

# 幼児 2 人同乗用自転車の開発に係る 既存モデルの強度・剛性試験

－幼児 2 人同乗用自転車開発事業－

平成 2 0 年 5 月 3 0 日

(財) 自転車産業振興協会

技 術 研 究 所

# 幼児 2 人同乗用自転車の開発に係る既存モデルの強度・剛性試験

財団法人自転車産業振興協会  
技術研究所

## 1. はじめに

警察庁では、現行の道路交通法で禁止している幼児の自転車 2 人同乗を緩和する方向で、専用自転車の開発・普及の可能性等について検討することとし、当会を含む自転車関係 3 団体に、この取り組みに対する協力要請を行っている。

当会としては、こうした状況に積極的に対応するため、自転車の強度・走行安定性基準案の策定と安全性に配慮した自転車の試作を行い、幼児 2 人同乗用自転車の基準や要件等の早期策定に資することとした。今回、まず幼児 2 人同乗用自転車の強度・走行安定性基準案策定のために、既存モデルの性能・強度試験を行ったので報告する。

## 2. 試験概要

幼児 2 人同乗用自転車の強度基準の基礎データを得るため、既存のシティ車及び子供乗せ専用自転車を対象として、幼児 2 人同乗時の強度・剛性試験を行った。

現在、幼児 2 人を同乗させている状況は、既存の子供乗せ専用自転車（前乗せ用、後乗せ用）に幼児用座席を後付け装着した場合と、通常の自転車の前後に幼児用座席を後付け装着した場合である。これらについて、幼児を模した砂袋（以下、幼児用ダミーと表記）を前のみ、後のみ、前後両方に積載するなど、条件を変化させて、以下に示す試験を実施した。

寸法測定 静的安定性試験 傾斜安定性試験 リヤキャリアの横剛性試験 上下加振強度試験  
左右揺動試験 フレーム体ねじり剛性試験 リヤキャリアの固有振動数測定

## 3. 供試品及び幼児用ダミー

試験に供した自転車は、前乗せ幼児同乗用自転車として前輪径 22 インチ（写真 3-1、以下、前乗せ 22 と表記）及び 24 インチ（写真 3-2、以下、前乗せ 24 と表記）の 2 車種、後乗せ幼児同乗用自転車（写真 3-3、以下、後乗せと表記）及び通常の 26 インチ U 形のシティ車（写真 3-4、以下、一般と表記）の計 4 種類である。また、後付け装着した幼児用座席は前乗せ用（写真 3-5、写真 3-6）と、後乗せ用（写真 3-7、写真 3-8）で、簡易型とハイバック型である。

後付けの幼児用座席を固定するリヤキャリアはクラス 1 8（積載容量 18 kg 用）及びクラス 2 5（同 25 kg 用）の 2 種類とした。

幼児用ダミーは EN 14344（自転車用幼児座席）に規定されている試験用バッグに準じた。試験に使用した幼児用ダミーを写真 3-9 に、その各部の質量を表 3-1 に示す。

表 3-1 幼児用ダミーの質量

(単位 : kg)

	胴体部	脚部(左右合計)	合計
16kg幼児用ダミー	12	4	16
24kg幼児用ダミー	18	6	24



写真 3-1 前乗せ幼児同乗用自転車(22 インチ)



写真 3-2 前乗せ幼児同乗用自転車(24 インチ)



写真 3-3 後乗せ幼児同乗用自転車



写真 3-4 U形シティ車



写真 3-5 前乗せ用簡易型座席



写真 3-6 前乗せ用ハイバック型座席



写真 3-7 後乗せ用簡易型座席



写真 3-8 後乗せ用ハイバック型座席



写真 3-9 幼児用ダミー

## 4. 試験内容と結果

### 4.1 寸法測定

#### 4.1.1 試験内容

4台の供試車について、各部位の寸法、重量、前後輪の分担荷重、ヘッド角等を測定した。また、前輪高さを変えて前後輪の分担荷重を計量することにより重心位置、重心高さを求めた。このとき、前乗せ用幼児座席には16kg 幼児用ダミーを取り付け、後乗せ用幼児座席には24kg 幼児用ダミーを取り付けた。分担荷重を計量している状況を写真4.1-1に示す。

以下に、測定項目を示す。

自転車の全長

ホイールベース（前後車軸間の距離）

リヤセンター（ハンガ中心 - 後車軸間の距離）

サドルを最低位置にした時の地上からの高さ及びサドル最大高さ

幼児用座席座面の地上からの高さ

スタンドの全幅、及び接地幅

車輪の呼び

ハンドルストッパの有無

ハンガ下がり（前後の車輪径が異なる場合には、後車輪ハブ軸からの垂直距離を測定）

ヘッド角

前ホークオフセット量

トレール

幼児用座席に幼児用ダミーを乗せた時の自転車全体の重量、及び前後輪分担荷重(重心高さを求めるため)

自転車に後乗せ用幼児座席を取付け、背もたれ中央部から後ハブ軸の鉛直線までの水平距離



写真 4.1-1 分担荷重計量状況

#### 4.1.2 測定結果

全長、ホイールベースなどの各寸法の測定結果を表4.1-1に示す。

自転車の全長は、前乗せの自転車は前輪径が小さいため、1800 mm 以下であったが、後乗せ、及び一般の自転車はともに1855 mm であった。後乗せは、前後の車輪径が小さいにもかかわらず、リヤセンターが長いため、一般のものと全長が変わらなかった。

ホイールベースは、後乗せが1232 mm と最長であったが、その他のものは1110~1140 mm であった。リヤセンターも、後乗せだけが596.5 mm と長くなっていたが、その他のものは全て450 mm 前後の値であった。

サドル高さは、最小高さが750 mm 前後、最大高さが900 mm 前後と大きな差異はなかった。しかし、幼児用座席の座面の高さは、前乗せの専用車が840 mm であったのに対し、一般車のハンドルに固定するタイプが900 mm 前後であり、50 mm の差があった。後乗せでも専用車が700 mm、リヤキャリアに載せるタイプが764 mm と60 mm 以上の差があった。

スタンドの全幅は、前乗せ2種類及び後乗せが300~342 mm、一般車が268 mm で一般車のほうが狭くなっていた。

重量は、自転車単体で19.5~27.3 kg であったものが、前後にダミーを積載すると64.8~70.3 kg に激増する。

表 4.1-1 寸法測定結果

供試車		前乗せ22	前乗せ24	後乗せ	一般 + 簡易 <sup>1</sup>	一般+ハイバック <sup>2</sup>
項目						
全長(mm)		1780	1797	1855	1855	1855
ホイールベース(mm)		1121.0	1110.0	1232.0	1140.5	1140.5
リヤセンター(mm)		442.0	453.5	596.5	445.5	445.5
サドル高さ	最小高さ(mm)	768	764	755	765	765
	最大高さ(mm)	930	873	908	895	895
幼児用座席座面高さ	前用(mm)	840	835	---	990	990
	後用(mm)	---	---	700	764	764
スタンド	全幅(mm)	342	300	318	268	268
	接地幅(mm)	335	290	308	240	240
車輪の呼び	前輪	2 2 × 1 3/8	2 4 × 1 3/8	2 2 × 1 1/2	2 6 × 1 3/8	2 6 × 1 3/8
	後輪	2 6 × 1 3/8	2 6 × 1 3/8	2 2 × 1 1/2	2 6 × 1 3/8	2 6 × 1 3/8
ハンドルストッパの有無		有 (スタンドと連動)	有	有	有	有
ハンガ下がり(mm)		28	40	16	43	43
ヘッド角(度)		69.0	70.5	68.0	74.0	74.0
前ホークオフセット量(mm)		58	60	57	74	74
トレール(mm)		48.6	45.4	55.9	18.5	18.5
重量(kg)	納品時の自転車	22.1	21.6	27.3	19.5	19.5
	ダミー 1 体積載 (+ 16kgダミー)	38.1	37.6	51.3	47.5	47.5
	ダミー 2 体積載 (+ ハイバック後乗せ用 + 24kgダミー)	66.5	65.6	70.3	64.8	66.9
前輪タイヤの外径(mm)		577	616	581	666	666
後輪タイヤの外径(mm)		666	666	581	666	666
後ハブ軸から背もたれまでの位置(mm)		253	238	221	215	218

1 一般の自転車に簡易型幼児用座席を装着

2 一般の自転車にハイバック型幼児用座席を装着

表 4.1-2 前後輪分担荷重、重心位置及び重心高さ

供試車		前乗せ22	前乗せ24	後乗せ	一般+簡易	一般+ハイバック
項目		測定値				
自転車のみ	前輪荷重	10.00 kg ( 45.25 % )	10.05 kg ( 46.53 % )	9.15 kg ( 33.58 % )	8.35 kg ( 42.82 % )	8.35 kg ( 42.82 % )
	後輪荷重	12.10 kg ( 54.75 % )	11.55 kg ( 53.47 % )	18.10 kg ( 66.42 % )	11.15 kg ( 57.18 % )	11.15 kg ( 57.18 % )
	総重量	22.10 kg	21.60 kg	27.25 kg	19.50 kg	19.50 kg
	重心位置	507.24 mm	516.46 mm	413.68 mm	488.37 mm	488.37 mm
	重心高さ	567.50 mm	556.38 mm	532.66 mm	511.95 mm	511.95 mm
前にダミー	前輪荷重	23.50 kg ( 61.60 % )	23.00 kg ( 61.42 % )			
	後輪荷重	14.65 kg ( 38.40 % )	14.45 kg ( 38.58 % )			
	総重量	38.15 kg	37.45 kg			
	重心位置	690.52 mm	681.71 mm			
	重心高さ	801.66 mm	719.51 mm			
後にダミー	前輪荷重			10.40 kg ( 20.31 % )	5.60 kg ( 11.99 % )	2.55 kg ( 5.34 % )
	後輪荷重			40.80 kg ( 79.69 % )	41.10 kg ( 88.01 % )	45.20 kg ( 94.66 % )
	総重量			51.20 kg	46.70 kg	47.75 kg
	重心位置			250.25 mm	136.76 mm	165.48 mm
	重心高さ			658.74 mm	746.85 mm	826.14 mm
座席追加	前輪荷重	9.55 kg ( 35.83 % )	9.50 kg ( 36.12 % )	11.40 kg ( 37.38 % )	9.45 kg ( 38.10 % )	10.20 kg ( 37.23 % )
	後輪荷重	17.10 kg ( 64.17 % )	16.80 kg ( 63.88 % )	19.10 kg ( 62.62 % )	15.35 kg ( 61.90 % )	17.20 kg ( 62.77 % )
	総重量	26.65 kg	26.30 kg	30.50 kg	24.80 kg	27.40 kg
	重心位置	401.71 mm	400.95 mm	460.49 mm	434.59 mm	424.57 mm
	重心高さ	605.25 mm	622.67 mm	558.37 mm	592.77 mm	626.90 mm
前後にダミー	前輪荷重	20.25 kg ( 30.47 % )	19.80 kg ( 30.18 % )	23.60 kg ( 33.57 % )	16.40 kg ( 25.31 % )	19.15 kg ( 28.65 % )
	後輪荷重	46.20 kg ( 69.53 % )	45.80 kg ( 69.82 % )	46.70 kg ( 66.43 % )	48.40 kg ( 74.69 % )	47.70 kg ( 71.35 % )
	総重量	66.45 kg	65.60 kg	70.30 kg	64.80 kg	66.85 kg
	重心位置	341.61 mm	335.03 mm	413.59 mm	288.65 mm	326.71 mm
	重心高さ	785.34 mm	816.88 mm	679.38 mm	850.80 mm	782.72 mm

次に、前後輪分担荷重、重心位置、重心高さの測定結果を表 4.1-2 に示した。自転車での状態での前後輪分担荷重は、図 4.1-1 に示したとおり前輪が 45 %、後輪が 55 %であるが、後乗せ専用車のみ前輪が 34 %、後輪が 66 %であった。また、前後にダミーを積載した状態では、図 4.1-2 に示したとおり子供乗せ専用車 3 台は前輪が 30 ~ 34 %、後輪が 70 ~ 66 %で、一般車では前輪が 25 ~ 29 %、後輪が 75 ~ 71 %であった。図 4.1-3 にダミー積載による前輪分担荷重割合の変化状況を示した。

図 4.1-4 に地面からの重心高さ位置を示したが、ダミー積載により重心高さが 800mm 前後まで上昇することが分かる。

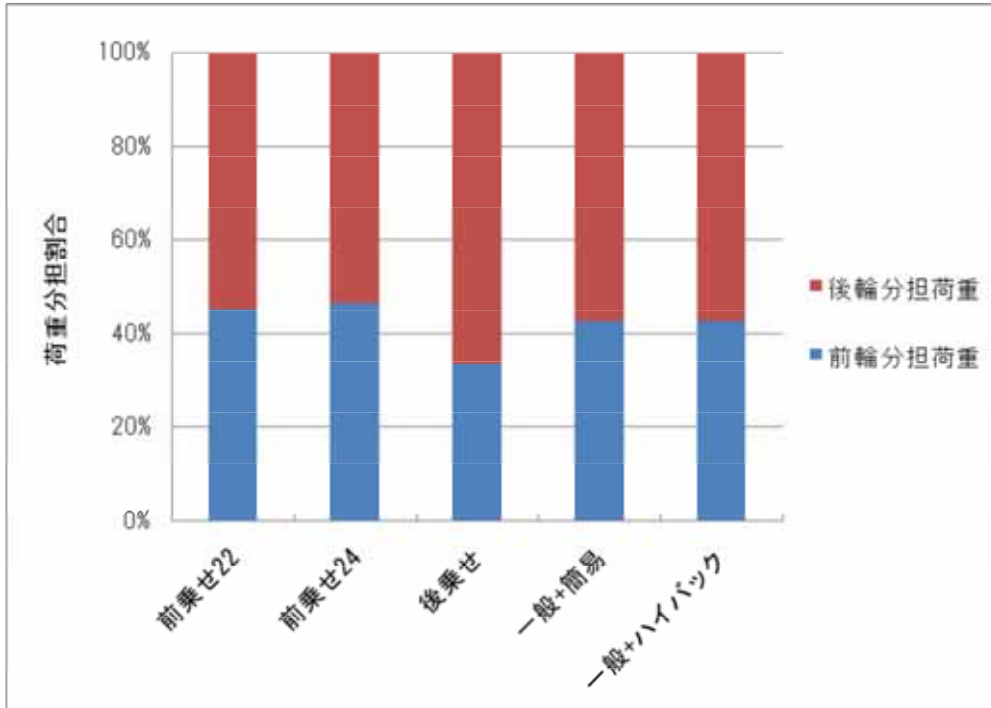


図 4.1-1 前後輪分担荷重割合

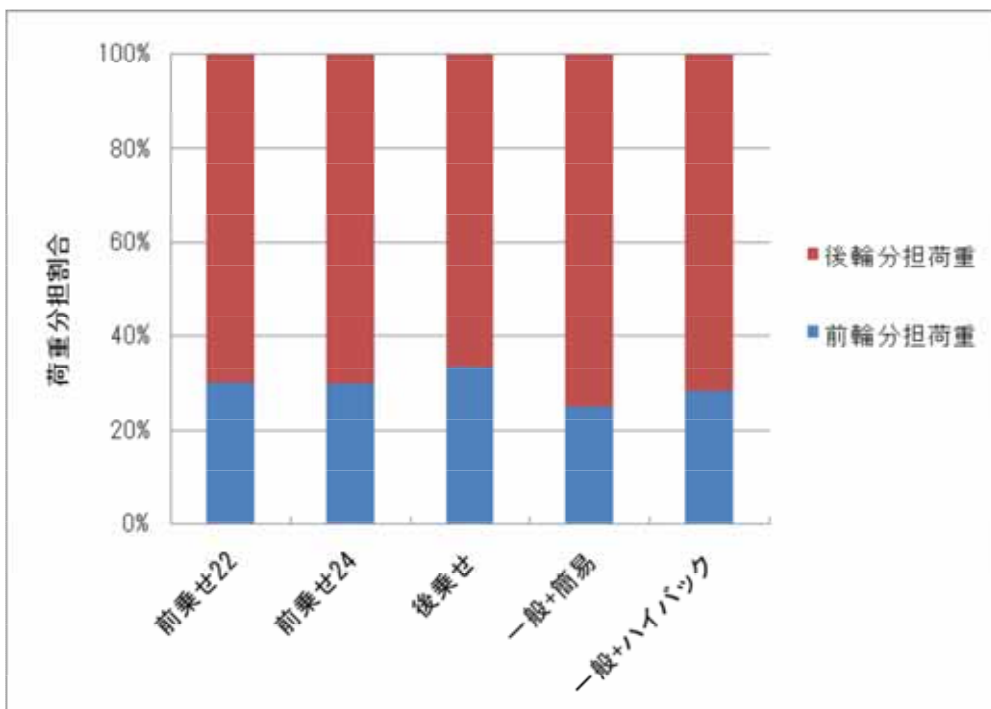


図 4.1-2 幼児用ダミー積載時の前後輪分担荷重割合



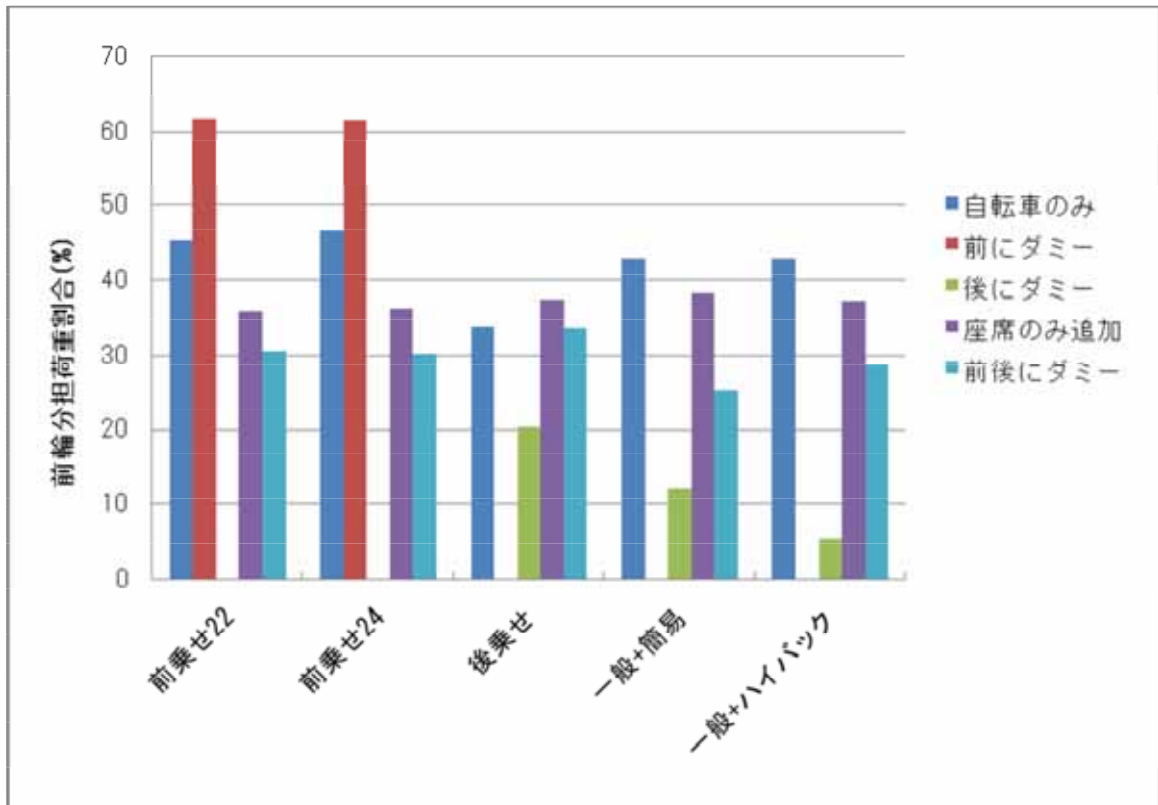


図 4.1-3 ダミー積載による前輪分担荷重割合の変化

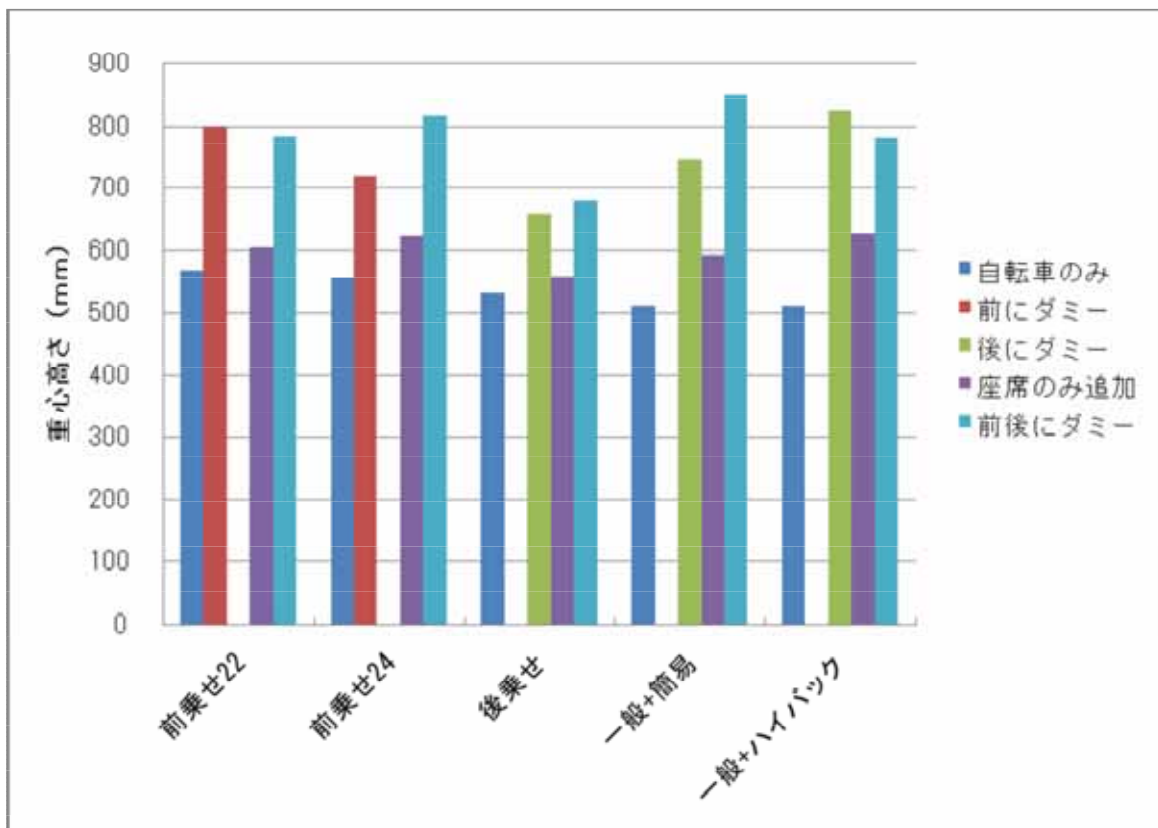


図 4.1-4 ダミー積載による重心高さの変化

## 4.2 静的安定性試験（駐輪時）

### 4.2.1 試験内容

幼児用座席に幼児用ダミーを載せてスタンドを立てた状態で、傾斜試験走行路を使用して、路面を徐々に傾斜させていったときに、自転車が倒れる角度(転倒角度とする。)を測定した。

試験は、自転車のみ、幼児用座席(前のみ、後のみ)に幼児用ダミー1体を積載、別途購入した幼児用ハイバック座席を取り付け、前後の座席に幼児用ダミーを積載の3条件とした。このとき、一般の自転車にダミーを1体のみ積載する条件(一般+ダミー1体と記す)では、後乗せ用幼児座席を取り付けて試験を行った。また、前乗せ用幼児座席に積載するダミーは16kgダミーを使用し、後乗せ用幼児座席に積載するダミーは24kgダミーを使用した(以降の試験についても、ダミー積載条件は同じとする)。なお、傾斜試験走行路の路面の摩擦係数はおよそ1.0である。

まず、各試験条件において、ハンドルストッパをかけた場合とかけない場合について転倒角度を測定した。また、それらの結果から、スタンド接地幅と転倒角度及び重心高さとの相関を調べた。さらに、駐輪時の前輪の向きによる転倒角度を比較した。傾斜試験走行路を写真4.2-1に、試験状況を写真4.2-2に示す。



写真 4.2-1 傾斜試験走行路



写真 4.2-2 静的安定性試験状況

### 4.4.2 試験結果

試験結果を表4.2-1、及び図4.2-1(ストッパ有)及び図4.2-2(ストッパ無)に示す。なお、前乗せ22の自転車はスタンドとハンドルストッパが連動しており、スタンドを立てた状態では、自動的にストッパが作動するため、ストッパをかけない場合の試験は不能であった。図4.2-1、4.2-2から、ダミーを前後に2体積載した場合には、どの供試車も6度前後の転倒角度となり、差異が見出せなかった。

しかし、ダミーを1体積載した状態では、ストッパをかける、かけないに関わらず、後乗せタイプの自転車が最も転倒角度が大きく(倒れにくく)なったが、ダミーの重心(もしくは全体の重心)の位置がスタンドに近いので、より倒れにくくなったものと思われる。一方、図4.2-3に示すストッパの有無の比較では、ストッパの有効性は認められなかった。これは、路面の摩擦係数が約1.0と大きかったため、路面を傾斜させてもハンドルが回転しなかったことが一因と思われる。しかし、後述する前輪の向きによる安定性の比較時には、駐輪時に前輪の向きをフレーム中心面と90度の向きにした場合に、前輪が斜面下方に向かって滑り(下り)始める現象や、幼児用座席におもりを積載したときにハンドルが旋回する現象も見られ、前輪の向きをフレーム中心面と平行に固定できるハンドルストッパは有効であるものと考えられる。

次に、スタンドの接地幅と転倒角度の関係を図4.2-4に、重心高さとの関係を図4.2-5に示

すが、ともに相関は認められなかった。

さらに、駐輪時の前輪の向きによる安定性を調べた結果を図 4.2-6 に示す。後乗せ自転車に前乗せ用ハイバック型の幼児用座席を後付け装着し、前後にダミーを 2 体積載して、ハンドルストッパをかけないという条件で比較を行ったが、駐輪時の前輪の向きが上向き 90 度(前輪先端が山側、前に載せたダミーが谷側に位置)のものが最も転倒角度が小さく(倒れやすく)、前輪がフレーム中心面と平行、下向き 90 度(前輪先端が谷側、前に載せたダミーが山側に位置)の順で転倒角度が大きく(倒れにくく)なった。

表 4.2-1 転倒角度測定結果

供 試 車		前乗せ22	前乗せ24	後乗せ	一般+簡易	一般+ハイバック	
スタンド全幅(mm)		342	300	318	268	268	
スタンド接地幅(mm)		335	290	308	240	240	
ストッパ有	自転車のみ	転倒角度(度)	6.58	7.89	11.44	8.13	7.47
		重心高さ(mm)	567.50	556.38	532.66	511.95	511.95
	前にダミー	転倒角度(度)	3.35	4.00	-	-	-
		重心高さ(mm)	801.66	719.51	-	-	-
	後にダミー	転倒角度(度)	-	-	10.17	7.70	7.09
		重心高さ(mm)	-	-	658.74	746.85	826.14
	前後にダミー	転倒角度(度)	5.73	6.16	6.57	5.89	5.34
		重心高さ(mm)	785.34	816.88	679.38	850.80	782.72
ストッパ無	自転車のみ(度)		-	8.00	10.34	8.02	7.47
	前にダミー(度)		-	4.14	-	-	-
	後にダミー(度)		-	-	10.23	7.84	7.19
	前後にダミー(度)		-	5.98	6.69	5.88	5.38

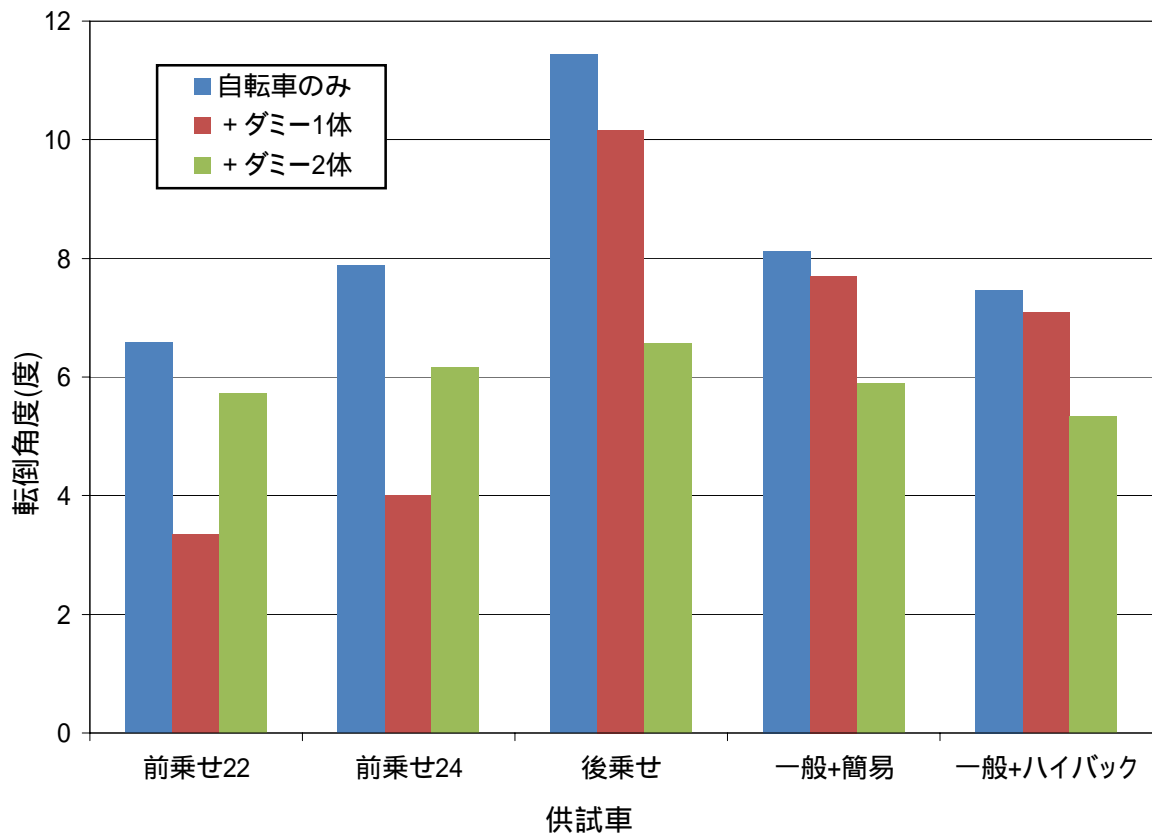


図4.2-1 静的安定性試験結果(ストッパ有)

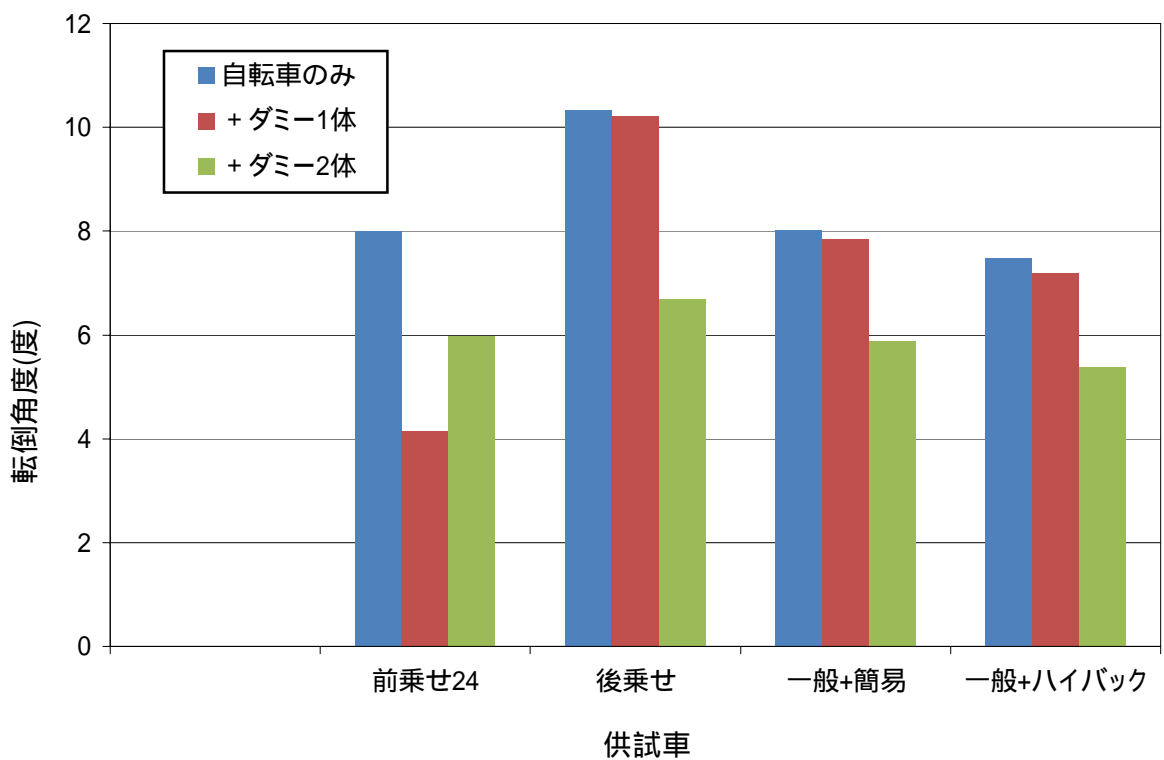


図4.2-2 静的安定性試験結果(ストッパ無)

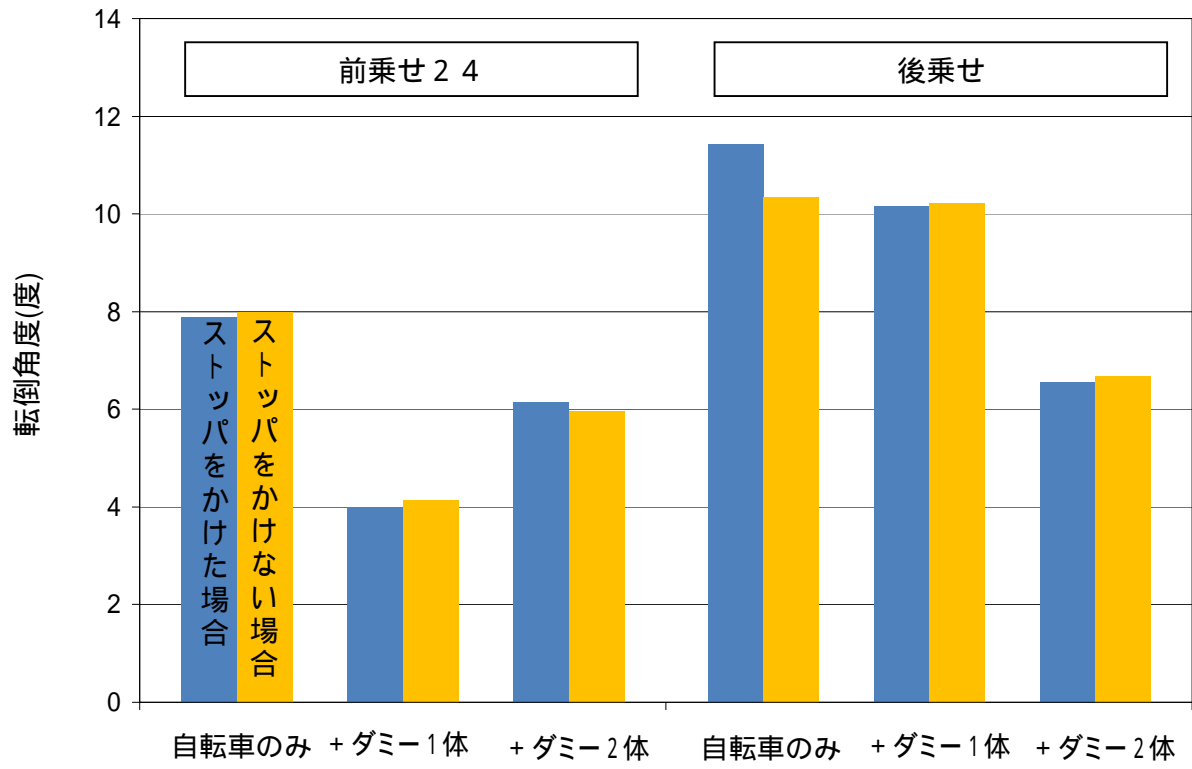


図4.2-3 ストッパ有無の比較

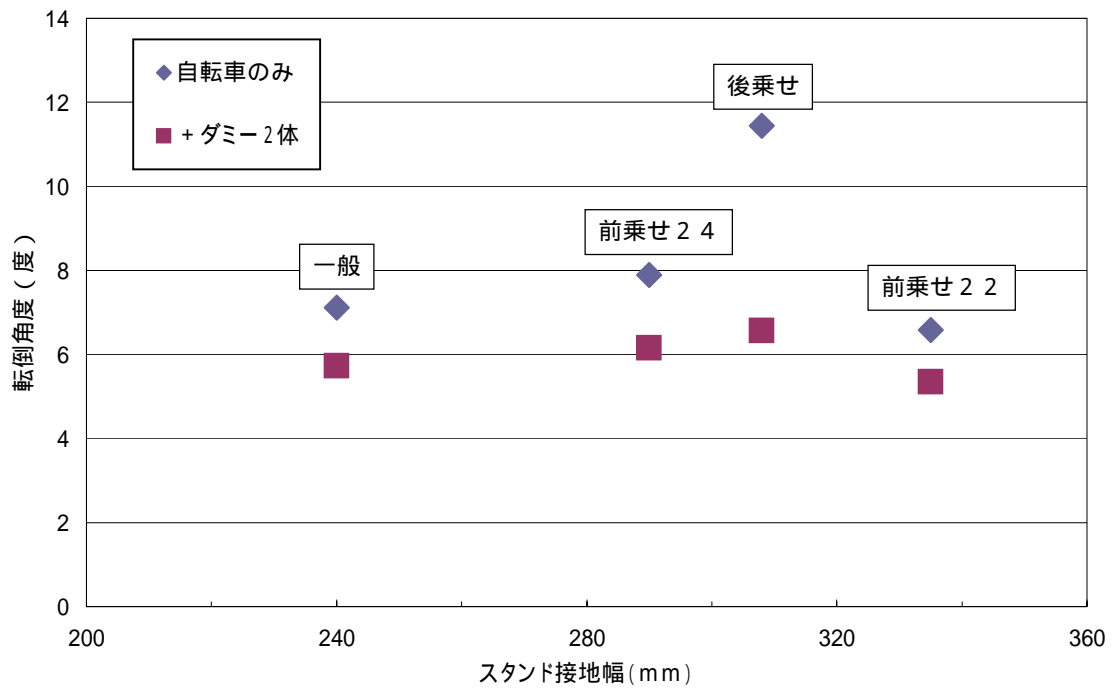


図4.2-4 スタンド接地幅と転倒角度

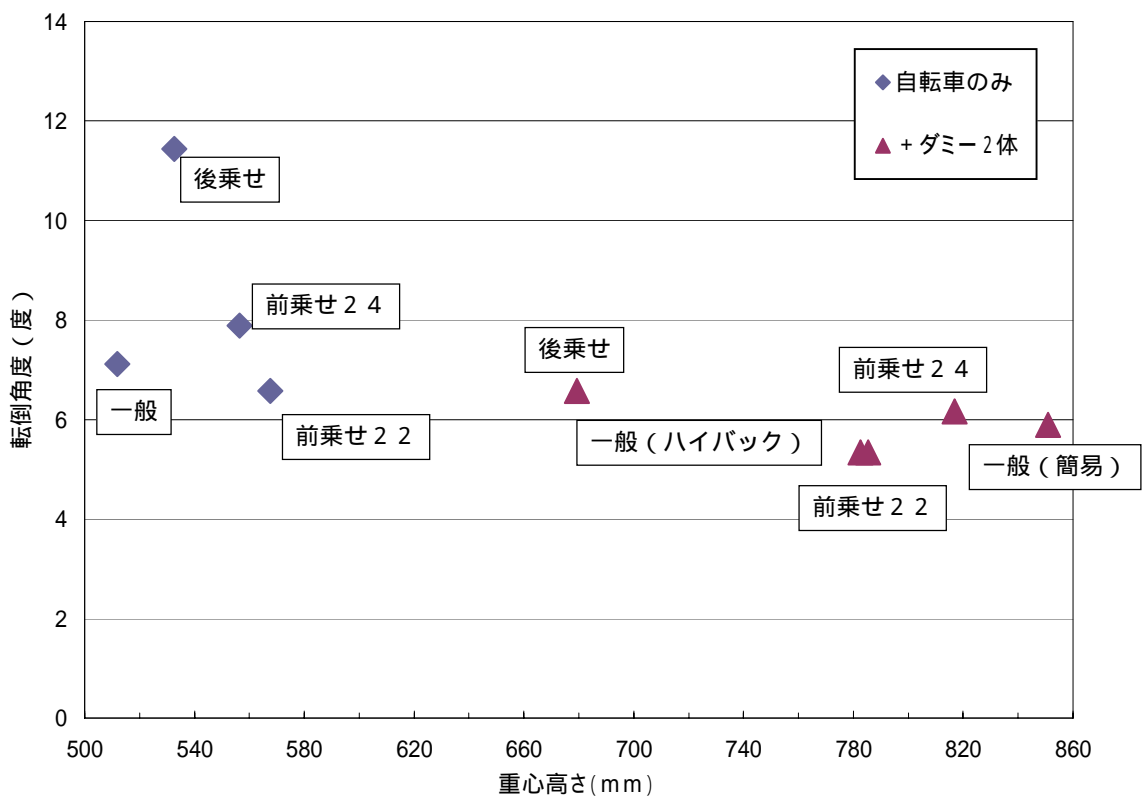


図4.2-5 重心高さ と転倒角度

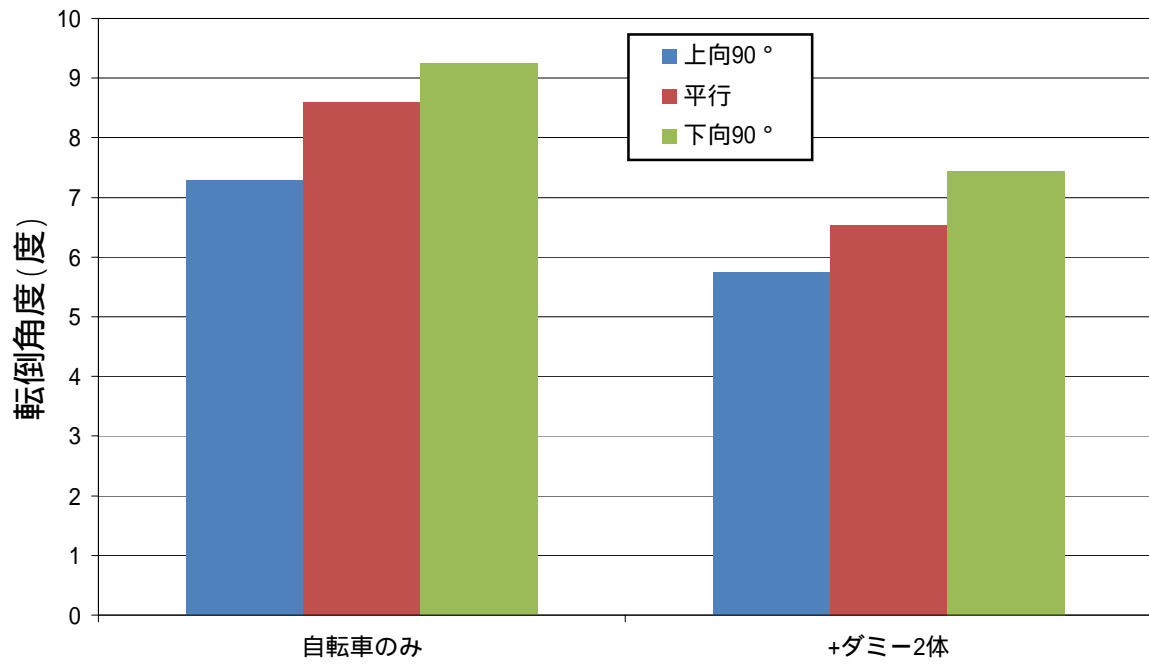


図4.2-6 前輪の向きによる転倒角度

#### 4.3 傾斜安定性試験（停車時）

##### 4.3.1 試験内容

幼児用座席に幼児用ダミーを取り付けて固定し、スタンドを跳ね上げた状態で路面を傾斜させ、乗員が自転車を支えきれなくなる路面角度を測定した(転倒角度とする)。なお、図 4.3-1 に示すように路面に対して自転車を垂直状態に保持できるように、キャリアあるいは幼児用座席を押さえるストッパを設けた。

試験は後乗せの幼児同乗用自転車のハンドル部に前乗せハイバック型の幼児用座席を取り付け、幼児用ダミーを前後に積載した状態で測定した。なお、乗員の立ち位置は自転車の左側方とし、自転車を右方向に傾けた。

乗員は 8 名の技研職員（男性 7 名、女性 1 名）とし、路面の傾斜角度を徐々に大きくしながら、乗員がそれ以上支えきれないと判断した時の角度を記録した。

また、自転車の重心高さや車輪の接地軸廻りの回転モーメントとの相関を見るため、乗員を 1 名に特定し、5 種類の自転車で測定した。さらに、前乗せ 22 の自転車については自転車のみ、幼児用ダミー 1 体積載及び幼児用ダミー 2 体積載について、乗員が自転車にまたがった状態でも測定した。

試験状況を写真 4.3-1 に示す。

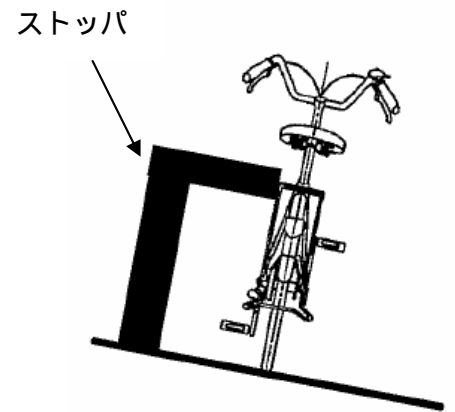


図 4.3-1 傾斜安定性試験模式図



写真 4.3-1 傾斜安定性試験状況

##### 4.3.2 試験結果

表 4.3-1、及び図 4.3-3 に乗員を代えた場合の測定結果を示す。なお、路面は最大 12 度まで傾斜させた。図 4.3-3 から分かるように、この試験は乗員により大きくばらついており、その原因は試験者の体重や腕力等の個体差によるところが大きいと思われる。表 4.3-1、及び図 4.3-3 において、乗員は体重順（乗員 1 > 乗員 8）に並べられており、4 番の乗員を除けば、体重による差異が確認できる。

表 4.3-2 に同一の乗員により、自転車を換えて測定した結果を示す。自転車の重心高さと転倒角度との関係を図 4.3-4 に示したが、当初、転倒角度は自転車の重心高さ、総重量、にぎりの高さなどと相関するものと考えたが、顕著な相関は確認できなかった。

また、乗員がそれ以上支えきれないと判断した時の自転車の転倒軸廻りモーメントを図 4.3-5 に示した。転倒軸廻りモーメントは、乗員がそれ以上支えきれないと判断した時の路面の傾

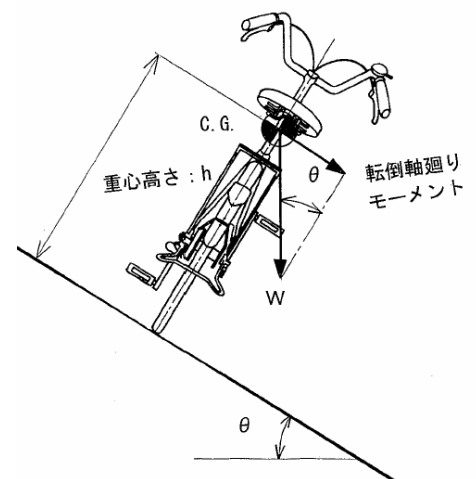


図 4.3-2 転倒軸廻りモーメント



斜角を $\theta$ 、重心高さを $h$ 、総重量を $W$ としたとき、 $W \times \sin \theta \times h$ により求めた(図 4.3-2 参照)。自転車の種類によって差異が見られ、転倒軸廻りモーメントがある値を超えたときに支えきれなくなって転倒するという事は確認できなかった。

乗員の立ち位置による測定結果を図 4.3-6 に示したが、自転車のみ、あるいはダミー 1 体積載では、12 度の傾斜に耐えられたため、立ち位置による比較はできなかったが、ダミー 2 体を積載した場合、自転車の側方で支えた方が小さな角度で支えきれなくなり、またがった方が支えやすいとの結果が得られた。

表 4.3-1 転倒角度の測定結果 (乗員を変えて)

乗員	1	2	3	4	5	6	7	8
転倒角度(度)	12.0	12.0	12.0	9.2	10.6	10.5	10.2	9.3

路面の最大傾斜角度は 12 度

表 4.3-2 転倒角度の測定結果 (自転車を変えて)

	前乗せ22	前乗せ24	後乗せ	一般+簡易	一般+ハイバック
重心高さ(mm)	785.34	816.88	679.38	850.80	782.72
総重量(kg)	66.5	65.6	70.3	64.8	66.9
重心高さ×総重量(kg・m)	52.23	53.59	47.76	55.13	52.36
にぎりの高さ(mm)	1080	990	1065	1150	1150
転倒角度(度)	8.55	10.55	10.60	9.90	7.70

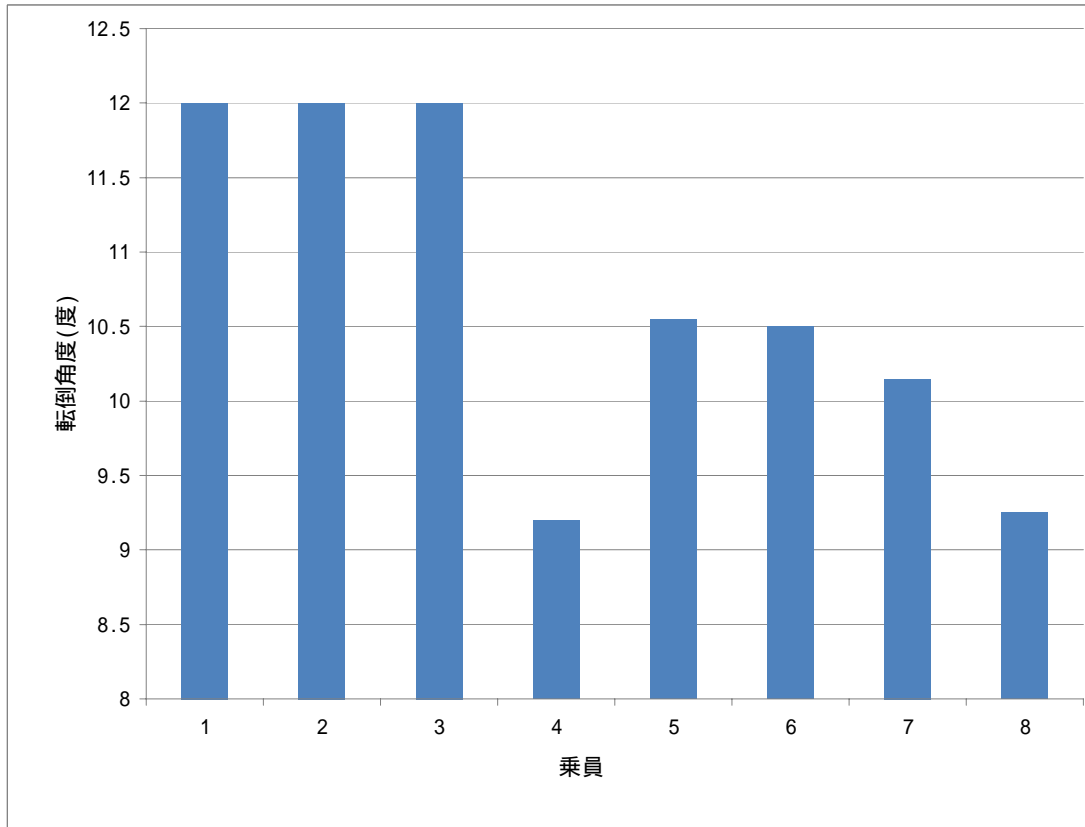


図4.3-3 乗員による転倒角度

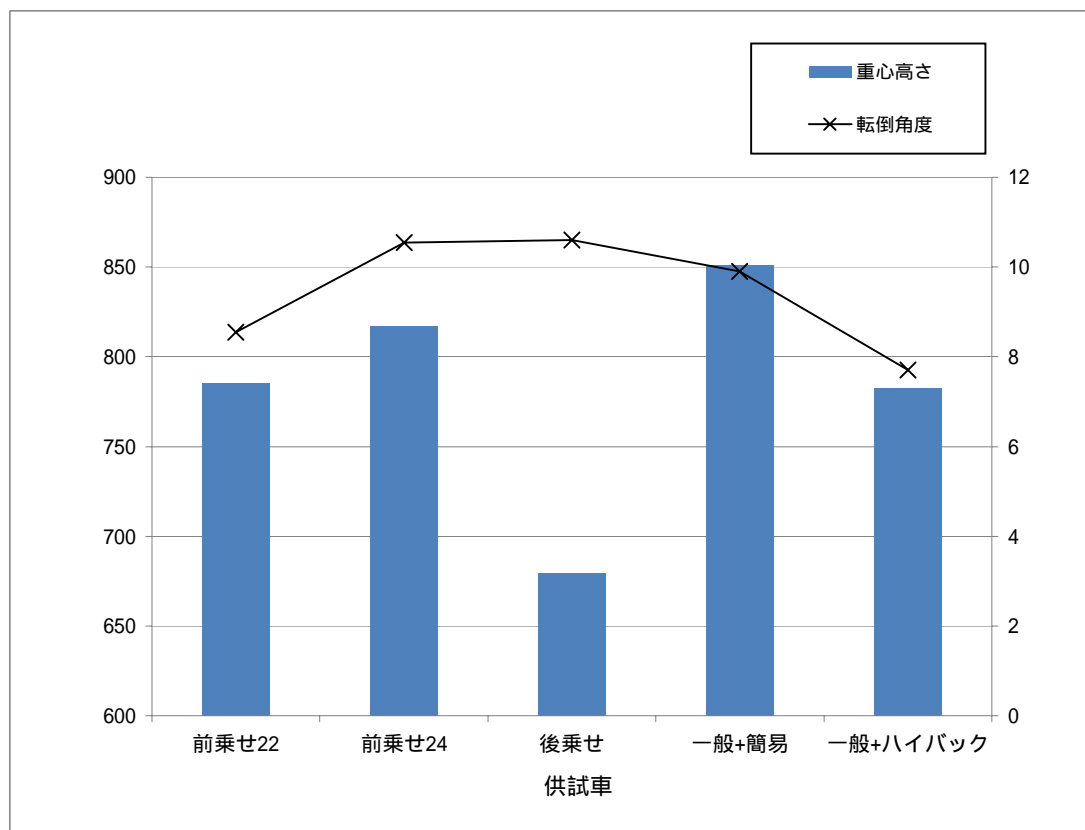


図4.3-4 重心高さと転倒角度

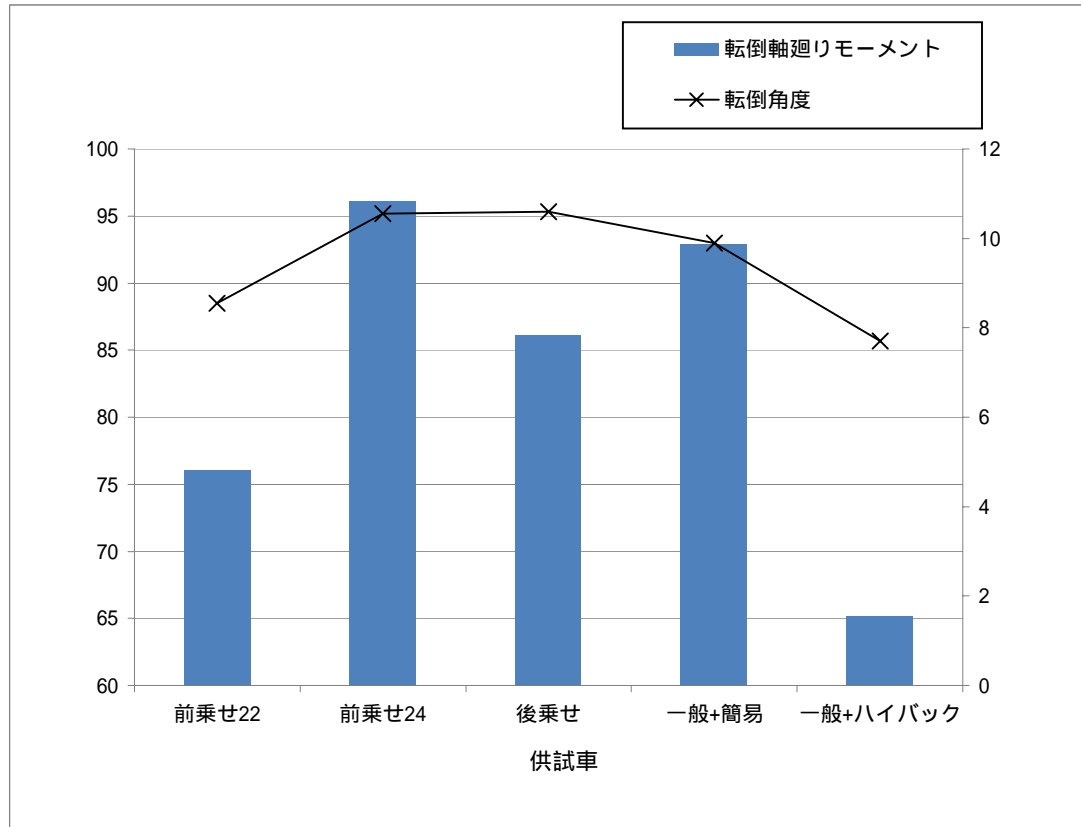


図4.3-5 転倒軸廻りモーメントと転倒角度

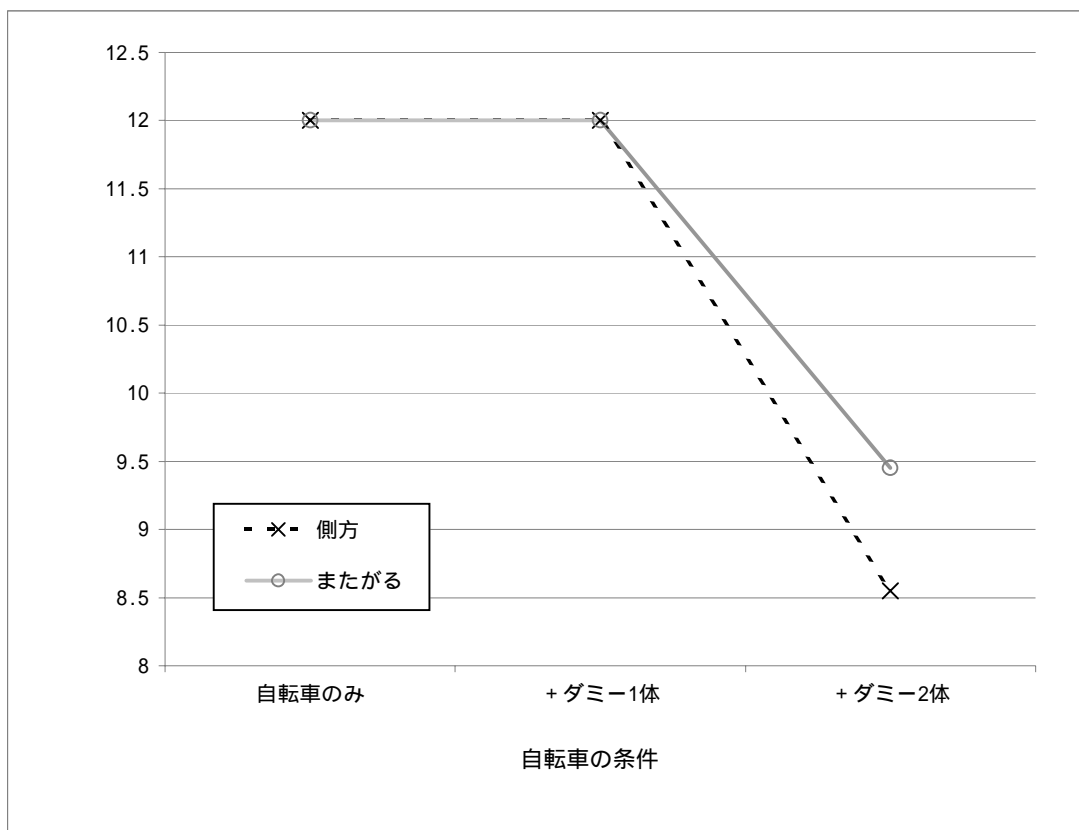


図4.3-6 乗員の立ち位置による比較

#### 4.4 リヤキャリアの横剛性試験

##### 4.4.1 試験内容

横剛性試験として、別途購入したクラス18とクラス25のリヤキャリアの側方静的強度と破壊荷重強度を確認した。

側方静的強度は、JIS D 9453 (自転車 - リヤキャリア及びスタンド) 5.12(2)側方静荷重試験に準じて、図4.4-1のように、リヤキャリアを試験用取付け台に水平方向に固定し、キャリアの後方から50 mm位置にキャリアの容量別クラスと等しい力(クラス18のものは試験荷重180 N)を1分間加えたときに、荷重点の変位量を測定した(JISでは、荷重点のたわみは15 mm以下と規定されている。)なお、試験速度は10 mm/minとした。その後、荷重を取り除いた後の永久変形量を測定した(JISでは永久変形量は5mm以下と規定されている)

破壊強度は、上記と同様にリヤキャリアを取り付け、リヤキャリアが破壊するまで荷重を加え、破壊荷重を調べた。なお、試験速度は25 mm/minとした。試験状況を写真4.4-1に示す。

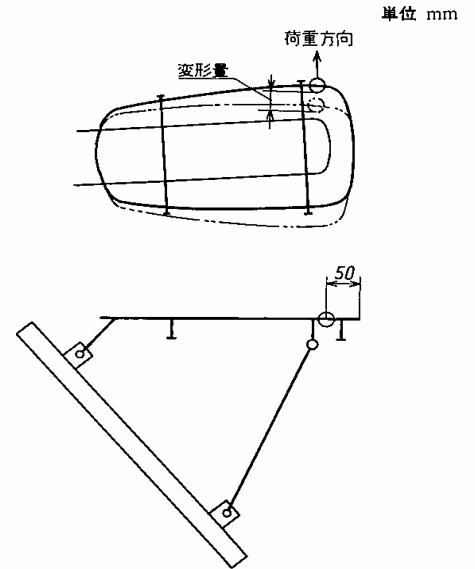


図4.4-1 リヤキャリアの側方静荷重試験

##### 4.4.2 試験結果

側方静的強度の試験結果を表4.4-1と図4.4-2に示す。クラス18とクラス25では180 Nと250 Nと試験荷重が異なるものの、最大変形量は15.57 mmと15.58 mmとほぼ同じ値を示したが、JISの基準をわずかに満たさなかった。一方、永久変形量は1.59 mmと2.69 mmとなり、JISの基準を満たした。

また、破壊荷重の測定では、クラス18のリヤキャリアは荷重試験機の容量上限の5.04 kNまで荷重を加えたが、大きくたわみはしたものの破壊までには至らなかった(変形量285.6 mm)。クラス25のリヤキャリアでは、試験荷重0.25 kN(変形量14.69 mm)から荷重の上昇スピードが落ち始め、0.42 kN(変形量40.0 mm)で補強用部材のスポット溶接が外れた。そのまま試験を継続したが、次々にスポット溶接が外れ、試験荷重1.7 kNで試験を中止した。破壊強度の試験結果を表4.4-2と図4.4-3に、破壊荷重試験によるリヤキャリアの破損状況を写真4.4-2に示す。

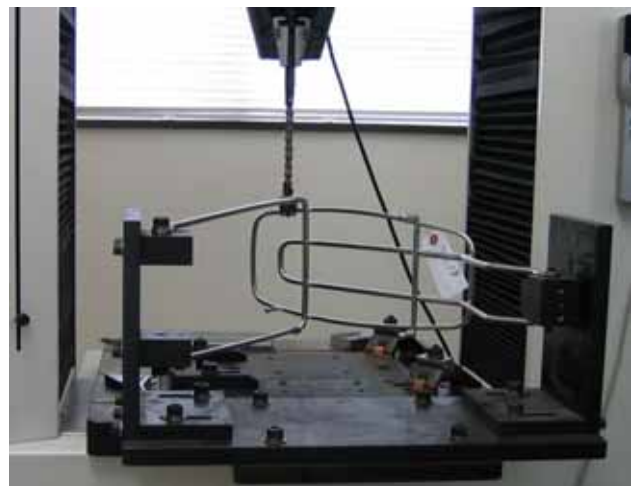


写真4.4-1 リヤキャリア破壊荷重測定状況

表4.4-1 側方静的強度試験結果

容量別クラス	クラス18	クラス25
供試品のサイズ(in)	26	26
ステー外径寸法(mm)	7.75	8.00
試験荷重(N)	180	250
試験速度(mm/min)	10	
最大変位量(mm)	15.57	15.85
永久変形量(mm)	1.59	2.69

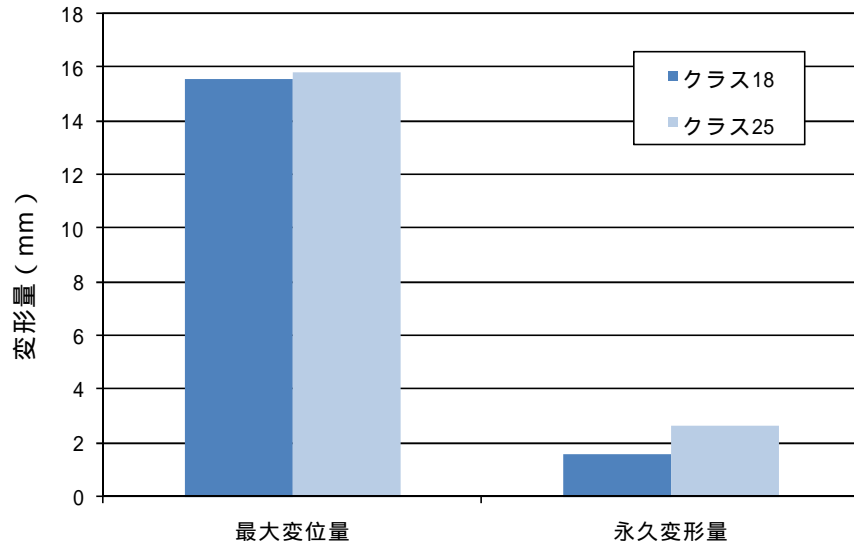


図 4.4-2 側方静的強度試験結果

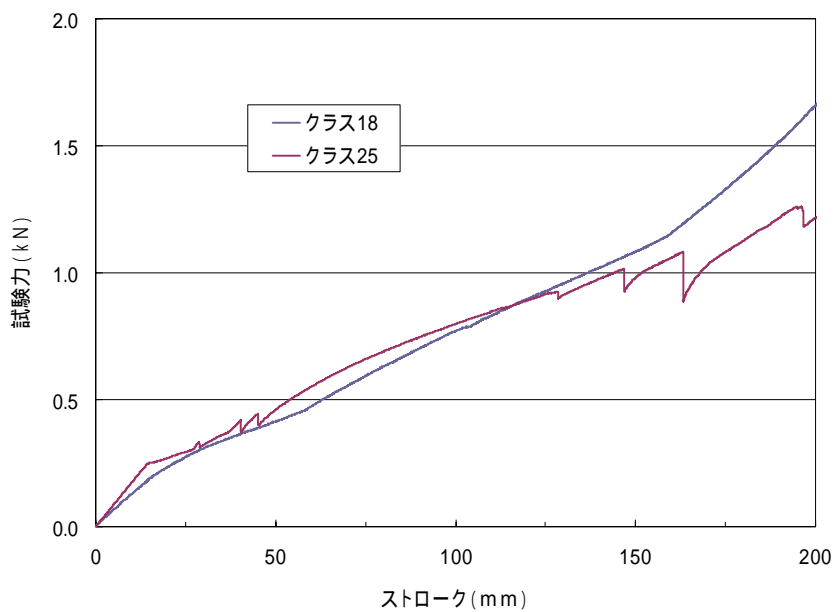


図 4.4-3 破壊強度試験結果

表 4.4-2 破壊強度試験結果

容量別クラス	クラス 18	クラス 25
試験速度 (mm/min)	25	
破壊荷重 (kN)		0.42
最大荷重 (kN)	5.04	
変位量 (mm)	285.6	40.0
備考	破損せず	スポット溶接外れ



写真 4.4-2 リヤキャリア破損状況

## 4.5 上下加振強度試験

### 4.5.1 試験内容

図 4.5-1 に示すように、自転車が転倒しないように後車軸を試験機のアームにより固定し、自転車の前後車輪を試験機の加振部に固定した。また、サドル、シートポストは取り除き、立パイプ上端には JIS D9301:2004 7.8.3.1 前倒し衝撃試験に準じた重量 30 kg のおもり（前倒し衝撃試験では 70 kg のおもりを使用する。）を取り付けた。

供試車には、前乗せ用幼児座席には 16 kg 幼児用ダミーを、後乗せ用幼児座席に 24 kg 幼児用ダミーを積載・固定した。

上下方向の振動に対する強度試験として、前後車輪の加振振動数を同じにした場合（同相加振）と振動数を変えた場合（異相加振）の 2 段階を実施した。同相加振の場合、前後車輪の振動数は 7.0 Hz、異相加振では前輪の振動数を 7.2 Hz、後輪の振動数は 7.0 Hz とした。そして、振幅は 5 mm（全振幅 10 mm）[加振部の加速度  $9.8 \text{ m/s}^2$ ] とし、5 万回振動させた。なお、異相加振は同相加振終了した後、引続いて行った。上下加振強度試験状況を写真 4.5-1 に示す。

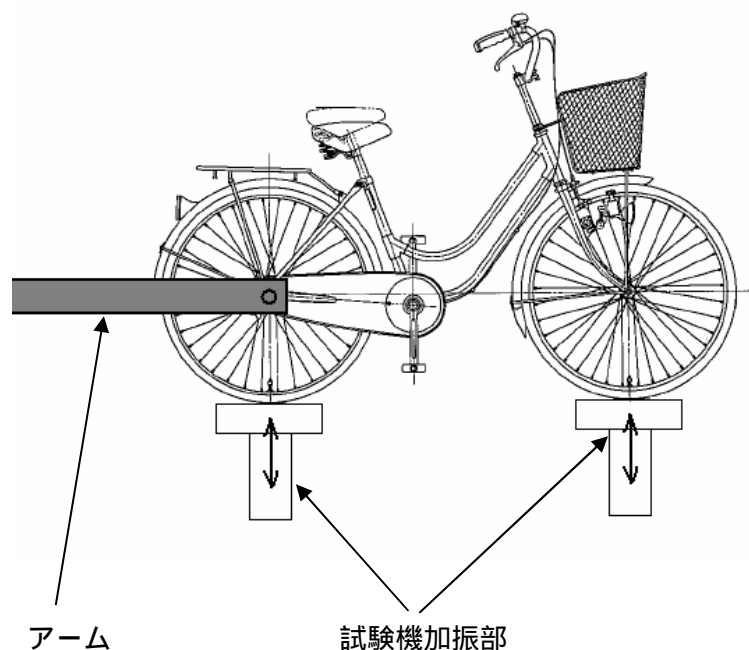


図 4.5-1 上下加振強度試験模式図



写真 4.5-1 上下加振強度試験状況

#### 4.5.2 試験結果

試験結果を表 4.5-1 に示す。標準装備されていた幼児用座席はすべて異常がなかった。しかし、後付けのハイバック型幼児用座席は3台の供試品に装着したが、そのうち前乗せ 24 に装着したものは、同相加振終了後には異常がなかったものの、その後の異相加振時に右側足乗せ部が脱落した。また、一般車に装着した簡易型の幼児用座席も同相加振終了後には異常がなかったものの、その後の異相加振時に前後座席とも破損した。一般車に装着した簡易型の後座席の足乗せ部破損脱落状況を写真 4.5-2 に、簡易型の前座席のハンドル取り付けステーと座席本体のかしめ部破損状況を写真 4.5-3 に示す。



写真 4.5-2 足乗せ部破損脱落状況



写真 4.5-3 かしめ部破損状況

表 4.5-1 上下加振強度試験結果

試験条件 供試車	前乗せ22		前乗せ24		後乗せ		一般+簡易	
	同相	異相	同相	異相	同相	異相	同相	異相
試験回数	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	12,050
異常の有無	無	無	無	有	無	無	無	有
備 考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・前かご上下に揺れる。</li> <li>・後座席足部左右に揺れる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・34,900回で前かごの留め具外れる。(元に戻して再開)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・14,000回で後座席の足乗せ右側破損し脱落。その後その状態で50,000回まで実施。</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>・1,700回で後座席の足乗せ右側破損し脱落。(写真4.5-2)</li> <li>・その状態で継続、12,050回で前座席左右かしめ破損。(写真4.5-3)</li> </ul>	



## 4.6 左右揺動試験

### 4.6.1 試験内容

定盤の車輪固定ジグにより、フレームが左右には傾くが前後方向には移動しないよう自転車の前後車輪を拘束し、自在ジョイントを介したジグによりシートポストと加振機を連結した。自転車に前後の幼児用座席を取り付けた状態で、前乗せ用幼児座席には 16kg 幼児用ダミーを、後乗せ用幼児座席には 24kg 幼児用ダミーを積載し固定した。

試験条件は、EN 14344(自転車用幼児座席)を参考に、自転車中心面の振れ角が $\pm 5$ 度になるように加振部の振幅を調整し、振動数 1 Hz で全角 10 度 [加振部の加速度  $2.6 \text{ m/s}^2$ ] で左右に 8 万回振動させた。(EN 14344 では、幼児用座席のみを左右に 5 万回揺動させるとの規定である。)左右揺動試験状況を写真 4.6-1 に示す。

### 4.6.2 試験結果

試験結果を表 4.6-1 に示す。前乗せ 22 と後乗せの 2 台は自転車及び付属品については全く異常がなかった。また、幼児用座席も、すべて異常はなかった。一方、リヤキャリアを上ブリッジで固定するタイプのものはすべてブリッジの破損とリヤキャリアステアの破損が認められた。これは、クラス 18 のリヤキャリアに体重 22 kg までを同乗できる幼児用座席を取り付けて試験を行ったことと、さらに 4.8 章で説明するように、クラス 18 のリヤキャリアの固有振動数 (3 Hz 前後) が試験振動数 (1 Hz) に近いため、リヤキャリアが大きくゆれるためと思われる。今回の試験によるリヤキャリアのステア破損状況を写真 4.6-2 に、上ブリッジ破損状況を写真 4.6-3 に示す。



写真 4.6-1 揺動試験状況



写真 4.6-2 リヤキャリアステア破損状況



写真 4.6-3 上ブリッジ破損状況

表 4.6-1 揺動試験結果

供試車	前乗せ22	前乗せ24	後乗せ	一般+簡易	一般+ハイバック
異常の有無	無	有	無	有	有
キャリアの種類	クラス25 (立パイプ上端の専用金具 に固定)	クラス18 (ブリッジ固定)	子供乗せ専用	クラス18 (ブリッジ固定)	クラス18 (ブリッジ固定)
備 考		・リヤキャリア左ステー根 元破損 ・左右ブリッジ破損		・リヤキャリア左右ステー 根元破損 ・左右ブリッジ破損	・リヤキャリア左ステー 破損 ・左右ブリッジ破損

## 4.7 フレーム体ねじり剛性試験

### 4.7.1 試験内容

フレーム中心面が水平になるように、フレーム試験用取付け台にフレーム体のハンガ及び立パイプを固定し、ヘッドパイプにその内径と等しい長さ 470 mm の丸棒を挿入し、そこにおもりを付加することによりフレームにねじり力を与えた。

測定方法は図 4.7-1 に示すように、初めにヘッドパイプの長さを測定し、その中央に目印を付ける(イ)。次に、ヘッドパイプに挿入した丸棒に、(イ)から 250 mm (ロ) 及び 300 mm (ハ) の箇所に目印を付ける。そして、(イ)(ロ)の箇所にダイヤルゲージを取り付け、(ハ)の箇所には 100 N~300 N まで、100 N ずつおもりを遞増し、その時の(イ)(ロ)の箇所の変位量を測定し、変位量よりフレーム体のたわみ量とねじれ角度を算出し、ねじり剛性を評価した。

写真 4.7-1 にねじり剛性測定状況を示す。なお、比較としてスタガード形のフレーム体についてもねじり剛性を評価した。



写真 4.7-1 フレーム体ねじり剛性測定状況

### 4.7.2 試験結果

表 4.7-1 にパイプの外径、たわみ量、ねじり角度の測定結果を、また、図 4.7-2 にたわみ量算出結果を、図 4.7-3 にたわみ量より求めたフレーム体のねじれ角度を示す。図 4.7-2,4.7-3 から分かるように、たわみ量もねじれ角度も、メインパイプが 2 本あるスタガード形フレーム体よりも今回試験したメインパイプが 1 本のフレーム体の方がねじり剛性は高かった。

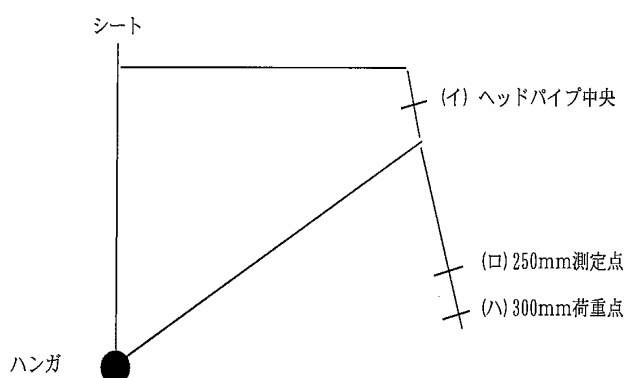


図 4.7-1 フレーム体ねじり剛性測定方法

表 4.7-1 パイプの外径、たわみ量、ねじり角度の測定結果

項目	前乗せ22	前乗せ24	後乗せ	一般 + 簡易	スタッガード (比較用)	
メインパイプ中央部の外径(平均)	51.0	44.4	56.2	45.4	25.5,28.7 <sup>1</sup>	
メインパイプ中央部の内径(平均)	44.9	40.4	49.9	41.3	22.8,25.7	
メインパイプ中央部の肉厚(平均)	3.05	2.00	3.15	2.05	1.35,1.50	
100N	(イ)の変位量	1.01	0.76	0.81	0.90	1.40
	(ロ)の変位量	1.60	1.20	1.20	0.80	2.30
	平均たわみ量 ((イ)+(ロ))/2	1.31	0.98	1.01	0.85	1.85
	たわみ量 (イ) - (ロ)	0.59	0.44	0.39	-0.10	0.90
	ねじり角度	0.13522	0.10084	0.08938	-0.02292	0.20626
200N	(イ)の変位量	2.15	1.65	1.74	1.99	2.86
	(ロ)の変位量	3.30	2.50	2.50	2.20	4.70
	平均たわみ量 ((イ)+(ロ))/2	2.73	2.08	2.12	2.10	3.78
	たわみ量 (イ) - (ロ)	1.15	0.85	0.76	0.21	1.84
	ねじり角度	0.26356	0.19480	0.17418	0.04813	0.42169
300N	(イ)の変位量	3.28	2.79	2.62	3.10	4.41
	(ロ)の変位量	4.90	4.00	3.70	3.60	7.10
	平均たわみ量 ((イ)+(ロ))/2	4.09	3.40	3.16	3.35	5.76
	たわみ量 (イ) - (ロ)	1.62	1.21	1.08	0.50	2.69
	ねじり角度	0.37127	0.27731	0.24752	0.11459	0.61648
永久変形量	(イ)の変位量	0.18	0.15	0.25	0.07	0.23
	(ロ)の変位量	0.20	0.20	0.30	0.00	0.30
	平均たわみ量 ((イ)+(ロ))/2	0.19	0.18	0.28	0.04	0.27
	たわみ量 (イ) - (ロ)	0.02	0.05	0.05	-0.07	0.07
	ねじり角度	0.00458	0.01146	0.01146	-0.01604	0.01604

スタッガード(比較用)の値は下パイプ,上パイプの順

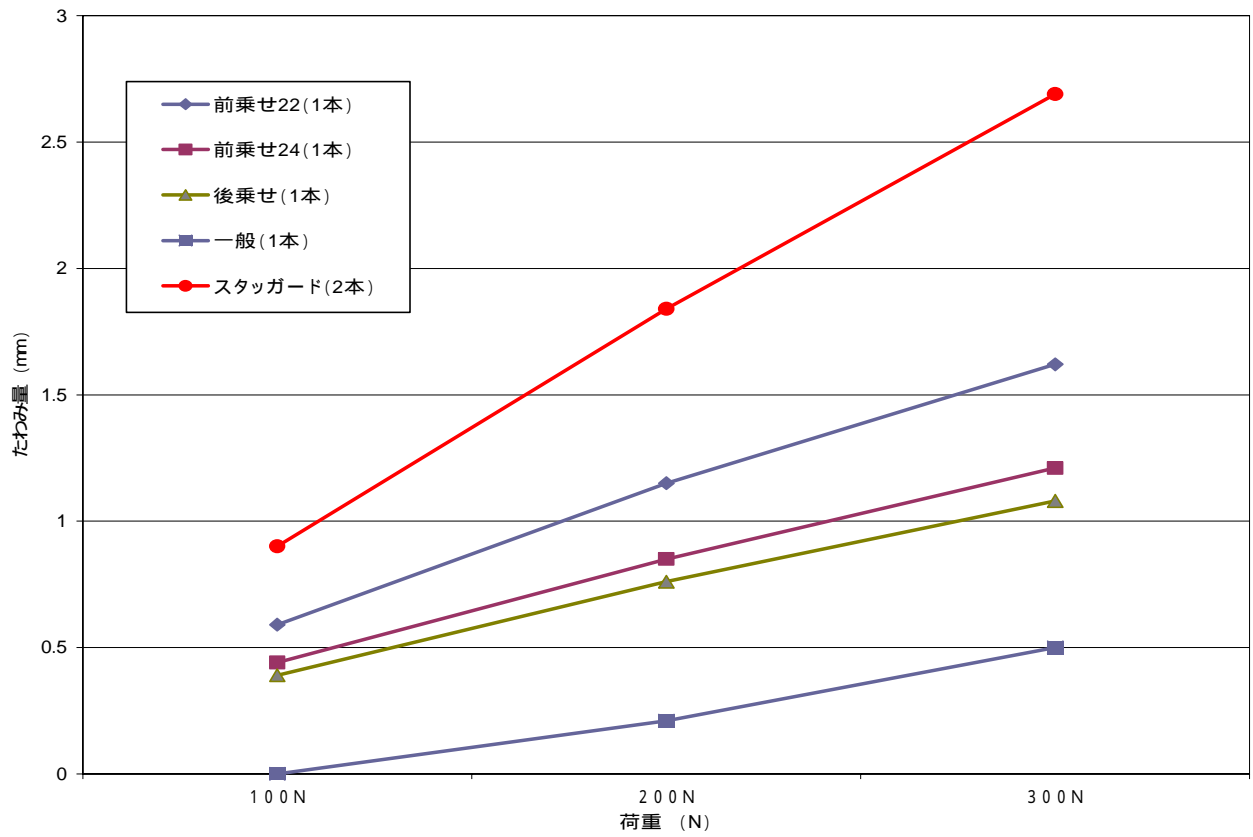


図 4.7-2 フレーム体たわみ量の比較

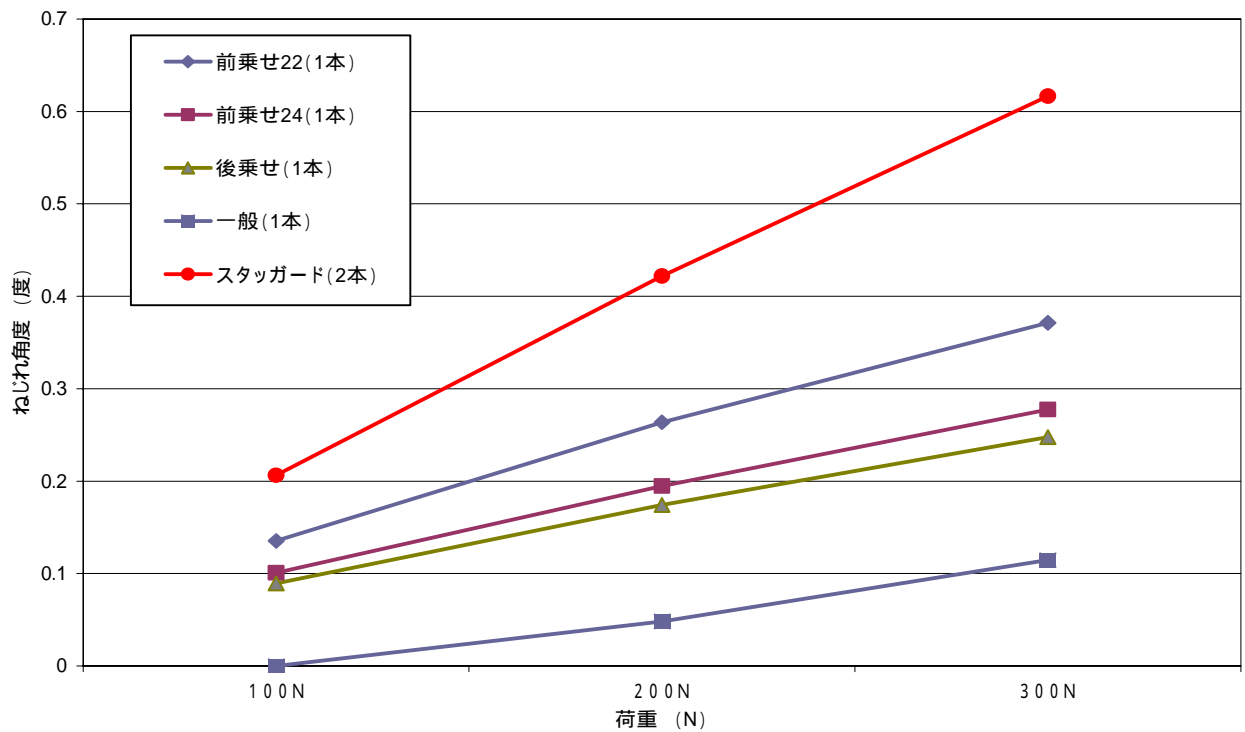


図 4.7-3 フレーム体ねじれ角度の比較

## 4.8 リヤキャリアの固有振動数測定

### 4.8.1 試験内容

リヤキャリアに幼児用座席と 24 kg 幼児用ダミーを積載したときのキャリア横方向の固有振動数を測定した。測定は、スタンドを跳ね上げた状態でフレームが鉛直となるようシートポストにより保持し、インパクトハンマによりリヤキャリアに入力を加え、そのときの応答をキャリアに取り付けた加速度センサにより観測(写真 4.8-1)し、それぞれの波形をFFTアナライザーにより観察し、伝達関数として捉えた。そして、それぞれのキャリアごとに、5 回の計測を行い平均化し、固有振動数(共振周波数)と思われるピークの位置を低いほうから一次、二次の固有振動数として読み取った。



写真 4.8-1 伝達関数の測定状況

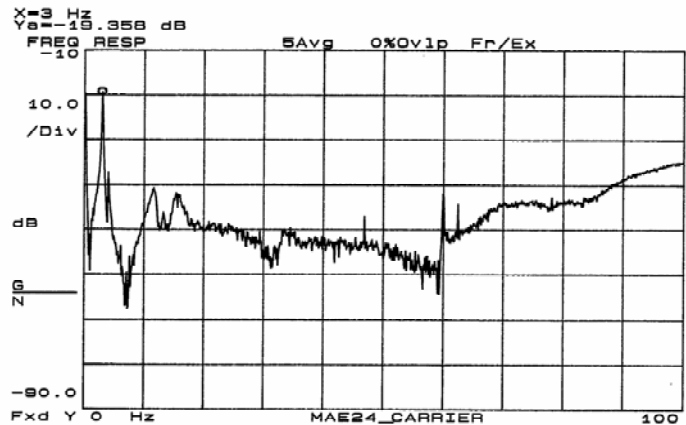


図 4.8-1 伝達関数の一例(前乗せ 22)

### 4.8.2 測定結果

4 台の自転車の固有振動数の測定結果を表 4.8-1 と図 4.8-1 に示す。固有振動数が低いほど剛性が低く、また伝達関数の大きさが大きいほどゆれが大きいと考えられるが、クラス 18 のリヤキャリアを装備していた前乗せ 24 と一般は固有振動数が 3 Hz 前後の固有振動数(一次)を観測し、伝達関数の値も大きかった。クラス 25 のリヤキャリアを装備していた前乗せ 22 も 4.37 Hz の固有振動数(一次)と低い周波数であったが、その大きさは -39.233 dB とクラス 18 よりも小さな値であった。これは、クラス 25 のリヤキャリアは使用されている線材の外径寸法が容量別クラス 18 のものより一回り太いこと、フレーム体のリヤキャリアの取り付け部の剛性が高いこと(写真 4.8-2、写真 4.8-3)によるものと思われる。また、後乗せは専用のリヤキャリアを装備(写真 4.8-4)していたため、13.75 Hz と高い周波数で、大きさも -39.763 dB と小さかった。

表 4.8-1 リヤキャリアの固有振動数

供 試 車		前乗せ 22	前乗せ 24	後乗せ	一般+ハイバック	単位	
キャリアの容量クラス		クラス 25	クラス 18	子供乗せ専用	クラス 18		
リヤキャリア上の	一 次	固有振動数	4.37	3.00	13.75	3.12	Hz
		大きさ	-39.233	-19.358	-39.763	-22.899	dB
幼児座席に幼児用	二 次	固有振動数	11.12	4.00	28.37	11.62	Hz
		大きさ	-38.042	-37.284	-46.815	-42.178	dB
ダミー積載	三 次	固有振動数		11.62		16.12	Hz
		大きさ		-40.782		-40.033	dB

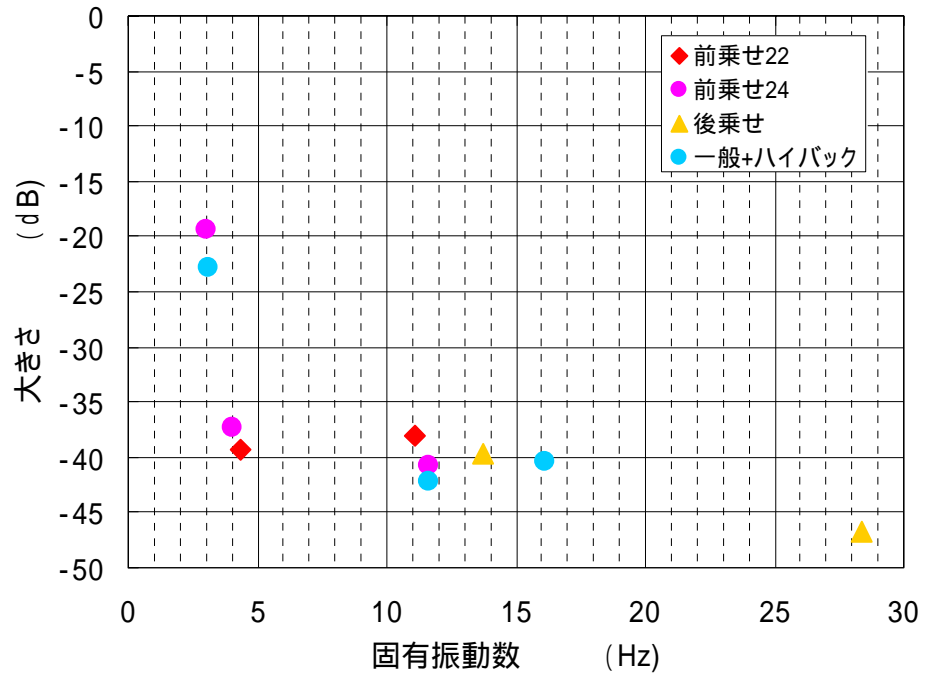


図 4.8-2 リヤキャリアの固有振動数



写真 4.8-2 前乗せ 24 のキャリア取り付け部



写真 4.8-3 前乗せ 22 のキャリア取り付け部



写真 4.8-4 後乗せのリヤキャリア

## 5. まとめ

幼児 2 人同乗用自転車の強度基準の基礎データを得るため、既存のシティ車及び子供乗せ専用自転車を対象として、幼児 2 人同乗時を想定し各種の条件で強度・剛性試験を行った。

### 寸法測定

子供乗せ専用自転車は、幼児用座席の座面高さを下げる、スタンドの幅を広げる、乗員の乗降がしやすいようにフレームの形状を 1 本パイプの低床形にする、特に後乗せの専用座席がついたものでは、リヤセンターを 150 mm 長くするなど、さまざまな工夫がなされていた。また、リヤキャリアの剛性を高めた専用フレームもあった。

前後輪分担荷重は、前後の両座席にダミーを積載した場合でも、子供乗せ専用車は前輪が 30～34%、一般車では前輪が 25～29%の分担荷重であり、問題となるような偏りはなかった。

### 静的安定性試験（駐輪時）

静的安定性試験では、重心の位置はスタンドに近いほうが倒れにくく、安定していた。ハンドルストップパをかける、かけない場合の差異は見出せなかったが、傾斜のある場所に駐輪する場合、前輪が斜面下方に向かってすべり（下り）始めたり、幼児用座席に幼児を乗せたときには、ハンドルが旋回しやすくなるので、ハンドルストップパは有効であるものと考えられる。

### 傾斜安定性試験（停車時）

傾斜安定性試験では、乗員の体重や、体力、特に腕力等に大きく依存し、また同じ乗員であっても、乗員の立ち位置や足の開き幅、つま先を向ける方向により微妙な変化が生じ、転倒角度と自転車の重心高さ、重量との相関関係は見出せなかった。加えて、ハンドル高さが乗員の力の入れやすい高さになっているかどうか等の条件も試験結果に影響したと思われる。なお、自転車の側方で支えるよりも自転車にまたがった方が、自転車を支えやすい結果となった。

### キャリアの横剛性試験

キャリアの横剛性試験ではクラス 18、クラス 25 とともに、最大変位量が基準値よりもわずかに大きかった。クラス 25 のキャリアは固有振動数の測定結果や使用されている線材の外径寸法測定により、クラス 18 のキャリアよりも横剛性の高いことが分かった。

### 上下加振強度試験、左右揺動試験

上下加振強度試験及び左右揺動試験、いずれにおいてもフレームの破損は認められず、使用に十分耐え得るとの結果が得られたが、後付けの簡易型幼児用座席、及びキャリアの一部に不具合が発生した。簡易型座席については、キャリア取り付け部や幼児用座席自体の剛性を高くしたり、ハンドルへの取り付け方法に工夫が必要であろう。なお、子供乗せ専用自転車に標準装備されている座席には問題がなかった。

キャリアについては、クラス 18 は本来 15kg 以上の幼児同乗は考慮していないものであり、今回のような過酷な条件で使用すれば、破損することも想定される。子供が成長することまで考えれば幼児用座席を取り付けるキャリアはクラス 25 以上の剛性のあるものにする必要があるだろう。

### フレーム体のねじり剛性試験

フレーム体のねじり剛性試験結果より、既存モデルのフレーム体はメインパイプが 1 本であるのにもかかわらず、メインパイプが 2 本のスタガードよりもねじり剛性が高かった。

### リヤキャリアの固有振動数測定

クラス 18 のリヤキャリアは 3 Hz 前後という低い固有振動数で、伝達関数の値も大きかったことから、クラス 25 のリヤキャリアや後乗せ（子供乗せ専用）のリヤキャリアよりも剛性が小さく、ゆれも大きい



と考えられる。

以上のように、今回の強度・剛性試験では、フレーム強度に問題はなかったが、一部のキャリアや簡易型の幼児用座席に問題が認められた。しかし、前述したように問題のあったキャリアは、本来 15kg 以上の幼児同乗は考慮していないものである。それを超えた幼児を同乗させる場合には、標準装備されたリヤキャリアの容量別クラスや自転車の取扱説明書により 22kg 以下用の幼児用座席を取り付けることができるのか確認するなど、適切な使用が望まれる。したがって、今後、リヤキャリアや幼児用座席単体の強度を考慮することにより、既存の子供乗せ専用車をベースにした幼児 2 人同乗用自転車の開発は可能（強度、剛性）と考えられる。