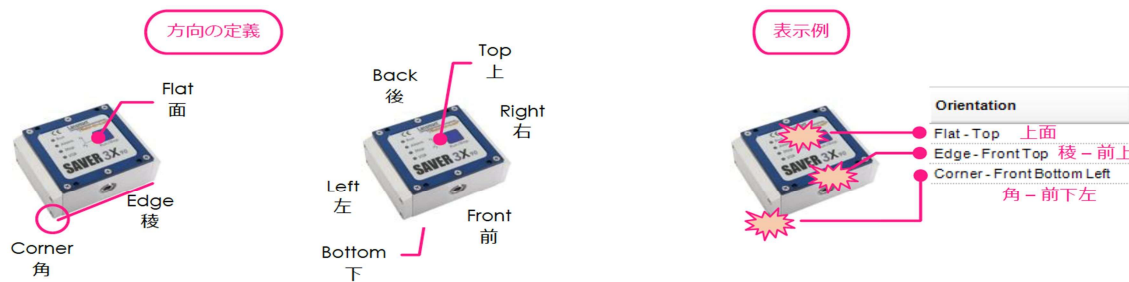


Fig7. 衝撃データの入力方向と頻度

全加速度イベントの部位別 (120データ)

Orientation	部位別回数	部位大枠集計回数	
Flat - Top	61	Flat	101 (84%)
Flat - Left	1		
Flat - Front	1		
Flat - Bottom	36		
Flat - Back	2		
Edge - Top Right	3	Edge	18 (15%)
Edge - Top Left	1		
Edge - Top Front	4		
Edge - Left Bottom	1		
Edge - Left Back	1		
Edge - Front Top	1		
Edge - Bottom Right	1		
Edge - Bottom Left	1		
Edge - Bottom Back	4		
Edge - Back Right	1		
Corner - Top Left Back	1	Corner	1 (1%)

Fig8. 衝撃のサマリーグラフ

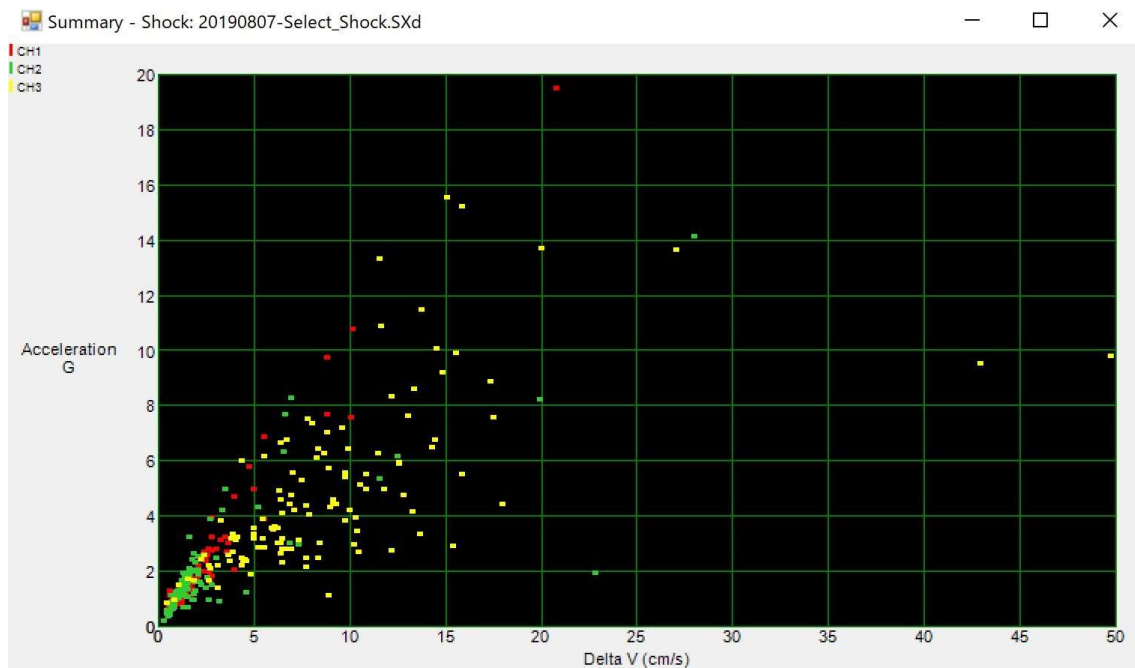


Fig9. 国内物流施設～スロバキア間の衝撃データ一覧

Event Time	Order	Event Type	Accelerati on...	Delta V cm/s	Orientation
2019/09/20 14:41:30	0	Shock	30.54	39.07	Flat - Bottom
2019/08/17 10:50:59	0	Shock	15.58	15.04	Flat - Bottom
2019/09/18 19:25:11	0	Shock	15.23	15.79	Edge - Bottom Left
2019/08/17 10:51:37	0	Shock	13.73	19.97	Edge - Top Front
2019/09/20 14:43:00	0	Shock	13.68	27.03	Edge - Top Right
2019/09/13 19:59:35	0	Shock	13.33	11.52	Flat - Bottom
2019/09/17 3:17:16	0	Shock	11.51	13.67	Flat - Bottom
2019/08/09 20:29:45	0	Shock	10.90	11.60	Edge - Bottom Right
2019/08/09 20:31:18	0	Shock	10.09	14.49	Flat - Bottom
2019/08/19 21:45:25	0	Shock	9.92	15.47	Edge - Top Right
2019/08/19 22:07:54	0	Shock	9.83	49.68	Flat - Bottom
2019/09/13 16:14:24	0	Shock	9.54	42.91	Flat - Bottom
2019/08/07 11:34:39	0	Shock	9.21	14.81	Flat - Top
2019/08/07 12:12:12	0	Shock	8.91	17.30	Flat - Top
2019/08/17 10:51:05	0	Shock	8.60	13.31	Flat - Top
2019/08/07 12:10:11	0	Vibration	8.42	11.72	Flat - Top
2019/08/07 12:10:01	0	Shock	8.34	12.09	Flat - Top
2019/08/09 20:31:10	0	Shock	8.23	19.86	Flat - Back

Fig10. 衝撃データの加速度順

加速度 Top 15 (120 Event)

No.	Event Number	Local EventTime	Orientation	加速度 (G)	速度変化 (cm/s)
1	519	2019/9/20 7:41	Flat - Bottom	30.5	39.1
2	250	2019/8/17 9:50	Flat - Bottom	15.6	15.0
3	513	2019/9/18 12:25	Edge - Bottom Left	15.2	15.8
4	255	2019/8/17 9:51	Edge - Top Front	13.7	20.0
5	521	2019/9/20 7:43	Edge - Top Right	13.7	27.0
6	304	2019/9/13 12:59	Flat - Bottom	13.3	11.5
7	311	2019/9/16 20:17	Flat - Bottom	11.5	13.7
8	239	2019/8/9 20:29	Edge - Bottom Right	10.9	11.6
9	248	2019/8/9 20:31	Flat - Bottom	10.1	14.5
10	262	2019/8/19 20:45	Edge - Top Right	9.9	15.5
11	276	2019/8/19 21:07	Flat - Bottom	9.8	49.7
12	291	2019/9/13 8:14	Flat - Bottom	9.5	42.9
13	38	2019/8/7 11:34	Flat - Top	9.2	14.8
14	208	2019/8/7 12:12	Flat - Top	8.9	17.3
15	251	2019/8/17 9:51	Flat - Top	8.6	13.3

Fig11. 衝撃データの速度変化順

速度変化 Top 15 (120 Event)

No.	Event Number	Local EventTime	Orientation	加速度 (G)	速度変化 (cm/s)
1	276	2019/8/19 21:07	Flat - Bottom	9.8	49.7
2	291	2019/9/13 8:14	Flat - Bottom	9.5	42.9
3	521	2019/9/20 7:43	Edge - Top Right	13.7	27.0
4	519	2019/9/20 7:41	Flat - Bottom	10.9	24.1
5	244	2019/8/9 20:31	Flat - Bottom	5.3	22.7
6	255	2019/8/17 9:51	Edge - Top Front	13.7	20.0
7	245	2019/8/9 20:31	Flat - Back	8.2	19.9
8	277	2019/8/19 21:25	Flat - Bottom	4.4	17.9
9	154	2019/8/7 12:09	Edge - Top Front	7.6	17.4
10	208	2019/8/7 12:12	Flat - Top	8.9	17.3
11	513	2019/9/18 12:25	Edge - Bottom Left	15.2	15.8
12	272	2019/8/19 20:58	Flat - Top	5.5	15.8
13	262	2019/8/19 20:45	Edge - Top Right	9.9	15.5
14	203	2019/8/7 12:11	Flat - Bottom	2.9	15.3
15	250	2019/8/17 9:50	Flat - Bottom	15.6	15.0

	東浦－神戸港
	神戸港
	シンガポール港
	ハンブルグ港
	ハンブルグ鉄道
	スロバキア

5. 考察

- ・ 平成 31 年度に計測を行った結果同様、全体的に日本国内のトラック輸送、シンガポールのガントリークレーン操作時、ハンブルグ港からハンブルグ鉄道間のトラック輸送中に大きな衝撃の発生が確認された。
- ・ 輸送中の衝撃データの入力方向における頻度は Flat (面) が 8 割以上占め、Flat の中でも Top (上) Bottom (下) の頻度が高く確認された。
- ・ 衝撃計測の最大加速度は 30.5G であったが、Delta V の数値が 39.1cm/sec 程度であり、エネルギー量としては小さく、荷崩れには影響しないと推察される。
- ・ 鉄道輸送における特継作業時は貨車の切り離し、再連結が行われる為、前後方向の加速度も高くなるが、リーチスタッカーを使用した荷役であれば、加速度は低くなるとも推察する。
- ・ 計測機器はコンテナ床面に設置している為、陸上輸送中において得られる振動・衝撃データはコンテナ床面に路面の凹凸による振動がタイヤ、サスペンションを経由して伝わる事でコンテナ床面が受ける外力に相当すると推察する。
- ・ 全体的に課題となる事象は見受けられる事なく、通常時に行っている輸送と大きな差のない内容でのものと推察し、全体として大きな問題点は見受けられなかった。

6. まとめ

本年度は一度のみの計測の実施に至った為、輸送手段ごとの傾向性を今回の計測だけで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。来年度も引き続き、民間物流会社にご協力頂き米国向けの計測を実施していく予定である。

本計測における加速度計 Saver3X90 の計測結果について述べる。データ解析に使用したソフトウェアはランスモント社の SaverXware である。

※詳細は添付資料を参照

添付資料

計測データ（加速度・速度変化）

Fig12. 国内物流施設～スロバキア間の計測データ

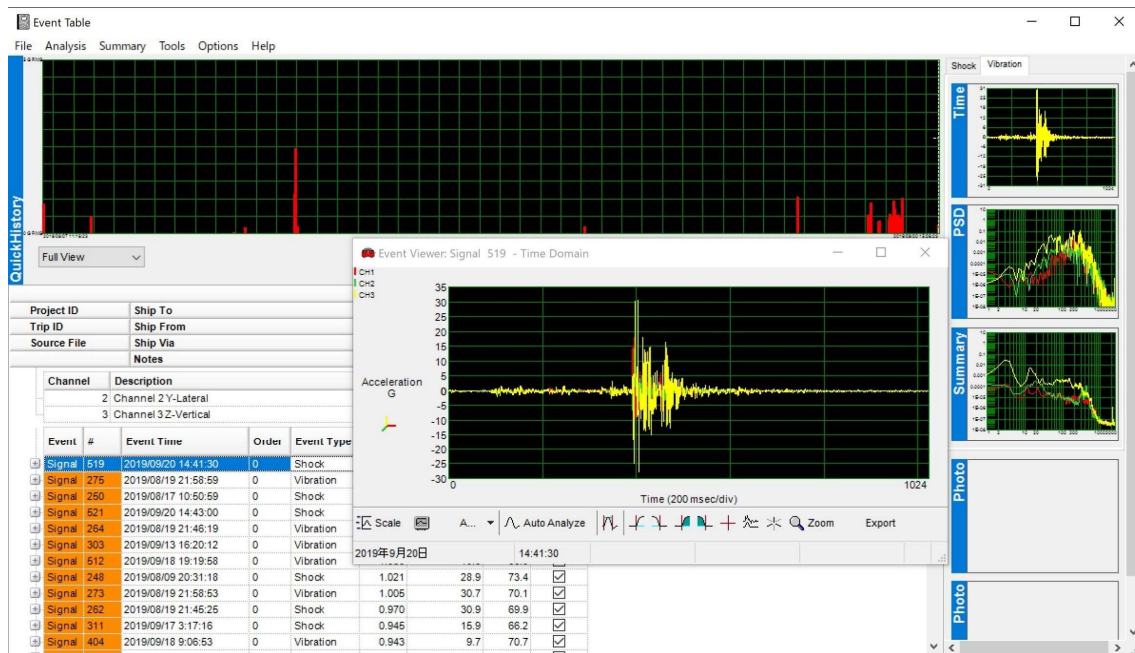


Fig13. 時系列の衝撃

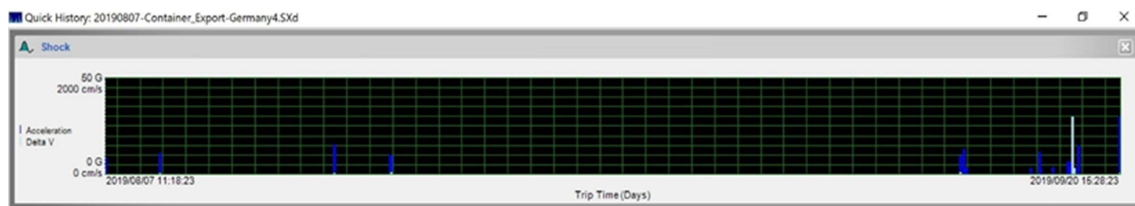


Fig14. 温度・湿度

時差補正後の温度・湿度グラフ

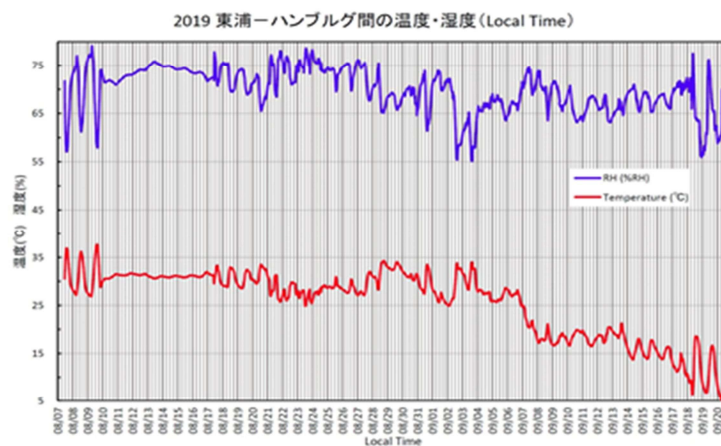
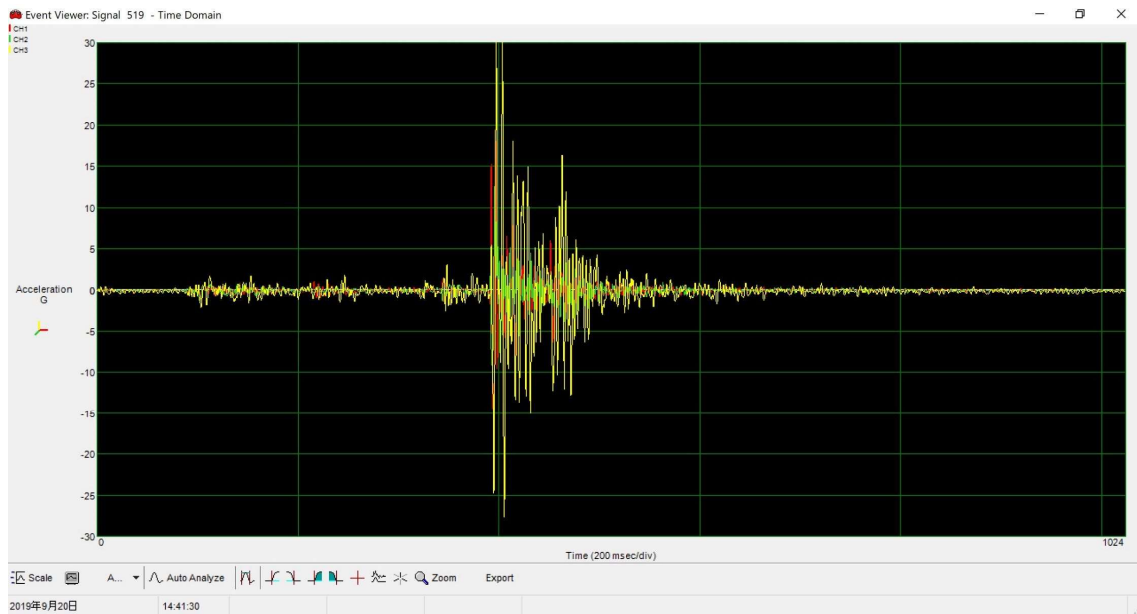
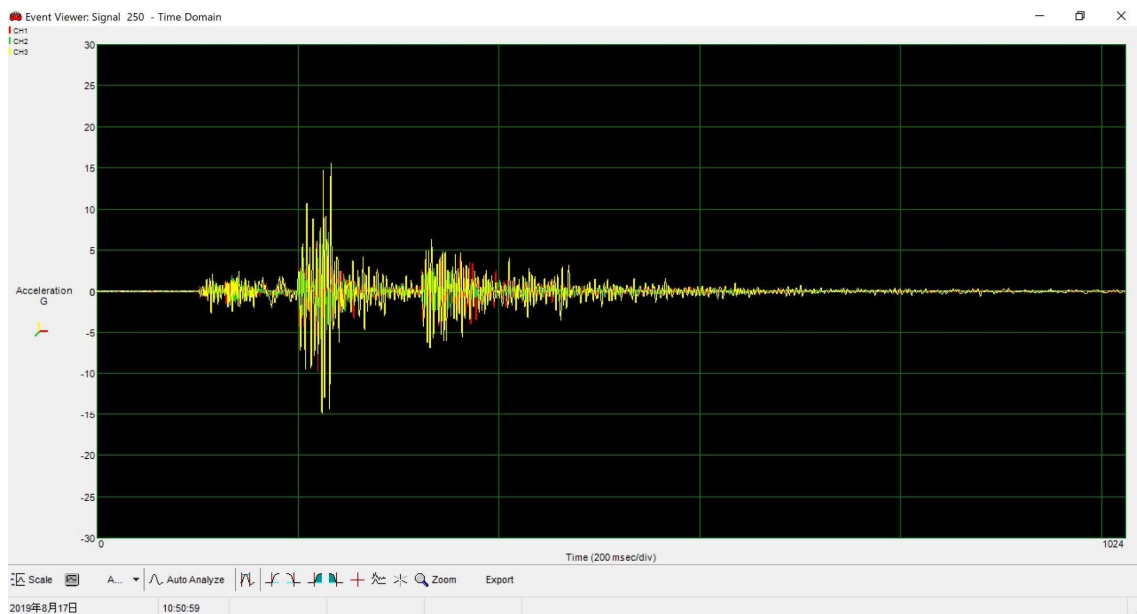


Fig15. 加速度 NO. 1



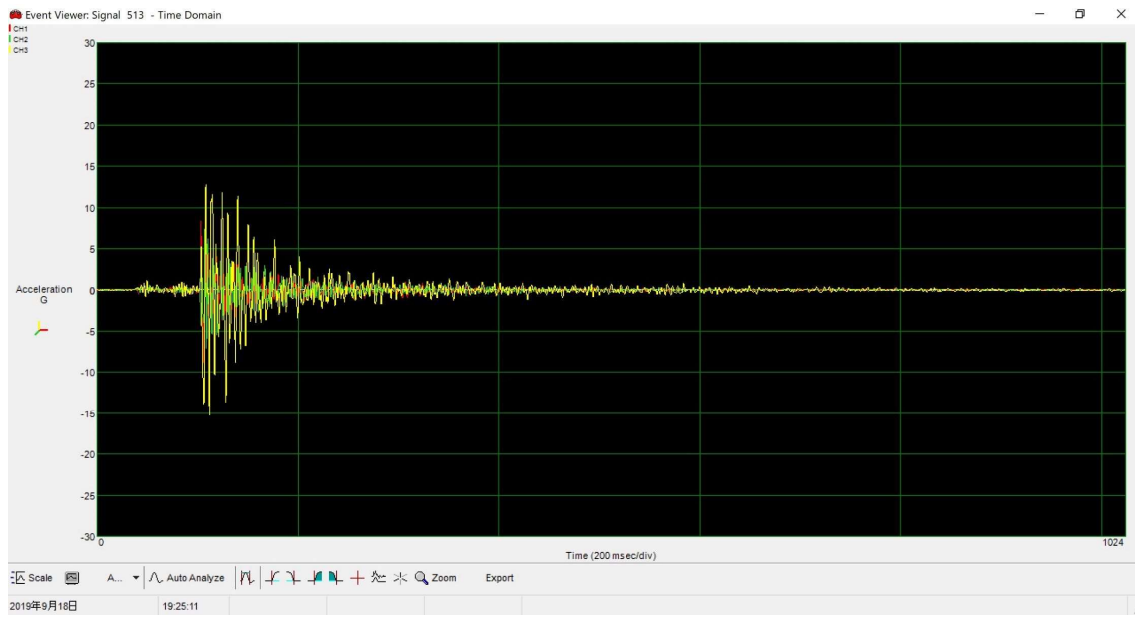
Event Time(Local)	Acceleration(G)	DeltaV(cm/s)
2019/9/20 07:41	30.5	39.1

Fig16. 加速度 NO. 2



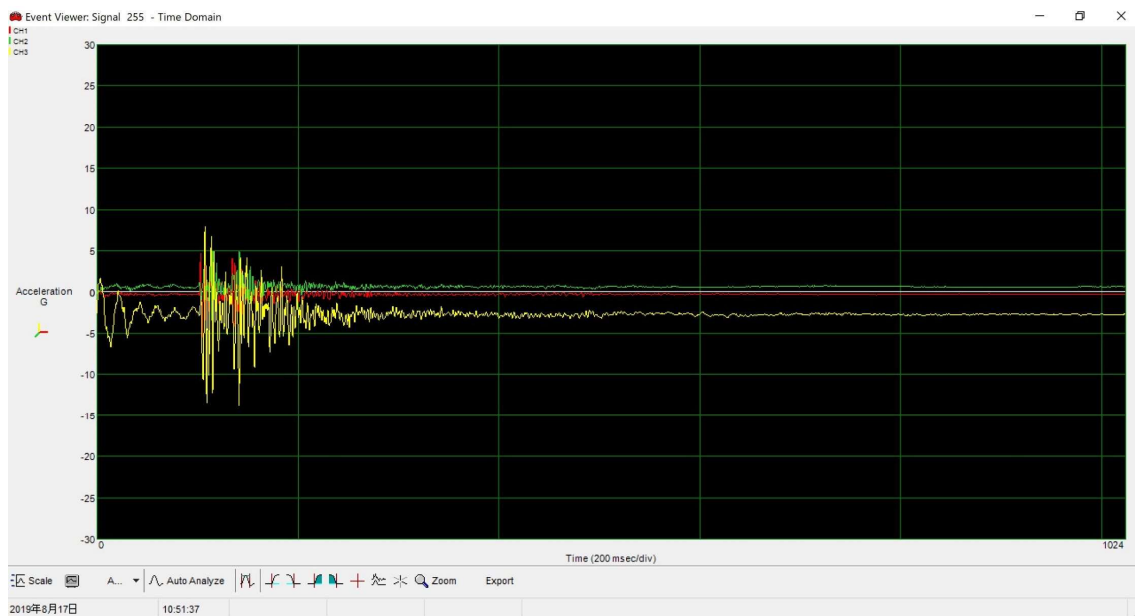
Event Time(Local)	Acceleration(G)	DeltaV(cm/s)
2019/8/19 09:50	15.6	15.0

Fig17. 加速度 NO. 3



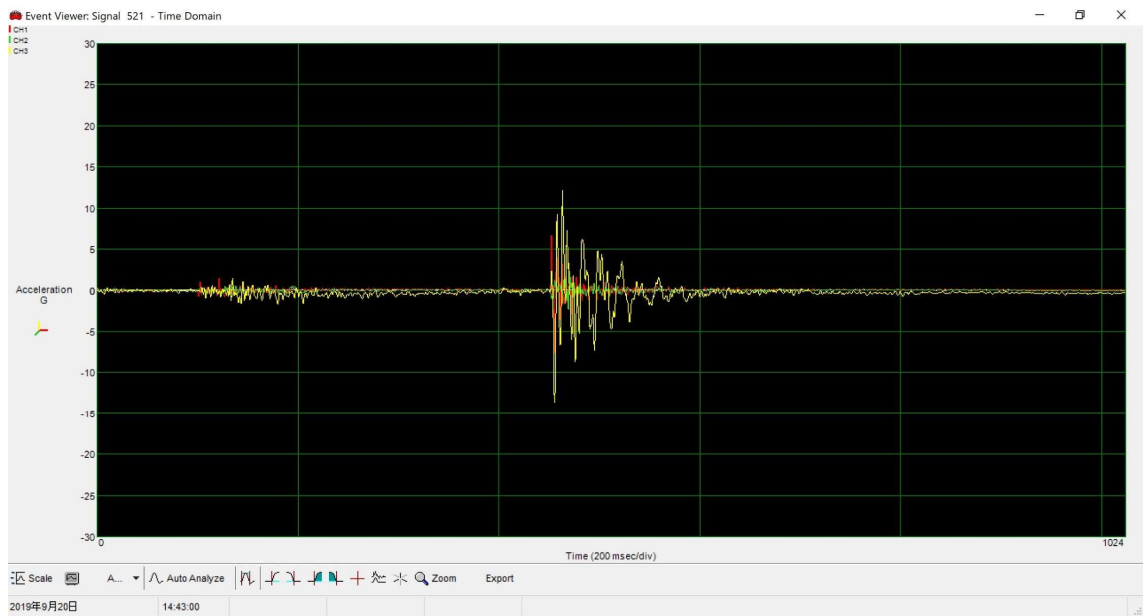
Event Time (Local)	Acceleration (G)	DeltaV (cm/s)
2019/9/18 12:25	15.2	15.8

Fig18. 加速度 NO. 4



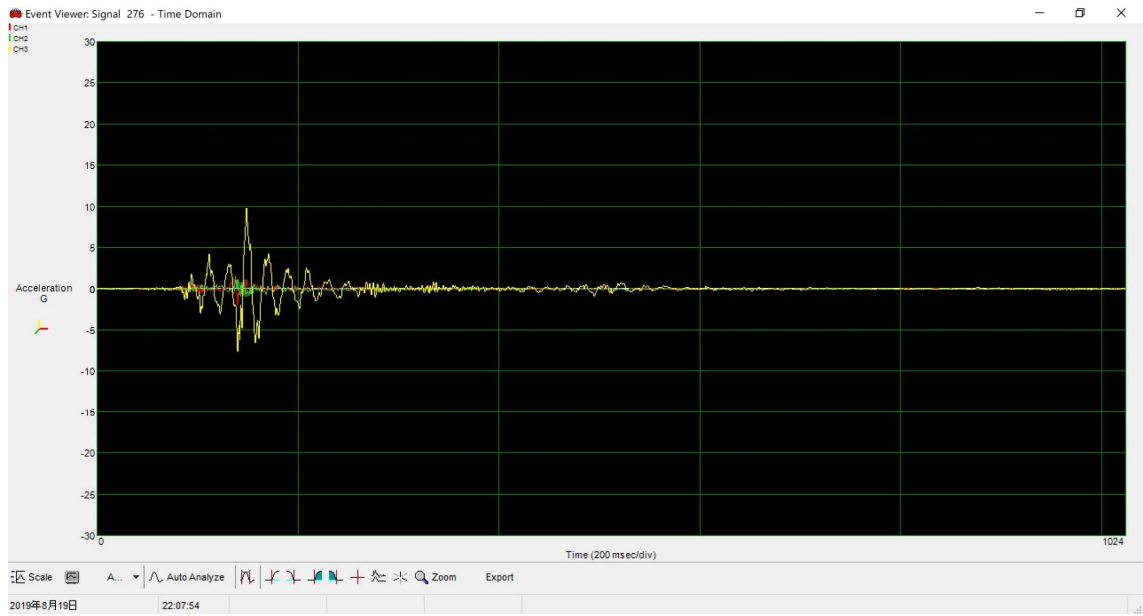
Event Time (Local)	Acceleration (G)	DeltaV (cm/s)
2019/8/17 09:51	13.7	20.0

Fig19. 加速度 NO. 5



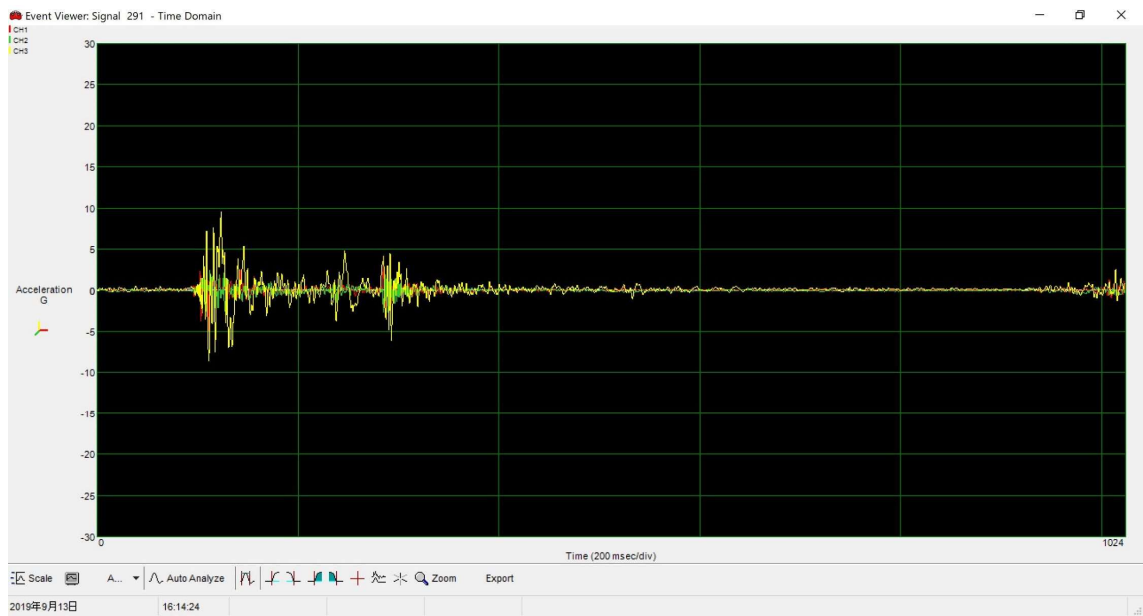
Event Time(Local)	Acceleration(G)	DeltaV(cm/s)
2019/9/20 07:43	13.7	20.0

Fig20. 速度変化 NO. 1



Event Time(Local)	Acceleration(G)	DeltaV(cm/s)
2019/8/19 21:07	9.8	49.7

Fig21. 速度変化 NO.2



Event Time(Local)	Acceleration(G)	DeltaV(cm/s)
2019/9/13 08:14	9.5	42.9