

平成29年度建築基準整備促進事業

P10 遊戯施設の客席に必要な離隔距離に係る調査について

代表 学校法人 日本大学
(一財) 日本建築設備・昇降機センター
株式会社 アルテップ

1. 本調査の背景・目的について

本調査の背景・目的

1 検討の背景・目的

乗客が客席から手や足を伸ばすことによって負傷する事故が複数発生。

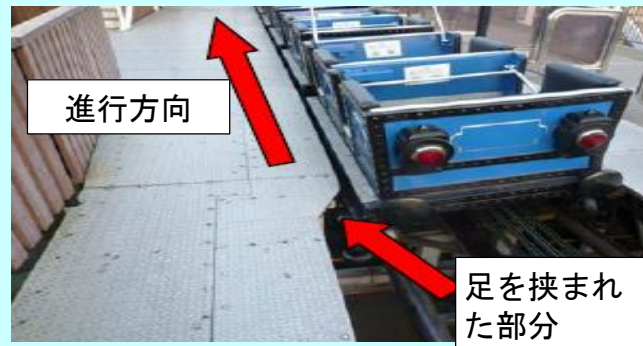
⇒ 離隔距離について具体的な基準がないことから海外基準との整合も視野に入れた基準の整備が必要

【現行基準】客席にいる人が他の構造部分に触れることにより危害を受けるおそれのない構造

2 事件事例

東京都「としまえん」

走行中のコースター車両から左足の一部を出した乗客（18歳女性）が、車両と昇降場ホーム端部に左足を挟まれくるぶし付近を負傷した。



熊本県「グリーンランド」

走行中のコースターに乗車していた乗客が、足下に置いていた荷物が外に落ちそうになり、荷物をつかもうとして車両から外に出した左手を構造物に強打し骨折した。



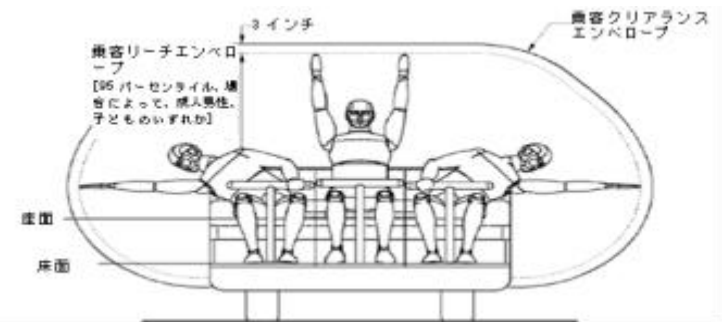
3 海外基準の動向

(1) ASTM（米国）の基準

95パーセンタイルの成人男性が、身体保持装置を装着した状態で客席から出てしまう体の部分を最大限伸ばした状態に3インチ延長した範囲を、安全離隔距離として規定

(2) EN（欧州）の基準

将来的にASTMと整合予定



2. 本調査の内容について

調査の前提について

1. 離隔距離の定義

- ・ 遊戯施設に乗車した乗客が他の構造物（全ての物体）に触れることのできない距離のこと、と本調査では定義している

2. 離隔距離の実測調査の観点について

- ・ 本調査では、着座した状態におけるアメリカ人95パーセントイルの成人男性を対象とし、手を伸ばした時に離隔距離を満足させることが難しい物や場所の実態を整理する
- ・ 次に、それらに対する客席、物及び場所に対する安全対策を把握し、離隔距離内にあることが許容される条件を整理する
- ・ 足についても同様に、主にプラットホーム周辺における検討を行う

調査の概要

1. 離隔距離・実測調査

【国内現状把握】

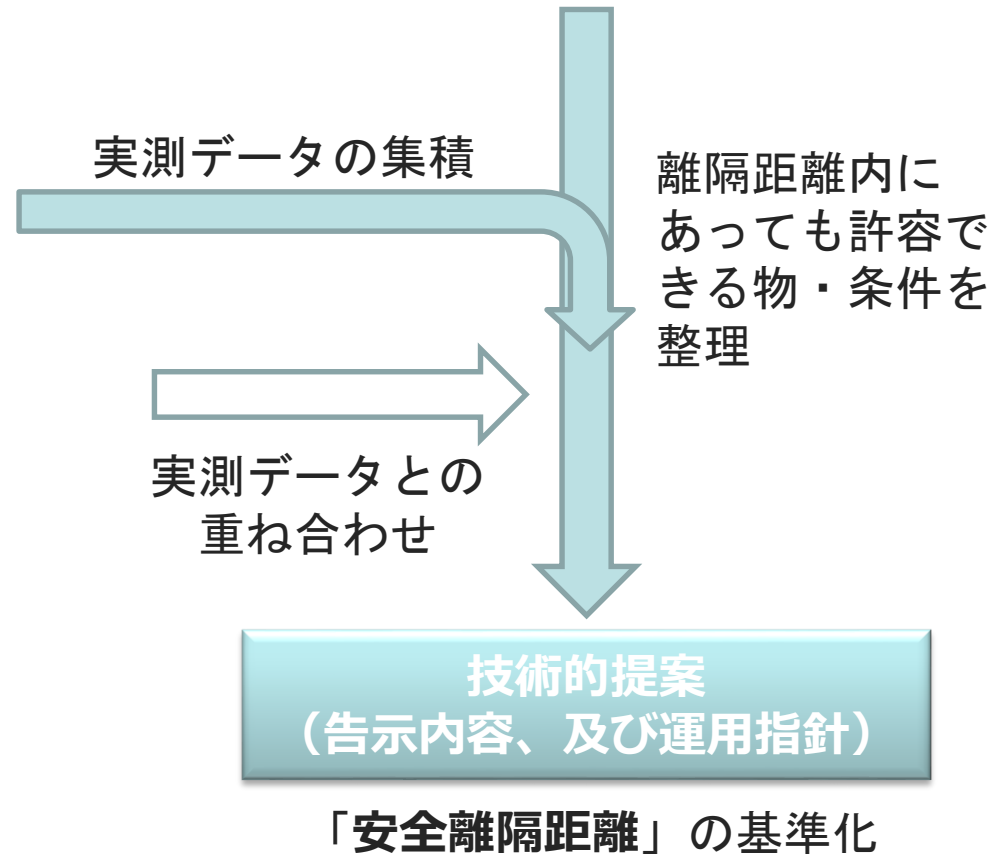
- ① 接触可能性のある箇所
 - ・ トンネル、柱、植栽等
 - ・ 点検用歩廊（壁、柵含む）
- ② 乗り場周辺
 - ・ プラットホーム
 - ・ 壁、柵等

2. 適切な人体モデルの設定

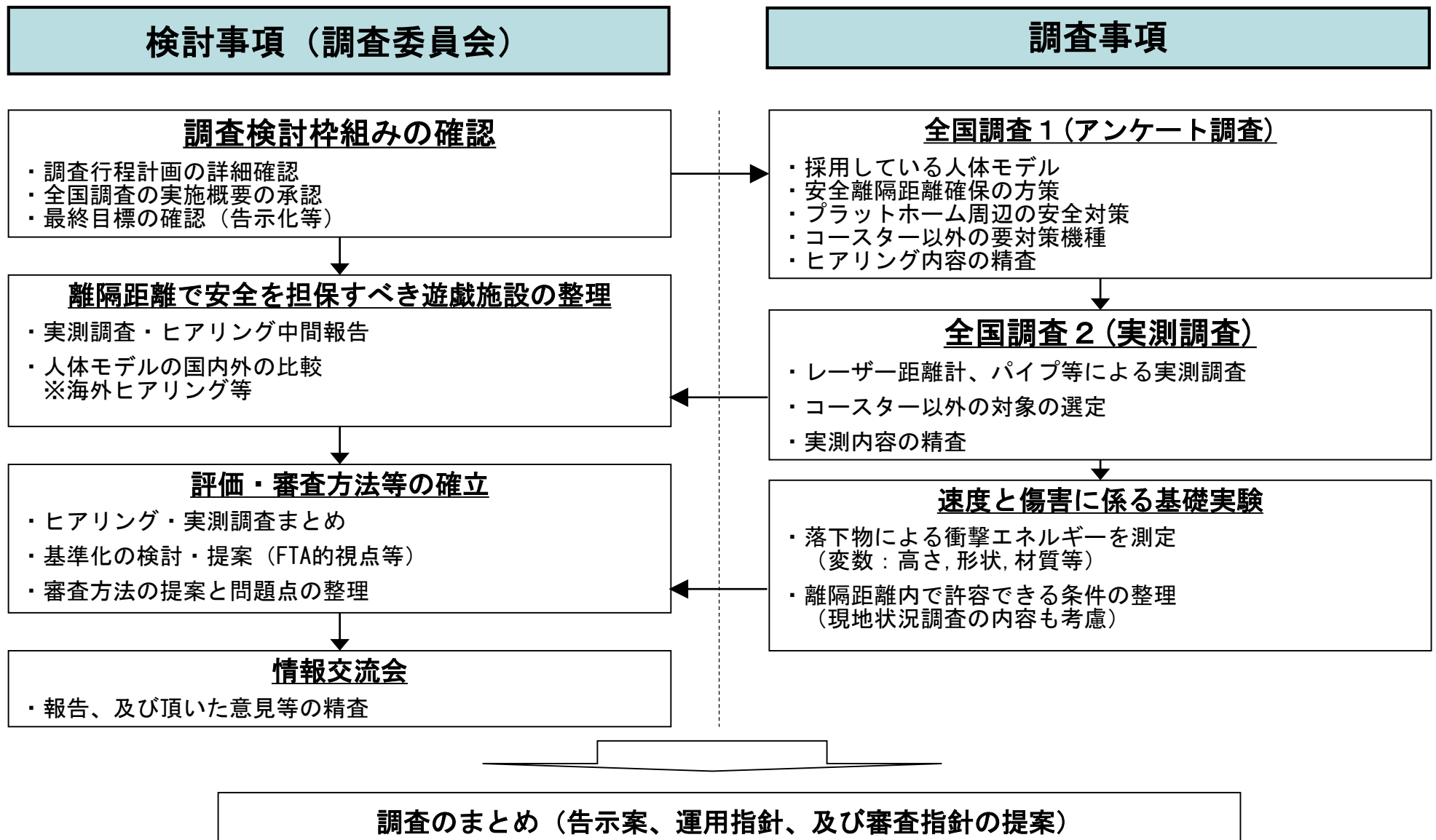
- ① 分析・ヒアリング（国内）
 - ・ 現状把握（離隔距離対策含む）
 - ・ 採用しているモデルの整理
- ② 分析・ヒアリング（海外）
 - ・ 既往基準の分析
 - ・ 設定に係るヒアリング

3. 速度と傷害に係る基礎実験

- ① 手、足と外部との接触の観点
- ② 落下物による高さや衝撃エネルギーとの関係を整理



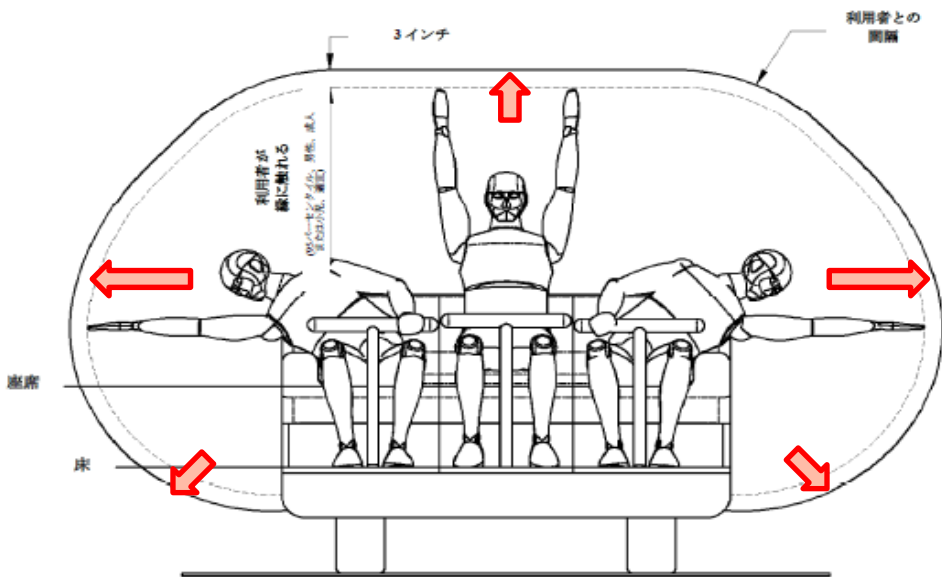
調査のフロー



3. 離隔距離に係る基準の整理

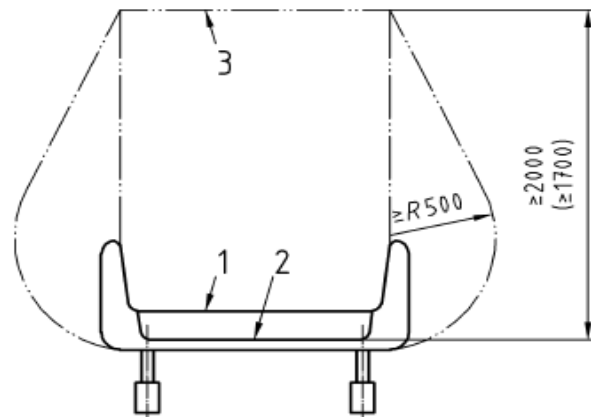
離隔距離に係る海外基準の比較 1 : ASTMとISO,EN

【ASTM】 アメリカ規格：離隔距離の図



手足を最大限伸ばした状態での離隔距離の図(拘束装置が安全バーのため上半身が自由)

【ISO,EN】 欧州規格 ・客席の側壁と走行速度により 離隔距離を規定している



EN,ISO凡例:
1. 座席表面
2. 床面
3. 離隔距離
()内: 10歳までの子ども対象の数値
(単位: mm)

速度v (m/s)	側壁高さ(h)		
	$h \leq 400\text{mm}$	$400 < h \leq 600\text{mm}$	$h > 600\text{mm}$
$v < 3$	700mm	500mm	300mm
$3 < v < 10$	900mm	700mm	500mm
$10 < v < 20$	1000mm	900mm	500mm
$v > 20$	1000mm	1000mm	700mm

離隔距離に係る海外基準の比較 2 : ASTM

【ASTM】アメリカ規格

1. 実際に乗客が障害物に触れる可能性について合理的に検証

① **アメリカ人95パーセントイルの成人男性**を人体モデルとする

・この人体モデルで障害物に触ることができなければ、接触可能性は限りなく低くなる

② さらに安全対策として**+3インチ (76.2mm)**を離隔距離に追加

※つまり、ほとんどの乗客は障害物に触るおそれがなくなる

③ **設計上の工夫を離隔距離に反映**することが可能(拘束装置, 障害物) :

・プラットホーム等に触れる物がある場合、”**やさしい表面**: Friendly Surface” にすることでパーク側で許容しているケースがある

→**リスクアセスメントの手順を踏んでいる**

2. 【課題】設計者により離隔距離の図が異なる

・同じ身体保持装置でも、モデルの設定により手足の届く範囲に差異

・ASTMでは設計者に委ねられている部分だが、日本で導入する際には、その対応が課題

離隔距離に係る海外基準の比較 3 : ISO,EN

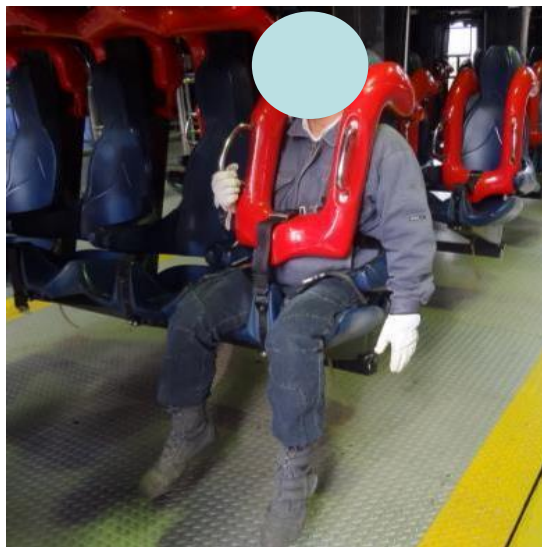
【ISO,EN】 欧州規格

1. 【課題 1】 リスクアセスメントの観点での安全性の検証

- ・ 側壁が高く、速度が遅い状態では離隔距離が短くなる(最短300mm)が、その際、乗客が障害物に触れる危険性が検証できない
- ・ 拘束装置の形状等が考慮されておらず、乗客の乗車姿勢を定義できない
(拘束装置が無い状態では立ち上がることも可能だが・・・)

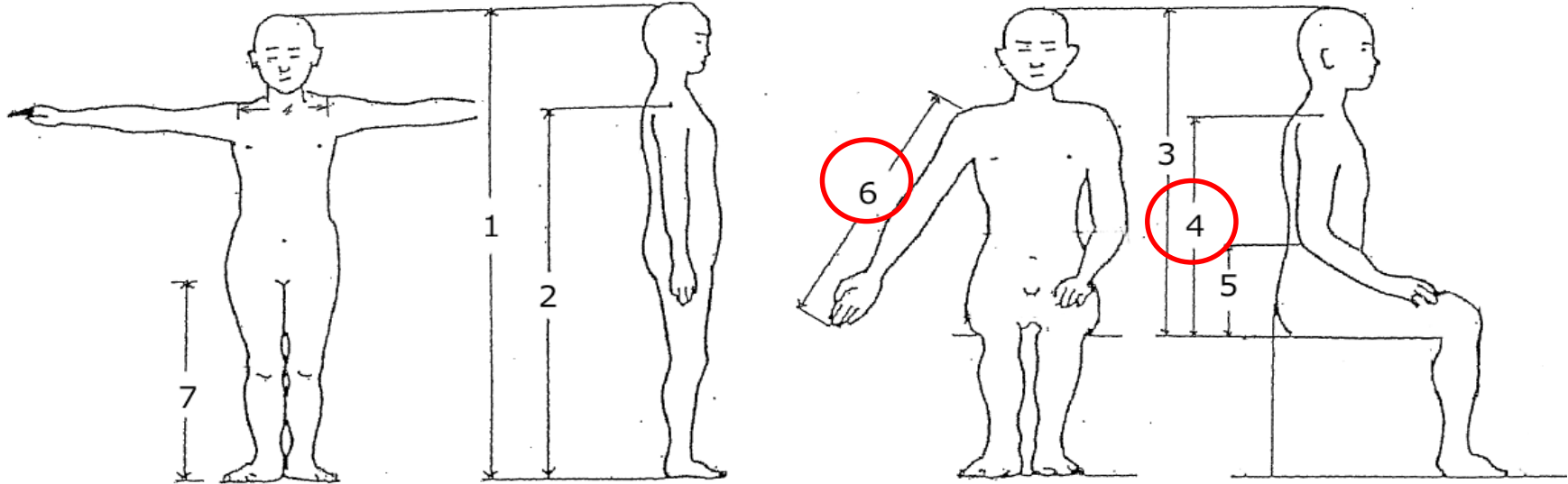
2. 【課題 2】 最新の遊戯施設のタイプに対応できない懸念

- ・ 最近ではつり下げ式、立ち乗りコースターなどでは、側壁がなく作図上の起点がないため、離隔距離の設定が難しい



離隔距離に係る国内外の人体モデルの比較

国内外の人体モデルの分析調査：国内モデルの方が大きい部位もある



■人体モデルの部位別寸法一覧（例）

	部位(例)						
	1.身長	2.肩峰高	3.座高	4.座位 肩高	5.座位 肘高	6.上肢長	7.股下高
HenryDreyfuss(ASTM※1)	1,872	1,546	974	<u>653</u>	255	779	889
人体寸法DB ※2 (2004-06)人間生活工学研究センター	1,795	1,460	963	633	292	<u>780</u>	838
千葉工大上野先生による人体寸法表	1,700	1,387	907	590	260	745	793

【注：対象被験者】

※1 ASTM：20-65歳成人男性。いくつかの調査データの積上げと想定される。全数不明。

※2 人体寸法DB：19.5歳以上79.5歳未満の男性3,530人のうち、20-59歳約2,620人（各指標でばらつきがあるが、概ね）を対象に集計を行った。（20-65歳の区切りがないため、ここでは安全側の59歳を採用）

4. 離隔距離に係る全国実測調査

離隔距離に係る全国実測調査（H29年度）

1. コースター系

高速、加速度大で接触危険性大
【今回、主にこちらを分析】

2. 子供汽車系

低速だが、拘束性が低く
乗客の自由度が高い

3. ティーカップ メリーゴーランド系

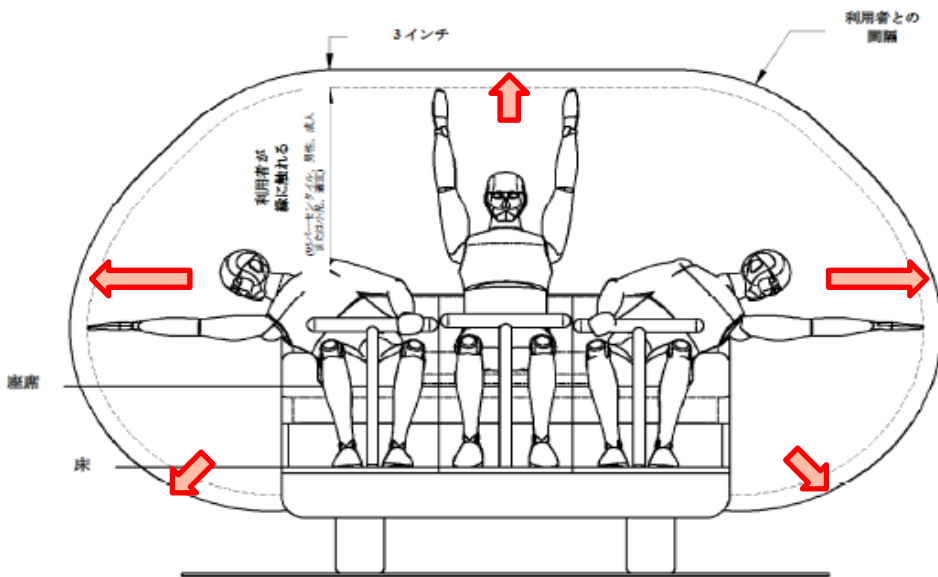
乗客同士、乗客と他の車両の
接触可能性有

調査実績 : 37遊園地 283施設

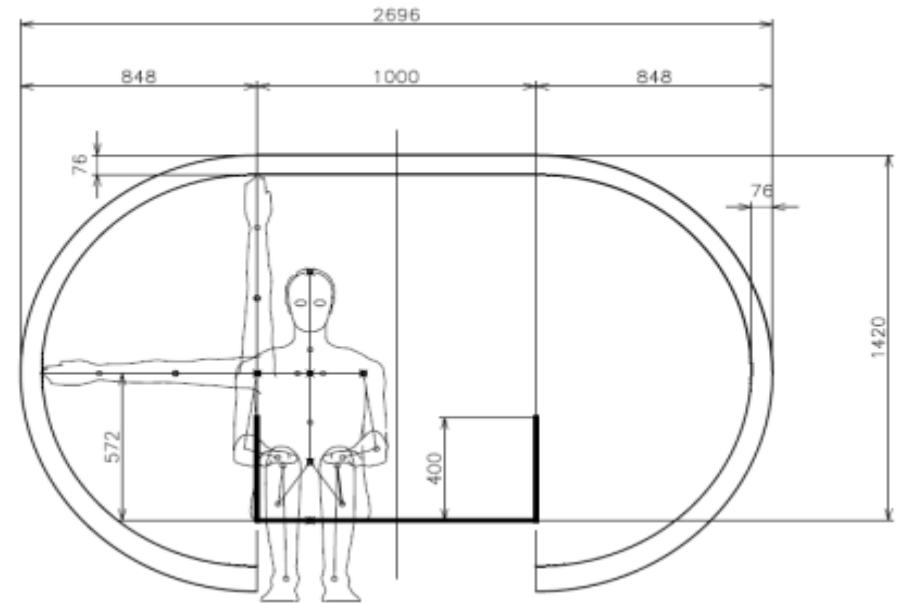
離隔距離に係る全国実測調査（H29年度）

実測調査の考え方

ASTMの考え方を参照し、単に着座した状態で
人体モデルが触れるかを確認した。



ASTMにおける
安全離隔距離の図

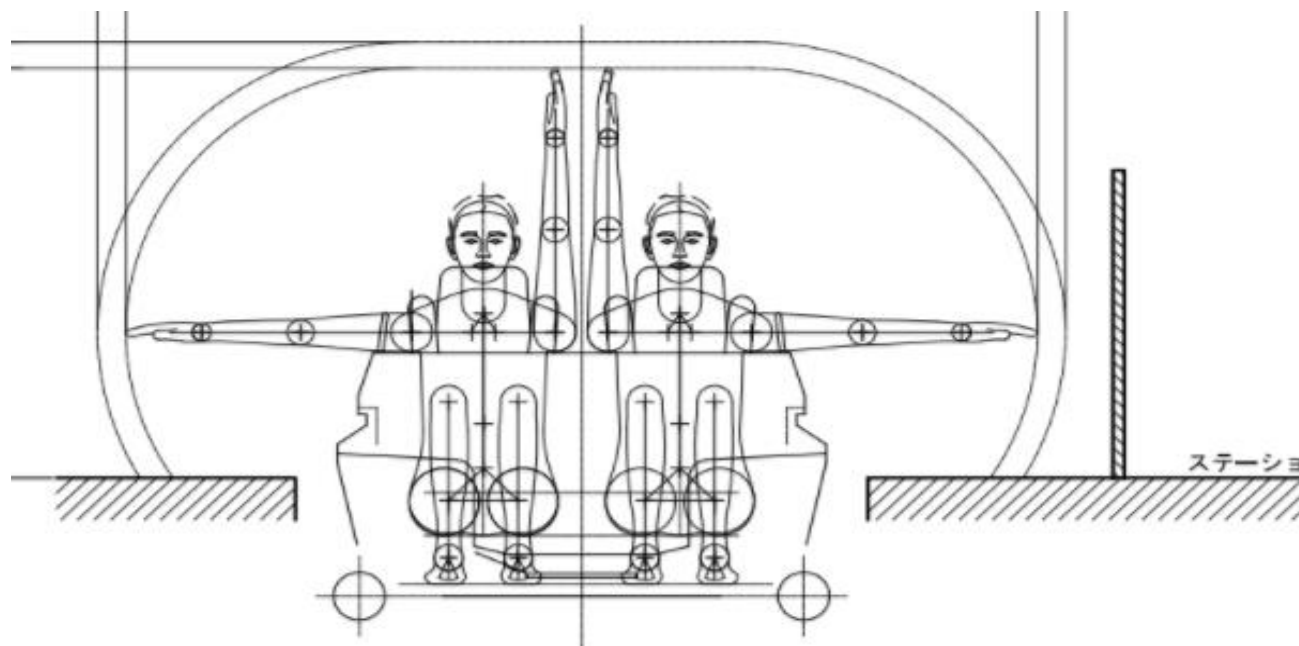


単に着座した状態での離
隔距離の図

離隔距離に係る全国実測調査（H29年度）

実測調査の方法

- ① レール、車両を作図する。（現地採寸、図面取得による）
- ② 着座した状態の人体モデルを図にして、①の図に合わせる
- ③ 実測調査で確認した、付帯設備を作図する



離隔距離に係る全国実測調査（H29年度）

コースター系：対象95機種

【前提】

- ・アメリカ人成人男性95%タイルの人体モデルを「単に客席に着座させた状態」で離隔距離を設定し、検証を行った
- ・レール幅900mmを境に、規模の大・小を分けてとりまとめた

■離隔距離の範囲内に障害物等が入っているコースターの実態

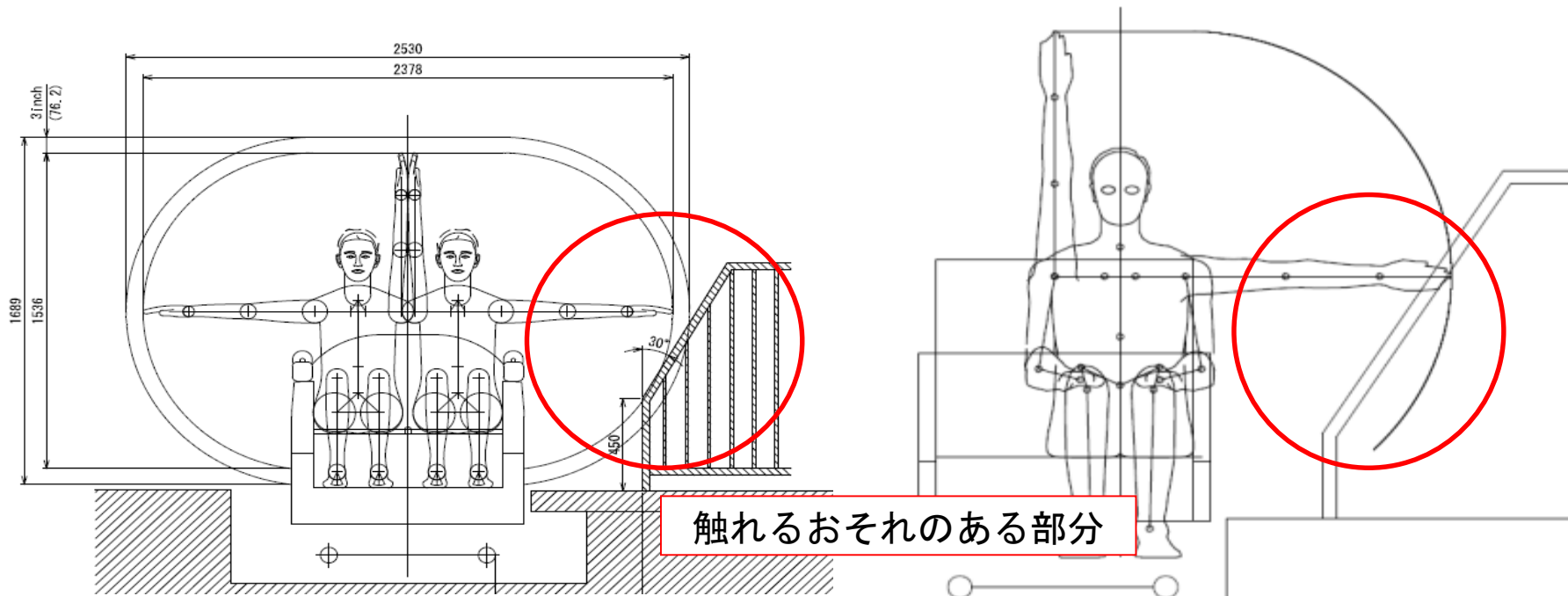
	乗降場 (プラットフォーム)	コース内
コースター小(57)	46 (80.7%)	25 (43.9%)
コースター大(38)	22 (57.9%)	7 (18.4%)

- ・小規模コースターのプラットフォームで、離隔距離内に障害物等がある割合が高い
- ・大規模コースターでは、リフトエリアやコース内に障害物等がある割合は少ない

離隔距離に係る全国実測調査（H29年度）

実測調査結果

- 乗降場

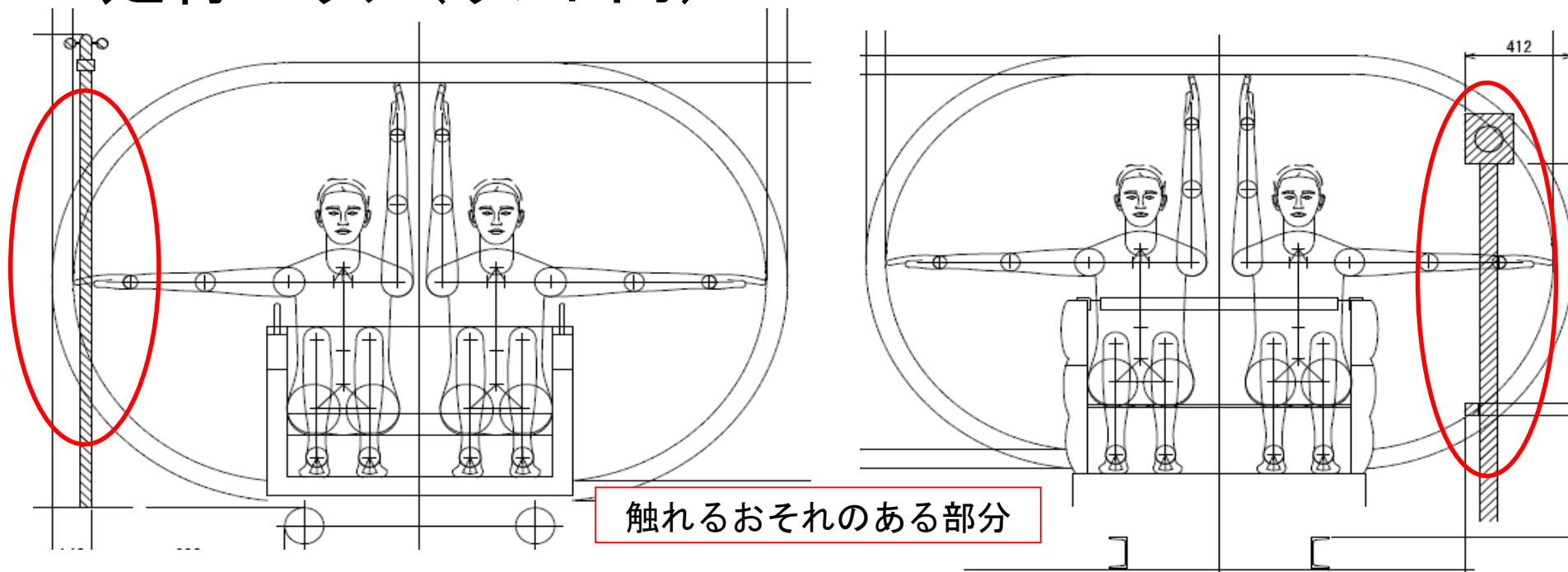


床、柵や監視室に触れる可能性のあるものが確認された

離隔距離に係る全国実測調査（H29年度）

実測調査結果

- 走行エリア（リフト内）

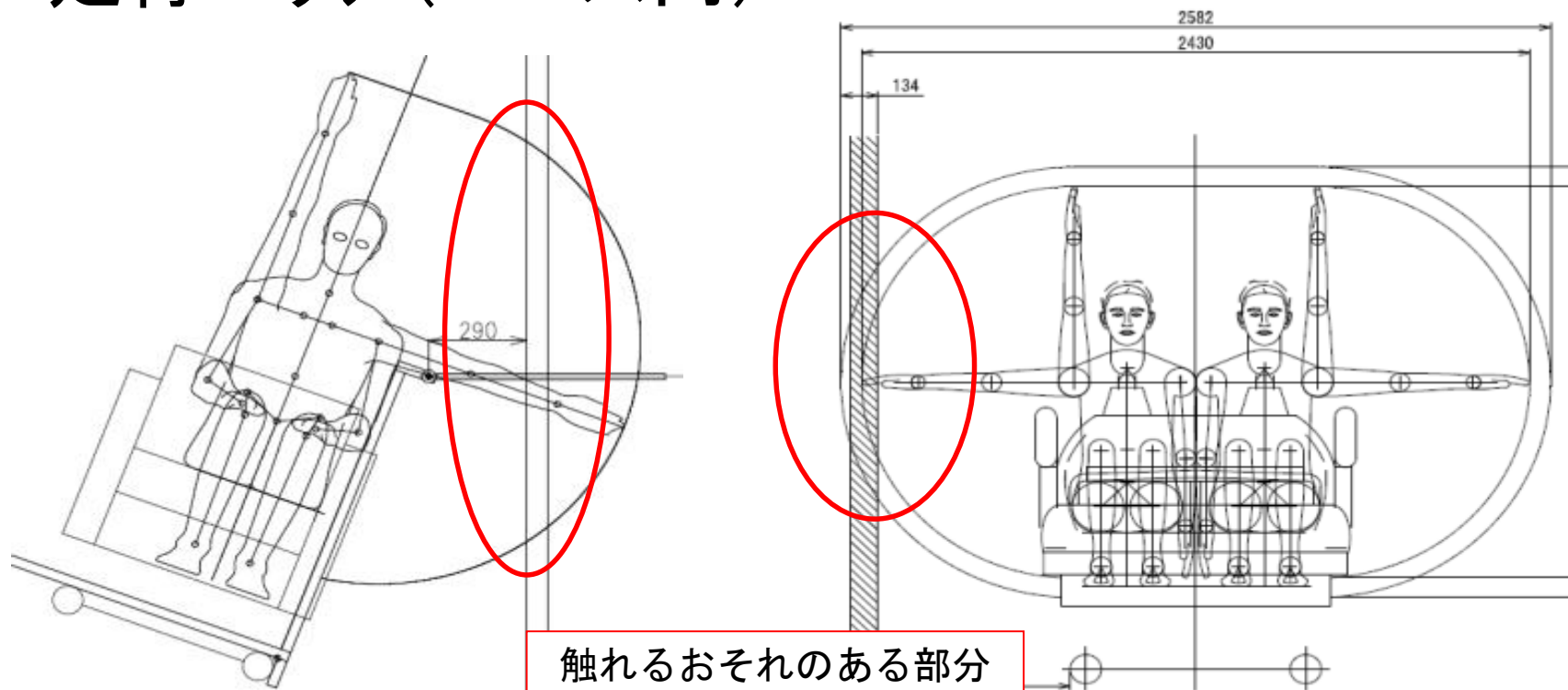


手摺や後付の監視カメラ、風速計などが確認された

離隔距離に係る全国実測調査（H29年度）

実測調査結果

- 走行エリア（コース内）

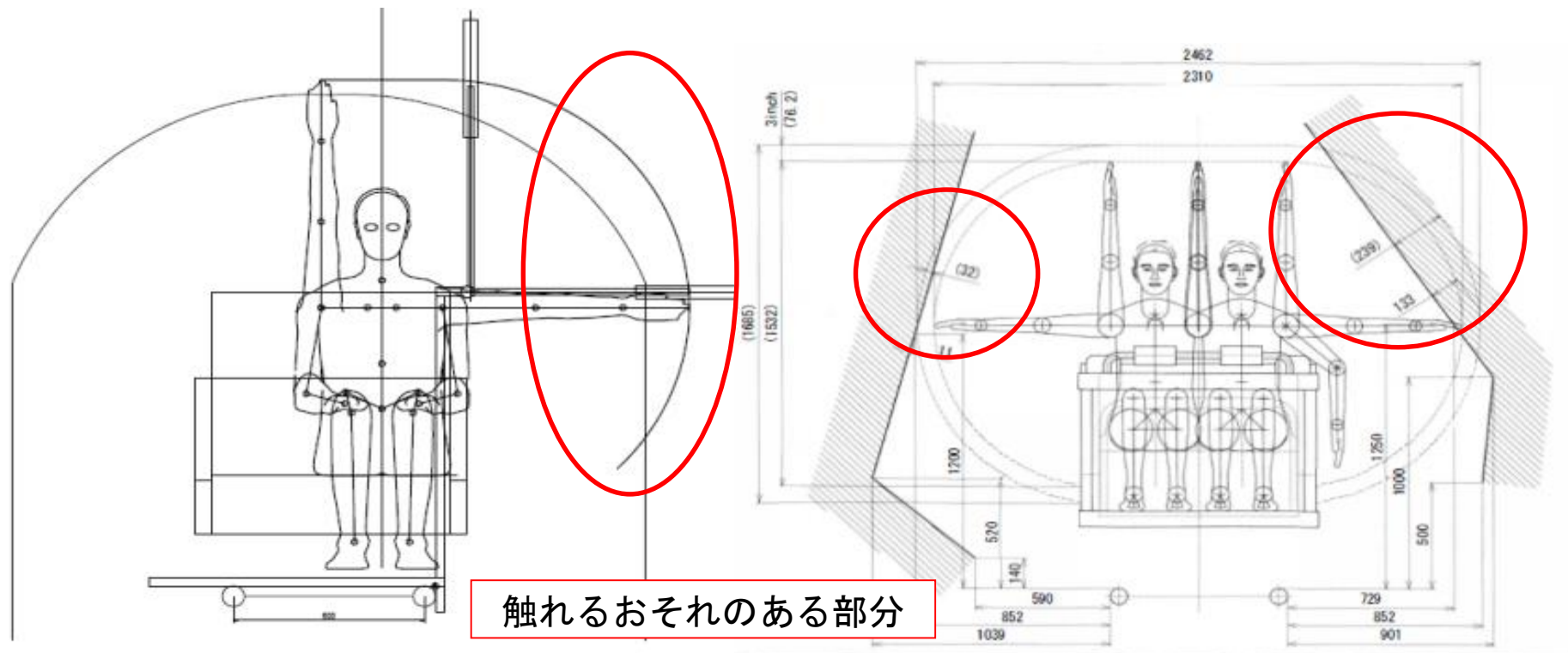


柱等構造物、装飾物、トンネルなどが確認された

離隔距離に係る全国実測調査（H29年度）

実測調査結果

- 走行エリア（コース内）



柱等構造物、装飾物、トンネルなどが確認された

離隔距離に係る全国実測調査（H29年度）

ティーカップ、メリーゴーランド系遊戯施設の実測について



- ・ **ティーカップ**：他の乗客や車両に触れる機種も多いが、**相対速度は低速**であり、意図的に乗客が高速で回転させることがない限り安全面での懸念は少ない。
- ・ **メリーゴーランド**：他の車両や柱も同じ舞台上で回転する機種が多く、**相対速度は車両の上下運動により生じるのみ**であり、安全面での懸念は少ない。
- ・ いずれも、**外柵までは十分な距離がある**機種がほとんど。

5. 速度と傷害に係る基礎実験

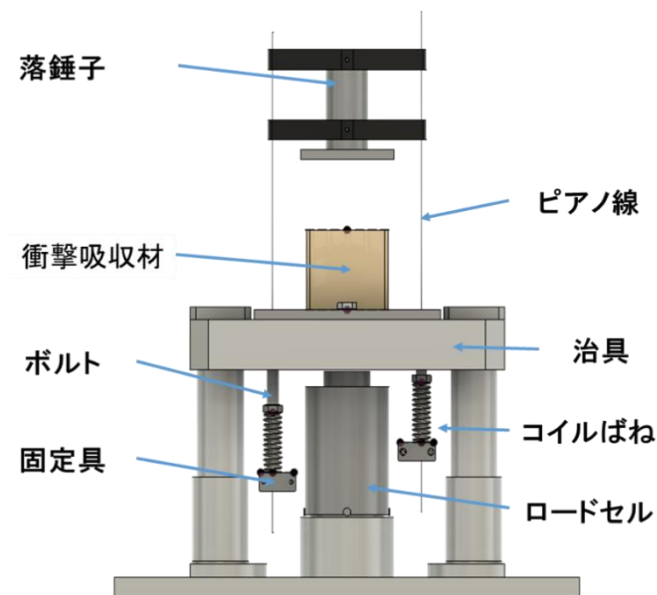
速度と傷害に係る基礎実験

1. 実験の概要

- ・【背景】全国の遊戯施設調査において、プラットホーム周辺に安全離隔距離内に障害物がある場合が複数見受けられた点を考慮し、低速時の衝撃力と衝撃吸収材の効果についての知見を得る必要がある
- ・【調査項目】プラットホームへの乗物の侵入・出発時の速度として時速10km前後での衝撃力と衝撃吸収材の効果に係る検討を実施
- ・【実験内容】低速時の衝撃力と衝撃吸収材の効果について計測試験を実施

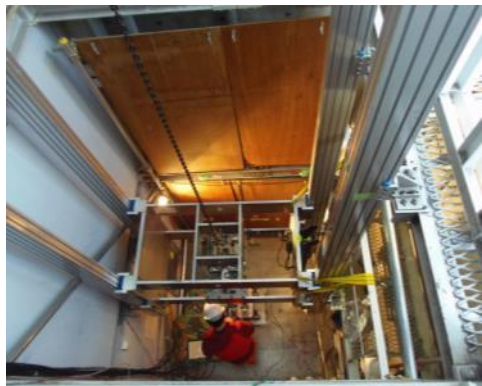
2. 試験条件

- ・【衝突質量】 2.1kg
- ・【衝突速度】 5km/h (1.39m/s) ,
10km/h (2.78m/s) ,
15km/h (4.17m/s) の3条件
- ・【衝突条件】 衝撃吸収材無し,
10mm厚ウレタンスポンジ,
20mm厚衝撃吸収マット,
30mm厚ウレタンスポンジ の4条件



速度と傷害に係る基礎実験

3. 実験の様子



実験棟
試験用治具を底部床面に設置し、切離し装置より落錘子を落下させた

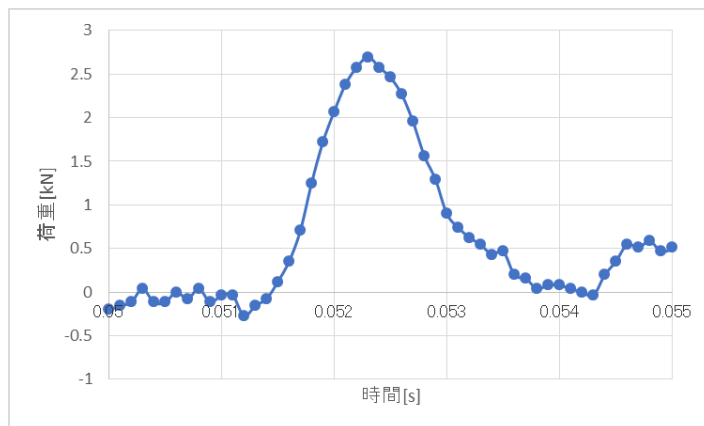


計測機器



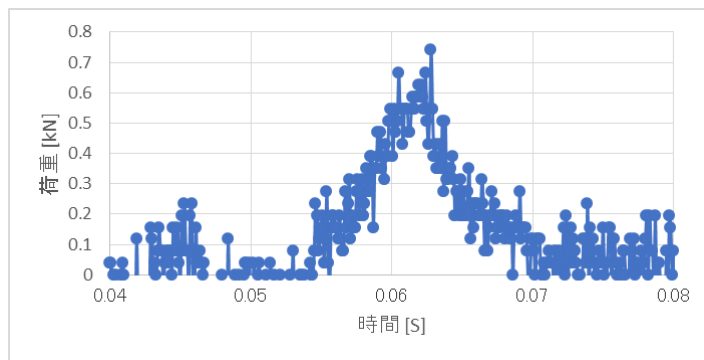
衝撃吸収マット

4. 実験結果（グラフ）の抜粋



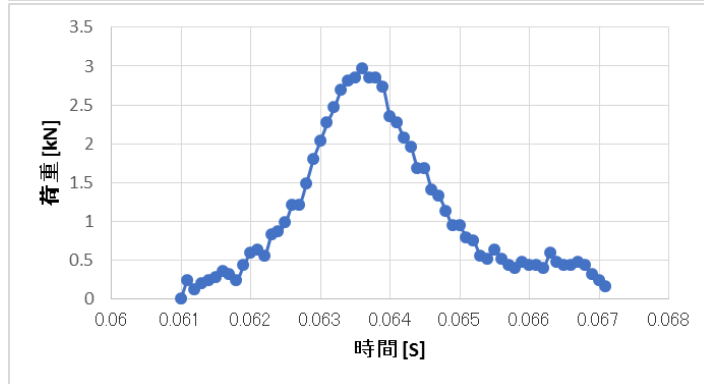
衝突速度；5[km/h]
(1.39m/s) の場合

衝撃吸収材無し,
平均荷重0.97[kN],
負荷時間0.003[sec]



衝突速度；10[km/h]
(2.78m/s) の場合

20mm厚衝撃吸収マット,
平均荷重0.39[kN],
負荷時間0.015[sec]



30mm厚ウレタンスポンジ,
平均荷重0.97[kN],
負荷時間0.006[sec]

速度と傷害に係る基礎実験

5. 実験結果：落下衝突試験結果のまとめ

衝突速度 衝突条件	5[km/h] (1.39m/s)	10[km/h] (2.78m/s)	15[km/h] (4.17m/s)	20[km/h] (5.56m/s)
衝撃吸収材無し	平均荷重 0.97[kN] 負荷時間0.003[sec]	平均荷重2.78[kN] 負荷時間0.0021[sec]	平均荷重4.37[kN] 負荷時間0.002[sec]	平均荷重5.84[kN] 負荷時間0.002[sec]
10mm厚ウレタンスポンジ	平均荷重 0.29[kN] 負荷時間0.01[sec]	平均荷重1.95[kN] 負荷時間0.003[sec]	平均荷重2.19[kN] 負荷時間0.004[sec]	
20mm厚衝撃吸収マット	平均荷重：不明 負荷時間：不明	平均荷重 0.39[kN] 負荷時間0.015[sec]	平均荷重1.09[kN] 負荷時間0.008[sec]	
30mm厚ウレタンスポンジ	平均荷重：不明 負荷時間不明	平均荷重 0.97[kN] 負荷時間0.006[sec]	平均荷重1.46[kN] 負荷時間0.006[sec]	



：実験結果から骨折等の重傷を負う可能性が少ない条件

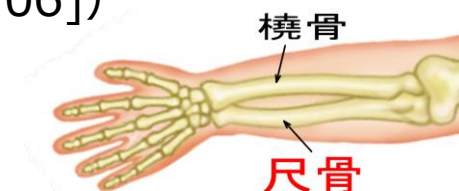
：骨周辺の筋肉や皮膚、及び肩の可動等を考慮した場合、骨折等の重傷を負う可能性が少ない条件

6. 実験結果の検討

○検討に用いる荷重：平均荷重で判断

○骨端部に偶力モーメントを作用させて実験した場合、以下が各部位の骨強度の平均値との報告がある（出典：人間の許容限界ハンドブック[1990/06]）

- ・ 上腕骨1.48[kN]
- ・ 尺骨0.706[kN]
- ・ 橈骨0.588[kN]
- ・ 腓骨0.441[kN]



速度と傷害に係る基礎実験

6. 実験結果の検討（つづき）

- 前頁の表より、平均荷重 > 0.588 [kN]（※橈骨の骨強度の平均値）であれば、骨折には至らないと判断できる。
- ウレタンスポンジなどの衝撃吸収材で構造体を保護することで、最大荷重が75%～0%近くまで低減できる結果が得られた。
- 本実験の結果から、上肢を構成する上腕骨、尺骨と橈骨全てに対して時速10km以下で骨折に至らない保護対策としては、20mm厚の衝撃吸収マットが効果的。
- 5km/時における「衝撃吸収材無し」の場合：**
 - ・平均荷重が0.97[kN]となり、上肢の尺骨や橈骨の強度を上回っているが、
 - ①人の上肢では骨に筋肉や皮膚といった衝撃緩和要素に覆われている
 - ②上肢衝突の瞬間に肩を中心に力を逃がす方向に動くこと
 - 等を勘案すると、骨が受ける衝撃荷重は、一定程度の低減効果が想定される。
- 10km/時における「30mm厚ウレタンスポンジ」を巻いた場合：**
 - ・速度はやや速いものの、緩衝材を厚くまくことにより「5km/時・衝撃吸収材無し」の場合と同等の平均荷重となっており、5km/時と同様の条件を勘案し、骨が受ける衝撃荷重は、一定程度の低減効果が想定される。

6. 離隔距離に係る基準の考え方について

離隔距離に係る基準の考え方

FTA (Fault Tree Analysis) 的アプローチ :

- 客席部分にいる乗客が他の構造物に触れて起きる事故を防ぐ、という観点から、下表のような枠組みで基準化を検討

事故内容	対策		
	回避要因	回避策	構造
乗客が他の構造物に触れる 1)コース内 2)プラットフォーム	触れないようにする	客席から乗客が最大限伸ばした部分に触れる物が何も無い構造とする	人体モデル、及び安全離隔距離の設定
	触れても危害が及ばないようにする	客席から乗客の手足が出せない構造とする	客席をカプセル式にする (観覧車など)
		触れるものにゆっくり当たる	身体保持装置、側壁、及び蹴上げの組合せ
		触れるものに柔らかく当たる	相対速度の設定 (重傷とならない程度)
	挟まれないようにする	客席から乗客の一部が出ないようにする	乗物への扉、側壁の設置
		他の構造物と客席部の隙間を大きくして挟まれないようにする	隙間寸法の設定

安全離隔距離に係る基準の考え方

1. 対象とする遊戯施設

- ① **コースター系**：高速、加速度大で接触した際の危険性大
[告示別表第1（二）]
- ② **モノレール、子供汽車系**：低速だが、拘束性が低く乗客の自由度が高い
[告示別表第1（一）]

※ 今後検討が必要な遊戯施設（例）

- ・以下の遊戯施設は、知見を収集した上での検討が必要

- ③ **急流すべり**：構造上、コースの壁や植栽が、他機種に比べ近い
[告示別表第1（三）]
- ④ **コーヒーカップ**：動きが不規則、客席同士の相対速度がまちまち
[告示別表第2（二）]

安全離隔距離に係る基準の考え方

2. 安全離隔距離設定の流れ

(1) 離隔距離の考え方

- 設定した範囲内に他の構造物がないようにする

(2) 人体モデルの設定

- ① 設定の主旨：手足の届く範囲を決める
- ② 参照する人体モデル：ヘンリードレイファスモデルを採用
(ASTM F2291で参照する一般的な人体モデルの1つ。国際化も考慮)

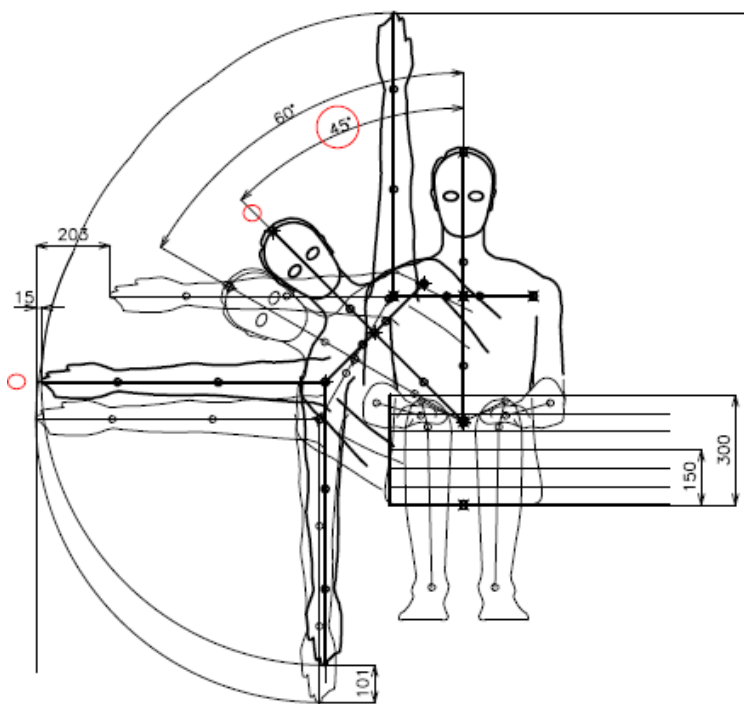
(3) 安全離隔距離の設定

- ① 前傾や横への傾斜により人が動く範囲を設定
- ② 追加の離隔距離の設定：**10センチ（3.9インチ）**
※離隔距離をさらに安全側にするために設定
- ③ 設定方法：次ページのとおり

安全離隔距離に係る基準の考え方

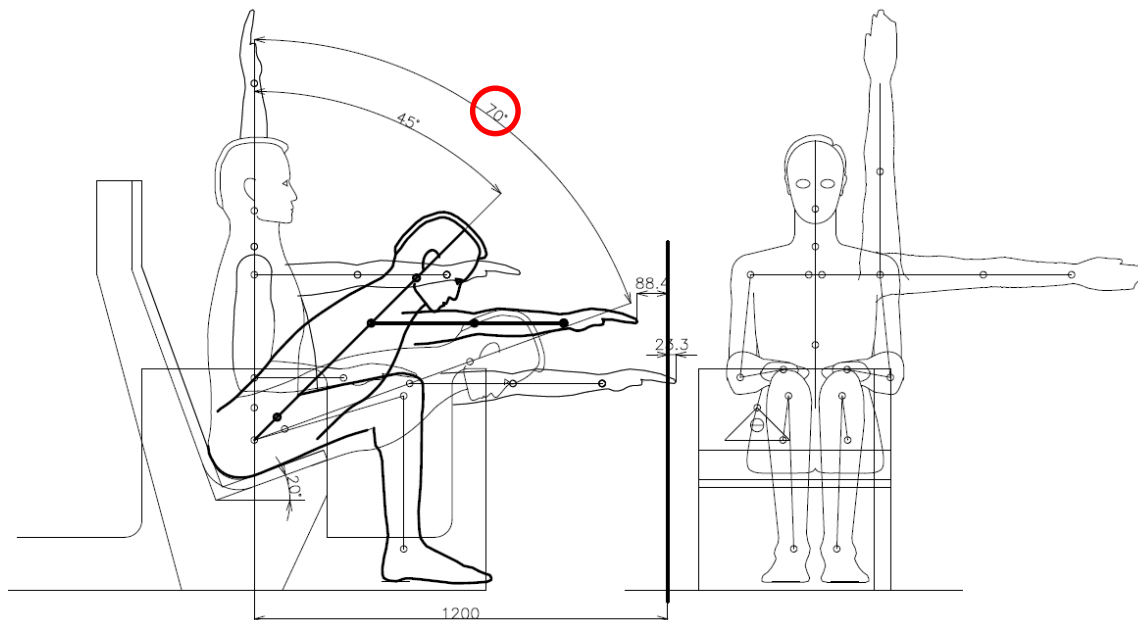
① 前傾や横への傾斜により人が動く最大の範囲を設定する

例1) 現実的な傾斜角度の検討



- ・傾斜角度: 45度に設定
(45度でも60度でも手が出せる範囲は同じ)
- ・ある程度条件を設定すれば、安全離隔距離を規定できる

例2) 実効性のある前傾角度の検討



- ・前傾角度: 70度に設定
- ・座席に傾斜があり前側が上がっている座席(20度)では、70度の傾斜は不可。45度程度が妥当

※ 上記範囲を規定し、追加の離隔距離を加えて安全離隔距離を設定

離隔距離に係る基準の考え方

3. 範囲内に入る場合の対応

以下いずれかの対応を行った場合、安全離隔距離内に他の構造物を設けることが可能

(1) 他の構造物に触れない客席の構造

○ 設定：手の出せない高さの側壁、上屋及び出入口の扉を設置する

手を出せない構造の例

身体保持装置と側壁により手を出せない構造となっている



側壁の対策により手足を出しにくい構造の例

側壁の厚みと高さにより手の可動範囲が限定されている

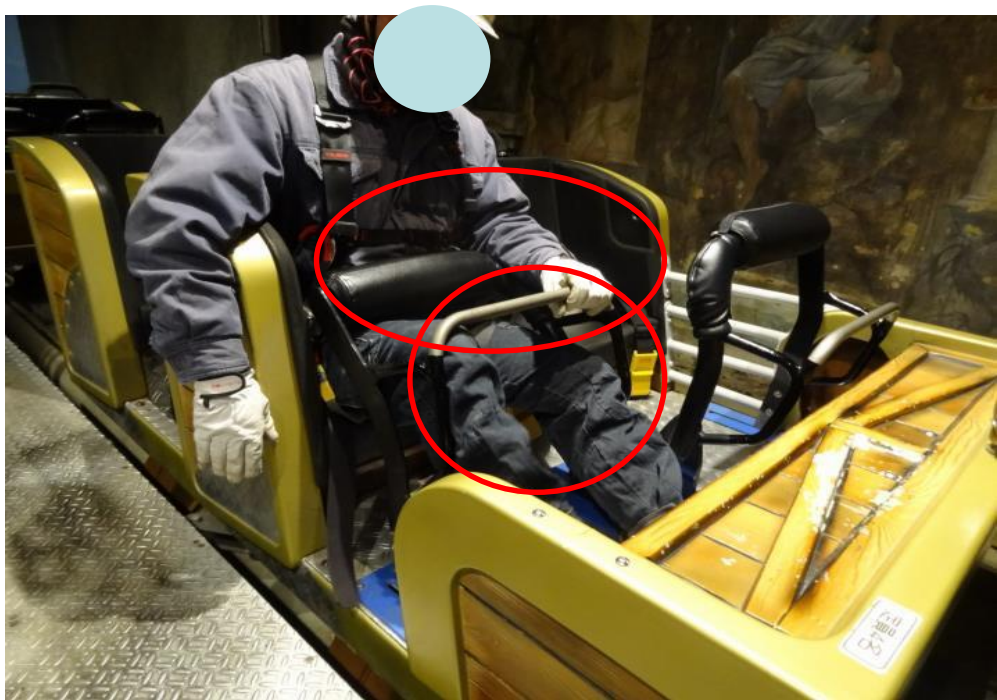


離隔距離に係る基準の考え方

(1) 他の構造物に触れない客席の構造

- 設定：手の出せない高さの側壁、上屋及び出入口の扉を設置する

安全バーの形状により、足が出せない構造となっている



扉を設置し、足が出ない構造となっている



離隔距離に係る基準の考え方

(2) 他の構造物にふれても危害を受けるおそれのない速度

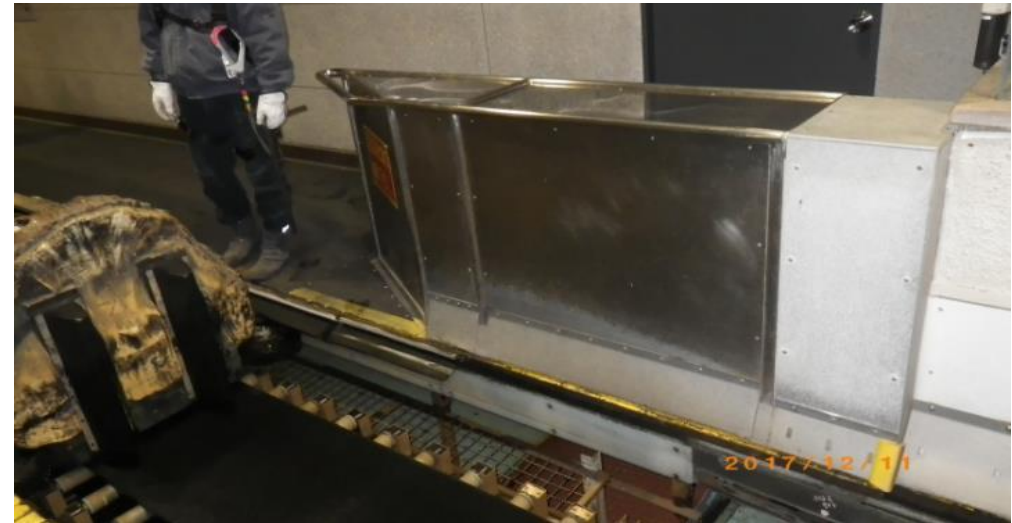
○ 設定：5 km/時以下

特に、他の構造物に触れる可能性の高い乗降場においては、進入時から停止までの間は5km/時以下とし、構造物には下記のような対策を講ずることが望ましい

傾斜に沿って自然と足が上がる仕組み



触れても支障がないように、乗降場進入部の形状・材質を工夫
(やさしい表面：Friendly Surface)



離隔距離に係る基準の考え方

(3) 他の構造物について触れても危害を受けるおそれのない構造

○ 設定：①形状（触れると安全な方向に倒れる、傾斜等により斜めに当たる等）や②材質（柔らかい等）の工夫により、触れても危害を受けるおそれがないものとする

（例）速度10 km/時以下、かつ、他の構造物に20mm厚以上の衝撃吸収マット、又は30mm厚以上のウレタンを設置した場合 など

可動式の柵と網（転落防止用）を乗降場端の手前に設置し、触れても倒れて危害が及ばないように措置



プラットホーム端の柵の代わりに、可動式ポール（転落防止用）を設置し、触れても危害のないように工夫

