

コンテナ重心位置測定装置の活用による
安全輸送に関する調査研究

報 告 書

平成24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

1. はじめに	1
2. 調査の目的	1
3. 調査の方法	1
4. コンテナ重心位置測定装置の概要	1 - 7
(1)2次元重心測定	
(2)3次元重心測定	
5. 調査の結果	7 - 9
(1)左右荷重割合	
(2)前後荷重割合	
6. おわりに	9

1. はじめに

国際海上コンテナは、貨物の効率的な国際複合輸送における中心的な輸送手段となっているが、国内における自動車輸送において、横転事故をはじめとする重大な事故が発生している。その原因は速度超過や判断ミスなど運転等に起因する問題のほか運搬するコンテナ内の貨物の積み付け状態の不備、輸送中の荷崩れにより偏りが生じるなどさまざまな要因が考えられる。

国土交通省は、コンテナ横転による重大事故の防止策の一環として、平成 22 年度に「国際海上コンテナトレーラに係る事故防止対策推進事業」を立ち上げ、国際海上コンテナが偏荷重等の不適切状態で自動車運送されることを防止するため、コンテナ内部の貨物について危険性の高い偏荷重状態を特定するとともに、貨物重量・偏荷重の状態・旋回半径に応じた横転限界速度の調査研究を行っている。

また、国会でも国際海陸一貫輸送コンテナの自動車運送の安全確保の法制化の検討が行われている。

当協会は、長年港頭地区でトラックスケールを用いて輸出入貨物の重量計測及び証明の業務を行っている。当協会は、その実績を活かし、コンテナ重心位置測定装置を整備して国際海上コンテナの偏荷重の実態を把握する調査を実施し、コンテナ横転事故の防止に寄与することとした。

2. 調査の目的

港頭地区において輸入コンテナを取り扱う運送事業者等を対象に、コンテナ 3 次元重心測定装置(3次元重心位置計測を可能としたコンテナ貨物の重量測定用のトラックスケール)により、実際の国際海上コンテナの偏荷重を測定し、その結果を集約、分析することにより、日本国内で輸送される国際海上コンテナの偏荷重の実態をデータベース化し、公表する。

なお、本調査に協力をしていただいたトラックの運転手には、安全運行の参考として計測結果を提供することとした。

3. 調査の方法

23 年度は、2011 年 6 月から 2012 年 3 月にかけて、神戸港において計量証明及び貨物の重心位置の確認を希望する事業者の国際海上コンテナ 1149 台を対象に調査を実施した。

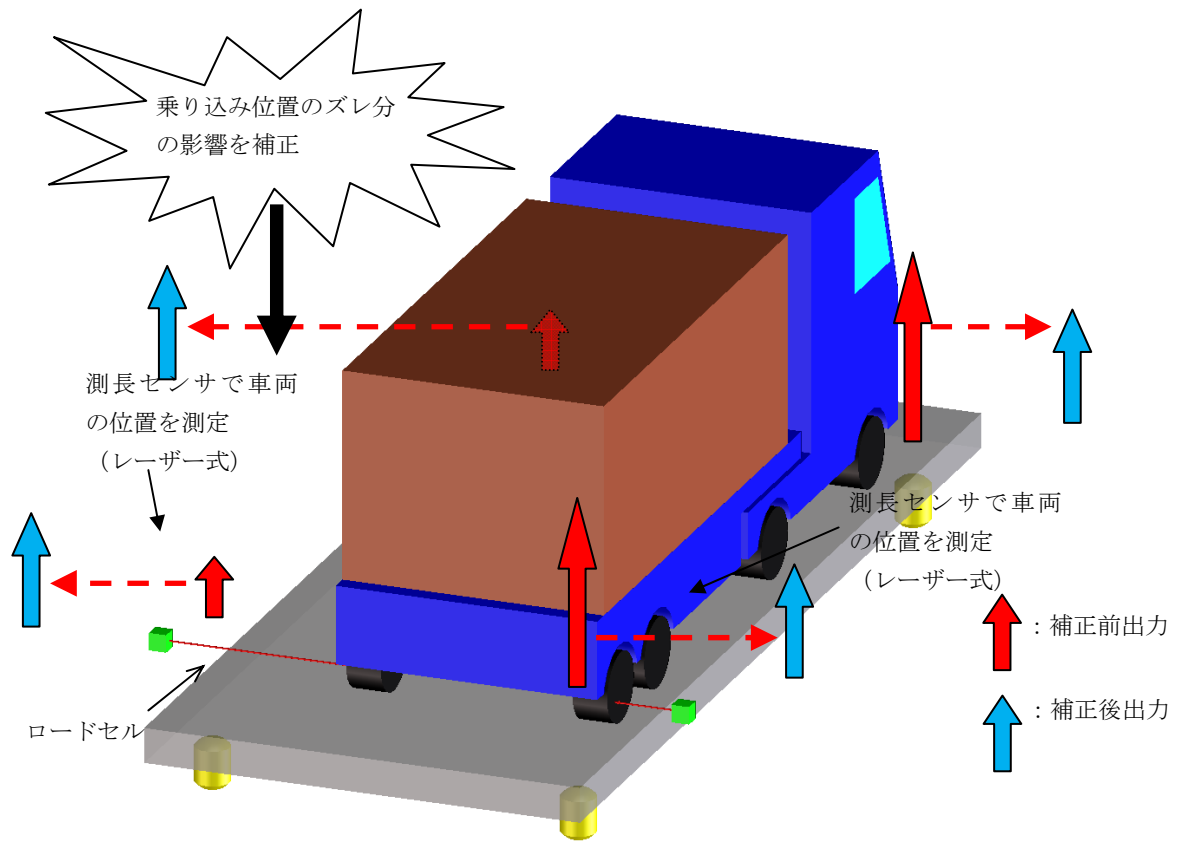
大和製衡(株)製のコンテナ重心位置測定装置付トラックスケール(下記、参照)を使用して輪重・軸重を計測した。その後、加振装置にて横揺れを発生させてコンテナ内の貨物の重心位置を計測し、高さを加味した左右の偏りを判別した。また、車軸の重量を計測して前後の偏りを検知し、重心位置を測定した。

4. コンテナ重心位置測定装置の概要

(1) 2次元重心測定

2次元重心測定機能付きトラックスケールでは、車両の乗り込み位置に関係なく正確な輪重を測定するために、トラックスケールの両側に車両の乗り込み位置を検出するための測長センサが設置されている。この測長センサはレーザー式の距離測定センサで、トラックスケールの左右から車両のタイヤまでの距離を測定することでトラックスケールの中心に対する車両の中心のズレを測定する。

通常のトラックスケールでは車両が図 1 のように右側に偏って乗り込んでしまうと右側のロードセルの出力が大きくなり、反対に左側のロードセル出力は小さくなる。そのため、右側の輪重が本来の数値よりも大きくなってしまふ。しかし、測長センサにより車両の位置を検出することで、車両位置のズレによる影響を補正し、輪重及び左右の偏荷重割合の正確に測定することができる。



(2) 3次元重心測定

3次元重心測定機能付きトラックスケールでは、載台の振動を利用して重心の高さを測定する。そのためには載台の振動を検出するためのセンサーや機構が必要となり、機器構成のイメージは図2のようになる。

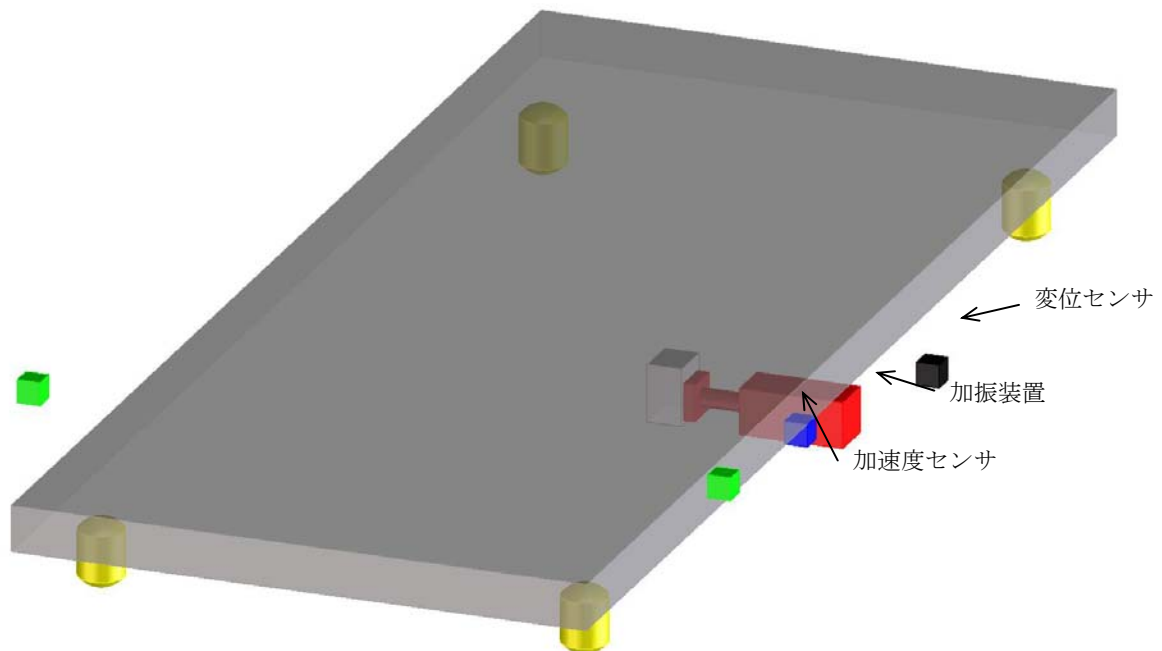


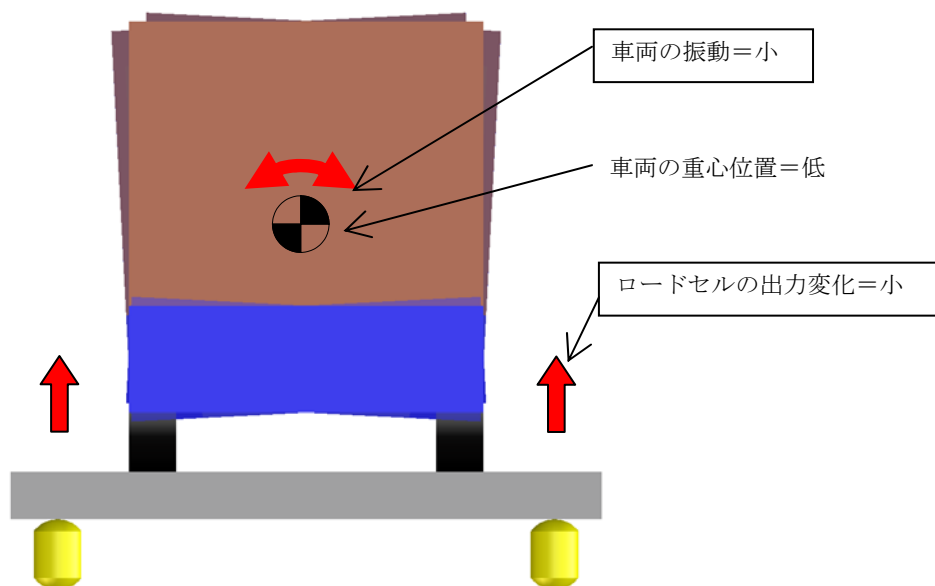
図2 3次元重心測定機能付きトラックスケールの機器構成

重心高さを測定するために必要となる要素とその機能をまとめると、以下のようになる。

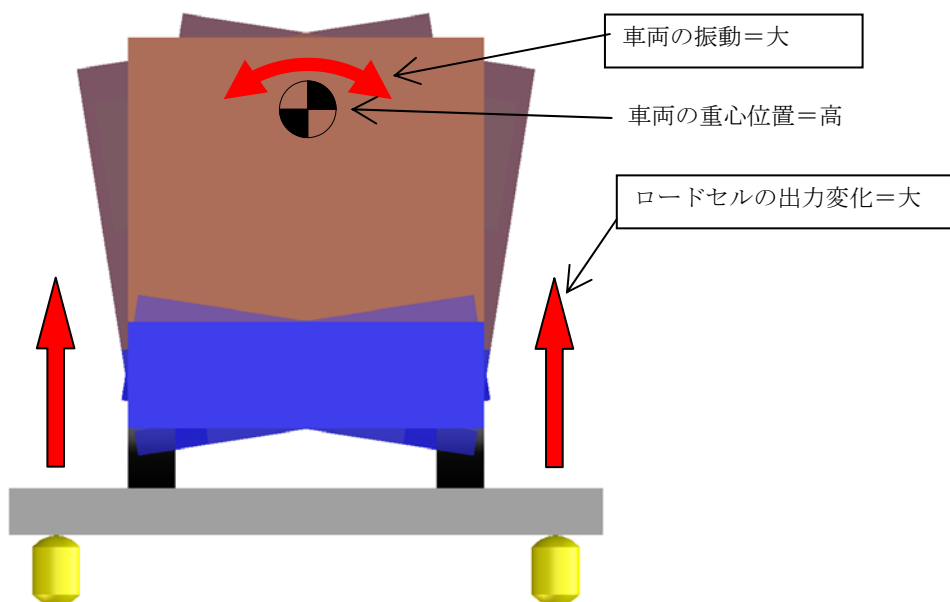
- 1) 変位センサ : 載台振動時の振幅を測定
- 2) 加速度センサ : 載台振動時の加速度 (振動の速さが変化する割合) を測定
- 3) 加振装置 : 載台を振動させるために使用

3次元重心測定機能付きトラックスケールでは、載台の振動を利用して重心高さの測定を行う。加振装置を用いて載台に同じ大きさの力を加えて載台を振動させた時、重心高さが低い場合と高い場合では、次のような違いが生じる。

1) 重心高さが低い場合



2) 重心高さが高



載台に同じ大きさの横力を加えて載台を振動させた時、重心の高さが高いほど車両は大きく横振れ(振動)し、水平方向に於ける重心位置の変化も大きくなる。その結果、ロードセルに掛かる荷重変化(出力変化)も大きくなり、逆に重心高さが低い場合は、ロードセルに掛かる荷重変化は小さくなる(図3及び図4参照)。

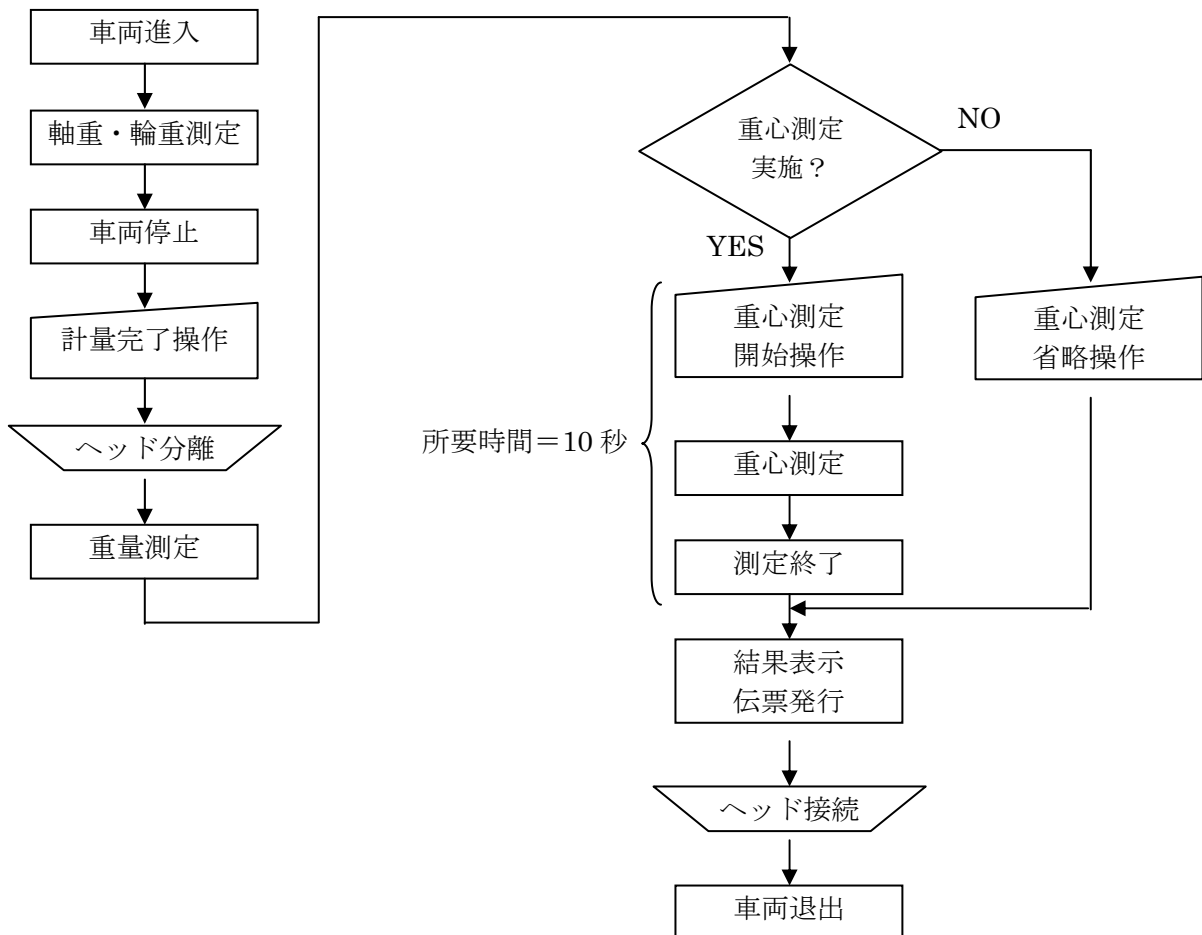
今回のように載台に横力を加えるとロードセルには上下方向の質量のみならず、横方

方向に作用した力の大きさによっても変化し、この力は、質量と加速度から求めることができる。そのため、載台の横揺れ変位量を測定する変位センサとその加速度を測定する加速度センサを設置した。

3次元重心測定の精度については、次のとおりである。

①計測の手順

大和製衡(株)が特許出願中である3次元重心測定機能付きトラックスケールの精度の確認及び精度向上のため、下記手順を実施した。



②精度の検証方法

コンテナ内に積載する分銅の重量を一定にして、分銅の積載方法を変えることにより重心高さを3段階に変化させて、重心高さを含めた測定精度誤差を真値より±20%以内とし検証テストを実施した。(テスト車両等の諸元については、表1、2、3を参照)

また、コンテナを40ft-8'6、40ft-9'6、20ft-8'6の3通り準備して、コンテナの種類が測定精度に及ぼす影響についても調査した。

表1 テスト車両の諸元

	ヘッド(共通)	シャーシ1	シャーシ2	シャーシ3
積載コンテナ	—	40ft-8'6	40ft-9'6	20ft-8'6
軸数	2	2	2	2
重量 [kg]	7210	3710	3370	3700
重心高さ [mm]	—	765	790	810

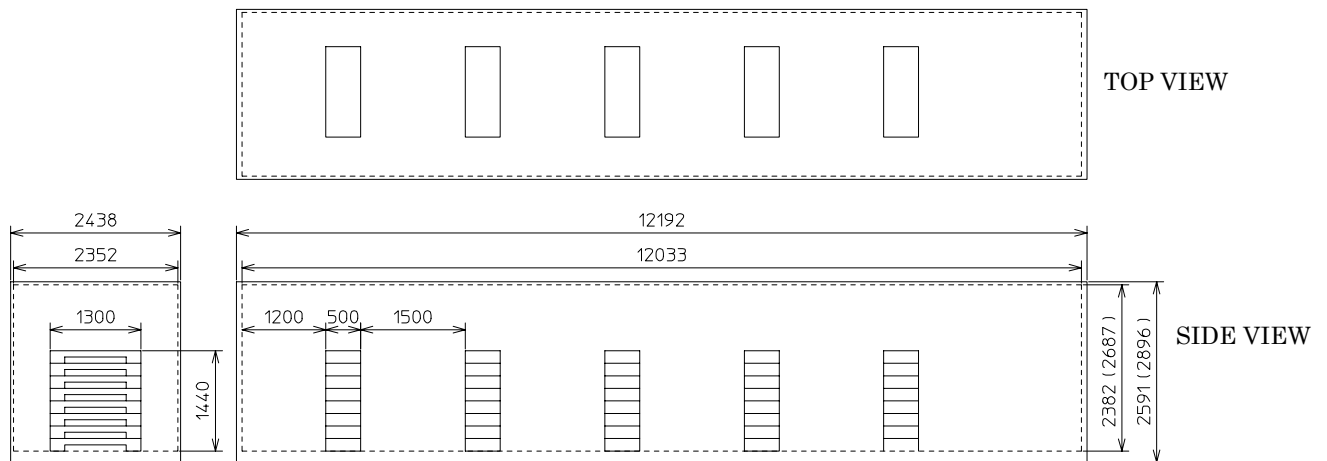
表 2 コンテナ、分銅の諸元

コンテナ種類	40ft-8'6	40ft-9'6	20ft-8'6	分銅 (1個)
重量 [kg]	3800	3920	1940	500
重心高さ [mm]	1090	1218	1040	113

表 3 コンテナ、分銅の配列

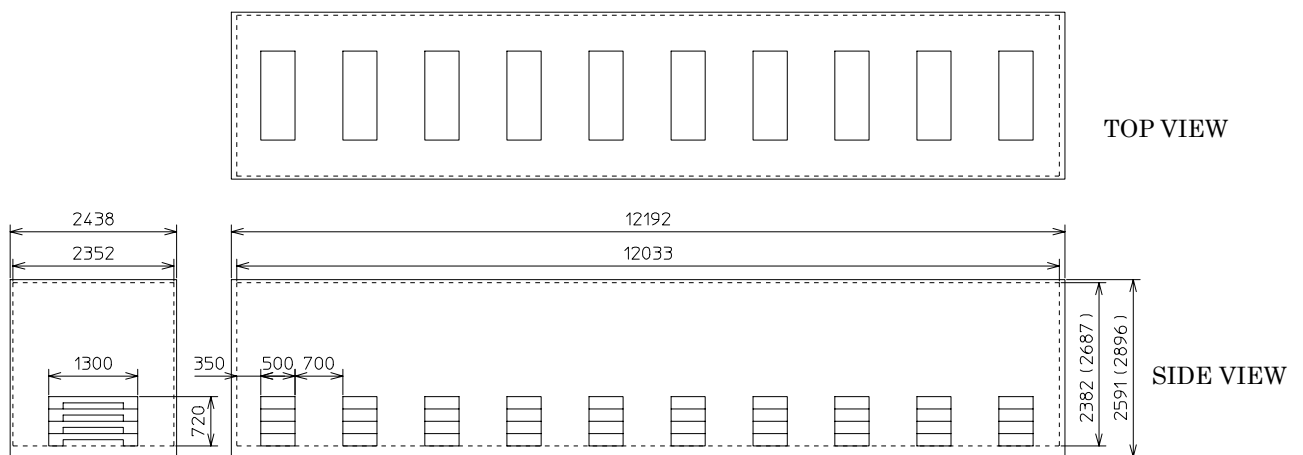
・ 40ft コンテナ

分銅高積み (重心高さ: 高) 0.5t 分銅を 8 段重ねたものを 5 列設置 (合計 20t)

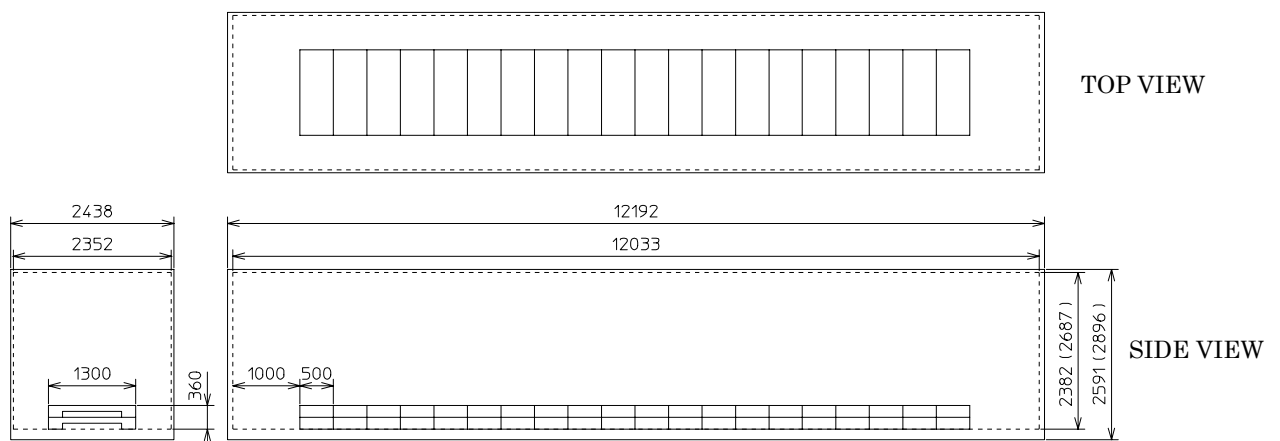


- () 外は、コンテナ高さ 8'6 の場合の寸法
- () 内は、コンテナ高さ 9'6 の場合の寸法

分銅中積み (重心高さ: 中) 0.5t 分銅を 4 段積み重ねたものを 10 列設置 (合計 20t)

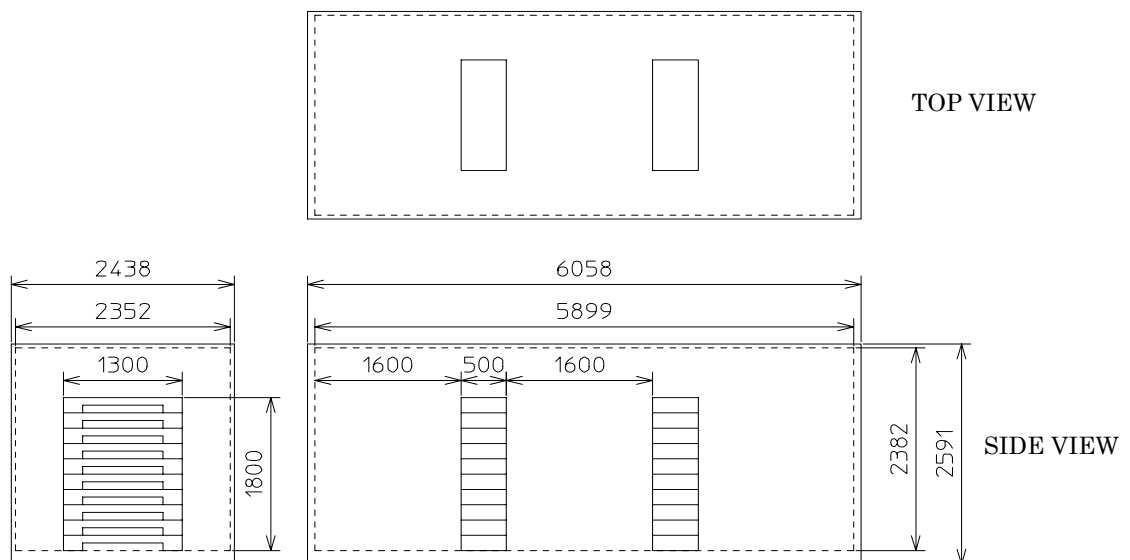


分銅低積み（重心高さ：低） 0.5t 分銅を 2 段積み重ねたものを 20 列設置（合計 20t）

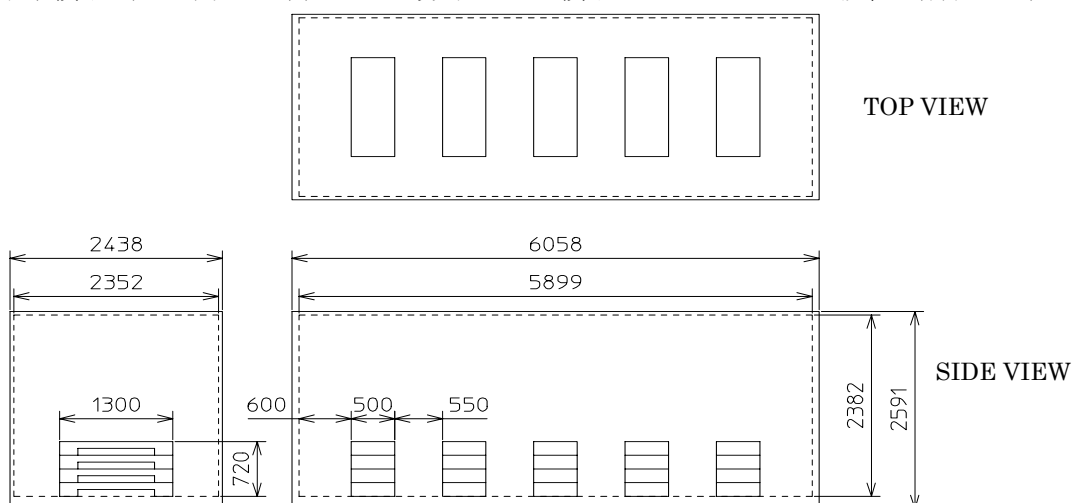


・ 20ft コンテナ

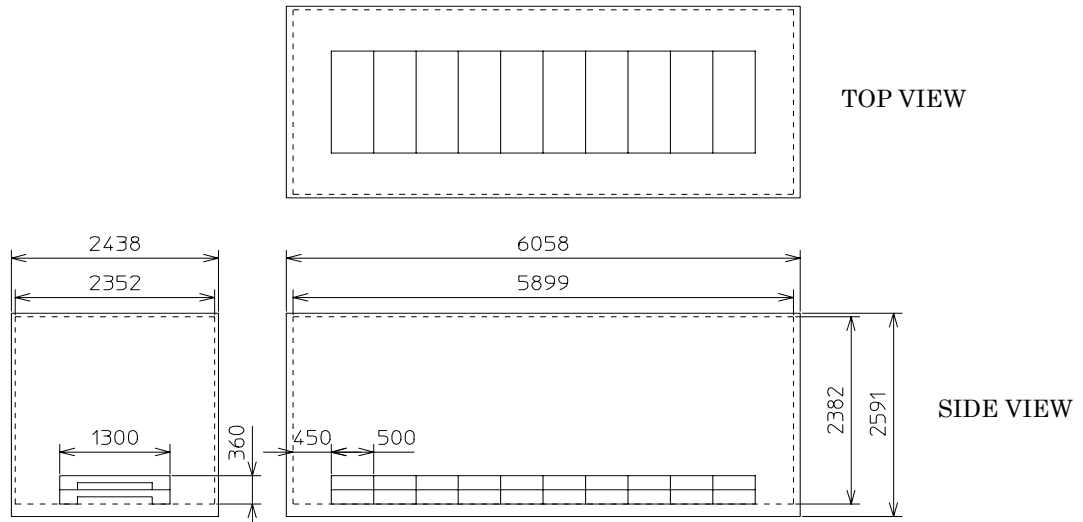
分銅高積み（重心高さ：高） 0.5t 分銅を 10 段積み重ねたものを 2 列設置（合計 10t）



分銅中積み（重心高さ：中） 0.5t 分銅を 4 段積み重ねたものを 5 列設置（合計 10t）



分銅低積み（重心高さ：低） 0.5t 分銅を 2 段積み重ねたものを 10 列設置（合計 10t）



③ 検証の結果

重心の高さ方向に関する測定精度については、機器の改良を加えながら繰り返し検証を実施した。結果として真値（計算値）の±20%以内の精度におさまるようになったが、同一条件での繰り返し精度確認では上記誤差範囲ながら数値にバラつきが見受けられるので、3次元の精度検証と測定実施については24年度も継続的に実施することとした。

5. 調査の結果

2次元で測定した1149台の情報を基にコンテナサイズ別に下記マトリックスを作成した。

- ・用語の説明
 - コンテナサイズ：コンテナの長さ
 - 荷重割合：50%を中心した左右の割合
 - 荷重側面：傾き側
 - 積載率：コンテナの Max Weight を基準に計測した重量にて算出（Max Weight ÷ 計測重量）

(1) 左右荷重割合

・ 20ft

荷重割合	50		50.1 - 51.9		52 - 54.9		55 - 56.9		57 - 59.9		小計
	中央	右	左	右	左	右	左	右	左		
50%以下		1	2								3
51% - 60%			3	2	3						8
61% - 70%	3	14	15	4	17	2	2				57
71% - 80%	2	36	58	23	40	4	4	1			168
81% - 90%		13	22	5	9	2	3			1	55
91% - 100%	2	16	32	6	30	1				1	88
小計	7	80	132	40	99	9	9	1	2		379

・ 40ft

荷重割合	50	50.1 - 51.9		52 - 54.9		55 - 56.9		57 - 59.9		小計
積載率/荷重側面	中央	右	左	右	左	右	左	右	左	
50%以下			1	1	2					4
51% - 60%				1						1
61% - 70%		6	10	4	7					27
71% - 80%	3	27	74	11	48	2	1	2	1	169
81% - 90%	4	30	93	12	94	4	9		4	250
91% - 100%	1	34	134	17	115	3	9	1	5	319
小計	8	97	312	46	266	9	19	3	10	770

・ 合計

荷重割合	50	50.1 - 51.9		52 - 54.9		55 - 56.9		57 - 59.9		小計
積載率/荷重側面	中央	右	左	右	左	右	左	右	左	
50%以下	0	1	3	1	2	0	0	0	0	7
51% - 60%	0	0	3	3	3	0	0	0	0	9
61% - 70%	3	20	25	8	24	2	2	0	0	84
71% - 80%	5	63	132	34	88	6	5	3	1	337
81% - 90%	4	43	115	17	103	6	12	0	5	305
91% - 100%	3	50	166	23	145	4	9	1	6	407
小計	15	177	444	86	365	18	28	4	12	1149

(2)前後荷重割合

・ 20ft

積載率/荷重側面	前方	中央	後方	集計
50%以下	1		2	3
51% - 60%	1		7	8
61% - 70%	2		55	57
71% - 80%	24		144	168
81% - 90%	12		43	55
91% - 100%	28		60	88
小計	68	0	311	379

・ 40ft

積載率/荷重側面	前方	中央	後方	集計
50%以下			4	4
51% - 60%			1	1
61% - 70%	1		26	27
71% - 80%	11	1	157	169
81% - 90%	25	2	223	250
91% - 100%	34	3	282	319
小計	71	6	693	770

・合計

積載率/荷重側面	前 方	中 央	後 方	集計
50%以下	1	0	6	7
51% - 60%	1	0	8	9
61% - 70%	3	0	81	84
71% - 80%	35	1	301	337
81% - 90%	37	2	266	305
91% - 100%	62	3	342	407
小計	139	6	1004	1149

上記調査結果を集約すると次のとおりである。

- ・左右の重心割合 50 対 50 は 1.3%、52 対 48 は 54%、55 対 45 は 39.3%、57 対 43 は 4%、60 対 40 は 1.4%となった。
- ・前後の重心割合においては前方 12.1%、中央 0.5%、後方 87.4%であった。

6. おわりに

23 年度においては、車輪重量、車軸重量を測定し、左右の偏りから貨物の重心位置の把握を行ったが、当初の目的であった輸出入国際海上コンテナ内部の高さを含めた重心位置、積港、品名の情報不足により分析の範囲が限られた結果となった。24 年度は横転事故においてはコンテナ内の上下方向重心位置も影響があることから、測定精度誤差を更に追求し、3 次元での重心位置を測定する。他港にも同装置付のトラックスケールを設置して調査台数を増やし、精度の高いデータベースの作成に取り組むこととする。

以上