

消費者安全法第23条第1項の規定に基づく
事故等原因調査報告書

幼児同乗中の電動アシスト自転車の事故

2020年12月25日

消費者安全調査委員会

本報告書の調査は、消費者安全調査委員会が消費者安全法第23条第1項の規定に基づき、消費者安全の確保の見地にとって、事故の発生原因や被害の原因を究明するものである。消費者安全調査委員会による調査又は評価は、生命身体に係る消費者被害の発生又は拡大の防止を図るためのものであって、事故の責任を問うために行うものではない。

本報告書は、担当専門委員による調査、製品等事故調査部会における調査・審議を経て、2020年12月25日に消費者安全調査委員会で決定された。

消費者安全調査委員会

委員長	中川丈久
委員長代理	持丸正明
委員	河村真紀子
委員	澁谷いづみ
委員	水流聡子
委員	中原茂樹

(2020年9月30日まで)

委員長	中川丈久
委員長代理	持丸正明
委員	河村真紀子
委員	澁谷いづみ
委員	城山英明
委員	水流聡子

製品等事故調査部会

部会長代理	河村	真紀子
臨時委員	伊藤	崇
臨時委員	門脇	敏
臨時委員	関東	裕美
臨時委員	小坂	潤子
臨時委員	西田	佳史
臨時委員	堀口	逸子
臨時委員	松尾	亜紀子
臨時委員	宮崎	祐介

担当専門委員	北村	光司
担当専門委員	救仁郷	誠

(2020年9月30日まで)

部会長代理	河村	真紀子
臨時委員	伊藤	崇
臨時委員	鎌田	実
臨時委員	関東	裕美
臨時委員	小坂	潤子
臨時委員	西田	佳史
臨時委員	堀口	逸子
臨時委員	松尾	亜紀子
臨時委員	宮崎	祐介

目次

はじめに	1
1 事故の概要	4
1. 1 本調査の対象とする事故	4
1. 2 対象自転車による事故発生状況	4
2 事故等原因調査の経過	5
2. 1 選定理由	5
2. 2 調査体制	5
2. 3 調査の実施経過	6
2. 4 原因関係者からの意見聴取	7
3 基礎情報	8
3. 1 対象自転車に関する情報	8
3. 1. 1 対象自転車関連規格及び基準	8
3. 1. 2 一般的な対象自転車の形態	15
3. 1. 3 関連法令	16
3. 2 電動アシスト自転車、幼児乗せ自転車の市場流通状況	22
3. 2. 1 電動アシスト自転車	22
3. 2. 2 幼児乗せ自転車	23
4 分析	25
4. 1 事故情報	25
4. 1. 1 事故情報の種類	25
4. 1. 2 東京消防庁救急搬送データ	26
4. 1. 3 医療機関ネットワーク	33
4. 1. 4 ITARDA 交通事故分析	42
4. 1. 5 事故情報分析のまとめ	46
4. 2 使用実態調査	47
4. 2. 1 調査実施期間及び実施施設	47
4. 2. 2 調査内容	48
4. 2. 3 回収状況	49
4. 2. 4 調査結果	49
4. 2. 5 使用実態調査まとめ	70
4. 3 走行実験	71
4. 3. 1 背景、目的	71
4. 3. 2 走行状態の計測内容	73
4. 3. 3 実施内容	74

4. 3. 4	実験の協力体制	76
4. 3. 5	実験方法	76
4. 3. 6	実験A 自転車仕様の違いによる評価	80
4. 3. 7	実験B 段差走行時の評価	101
4. 3. 8	実験C 荷物運搬時の評価	103
4. 3. 9	実験D 電動アシスト自転車の制動時の安定性	104
4. 3. 10	前座席取付方法による評価（確認実験）	107
4. 3. 11	ハンドル操作支援機構の効果確認	110
4. 3. 12	走行実験まとめ	111
5	結論	114
5. 1	幼児同乗中の停車中の転倒	114
5. 2	幼児同乗中の走行中の転倒	118
5. 2. 1	転倒リスクの検討	118
5. 2. 2	転倒リスクの低減について	120
5. 2. 3	制動時の安定性	123
5. 3	幼児同乗中の押し歩き時の転倒	123
6	再発防止策	124
6. 1	幼児同乗中の停車中の転倒事故	124
6. 1. 1	幼児同乗中の停車中の転倒を防止する自転車設計面の改善	124
6. 1. 2	幼児同乗中の停車中の転倒を防止するための環境整備	125
6. 1. 3	幼児同乗中の停車中の転倒リスク要因の認識の向上	126
6. 2	幼児同乗中の走行中の転倒事故	126
6. 2. 1	幼児同乗中の走行中の転倒リスクをより低減する自転車設計面での改善	126
6. 2. 2	使用環境に適した自転車選択の必要性	128
6. 2. 3	段差などの外的要因による転倒リスクの認識	129
6. 2. 4	ブレーキの点検・保守の重要性の認識	129
6. 3	幼児同乗中の押し歩き時の転倒事故	129
7	意見	131
7. 1	経済産業大臣への意見	131
7. 1. 1	設計上の対策	131
7. 1. 2	利用者への周知及び情報提供	133
7. 2	国家公安委員会委員長、警察庁長官への意見	133
7. 3	消費者庁長官への意見	134
7. 3. 1	段差などの外的要因による転倒リスクの周知	134
7. 3. 2	使用環境に適した自転車選択の必要性の周知	134

7. 3. 3	ブレーキの点検・保守の重要性の周知	135
7. 3. 4	転倒リスクに関する情報提供	135
7. 4	内閣総理大臣、文部科学大臣、厚生労働大臣への意見	135
	参考資料	136
参考資料 1	実験計測システム	137
参考資料 2	計測データの処理方法	141
参考資料 3	走行実験について	150
参考資料 4	MT法	156
参考資料 5	重回帰分析及び主成分分析	162
参考資料 6	周波数解析のデータ分析方法	164
参考資料 7	実験A～C結果詳細	167
参考資料 8	実験D結果詳細	183
参考資料 9	主観評価結果詳細	188
参考資料 10	リヤキャリヤ部側方剛性の測定	194
参考資料 11	ハンドル操作支援機構について（実験E）	196

報告書

はじめに

消費者安全調査委員会¹（以下「調査委員会」という。）は、消費者安全法に基づき、生命又は身体の被害に係る消費者事故等の原因²及びその事故による被害発生の原因を究明し、同種又は類似の事故等の再発・拡大防止や被害の軽減のために講ずべき施策又は措置について、内閣総理大臣に対して勧告し、又は内閣総理大臣若しくは関係行政機関の長に対して意見具申することを任務としている。

調査委員会の調査対象とし得る事故等は、運輸安全委員会が調査対象とする事故等を除く生命又は身体の被害に係る消費者事故等である。ここには、食品、製品、施設、役務といった広い範囲の消費者に身近な消費生活上の事故等が含まれるが、調査委員会はこれらの中から生命身体被害の発生又は拡大の防止を図るために当該事故等の原因を究明することが必要であると認めるものを選定して、原因究明を行う。

調査委員会は選定した事故等について、事故等原因調査（以下「自ら調査」という。）を行う。ただし、既に他の行政機関等が調査等を行っており、これらの調査等で必要な原因究明ができると考えられる場合には、調査委員会はその調査結果を活用することにより当該事故等の原因を究明する。これを、「他の行政機関等による調査等の結果の評価（以下「評価」という。）」という。

この評価は、調査委員会が消費者の安全を確保するという見地から行うものであり、他の行政機関等が行う調査等とは、目的や視点が異なる場合がある。このため、評価の結果、調査委員会が、消費者安全の確保の見地から当該事故等の原因を究明するために必要な事項について、更なる解明が必要であると判断する場合には、調査等に関する事務を担当する行政機関等に対し、原因の究明に関する意見を述べ、又は調査委員会が、これら必要な事項を解明するため自ら調査を行う。

上記の自ら調査と評価を合わせて事故等原因調査等というが、その流れの概略は次のページの図のとおりである。

¹ 消費者安全法（平成 21 年法律第 50 号）の改正により、2012 年 10 月 1 日に消費者庁に設置された。

² 「原因」は、要因のうちある現象を引き起こしているとして特定されたものとし、「要因」は、ある現象を引き起こす可能性のあるものとする。出典：JIS Q 9024：2003（マネジメントシステムのパフォーマンス改善－継続的改善の手順及び技法の指針）

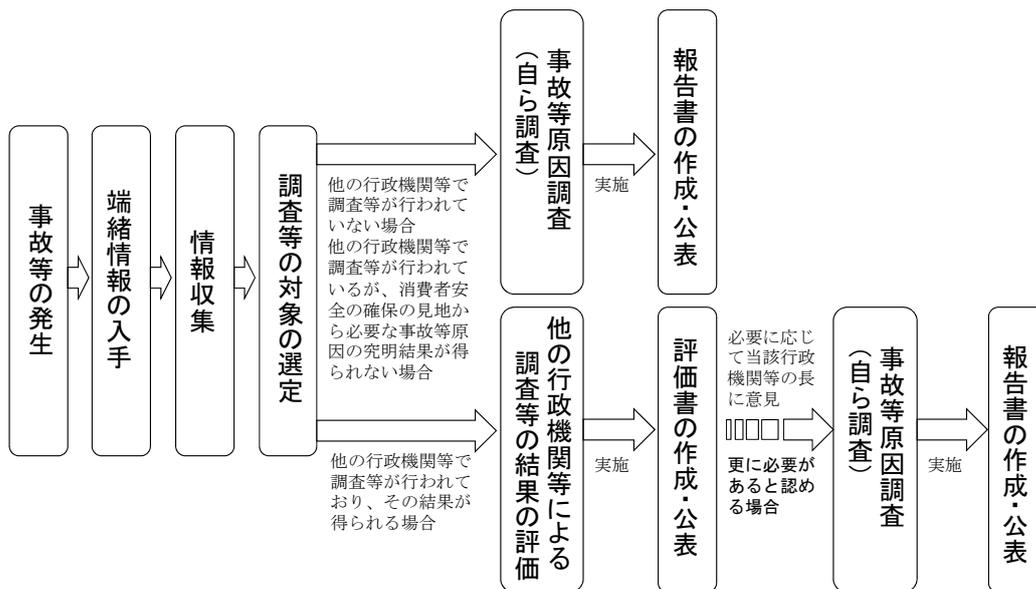


図 調査委員会における事故等原因調査等の流れ

< 参照条文 >

○消費者安全法（平成 21 年法律第 50 号）〔抄〕

（事故等原因調査）

第 23 条 調査委員会は、生命身体事故等が発生した場合において、生命身体被害の発生又は拡大の防止（生命身体事故等による被害の拡大又は当該生命身体事故等と同種若しくは類似の生命身体事故等の発生の防止をいう。以下同じ。）を図るため当該生命身体事故等に係る事故等原因を究明することが必要であると認めるときは、事故等原因調査を行うものとする。ただし、当該生命身体事故等について、消費者安全の確保の見地から必要な事故等原因を究明できると思料する他の行政機関等による調査等の結果を得た場合又は得ることが見込まれる場合においては、この限りでない。

2～5 （略）

（他の行政機関等による調査等の結果の評価等）

第 24 条 調査委員会は、生命身体事故等が発生した場合において、生命身体被害の発生又は拡大の防止を図るため当該生命身体事故等に係る事故等原因を究明することが必要であると認めるときにおいて、前条第一項ただし書に規定する他の行政機関等による調査等の結果を得たときは、その評価を行うものとする。

2 調査委員会は、前項の評価の結果、消費者安全の確保の見地から必要があると認めるときは、当該他の行政機関等による調査等に関する事務を所掌する行政機関の長に対し、当該生命身体事故等に係る事故等原因の究明に関し意見を述べることができる。

3 調査委員会は、第一項の評価の結果、更に調査委員会が消費者安全の確保の見地から当該生命身体事故等に係る事故等原因を究明するために調査を行う必要があると認めるときは、事故等原因調査を行うものとする。

4 第一項の他の行政機関等による調査等に関する事務を所掌する行政機関の長は、当該他の行政機関等による調査等に関して調査委員会の意見を聴くことができる。

本報告書の本文中における記述に用いる用語の使い方は、次のとおりとする。

- ① 断定できる場合
・・・「認められる」
- ② 断定できないが、ほぼ間違いない場合
・・・「推定される」
- ③ 可能性が高い場合
・・・「考えられる」
- ④ 可能性がある場合
・・・「可能性が考えられる」
・・・「可能性があると考えられる」

1 事故の概要

1. 1 本調査の対象とする事故

本調査においては、販売時点で幼児座席を装備している自転車及び一般用自転車（シティ車）の購入後に幼児座席を利用者が設置する自転車（以下「幼児乗せ自転車」という。）の特性と、電動アシスト自転車³の特性を併せ持つ自転車（以下「対象自転車」という。）による事故を対象とする。

また、本調査で対象とする被災者は、対象自転車の座席への着席、及び運転者によるおんぶ、抱っこにより同乗している幼児⁴とし、同乗している幼児が死傷する事故を防ぐための再発防止策について検討し、提言することを目的とする。

なお、調査の実施過程においては、電動アシスト自転車の特性による影響を検証するために、電動アシスト自転車ではない幼児乗せ自転車との対比を行うことや、電動アシスト自転車か否かにかかわらず発生していると思われる重大な事故情報の収集及び分析等も行った。

1. 2 対象自転車による事故発生状況

対象自転車については、事故情報に係る各データにおいて、明確に区分されていないため⁵、幼児乗せ自転車による事故について、事故の発生状況を以下のとおり把握した。

公益財団法人交通事故総合分析センター⁶（以下「ITARDA」という。）の交通事故統計を確認した結果、110 番通報があった事案のうち、幼児同乗中の自転車と車両との交通事故等によって負傷した同乗幼児の人数は、2009 年から 2018 年までの 10 年間で合計 10,235 人であった。

また、東京消防庁の救急搬送データにおいて、幼児同乗中の自転車単独事故により救急搬送された幼児の人数は、2011 年から 2017 年までの 7 年間で合計 1,443 人であり、各年 200 人前後が搬送されていることが確認された。

³ 人の力を補うため原動機を用いる自転車（道路交通法（昭和 35 年法律第 105 号）第 2 条第 1 項第 11 号の 2）

⁴ 道路交通法第 14 条第 3 項に規定される「6 歳未満の者」

⁵ 各事故情報では、事故状況記載に当たり当該自転車の電動アシスト機能有無は必須項目とはなっておらず、認識できる対象事故は一部に限定される。

⁶ 道路交通法第 108 条の 13 に規定される「交通事故調査分析センター」として、国家公安委員会から指定を受けた法人

2 事故等原因調査の経過

2. 1 選定理由

幼児同乗中の自転車の事故は継続的に発生しており、特に対象自転車のリスクについては、現時点で十分に明らかにされていない。

対象自転車については、幼稚園、保育園への送迎等で今後も高い需要が見込まれる。特に車での送迎が制限されるケースの多い都市部を中心として、他に代替し難い重要な移動手段となっている。

また、幼児同乗中の電動アシスト自転車が転倒し乗車している幼児が落下するなどの事故が発生した場合には、要配慮者である幼児が重度の傷害を被る可能性も高いため、安全性を詳細に検証し、事故の再発防止策を示すことが必要である。

なお、幼児2人同乗用自転車に係る基準の策定等及び電動アシスト自転車のアシスト比率改定から約10年が経過しており、その後の事故発生状況や安全性につき、改めて検証する必要がある。

以上の要素を重視し、調査委員会は、「事故等原因調査等の対象の選定指針」（2012年10月3日消費者安全調査委員会決定）に基づき、幼児同乗中の電動アシスト自転車の事故について、事故等原因調査の対象として選定した。

2. 2 調査体制

調査委員会は、本件事故の調査を担当する専門委員として、傷害予防工学を専門とする北村光司専門委員（国立研究開発法人産業技術総合研究所人工知能研究センター 主任研究員）、品質工学を専門とする救仁郷誠専門委員（一般社団法人品質工学会 理事）の2名を指名し、調査委員会及び製品等事故調査部会で審議を行った。

また、小川武史委員は、本事案に関係し行政機関が設置した検討委員会の委員であったため、職務従事の制限に該当することになり、公正性の観点から、審議に参画していない。

2. 3 調査の実施経過

2018年

- 11月26日 第76回調査委員会において事故等原因調査を行う事案として選定し、調査計画を審議
- 12月17日 第77回調査委員会において調査計画を審議

2019年

- 1月28日 第78回調査委員会において調査計画を審議
- 2月8日 調査委員会第23回製品等事故調査部会において使用実態調査計画について審議
- 2月21日 第79回調査委員会において使用実態調査計画について審議
- 3月11日 調査委員会第24回製品等事故調査部会において走行実験計画について審議
- 4月12日 調査委員会第25回製品等事故調査部会において使用実態調査計画について審議
- 4月25日 第81回調査委員会において使用実態調査計画について審議
- 5月17日 調査委員会第26回製品等事故調査部会において走行実験計画の進捗状況について報告
- 5月31日 第82回調査委員会において走行実験計画の進捗状況について報告
- 7月12日 調査委員会第27回製品等事故調査部会において走行実験計画について審議
- 7月29日 第84回調査委員会において走行実験計画について審議
- 8月23日 第85回調査委員会において経過報告（案）を審議
- 9月9日 調査委員会第28回製品等事故調査部会において経過報告（案）及び走行実験計画について審議
- 9月30日 第86回調査委員会において経過報告（案）、走行実験計画及び専門委員の追加指名について審議
- 10月11日 調査委員会第29回製品等事故調査部会において使用実態調査結果を報告
- 10月29日 第87回調査委員会において経過報告を審議・決定
- 11月14日 調査委員会第30回製品等事故調査部会において使用実態調査結果を報告
- 11月28日 第88回調査委員会において使用実態調査結果を報告
- 12月23日 第89回調査委員会において使用実態調査関連事項を審議

2020年

- 1月16日 調査委員会第31回製品等事故調査部会において走行実験結果を報告

- 1月27日 第90回調査委員会において走行実験結果を報告
【3月期及び4月期の調査委員会及び製品等事故調査部会は、新型コロナウイルス感染症拡大防止のため不開催】
- 6月1日 調査委員会第32回製品等事故調査部会において走行実験結果を報告
- 6月19日 第93回調査委員会において走行実験結果を報告
- 7月7日 調査委員会第33回製品等事故調査部会において事故等原因調査報告書（以下「報告書」という。）（案）を審議
- 7月21日 第94回調査委員会において報告書（案）を審議
- 8月3日 調査委員会第34回製品等事故調査部会において報告書（案）を審議
- 9月7日 調査委員会第35回製品等事故調査部会において報告書（案）を審議
- 9月25日 第96回調査委員会において報告書（案）を審議
- 10月12日 調査委員会第36回製品等事故調査部会において報告書（案）を審議
- 10月29日 第98回調査委員会において報告書（案）を審議
- 11月5日 調査委員会第37回製品等事故調査部会において報告書（案）を審議
- 11月19日 第99回調査委員会において報告書（案）を審議
- 12月7日 調査委員会第38回製品等事故調査部会において報告書（案）を審議
- 12月25日 第100回調査委員会において報告書（案）を審議し、報告書を決定

2. 4 原因関係者からの意見聴取

原因関係者⁷から意見聴取を行った。

⁷ 原因関係者（消費者安全法第23条第2項第1号）とは、帰責性の有無にかかわらず、事故等原因に関係があると認められる者をいう。

3 基礎情報

3. 1 対象自転車に関する情報

3. 1. 1 対象自転車関連規格及び基準

対象自転車に関連する主な規格及び基準を表 1 に示す。

表 1 対象自転車関連規格及び基準

規格、基準	適用範囲	備考
JIS D 9111 : 2016	自転車の分類、用語及び定義並びに諸元	日本産業規格 ⁸
JIS D 9301 : 2019	一般用自転車	
JIS D 9115 : 2018	電動アシスト自転車 ⁹	
JIS D 9453 : 2013	リヤキャリア及びスタンド	
一般用自転車及び幼児用自転車安全基準	一般用自転車及び幼児用自転車	自転車安全基準 ¹⁰ / 基準に適合した自転車に B A A マークを貼付
幼児 2 人同乗用自転車安全基準	幼児 2 人同乗用自転車	
電動アシスト自転車安全基準	電動アシスト自転車	
自転車の S G 基準	一般用自転車	S G 基準 ¹¹ / 基準に基づく認証済み製品へ S G マークを表示
	幼児座席付自転車	
	幼児 2 人同乗用自転車	
自転車用幼児座席の S G 基準	自転車用幼児座席	

⁸ 産業標準化法（昭和 24 年法律第 185 号）に基づき制定された国家規格。長らく「日本工業規格」と呼ばれてきたが、法改正に伴い 2019 年 7 月 1 日から改称された。

⁹ 自転車に電動機を備え、その電動機は、乗員のペダリングと独立して出力を発生させることなく、人力によって発生するクランク回転出力が電動機の駆動出力を比例的に発生させる構造（駆動補助機能）の自転車の総称

¹⁰ 一般社団法人自転車協会により制定された自転車業界の自主基準。2004 年 9 月から開始

¹¹ 一般財団法人製品安全協会が安全管理委員会で審議し、WTO/TBT 協定附属書 3 に基づく海外通報手続を経た上で、制定されたもの。S G 基準は、適合性評価手続（S G マーク制度の認証手続）の適用を受けるためのものであり、S G 基準への適合をもって製造物責任法等のいかなる他法令の適用が免除・免責・除外されるものではない。

(1) 日本産業規格 (J I S)

① 自転車一分類、用語及び諸元 (JIS D 9111:2016)

a 分類

JIS D 9111 に規定される自転車の分類のうち、一般に幼児乗せ自転車として使用されている車種は、幼児座席が装備又は設置（後付け）された、一般用自転車（シティ車¹²）、電動アシスト自転車（シティ車）、特殊自転車（幼児二人同乗用自転車）である。

b 諸元

JIS D 9111 に規定される、一般用自転車（シティ車）及び電動アシスト自転車（シティ車）の主要諸元を表 2 に示す。なお、特殊自転車については、特定の目的、限定された用途、又は特殊仕様に基づく自転車のため、諸元として定義されていない。

表 2 一般用自転車及び電動アシスト自転車の主要諸元

項目	一般用自転車	電動アシスト自転車
自転車の長さ mm	1,900 以下	
自転車の幅 mm	600 以下	
車輪の径の呼び ¹³ インチ	20 以上 28 以下	
車重 ¹⁴ kg	10～20	15～30
積載質量 ¹⁵ kg	15	
乗員体重 ¹⁶ kg	65	

② 一般用自転車 (JIS D 9301:2019)

「構成及び部品」、「安全性（性能、構造及び形状・寸法を含む）」、「外観」、「試験方法」、「検査」、「表示」及び「取扱説明書」に関し規定されている。

なお、走行安定性に関する試験方法や数値化された評価基準はない。

¹² 日常の交通手段又はレジャー用に用いる短中距離の低中速走行用の自転車

¹³ タイヤを含む車輪の直径

¹⁴ 車重は、その自転車の標準仕様による質量を示す。

¹⁵ 積載質量は、その自転車の積載装置に対する望ましい許容質量を示す。

¹⁶ 乗員体重は、その車種を設計する上での乗員の標準的な体重を示す。

③ 電動アシスト自転車 (JIS D 9115:2018)

本編において、「構成及び部品」、「安全性 (性能、構造及び形状・寸法を含む)」、「製品の設計における要求事項」、「外観」、「試験方法」、「検査」、「表示」及び「取扱説明書」に関し規定され、附属書において、「人の力を補う原動機の基準」、「原動機の基準の細目及び時間応答性の基準」、「製品の設計における要求事項」、「一充電当たりの走行距離の測定・表示方法」が規定されている。

④ 自転車—リヤキャリア及びスタンド (JIS D 9453:2013)

キャリアの質量別クラスが表3のように区分されている。リヤキャリアに幼児用座席を取り付ける場合は、クラス25に適合しなければならない。

表3 キャリアの質量別クラス

質量別クラス	説明(最大積載質量及び幼児用座席の取付けについて)
クラス10	最大積載質量10 kgの積載用キャリアをいう。 なお、このキャリアには、幼児用座席を取り付けてはならない。
クラス18	最大積載質量18 kgの積載用キャリアをいう。 なお、このキャリアには、幼児用座席を取り付けてはならない。
クラス25	最大積載質量25 kgの積載用キャリアをいう。 なお、このキャリアに幼児用座席を取り付ける場合は、幼児用座席の質量とその幼児用座席が指定する最大適用体重との合計が25 kg以下でなければならない。
クラス27	最大積載質量27 kgの積載用キャリアをいう。 なお、このキャリアに幼児用座席を取り付ける場合は、幼児用座席の質量とその幼児用座席が指定する最大適用体重との合計が27 kg以下でなければならない。
クラスS	最大積載質量が27 kg以上の場合は、キャリアの製造業者が最大積載質量を指定する。 なお、このキャリアに幼児用座席を取り付ける場合は、幼児用座席の質量とその幼児用座席が指定する最大適用体重との合計が、指定した最大積載質量以下でなければならない。

(2) 自転車安全基準¹⁷

「一般用自転車及び幼児用自転車安全基準」、「電動アシスト自転車安全基準」、「幼児2人同乗用自転車安全基準」の3編で構成されており、いずれも日本産業規格を照合規格としている。

「幼児2人同乗用自転車安全基準」で規定されている主要項目は以下のとおりである。

¹⁷ 本基準に適合した自転車にはBAA (Bicycle Association (Japan) Approved) マーク「自転車協会認証」が貼付される。

2018年度のBAAマーク交付数は2,357,400枚

① 安全性

a 構造及び寸法

(a) 主要寸法（長さ、幅、サドル最大高さ）

(b) 構造（発進時の走行性等、走行時の走行性等、停止時の安定性等、乗降の容易さ等）

b 制動性能等

c フレームの強度（フレームの振動試験、疲労試験、耐衝撃性又はエネルギー吸収性、耐前倒し衝撃性）

d ハンドル及びリヤキャリアの剛性

e 走行中の振動

f 駐輪時の安定性（安定性、装置〔スタンド、旋回抑制装置〕）

g 幼児座席（幼児座席の要件、前用・後用幼児座席の取付位置）

h 電動アシスト機能

i 補助車輪

② 表示及び取扱説明書

③ 環境負荷物質

④ 設計を行う上での留意事項（前輪系アライメント、重心位置及び車輪径、フレームの形状、押し歩き時の転倒防止、その他。走行安定性に関する試験方法や数値化された評価基準はない。）

(3) 幼児2人同乗用自転車に係る要件及び基準

従来、自転車に装備又は設置された幼児座席に幼児を2人同乗させることについては認められていなかったが、2008年4月、警察庁に設置された「幼児2人同乗用自転車」検討委員会（以下「検討委員会」という。）において、幼児2人同乗が可能な自転車の構造又は装置について審議され、中間報告として次の6つの事項¹⁸を要件とすることが適当であると取りまとめられた。

¹⁸ 2009年3月の検討委員会報告では、上記の6要件に加え、次の意見が追記されている。「上記要件のほか、転倒時の安全性に配慮されていること。また、自転車及び幼児用座席は、国内の規格・基準に適合するものであることが望ましい。さらに、開発される自転車の利用に当たっては、走行環境に加え、同乗幼児のヘルメット着用、適切な運転のため必要な講習の実施、対人賠償保険への加入等安全利用のための環境整備が促進されることが望まれる。」

- ① 幼児2人を同乗させても十分な強度を有すること
- ② 幼児2人を同乗させても十分な制動性能を有すること
- ③ 駐輪時の転倒防止のための操作性及び安定性が確保されていること
- ④ 自転車のフレーム及び幼児座席が取り付けられる部分（ハンドル、リヤキャリア等）は十分な剛性を有すること
- ⑤ 走行中にハンドル操作に影響が出るような振動が発生しないこと
- ⑥ 発進時、走行時、押し歩き時及び停止時の操縦性、操作性、安定性が確保されていること

上記の要件を担保する具体的基準とその評価方法については、その後自転車業界内で検討がなされ、2009年3月に要件の解説という形で基準がとりまとめられた。

これを受けて、一般社団法人自転車協会及び一般財団法人製品安全協会が、それぞれ安全基準を設定¹⁹し、基準に合格した自転車には「BAA」や「SG」マークの貼付と併せて、幼児2人を同乗させる基準を満たした自転車であることが分かる表示がなされている（図1）。



図1 幼児2人同乗基準適合車マーク（BAAマーク及びSGマーク）

なお、検討委員会では、「幼児2人を同乗させる場合の安全性に配慮した自転車に限って幼児2人同乗を認めることとすることが適当」との結論が出され、2009年7月以降の各都道府県公安委員会規則の改正につながった。

¹⁹ 一般社団法人自転車協会は「幼児2人同乗用自転車安全基準」、一般財団法人製品安全協会は「自転車のSG基準（幼児2人同乗用自転車の規定）」

(4) 自転車のSG基準

本基準の本編では、適用範囲についての「安全性品質」及び「表示及び取扱説明書」が規定されており、幼児2人同乗用自転車及び電動アシスト自転車については、追加規定が定められている。

前者の追加規定「別添1 幼児2人同乗用自転車の規定」の主要項目は以下のとおりである。

① 安全性品質

- a 外観
- b 各部の構造及び寸法
 - (a) 一般
 - (b) ブレーキ
 - (c) 操縦部（ハンドル等）
 - (d) 前ホーク
 - (e) 駆動部（ペダル等）
 - (f) サドル及びシートポスト
 - (g) 保護装置（チェーンケース、リングケース等）
 - (h) 幼児座席付自転車の装置（スタンド、旋回抑制機構、幼児座席、リヤキャリア等）
- c 制動装置、操縦部、前ホーク、フレーム、車輪及び駆動部等の強度
- d 制動性能及び制動力
- e 路上試験
- f 補助車輪
- g 灯火装置
- h リフレックスリフレクタ
- i 足巻き込み防止対策
- j 構成部品（JIS 関連等）
- k オプション部品

② 表示及び取扱説明書

(5) 自転車用幼児座席のSG基準

「自転車用幼児座席のSG基準²⁰」は、体重8kg以上22kg以下でかつ年齢1歳(12か月)以上小学校就学の始期に達するまでの者を自転車に同乗させるために用いる自転車用幼児座席(以下「幼児座席」という。)について適用される。同基準で規定する形式分類を表4に示す。同形式分類に該当しない幼児座席はSG基準適合品として認められない。

表4 自転車用幼児座席の形式分類

取り付け箇所による区分	幼児の体重の上限による区分	設置方式による区分	ヘッドガードの有無	一般自転車への適合	幼児2人同乗用自転車への適合	参考: 使用年齢及び目安身長
前形	15kg以下用	ハンドル中央部への設置	有	適合	適合	①1歳(12か月)以上 4歳(48か月)未満 ②目安身長100cm以下
			無	適合	不適合	
		ハンドルへの引っ掛け設置(後付け)	有	適合	適合	
			無	適合	不適合	
後形	22kg以下用	リヤキャリアへの設置	有	適合	適合	①1歳(12か月)以上 小学校就学の始期に 達するまでの者 ②目安身長115cm以下
			無	適合	不適合	

上表の「取り付け箇所による区分」における「前形」は自転車の前部、「後形」は自転車の後部に取り付けて、幼児の同乗に使用するもの。同じく「設置方式による区分」において、「前形」は、ハンドル中央部への設置及びハンドルへの引っ掛け設置(後付け)の2方式であり、引っ掛け形は、ハンドルと運転者との間に設置できるタイプのみ認められる。

また、同基準の「4 安全性品質」では、「外観及び構造」、「寸法」、「足部の保護性能」、「耐久強度」、「各部の静荷重強度」、「耐落下衝撃性」、「材料」、「付属品」、及び「クッションを別売とする場合の特則」が規定されている。

なお、幼児座席の自転車への取付けに関しては、「外観及び構造」の項において次の規定がある。

「(前形・後形共通) また、自転車への取り付けは容易かつ確実にでき、走行中脱落しない構造であり、かつ使用上支障のある緩み、がた等がないこと。ボルト・ナット等による固定を行う場合は、緩み止めの処置が施されていること。」

²⁰ 一般財団法人製品安全協会改正 2019 安全業G第147号・2020年3月27日

3. 1. 2 一般的な対象自転車形態（イラストはイメージ）

- ・前乗せタイプ：

ハンドル中央部に幼児座席が装備された幼児乗せ自転車。幼児2人を同乗させる場合は、幼児座席を後部のリヤキャリア上に設置（後付け）する。

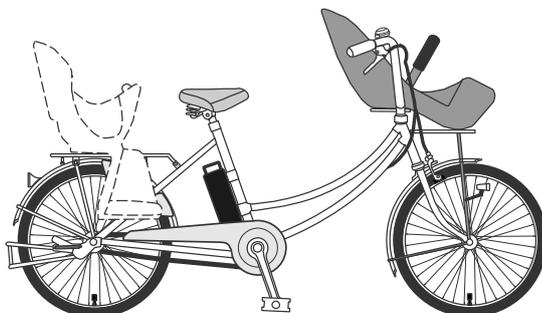


図2 前乗せタイプの幼児乗せ自転車

- ・後ろ乗せタイプ：

後部に幼児座席が装備された幼児乗せ自転車。幼児2人を同乗させる場合は、ハンドルへ引っ掛ける形で、幼児座席を前部に設置（後付け）する。

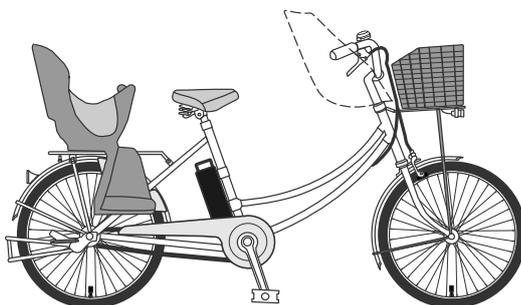


図3 後ろ乗せタイプの幼児乗せ自転車

- ・一般用自転車（シティ車）：

前部、後部又は両方に後付けで幼児座席を設置する。

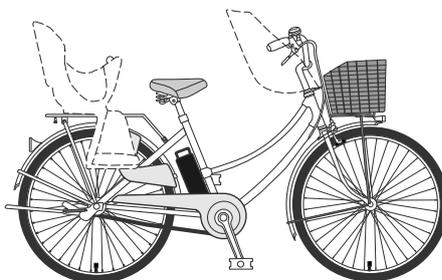


図4 幼児座席を後付けする一般用自転車

3. 1. 3 関連法令

(1) 自転車の定義

自転車は道路交通法（昭和 35 年法律第 105 号。以下「法」という。）第 2 条第 1 項第 11 号において軽車両の一種として規定されている（表 5 参照）。

表 5 車両の定義

車両 (法第 2 条第 1 項第 8 号)	自動車	
	原動機付自転車	
	軽車両 (法第 2 条第 1 項第 11 号)	自転車 (法第 2 条第 1 項第 11 号の 2)
		荷車 人力車・馬車等
	トロリーバス	

法第 2 条第 1 項第 11 号の 2 自転車 ペダル又はハンド・クランクを用い、かつ、人の力により運転する二輪以上の車（レールにより運転する車を除く。）であって、身体障害者用の車椅子及び歩行補助車等以外のもの（人の力を補うため原動機を用いるものであって、内閣府令で定める基準に該当するものを含む。）をいう。

また、法第 63 条の 3 では、「普通自転車」が、「車体の大きさ及び構造が内閣府令で定める基準に適合する二輪又は三輪の自転車で、他の車両を牽引していないもの」と規定されている。

「内閣府令で定める基準」²¹は次のとおり。

- 一 車体の大きさは、次に掲げる長さ及び幅を超えないこと。
 - イ 長さ 百九十センチメートル
 - ロ 幅 六十センチメートル
- 二 車体の構造は、次に掲げるものであること。
 - イ 側車を付していないこと。
 - ロ 一の運転者席以外の乗車装置（幼児用座席を除く。）を備えていないこと。
 - ハ 制動装置が走行中容易に操作できる位置にあること。
 - ニ 歩行者に危害を及ぼすおそれがある鋭利な突出部がないこと。

²¹ 道路交通法施行規則（昭和 35 年総理府令第 60 号）第 9 条の 2 の 2

(2) 自転車の制動装置等

自転車の制動装置については、次の規定がある（表6）。

表6 制動装置（ブレーキ）に関する法令

法第63条の9 第1項	(自転車の制動装置等) 自転車の運転者は、内閣府令で定める基準に適合する制動装置を備えていないため交通の危険を生じさせるおそれがある自転車を運転してはならない。
道路交通法施行規則第9条の3	(制動装置) 法第六十三条の九第一項の内閣府令で定める基準は、次の各号に掲げるとおりとする。 一 前車輪及び後車輪を制動すること。 二 乾燥した平坦な舗装路面において、制動初速度が十キロメートル毎時のとき、制動装置の操作を開始した場所から三メートル以内の距離で円滑に自転車を停止させる性能を有すること。

(3) 電動アシスト自転車

電動アシスト自転車は、法第2条第1項第11号の2において「人の力を補うため原動機を用いるものであって、内閣府令で定める基準²²に該当するもの」と規定されている。

「内閣府令で定める基準」では、人の力に対する原動機を用いて人の力を補う力（以下「アシスト力」という。）の比率（以下「アシスト比率²³」という。）が、次のとおり定められている。

人の力1に対し、走行速度が10km/h未満のときのアシスト力の最大値を2とし、10km/h以上では走行速度が上がるに比例して徐々に減少し、24km/hでは0となること（図5）。

²² 法施行規則第1条の3

²³ 当初アシスト比率は、人の力1に対しアシスト力の最大が1（15km/h未満）であったが、法令の改正により、2008年12月1日から現行のアシスト比率に引き上げられた。改正の趣旨は、「発進時や低速時においてより安定的な走行を可能にするとともに、登坂走行を容易にし、踏力の弱い方でも自転車の安全な利用を可能にしようとするもの。」（平成20年10月2日 警察庁交通局「『道路交通法施行規則の一部を改正する内閣府令案』について」）

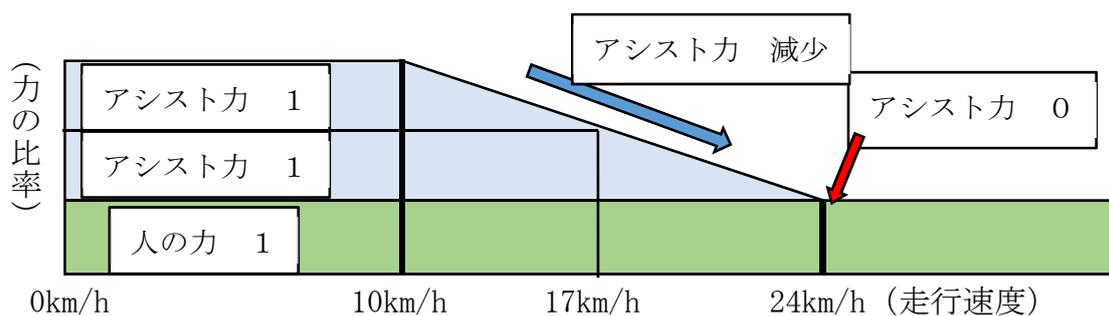


図5 アシスト比率

(4) 自転車の通行区分

① 車道の通行

軽車両である自転車は、「道路（車道）の左側端」を左側通行することが原則であり、自転車道がある道路を通行する場合には、自転車道を通行しなければならない（表7）。

表7 車道通行に関する法令

法第17条第1項	車両は歩道又は路側帯 ²⁴ （以下「歩道等」という。）と車道の区別のある道路においては、車道を通行しなければならない。
法第17条の2	軽車両は、法第17条第1項の規定にかかわらず、著しく歩行者の通行を妨げることとなる場合を除き、路側帯を通行することができる。
法第18条第1項	軽車両は、道路（歩道等と車道の区別のある道路においては車道）の左側端に寄って通行しなければならない。
法第63条の3	自転車は、自転車道 ²⁵ が設けられている道路においては、自転車道以外の車道を横断する場合及び道路の状況その他の事情によりやむを得ない場合を除き、自転車道を通行しなければならない。

²⁴ 「路側帯」とは、「歩行者の通行の用に供し、又は車道の効用を保つため、歩道の設けられていない道路又は道路の歩道の設けられていない側の路端寄りに設けられた带状の部分で、道路標示によって区画されたもの。」（法第2条第1項第3号の4）

²⁵ 「自転車道」とは、「自転車の通行の用に供するため縁石線又は柵その他これに類する工作物によって区画された車道の部分をいう。」（法第2条第1項第3号の3）

② 歩道の通行

普通自転車は表 8 に規定される場合には歩道を通行できる。

表 8 歩道通行に関する法令

法第 63 条の 4 第 1 項第 1 号	道路標識等により普通自転車が当該歩道を通行することができることとされているとき。
法第 63 条の 4 第 1 項第 2 号	当該普通自転車の運転者が、児童、幼児その他の普通自転車により車道を通行することが危険であると認められるものとして政令で定める者 ²⁶ であるとき。
法第 63 条の 4 第 1 項第 3 号	車道又は交通の状況に照らして当該普通自転車の通行の安全を確保するため当該普通自転車が歩道を通行することがやむを得ないと認められるとき。

また、前記により歩道を通行するとき、「普通自転車は、当該歩道の中央から車道寄りの部分²⁷を徐行²⁸しなければならない、また、普通自転車の進行が歩行者の通行を妨げることとなるときは、一時停止しなければならない。ただし、普通自転車通行指定部分については、当該普通自転車通行指定部分を通行し、又は通行しようとする歩行者がないときは、歩道の状況に応じた安全な速度と方法で進行することができる。」(法第 63 条の 4 第 2 項)

(5) 歩道の構造

歩道の構造については、「歩道の一般的構造に関する基準」(平成 17 年 2 月 3 日付国都第 60 号・国道企第 102 号 国土交通省 都市・地域整備局長、道路局長)において、以下の基準が定められている。

① 歩道の一般的構造

(歩道の形式)

- a 歩道面の高さは、歩道面と車道面の高低差を 5 cm とする事を原則として、当該地域の地形、気象、沿道の状況及び交通安全施設の設置状況等

²⁶ 「児童及び幼児」、「七十歳以上の者」及び「普通自転車により安全に車道を通行することに支障を生ずる程度の身体の障害として内閣府令で定めるものを有する者」(法施行令第 26 条)

²⁷ 道路標識等により普通自転車が通行すべき部分として指定された部分があるときは当該普通自転車通行指定部分

²⁸ 「徐行」は、法の規定では「車両等が直ちに停止することができるような速度で進行することをいう。」(法第 2 条第 1 項第 20 号)

を考慮し、雨水等の適切な排水を勘案して決定するものとする。

(横断歩道等に接続する歩道の構造－水平区間)

- b 横断歩道等に接続する歩道の部分には水平区間を設けることとし、その値は 1.5m 程度とする。ただし、やむを得ない場合にはこの限りでない。

(横断歩道等に接続する歩道の構造－車道との段差)

- c 歩道と車道との段差は、視覚障害者の安全な通行を考慮して 2 cm を標準とする。

② 車両乗入れ部²⁹の構造

車両乗入れ部における歩車道境界の段差は 5 cm を標準とする。

(6) 自転車への乗車人員の制限

軽車両の乗車人員については、法第 57 条第 2 項で「公安委員会は、道路における危険を防止し、その他交通の安全を図るため必要があると認めるときは、軽車両の乗車人員又は積載重量等の制限について定めることができる。」と規定されており、本条項に基づき、各都道府県では、「道路交通規則」「道路交通法施行規則」「道路交通法施行細則」の形で公安委員会規則を整備し、乗車人員又は積載重量等の制限について規定している。

乗車人員の制限については、「自転車には、運転者以外の者を乗車させないこと」に対する例外規定が定められており、基本的な内容は下記①のとおり共通であるが、細部で異なる内容につき下記②に示す。

- ①「運転者以外の者の乗車」につき、各公安委員会規則に共通の内容として、東京都道路交通規則の条文例を次に示す。

a 「16 歳以上の運転者が幼児座席に幼児（6 歳未満の者³⁰をいう。以下同じ。） 1 人を乗車させるとき」

b 「16 歳以上の運転者が幼児 2 人同乗用自転車（運転者のための乗車装置及び 2 の幼児座席を設けるために必要な特別の構造又は装置を有する自転車をいう。）の幼児座席に幼児 2 人を乗車させるとき。」

- ②「運転者以外の者の乗車」³¹につき、各公安委員会規則で内容の異なる事項は、「おんぶ」の対象年齢が異なること、「おんぶ」以外の 1 人を搭乗さ

²⁹ 車両が道路に隣接する民地等に入出入りするため、縁石等の一部に対して切下げ又は切開き等の処置を行う箇所

³⁰ 2020 年 3 月以降、各地方自治体では、同乗させることのできる者の年齢を「6 歳未満」から「小学校就学の始期に達するまで」に改定する動きが進み始めている（2020 年 8 月現在、16 地方公共団体で実施）。

³¹ 幼児座席以外の同乗は「おんぶ」のみであり、「抱っこ」は認められていない。

せる幼児座席を「幼児2人同乗用自転車の幼児座席」と限定していること、及びその組合せである（表9）。

表9 各公安委員会規則で内容の異なる事項

	同乗幼児 の人数	前記①のa、bに加えて 規定されている乗車形態	該当 都道府県数
パターンⅠ	1人	「おんぶ」（1人）は6歳未満	6
パターンⅡ	1人	「おんぶ」（1人）は4歳未満	25
パターンⅢ	1人	「おんぶ」（1人）は6歳未満	3
	2人	幼児2人同乗用自転車の幼児用座席に幼児1人、かつ幼児（6歳未満）1人を「おんぶ」	
パターンⅣ	1人	「おんぶ」（1人）は4歳未満	13
	2人	幼児2人同乗用自転車の幼児用座席に幼児1人、かつ幼児（4歳未満）1人を「おんぶ」	

「おんぶ」：（代表的な表現は）ひも等で確実に背負う

（7）自転車への荷物の積載

自転車への荷物の積載に関しては、法に次の規定がある。

- ①車両の運転者は、当該車両の乗車のために設備された場所以外の場所に乗車させ、又は乗車若しくは積載のために設備された場所以外の場所に積載して車両を運転してはならない（法第55条第1項）。
- ②車両の運転者は、運転者の視野若しくはハンドルその他の装置の操作を妨げ、後写鏡の効用を失わせ、車両の安定を害し、又は外部から当該車両の方向指示器、車両の番号標、制動灯、尾灯若しくは後部反射器を確認することができないこととなるような乗車をさせ、又は積載をして車両を運転してはならない（法第55条第2項）。

（8）ヘルメットの着用

① 法の規定（努力義務）

同乗幼児のヘルメット着用については、法に次の規定がある。

（児童又は幼児を保護する責任のある者の遵守事項）

第63条の11 児童又は幼児を保護する責任のある者は、児童又は幼児を自転車に乗車させるときは、当該児童又は幼児に乗車用ヘルメットをかぶらせるよう努めなければならない。

② 各地方公共団体の自転車関連条例（一部義務）

各地方公共団体においては、自転車による歩行者等の被災事故に対する対策の一つとして、損害賠償保険への加入に関する規定を盛り込んだ自転車関連条例の制定³²が見られるが、その条例の中で同乗幼児等へのヘルメット着用を義務化している例³³もある。

3. 2 電動アシスト自転車、幼児乗せ自転車の市場流通状況

3. 2. 1 電動アシスト自転車

国内の自転車市場流通状況に関し、完成自転車の国内生産台数及び輸入台数³⁴を図6に、これらに含まれる電動アシスト自転車の国内メーカーの出荷（販売）³⁵台数を図7に、それぞれ示す。

電動アシスト自転車の出荷（販売）台数は2018年の667,244台まで増加傾向が続いており、2009年の317,678台と比べ2.1倍となっている。

³² 2015年10月施行の兵庫県を皮切りに、2020年4月1日現在では東京都も加わり、15都府県、8市の計23地方公共団体で自転車保険への加入を義務化した条例が制定、施行されている。

³³ 自転車保険加入を義務付けている23地方公共団体のうち、3地方公共団体が自転車同乗幼児のヘルメット着用を義務化している（2020年4月1日現在）。

³⁴ 財務省貿易統計による。

³⁵ 経済産業省生産動態統計年報_機械統計編/利用上の注意 2. 調査項目の定義について
（1）製品 ④出荷（販売）「次の事由による出荷を「販売」としています。ア. 販売業者又は消費者である他企業に直接販売したもの イ. 販売することを目的として本社、営業所又は中継地などに出荷したもの ウ. 受託生産品を販売業者（消費者を含む。）である委託者へ出荷したもの エ. 同一品目群に属する製品（同一調査票に掲げる品目）を生産していない同一企業内の他工場に出荷したもの（全くの転売品）」

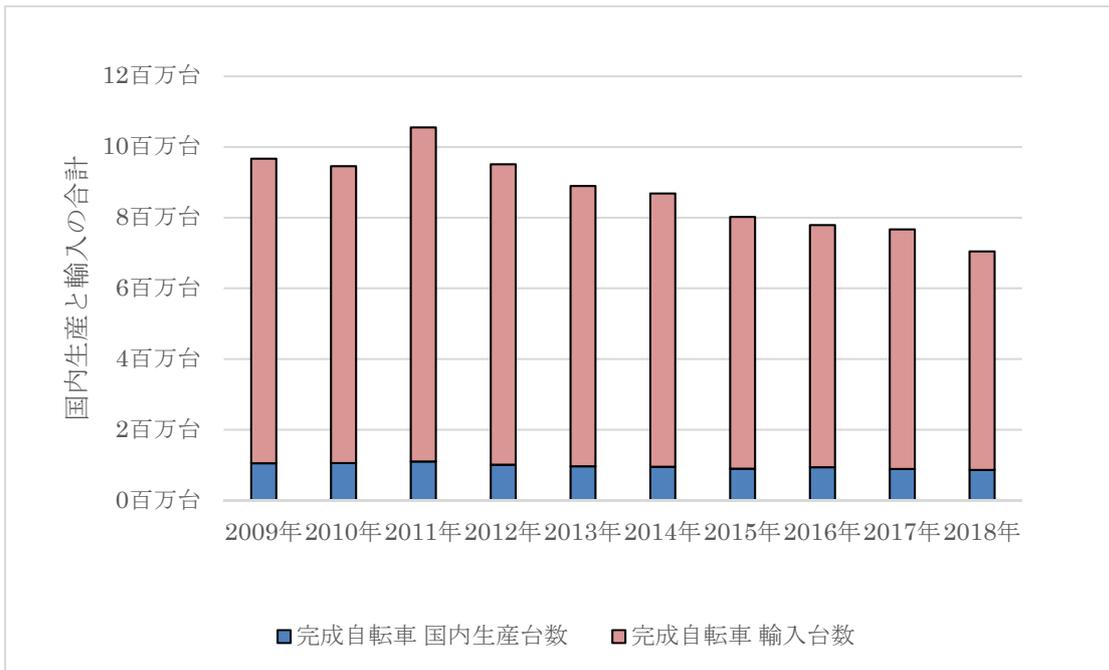


図6 完成自転車の国内生産台数及び輸入台数
(経済産業省生産動態統計年報機械統計編を基に調査委員会で作成)

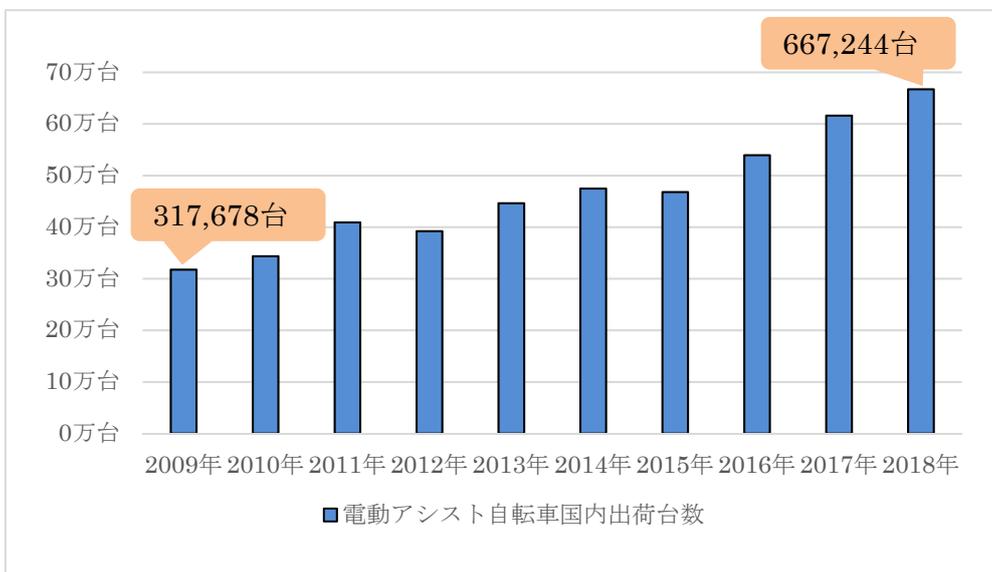


図7 電動アシスト自転車の出荷（販売）台数
(経済産業省生産動態統計年報機械統計編を基に調査委員会で作成)

3. 2. 2 幼児乗せ自転車

幼児乗せ自転車の生産、販売状況に関する確実な統計はないため、関連情報として、幼児2人同乗基準適合車マーク交付状況を図8に示す。

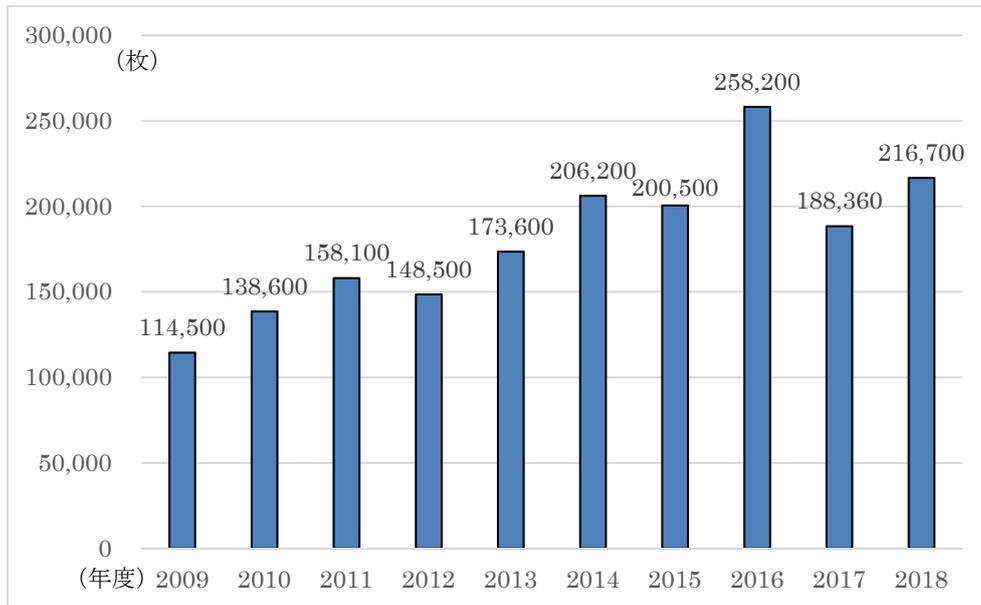


図8 幼児2人同乗基準適合車マーク交付状況
 (一般社団法人自転車協会の資料を基に調査委員会で作成)

4 分析

4. 1 事故情報

4. 1. 1 事故情報の種類

本調査で分析対象とする事故情報の種類を表 10 に示す。

表 10 事故情報の種類

事故情報種類	東京消防庁 救急搬送データ	医療機関 ネットワーク ³⁶	ITARDA 交通事故分析
対象期間	2011 年 1 月～ 2017 年 12 月	2010 年 9 月～ 2018 年 12 月	2009 年 1 月～ 2018 年 12 月
分析対象の 被災幼児数	1, 443 人	1, 029 人 (1, 020 件)	10, 235 人
事故発生場所	東京消防庁管内 (東京都のうち稲 城市と島しょ地区 を除く地域)	(18 都道府県、 28 医療機関での 受診)	全国
事故情報属性	幼児同乗中の自 転車の単独事故 による救急搬送	幼児同乗中の自 転車の事故に関 する参画医療機 関での受診記録	幼児同乗中の自転 車の事故のうち、 警察において「交 通事故」として処 理された事故
事故情報の 特徴	自転車の状態が 判明している事 故のうち、停車 中の事故が最も 多く、79. 6%を占 める。	事故発生時の自 転車の状態は、 走行中が最も多 く、48. 7%を占 める。	自転車と車両（自 動車、二輪車）と の接触事故が大半 で、自転車単独事 故は 1 %未満

³⁶ 「医療機関ネットワーク事業」は、参画する医療機関（2020 年 10 月時点で 30 機関が参画）から事故情報を収集し、再発防止にいかすことを目的とした、消費者庁と独立行政法人国民生活センターとの共同事業（2010 年 12 月運用開始）。ただし、医療機関数は変動している。件数及び分類は本件のために調査委員会が特別に精査したもの

4. 1. 2 東京消防庁救急搬送データ³⁷

(1) 事故情報の全体概況

幼児同乗中の自転車単独事故により救急搬送された幼児の人数は2011年から2017年までの7年間で1,443人であり、年齢別では2歳が最も多く、1歳がこれに続く(図9)。また、月別では春先から徐々に人数が増加し、7月が最も多くなっている(図10)。

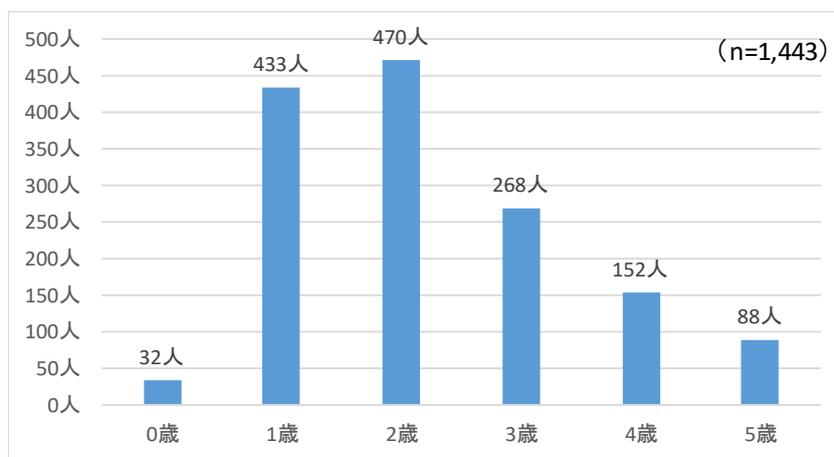


図9 自転車同乗中幼児の年齢別救急搬送人数(2011年～2017年)

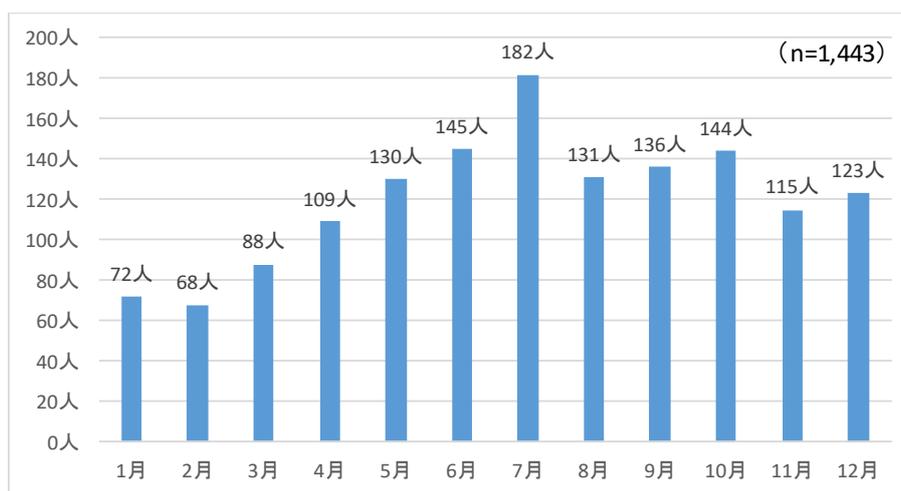


図10 自転車同乗中幼児の月別救急搬送人数(2011年～2017年)

これら救急搬送事案の受傷程度(初診時程度)を表11に示す。

³⁷ 交通事故を除く。東京消防庁のデータを基に調査委員会にて集計したもの

受傷部位は、頭蓋骨骨折（5人）を含む頭部受傷が788人で全体の54.6%を占めている。

表11 救急搬送事案の初診時程度

初診時程度	定義 ³⁸	人数（人）
重篤	生命の危険が切迫しているもの	1
重症	生命の危険が強いと認められるもの	4
中等症	生命の危険はないが入院を要するもの	153
軽症	軽易で入院を要しないもの	1,285
合計		1,443

（2）事故情報の詳細分析

① 事故形態の分類

救急搬送事案の事故形態の分類を、自転車（運転者）の状態と事故形態ごとに表12に示す。

表12 事故形態の分類

自転車（運転者）の状態	状態の詳細
漕ぎ出し	運転者が着座し、ハンドルを持ってペダルを漕ぎ始めた状態
走行中	運転者が着座し、ハンドルを持って一定のスピードで運転している状態
制動（停止操作）中	運転者が着座し、ハンドルを持って運転しながら、速度を落とすため、あるいは停止するためにブレーキ操作をしている状態
（一時）停止中	運転者が着座し、ハンドルを持って、信号待ちや危険回避のために一時停止している状態
停車中	自転車は完全に停止し、運転者は自転車から降りて、スタンドが立てられている状態
押し歩き	運転者は着座せず、ハンドル等を持って自転車を

³⁸ 「救急搬送データからみる日常生活事故の実態」（平成30年 東京消防庁防災部防災安全課）から。

事故形態	事故形態の詳細
転倒	自転車が、車輪やスタンドなどの接地によって自立している状態から横倒しになり、同乗幼児が受傷すること。
転落	自立している自転車の幼児座席から、同乗幼児が地面、路面等に落ちること。
衝突	走行中の自転車がバランスを崩す等によって、同乗幼児が壁、電柱等にぶつかること。
巻き込み	幼児座席に着座している幼児の足等が、回転する自転車の車輪に巻き込まれること。

② 自転車（運転者）の状態と事故形態

事故情報全体 1,443 人分のうち、事故発生時の自転車（運転者）の状態が確認できるデータは 1,221 人分であり、その内訳を図 11 に示す。

自転車（運転者）の状態では、停車中の事故による被災幼児数が 972 人で全体の 79.6%を占め、そのうち停車中の転倒事故による被災幼児は 896 人で、全体の 73.4%に当たる。

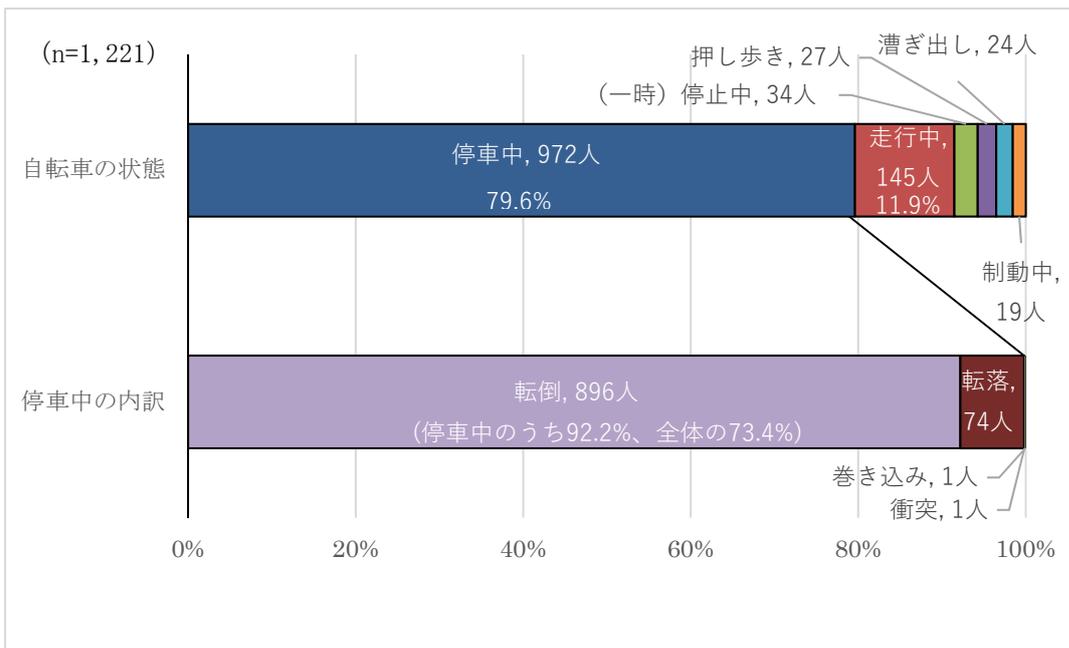


図 11 自転車（運転者）の状態と事故形態

③ 自転車（運転者）の状態と幼児被災時の座席

事故発生時の自転車（運転者）の状態が確認できるデータ 1,221 人分につき、幼児被災時の座席と自転車（運転者）の状態の内訳を表 13、図 12 に示す。

全体 1,221 人の 79.6% を占める停車中の事故による被災幼児数については、972 人のうち 57.4% に当たる 558 人が前座席で被災している。

また、停車中の前座席での被災幼児 558 人のうち、93.9% に該当する 524 人は転倒事故による被災幼児である。

表 13 自転車（運転者）の状態と幼児被災時の座席

自転車(運転者)の状態	前座席で被災した幼児数	後座席で被災した幼児数	前後に幼児を同乗させて使用中の被災幼児数	不明	全体(人)
停車中	558	117	54	243	972
うち転倒	524	94	54	224	896
走行中	38	84	5	18	145
一時停止中	21	1	0	12	34
押し歩き	14	4	2	7	27
漕ぎ出し	13	4	3	4	24
制動(停止)中	15	2	0	2	19
全体	659	212	64	286	2,117

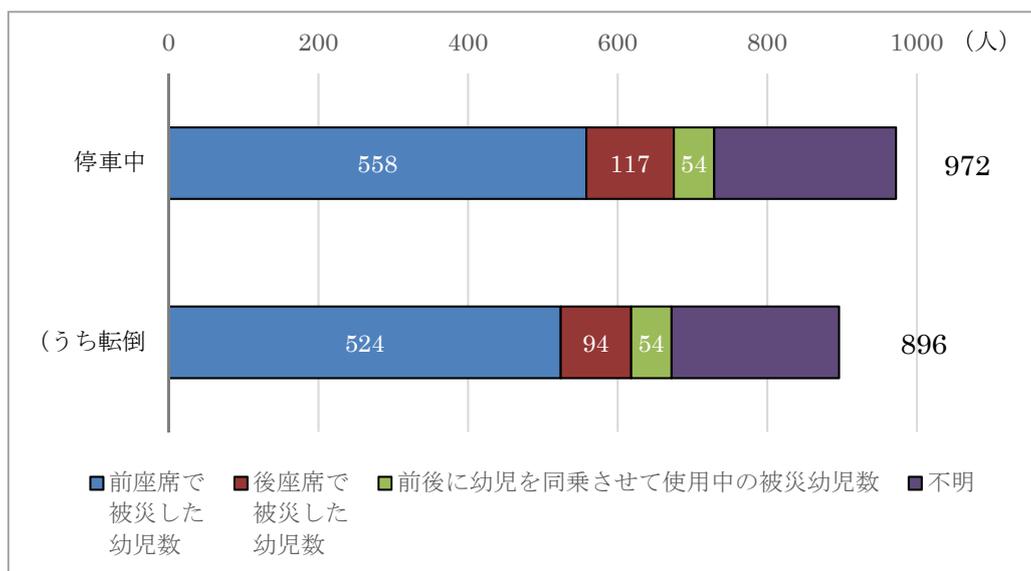


図 12 停車中の事故の被災幼児座席内訳

また、記載された事故状況において、前後に座席があることが明確な自転車で被災した幼児 64 人の内訳を表 14 に示す。

前後の席に同乗した幼児2人の両方が被災した人数は16人（8件）で、同じく前後の席に同乗した幼児2人のうち1人だけが被災したケース38人は全てが前座席搭乗中での被災であった。

さらに、この38人のうち19人が「前座席に幼児を乗せたまま、後座席の幼児を降ろした」ために起きた事故、6人が「前座席に幼児を乗せたまま、後座席の幼児を乗せた」ために起きた事故の被災幼児であった。

表 14 前後に幼児を同乗させて使用中の被災幼児数内訳

(人)	前後に幼児を同乗させて使用中の被災幼児数			
	前座席で 1人が被災	後座席で 1人が被災	前後座席で 2人が被災	計
停車中	38	0	16	54
走行中	3	0	2	5
押し歩き	1	1	0	2
漕ぎ出し	0	1	2	3
計	42	2	20	64

④ 停車中の転倒事故の発生状況

停車中の転倒事故により、2011年から2017年まで毎年継続的に100人以上の幼児が被災している（図13）。

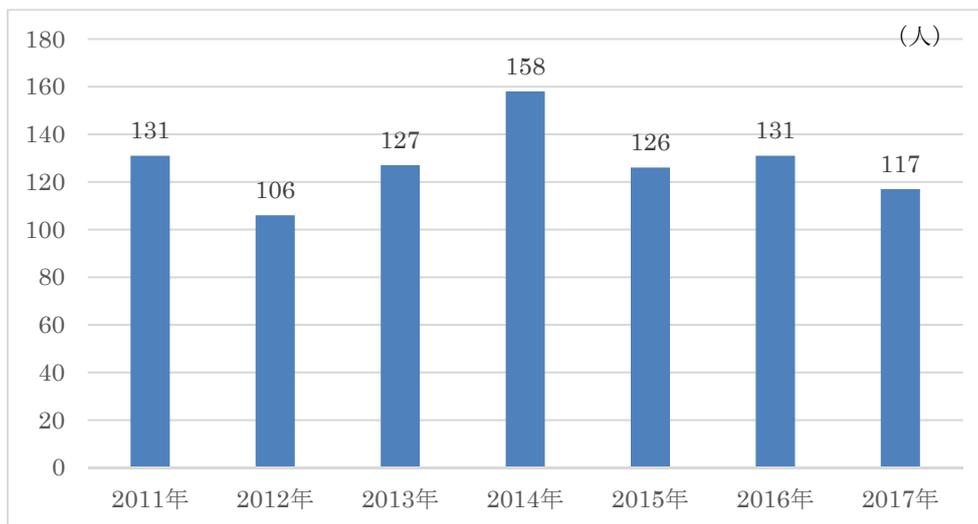


図 13 停車中の転倒事故による被災幼児数の推移

⑤ 停車中の転倒における保護者と同乗幼児の挙動

停車中の転倒事故の被災者 896 人のうち、事故状況において保護者と同乗幼児の挙動が判明している事案での被災幼児 532 人の内訳を図 14 に、それぞれの挙動についての補足を表 15 に示す。

d. 及び e. は保護者が自転車を注視したり、支えたりできない状況で、被災幼児数は併せて 291 人となり、全体の 54.7%に当たる。

また、b. 及び c. は子どもと荷物の乗せ降ろしに伴う転倒で、被災幼児数は併せて 116 人となり、全体の 21.8%に当たる。

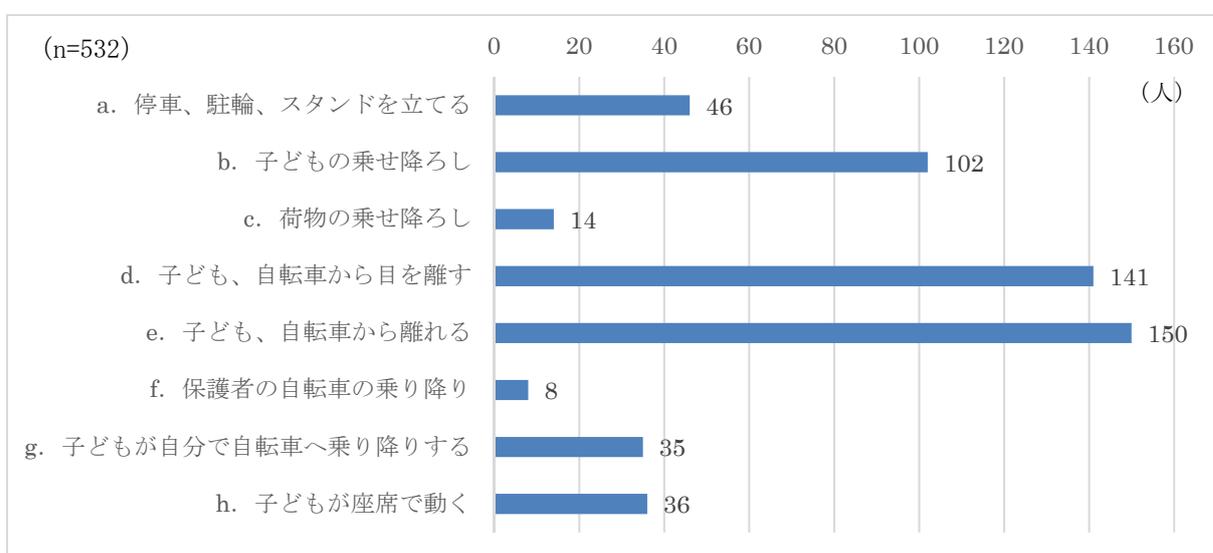


図 14 停車中の転倒事故での保護者と同乗幼児の挙動

表 15 保護者と同乗幼児の挙動（補足）

a. 停車、駐輪、スタンドを立てる	スタンドを立てたり駐輪する際にバランスを崩して転倒する事故
b. 子どもの乗せ降ろし	子どもを座席に乗せる際や座席から降ろす際、に自転車がバランスを崩し転倒する事故。シートベルトやヘルメットを装着する動作も含む。
c. 荷物の乗せ降ろし	荷物の乗せ方、降ろし方、位置等によりバランスが崩れ転倒する事故
d. 子ども、自転車から目を離す	駐輪場や家の鍵の開け閉め、荷物を取る、周囲の自転車を動かす、傘をさす、自販機の利用、立ち話等々により、保護者（運転者）が目を離したり手を離れた際に転倒する事故。状態としては g. に類似している。

e. 子ども、自転車から離れる	保護者（運転者）が子どもを自転車に乗せたまま、自宅に荷物を取りに入ったり、買物で店に入ったりする間に転倒する事故。走行中の落とし物を拾うために停車している間に転倒する事故も含まれる。
f. 保護者（運転者）の自転車の乗り降り	乗ったり、降りようとした際にバランスを崩し転倒する事故
g. 子どもが自分で自転車へ乗り降りする	同乗幼児が自分で座席に上ろうとしたり、座席から降りようとした際に、幼児座席の足乗せステップに足をかける等によって、自転車がバランスを崩し転倒する事故。降りる場合は、子どもが自転車から飛び降りることによってバランスを崩す転倒も含まれる。
h. 子どもが座席で動く	座席で立ち上がることによって自転車がバランスを崩し転倒する事故

（3）東京消防庁救急搬送データ分析のまとめ

東京消防庁救急搬送データの分析の結果、幼児乗せ自転車の事故において、以下の特徴を確認した。

- ① 事故発生時の状態は、「停車中」（79.6%）が最も多く、次に「走行中」（11.9%）が多い。
- ② 「停車中」の事故の中でも、「転倒」による事故が最も多く、「停車中」事故の中の9割以上を占め、事故全体の中でも73.4%を占める。
- ③ 幼児の同乗位置については、「停車中」事故のうち、57.4%が前座席での事故であり、特に幼児が2人同乗していた状態で1人だけが被災した事故は全て前座席に同乗中の事故である。
- ④ 「走行中」の事故については、後座席で被災した幼児の方が前座席で被災した幼児より多く、「停車中」の事故とは対照的である。
- ⑤ 「停車中」の転倒事故によって、2011年から2017年まで、毎年100人以上が被災しており、減少しているとは言えない。
- ⑥ 「停車中」の転倒事故における運転者（保護者）と幼児の挙動で最も多いのは「子ども、自転車から離れる」（28.2%）であり、次に「子ども、自転車から目を離す」（26.5%）であり、子どもを乗せたままの自転車が保護者等のサポートがない状態で転倒し、子どもの受傷につながるケースが目立っている。また、子どもの乗せ降ろしに伴う事故は併せて19.2%、子どもが座席で動くことによる事故は6.8%、子ども自身の乗り降りによる事故は5.1%である。

4. 1. 3 医療機関ネットワーク

(1) 事故情報の全体概況

医療機関ネットワーク事業を通じて寄せられた情報によると、幼児同乗中の自転車事故に関し、2010年9月から2018年12月までの8年4か月で、1,029人の事故情報が登録されている（2019年1月時点）。同事故情報の分析における自転車の状態及び事故時の状態を表16に示す。

表16 自転車の状態及び事故時の状態

自転車の状態	状態の詳細
走行中	表12と同じ
停車中	
制動（停止）中	
押し歩き	
漕ぎ出し	
事故時の状態	事故時の状態の主な内容
バランスくずれ	様々な外的要因（段差、風、カーブ等）により、バランスをくずして転倒・転落する。
巻き込み	スポーク、チェーン等へ足や荷物を巻き込む。
スリップ	雪、凍結、雨、マンホール等の滑りやすい路面が原因でスリップして転倒する。
衝突	走行中に、幼児が横にはみ出す等で、電柱等に衝突する。
目を離す	停車中に、運転者が目を離したり、自転車から離れたときに、何らかの原因で転倒する。
乗せ降ろし	幼児の乗せ降ろし、幼児を乗せた状態での運転者の乗り降り、又は荷物の乗せ降ろし時に転倒する。
不明・その他	事故情報からは要因を読み取れず特定できない場合、又はその他の要因

事故発生時の自転車の状態としては、「走行中」(48.7%)が最も多く、次に「停車中」(37.0%)が多い(表17、図15)。

表17 事故発生時の自転車の状態

自転車の状態	走行中	停車中	制動(停止)中	押し歩き	漕ぎ出し	不明	合計
人数(人)	501	381	28	23	21	75	1,029
割合	48.7%	37.0%	2.7%	2.2%	2.0%	7.3%	100%

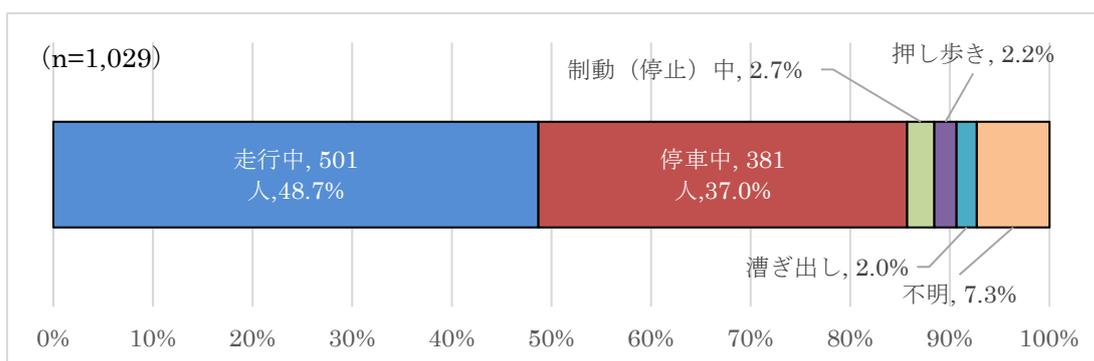


図15 事故発生時の自転車の状態

これらの事故で幼児が受けた危害(受傷)の程度³⁹を表18に示す。

中等症以上の事故割合は、走行中の事故で11.6%(58人/501人)、停車中の事故で7.9%(30人/381人)である。

表18 幼児が受けた危害(受傷)の程度

危害の程度	事故発生時の自転車の状態						合計(人)
	走行中	停車中	不明	制動(停止)中	押し歩き	漕ぎ出し	
重症	3	0	0	0	0	0	3
中等症	55	30	4	4	3	3	99
軽症	443	351	71	24	20	18	927
合計	501	381	75	28	23	21	1,029

自転車の状態と受傷幼児の乗車位置を表19に示す。前座席、後座席のほか、抱っこされた幼児も62人が受傷している。

³⁹ 「危害の程度」の定義は次のとおり。重症：生命に危険が及ぶ可能性が高い状態、中等症：生命に危険はないが入院を要する状態、軽症：入院を要さない傷病

なお、同乗幼児を抱っこして自転車を運転することは、全ての都道府県の公安委員会規則で禁止されている。

表 19 自転車の状態と受傷幼児の乗車位置

自転車の状態	前座席	後座席	おんぶ	抱っこ	不明	合計 (人)
走行中	172	244	5	50	30	501
停車中	298	46	0	1	36	381
制動(停止)中	13	9	0	4	2	28
押し歩き	9	12	0	2	0	23
漕ぎ出し	12	5	0	4	0	21
不明	44	17	0	1	13	75
合計	548	333	5	62	81	1,029

走行中の事故時の状態は「バランスくずれ」が最も多く(45.7%)、「巻き込み」(26.5%)、「スリップ」(9.0%)、「周囲に衝突」(6.2%)の順で発生している(図16)。

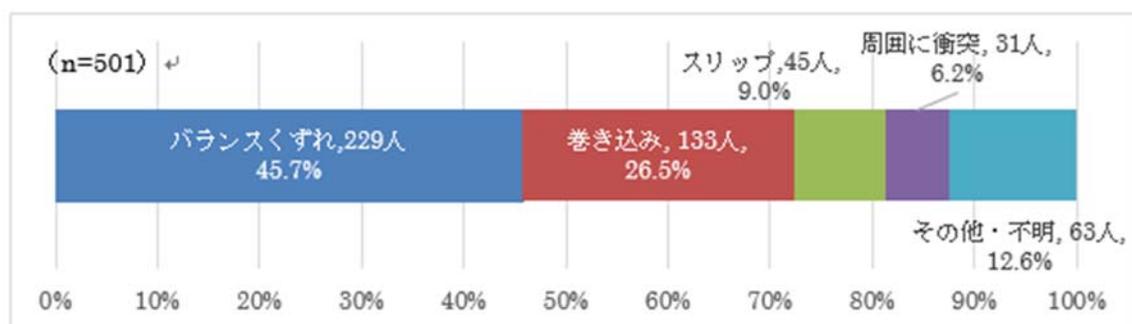


図 16 走行中の事故時の状態

停車中の事故時の状態は「目を離す」(48.3%)が最も多く、次に「乗せ降ろし」(22.3%)が多い(図17)。

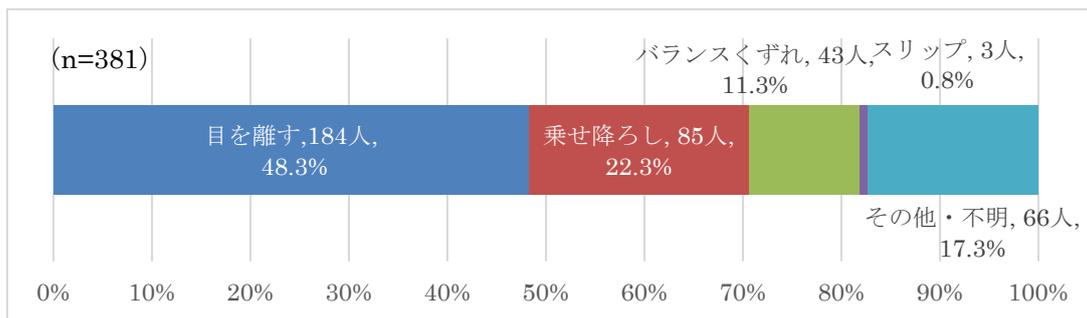


図 17 停車中の事故時の状態

受傷幼児の乗車位置は、走行中は「後座席」(48.7%) が約半分を占めているが(図 18)、停車中は「前座席」(78.2%) が 8 割弱を占める(図 19)。

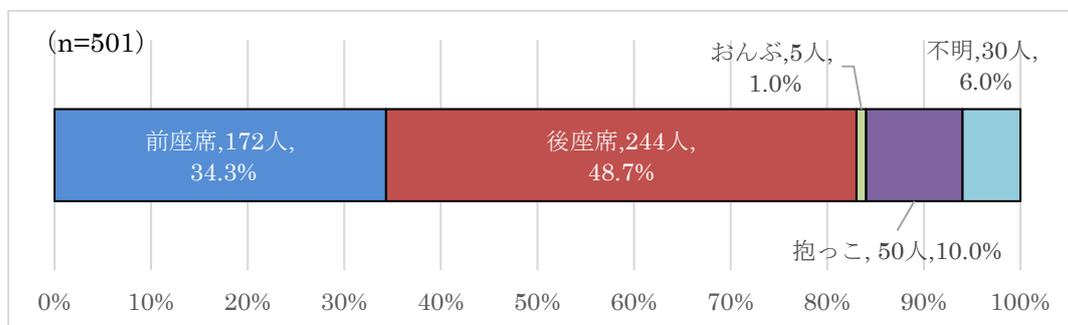


図 18 受傷した幼児の乗車位置 (走行中の事故)

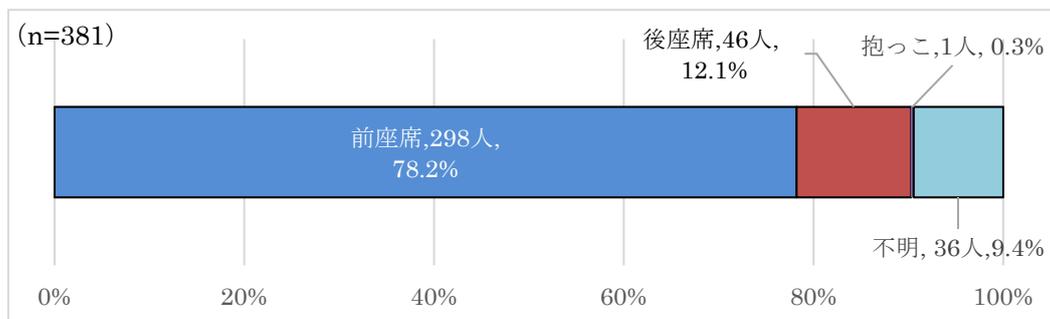


図 19 受傷した幼児の乗車位置 (停車中の事故)

(2) 事故情報の詳細分析

① 走行中の事故

走行中の事故形態と受傷幼児の乗車位置を表 20 及び図 20 に示す。「バランスくずれ」の事故形態において前座席の割合は 49.3%、後座席の割合は 31.4%であるが、「巻き込み」では 86.5%と大多数が後座席での事故であ

る。

「4. 2 使用実態調査」では、アンケート結果及び観察調査の結果共に後座席に同乗させている幼児の人数の方が多かった⁴⁰ことから、「バランスくずれ」での受傷は、前座席での発生割合が相対的に高いと言える。

また、「巻き込み」は後座席に乗車している幼児の足が後輪に巻き込まれる割合が高い。

表 20 受傷幼児の乗車位置（走行中の事故）

事故時の状態	前座席	後座席	おんぶ	抱っこ	不明	合計 (人)
バランスくずれ	113	72	3	31	10	229
巻き込み	3	115	2	3	10	133
スリップ	22	15	0	5	3	45
周囲に衝突	5	25	0	1	0	31
その他・不明	29	17	0	10	7	63
合計	172	244	5	50	30	501

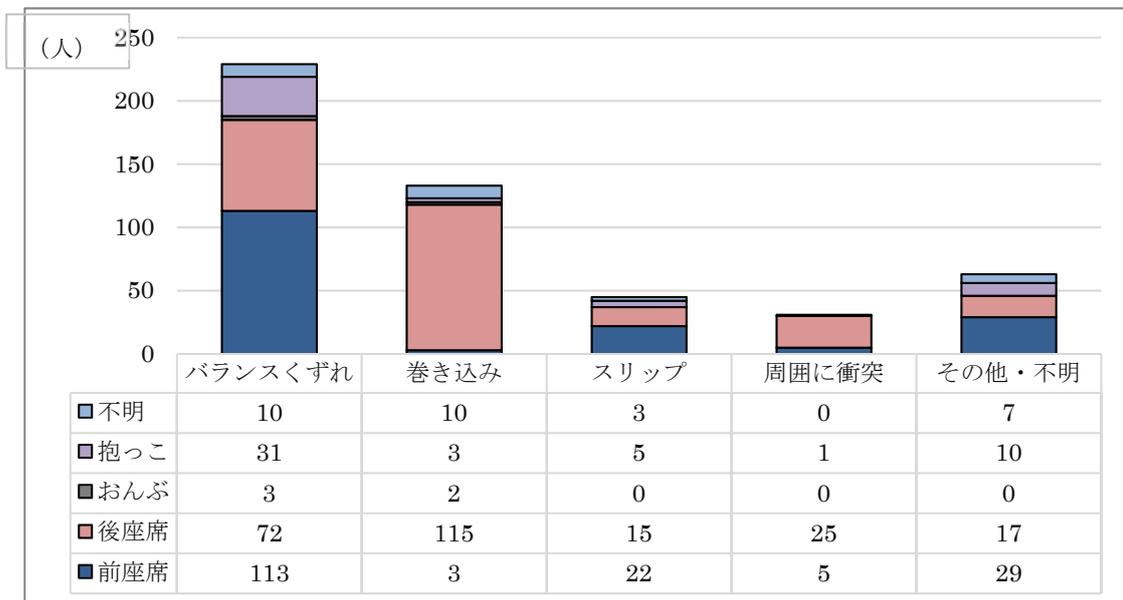


図 20 受傷幼児の乗車位置（走行中の事故）

⁴⁰アンケート結果及び観察調査の結果は、表 29 を参照

事故例では、走行中に何らかの要因（外的要因）によりバランスを崩して転倒することが多い。以下に主な外的要因を示す。

- ・ 段差、溝、坂道、風、カーブ、狭い道などの走行環境の要因
- ・ 歩行者、自動車、自転車、飛び出したボールなどの障害物の存在
- ・ 同乗している幼児の立ち上がり、運転者の振り向く動作、荷物等による重心の偏りなどの自転車側（運転者、幼児）の事故誘発要因

走行中の事故形態で最も多い「バランスくずれ」の主な事故例を表 21 に示す。

表 21 走行中にバランスを崩して転倒した事故例

No.	主な外的要因	事故の概要
1	曲がり角	子供は自転車の前カゴに乗っていた（ヘルメット及びベルトなし）。曲がり角で曲がりきれず、自転車ごと顔から転倒した。
2	飛び出したボール	自転車の後ろ座席に乗っていた（ヘルメット及びベルト着用）。飛び出したボールを避けようとしてバランスを崩し、左側に自転車ごと倒れた。植え込みの石に額部を打ち受傷
3	盲目者用プレート	保護者の運転する二人乗り自転車の後ろ（固定された後部座席）に乗っていたところ、盲目者用プレートにタイヤをとられて、右に転倒。充電器部分と車輪の間に右足首を挟んだ様子
4	ゴミ出しの人	保護者の運転する自転車の後ろに乗っていた（ヘルメットとベルト未使用）。駅前の道で、保護者が運転中、ゴミ出しをして振り返った人を避けようとして、自転車のタイヤが路面で滑って右側に転倒し、頭部を打撲した。
5	車道から歩道への段差	保護者が運転する自転車の前カゴに乗っていた。車道から歩道への段差を上がりきれずに左側へ転倒。下はアスファルト。ヘルメットを被っていたが、ヘルメットで保護されていない所もぶつけた。保護者はみていたが、自転車は勢いよく転倒した感じではなく、ゆっくり倒れていき、最後にカゴに乗った子供が地面にぶつかった感じだった。
6	子供の立ち上がり	保護者が運転する自転車の前カゴに乗っていて、横断歩道をゆっくり走っていたところ、子供が立ち上がり、バランスを崩して頭から落下した。地面はアスファルト
7	ビル風	保護者の運転する自転車の後ろに乗っていたところ、ビル風にあおられて左側に転倒した。左肘からアスファルトにぶつかり、被っていたヘルメットが当たった音がした。地面はアスファルト
8	振り向く動作	保護者の運転する自転車の後部に子供が座っていた。保護者の帽子が風で飛ばされたため保護者が振り向いたところ、バランスを崩して転倒。本人はヘルメット及びベルトをしていたため、座った状態で右側頭部を打撲。下はアスファルト
9	坂道の角	二人乗り用自転車の後部座席に乗って走行中、坂道の角を左折しようとして、曲がりきれず、自転車ごと左側に転倒した。後部座席は屋根・足置きがついているタイプで、後頭部を座席の屋根にぶつけたかもしれない。シートベルトは装着しており、投げ出されなかった。ヘルメットは普段は着用しているが、この時は着用していなかった。
10	たくさんの荷物	保護者の運転する自転車で年下の子と三人乗り。買い物の帰り道だったため、荷物もたくさんあった。自転車がふらつき左側に転倒。ヘルメット及びベルトは着用していた。
11	工事現場のホース	保護者の運転する自転車の前に乗車中、工事現場のホースを踏んで右に転倒。保護者は足で支えたが、自転車が転倒し、アスファルトに顔面をぶつけた。
12	バス、歩道との段差	子供は保護者の運転する自転車の後ろに乗っていた。車道を走っていたが、バスが来たため歩道に上がろうとしたところ滑って左側に転倒した。
13	下り坂、雨	子供は保護者の運転する自転車の後部座席に乗って、坂を下っていた。左方より車が出てきたため、右に避けようとして前輪が滑って右に転倒し植込みに倒れた。天気は雨で地面が滑りやすかった。ブレーキをかけながらゆっくり降りていた。チャイルドシートでシートベルトをしていたが、ヘルメットは着用していなかった。レインカバーですっぽり覆われていた。
14	カゴのものを取る動作	子供は保護者の運転する自転車の前カゴに乗っていた。保護者は後ろカゴのものを取ろうとしている最中、左向きに倒れた。下はコンクリート
15	カーブ	保護者が運転する自転車の前カゴに乗車していて、曲がりきれず、カーブミラーに前輪がぶつかり、その反動で本人が右肩からアスファルトの地面に落ちた。ヘルメットは着用していなかった。スピードは出ていなかった（5km/h? 走っている人よりは遅かった）。自転車は倒れなかった。
16	狭い道	保護者の運転する自転車の後部座席（子供用）に座っていた。細い道で減速していた。地面にタイヤを取られて、右側に転倒
17	排水溝	前カゴの座席(最初から備え付け)にベルトをつけて子供を座らせて（ヘルメットなし）、後部座席に年上の子が乗っていた。車が通れないくらいの路地をまっすぐ走っていた。後ろから自転車が来たため、左に避けようとして排水溝に乗り上げて転倒。自転車は完全に倒れたが、子供は投げ出されてはいない。
18	傘、車道から歩道への通路	自転車の前カゴに乗せ傘をさして走行中、車道から歩道に移動時バランスを崩し左側に自転車ごと転倒（ヘルメット及びベルトなし）。ビニールカバーしており、子供は飛んではない。左側面をアスファルトに打撲
19	段差	保護者の電動自転車で年上の子が前、本人が後ろに乗っていた。段差に乗り上げるときにバランスを崩し、左側から転倒（シートベルト及びヘルメットなし）。本人は寝ていたが、転倒後泣いた。
20	自転車	三人乗り自転車の前座席乗車中。浴衣だったため、ヘルメットは着用せず、ベルトは装着していた。前から来た自転車を避けようとして電柱にかすり左側に転倒。後部座席の子供は無事だったが、前座席の子供は頭部をコンクリートで打撲

② 停車中の事故

停車中の事故時の状態と受傷幼児の乗車位置を図 21 に示す。停車中の事故においては、受傷合計人数 381 人に対し、前座席での受傷人数合計は 298 人と 78.2% を占め、特に「目を離す」状態では 83.2% (153 人/184 人) が前座席に乗車中の幼児の受傷である。

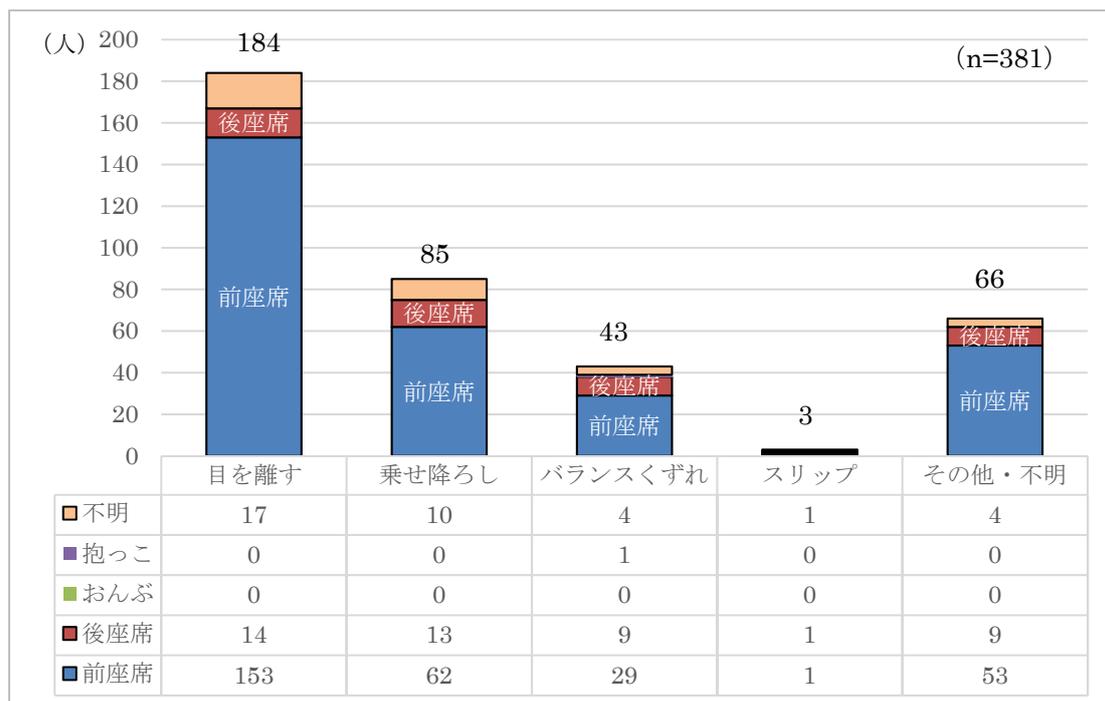


図 21 受傷した幼児の乗車位置 (停車中の事故)

③ 幼児 2 人同乗中の事故

幼児 2 人同乗中の自転車の状態と受傷幼児の乗車位置を表 22 に示す。走行中、停車中共に前座席に乗っている幼児の受傷が多いが、特に停車中はその割合が 82.0% (41 人/50 人) と高い。

表 22 幼児 2 人同乗中の自転車の状態と受傷幼児の乗車位置

自転車の状態	受傷幼児の乗車位置					合計 (人)
	前座席	後座席	おんぶ	抱っこ	不明	
走行中	39	18	0	12	4	73
停車中	41	6	0	0	3	50
制動（停止）中	3	1	0	1	0	5
押し歩き	2	1	0	1	0	4
漕ぎ出し	1	1	0	1	0	3
不明	2	0	0	0	0	2
合計	88	27	0	15	7	137

(3) 医療機関ネットワーク事故情報データ分析のまとめ

医療機関ネットワークの事故情報データを分析した結果、幼児同乗中の自転車事故において、以下の特徴を確認した。

- ① 事故発生時の自転車の状態は、「走行中」（48.7％）が「停車中」（37.0％）より多い。
- ② 「走行中」の事故時の状態は、「バランスくずれ」（45.7％）が最も多く、「巻き込み」（26.5％）、「スリップ」（9.0％）、「周囲に衝突」（6.2％）の順で発生している。
「停車中」の事故時の状態は、「目を離す」（48.3％）が最も多く、次に「乗せ降ろし」（22.3％）が多い。
- ③ 「走行中」の事故で最も多い「バランスくずれ」による転倒は、走行環境、障害物及び自転車（運転者、同乗者）側の要素等の外的要因が影響していた。
- ④ 「停車中」の事故では、前座席に乗車している幼児の受傷割合が全体の78.2％と高いが、特に「目を離す」状態では、前座席の同乗幼児が受傷する割合は83.2％（153人／184人）である。
- ⑤ 幼児2人同乗中に「停車中」の事故があったケースでも、前座席に乗車していた幼児が受傷した割合は82.0％（41人／50人）と高い。

4. 1. 4 ITARDA 交通事故⁴¹分析

(1) 自転車同乗幼児（6歳未満）の死傷者数推移

2009年から2018年までの10年間の、幼児同乗中の自転車の交通事故による死亡⁴²者数、重傷⁴³者数、軽傷⁴⁴者数、死傷者数推移を表23に、死傷者数の多数を占める重傷者数、軽傷者数の推移を図22に示す。

死傷者数は、2009年以降2014年までは減少傾向であるが、2015年以降は横ばいで推移している。また、重傷者数も減少傾向であったが、2018年には再び増加した。

表23 自転車同乗幼児の死傷者数推移

(人)	死亡者数	重傷者数	軽傷者数	死傷者合計
2009年	1	20	1,228	1,249
2010年	0	22	1,309	1,331
2011年	2	16	1,151	1,169
2012年	1	11	1,201	1,213
2013年	1	17	1,028	1,046
2014年	0	15	951	966
2015年	0	9	811	820
2016年	1	8	778	787
2017年	0	6	827	833
2018年	1	20	800	821
合計	7	144	10,084	10,235

⁴¹ 「交通事故」とは、法第2条第1項1号に規定する道路において、車両及び列車の交通によって起こされた事故で、人の死亡又は負傷を伴うもの（人身事故）をいう（平成29年版 交通事故統計年報）。ただし、本調査に使用するデータ上は、列車の交通によって起こされた事故を除いている。

⁴² 「死亡」とは、交通事故によって、発生から24時間以内に亡くなった場合（人）をいう（平成29年版 交通事故統計年報）。

⁴³ 「重傷」とは、交通事故によって負傷し、1箇月（30日）以上の治療を要する場合（人）をいう（平成29年版 交通事故統計年報）。

⁴⁴ 「軽傷」とは、交通事故によって負傷し、1箇月（30日）未満の治療を要する場合（人）をいう（平成29年版 交通事故統計年報）。

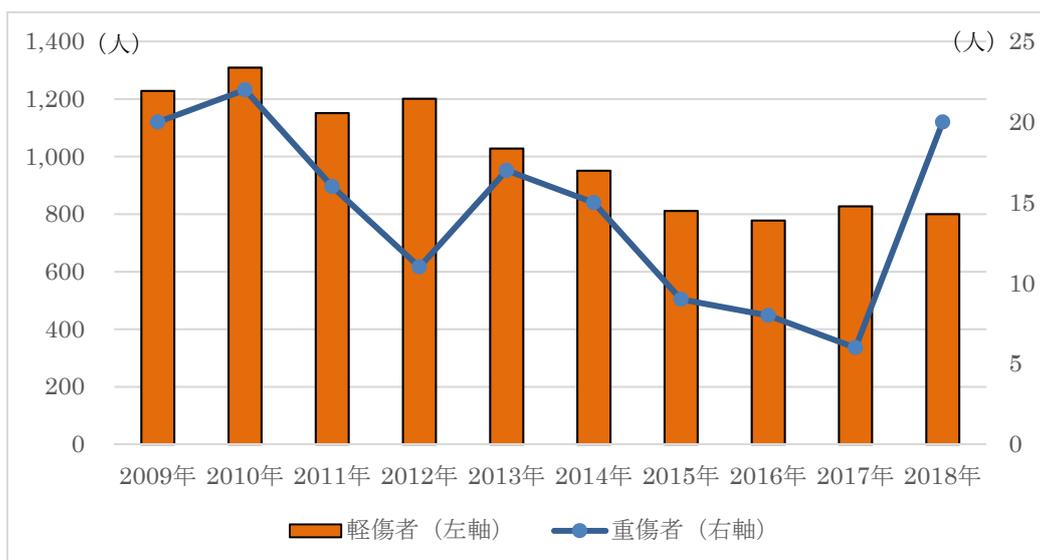


図 22 自転車同乗幼児の軽傷者、重傷者数推移

(2) 自転車同乗幼児の交通事故による被災者数

2009年から2018年までの10年間の、自転車同乗幼児の交通事故による死亡者数の推移を一般自転車、電動アシスト自転車別に表24に示す。

表 24 自転車同乗幼児の交通事故死亡者数推移

(人)	一般自転車	電動アシスト自転車	合計
2009年	0	1	1
2010年	0	0	0
2011年	2	0	2
2012年	0	1	1
2013年	0	1	1
2014年	0	0	0
2015年	0	0	0
2016年	1	0	1
2017年	0	0	0
2018年	0	1	1
合計	3	4	7

同じく10年間の自転車同乗幼児の交通事故による重傷者数と、電動アシスト自転車による事故の割合の推移を図23に示す。

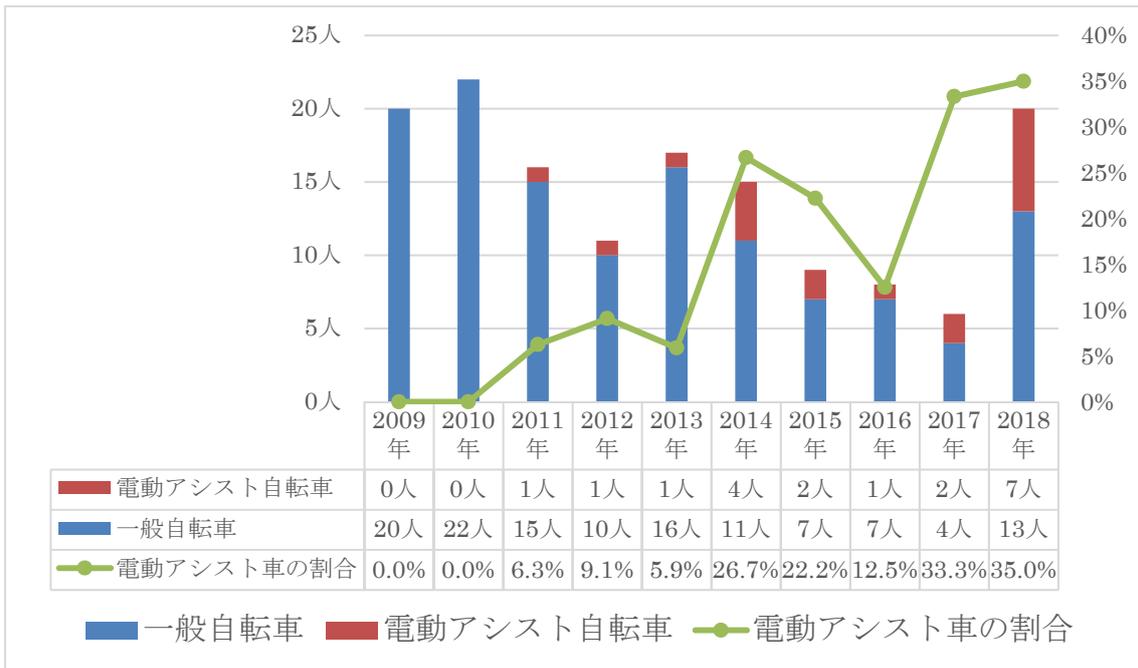


図 23 自転車同乗幼児の交通事故重傷者数推移

同じく10年間の自転車同乗幼児の交通事故による軽傷者数と、電動アシスト自転車による事故の比率の推移を図24に示す。

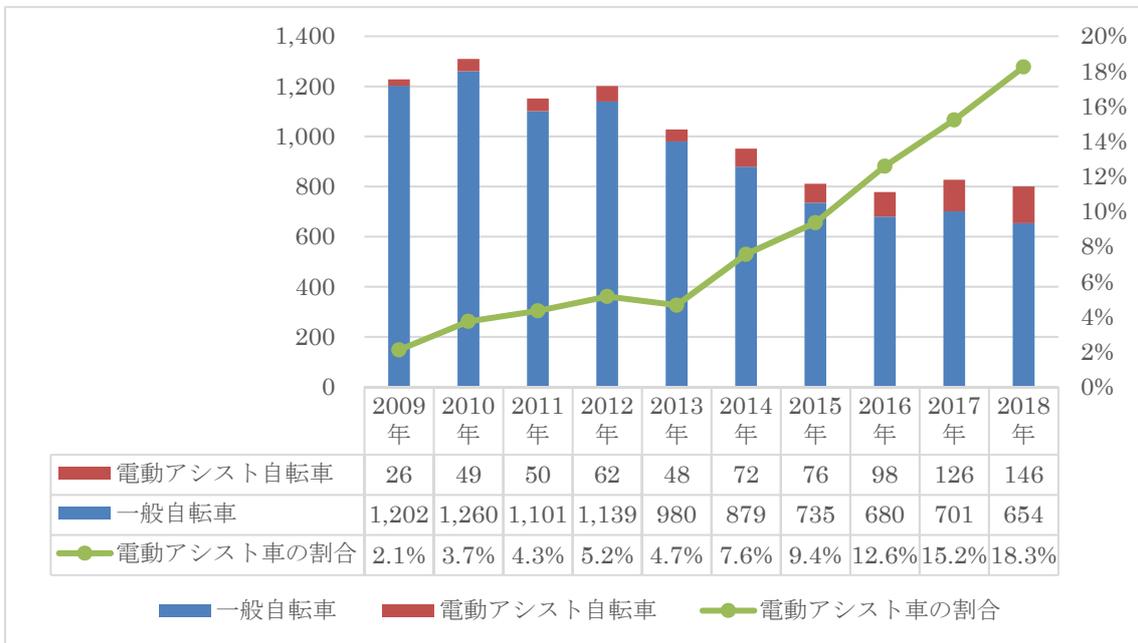


図 24 自転車同乗幼児の交通事故軽傷者数推移

(3) 幼児同乗中の自転車の交通事故による事故類型

幼児同乗中の自転車の交通事故発生場所の内訳を図 25 に示す。交通事故発生場所でみると、交差点（信号あり、なし）での衝突が全体の 65.8%を占めている。

なお、事故類型でみると、全体 9,240 件の内訳は、自転車と車両の事故が 9,121 件、自転車と人の事故が 9 件、自転車の単独事故が 110 件である。

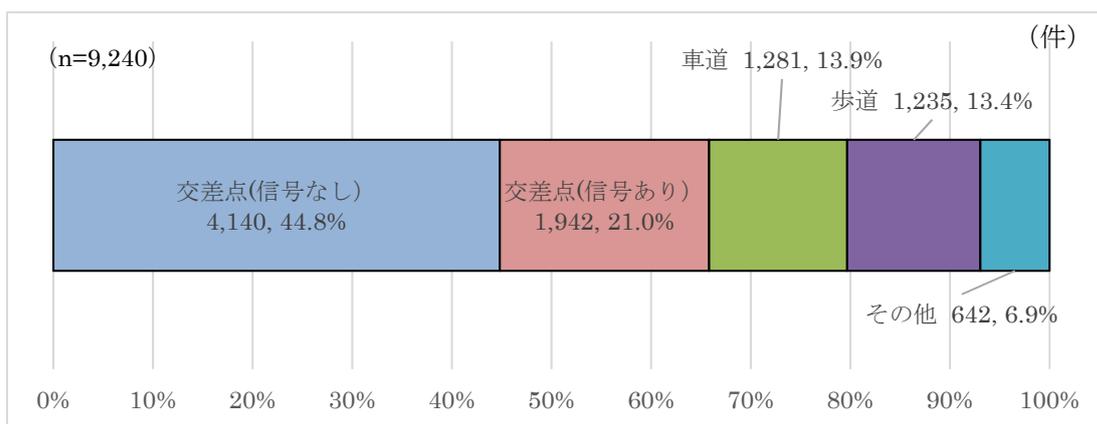


図 25 幼児同乗中自転車の交通事故（事故発生場所）

幼児同乗中の自転車の交通事故における、車両相互の衝突形態の内訳を図 26 に示す。全体の半数以上が主に出会い頭事故である。

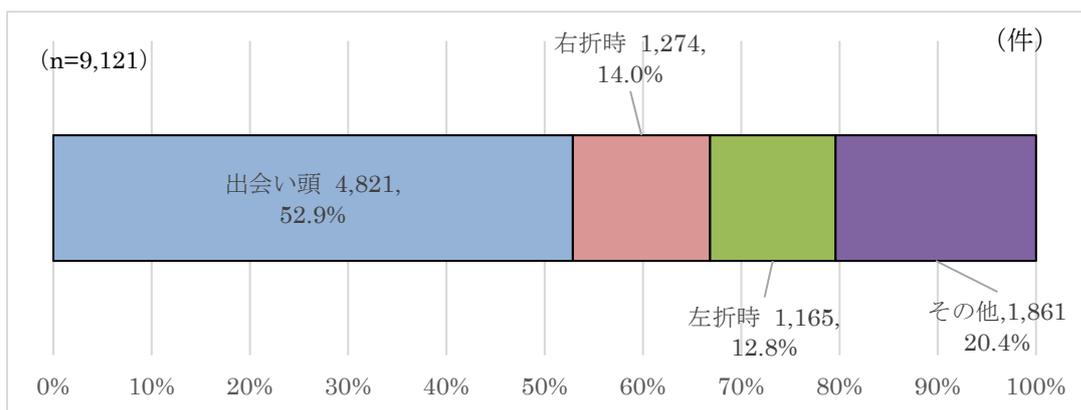


図 26 幼児同乗中自転車の交通事故（衝突形態）

4. 1. 5 事故情報分析のまとめ

(1) 事故発生時の自転車の状態等

本調査で分析対象とした事故情報のうち、東京消防庁救急搬送データ及び医療機関ネットワーク事故情報データから、事故発生時の自転車の状態、事故形態、及び事故時の状態について一定の詳細な内容を把握できた。

東京消防庁救急搬送データでは、停車中の事故が全体の 79.6%で最も多く、そのうちの 92.2%が停車中の転倒事故であり、次いで走行中の事故が全体の 11.9%であった。

一方、医療機関ネットワークの事故情報データでは、走行中の事故が全体の 48.7%で最も多く、そのうちの 45.7%が、様々な外的要因によりバランスを崩して転倒又は転落する事故であり、停車中の事故が 37.0%でこれに続いている。

(2) 事故情報分析に基づく更なる調査、検討

前記の各事故情報データの分析結果から、停車中の転倒事故及び走行中の転倒事故につき、事故発生要因の更なる分析が必要であると認識した。

また、それぞれの事故情報においては、電動アシスト自転車の利用に伴う事故であったか否かの詳細情報は一部を除き把握できなかつたため、本調査では、以下に示す項目について更なる調査、検証を行うこととした。

① 停車中の転倒事故

幼児の送迎を目的として、対象自転車が多く利用されている幼稚園、保育園、こども園において、対象自転車の使用実態を調査する（4. 2）。

② 走行中の転倒事故

市販されている電動アシストあり／なしの自転車を用いて、一定の条件下で走行実験を行い、転倒リスクの低い自転車の仕様及び自転車の乗り方を検討する（4. 3）。

4. 2 使用実態調査

調査委員会は、利用者が幼児を同乗させて自転車を運転する際の、主に停車中及び停車前後の使用実態を現場において観測・記録すること等によって、事故の要因を特定し、再発防止策を検討するため、以下のとおり使用実態調査を行った。

4. 2. 1 調査実施期間及び実施施設

対象自転車使用現場での調査は、表 25 に示す 15 施設の協力を得て 2019 年 6 月 25 日～8 月 8 日の間に実施した。

表 25 調査実施施設

園名	所在地	駐輪場 有無	園の規模 ⁴⁵	送迎での自転車 使用世帯 ⁴⁶
A 幼稚園	東京都	有	Ⅱ	ii
B 幼稚園	東京都	無	Ⅳ	iii
C 幼稚園	東京都	有	Ⅲ	ii
D 保育園	東京都	有	Ⅰ	i
E 保育園	東京都	有	Ⅲ	ii
F 保育園	東京都	有	Ⅲ	iii
G 保育園	東京都	有	Ⅲ	ii
H 保育園	神奈川県	有	Ⅲ	ii
I 保育園	神奈川県	有	Ⅳ	iii
J 保育園	神奈川県	有	Ⅰ	iii
K 保育園	神奈川県	無	Ⅳ	iii
L 保育園	神奈川県	有	Ⅲ	ii
M 保育園	大阪府	有	Ⅱ	ii
N こども園	大阪府	有	Ⅲ	iii
O こども園	大阪府	有	Ⅲ	i

⁴⁵ 「園の規模」の分類は在籍児童数が、Ⅰ：200人以上、Ⅱ：150人以上200人未満、Ⅲ：100人以上150人未満、Ⅳ：100人未満であることを示す。

⁴⁶ 「送迎での自転車使用世帯」は世帯数が、i：100世帯以上、ii：50世帯以上100世帯未満、iii：50世帯未満であることを示す。

4. 2. 2 調査内容

本調査においては、各園の協力により表 26 の 5 種類の調査を実施した。

表 26 調査対象者及び調査内容

No.	調査種別	調査対象者	調査内容
1	自記式アンケート（以下「アンケート」という。）	各園に在籍する幼児の保護者世帯のうち、園への送迎等、日常的に幼児乗せ自転車を利用している世帯	各園において、対象世帯へ自記式調査票を配布し回収した。
2	観察調査 ⁴⁷	各園への在籍幼児の送迎に幼児乗せ自転車を利用している保護者	登園時及び降園時の駐輪場等における幼児乗せ自転車の利用実態を撮影し、撮影された映像につき、保護者及び幼児の挙動を中心に解析を行った。
3	ヒアリング調査（以下「ヒアリング」という。）	各園への在籍幼児の送迎に幼児乗せ自転車を利用している保護者のうち、	登園時及び降園時の駐輪場等において、ヒアリングを行った。
4	自転車確認	事前に同意書により同意の意思を表明した保護者及び調査当日の調査員からの依頼に応諾した保護者	登園時及び降園時の駐輪場等において、使用自転車の確認を行った。
5	個別撮影		登園時及び降園時の駐輪場等において、ヒアリング及び自転車確認を実施後、日常的な所作を確認するため、子どもを乗せてから走り出すまでの様子を撮影した。

⁴⁷ 観察調査については、「映像に映り、本調査の解析に利用する」ことに関して同意を得た場合についてのみ、該当映像の解析を行った。

4. 2. 3 回収状況

各調査種別のサンプル回収数を表 27 に示す。

【アンケート】の配布総数は 1,586 部⁴⁸であり、これに対する回収総数は 729 部で、回収率は 46.0%であった。

表 27 調査種別ごとのサンプル回収状況

園 名	調査種別と回収数 (件)			
	アンケート	ヒアリング	自転車確認	個別撮影
A 幼稚園	91	14	14	10
B 幼稚園	37	8	8	6
C 幼稚園	41	3	3	3
D 保育園	87	7	7	7
E 保育園	32	15	15	14
F 保育園	29	4	4	4
G 保育園	67	5	5	5
H 保育園	51	14	13	11
I 保育園	20	5	5	5
J 保育園	31	14	14	12
K 保育園	44	11	11	10
L 保育園	55	10	8	9
M 保育園	39	7	6	4
N こども園	37	3	3	2
O こども園	68	6	6	6
合計	729	126	122	108

4. 2. 4 調査結果

使用実態調査における、アンケート、ヒアリング、自転車確認、観察調査の結果から、判明した実態を項目ごとに以下に示す。

なお、以下の項目において構成比を表す場合、小数点以下第 2 位を四捨五入しているため、合計値は必ずしも 100%とはならない。

⁴⁸ アンケートの配布は、調査実施を周知する目的で、送迎に自転車を使用する世帯だけではなく全世帯に配布した園が 15 園中 11 園あり、残り 4 園については、園長が把握する自転車使用世帯のみへの配布であった。なお、アンケート案内文の記載は「園への送迎など、日常的に幼児同乗用の自転車を利用されている方はご協力をお願いいたします。」とした。

(1) 使用自転車について

① 電動アシスト自転車使用状況

【アンケート】における回答者の電動アシスト自転車の使用者の割合を図 27 に示す。過去に行われた各種調査⁴⁹に比して、本調査における電動アシスト自転車の使用比率は高かった。

なお、「不明」は無回答及び不正回答の合計である（以下同）。

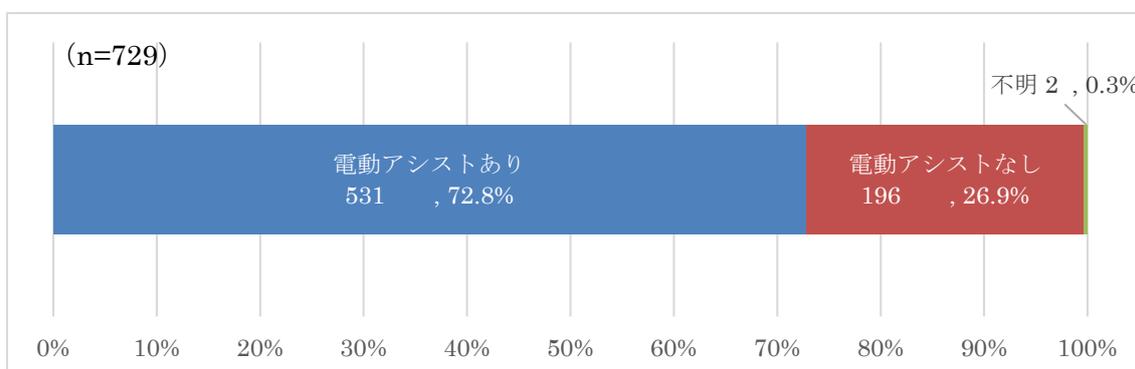


図 27 電動アシスト自転車の使用者の割合

本項目を実施対象の 15 園別に見ると、対象世帯の使用している自転車の電動アシストありの割合は、90%以上が 6 園、70%以上 90%未満が 3 園、50%台が 5 園、30%台が 1 園で、園周辺の走行環境や対象世帯の同乗幼児人数などの条件によって、バラつきが出ているものと考えられる。

また、【ヒアリング】において、電動アシスト自転車を使用している理由を聞いた結果を表 28 に示す。「子どもを乗せると重くなるため」を理由とする保護者が最も多く、「坂道のため」がこれに続いている。

⁴⁹ 幼稚園、保育園利用世帯のうち、自転車を送迎に利用している世帯の電動アシスト自転車使用率に関する、過去に行われた調査（自転車関連団体、民間企業実施）の結果では、2006 年で 6.4%、2016 年で 20%、2017 年で 43.8%という例がある。

表 28 電動アシスト自転車の使用理由（複数回答）

電動アシストにした理由	人数	比率
子どもを乗せると重くなるため	50	49.5%
坂道のため	33	32.7%
走行距離が長くなるため	12	11.9%
その他	33	32.7%
回答者数	101	100%

② 車輪のサイズ

【アンケート】における使用自転車の車輪のサイズを図 28 に示す。

2009 年に独立行政法人国民生活センターで実施されたアンケート⁵⁰と比較すると、本調査の結果では、車輪サイズが小さいタイプの自転車の割合が増えている。

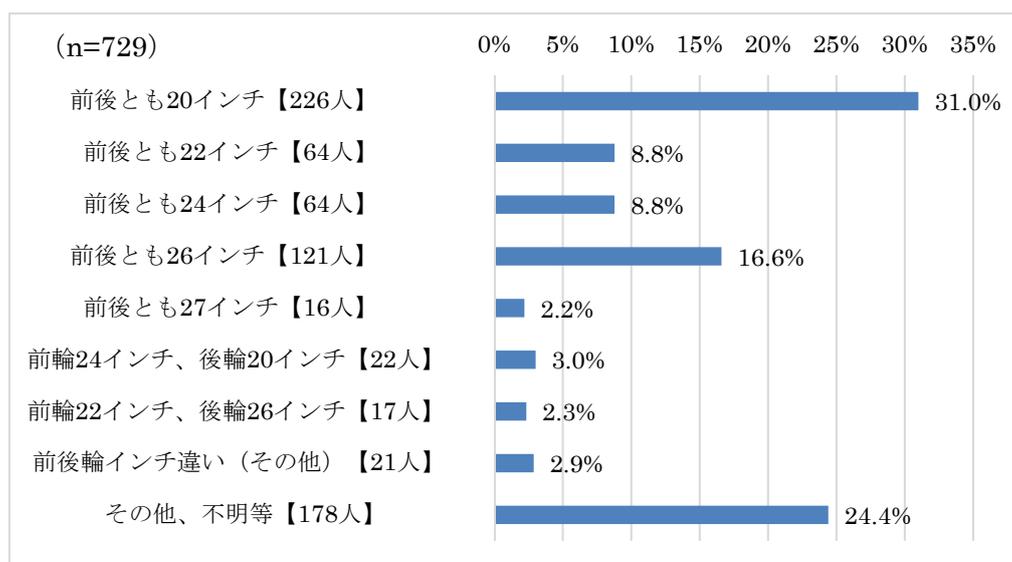


図 28 使用自転車の車輪サイズ

③ ハンドルロック（旋回抑制機構）の種類

ハンドルロックは、停車中自転車の不意の転倒を防止する上で有効な機

⁵⁰ 2009 年に、独立行政法人国民生活センターが神奈川県相模原市内の幼稚園児、保育園児のいる家庭を対象に実施したアンケート（回答数 323 人）の結果では、前後とも 24 インチ以下の割合が 21.1%（本調査では、48.6%）、前後とも 26 インチ以上の割合が 51.4%（本調査では 18.8%）であった。

構であり、「幼児2人同乗用自転車安全基準（2.6 駐輪時の安定性）」においても、装備することが要件として掲げられている。

現在流通している主な車種に採用されている方式では、スタンドを立てると自動的にロックがかかる「スタンド連動」、ハンドルのグリップ部で操作する「ハンドルグリップ」、前輪を支えるフレームのヘッド部に設置されたリングで操作する「前輪リング」の3種類が代表的である。

【自転車確認】で使用現場での自転車に装備されているハンドルロックを確認したところでは、全体の84.4%で本機構が採用されており、方式としては、「スタンド連動」型が半数以上を占めていた（図29）。

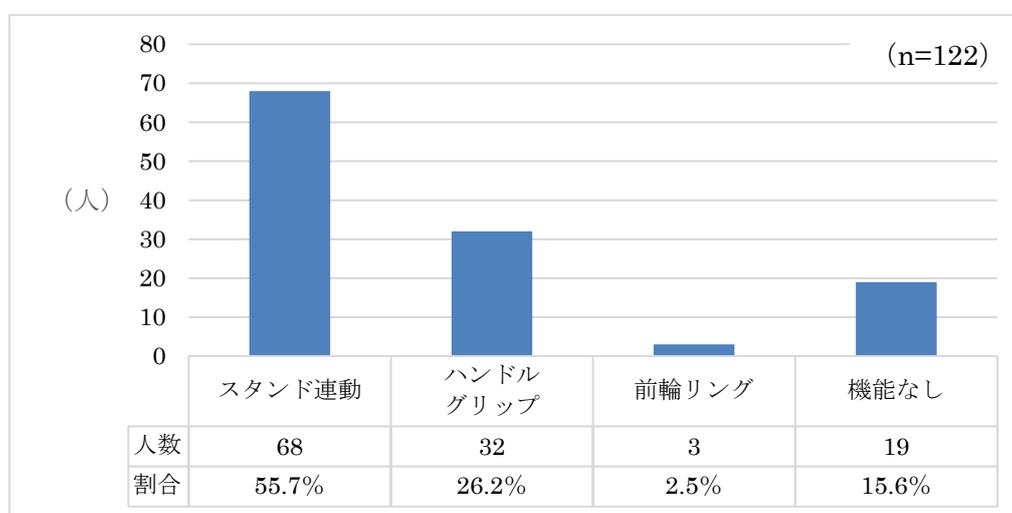


図29 ハンドルロックの種類

(2) 同乗幼児について

① 同乗幼児の人数と乗車位置

【アンケート】における「通常同乗させている幼児の人数」ごとの「幼児の同乗位置」回答結果及び【観察調査】において幼児の同乗位置を確認した結果を表29に示す。

なお、【アンケート】では、他の設問で「通常同乗させるのは1人」と回答していても、「乗せる可能性のある位置」、あるいは「今までに乗せたことのある位置」といった意味で、同乗位置を2つ選択する等の例が一定数あった。

表 29 同乗幼児人数と同乗位置

同乗幼児人数	幼児の同乗位置	【アンケート】		【観測調査】		
		回答者数(人)	各同乗幼児人数の中での割合	観測数※1(人)	各同乗幼児人数の中での割合	
1人	後座席	327	71.1%	334	68.3%	
	前座席	93	20.2%	129	26.4%	
	抱っこ	5	1.1%	17	3.5%	
	おんぶ	1	0.2%	9	1.8%	
	2つを選択	前座席又は後座席	27	5.9%		
		前座席又は抱っこ	2	0.4%		
		後座席又は抱っこ	2	0.4%		
		抱っこ又はおんぶ	2	0.4%		
		後座席又はおんぶ	1	0.2%		
	小計		460	100%	489	100%
2人	前座席と後座席	198	80.8%	101	84.9%	
	後座席と抱っこ	17	6.9%	10	8.4%	
	後座席とおんぶ	5	2.0%	4	3.4%	
	前座席とおんぶ	2	0.8%	2	1.7%	
	前座席と抱っこ	0	0%	2	1.7%	
	3以上を選択	前座席、後座席又は抱っこ	6	2.4%		
		前座席、後座席、抱っこ又はおんぶ	6	2.4%		
		前座席、後座席又はおんぶ	4	1.6%		
		前座席、抱っこ又はおんぶ	1	0.4%		
		後座席、抱っこ又はおんぶ	1	0.4%		
不明		5	2.0%			
小計		245	100%	119	100%	
3人	前座席と後座席とおんぶ	2	28.6%	3	60.0%	
	前座席と後座席と抱っこ	0	0.0%	2	40.0%	
	※2 前座席、後座席、抱っこ又はおんぶ	2	28.6%			
	不明		3	42.9%		
	小計		7	100%	5	100%

※1 幼児乗せ自転車の運転者数

※2 4項目を選択

同乗幼児人数別の割合	1人同乗	460	63.1%	489	79.5%
	2人同乗	245	33.6%	119	19.3%
	3人同乗	7	1.0%	5	0.8%
その他		0	0%	2	0.3%
不明		17	2.3%	0	0%
合計		729	100%	615	100%

② 同乗幼児の乗せ降ろし

幼児乗せ自転車の前座席及び後座席に計2人の幼児を同乗させる場合、通常は体格の大きい年長者を後座席に、体格の小さい年少者を前座席に同乗させる。

前輪の上部に位置する前座席との比較では、スタンドの上部に位置する後座席の方が安定しており、また、後座席の幼児乗せ降ろしが停車中自転車の転倒のきっかけになって前座席の幼児が被災する事例も多い。これらのことから、一般に幼児2人を乗せ降ろしする場合、“前座席に幼児を乗せたまま後座席の幼児の乗せ降ろしをしない”ことが転倒事故を抑制する、より安全な方法（推奨方法）であるとされている。

【観察調査】において、前座席及び後座席に1人ずつ、計2人の幼児を乗せていた保護者延べ325人について幼児乗せ降ろしの方法を確認したところ、この安全性が高いとされる方法（推奨方法）以外⁵¹で乗せ降ろしを行っていたのは、延べ197人（60.6%）であった（図30）。

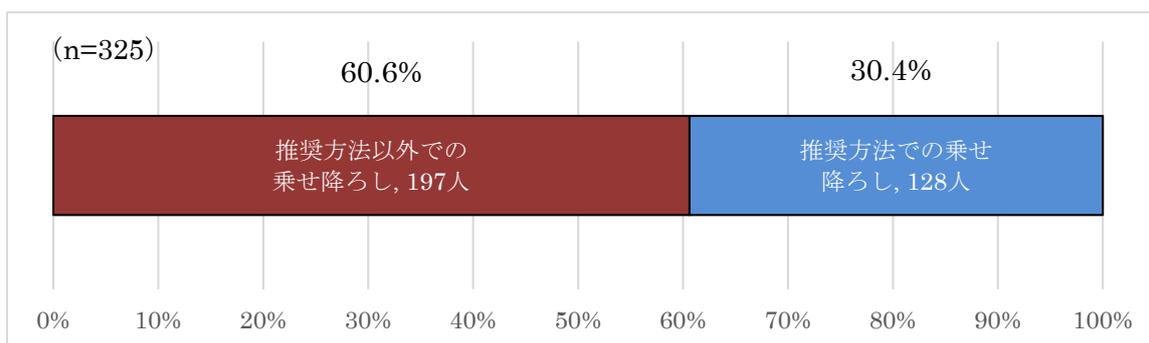


図30 幼児の乗せ降ろし方法

③ ヘルメット、シートベルトの装着状況

a. ヘルメット装着率

【観察調査】における映像から、同乗幼児のヘルメット装着率を、同乗人数にかかわらず、全員又は一部の視点でカウントした結果、同乗幼児全員が装着していない割合は47.2%であった（図31）（n=1,057は登園時、降園時の延べ人数）。

⁵¹ 乗せ降ろす順番が前後する以外に、幼児が自分で自転車から降りたり、自転車に乗ったりという例等を含む。

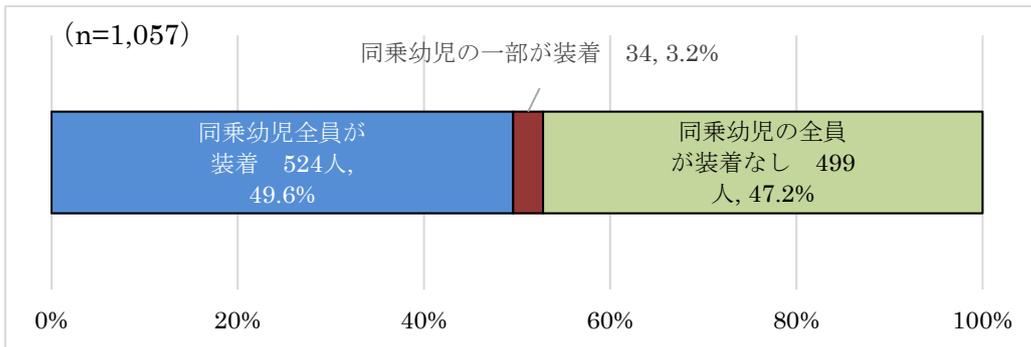


図 31 同乗幼児のヘルメット装着率

b.シートベルト装着率

同じく同乗幼児のシートベルト装着率を同様にカウントした結果、同乗幼児全員が装着していない割合は 42.1%であった（図 32）（n=1,046 は、登園時、降園時の延べ人数）。

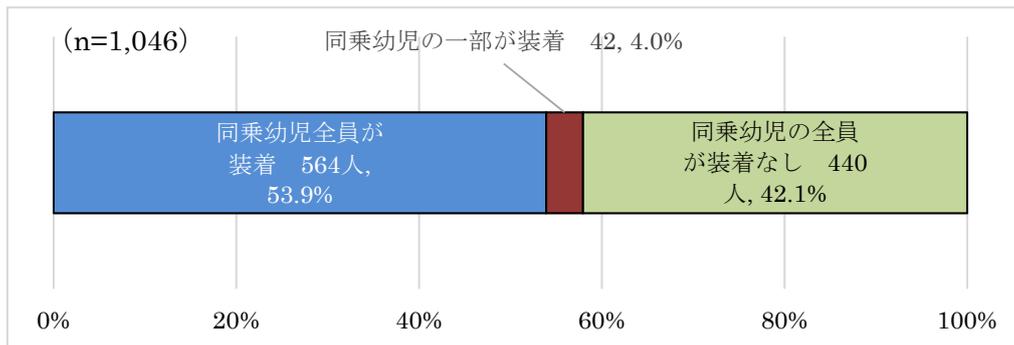


図 32 同乗幼児のシートベルト装着率

(3) 荷物の積載方法等

【アンケート】における、同乗幼児人数ごとの荷物の積載方法を表 30 に示す。2人同乗の場合、「子どもに持たせる」、「ハンドルにぶらさげる」、「幼児座席に掛けたりくくりつける」「手にさげる」といった、危険につながるおそれのある方法が1人同乗の場合との対比で多い。

表 30 同乗幼児人数と荷物の積載方法等

	全体	かま ごまた は後ろ の荷物 用の	手 にさ げて いる	背 負 っ て い る な ど を)	る ハ ン ド ル に ぶ ら さ げ て い る	幼 児 用 座 席 に 置 い て い る	く 幼 児 用 座 席 に 掛 け た り く	幼 児 用 座 席 に 乗 っ て い る	子 ど も に 持 た せ て い る	そ の 他	不 明
調査数	729 100%	505 69.3%	66 9.1%	292 40.1%	185 25.4%	169 23.2%	121 16.6%	217 29.8%	3 0.4%	20 2.7%	
同乗 幼児 人数	1人	462 100%	386 83.5%	25 5.4%	173 37.4%	86 18.6%	99 21.4%	40 8.7%	85 18.4%	0 0.0%	4 0.9%
	2人	246 100%	117 47.6%	41 16.7%	115 46.7%	96 39.0%	69 28.0%	78 31.7%	128 52.0%	3 1.2%	2 0.8%
	3人	7 100%	2 28.6%	0 0.0%	4 57.1%	3 42.9%	1 14.3%	3 42.9%	4 57.1%	0 0.0%	0 0.0%
	不明	14 100%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	14 100%

(4) 事故、ヒヤリハットの経験

【アンケート】において、「自転車に同乗させた子どもが事故にあったことがある」（以下「事故経験」という。）、「自転車に子どもを同乗させていて事故にあいそうになったり、危ないと思ったことがある」（以下「ヒヤリハット経験」という。）のいずれかを経験した保護者（以下「経験者」という。）の割合を、使用自転車の電動アシストあり／なし別に表 31 及び図 33 に示す⁵²。

電動アシストありの自転車を使用している経験者割合は 57.3%で、電動アシストなし使用者の 46.9%を 10.4 ポイント上回っている。

⁵² 電動アシストあり／なしに関する設問は現在の使用自転車についてであり、事故、ヒヤリハットの設問はこれまでの経験に関する設問。以下同様

表 31 事故、ヒヤリハット経験（電動アシスト有無別）

		事故又は ヒヤリハット 経験あり	事故経験 あり	ヒヤリ ハット 経験あり	経験 なし	不明
全体	729	396	45	351	236	97
	100%	54.3%	6.2%	48.1%	32.4%	13.3%
電動アシスト あり	529	303	28	275	159	67
	100%	57.3%	5.3%	52.0%	30.1%	12.7%
電動アシスト なし	196	92	16	76	77	27
	100%	46.9%	8.2%	38.8%	39.3%	13.8%
不明	4	1	1	0	0	3
	100%	25.0%	25.0%	0%	0%	75.0%

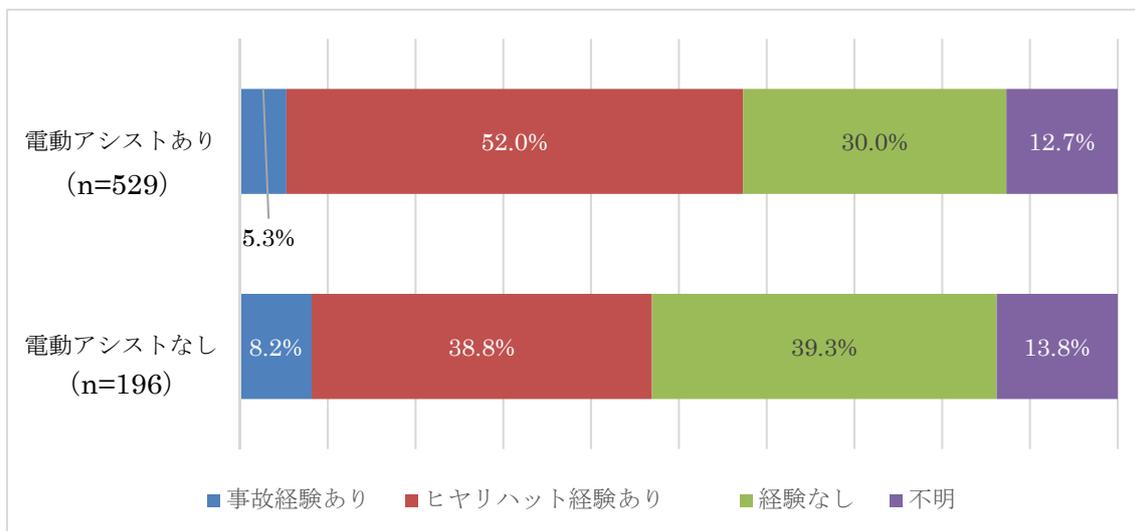


図 33 事故、ヒヤリハット経験（電動アシストあり／なし別）

【ヒアリング】での「電動アシストがあることで、怖い、危ないと思ったことはあるか」との問いに対する回答を表 32 に示す。

最も多い事由は、回答者全 80 人の半数以上の 46 人があげた「重い」ことであり、「アシスト」(33 人) がこれに続く。

表 32 電動アシストがあることで怖い、危ないと思ったこと（複数回答）

重い	傾くと支えきれない、倒れると起こせない	23	(人)
	方向転換が難しい、小回りがきかない	4	
	押し歩き時が重く、操作しづらい	2	
	電池が切れたとき、重くて乗れない	2	
	その他の「重い」	15	
	計	46	
アシスト	漕ぎ始め、足を乗せたときの急発進	27	
	スピードが出過ぎたり、勝手に変わる	3	
	信号待ちのときなどのクリーピング	2	
	ケンケン乗りで怖い思いをした	1	
	計	33	
坂	坂での再スタート	2	
風	強い風	2	
ブレーキ	アシストが効いている状態でブレーキをかけること	1	

(5) 事故、ヒヤリハット経験（幼児同乗形態別）

【アンケート】での経験者の割合を、幼児の同乗形態及び使用自転車の電動アシストあり／なし別に表 33 に示す。

なお、表は、前座席のみ、後座席のみ、前後座席に幼児を同乗させている幼児同乗の3形態について、事故経験、ヒヤリハット経験、電動アシストあり／なし共に、無回答分や不正回答は省略している。

前座席と後座席の幼児2人同乗が最も経験者の割合が高く（74.9%）、後座席のみ（59.5%）が前座席のみ（44.6%）よりも経験者の割合が高い。

また、それぞれの同乗形態ごとに使用自転車の電動アシストあり／なし別に経験者の比率を示した。後座席のみ、及び前後座席では、電動アシストありの自転車を使用している保護者の経験者の割合が、若干ではあるが高くなっている。

表 33 事故、ヒヤリハットの経験（幼児同乗形態別）

・ 座席への搭乗のみ、n=566 ・ 電 A：電動アシスト機能	前席のみ			後席のみ			前後席		
	前席のみ計	電 A あり	電 A なし	後席のみ計	電 A あり	電 A なし	前後席計	電 A あり	電 A なし
合計	83	54	29	284	193	91	199	160	39
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
事故経験あり	4	2	2	20	11	9	19	14	5
ヒヤリハット経験あり	33	22	11	149	110	39	130	107	23
事故又はヒヤリハット経験あり	37	24	13	169	121	48	149	121	28
	44.6%	44.4%	44.8%	59.5%	62.7%	52.7%	74.9%	75.6%	71.8%
経験なし	46	30	16	115	72	43	50	39	11
	55.4%	55.6%	55.2%	40.5%	37.3%	47.3%	25.1%	24.4%	28.2%

(6) 事故、ヒヤリハット経験（自転車（運転者）の状態）

【アンケート】において、事故、ヒヤリハットを経験したときの自転車（運転者）の状態を聞いた結果を図 34 に示す。

本設問への回答者数は経験者のうち 307 人で、事故、ヒヤリハットを経験したときの自転車（運転者）の状態としては、全体の 32.6%（100 人）が走行中であり、これとほぼ同等の 30.0%（92 人）が停車中での経験であった。

停車中での経験ではさらに、「スタンドを立てようとしたとき」（33 人）、「スタンドを立てて止まっているとき」（27 人）、「子どもを乗せ降ろしているとき」（32 人）に分かれる。

走行中、停車中に次いで多いのが「押し歩きをしているとき」で 14.7%（45 人）であった。

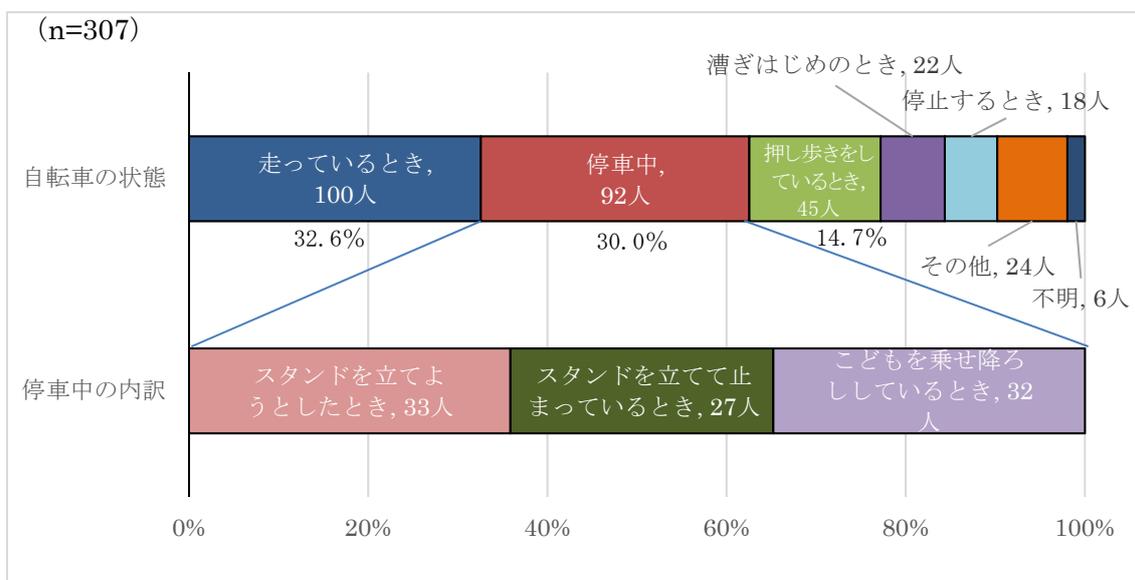


図 34 事故、ヒヤリハット経験時の自転車（運転者）の状態

また、図 34 に示した自転車（運転者）のそれぞれの状態における電動アシスト自転車使用者の割合を表 34 に示す。

電動アシストありでの経験者割合全体は 74.6% であるが、「押し歩きをしているとき」は 80.0% とやや高くなっており、これは主として電動アシスト自転車の重さが影響しているものと考えられる。

表 34 事故、ヒヤリハット経験時の自転車の状態
(電動アシスト自転車使用者の割合)

		(n=307)	
「電 A」：電動アシスト機能		電 A あり の割合	電 A なし の割合
全体		74.6%	25.4%
漕ぎはじめのとき		59.1%	40.9%
走っているとき		76.0%	24.0%
停止するとき		72.2%	27.8%
押し歩きをしているとき		80.0%	20.0%
	スタンドを立てようとしたとき	75.8%	24.2%
	スタンドを立てて止まっているとき	66.7%	33.3%
	子どもを乗せ降ろししているとき	78.1%	21.9%
停車中 計		73.9%	26.1%
その他		75.0%	25.0%
不明		83.3%	16.7%

(7) 事故、ヒヤリハットの経験

(自転車(運転者)の状態と影響のあった事象)

【アンケート】において、事故、ヒヤリハットを経験したときの自転車(運転者)の状態ごとに、影響した事象との関連を表 35 に示す。

まず、停車中 3 項目については、いずれも「同乗させている子ども」の動きが影響しており、特に「子どもを乗せ降ろししているとき」と「スタンドを立てて止まっているとき」の影響が大きく、これらの動作、状態の際に同乗の子どもが動いたり、座席で立ち上がることなどによって、危険につながっている可能性が考えられる。

また、「押し歩き」は「自転車そのもの」の影響が最も多く、これは主として自転車の重さによるものと考えられる。

「走行中」については、「自転車のまわりの物」、「危ない路面状況」「走ることに障害になる物」、「走りにくい道の形」が影響しており、特に「自転車のまわりの物(車、歩行者、他の自転車、ガードレールなど)」の影響が大きい。

「漕ぎはじめのとき」については、「自転車そのもの」の影響が大きく、電動アシスト自転車の場合は、急発進に類するものが主である可能性が考えられる。

表 35 自転車（運転者）の状態と影響のあった事象（複数回答）

事故、ヒヤリハット 事故、ヒヤリハット経験時に影響のあった事象	全体	走っているとき	押し歩いてるとき	停車中			停車中計	漕ぎはじめのとき	停止するとき	その他	不明
				うたととき	スタンドを立てよ	しどを乗せ降ろ					
全体	307	100	45	33	32	27	92	22	18	24	6
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
同乗させている子ども（動いたり、立ち上がったたり）	113	24	14	13	19	22	54	6	7	8	0
	37%	24%	31%	39%	59%	81%	59%	27%	39%	33%	0%
自転車のまわりの物（車、歩行者、他の自転車、ガードレールなど）	97	55	11	2	3	4	9	5	6	8	3
	32%	55%	24%	6%	9%	15%	10%	23%	33%	33%	50%
自転車そのもの（故障、壊れ、重さ、電動アシスト機能など）	79	8	21	11	11	7	29	8	4	7	2
	26%	8%	47%	33%	34%	26%	32%	36%	22%	29%	33%
危ない路面状況（凍結、雪、雨、水、砂利、砂、泥など）	78	30	12	7	5	2	14	6	4	10	2
	25%	30%	27%	21%	16%	7%	15%	27%	22%	42%	33%
走ることに障害になる物（段差、縁石、側溝、わだちなど）	77	40	8	6	1	1	8	5	8	7	1
	25%	40%	18%	18%	3%	4%	9%	23%	44%	29%	17%
走りにくい道の形（坂道、傾斜、狭い道、見通しの悪い交差点など）	76	30	7	4	8	7	19	6	5	7	2
	25%	30%	16%	12%	25%	26%	21%	27%	28%	29%	33%
自分の自転車の運転技術や操作方法	39	8	7	4	6	3	13	3	2	5	1
	13%	8%	16%	12%	19%	11%	14%	14%	11%	21%	17%
その他	14	2	3	1	3	2	6	0	0	2	1
	5%	2%	7%	3%	9%	7%	7%	0%	0%	8%	17%
不明	8	2	0	3	1	0	4	2	0	0	0
	3%	2%	0%	9%	3%	0%	4%	9%	0%	0%	0%

※ 単位：人

※ 全体の割合を超える項目は太枠、特に関連性の高い項目は太字

(8) 使用現場での危険挙動

本調査では、【観察調査】で対象とした 15 園の各駐輪場等において、下記により保護者の幼児乗せ自転車の使用実態を撮影した。

➤ 撮影時間

(送り) 7:00～ 9:30 の間の 2～2.5 時間

(迎え) 16:00～18:30 の間の 2～2.5 時間

➤ 撮影機材

HDビデオカメラを、1 園で 3 台、2 園で 1 台、12 園で 2 台、送迎の幼児乗せ自転車の駐輪場所をくまなくカバーできる位置に設置した。

撮影した映像については表 36 の「危険挙動」「具体的な状況例」の視点により該当箇所を抽出し、危険や事故につながる可能性のある運転や駐輪の仕方、保護者と幼児の挙動、自転車の状況等についての映像解析を行った。

全 15 園における危険挙動⁵³の該当件数を表 36 の「発生件数」に示す。

表 36 危険挙動と具体的な状況例

危険挙動	具体的な状況例	発生件数(件)
■ 転倒・転落	幼児が乗車中、自転車が転倒したり、座席ごと、あるいは座席から転落する。	1
■ 転倒・転落のおそれ	幼児が乗車中、自転車が転倒しそうになったり、座席ごと、あるいは座席から転落しそうになる。	6
■ フラつき 1	停止の前後、発進の前後でのフラつき。	12
■ フラつき 2	押し歩き時に進行方向を変えようとする際のフラつき。	3
■ 自転車からの離脱(目を離す)	幼児を乗せたまま、(10秒以上)自転車から離れたり、目を離す。	13
■ 幼児の乗り降り	幼児が自分で座席に登ったり、座席から降りたりする。	427
■ 幼児の大きな挙動	座席に乗車中の幼児が、立ち上がったたり、身を乗り出したりする。	126
■ ハンドルの回転	停止中、スタンド立て・降ろし時、発進時などにハンドルが意図せず大きく回転する。	6
■ その他	—	3
全施設合計		597

⁵³ 各種事故データ、関連論文、レポート等の参考情報及び調査現場での観察から、解析に当たり調査委員会で想定した「ヒヤリハット、事故につながる可能性があると考えられる、自転車の状態並びに保護者及び同乗幼児の行動分類」を指す。

〔「危険挙動」補足説明〕

a. 転倒・転落

【観察調査】での映像撮影期間中、対象園において実際の転倒事案が1件記録された。発生場所は協力園の駐輪場（図 35）であり、概況を以下に示す。

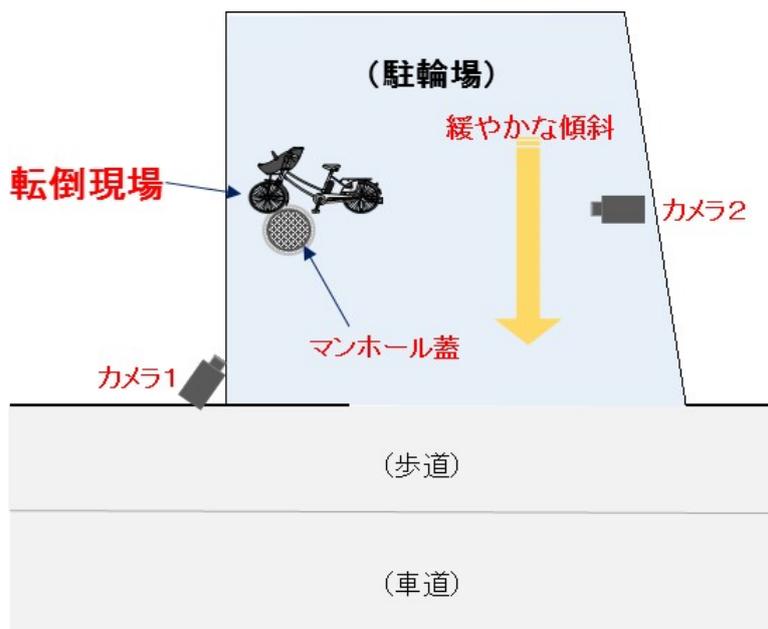


図 35 当該協力園駐輪場

<駐輪場の概要>

- ・立地 : 園建物と歩道に隣接した、奥行き約 6m の専用駐輪場
- ・床面 : 1 か所のマンホール蓋部分を除き、一面にゴムチップ舗装がなされている。
- ・傾斜 : 場所によりバラつきがあるが、複数箇所で計測した平均値は、奥から歩道（入口）に向かって約 1.7 度の緩やかな傾斜
ただし、マンホール蓋周りのコンクリート部分とゴムチップ舗装部分の境目は約 3.5 度
- ・転倒現場 : 入口から見て左側、奥から中ほどの場所が転倒現場で、当該自転車は、歩道に対し平行、かつ前輪がマンホール蓋にほぼかかる位置での駐輪であった。

<本転倒に至るプロセス>

(a) 斜め前方からのカメラ1による映像



(写真1)
前座席の幼児にシートベルトをした後、保護者が自転車の横に移動した際に、背負ったリュックが手前の自転車のハンドルに接触する。



(写真2)
手前の自転車が傾き、保護者が慌てて手を伸ばす。



(写真3)
手前の自転車が倒れたため、保護者が立て直そうとする。
この時、幼児は保護者の方に身体を向けて手を伸ばす。



(写真4)
幼児が乗った自転車がバランスを崩し、転倒が始まる。

	<p>(写真5) 自転車のハンドル・サドルの間に保護者が入る形で転倒</p>
	<p>(写真6) 幼児の頭や体が手前の自転車等に接触することなく、けがはなかった。</p>

(b) 後方からのカメラ2による映像



<本転倒事例の要因と考えられる事由>

本転倒事例については、次の4つが転倒の要因と考えられる。

イ. 駐輪場所の緩やかな傾斜

駐輪場内は奥から歩道側の出入り口に向かって、平均 1.7 度の緩やかな傾斜があり、当該自転車は傾斜に対して垂直（歩道に対して平行）に駐輪されていた。

特に転倒事例の自転車は前輪がマンホール周辺のコンクリート部分と一面に敷設されたゴムチップ舗装の境界にかかっており（写真 13 イ.）、この部分の傾斜は 3.5 度であった。

ロ. ハンドルへの荷物のぶらさげ

当該自転車は、ハンドルの左側（傾斜の下がり面方向）に同乗幼児のリュックサックをぶらさげていた（写真 13 ロ.）。

ハ. 幼児の動き

転倒の直前、前座席の幼児が保護者の方に体を傾けて手を伸ばしていた（写真 13 ハ.）。

ニ. 自転車（幼児）から目を離す運転者（保護者）

運転者は、倒れた隣の自転車を起こそうと、自分の自転車とは反対を向き目を離していたため、転倒する自分の自転車を支えることができなかった（写真 13 ニ.）。



写真 13

なお、後方からのカメラ 2 による映像では、転倒に至る前の状態から、車体が左右に揺れている様子が確認された。

b. 転倒・転落のおそれ

【観察調査】の映像で確認された、「転倒・転落」につながるおそれのある危険挙動のうち、転倒に関する主な事例は次のとおり。

(a) 幼児の乗り降り

年中又は年長の幼児の場合、自転車の後部に設置された幼児用座席の足乗せステップに足をかけて、自分で座席に上る、あるいは座席から降りる事例が見られ、これは表 35 のとおり、【観察調査】においても 427 件と、最も多く見られた危険挙動である。

この挙動が転倒につながりかけた事例（映像）は 2 件記録されており、いずれも幼児の乗り降りによって自転車がバランスを崩したものの、周囲にいた保護者等が手で支えたため、実際の転倒には至らなかった。

(b) 駐輪場所の傾斜

前記の転倒事例と同様、駐輪場所の傾斜が原因とみられる転倒のおそれのある事例（映像）が 1 件記録された。

この事例も駐輪場が道路に向かって緩やかに傾斜しており、道路に対して平行な向きに駐輪した自転車が、運転者が手を離れた瞬間に傾き、倒れかけたものである。

c. その他

「幼児の大きな挙動」はほとんどが、保護者が幼児を座席から降ろす際に、幼児が座席の上に立ち上がるケースであり、「転倒・転落のおそれ」につながる事例はなかった。

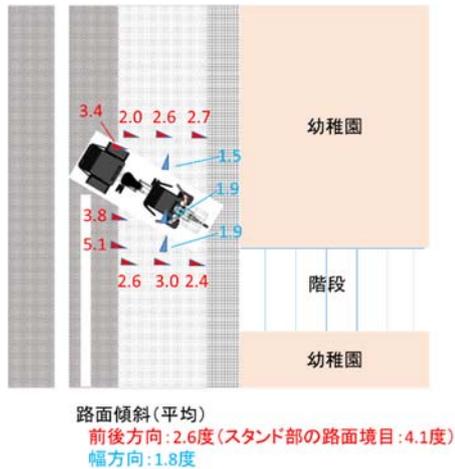
また、「ハンドルの回転」については、4. 2. 4 (1) ③のとおり、ハンドルロック機構の普及が進んでいる（図 29）こともあり、【観察調査】では 6 件の記録にとどまった。

<関連情報>

停車中の転倒については、消費生活センターに相談のあった、複数回の停車中の転倒を経験した幼児乗せ自転車利用者を訪問し、事故状況の聴取、転倒現場の調査及び転倒した自転車の調査を行った。

a. 事故概要

< 1 回目 >



■ 1 回目の転倒は、幼稚園の壁側に自転車前方を向け、道路上に斜めに停車した状態で発生した(図 36)。

保護者が自転車から離れた際に壁に向かって転倒、幼児は前座席に乗車しており、かすり傷を負った。

路面の傾斜は幅方向に平均 1.8 度、前後方向に平均 2.6 度(スタンド部の路面境目は 4.1 度)であった。

図 36 転倒(1回目)前の停車状況

< その他の転倒 >

転倒場所は自宅ガレージ及び送迎中の道路上で、いずれも幼児は同乗しており、受傷している。そのうち1回は、額を4針縫う受傷で、救急搬送されている。

路面の傾斜はいずれの場合も幅方向に平均 1.5~3.4 度であった。

b. ハンドルロック

1 回目の転倒はハンドルロックをかけたかどうかは不明。2, 3 回目は故障によりハンドルロックが操作不能な状態となっていた。4 回目は修理後で確実にかけた状態

c. 傾斜及び車体後部のぐらつき

全ての転倒事故は、5 度未満のわずかな傾斜で起こっている。うち 1 回の転倒の際には、「スタンド部の安定性が悪かった」と利用者は認識している。

現地調査において、当該自転車のスタンド下部両端が共に路面に接触している状態で、後座席とリヤキャリアを持って車体後部を揺らしたところ、明らかになぐらつきを確認した。

4. 2. 5 使用実態調査まとめ

(1) 使用自転車

本調査において、幼稚園、保育園等への送迎に電動アシスト自転車を使用している世帯の割合は全体の7割を超えており、ニーズに合致した商品であることが分かる。

また、同じく本調査での使用自転車の車輪径は、全体の約3割が前後共小径の20インチの自転車であり、大部分がハンドルロック（旋回抑制機構）装備車である等、製造販売側の安全対策の進展と製品選択における利用者の安全意識の向上が反映されている（4. 2. 4（1））。

(2) 同乗幼児

幼児を同乗させる位置は、1人同乗の場合は約7割が後座席、2人同乗の場合には、約8割が前後の座席であるが、抱っこする例や3人同乗も一定数見られる。2人乗せの場合、【観察調査】では約6割が推奨方法以外の方法で幼児の乗せ降ろしを行っていた。

また、ヘルメットについては、【観察調査】において、同乗幼児全員がヘルメットを装着していない割合は約半数であった（4. 2. 4（2））。

(3) 荷物の積載方法等

2人同乗の場合、「子どもに持たせる」、「ハンドルにぶらさげる」、「幼児座席に掛けたりくくりつける」、「手にさげる」といった、危険につながる荷物の積載方法等が1人同乗の場合との対比で多い（4. 2. 4（3））。

(4) 事故、ヒヤリハットの経験

【アンケート】において、事故、ヒヤリハットの経験者は回答者全体の54.3%であり、電動アシストありの自転車を使用している回答者の中での割合（57.3%）は、電動アシストのない自転車を使用している回答者の中での割合（46.9%）に対し10.4ポイント高くなっている（4. 2. 4（4））。

各幼児同乗形態別の中での経験者割合は、前後座席（74.9%）、後座席のみ（59.5%）、前座席のみ（44.6%）の順に高い（4. 2. 4（5））。

自転車（運転者）の状態別では、走行中（32.6%）、停車中（30.0%）が共に約3割と多く、以下押し歩き中（14.7%）、漕ぎはじめのとき（7.2%）と続いている。

また、事故、ヒヤリハットに影響にあったものとしては、走行中は車、歩行者、他の自転車等や段差、縁石、側溝などのいわゆる外的要因が多く、停車中は、子どもの動きや自転車そのものの要因（重さ、故障、電動アシスト機能）が多い（4.2.4（7））。

（5）停車中の転倒

【観察調査】における実際の転倒事例では、「駐輪場所の緩やかな傾斜」、「ハンドルへの荷物のぶらさげ」、「幼児の動き」「運転者（保護者）が自転車（幼児）から目を離したこと」が要因として重なり、転倒が生じたことが分かった。

また、転倒に至るおそれのあった事例としては、子ども自身による自転車への乗り降りも観察されており、前記4要因などと併せ、転倒の可能性の高まる複合的な要因のひとつである（4.2.4（8））。

4.3 走行実験

4.3.1 背景、目的

医療機関ネットワークの事故情報の分析結果によると、幼児同乗中の自転車が走行中に様々な外的要因により、バランスを崩して転倒する事故が多いことが分かった（4.1.3）。

また、幼児乗せ自転車の走行時の安定性については、自転車安全基準やJIS等で明確な試験方法や数値化された評価基準はなく、完成車を走らせて主観評価により評価することが一般的な方法となっている。

そこで、本調査では医療機関ネットワークの事故情報の分析結果で抽出された転倒事故につながる「外的要因」のある環境下における走行状態を数値で評価することを目指して走行実験を行い、その挙動データを計測して分析し、「客観評価」を行った。

また、実験に参加した運転者自身が感じた「運転のしやすさ」を数値評価してもらい、「主観評価」として併せて分析した。

これらにより、転倒リスクの低い自転車の仕様や乗り方について検討することを目的とした。表37に実験及び評価方法の概要を示す。

表 37 実験及び評価方法の概要

実験目的	転倒リスクの低い自転車の仕様及び自転車の乗り方の検討
実験条件	転倒事故につながるリスクのある外的要因（本調査では医療機関ネットワークの事故情報の分析結果で抽出されたものを用いる）を設置した環境下で走行すること
評価方法	客観評価（データ解析） 外的要因のある環境下における走行状態について、走行中の自転車の挙動を数値データとして計測し、それを解析し、評価する。評価方法としては、品質工学のMT法 ⁵⁴ を主に用いた。また、ハンドルのふらつきの観点で周波数解析も行った。
	主観評価（官能評価） 外的要因のある環境下における運転のしやすさについて、実験に参加した運転者に5段階評価をしてもらい、その結果を分析した。

なお、本報告書においては、外的要因による「転倒リスク」について、走行状態と運転のしやすさの両面から考察することとした。外的要因のある環境下における自転車のバランスの崩れにくさと転倒回避のしやすさを併せて「走行安定性」と呼び、外的要因のある環境下における運転のしやすさを「運転操作性」と呼ぶ。

走行安定性が高く運転操作性が良い、つまり、外的要因のある環境下において、バランスが崩れにくく、転倒の回避がしやすく、かつ運転しやすい自転車が転倒リスクの低い自転車であると考えた。

外的要因による転倒リスクについては、上記、走行安定性と運転操作性を合わせて評価することとする。

本報告書では、MT法により走行安定性の評価を行い、主観評価により運転操作性を評価する。さらに、周波数解析は、走行安定性と運転操作性の両方をハンドルのふらつきという観点で評価する方法と位置付けた。それぞれの関係を表 38 に示す。

⁵⁴ MT法とは、マハラノビス・タグチ法の略称で、1990年代に品質工学の田口玄一博士が考案した「異常検知・診断手法」である。概要を参考資料4に示す。

表 38 外的要因による転倒リスクと評価方法

評価項目	外的要因による転倒リスク	
	走行安定性 (バランスの崩れにくさ、 転倒回避のしやすさ)	運転操作性 (運転のしやすさ)
評価方法	MT法	主観評価
	周波数解析 (ハンドルのふらつき)	

4. 3. 2 走行状態の計測内容

走行中の自転車は、図 37 に示すように運転者の重心がずれて重力により倒れようとする力と、倒れようとする方向にハンドルを切ることで生じる回転の遠心力が、接地点周りでつり合うことで倒れずに走行し続ける。実際には、このつり合いを保つように、運転者はハンドルを左右に振りながらバランスを保ち、走行している⁵⁵。

力のつり合いを示す重力と遠心力は、図 38 に示すハンドル舵角（ハンドルを切る角度）及びロール角（自転車の傾き角）、さらに、運転者の重心の大きさ／ずれ及び走行速度から求まる値である。

よって、これらを計測することで、走行中の自転車の状態を把握することが可能となる。

⁵⁵ 実際には、遠心力のない超低速域（5 km/h 以下が目安）では、運転者は重心のずれを修正しながら倒れないようにバランスを保っている。また、ある程度速度が高い領域（10 km/h 以上が目安）では、車輪のジャイロ効果が働くなど、自転車の走行中のバランスを表すことは複雑である。今回は、幼児同乗中の自転車の通常走行速度として、5～10 km/h 程度を想定し、その領域でバランスに大きく効く力学的釣合いを主に計測を行った。

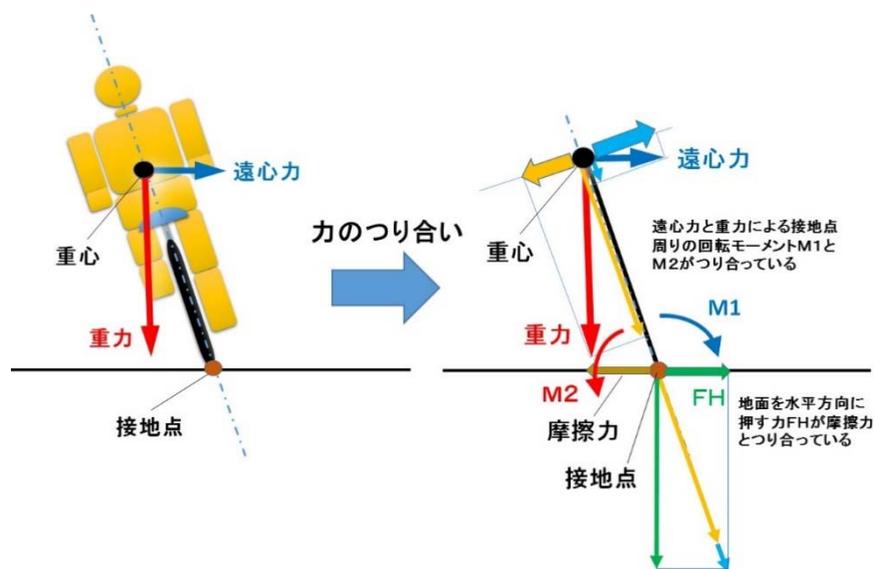


図 37 走行中の自転車のバランス

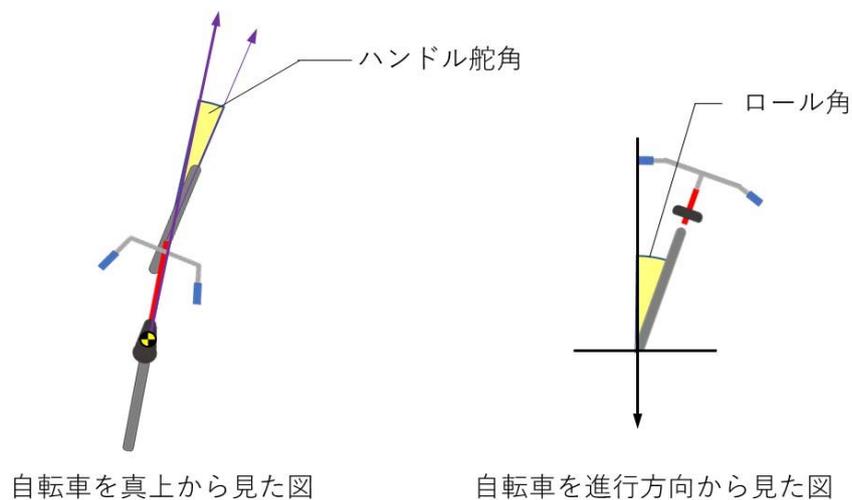


図 38 ハンドル舵角及びロール角

本実験では、走行中の自転車のハンドル舵角、ロール角、運転者の重心（大きさ／ずれ）及び走行速度の変動を同時に計測できるセンサをそれぞれの検体に設置し、各データを取得した。使用したセンサ、検体への取付方法、及び計測システムの詳細は参考資料 1 で説明する。また、計測データの処理方法を参考資料 2 に示す。

4. 3. 3 実施内容

様々な条件における転倒リスク等を評価するため、以下に示す実験 A～D を実施した。なお、実験 A が本調査を行う上での主要実験である。

(1) 実験A (自転車仕様の違いによる評価)

幼児2人同乗用自転車は、車輪径やホイールベースなどの仕様が異なる様々なタイプの自転車が販売されている。利用者は、それらの中から外観、価格、便利な機能などの観点で選び、購入している。

しかし、走行安定性という観点では、利用者が優劣を判断できる基準のようなものは一般には見当たらないのが現状である。

そこで、本実験では、走行中の転倒事故につながる外的要因のある環境下において、異なるタイプの自転車を走行させ、走行挙動を計測した。

そして、MT法及び周波数解析による客観評価と、運転者による主観評価により、自転車仕様の違いによる転倒リスクを比較し、評価を行った。

(2) 実験B (段差走行時の評価)

幼児を乗せて車道を走行中に、停車中の自動車を避ける等で、車道から歩道へ移動する場合は、車道と歩道との段差を乗り越えて走行せざるを得ないが、そのような状況でバランスを崩し、転倒事故に至る事例が医療機関ネットワークの事故情報で確認された。

そこで、段差を走行する際の運転方法の違いによる走行挙動を計測し、運転方法と転倒リスクの関係について分析し、評価を行った。

(3) 実験C (荷物運搬時の評価)

保育園、幼稚園の送迎や買物等で、荷物を運びながら幼児を乗せて走行する場面が想定されるが、そのような状況でバランスを崩し、転倒事故に至る事例が医療機関ネットワークの事故情報で確認された。

そこで、幼児同乗中の走行で荷物運搬時に、荷物の載せ方の違いによる走行挙動を計測し、転倒リスクの評価を行った。

(4) 実験D (電動アシスト自転車の制動時の安定性)

電動アシスト自転車は、車体総重量が重いこと及び加速が容易であることから、特にブレーキ操作が重要であり、車体の安定を保ったまま確実に停止できることが求められる。

そこで、幼児同乗中の走行時に制動する際の自転車の挙動を計測し、制動時の安定性について分析し、評価を行った。

4. 3. 4 実験の協力体制

(1) 走行挙動の計測及びデータ解析

自転車の走行中の挙動に関し、自転車の走行挙動計測に関する研究実績を有する東京都市大学情報工学部知能情報工学科の森博彦教授に走行挙動計測システムの研究を委託し、同教授及び岡誠講師から以下の協力を得た。

- ・ 走行挙動計測データの処理
- ・ 走行挙動計測データの周波数解析

(2) データ解析及び評価

(1) で計測したデータの解析及び評価については、品質工学におけるMT法を活用することとし、品質工学会の飯島清高氏から解析全般について協力を得た。

なお、東京都市大学及び品質工学会から、実験全般にわたり、計画から実施、結果の解析及び評価に至るまで、広く指導及び協力を得た。

4. 3. 5 実験方法

(1) 同乗幼児

幼児を前座席のみに1人、後座席のみに1人、又は前後座席に2人同乗させる場合の3ケースの同乗位置を想定した実験を行った。

なお、実験では幼児の代替として、前座席用に15kg及び後座席用に22kgの重さのダミー人形⁵⁶をそれぞれ用いた。

(2) 運転者

バランスを取るなどの操作は運転技量により影響を受けるため、運転技量に大きな差が生じないように、運転者はいずれも幼児を同乗させて運転した経験を持つ以下の3名とし、実験A、B及びCの水準全ての走行を行った。

- ・ 運転者1：20歳代男性、身長175cm、体重67kg
- ・ 運転者2：30歳代女性、身長153cm、体重55kg

⁵⁶ 前座席15kg、後座席22kgは、共に自転車用幼児座席のSG基準に規定された幼児の体重の上限である。

・運転者 3 : 30 歳代女性、身長 157 cm、体重 53kg

なお、実験 D については、別の運転者により実施した。

実験実施に当たっては、各運転者は動きやすい服装と靴に、ヘルメット、膝あて等の保護具を装着し、運転者の体格に合わせて適正なサドル高さに調整した。

(3) 検体の選定

市販されている幼児 2 人同乗用自転車⁵⁷について、クラスター分析⁵⁸を行い、電動アシストあり及び電動アシストなしの自転車の中から、設計仕様が異なる 4 車種ずつを検体として選定した。また、各検体は新品の状態から、参考資料 1 (3) の改造を施している。

分析は、走行安定性に影響する可能性が考えられる主要な仕様として、前後輪の車輪径、タイヤ幅、ホイールベース、タイプ（前乗せ／後ろ乗せ⁵⁹）、及び前カゴの有無を項目として、複数の性質の似た集まりであるクラスターに分類（図 39）し、電動アシストあり／なし、それぞれ 4 車種ずつ各クラスターから製品を抽出した（表 39）。選定した検体を比較するため、運転者が乗車した状態の画像を写真 14 に示す。なお、これらの検体は、前乗せタイプ及び後ろ乗せタイプ共に、標準で設置された座席に、後付けの幼児座席も設置した状態となっている。

⁵⁷ 幼児 2 人同乗用自転車安全基準（3. 1. 1 (2)）を満たしており、2019 年 9 月時点で市販されていた 34 車種（旧型車を除く）

⁵⁸ 異なる性質や特徴のものが混在するグループから、互いに類似したものを集めてクラスター（集団）を作り、対象を分類する手法

⁵⁹ 「前乗せ」は販売時点で前座席のみが装備されているタイプ、「後ろ乗せ」は同じく後座席のみが装備されているタイプを指す（図 3 及び図 4）。

No.	アシスト 有無	前輪		後輪		ホイールベース	タイプ	前カゴ	BAA 2人 同乗基準
		径	タイヤ幅	径	タイヤ幅				
1	アシスト あり	24	1.75	20	2.125	1202	後乗り	あり	適合
2		24	1.75	20	2.125	1202	後乗り	あり	適合
3		20	1.95	20	2.125	1205	前乗り	なし	適合
4		26	1.95	26	1.95	1179	後乗り	なし	適合
5		26	1.375	26	1.375	1176	後乗り	あり	適合
6		20	2.125	20	2.125	1180	前乗り	なし	適合
7		24	2	24	2	1185	後乗り	あり	適合
8		20	2.125	20	2.125	1170	後乗り	あり	適合
9		26	1.75	26	1.75	1170	後乗り	あり	適合
10		20	1.95	20	1.95	1244	前乗り	なし	適合
11		20	1.95	20	1.95	1244	前乗り	なし	適合
12		20	1.95	20	1.95	1248	前乗り	なし	適合
13		20	1.95	20	1.95	1258	後乗り	あり	適合
14		20	2.125	20	2.125	1235	後乗り	あり	適合
15		20	2.125	20	2.125	1235	後乗り	あり	適合
16		20	2.125	20	2.125	1235	後乗り	あり	適合
17		22	1.5	22	1.5	1225	後乗り	あり	適合
18	アシスト なし	20	1.95	20	1.95	1170	後乗り	あり	適合
19		20	1.75	20	1.75	1168	後乗り	なし	適合
20		22	1.375	26	1.375	1170	前乗り	なし	適合
21		22	1.75	26	1.375	1167	前乗り	なし	適合
22		22	2.125	22	2.125	1180	後乗り	あり	適合
23		22	1.75	22	1.75	1180	後乗り	あり	適合
24		22	1.375	26	1.375	1140	前乗り	なし	適合
25	20	1.75	22	1.75	1131	前乗り	なし	適合	
26	26	1.375	26	1.375	1160	後乗り	あり	適合	
27	26	1.375	26	1.375	1155	後乗り	あり	適合	
28	22	1.375	26	1.375	1150	前乗り	なし	適合	
29	アシスト なし	20	2.125	20	2.125	1260	前乗り	なし	適合
30		20	1.95	20	1.95	1255	前乗り	なし	適合
31		20	1.95	20	1.95	1267	後乗り	あり	適合
32		20	1.95	20	1.95	1280	前乗り	なし	適合
33		20	1.95	20	1.95	1230	前乗り	あり	適合
34		20	1.95	20	1.95	1231	後乗り	あり	適合

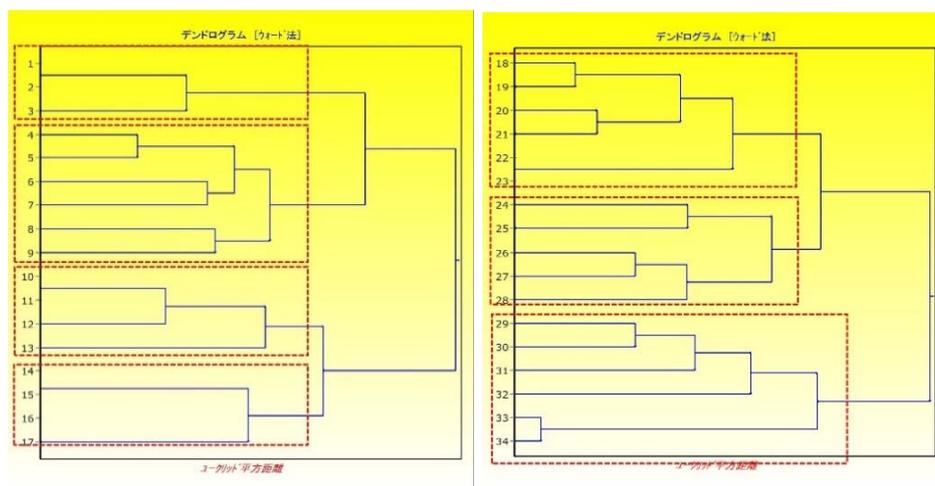


図 39 クラスター分析 (赤枠内が 1 つのクラスター)

表 39 検体一覧⁶⁰

検体名	No.	電動アシスト	前輪		後輪		ホイールベース (mm)	タイプ	前カゴ
			径 (インチ)	タイヤ幅 (インチ)	径 (インチ)	タイヤ幅 (インチ)			
A1	1	あり	24	1.75	20	2.125	1.202	後ろ乗せ	あり
A2	11	あり	20	1.95	20	1.95	1.244	前乗せ	なし
A3	15	あり	20	2.125	20	2.125	1.235	後ろ乗せ	あり
A4	5	あり	26	1 3/8	26	1 3/8	1.176	後ろ乗せ	あり
M1	25	なし	20	1.75	22	1 3/4	1.131	前乗せ	なし
M2	20	なし	22	1 3/8	26	1 3/8	1.170	前乗せ	なし
M3	29	なし	20	2.125	20	2.125	1.260	前乗せ	なし
M4	23	なし	22	1.75	22	1.75	1.180	後ろ乗せ	あり

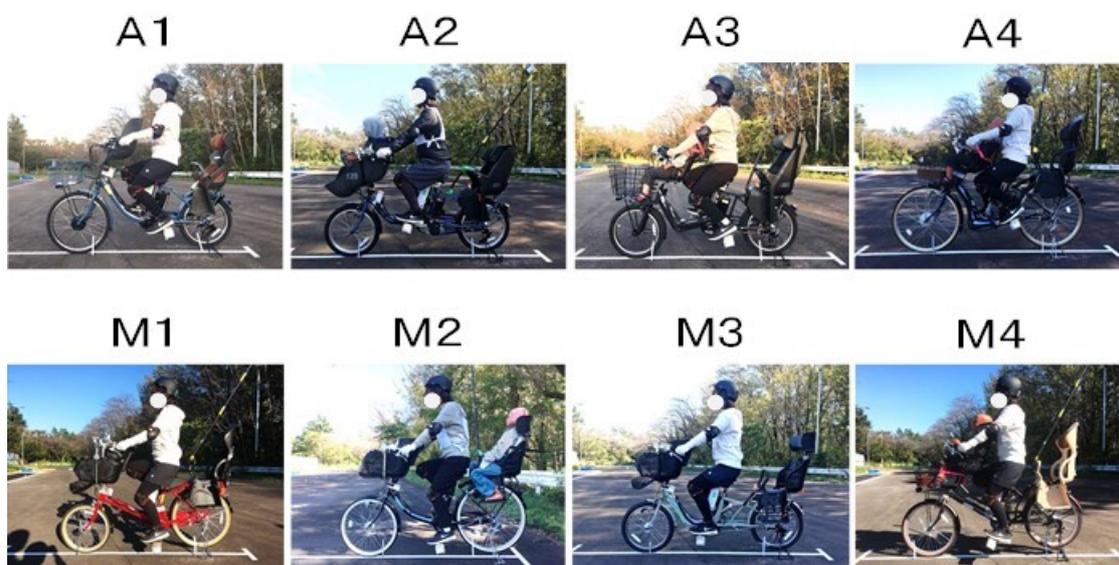


写真 14 検体

⁶⁰ タイヤ幅は、分数表記はWO規格のタイヤ、小数表記はHE規格のタイヤを示す。また、タイプは、幼児用前座席をハンドル中央部へ設置するタイプを「前乗せ」、幼児用前座席をハンドルへ引っ掛けて設置するタイプを「後ろ乗せ」に分類した。

4. 3. 6 実験A 自転車仕様の違いによる評価

(1) 走行中の転倒に至るプロセス

4. 1. 3で分析したように、走行中の事故では、何らかの外的要因によりバランスを崩して転倒することが多い。

外的要因としては、走行環境の要因（段差、溝、坂道、風、カーブ、狭い道等）、障害物の存在（歩行者、自動車、自転車、飛び出したボール等）、及び自転車側（運転者・幼児）の事故誘発要因（同乗している幼児の立ち上がり等の動き、運転者の振り向く等の動作、荷物等による重心の偏り等）のように様々な要因がある。

医療機関ネットワーク事故情報データから抽出した幼児同乗中自転車の走行中の「バランスくずれ」による事故（229件）における「転倒に至るまでのプロセス」を図40に示す。これらの外的要因に対して、ハンドルを取られる、ふらつく、すべる等により、バランスを崩す。さらに、崩したバランスを立て直せず、支え切れず、踏ん張り切れず等、転倒を回避できずに転倒に至っていると考えられる。



図40 転倒に至るまでのプロセス

(2) 実験走行路

独立行政法人国民生活センターの自動車走行試験路（路面はアスファルト）の一角に、エリア1（段差2cmの歩道状構造物）、エリア2（段差5cmの歩道状構造物）、及びエリア3（歩道上のすりつけ部⁶¹を模した傾斜面）と名付けた3箇所の走行エリアを、それぞれ長さ約35mにわたって設置した。また、フラットな通常路面をエリア0と名付けた（図41、写真15）。

段差の高さ及び傾斜面の角度については、「歩道の一般的構造に関する基準⁶²」に基づいて定めた⁶³。実験の詳細仕様については参考資料3（2）に示す。

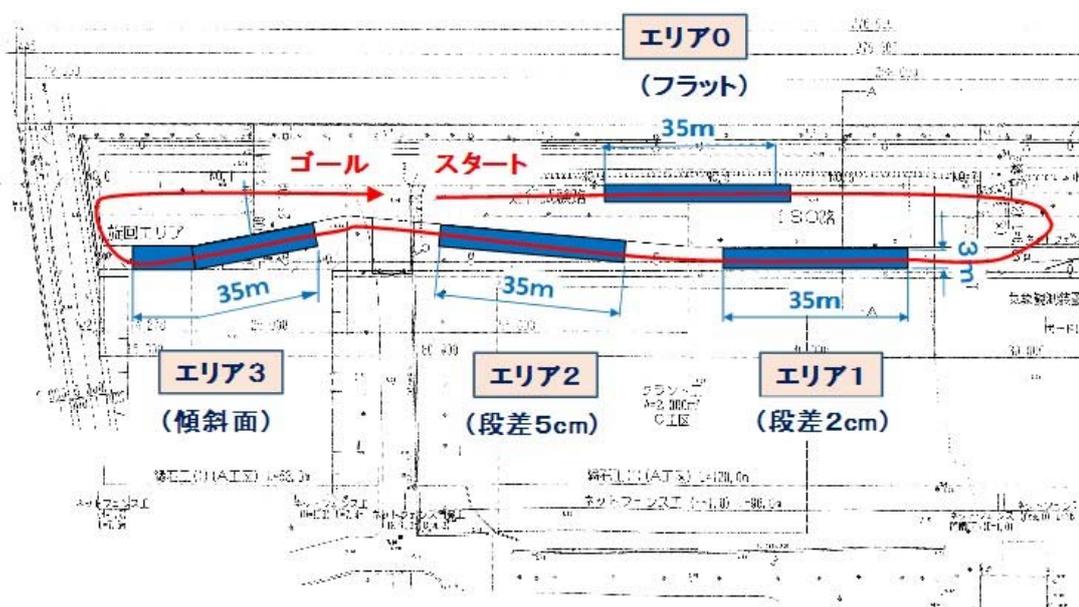


図41 実験走行路の概要

⁶¹ 歩道面と車道面との間に高低差がある場合に、これを解消し、歩行者及び車両の安全かつ円滑な通行を確保するための段差又は勾配を設けた箇所

⁶² 「歩道の一般的構造に関する基準等について」（平成17年2月3日 国都街第60号 国道企第102号 国土交通省 都市・地域整備局長、道路局長）

⁶³ a 段差2cm

「横断歩道等に接続する歩道の部分等の構造」として、「歩道と車道との段差は、視覚障害者の安全な通行を考慮して2cmを標準とする。」とあり、横断歩道における歩道と車道の段差2cmを再現する目的で採用した。

b 段差5cm

「車両乗入れ部の構造」として、「車両乗入れ部における歩車道境界の段差は5cmを標準とする。」とある。店舗や家のガレージ前の車両乗入れ部などは5cmの段差が多く、横断歩道以外の場所で車道を走行中に歩道に乗り上げる際にも多く見られる段差5cmを再現する目的で採用した。

c 傾斜面

既設のマウントアップ型の歩道での車両乗入れ部の構造として、歩道内にすりつけ部を設置する構造の場合、計算上最大となる約17%の傾斜角度とした。



エリア1（段差2 cm）



エリア2（段差5 cm）



エリア3（傾斜面）

写真15 実験走行路

（3）実験条件

医療機関ネットワークの事故情報データから、転倒事故につながるリスクのある外的要因を走行安定性に影響のある外的要因として抽出し、その中から実験仕様として以下の①～④を選定した⁶⁴。次に、これらをL8直交表に割り当てて8通りの組合せ水準を決定した⁶⁵（表40）。

- ① 路面障害種類（段差／傾斜面）
- ② 障害程度（段差：2 cm／5 cm、傾斜面：あり／なし〔フラット〕）
- ③ シートベルト（固定／緩め）
- ④ 進入角度・走行速度（浅く・ゆっくり／深く・速く）

ここで、③はシートベルトを締める程度による比較をするのではなく、外部要因の1つとして、「幼児の動き」の有無、つまり、幼児が起きている状

⁶⁴ 実験仕様とした外的要因の選定方法については参考資料3（1）に示す。

⁶⁵ ①～④の4つのパラメータにおいて、各2水準あるため、 $2^4=16$ 通りの組合せ水準が必要なところを、直交表により8通りの組合せ水準で実験することになる。

態（動かない：シートベルト固定）と幼児が寝ている状態（幼児が動く：シートベルト緩め）を模擬したものである。

シートベルトによりダミー人形をきつく固定できなかつたため、「シートベルト固定」とは、シートベルトでダミー人形をしっかり締めた上に、さらに荷締めベルトにより座席に固定して、走行中にダミー人形が動かないようにした状態である（写真 16）。

また、「シートベルト緩め」とは、荷締めベルトを外し、ダミー人形の肩を持って揺らすとわずかに左右に揺れる程度にシートベルトを締め、走行中にダミー人形がある程度動くことのできる状態である。

なお、走行中にシートベルト固定又は緩めに変更することは困難であるため、「シートベルト固定」を組合せ水準N1～N4、「シートベルト緩め」を組合せ水準N5～N8に割り当て、走行中に変更しないこととした。

表 40 L8直交表

組合せ水準No.	路面障害種類	障害程度	シートベルト	進入角度/走行速度	走行エリア
N1	傾斜面	なし	固定	深く/速く	エリア0
N2	段差	2cm	固定	浅く/ゆっくり	エリア1
N3	段差	5cm	固定	深く/速く	エリア2
N4	傾斜面	あり	固定	浅く/ゆっくり	エリア3
N5	傾斜面	なし	緩め	浅く/ゆっくり	エリア0
N6	段差	2cm	緩め	深く/速く	エリア1
N7	段差	5cm	緩め	浅く/ゆっくり	エリア2
N8	傾斜面	あり	緩め	深く/速く	エリア3



写真 16 「シートベルト固定」の方法

まず、実験A Iとして、組合せ水準N 1からN 4までをエリア0からエリア3に割り当てて、1回の走行で連続して4つのエリアの計測データを取得した。

実験条件としては、「検体8種類」、「運転者3名」、及び「ダミー人形乗せ位置が前座席／後座席／前後座席の3種類」の組合せで、72 (= 8 × 3 × 3) 通りの走行とした。

次に、実験A IIとして、組合せ水準N 5～N 8についても同様に72通りの走行とした。よって、実験A全体では、合計144通りの異なる実験条件での走行を対象としてデータを計測した⁶⁶。なお、習熟効果によるデータの偏りを防ぐために、検体、ダミー人形乗せ位置及び運転者は、ランダム化するとともに、走行練習を行ってから実験を開始した。また、実験中は、適時休憩を取り、疲労による運動能力の低下を防いだ。

(4) 走行方法

実験A I及び実験A IIにおける走行方法を図42及び図43に、実験風景を写真17にそれぞれ示す。各エリアには5.6m間隔でパイロンを置き、それぞれ3回ずつスラローム走行を行った。また、エリア3を走行した後に、毎回、フラットな路面で基準測定⁶⁷を行っている。

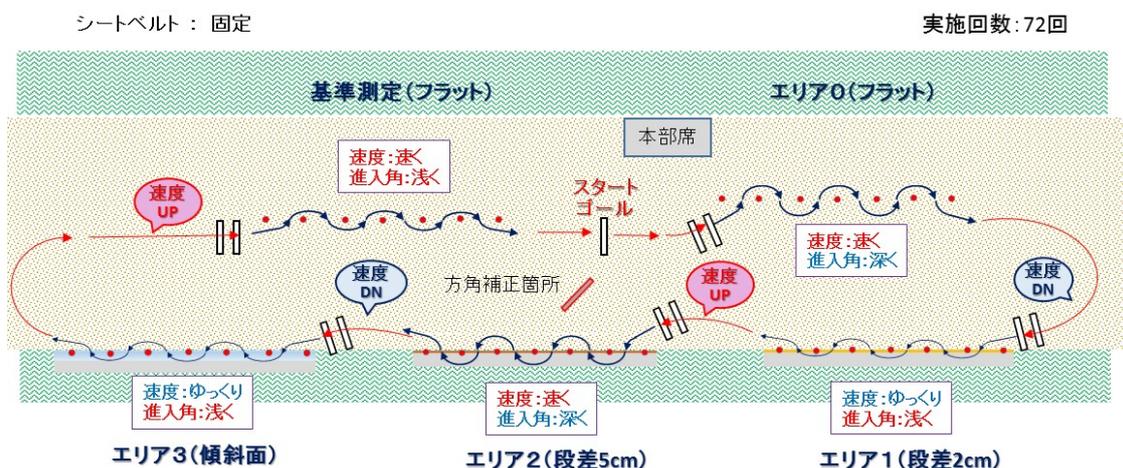


図42 走行方法（実験A I：組合せ水準N 1～N 4）

⁶⁶ 実験水準表を参考資料3の表45及び表46に示す。

⁶⁷ 基準測定については、参考資料4に示す。

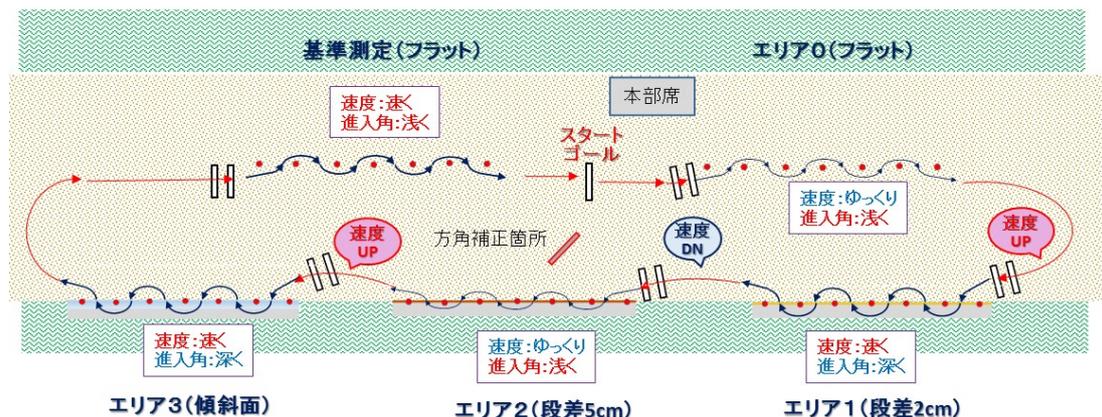


図 43 走行方法（実験 A II：組合せ水準 N 5～N 8）



写真 17 実験風景

（左：本部席前走行、中央：エリア 1 走行、右：運転者待機場）

（5）実験結果（MT 法による評価）

① 評価方法

走行中の挙動データを分析し、MT 法による解析を行い、MD 値⁶⁸を用いて走行安定性についての評価を行った。MD 値とは MT 法に用いる尺度であり、正常状態からの逸脱具合を距離で表したものである。本実験では、「フラットな路面を緩いスラロームで軽快に走行した状態」を正常状態とし、その計測データ（基準測定）を基準として「段差など転倒事故につながるリスクのある外的要因の影響を受けた」際にどれだけ正常から逸脱するかを MD 値で表す。よって、MD 値はその値が大きいほど基準走行との差が大きく、走行安定性が低いことを表している。

⁶⁸ MD 値の詳細については、参考資料 4 参照

② エリア別評価

基準測定エリアで測定した全 144 回の走行データを「基準」として、時々刻々のMD値を算出し、各エリア内における平均値を解析対象のMD値とした。それらを基準及びエリア別に度数⁶⁹を縦軸にしてグラフ化したのが図 44 である。図から、段差 5 cm (エリア 2) におけるMD値が最も大きい側にシフトする結果 (赤枠部) となり、他のエリアと比べて走行安定性が低い評価となった。

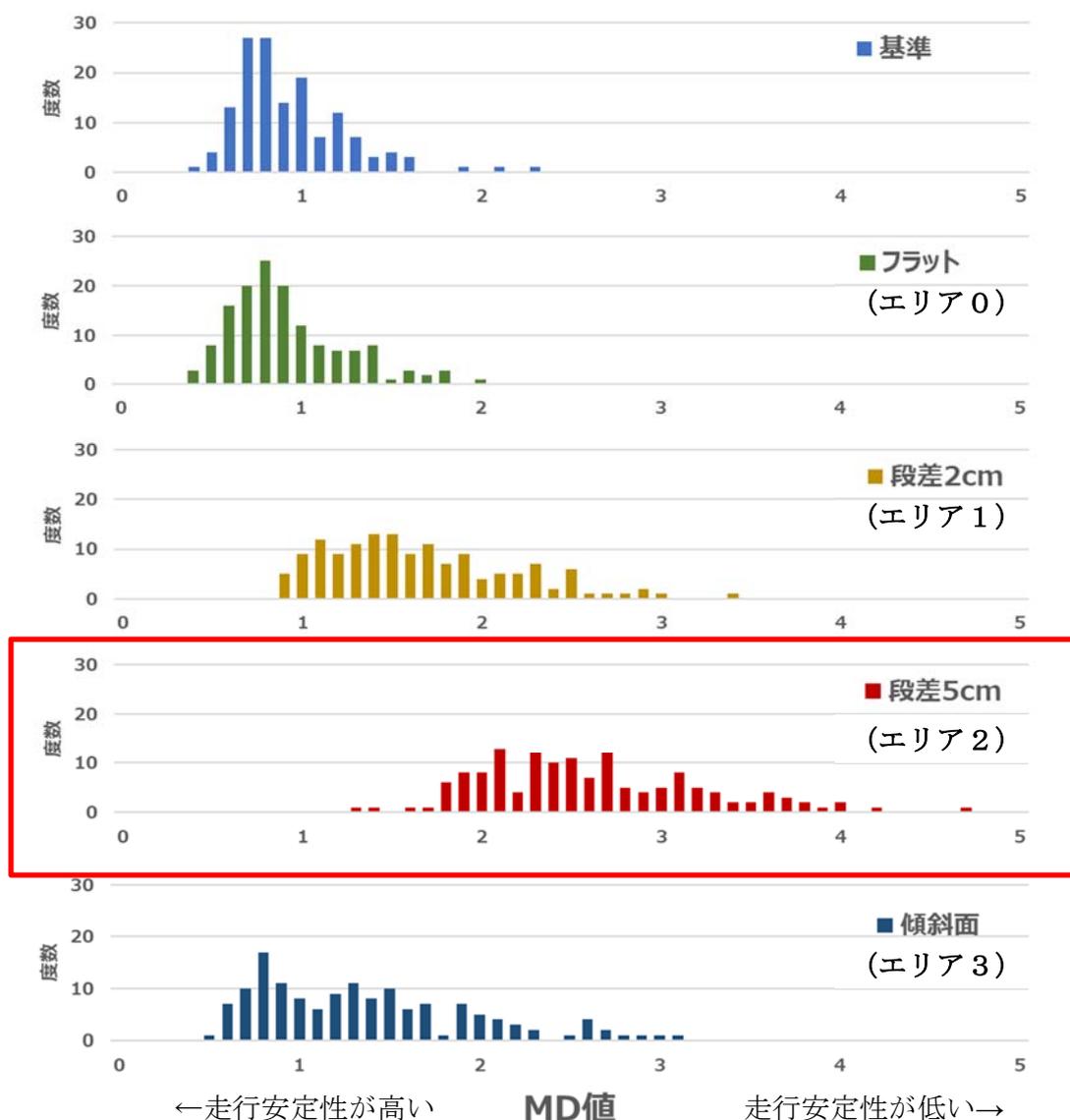


図 44 エリア別の評価結果

⁶⁹ 度数は、そのMD値となった回数。全ての度数の合計が 144 となる。

③ 全体評価

実験A全体で、検体、ダミー人形乗せ位置などの要因ごとに、水準の違いによるMD値の平均を算出した結果を図45に示す。

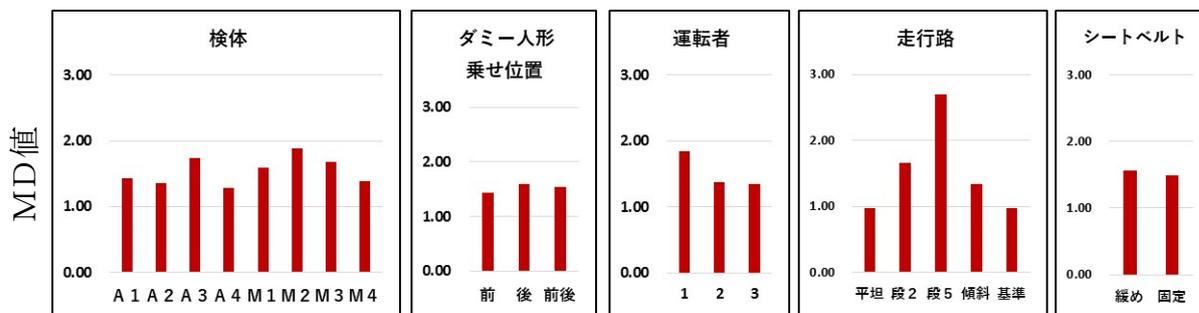


図45 要因別の評価結果（全体）

ここで、MD値は外的要因（ダミー人形乗せ位置、運転者、走行路の障害、シートベルト）の影響を受けた際の自転車の走行安定性を表しており、図から以下のような傾向が見られる。

- 検体間には有意な差があり、全体的には電動アシストあり（検体A1～A4）の方が、電動アシストなし（検体M1～M4）よりもMD値が小さく、外的要因の影響に対して走行安定性が高い。
- ダミー人形乗せ位置及びシートベルトの違いによる有意な差はない。
- 運転者間の有意な差がみられた。
- 走行路の障害別では「段差5cm」のMD値が最も大きく走行安定性が低い。

④ 要因別の評価（段差5cm）

②及び③から、段差5cm（エリア2）が突出して走行安定性が低いこと及び段差を含む走行路と検体との交互作用も有意⁷⁰であることから、段差5cmに絞り、要因別ごとに水準の違いによる評価を行った。結果を図46に示す。全体評価（図45）との比較から、以下のことが分かる。

- 全体的に水準の違いによるMD値の差が大きくなったが、特に電動アシストありと電動アシストなしの差がより大きくなった。
- 全体平均では効果が見られなかったシートベルトによる差が見られ、シートベルト固定の方がMD値は大きく走行安定性が低い結果となった。

⁷⁰ 参考資料7参照

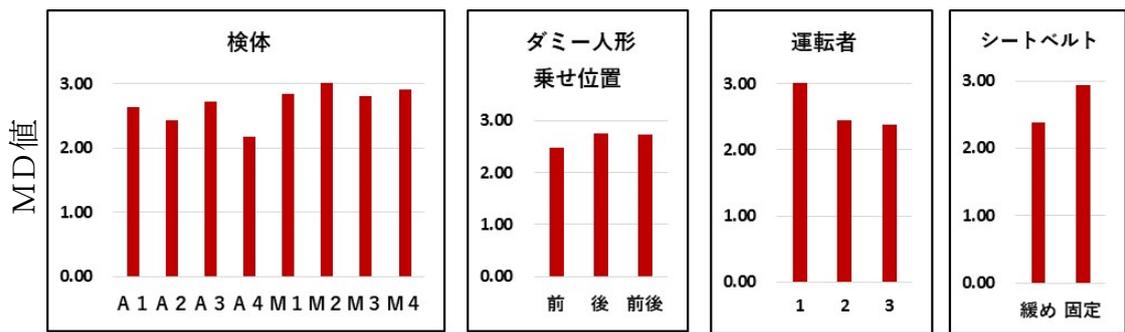


図 46 要因別の評価結果（段差 5 cm）

⑤ ダミー人形乗せ位置別の評価

段差 5 cm において、ダミー人形乗せ位置別に MD 値を算出した結果を図 47 に示す。ダミー人形を前座席のみに乗せた場合には検体間の差は小さいが、前後座席に乗せた場合は、電動アシストありの検体の方が MD 値が小さく走行安定性が高いなど、ダミー人形乗せ位置ごとに検体間の走行安定性の傾向に違いが見られた。

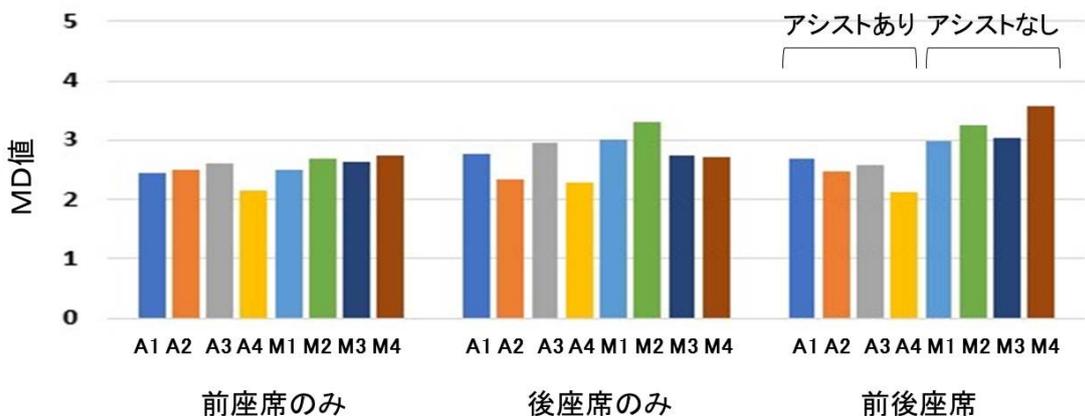


図 47 ダミー人形乗せ位置別の評価結果（MT 法：段差 5 cm）

⑥ 設計特性と走行安定性

自転車の主要な設計特性⁷¹と走行安定性の関係性を評価するため、MD 値を目的変数として重回帰分析⁷²を実施した。

ただし、前述①～④の分析結果から、各走行エリアのうち、段差 5 cm

⁷¹ 解析に用いた設計特性の抽出方法については、参考資料 7 参照

⁷² 重回帰分析については、参考資料 5 参照

(エリア2)が要因間の差を最も顕著に表しており、さらに、他エリアと同様の要因効果であることから、解析対象データを段差5cmに絞り込んだ。

また、検体とダミー人形乗せ位置との相互作用が大きいことから、ダミー人形乗せ位置ごとに解析を行い、それらを俯瞰した評価を行った。

重回帰分析による設計特性の評価の結果、有意として抽出された説明変数の回帰係数を算出した結果を表41に示す。なお、表中の回帰係数の符号は、+の場合はその設計特性の寸法を増やすとMD値が増えて走行安定性が低くなる傾向にあり、-の場合はその逆の傾向にあることを示している。

表 41 設計特性による評価結果（重回帰分析）

説明変数			回帰係数		
名称	単位	最小 ~ 最大	後座席のみ	前座席のみ	前後座席
前輪径	mm	508 ~ 660		-0.00181	
ホイールベース	mm	1131 ~ 1260		0.01423	
シート角	deg	68 ~ 72		0.39724	
フレームサイズ	mm	328 ~ 411		-0.01284	
サドル位置	mm	174 ~ 348	-0.00696	-0.02558	
ヘッド角	deg	66 ~ 72	0.10864		0.13101
後座席高さ	mm	554 ~ 742			0.00241
車体重量	kg	38.0 ~ 48.3			-0.05681

また、走行安定性に関係すると考えられる設計特性についての評価結果を図48に示す。図中、上向きの矢印で安定と記載した項目は、当該項目の数値が大きくなるほど走行安定性がより高まることを示し、下向きの矢印で安定と記載した項目は、当該項目の数値が小さくなるほど走行安定性がより高まることを示している。

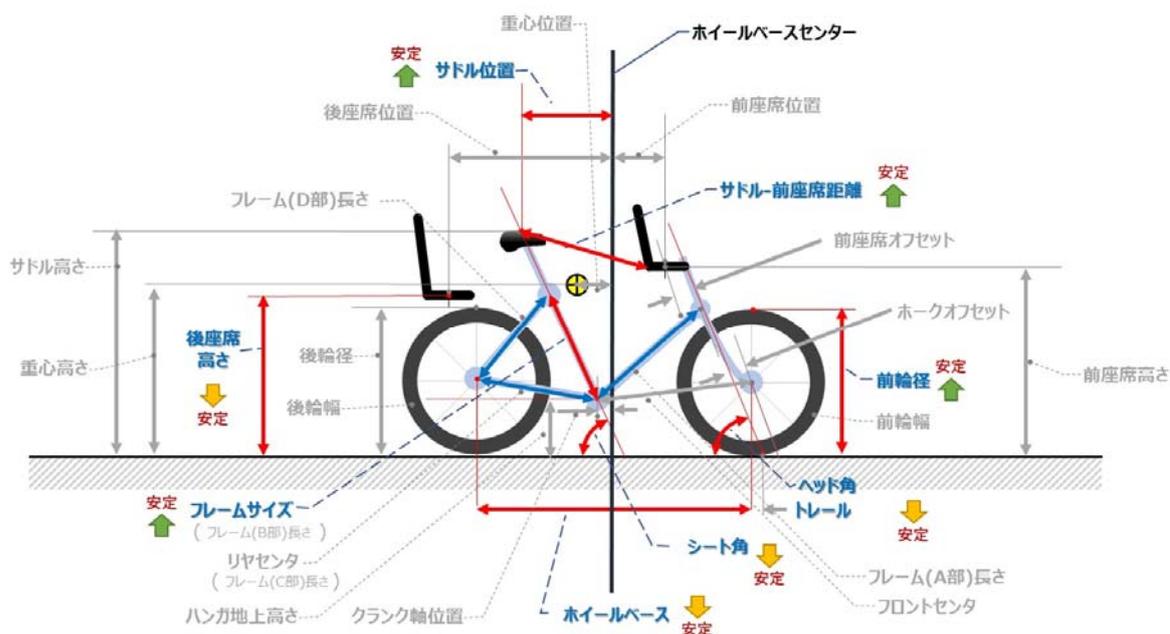


図 48 設計特性による評価結果

これらの解析結果として、ダミー人形乗せ位置ごとに効果が見られる設計特性に差異はあるものの、それらの方向性に相反するところはないため、全体として走行安定性向上の設計特性として以下の傾向が考えられる。

a 運転者の乗る位置を後方にする。

サドル-前座席距離を大きくする、サドル位置を後方にする、シート角を小さくするなど、運転者の乗る位置が後方になるようにする。

b 車体重量を大きくする、又は電動アシスト付きにする⁷³。

電動アシスト自転車は車体重量が大きいいため、その慣性あるいは低重心によるものか、又は電動アシスト機能によるものか、どちらが主であるかは本解析では断定できない。

c ホイールベースを短くする。

ホイールベースが短いと車体や運転者及び同乗幼児の重量がセンター付近に集められる。

d 前輪径を大きくする。

e ヘッド角を小さくする、又はトレールを大きくする⁷⁴。

以上の結果として、段差に乗り上げる際の衝撃を小さくし (a、d)、バランスが崩れ始めたときの回避操作がしやすい (c) 設計仕様が、段差に対する安定性が高いということを示していると考えられる。

⁷³ 実験対象の8検体では説明変数の「車体重量」と「アシスト」に強い相関があるため (参考資料7 (4) 参照)

⁷⁴ (脚注73) と同様に説明変数の「ヘッド角」と「トレール」に強い相関があるため

また、本実験の範囲（8検体）では、bの重量は電動アシストあり／なしと同値であり、eのヘッド角を小さくすることは、トレールを大きくすることとほぼ同値であることから、前進アシスト力とトレールの効果による走行安定性の向上も考えられる。

実際の自転車設計においては、様々なトレードオフがあるが、これらに必要なに応じて選択することで、外的要因のある環境下における走行安定性を、より高めることができる可能性が考えられる。

なお、これらの傾向は、主に重回帰分析の結果によるもので、分析対象8車種の仕様の範囲内における個々の設計項目単独の効果についての評価結果である。

（6）実験結果（周波数解析による評価）

① 評価方法

計測した走行挙動は、スラローム走行におけるハンドル舵角、ロール角及び重心の変化を計測し、評価している。これらの計測データには、路面から伝わる振動や人間の腕のブレなど細かい振動が含まれている。ここで、腕のブレは、走行安定性や運転操作性を表すと考え、周波数解析による評価を行った。

実際には、走行中にハンドルがふらつくことで走行不安定になる。そこで、走行中に撮影した動画を観察し、ハンドルのふらつきの周波数を計測した。その結果、1.25Hz～1.75Hzであることを確認したため、この周波数帯で分析を行った。周波数解析のデータ分析方法については、参考資料6に示す。

なお、評価結果のグラフの縦軸はパワースペクトルと呼ばれる値であり、値が大きくなるほどハンドルのふらつきが大きくなることを表している。

② 検体別の評価結果

図49にフラット（エリア0）及び段差5cm（エリア2）におけるパワースペクトルについて、実験A Iにおける運転者3名の平均値を検体別に示す⁷⁵。図49を見ると、検体A 2及びM 2はフラットな路面ではハンドルのふらつきが小さいことが分かる。検体A 2は段差5cmにおいても最もハンドルのふらつきが小さく、非常に安定した検体であると言える。その一方、

⁷⁵ 実験条件の同じものの平均とするため実験A Iのみとした。

検体M2は段差5cmになると著しくハンドルのふらつきが大きくなる。すなわち平時走行には安定しているものの、段差等の外的要因に対して弱い検体である可能性が考えられる。検体M3はフラット面においては標準的であるものの、段差5cmのときにパワースペクトルはそれほど上昇せず、段差等の外的要因に対して強い検体である可能性が考えられる。

なお、検体A3はフラット面においても段差5cmにおいても、パワースペクトルが最大となった。この理由については、4.3.10で説明する。

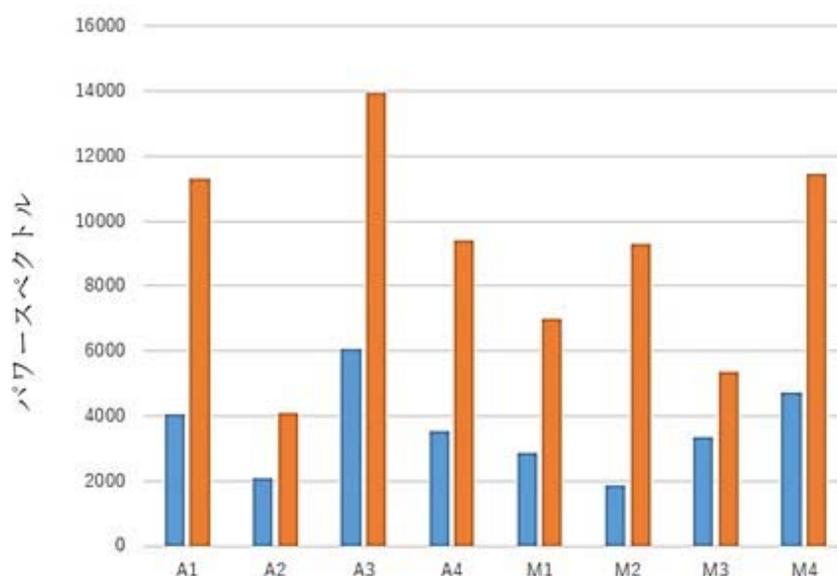


図 49 検体別の評価

※棒グラフは、左：フラット（エリア0）、右：段差5cm（エリア2）

③ ダミー人形乗せ位置別の評価

ダミー人形乗せ位置別の各検体のパワースペクトルを図50に示す。全体を見て分かる通り、ダミー人形を後座席のみに乗せた場合は全体的にパワースペクトルが低い。ここで注目すべきは、段差5cm（エリア2）において、前後座席に乗せた場合もパワースペクトルはそれほど大きな値を示していないが、前座席のみに乗せた場合に大きくなることである。これは前後座席に乗せた方が全体のバランスが取れ、前座席のみに乗せると全体のバランスが崩れ、不安定になるためと考えられる。そのため、幼児を1人しか乗せないときには、可能ならば後座席に乗せた方がハンドルのふらつきは小さいと考えられる。

段差5cm（エリア2）において、ダミー人形を前座席のみに乗せた場合は、検体A3のパワースペクトルが最も大きいですが、後座席のみに乗せた場

合は異なり、検体ごとの差は小さい。また、前後座席に乗せた場合には、検体M4のパワースペクトルが最大となっている。これらのことから、検体ごとのハンドルのふらつきは、幼児を同乗させる位置の違いで、外的要因の影響の受け方が異なることが考えられる。

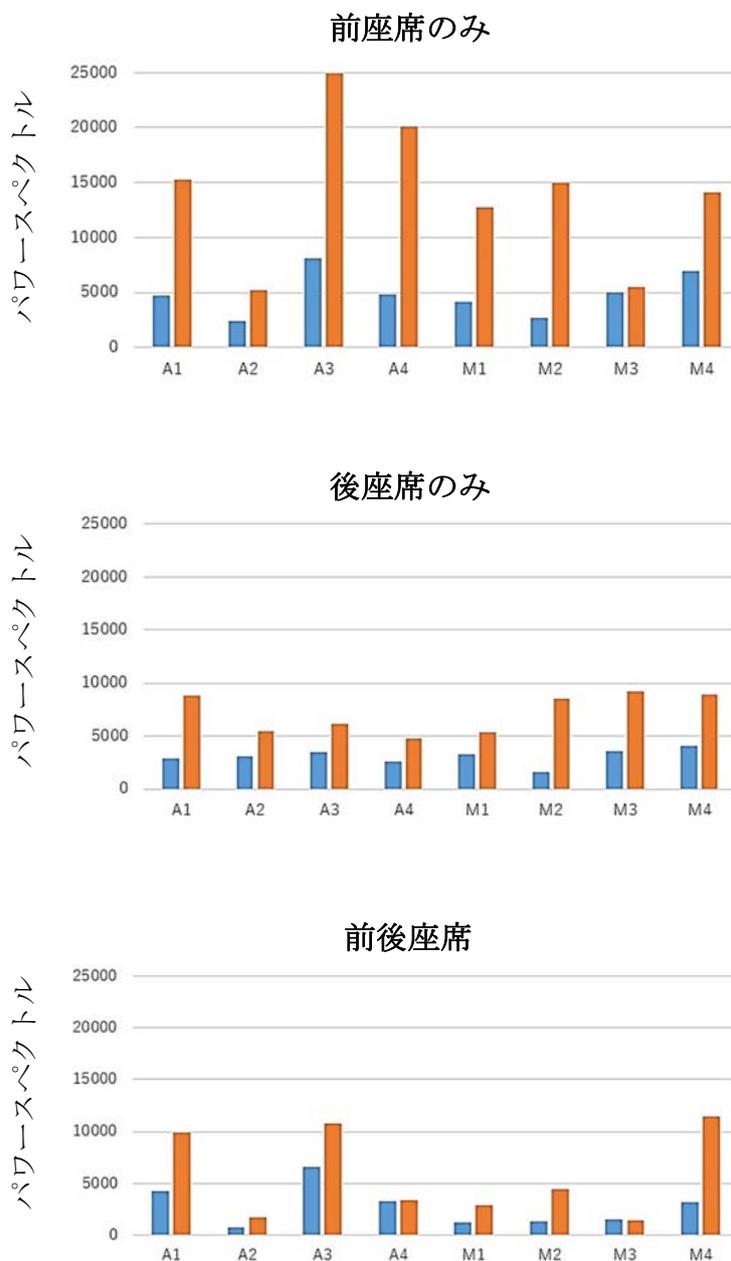


図 50 ダミー人形乗せ位置別の評価結果（周波数解析）
 ※棒グラフは、左：フラット（エリア0）、右：段差5cm（エリア2）

④ ダミー人形乗せ位置別の自転車タイプの評価

ダミー人形乗せ位置別の自転車タイプ（前乗せ／後ろ乗せ）のパワースペクトルを図 51 に示す。前座席に同乗させた場合（前のみ又は前後）、前乗せタイプのパワースペクトルが小さく、ハンドルのふらつきが小さいことが分かる。これは、前乗せタイプの自転車は設計上ハンドル軸の上に前座席があるためと考えられる。

これに対し、後ろ乗せタイプの自転車では、前座席はオプションであり、後から設置することになるため、通常の自転車のハンドルに座席を固定することになる。そのため、後ろ乗せタイプは前に座席を設置して幼児を同乗させると、ハンドルがふらつきやすい傾向にあると言える。

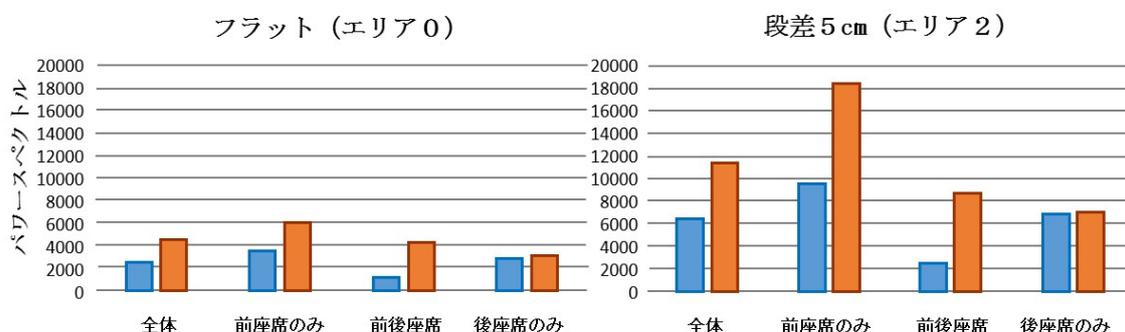


図 51 ダミー人形乗せ位置別の自転車タイプの評価結果
 ※棒グラフは、左：前乗せタイプ、右：後ろ乗せタイプ

(7) 実験結果（主観評価）

① 評価方法

「運転操作性」として、各実験条件において、エリアごとに運転者の主観評価を 5 段階の点数で記録し、結果の分析を行った。点数は数値が大きいほど運転操作性が悪く、運転しにくいことを示している。なお、運転者間の点数の付け方の違いによる影響をなくすため、点数は運転者ごとに標準化しており、平均点は 0 となっている。主観評価の詳細については、参考資料 9 で説明する。

② 検体別の評価（全体）

実験 A では、8 台の検体をそれぞれ 18 回ずつ走行している。検体別の運転操作性の評価結果をエリアごとに平均してレーダーチャートを作成した

(図 52)。図から検体 A 4 の運転操作性が最も悪いと評価された。

また、どの検体においても段差 5 cm における走行が他のエリア（フラット、段差 2 cm、傾斜面）における走行と比べて運転操作性が悪いことが分かる。

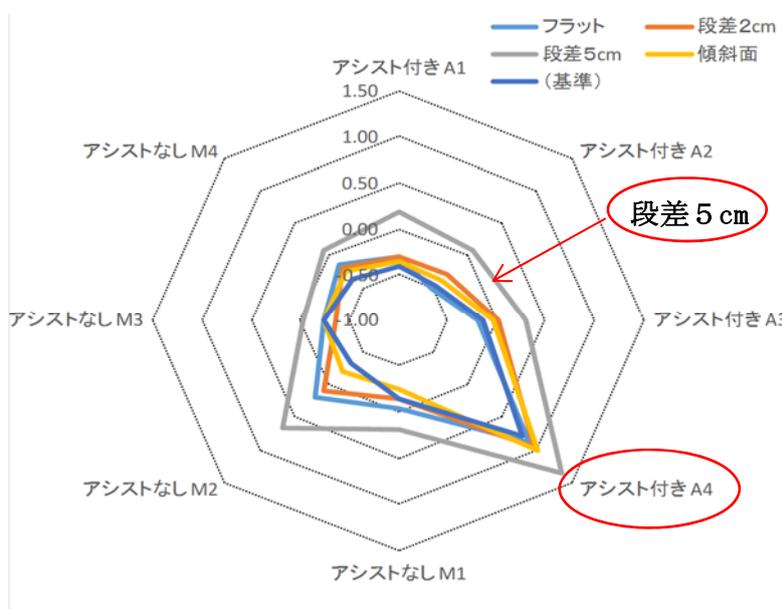


図 52 検体別運転操作性の評価結果（実験 A）

③ 検体別の評価（車輪径の違い）

図 52 のデータを各検体の車輪径（表 39）の違いにより比較した結果を図 53 に示す。ホイールベースや幼児座席との位置関係などとの関連もあり、車輪径だけで言い切ることはできないが、図から全体的には車輪径の小さい検体の方が運転操作性が良い（運転しやすい）傾向にあることが分かる。

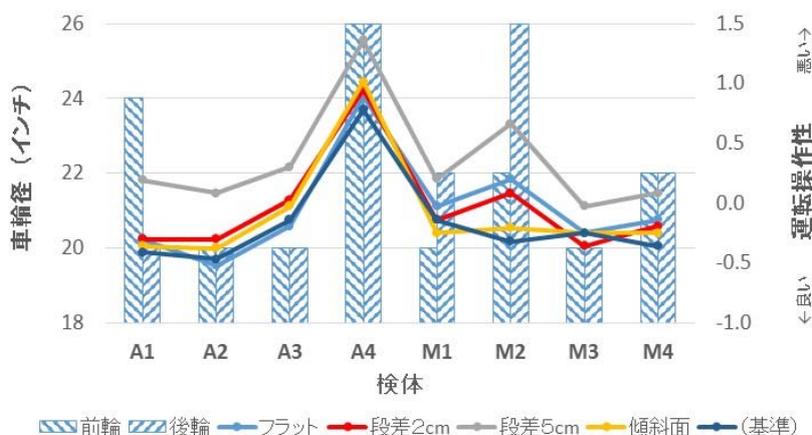


図 53 各検体の車輪径と運転操作性の評価結果（実験 A）

④ ダミー人形乗せ位置別の評価

段差 5 cm 走行時の運転操作性について、ダミー人形乗せ位置別に各検体を評価した結果を図 54 に示す。図から、例えば前座席のみに乗せた場合は検体 M 3 が最も運転操作性が良いが、後座席のみに乗せた場合は検体 M 4 が最も運転操作性が良いなど、ダミー人形乗せ位置の違いで各検体の運転操作性は異なることが分かる。



図 54 ダミー人形乗せ位置別の評価結果（主観評価：段差 5 cm）

以下に、ダミー人形乗せ位置と主観評価（運転操作性）の結果について、その特徴と理由について考察した。

a ダミー人形前座席のみ

ダミー人形を前座席のみに乗せた場合の運転操作性の評価結果を、幼児座席及びサドルの取付位置と運転者の位置関係等で比較した結果を図 55 に示す。図から以下の傾向が分かる。

- (a) 運転操作性の良い方から 4 検体（A 2、M 1、M 2、M 3）は、いずれも「前乗せタイプ」である（A 部）。前乗せタイプはいずれも前座席は標準装備であり、ハンドル軸上に座席が配置されている。

そのため、ダミー人形を乗せても安定したハンドル操作が可能で、運転操作のしやすさを感じていると考えられる。

- (b) 検体 A 4 は、サドルー前座席間距離が小さく狭い（B 部）ため、運転操作性が悪いと感じていると思われる。

一方、検体 A 1 は A 4 よりさらに狭い（C 部）にもかかわらず、運転操作性は他の検体と比較して悪くないと感じている。この理由としては、検体 A 1 はサドルよりも前座席が高く取り付けられており（D 部）、足元の空間が広いいため運転しやすいと感じていたと考えられる（写真 18）。

- (c) 検体 M 3 の運転操作性が最も良い。その理由としては、以下の条件を

備えているためと考えられる。

- ・前乗せタイプである。
- ・体格が似ている運転者 2 及び 3 が運転する場合に、体格に合わせてサドルを最も低く設定できている（E 部）。そのため検体 A 1 と同様にサドルよりも前座席の位置が高くなり（F 部）、足元の空間が広い。

以上のことから、幼児を前座席のみに同乗させるときは、前乗せタイプを選択する、あるいは後ろ乗せタイプであっても、前座席とサドルの位置関係で運転者の足元を広くして、運転席のスペースに余裕を持たせることで、運転操作性が良くなると考えられる。

なお、各検体の幼児座席及びサドルの取付位置のデータは参考資料 9 の表 61 に示す。

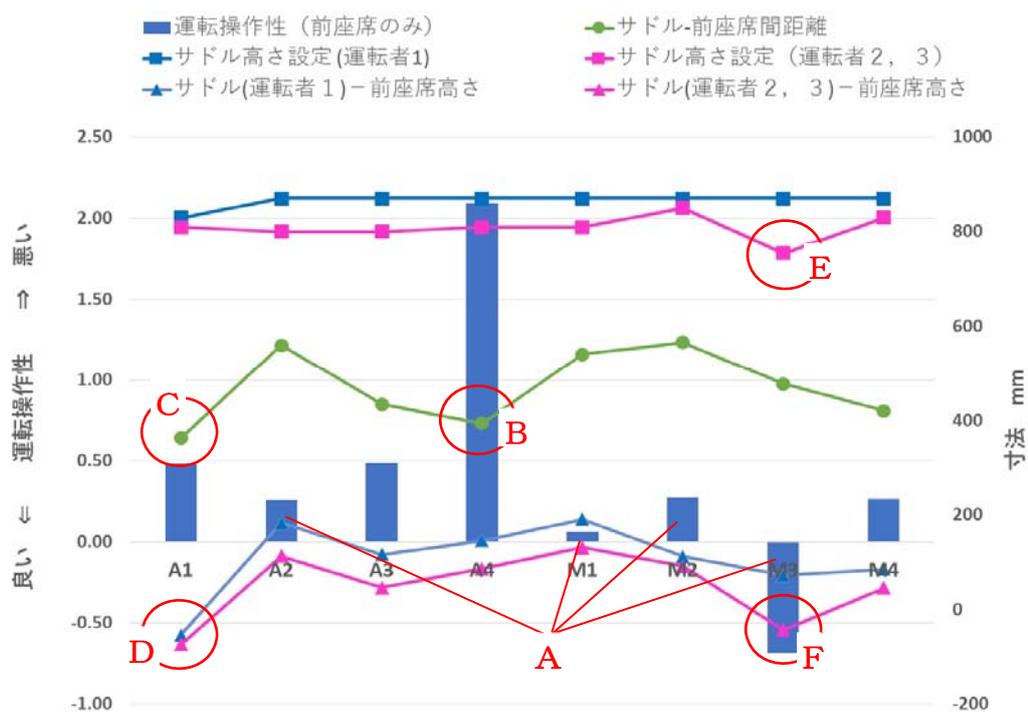


図 55 運転操作性と前座席及びサドルの位置関係（ダミー人形前座席のみ）
（寸法関係は右側の第 2 軸で示す。）



写真 18 サドルと前座席の位置関係（左：検体A 1、右：検体A 4）
 ※共にサドルー前座席間距離が小さい。ただし、検体A 4と比較して、検体A 1は前座席が高く運転者の足元が広く、運転席のスペースに余裕がある（白丸部）。

b ダミー人形後座席のみ

ダミー人形を後座席のみに乗せた場合の運転操作性については、リヤキャリヤ部側方剛性と後座席の高さに着目して比較した。ここで、リヤキャリヤ部とは、本報告書において「フレームとリヤキャリヤ及び車輪等を合わせた部分」で、図 56 の赤枠部を指すこととする。また、その側方剛性は、図中に示す3箇所を固定点とし、リヤキャリヤの後端から50mmの位置に荷重をかけて、その荷重とたわみ量から求めた値である。リヤキャリヤ部側方剛性の測定方法詳細及び測定結果については、参考資料10に示す。幼児乗せ自転車の場合、図中に示したフレーム（A部）は、運転者が乗り降りしやすいように1本でできている場合が多いため、実際にリヤキャリヤに幼児座席を設置して幼児を同乗させる際には、フレームや車輪のねじれ及びたわみを合わせた剛性が影響すると考えた。

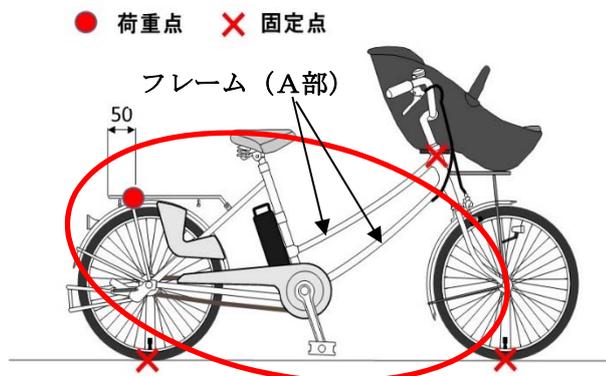


図 56 リヤキャリヤ部（赤枠）と剛性測定方法

リヤキャリヤ部の側方剛性及び後座席の高さと運転操作性の評価結果の関係を図 57 及び図 58 に示す。両図から、以下の傾向があることが分かる。

(a) 運転操作性の悪い方から2検体 (A4、M2) は、いずれもリヤキャリヤ部側方剛性が低く、後座席が高い位置にある (A部)。

(b) 運転操作性の最も良い検体M4は、リヤキャリヤ部側方剛性が最も高く、後座席が低い位置にある (B部)。

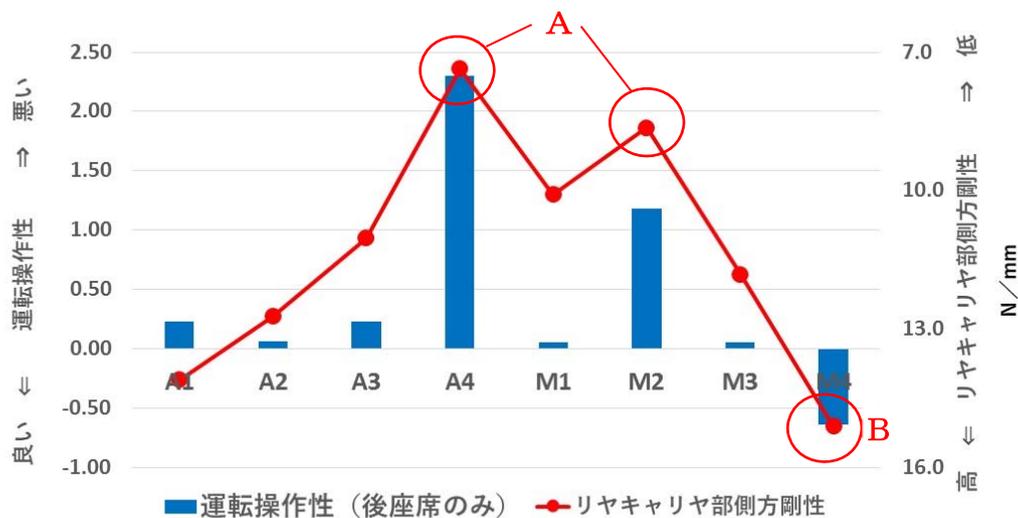


図 57 運転操作性とリヤキャリヤ部剛性との関係 (ダミー人形後座席のみ)



図 58 運転操作性と後座席の高さの関係 (ダミー人形後座席のみ)

このことから、幼児を後座席のみに同乗させるときは、リヤキャリヤ部の側方剛性を高くすることで運転操作性が良くなると考えられる。また、

後座席を低くする（後輪径を小さくする）ことでリヤキャリア部の側方剛性も高くなり、同様の効果が得られると考える。

c ダミー人形前後座席

ダミー人形を前後座席に乗せた場合の運転操作性について、検体別及び電動アシストあり／なしで比較した結果を図59に示す。図から、電動アシスト自転車の方が運転操作性の良い結果となった。

これは、実験では前後座席で合計37kgのダミー人形を乗せているため、電動アシストの効果で重さの負担を補助できた結果、運転操作性が良い評価になったと考えられる。

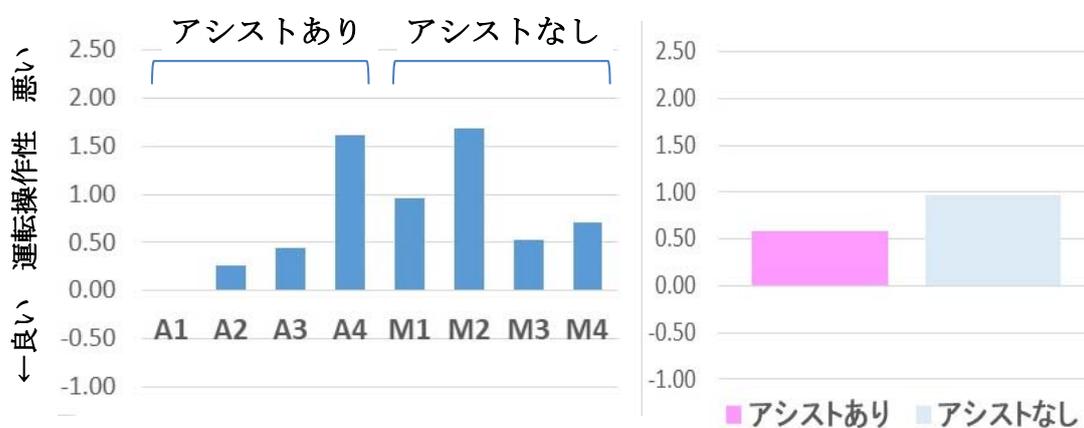


図59 運転操作性 (ダミー人形前後座席)

このことから、幼児2人を同乗させる場合は、電動アシスト自転車有利であると考えられる。

(8) 客観評価と主観評価の結果の違い

以上、実験Aの評価結果として、MT法の客観評価による走行安定性と、主観評価による運転操作性が異なる結果となることが分かった。

例えば、8台の検体中、唯一前後輪共に26インチと大きなサイズである検体A4⁷⁶は、客観評価であるMT法による走行安定性は最も高いが、逆に主観評価では運転操作性は最も悪い結果となった。

このことから、転倒リスクを低減するためには、客観評価及び主観評価を行い、両方が良い結果となるようなバランスの良い設計が重要であることが分かる。

⁷⁶ 子育てが終わった後にも使用することを意識した商品

4. 3. 7 実験B 段差走行時の評価

(1) 実験条件

車道を走行中に歩道へ移動する際の段差を想定し、車両乗り入れ部の標準的な段差5cmを設置したエリア2で実験を行った。

検体は電動アシストあり／なしから1台ずつとして検体A4とM4を選定し、比較のため、一般用自転車（前後輪径26インチ）⁷⁷も1台加えた。

また、実験はダミー人形を後座席のみに乗せる状態で実施し、段差への進入角度及び走行速度を変えて、走行挙動を計測した。

(2) 走行方法

進入角度を30度、40度、50度の3段階に変え⁷⁸、走行速度は速い／ゆっくりの2段階とした（図60）。これらの組合せとして、検体3車種、走行速度2通り、運転者3名で、18（＝3×2×3）通りの実験条件⁷⁹の走行を行った。

なお、一般用自転車は、エリア2の走行の後、基準測定（フラット）を実施している⁸⁰。

シートベルト：固定

実施回数：18回

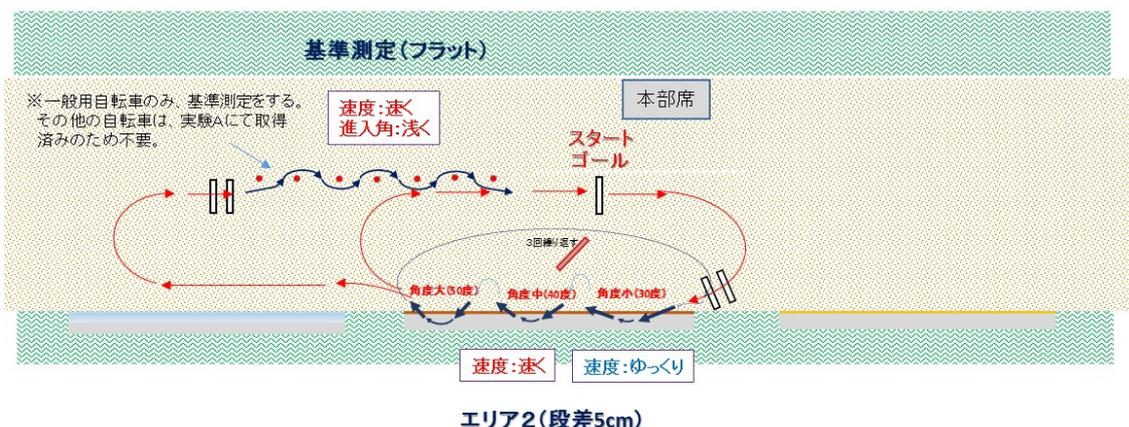


図60 走行方法（実験B）

⁷⁷ 主な仕様は参考資料7表56参照

⁷⁸ 段差5cmへの進入角度は、30度より小さいと転倒のおそれがあり、また、50度を超えると実験走行路の歩道状の部分（約1.5m幅）における旋回が困難であるため、安全上の理由で段差進入角度は30度から50度までの間の10度刻みとした。

⁷⁹ 実験水準表を参考資料3の表47に示す。

⁸⁰ 他の2台は、実験Aで基準測定（フラット）を実施しているため、ここでは実施していない。

(3) 実験結果 (MT法による評価)

段差 5 cm を走行する場合の要因 (走行速度、検体、運転者) 別の水準の違いによる評価結果を図 61 に示す。図の横軸は進入角度を示し、縦軸はMD 値を示す。全体に進入角度の小さい方が不安定の傾向にあるが、進入時の走行速度の違いの影響の方が大きい結果となった。

図 61 からは、比較的安定に走行するためには、以下の方法が有利であると考えられる⁸¹。

- ① 走行速度を遅くする。
- ② 進入角度を大きくする。

ただし、安全上の観点から 30 度を実験水準の下限としたため、本実験では転倒リスクを評価できるまでの結果とはなっていない。

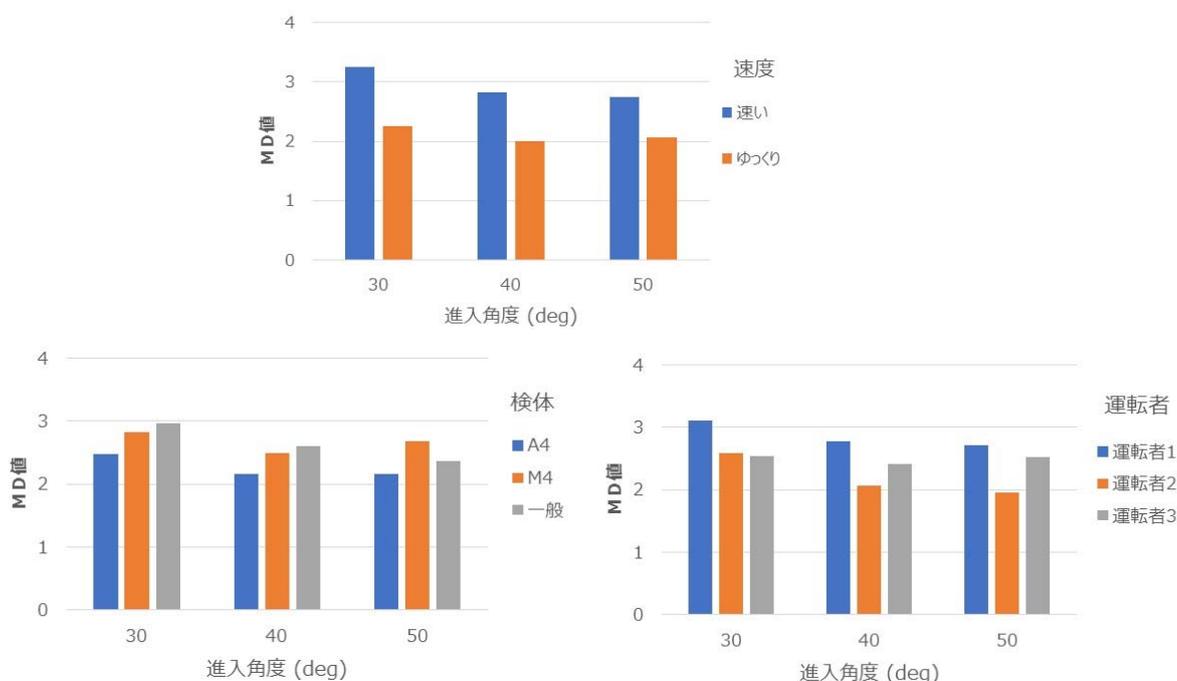


図 61 進入角度によるMD 値の傾向

⁸¹ 本実験は水や砂等はない舗装路面でのものであることを付記する。

4. 3. 8 実験C 荷物運搬時の評価

(1) 実験条件

使用実態調査によると、幼児同乗時には荷物をカゴに入れる場合が多いが、他にも荷物を座席に掛ける、背負う、子どもに持たせる、ハンドルに掛ける等の方法が一定数見られた(4. 2. 4 (3))。この中で、荷物の重心が自転車の中心線からずれている「ハンドルに荷物をぶらさげる」方法も回答者全体の1/4と多かったため、実験は荷物をカゴに入れる場合とハンドル掛けの場合の2通りで実施した。荷物は4.5kgの手さげ袋とし、ハンドル掛けの場合はハンドル左側のグリップとロードセルの間に荷物を掛けた。

走行は、通常路面(フラット)のほか、市街地を走行する際に転倒事故につながるリスクのある外的要因として、段差5cm、傾斜面及び狭い道を想定し、それらの環境下における走行挙動を計測した。

なお、狭い道は渋滞の脇を走行する場合や歩行者がいる歩道等における走行を想定している。

検体は、実験Bと同様にA4、M4及び一般用自転車の3台を使用し、ダミー人形を後座席のみに乗せる状態で実施した。

(2) 走行方法

エリア0(フラット)→エリア2(段差5cm)→エリア3(傾斜面)→狭い道(フラット)を連続して1回で走行した。各エリアには5.6m間隔でパイロンを置き、それぞれ3回ずつスラローム走行を行い、「狭い道」は、パイロンを幅1.2mで並べ、その間をゆっくりした速度で直進走行した(図62)。

実験は、検体3車種、荷物の運び方2通り(ハンドル掛け/カゴ)、運転者3名の組合せとして、18(=3×2×3)通りの実験条件で走行した⁸²。

⁸² 実験水準表を参考資料3の表48に示す。

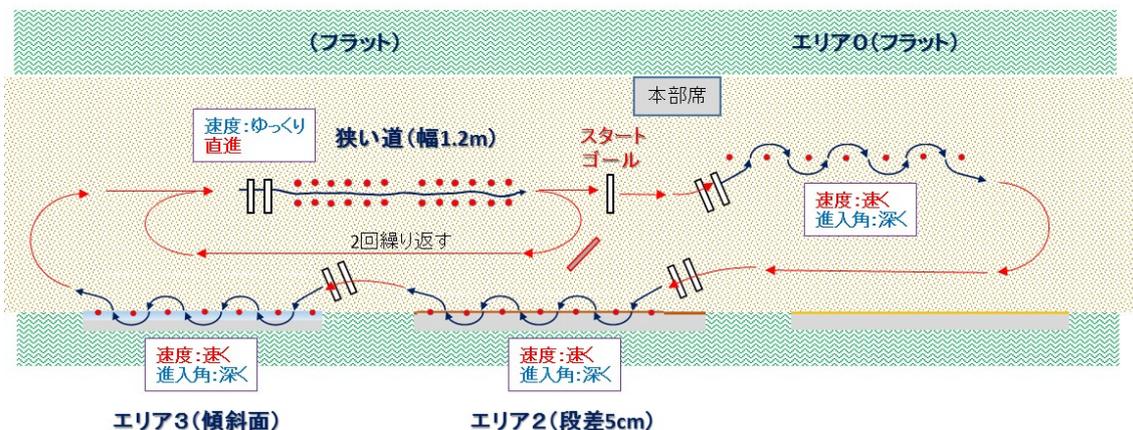


図 62 走行方法（実験 C）

(3) 実験結果（MT法による評価）

要因（実験走行路、検体、運転者）別の荷物の載せ方の違いによる評価結果を図 63 に示す。いずれの要因においても MD 値として有意な差は見られなかった。

ただし、ハンドルに物を下げることは、自転車安全基準の「取扱説明書へ記載すべき注意事項」において、禁止事項となっている。

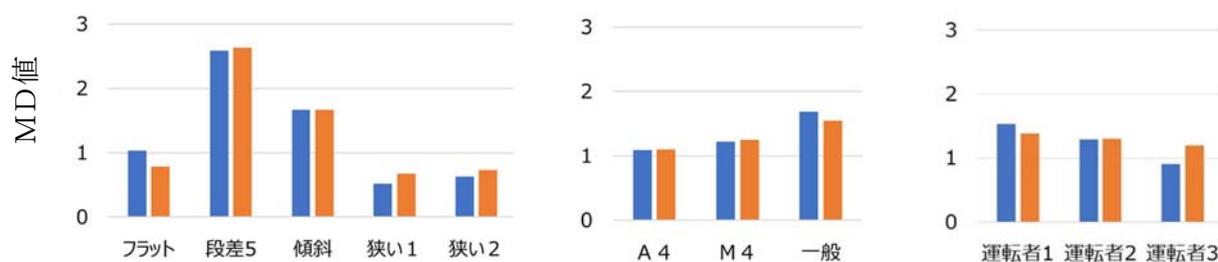


図 63 要因別の荷物の載せ方の違いによる評価結果
 ※棒グラフは、左：ハンドル掛け、右：カゴ

4. 3. 9 実験 D 電動アシスト自転車の制動時の安定性

(1) 実験条件

ブレーキ操作については、一般に左ブレーキ（後輪）、右ブレーキ（前輪）の有効かつ安全な操作方法を習得する機会は少なく、また車両の重量や前後

の重心などの走行状態に合った適切なブレーキ操作方法についても情報は少ない。

本実験では、検体として前輪ブレーキのタイプが異なる電動アシスト自転車2車種（検体A1及びA4）を使用した。走行は1つの実験水準において、前ブレーキのみ／後ブレーキのみ／両ブレーキの3条件を連続して実施した。

また、制動は路面の滑りやすさに大きく影響を受けるため、路面は通常路面（アスファルト）と滑り面（けい砂を散布）でそれぞれ行った。

なお、ダミー人形乗せ位置は、なし、前座席のみ、後座席のみ及び前後座席の4通りで行った。

(2) 走行方法（制動方法）

制動開始ラインと3m先の停止ラインにテープを貼り、十分な加速をした後、停止ラインを目標にブレーキをかけて停止した。停止位置が目標の±0.5m以内に収まらなかった場合は、やり直しとした（図64）。

実験は、検体2車種、ダミー人形乗せ位置4通り、通常路面／滑り面の2通り、運転者2人で、これらの組合せとして、32（＝2×4×2×2）通りの実験条件⁸³の走行を行った。

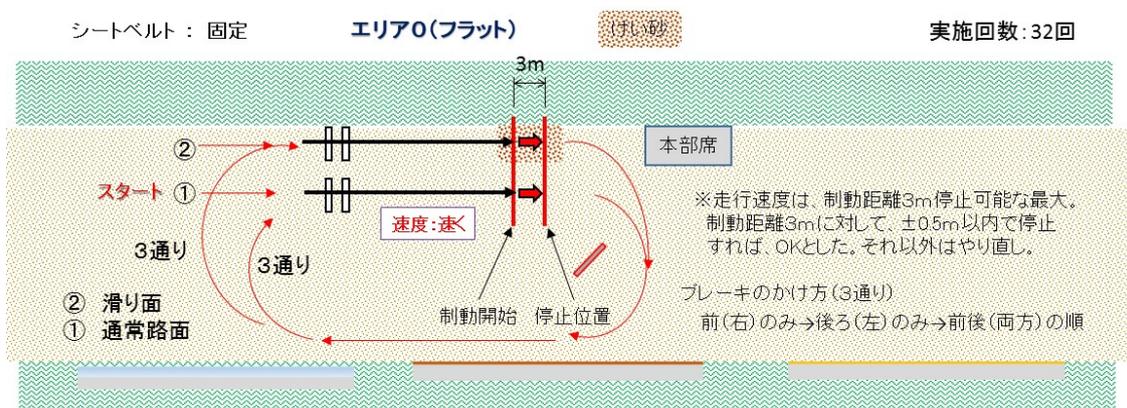


図 64 走行方法（実験D）

⁸³ 実験水準表を参考資料3の表49に示す。

(3) 実験結果 (制動時の安定性評価)

① 評価方法

本実験は、制動をかけて目標地点に正確に停止することを目標とした。安定した制動状態とは、ブレーキングが乱れずに、スリップもせず、目標地点に正確に停止する状態とし、本実験では、以下のいずれかが発生した場合、制動状態を「不安定」として評価した。

- a ブレーキングが一様にならず、乱れる。
- b 目標地点を 0.5m 以上オーバーランする。
- c 車輪がスリップする。

② 制動の安定性について

制動状態が「不安定」の結果となった実験条件について考察した結果、以下の傾向があった。実験結果の詳細については、参考資料 8 に示す。

なお、2つの検体はブレーキのタイプが異なるため、検体間の比較は行っていない。

- a 前ブレーキのみでは安定した停止が難しい。
- b 前ブレーキのみ又は後ブレーキのみでは、運転者が想定した以上に停止距離が長くなり、オーバーランが 32 回中 4 回発生した。ダミー人形を前後座席に乗せた場合は非常に重いため、オーバーランを 2 回繰り返すこともあった。なお、前後両ブレーキを使用した場合は、オーバーランはなかった。このことから、前後両ブレーキを確実に使用しないとオーバーランする可能性があると考えられる。
- c 後ブレーキのみでは、滑り面でスリップしやすい。

以上から、幼児同乗中の自転車の走行では、安全に停まるためにブレーキの特性をよく把握することが大切であるが、特に重要なことは、オーバーランをせずに目標に確実に停まるために、前後のブレーキが共に確実に効く状態を保ち、両ブレーキを効果的に使用することであると考えられる。

4. 3. 10 前座席取付方法による評価（確認実験）

（1）前座席の取付方法

後ろ乗せタイプの自転車用の幼児用前座席は、幼児が2人に増えた場合に別途市販品を購入して設置するケースが多いと思われる。今回の実験において後ろ乗せタイプである検体A 3用及びA 4用にそれぞれ設置した市販品の幼児用前座席（以下検体A 3用を「座席A」、検体A 4用を「座席B」という。）は、外見上は非常によく似ている（写真19）。

しかし、ハンドル部への座席の取付方法が異なっており、それが走行挙動に影響することが、実験を進める過程で分かってきた。

座席A及び座席Bの取付方法を図65に示す。ハンドルバーへは共にフックで掛けるだけの構造となっているが、座席Aは取り付ける上で、フックに余裕を持たせている（A部）。

ハンドルステムへの固定方法は、座席A及び座席Bでは、大きく異なっている。座席Aは、ハンドルステムへ座席の溝をはめ込んでロックをして外れないようにする構造になっているが、ハンドルステムに対して、ガタつきがある（C部）。一方、座席Bは、ハンドルステムに部品X⁸⁴を固定し、その2箇所穴に座席側のロッドを差し込む構造となっており、ガタつきが発生しないようになっている（D部）。

以上から、幼児を乗せて走行したときに、座席Aは座席Bと比べると、水平方向に揺れやすい構造であることが分かる。



写真19 市販品の幼児用前座席
左：座席A（検体A 3用）
右：座席B（検体A 4用）

⁸⁴ 座席Bは、部品Xをハンドルステムに対して上下させて取り付けることが可能であり、それにより前座席の高さを運転者に合わせて調節できるようにしたもので、水平方向のガタつき低減を意図したものではないことを、製造業者へのヒアリングで確認した。

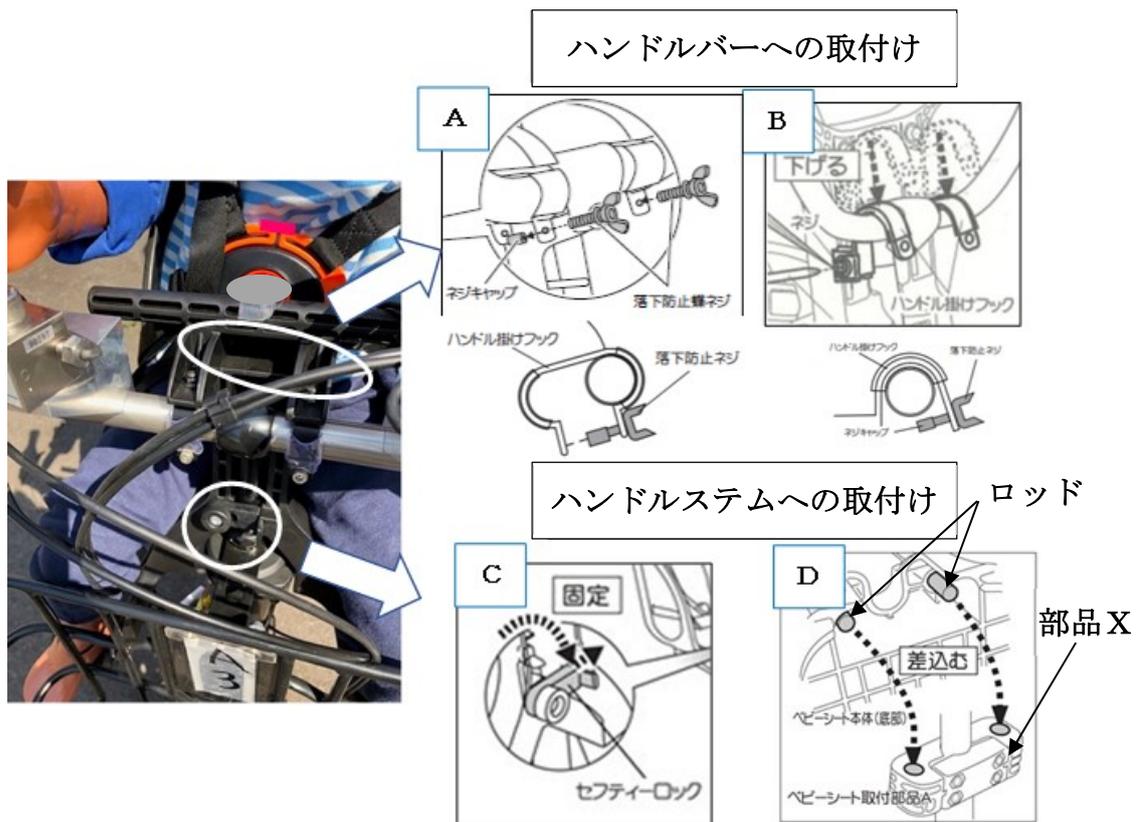


図 65 ハンドル部への前座席の取付方法
(左：座席 A、右：座席 B)

(2) 確認実験

① 概要

幼児座席にガタつきがあると、幼児と共に座席が動くため、振動が大きくなると考えられる。そこで、前座席のハンドル部への取付方法の違いが走行挙動へ与える影響について確認する実験を行った。

② 実験条件及び走行方法

写真 19 に示した座席 A 及び座席 B の 2 種類の幼児用前座席を、同じ検体 A 3 に順次取り付け、フラット（エリア 0）及び段差 5 cm（エリア 2）においてスラローム走行（図 66）を行い、ロール角及びハンドル舵角を計測した。

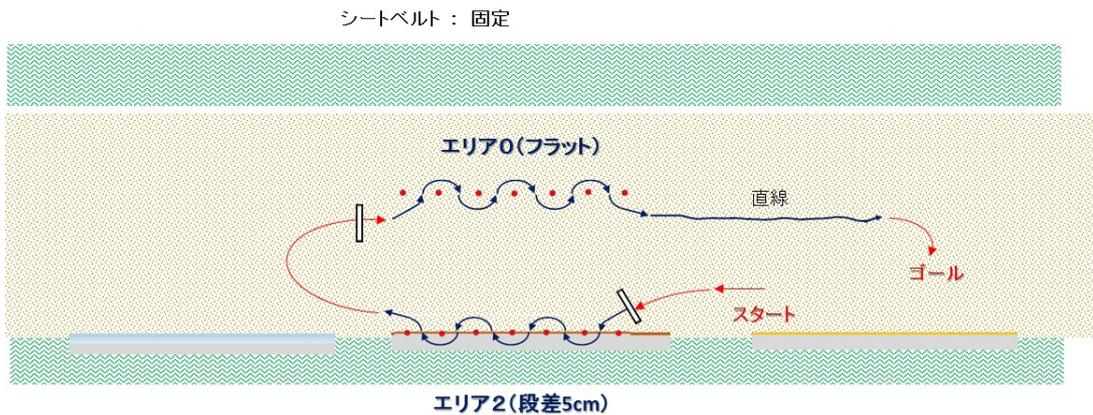


図 66 走行方法（確認実験）

③ 実験結果

図 67 及び図 68 は、座席A及び座席Bを取り付けて走行中のロール角の計測データを示す。赤枠内がフラット面（エリア0）を走行している部分である。

両者を比較すると、座席Aを取り付けた場合は、座席Bを取り付けた場合よりもロール角の変動が大きくなっていることが分かる。これは、ハンドル部への取付けでガタつきがあることにより、座席と幼児が一体で振動し、それが車体のロール角変動に影響しているためと考えられる。

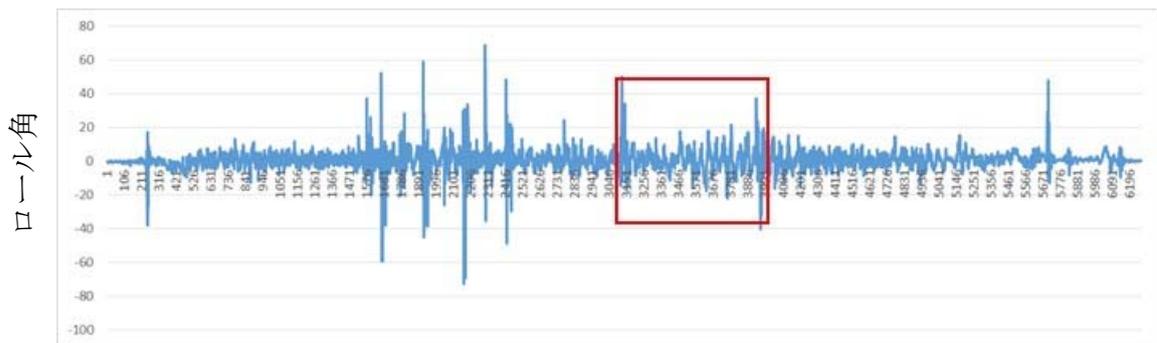


図 67 ロール角計測データ（座席A）

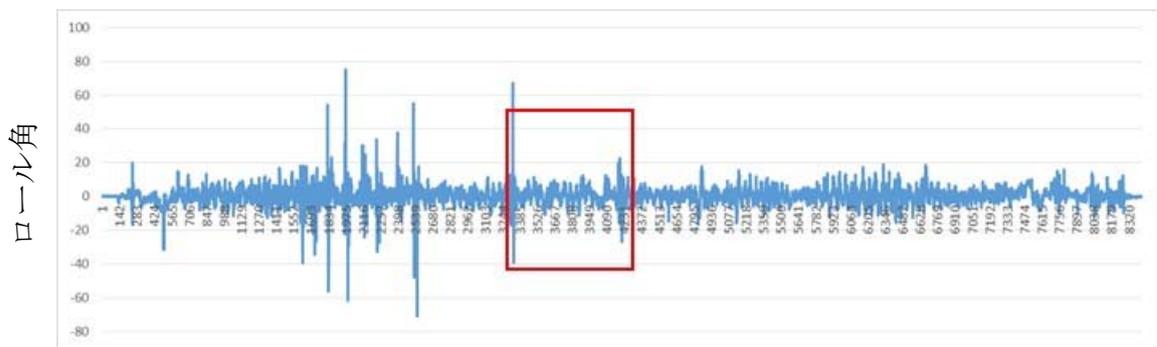


図 68 ロール角測定データ（座席 B）

次に、前座席にダミー人形を乗せた場合（前座席のみ及び前後座席）にフラットな路面を走行中のハンドル舵角の周波数解析結果を図 69 に示す。ガタつきのある座席 A の方が、ハンドルのふらつき（パワースペクトル）の大きい結果となった。

これは、座席が揺れることで、ダミー人形の揺れが加わり、それがハンドルを揺らしていると考えられる。なお、周波数帯は走行中のダミー人形の揺れを録画で確認した周波数として、2.0Hz～2.75Hz の領域で集計を行った。

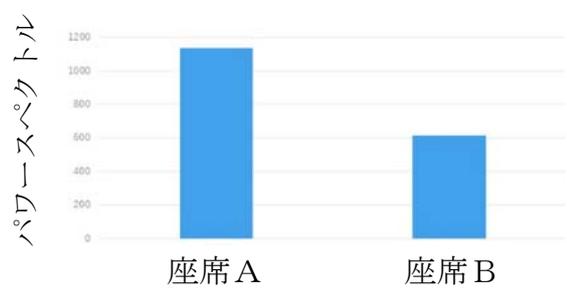


図 69 ハンドル舵角の周波数解析結果（フラット）

これらの結果から、同じ自転車でも、取り付ける幼児用前座席の種類によって走行安定性に影響があることが分かった。前座席は、ガタつきがなく取り付けられる方が走行安定性は高まると考えられる。

4. 3. 11 ハンドル操作支援機構の効果確認

近年、幼児 2 人同乗用自転車に、ハンドル操作支援機構（幼児を乗せた場合のハンドル操作を軽くするパワーステアリング）を搭載した自転車が研究されており、外的要因のある環境下における走行で転倒リスク低減効果を有するか確認のため、走行実験（実験 E）を行った。実験内容及び結果については、参

考資料 11 に示す。

4. 3. 12 走行実験まとめ

(1) 走行中の転倒リスク評価方法

本実験では、様々な外的要因のある環境下においてダミー人形を乗せた自転車を走行して各種データを計測した。そして、そのデータを走行安定性としてMT法による客観評価を行い、併せて運転操作性として主観評価も行った。さらに、周波数解析により、ハンドルのふらつきの観点で走行安定性と運転操作性を評価した。

その結果、走行安定性と運転操作性は異なる評価となることが分かり、転倒リスクを低減するためには、客観評価及び主観評価を行い、両方が良い結果となるようなバランスの良い設計が重要であることを改めて認識した。

以下に、幼児同乗中の自転車の走行中の転倒リスクについて、実験結果をまとめる。

(2) 実験結果 (実験A)

① MT法による評価

実験Aで外的要因として取り上げた走行路の障害では、段差5cmにおけるMD値の高さが顕著であり(図44、図45)、走行安定性が低い。

また、解析の結果、全体として外的要因のある環境下における走行安定性を向上させる設計特性として以下の傾向が考えられる。

- a 運転者の乗る位置を後方にする。
- b 車体重量を大きくする、又は電動アシスト付きにする。
- c ホイールベースを短くする。
- d 前輪径を大きくする。
- e ヘッド角を小さくする、又はトレールを大きくする。

実際の自転車設計においては、様々なトレードオフがあるが、これらを必要に応じて選択することで、外的要因のある環境下における走行安定性をより高めることができる可能性が考えられる。

なお、これらの傾向は、主に重回帰分析の結果によるもので、分析対象8車種の仕様の範囲内における個々の設計項目単独の効果についての評価結果である。

② 周波数解析による評価

ダミー人形乗せ位置別では、全体的に、後座席のみに乗せた場合のハンドルのふらつきが小さい。また、段差 5 cm の走行で、前後座席に乗せた場合は、パワースペクトルがそれほど大きな値を示さなかったのに対し、前座席のみに乗せた場合は、大きな値を示し、ハンドルのふらつきが大きかったことが分かった。これらから、幼児を 1 人しか乗せないときには、可能ならば後座席に乗せた方がハンドルのふらつきは小さいと考えられる。

また、検体ごとのハンドルのふらつきは、幼児を同乗させる位置の違いで、外的要因の影響の受け方が異なることが考えられ、自転車タイプ（前乗せ／後ろ乗せ）で比較した結果、前座席に同乗させた場合（前のみ又は前後）は、前乗せタイプのハンドルのふらつきが小さいことが分かった。

これは、前乗せタイプの自転車は設計上ハンドル軸の上に前座席があるためと考えられる。

③ 主観評価

主観評価では、外的要因のうち、段差 5 cm における走行の運転操作性が最も悪いことが分かった（図 52）。また、全体的には車輪径の小さい検体の方が運転操作性は良い（運転しやすい）傾向にあることが分かった。

ダミー人形乗せ位置別の評価では、以下の結果となった。

a 前座席のみ

- ・前乗せタイプが運転操作性は良い。
- ・後ろ乗せタイプは、サドルー前座席間の距離が小さく狭いため、運転操作性が悪い。ただし、前座席の設置位置が高い又はサドルが十分に低く設定できると足元が広くなり、運転席のスペースに余裕ができて運転操作性が良くなる。

b 後座席のみ

リヤキャリヤ部の側方剛性が高く、後座席の位置が低い（後輪径が小さい）方が運転操作性は良い。

c 前後座席

電動アシスト自転車の方が、アシストのない自転車よりも運転操作性が良い。

(3) 実験結果（実験 B）

段差 5 cm を比較的安定に走行するためには、以下の方法が有利であると考

えられる。

- a 走行速度を遅くする。
- b 進入角度を大きくする。

ただし、安全上の観点から 30 度を実験水準の下限としたため、本実験は転倒リスクを評価できるまでの結果とはなっていない。

(4) 実験結果 (実験C)

本実験条件では、荷物の載せ方の違いによる有意な差は見られなかった。

(5) 実験結果 (実験D)

実験結果から、幼児同乗中の自転車の走行で特に重要なことは、オーバーランをせずに目標に確実に停まるために、前後のブレーキが共に確実に効く状態を保ち、両ブレーキを効果的に使用することであると考えられる。

(6) 前座席の取付方法による評価 (確認実験)

実験を進める過程で、幼児用前座席のハンドル部への取付方法が走行挙動に影響することが分かった。

確認実験の結果、幼児用前座席をガタつきなく取り付けることで、ロール角の振れ及びハンドルのふらつきが小さくなり、走行安定性が高まると考えられる。

5 結論

調査委員会は、対象自転車に同乗中の幼児が被災する事故について調査及び確認を行った。

事故情報の分析（4. 1）の結果では、自転車の停車中、走行中共に転倒事故が多く、年齢別では1～2歳の年少幼児の救急搬送が多いこと、死亡を含む重大な身体損傷も一定数発生し減少していないこと、事故に至る状況には特定の傾向があること等が確認された。

本調査を事故等原因調査として選定した理由に、幼児2人同乗用自転車の要件策定及び電動アシスト自転車のアシスト比率上限の引上げから約10年が経過していること、及び利用者が増加していることがあり、その後の事故発生状況、安全性への影響等を検証する必要があると判断した。ただし、事故情報は電動アシスト自転車か否かの識別ができない事例がほとんどであったこともあり、本調査では、事故情報分析の結果を踏まえ、主に停車中の転倒リスクの検証を目的として、使用実態調査（4. 2）を実施し、また走行中の転倒リスクの検証を目的として、走行実験（4. 3）を行った。

使用実態調査では、対象とした幼稚園、保育園等への送迎に使用されている幼児乗せ自転車の7割以上が電動アシスト自転車であり、アンケート、ヒアリング、ビデオ映像解析等を通じて、使用実態を把握した。また、走行実験では、主要実験で使用する検体の半数を電動アシスト自転車として、電動アシストなしの自転車との走行安定性に関する対比を行った。

これらの結果から、幼児乗せ自転車の停車中、走行中の転倒リスクに関し、多様な観点から要因の抽出を行うに至ったため、以降に対象自転車にとどまらず、電動アシスト自転車ではない幼児乗せ自転車を含めた幼児乗せ自転車全般について、転倒リスク要因と再発防止策を示す。

5. 1 幼児同乗中の停車中の転倒

調査の結果に基づいて、停車中の転倒に関し、転倒のきっかけとなる要因及び転倒リスクを高める要因について、以下に示す。

二輪の自転車は、基本的に前輪とスタンドで停車中の姿勢を保持しているが、幼児や荷物の乗せ降ろし、幼児の動き、荷物の積載場所等の外的要因によって、前輪と地面の接触点とスタンドの左右端の2点から構成される三角形から自転車全体の重心がはみ出すことがあり、このとき停車中の転倒リスクが高まるこ

ととなる⁸⁵。

なお、停車中の転倒事故については、東京消防庁救急搬送データでは被災幼児 896 人中 562 人⁸⁶ (62.7%) が前座席に同乗している幼児の受傷であり、後座席での受傷 94 人 (10.5%) に比べ、非常に多い。

<幼児同乗中の停車中：転倒のきっかけとなる要因>

(1) 幼児又は荷物の乗せ降ろし

停車中の幼児乗せ自転車転倒するきっかけとなる直接的な要因の一つに幼児又は荷物の乗せ降ろしの動作がある。東京消防庁救急搬送データでは、保護者と同乗幼児の挙動が判明している 532 人のうち、116 人 (21.8%) がこれらの動作に伴う転倒事故の被災幼児であった (4. 1. 2 (2) ⑤)。

また、医療機関ネットワークのデータでの停車中の事故による被災幼児 381 人のうち 85 人 (22.3%) が乗せ降ろしの際の事故であり (4. 1. 3 (2) ②)、幼児 2 人を同乗させている場合は、この動作に伴い前座席に着座している幼児が被災する例が多く見られる (4. 1. 2 (2) ③)。

このリスクを低減させるために、幼児の乗せ降ろしに当たっては、「前座席に幼児を乗せたまま、後座席の幼児の乗せ降ろしをしない。」方法が従来各行政機関、関連団体、メーカー等により推奨されているが、使用実態調査でのビデオ撮影において、幼児を 2 人同乗させていた保護者延べ 325 人のうち、この安全性が高いとされる推奨方法以外で乗せ降ろしを行っていたのは、延べ 197 人 (60.6 %) であった (4. 2. 4 (2) ②)。

なお、ヒアリング調査等においては、推奨される方法がとられない理由の一つに、「年少者は動き回るため、まず先に座席に座らせたい」という意向もあることが確認されている。

(2) 幼児の動き (座席上、乗り降り)

東京消防庁救急搬送データで保護者と同乗幼児の挙動が判明している被災幼児 532 人のうち、71 人 (13.3%) が幼児の動きによる事故の被災幼児であり、座席上で動いたことによる転倒 (36 人)、及び幼児が幼児座席の足乗せステップ等に足をかけて自分で自転車に乗り降りしたことによる転倒 (35 人)

⁸⁵ 平成 22 年度キッズデザイン製品開発支援事業報告書 共創プロジェクト「自転車停止中における転倒事故防止に関わる子供の身体データ及び動作の評価、解析」

⁸⁶ 前座席での被災 524 人、前後に同乗した自転車の前座席での被災 38 人の合計

であった（4. 1. 2（2）⑤）。

幼児の座席上での動きに関しては、シートベルトを確実に装着することが必要であるが、使用実態調査における、ビデオ映像解析結果では、同乗幼児の全員がシートベルトを装着していない割合は、全体の 42.1%であった（4. 2. 4（2）③）。

幼児自身による乗り降りに関しては、使用実態調査における、ビデオ映像解析結果の危険挙動全 597 件のうち、427 件（71.5%）が記録されており（4. 2. 4（8））、うち 2 件は保護者等が手で支えたため転倒は防げたが、バランスを崩した事例であった。

<幼児同乗中の停車中：転倒リスクを高める要因>

（3）スタンドの構造及び安定性

前輪とスタンドで停車中の態勢を保持する自転車において、スタンドの構造は転倒防止のため重要な要素である。幼児乗せ自転車の両立スタンドについては、一般車と対比した場合、総じて幅広タイプのスタンドが採用されているが、走行実験で使用した 8 検体のスタンドの幅を検証した結果、最も幅が狭いものは約 285mm、最も幅が広いもので約 365mm と約 80mm の差があり、前後車輪共に同じ 20 インチを採用している自転車間でも、約 60mm の差があった。

また、停車中の転倒を経験した自転車（4. 2. 4 [「危険挙動」補足説明]、4. 2. 4 <関連情報>）、検体に使用した自転車を検証した結果、スタンド下部両端が共に路面や床面に接触している状態でも、車体後部にぐらつきのある自転車が複数確認された。

（4）自転車の重心の高さ

後座席の場合は車輪径、前座席の場合は車輪径と座席を後付けする位置によって、車両全体の重心が高くなる可能性があり、転倒につながる要因の一つとなり得る。現在販売、使用されている自転車については、以前に比べて車輪サイズが小さめのもの（24 インチ以下）が増加しているが、通常速度での走行の場合比較的安定性が高いことや、段差を乗り越えやすい等の利点もあり、26 インチ以上の大きめの車輪径を持つ自転車も一定割合で使用されている（4. 2. 4（1）②）。

(5) ハンドルへの荷物等のぶらさげ

使用実態調査のビデオ映像に記録された転倒事例では、当該自転車の左側ハンドルに幼児のリュックサックが下げられており、これがバランスを崩した一因と考えられる(4. 2. 4<本転倒の要因と考えられる事由>)。

同じくアンケート調査では、通常幼児2人を同乗させている保護者246人のうち39.0%に当たる96人が「荷物をハンドルにぶらさげている。」と回答しており(4. 2. 4(3))、潜在的なリスクとなっている。

(6) 幼児(自転車)から目を離す、離脱する

停車中の転倒事故が発生した際の保護者の挙動について、救急搬送データでは、被災幼児532人中、保護者が幼児(自転車)から目や手を離したり、距離をとってしまった間に被災した幼児が291人と54.7%に上っている(4. 1. 2(2)⑤)。

また医療機関ネットワークのデータでも、停車中の事故による被災幼児381人のうち、48.3%に当たる184人が目を離した間に生じた事故による被災であった(4. 1. 3(2)②)。

(7) 駐輪、停車場所の傾斜

使用実態調査のビデオ映像に記録された転倒事例の転倒要因の一つは、自転車を停めた保育園の駐輪場路面に5度以下の僅かな傾斜があったことである(P.67<本転倒の要因と考えられる事由>)。

また同様の状況で、保護者が手で支えなければ実際に転倒していた事例の映像も1件記録されている。

駐輪、停車場所の傾斜やスタンド下への異物の挟まりについては、それ単体では転倒につながる要因となるほどのものでない場合であっても、他の要因と複合することによって転倒につながる大きな要因となりうる。

なお、転倒リスクを高める要因としては、駐輪、停車時等にハンドルが意図せず回転することも考えられるが、使用実態調査で確認した自転車の車体特性では、ハンドルロック(旋回抑制機構)を備えた自転車が全体の84.4%に達しており、同じく使用実態調査のビデオ映像解析結果で確認した危険挙動でも「停止中、スタンド立て・降ろし時、発進時などにハンドルが意図せず大きく

回転する」事例は6件⁸⁷のみであった（4. 2. 4（8））。

ハンドルロックは、停車中の転倒を防止する有効な機構であり、スタンド連動型ではなく、運転者が操作するタイプの場合には、確実に作動させることが必要である。

5. 2 幼児同乗中の走行中の転倒

5. 2. 1 転倒リスクの検討

走行中の転倒防止策を検討する上では、以下に示す3点について考慮する必要がある。

第一は、転倒要因が多く、複合的なことである。本調査で実施した医療機関ネットワーク事故情報データの分析結果では、幼児同乗中の自転車の事故は「走行中」の事故が約半数であるが、さらにその約半数が運転中の「バランスくずれ」による転倒・転落事故であった。また、バランスを崩すのは何らかの外的要因による場合が多く、これらに対しどのように自転車のバランスを保ち、転倒を回避するかが重要な課題である。

なお、外的要因は、走行環境の要因（例：段差、溝など）、障害物の要因（例：歩行者、飛び出したボールなど）及び自転車側（運転者、同乗者）の要因（例：振り向く動作、幼児の立ち上がりなど）など多岐にわたり、それらの組合せもある。

第二は、走行時の安定性についての客観的な評価基準がないことである。製造業者や自転車関連団体へのヒアリングの結果、幼児乗せ自転車の走行時の安定性に関しては一般に完成車を走らせて主観評価により行っており、客観的な評価基準等はないことが分かった。

第三は、幼児乗せ自転車は図70に示すようにトレードオフの関係になりやすい設計項目が多いことである。例えば、図中「b. 車輪径」において、車輪径が大きい方が通常速度での安定性は高く、段差への対応も有利であるが、反面、漕ぎ出し時の安定性に欠けるほか、「d. 幼児座席の位置」との関係で、必然的に同車輪上に装備又は設置される幼児座席の位置が高くなり、転倒時の衝撃が大きく、運転者の視界も悪くなる面では、走行時の安全性に不利になるといった例が挙げられる。

各製造業者はこれらのバランスを考えて全体設計を行っており、一部の走行安定性に有利な設計項目だけで設計仕様を決めることはできない難しさがある。

⁸⁷ いずれも前座席に幼児が着座していない、保護者が手で支えるなどにより、転倒の兆候が見られる事例ではなかった。

設計項目	トレードオフの例		
a. ホイールベース	短 ←	長 →	
	○	狭い場所での取り回し	×
	×	通常速度での安定性	○
b. 車輪径	小 ←	大 →	
	○	漕ぎ出し時の安定性	×
	×	通常速度での安定性	○
c. 重心	低 ←	高 →	
	○	押し歩き、乗せ降ろしの安定性	×
	×	通常速度での安定性	○
d. 幼児座席の位置	低 ←	高 →	
	○	乗せ降ろしのしやすさ	×
	○	転倒時の衝撃	×
e. 重量	軽 ←	重 →	
	×	通常速度での安定性	○
	○	低速時の安定性	×
f. 電動アシスト機能	無 ←	有 →	
	×	上り坂対応、窪みからの脱出	○
	○	急発進リスク	×

○:有利 ×:不利

図 70 トレードオフの関係になりやすい設計項目⁸⁸

以上の3点を踏まえ、本調査では以下のような検討を行った。

まず、第一の点に関しては、主な転倒につながる複数の外的要因を直交表で組み合わせ、できるだけ多くの外的要因を反映した環境下において、走行実験を実施した。

第二の点に関しては、走行実験において自転車の挙動データを計測し、品質工学のMT法を活用して走行安定性についての客観評価を行った。また、ハンドルのふらつきの観点で、周波数解析による客観評価も行った。

第三の点に関しては、走行安定性だけではなく、運転操作性（運転のしやすさ）も併せて、転倒リスクの評価を行った。

⁸⁸ 製造業者ヒアリングの結果等を基に調査委員会にて作成

5. 2. 2 転倒リスクの低減について

前述した 3 つの点を考慮した走行実験の結果、同一の検体でも客観評価による走行安定性と主観評価による運転操作性が、それぞれ異なる評価結果となることが分かった。よって、転倒リスクを低減するためには、走行安定性と運転操作性のどちらか一方を改善するのではなく、両方のバランスを考慮して改善することが必要である（4. 3. 6（8））。

本調査において、走行中の転倒リスクを低減するために有効と考えられる事項を以下に示す。

（1）外的要因による転倒リスクの低減

走行中の転倒は外的要因による場合が多いが、走行実験の結果、外的要因として取り上げた走行路の障害の中で、段差 5 cm はMT法による走行安定性及び主観評価による運転操作性が共に最も評価が低く、転倒リスクが高いと考えられる（4. 3. 6（5）②③及び（7）②）。これは歩道の車両乗り入れ部における車道との標準的な段差であり、実際の市街地でその走行に遭遇する機会も少なくない（写真 20）。

よって、外的要因については、車道と歩道の段差 5 cm 走行における転倒リスクの低減を最も重視すべきである。



写真 20 車道と歩道の段差 5 cm の例（矢印）

※ 前方に停車中の自動車を避けるために、歩道との段差 5 cm を乗り越えて走行する場合がある。

また、走行実験のデータ解析（MT法）の結果では、以下のような設計上の特性を必要に応じて選択することで、段差5 cmにおける走行安定性をより高めることができる可能性が考えられる（4. 3. 6（5）⑥）。

- ① 運転者の乗る位置を後方にする。
- ② 車体重量を大きくする、又は電動アシスト付きにする。
- ③ ホイールベースを短くする。
- ④ 前輪径を大きくする。
- ⑤ ヘッド角を小さくする、又はトレールを大きくする。

なお、実験結果からは、段差を走行する際は、走行速度を比較的低くし、段差への進入角度を大きくした方が比較的安定する走り方である（4. 3. 7（3））。

（2）幼児の乗せ方による転倒リスクの低減

走行実験の結果、MT法、周波数解析及び主観評価全てにおいて、ダミー人形乗せ位置の違い（前座席のみ、後座席のみ、又は前後座席）により、検体ごとの評価が異なる結果となった（図47、図50、図54）。

これらから、以下のように、同乗させる幼児の人数によって、同乗させる位置とそれに適した自転車の選択をすることが安全上有効であることが考えられる。

① 幼児を1人同乗させる場合

前座席の同乗幼児を見ながらの運転の方が安心であるとする考え方もあるが、幼児を1人同乗させる場合は、周波数解析の結果から、後座席に同乗させる方がハンドルのふらつきが小さく、転倒リスクは低くなる可能性が考えられる（4. 3. 6（6）③）。

② 幼児を2人同乗させる場合

前座席に幼児を同乗させた場合、前乗せタイプの自転車の方が、後ろ乗せタイプの自転車に前座席を後付けすることに比べ、周波数解析の結果から、ハンドルのふらつきが小さくなること（4. 3. 6（6）④）、及び主観評価の結果からも、運転操作性が良い傾向があること（4. 3. 6（7）④a）が分かった。よって、幼児2人を同乗させる場合には、後ろ乗せタイプよりも前乗せタイプを選択し、後座席を後付けで設置して同乗させる方が転倒リスクは低くなる可能性が考えられる。

なお、前乗せタイプについて、多くは前カゴが装備されていないため、荷物の積載方法については走行時、停車時の安全面にも注意が必要である。

諸事情により、後ろ乗せタイプを選択する場合もあるが、その場合は主観評価の結果から、運転席のスペースに余裕のある製品を選ぶことが、運転操作性を良くするために重要である（4. 3. 6（7）④a）。

また、幼児2人を同乗させる場合は、実験結果のMT法による評価（図47）及び主観評価（図59）から、電動アシスト自転車の方が走行安定性及び運転操作性の両面で優位であることが確認された。

（3）幼児座席の取付状態の改善による転倒リスクの低減

実験結果から、以下のような幼児座席の取付状態の改善により、転倒リスクをより低減できる可能性のあることが分かった。

① 幼児用前座席（後ろ乗せタイプの自転車）

後ろ乗せタイプの自転車に後から設置する前座席は、ハンドル部への取付方法（図65）によってはガタつきのある製品があり、これらはハンドルのふらつきが大きくなるため、ガタつきをなくす取付方法とすることにより、走行安定性は高くなる（4. 3. 10）。

② 幼児用後座席

幼児を後座席に乗せる場合には、リヤキャリヤ部の側方剛性が高く、又、後座席の座面高さが低い（結果的にリヤキャリヤ部の側方剛性が高くなる）方が、運転操作性は良くなる（4. 3. 6（7）④b）。

（4）技術開発による転倒リスクの低減

ハンドル操作支援機構は、幼児同乗中の走行において、狭い道の走行など、細かいハンドル操作を支援し、運転操作性を向上する効果があると考えられる。その結果、外的要因による転倒リスクの低減に効果もある可能性が考えられることから、更なる安全性向上のための将来開発課題の1つとなり得るものとする（4. 3. 11）。

5. 2. 3 制動時の安定性

実験結果から、幼児同乗中の自転車の走行では、オーバーランをせずに目標に確実に停まるために前後のブレーキが共に確実に効く状態を保ち、両ブレーキを効果的に使用することが重要であることが分かった。しかし、幼児同乗中の自転車の総重量は大きく、ブレーキシューのゴム摩耗の進展等が早い可能性が考えられるため、両方のブレーキの日常の点検、整備は重要であると考えられる（4. 3. 9（3）②）。

5. 3 幼児同乗中の押し歩き時の転倒

事故形態としては、停車前後の状態として「自転車の押し歩き」時の転倒も一定割合で発生している（4. 2. 4（6）（7））。

押し歩き時の転倒については、傾きが生じた後の回復が困難である最大の要因が自転車の重さであると考えられる。特に電動アシスト自転車では、車両本体重量に幼児座席、幼児体重を加えると総重量は50～70kgにも達するため、押し歩き時の転倒の要因となっていると考えられる（4. 2. 4（4））。

6 再発防止策

本調査で実施した使用実態調査と走行実験の結果に基づく、停車中及び走行中の転倒事故の再発防止策、また、併せて押し歩き時の転倒事故の再発防止策のそれぞれにつき、以下に示す。また、各再発防止策を、設計関連、使用環境関連、リスクの周知、回避関連ごとに、検討、対応が期待される主体について整理した一覧を章末の表 42 に示す。

6. 1 幼児同乗中の停車中の転倒事故

停車中の転倒リスクに関わる課題は、大きく以下の3点があり、これらへの対応を行うことが再発防止策として重要である。なお、自転車の転倒を完全に防止することはできないので、幼児が乗車する前に必ずヘルメットを着用させる必要がある。

- (1) 停車中の転倒を防止する自転車設計面の改善
- (2) 停車中の転倒を防止するための環境整備
- (3) 停車中の転倒につながるリスク要因を、利用者（幼児乗せ自転車の運転者）に十分認識してもらう取組

6. 1. 1 幼児同乗中の停車中の転倒を防止する自転車設計面の改善

(1) 安定性が高く、操作の容易なスタンドの採用

前輪とスタンドで停車中の態勢を保持する自転車において、スタンドの構造と機能は停車中の転倒を防止するための重要な要素であり、特に幼児乗せ自転車においては、その役割、重量及び構造から、停車時の安定性に優れた構造と機能が求められる。スタンドについては、製造業者において、走行と自転車の取り回しに影響のない範囲で、安定性が高く、操作の容易なものを採用し、販売業者等においては、適切な組付けを行う等により安定性を維持する必要がある。

(2) 装着と長さの調節が容易なシートベルトの採用

転倒リスクを高める要因の一つである、座席上での幼児の動きに関しては、シートベルトを確実に装着することが必要であり、シートベルトについては、製造業者において、装着が容易であり、長さの調節もしやすいものを採用す

る必要がある。

(3) 左右のバランスに影響を与えない荷物の積載装置

荷物を積載するに当たり、ハンドルへのぶらさげ等は、自転車のバランスを崩す直接的な要因であり、製造業者においては、前後の座席に幼児を同乗させた状態でも、自転車の左右方向の中心に荷物を積載できる構造とすることを検討することが必要である。

(4) その他の幼児同乗中の停車中の転倒を防止するために有効な機構、機能の検討

停車中の転倒事故は前座席に乗車中の幼児が受傷するケースが多い実態を踏まえ、製造業者においては、前輪側に補助スタンドを設置する等の転倒防止のための補助的な機構を検討するとともに、転倒リスクが高まっている状態について運転者が容易に識別できる仕組み、及び幼児乗せ自転車の停車中の転倒を防止することに有効なその他の機構や機能についても検討する必要がある。

6. 1. 2 幼児同乗中の停車中の転倒を防止するための環境整備

前記「5. 1 (7) 駐輪、駐車場所の傾斜」に関しては、対象ユーザーだけではなく、駐輪場所等の提供側にもこのリスクは明確に認識されていない可能性が考えられる。

今回、停車中を含む駐輪場での転倒リスクの検証のために、幼児乗せ自転車の利用者が多いと考えられる施設の一つとして使用実態調査への協力を得た 15 の園においては、駐輪場に傾斜の影響を受けづらい角度で区分線等を設定する、あるいは駐輪方法の注意を行う、といった対応を行っている園は見られなかった。

停車中の転倒リスクについては、幼児乗せ自転車を駐輪する場所の関係者等に対し、転倒事故を防止するための情報提供を行うことが重要であるとともに、同関係者等においては、転倒事故を防止するための対応を行うことを検討すべきである。併せて、その他の転倒につながるリスク要因も含め、実際に幼児乗せ自転車を使用する現場において、利用者に危険性や安全確保の方法について周知する方法を検討すべきである。

6. 1. 3 幼児同乗中の停車中の転倒リスク要因の認識の向上

事故情報の分析及び使用実態調査におけるアンケート、ヒアリング、ビデオ映像解析等を通じ、停車中の転倒につながるリスク要因について、利用者の認知と対応が十分でない可能性がある実態を確認した。

これまでも、幼児を自転車に同乗させる際の安全確保に関する注意事項等の情報は数多く発信されているが、幼児乗せ自転車の主たるユーザーである、多忙な子育て世代の保護者により正しくリスクを認識してもらうためには、従来手法に加え、情報を提供する場面、方法、内容につき、新しい視点での検討と実践が必要である。

なお、停車中の転倒事故については、前座席に同乗中の幼児が受傷するケースが多く、前座席に幼児が乗った状態でのスタンドを立てた停車は、自転車の構造上非常に不安定であること、及びリスクを回避する行動については、自転車周囲の環境により、転倒リスク以外のリスクも十分に考慮した上で行う必要があることも併せて情報として提供すべきである。

6. 2 幼児同乗中の走行中の転倒事故

幼児乗せ自転車については、電動アシスト機能の付加といった大きな変化もあり、現在までに多くの設計上の改善と検討が行われてきた。また、走行中の転倒リスクに関しては、前記5. 2. 1のとおり、考慮すべき点が多く、転倒リスク低減のための対策は単純明快なものとすることは困難であるが、本調査の結果を踏まえ、以下の取組が必要と考える。

6. 2. 1 幼児同乗中の走行中の転倒リスクをより低減する自転車設計面での改善

幼児同乗中の走行中の転倒リスクを低減するためには、製造業者において、自転車設計面での改善に関する以下のような検討が必要である。

(1) 段差などの外的要因による転倒リスクの低減

走行中の幼児同乗中の自転車の転倒事故は、段差などの転倒につながるリスクのある外的要因のある環境下において、バランスを崩して発生することが多い。そのため、設計に当たっては、実際の走行環境を想定した外的要因のある環境下、特に歩道の車両乗り入れ部の段差5 cmにおける転倒リスクを低減し、より安心して走行できる自転車を検討すべきである。

その際、完成車の全体評価の中で、現状として主観評価で行われている走行時の安定性評価だけではなく、本報告書で定義した走行安定性のような「客観評価」も取り入れ、「主観評価」（本報告書では運転操作性と定義）と両方のバランスが取れた設計を行うべきである。

なお、客観評価の方法については、本調査における走行実験のデータを公開するので、本報告書と共に参考にし、製造業者及び関係研究機関等において検討を進めることが望ましい。

(2) 幼児座席の揺れの抑制

1つの幼児座席と同乗させる幼児の合計重量は15kg～25kg程度となるが、幼児座席の自転車本体への固定部の剛性や固定方法が不十分であると、走行中に揺れが自転車全体で大きくなるため、以下の点を改善して揺れを抑えることが重要である。

① 後付け前座席のガタつきのない取付方法

後ろ乗せタイプの自転車に後から設置する前座席について、ハンドル部への取付方法を改善し、ガタつきが発生しない製品とすべきである。

② リヤキャリヤ部の十分な側方剛性の確保

リヤキャリヤ単体の強度だけではなく、フレーム、車輪と組み合わせたリヤキャリヤ部全体の側方剛性を十分に確保することが重要である。そのために後座席の座面高さを低くすることも同様の効果があると考えられる。

(3) 運転席のスペースの余裕の確保

後ろ乗せタイプの自転車は、後付け前座席とサドル間の距離が小さいため、運転操作性が悪いが、両者の位置関係を調整し⁸⁹、足元を広くすることで運転席のスペースに余裕ができ、運転操作性が改善するなど、前座席とサドルの位置関係が運転操作性に重要である。

そのため、あらかじめ、後付けを想定している前座席の製品を明確にし、その製品仕様を考慮した上で、運転席のスペースに余裕を持たせたハンドル、サドル位置等の設計をすべきである。

⁸⁹ 自転車の長さについては、法令及びJISによる制限の規定がある。

(4) 転倒リスクを低減する技術の開発

より安全な自転車を目指す上では、転倒リスク低減のための将来技術開発も望まれる。例として、本調査で走行実験を行ったハンドル操作支援機構（幼児を乗せた場合のハンドル操作を軽くするパワーステアリング）も1つの候補となり得る。

6. 2. 2 使用環境に適した自転車選択の必要性

幼児乗せ自転車は、BAAマーク又はSGマーク、及び幼児2人同乗基準適合マークが貼付された自転車を選ぶことは必須であるが、利用者が同乗させる幼児の人数に適した自転車を選択することも重要である。本調査における走行実験の結果に基づくと、具体的には以下の選択となる。

(1) 幼児を1人同乗させる場合

前乗せタイプを選択した場合は、同乗幼児を見ながらの運転により安心を感じる一方で、走行安定性の観点からは、後座席に同乗させる方がハンドルのふらつきが小さく、転倒リスクが低くなる可能性が考えられるため、後ろ乗せタイプの自転車を選択することが望ましい。

(2) 幼児を2人同乗させる場合

前座席に幼児を同乗させる場合は、前座席をもともと装備している前乗せタイプ⁹⁰の自転車の方が、後ろ乗せタイプ⁹¹の自転車に前座席を後付けすることに比べ、ハンドルのふらつきが小さく、運転操作性も良い傾向がある。よって、幼児を2名同乗させる場合は、転倒リスクが低くなる可能性が考えられる。そのため、前乗せタイプの自転車を選択し、後座席を後付けで設置することが望ましい。なお、前乗せタイプについては、多くは前カゴが装備されていないため、荷物の積載方法については走行時、停車時の安全面にも注意が必要である。

⁹⁰ ハンドル中央部に幼児座席が装備された幼児乗せ自転車。幼児2人を同乗させる場合は、幼児座席を後部のリヤキャリア上に設置（後付け）する。3.1.2 参照

⁹¹ 後部に幼児座席が装備された幼児乗せ自転車。幼児2人を同乗させる場合は、ハンドルへ引っ掛ける形で、幼児座席を前部に設置（後付け）する。3.1.2 参照

利用者の実際の購入に際し、諸事情により後ろ乗せタイプを選択する場合は、後付けで前座席を設置しても運転操作性ができるだけ悪くならないように運転席のスペースに余裕のある製品を選ぶことも重要である。

また、幼児2人を同乗させる場合は、実験結果から走行安定性及び運転操作性の両面で優位である電動アシスト自転車を選択する方が望ましい。

6. 2. 3 段差などの外的要因による転倒リスクの認識

走行中の転倒は、外的要因によりバランスを崩して起こることが多こと、また、転倒を起こす外的要因のうち、特に歩道の車両乗り入れ部の段差5cmを乗り越えて走行することは転倒リスクが高いことを認識し、利用者においてこれを極力回避すべきである。ただし、車道の左端を走行している際に、停車中の車等を避けるために、この段差を乗り越えて歩道に移動しなければ走行できない場合が生じる。その場合は、利用者においては速度を落として大きな進入角度で走行することが必要である。

6. 2. 4 ブレーキの点検・保守の重要性の認識

幼児乗せ自転車で幼児を同乗させる場合は、前後両ブレーキを確実に使用しないと目標位置に停まれずにオーバーランとなり、衝突等の危険性がある。

そのため、販売業者及び利用者においては、前後のブレーキが共に確実に効く状態を保ち、両ブレーキを効果的に使用するため、両ブレーキの日常点検、保守が非常に重要である。

6. 3 幼児同乗中の押し歩き時の転倒事故

押し歩き時の転倒事故については、特に電動アシスト自転車における、自転車の重さが主たる要因と考えられる。これまでも、各製造業者においては、電動アシスト自転車の軽量化が進められてきているが、更なる軽量化の検討とともに、自転車全体を低重心化すること、及び将来課題として、法律上の制限がありつつも、その他の押し歩き時の転倒防止に有効な機構や機能を検討することが必要である。

また、利用者は、停車中及び走行中のみならず、押し歩き時の転倒リスクについても認識することが重要であり、販売業者も利用者への周知に努めるべきである。

表 42 再発防止策

再発防止策の項目		検討、対応が期待される主体	検討、対応すべき再発防止策		
			停車中の転倒リスク	走行中の転倒リスク	押し歩き時の転倒リスク
A 設計関連	A-1 現状では具体的な改善策や対応方法が明らかになってはいないが、実現されれば事故予防に効果を発揮すると考えられるもの	製造業者 業界団体 専門家	A-1-1 ・前後の座席に幼児を同乗させた状態でも、自転車の左右方向の中心に荷物を積載できる構造(6.1.1(3)) A-1-2 ・転倒を防止することに有効なその他の機構や機能(6.1.1(4))	A-1-3 ・実際の走行環境を想定し、外的要因(特に段差5cm)による転倒リスクを低減し、より安心して走行できる自転車を検討する。なお、本報告書と公開する実験データを参考に、客観評価の方法の検討を行う。(6.2.1(1)) A-1-4 より安全な自転車を目指し、転倒リスク低減のための将来技術開発も望まれる。(6.2.1(4))	A-1-5 ・電動アシスト自転車において、転倒を防止するために有効なその他の機構や機能(6.3)
	A-2 既に対策された製品が存在していたり、具体的な改善の方向性がある程度明らかとなっているもの		A-2-1 ・前輪側に補助スタンドを設置する等の転倒防止のための補助的な機構(6.1.1(4))	A-2-2 ・後ろ乗せタイプについて、後付けを想定する前座席の設計仕様を考慮し、運転席のスペースに余裕を持たせた設計を行う。(6.2.1(3))	
	A-3 従来業界全体では改善が進められてきたが、新たな視点でのさらなる改善や業界全体での統一的な対応が必要なもの		A-3-1 ・走行と自転車の取り回しに影響のない範囲で、安定性が高く、操作の容易なスタンドの採用(6.1.1(1)) A-3-2 ・装着が容易であり、長さの調節もしやすいシートベルトの採用(6.1.1(2))	A-3-3 ・後ろ乗せタイプの後付け前座席は、ガタつきがないハンドル部への取付方法とする。(6.2.1(2)) A-3-4 ・フレーム、車輪と組み合わせたリヤキャリア部全体の側方剛性を十分に確保する。(6.2.1(2))	A-3-5 ・電動アシスト自転車につき、さらなる軽量化と低重心化を進める。(6.3)
B 使用環境関連	B-1 自転車の整備、メンテナンス、に関する事項	販売業者 利用者	B-1-1 ・スタンドにつき、ぐらつきが発生しないよう、適切な組付けを行う。(6.1.1(1))	B-1-2 ・前後のブレーキが確実に効く状態を保ち、両ブレーキを効果的に使用するため、両方のブレーキの日常の点検・保守が重要(6.2.4)	
	B-2 駐輪に関する事項	幼稚園等の駐輪場 管理者	B-2-1 ・平面駐輪場に前輪用スタンドを設置したり、傾斜の影響を受けづらい角度で区分線等を設定する。(6.1.2)		
C リスクの周知、回避関連	C-1 自転車の選択に関する事項	利用者		C-1-1 ・使用環境に適した自転車を選択※する。(6.2.2)	
	C-2 自転車の使用、乗り方等に関する事項	販売業者 利用者	C-2-1 ・前座席に幼児が乗った状態でのスタンドを立てた停車は、自転車の構造上非常に不安定であること等、停車中の転倒につながるリスク要因につき、十分に認識する。また、全体リスクを考慮した上で、リスク回避行動をとる。(6.1.3)	C-2-3 ・歩道の車両乗り入れ部の段差5cmは転倒リスクが高いため、極力走行しない。走行する場合は、速度を落として大きな進入角度で走行する。(6.2.3)	C-2-4 ・停車中及び走行中のみならず、押し歩き時の転倒リスクについても認識する。また、周知に努める(6.3)。
		幼稚園等の駐輪場 管理者	C-2-2 ・傾斜のある平面駐輪場において、利用者に危険性や安全確保の方法について周知する。(6.1.2)		

※ ①幼児を1人同乗させる場合／走行安定性の観点からは、後座席に同乗させる方がハンドルのふらつきが小さく、転倒リスクが低くなる可能性が考えられるため、後ろ乗せタイプの自転車を選択することが望ましい。
 ②幼児を2人同乗させる場合／前乗せタイプを選択し、後座席を後付けで設置して同乗させることが望ましい。なお、前乗せタイプについては前カゴがないため、荷物の積載方法については、走行時、停車時の安全面にも注意が必要である。諸事情により後ろ乗せタイプを選択する場合は、運転席のスペースに余裕のある製品を選ぶことも重要である。また、幼児2人同乗時は、走行安定性及び運転操作性の両面で優れた電動アシスト自転車を選択する方が望ましい。

7 意見

幼児乗せ自転車は、保護者と幼児の重要な移動手段である一方、幼児が被災する事故はここ数年減少しておらず、特に走行中の転倒事故に関しては、重大な事故につながるおそれもある。この点を踏まえ、関係行政機関は、幼児乗せ自転車の事故の再発防止のために、以下の取組を進めるべきである。

7. 1 経済産業大臣への意見

経済産業省は、幼児乗せ自転車の転倒事故を防止するため、幼児乗せ自転車の設計に関し、以下の対策を検討し実施することを製造業者等に促し、結果及び効果についての検証及び評価を行うとともに、必要に応じて警察庁と協力の上、規制並びに規格及び基準等の見直しも含めた検討を行うべきである。

7. 1. 1 設計上の対策

(1) 幼児同乗中の停車中の転倒事故を防止する設計上の対策

停車中の転倒事故を防止するため、自転車安全基準等に、以下についての設計指針を明確にして取り入れること。また、併せて停車中の転倒を防止するために有効な、その他の補助的な機構や機能の実現を検討すること。

- ・スタンドについては、走行と自転車の取り回しに影響のない範囲で、安定性が高く、操作の容易なタイプのものを採用すること。
- ・シートベルトについては、装着が容易であり、長さの調節をしやすいものとする。
- ・前後に幼児を同乗させた状態を想定して、自転車の左右方向の中心に荷物を積載できる構造とすること。

(2) 幼児同乗中の走行中の転倒事故を防止する設計上の対策

① 設計基準等の策定

走行中の幼児座席の揺れを抑えるために、自転車安全基準等に、以下についての設計指針を明確にして取り入れること。

- ・後ろ乗せタイプの自転車に後付けで設置する前座席について、ガタつきなくハンドル部に取り付けられる製品とすること。

- ・後座席を固定するリヤキャリヤ部の側方剛性を十分に確保すること。

② 設計手法、手順等の見直し

a) 外的要因による転倒リスクの低減

転倒事故につながるリスクのある外的要因をこれまでよりも重視し、特に歩道の車両乗り入れ部の段差5cmによる転倒リスクの低減を検討すること。

b) 客観評価の導入

前記 a)の検討に当たっては、完成車の全体評価の中での走行時の安定性評価において客観評価も取り入れ、主観評価と両方のバランスが取れた設計を目指すこと。

なお、本調査における走行実験のデータを公開するので、製造業者及び関係研究機関等において客観評価の検討を進めるに当たり、本報告書と共に参考にされたい。

c) 運転席スペースの設計手順

後ろ乗せタイプの自転車における後付け前座席は、あらかじめ、後付けを想定している前座席の製品を明確にし、その製品仕様を考慮した上で、運転席のスペースに余裕を持たせたハンドル、サドル位置等の設計をすること。

③ 将来課題の検討

より安全な自転車を目指し、ハンドル操作支援機構を一例とする転倒リスク低減のための将来技術を開発・普及することも検討すること。

(3) 幼児同乗中の押し歩き時の転倒を防止する設計上の対策

押し歩き時の転倒事故を防止するため、特に電動アシスト自転車については、更なる軽量化及び低重心化を検討すること。また、併せて押し歩き時の転倒を防止するために有効な、その他の機構や機能の実現を検討すること。

7. 1. 2 利用者への周知及び情報提供

(1) 使用環境に適した自転車選択の必要性の周知

利用者に対し、幼児乗せ自転車は、BAAマーク又はSGマーク、及び幼児2人同乗基準適合車マークが貼付された自転車を選ぶことが推奨されることのほか、同乗させる幼児の人数により、以下のような自転車の選択の考え方があることを周知すること。

① 幼児を1人同乗させる場合

- ・後ろ乗せタイプの選択が望ましい。

② 幼児を2人同乗させる場合

- ・前乗せタイプを選択し、後座席を後付けで設置することが望ましい。
- ・前乗せタイプについては、前カゴが装備されていないものが多いため、荷物の積載方法について、走行時、停車時の安全面にも注意する必要がある。
- ・諸事情により後ろ乗せタイプを選択する場合は、後付けで前座席を設置しても運転席のスペースに余裕のある製品を選ぶことが望ましい。
- ・電動アシスト自転車を選択する方が望ましい。

(2) 転倒リスクに関する情報提供

製造業者、販売業者等の供給者側から利用者に対しては、販売や点検時を含むあらゆる機会において、幼児乗せ自転車のパンフレット等に示す個々の仕様が、走行中、停車中、及び押し歩き時に与える安全面への影響と、それらを踏まえた利用について、分かりやすい形で情報提供に努めること。

7. 2 国家公安委員会委員長、警察庁長官への意見

警察庁は、幼児乗せ自転車の転倒を防止し、安全な利用を推進するため、関係行政機関及び団体と連携した上で、幼児乗せ自転車の利用者を対象とする各種情報提供、注意喚起、及び交通安全教育や広報啓発において、本報告書を参考として、内容と手法の見直しを検討すべきである。

7. 3 消費者庁長官への意見

消費者庁は、幼児乗せ自転車の転倒リスク、回避のために必要な行動等、及び幼児乗せ自転車の安全性に関わる設計上の特性について、以下の対策を実施すべきである。

7. 3. 1 段差などの外的要因による転倒リスクの周知

利用者に対して以下を周知すること。

- ・ 走行中の転倒は、外的要因によりバランスを崩して起こることが多いこと、特に歩道の車両乗り入れ部の段差5cmの走行は極力回避すべきであること。
- ・ やむを得ずこの段差を乗り越えて歩道に移動する場合は、速度を落として大きな進入角度で走行すべきであること。

7. 3. 2 使用環境に適した自転車選択の必要性の周知

利用者に対し、幼児乗せ自転車は、BAAマーク又はSGマーク、及び幼児2人同乗基準適合車マークが貼付された自転車を選ぶことが推奨されることのほか、同乗させる幼児の人数により、以下のような自転車の選択の考え方があることを周知すること。

(1) 幼児を1人同乗させる場合

- ・ 後ろ乗せタイプの選択が望ましい。

(2) 幼児を2人同乗させる場合

- ・ 前乗せタイプを選択し、後座席を後付けで設置することが望ましい。
- ・ 前乗せタイプについては、前カゴが装備されていないものが多いため、荷物の積載方法について、走行時、停車時の安全面にも注意する必要がある。
- ・ 諸事情により後ろ乗せタイプを選択する場合は、後付けで前座席を設置しても運転席のスペースに余裕のある製品を選ぶことが望ましい。
- ・ 電動アシスト自転車を選択する方が望ましい。

7. 3. 3 ブレーキの点検・保守の重要性の周知

利用者に対し、幼児乗せ自転車では特に前後両方のブレーキの点検・保守が非常に重要であることを周知すること。

7. 3. 4 転倒リスクに関する情報提供

転倒に至るプロセスや要因、及びこれらを回避する行動については、本調査報告書を参考として、利用者に対し、より具体的かつ詳細な情報の提供に努めること。そのために、従来の取組に加え、より利用者の認知向上につながる内容、表現、方法等を検討し、実施すること。

7. 4 内閣総理大臣、文部科学大臣、厚生労働大臣への意見

幼児同乗中の自転車の事故の発生は、幼稚園、保育所及び認定こども園（以下「幼稚園等」という。）への幼児送迎中や幼稚園等の駐輪場停車中に限ったものではないが、幼稚園等においては、幼児乗せ自転車が送迎のための重要な移動手段の一つであると考えられるほか、利用者も多く、多様な使用実態があることも踏まえ、内閣府、文部科学省及び厚生労働省は、以下の（１）及び（２）の措置を講じるよう、地方公共団体及び関係団体に求めるべきである。

（１）幼児乗せ自転車の安全な利用に関する周知

幼児乗せ自転車の、停車中、走行中、押し歩き時の事故、特に幼児の重大な受傷につながるおそれのある転倒事故に関し、本報告書の事故情報、使用実態、再発防止策等の内容について、幼稚園等の利用者に対し情報提供及び注意喚起が行われるよう、幼稚園等に周知を行うこと。

（２）幼児同乗中の停車中の転倒を防止するための対応

幼児乗せ自転車は、停車時でも僅かな傾斜で転倒事故につながる危険性があるという認識を幼稚園等に周知徹底するとともに、幼稚園等の駐輪場において、例えば、傾斜の影響を受けづらい角度での駐輪区分線等の設定といった対応方法について、幼稚園等に周知すること。

また、幼稚園等の駐輪場において、転倒につながる危険な利用の仕方に対する注意や安全確保の方法について、幼稚園等の利用者具体的に情報提供できるよう、幼稚園等に周知を行うこと。

參考資料

参考資料1 実験計測システム

(1) 計測項目及びセンサ

走行中の自転車の状態を把握するために、以下の計測項目についての時系列データを取得するセンサを選定した。

計測に使用したセンサー一覧を表43に示す。

- a ハンドル舵角
- b フロントのロール角、ピッチ角及びヨー角
- c リヤのロール角、ピッチ角及びヨー角
- d 走行速度
- e 運転者の重心

なお、ロール角・ピッチ角・ヨー角とは、図71に示す座標系に示したローリング、ピッチング及びヨーイングの角度を表している。

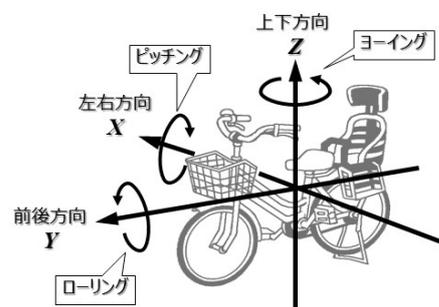


図71 センサ座標系

表43 計測に使用したセンサー一覧

	計測項目	センサ種類	型式	概要(精度等)
a	ハンドル舵角	インクリメンタル 光電ロータリー エンコーダ	B073W3TCFY	600パルス AB二相の仕様であるため計測分解能は0.6度
b	ロール角 ピッチ角 ヨー角 (フロント)	9軸センサ モジュール	MPU-9250	加速度3軸、角速度(ジャイロ)3軸、地磁気(コンパス)3軸の計9軸を計測可能で、計測分解能等の仕様は以下 A) 加速度 ・ 測定レンジ $\pm 2 / \pm 4 / \pm 8 / \pm 16g$ ・ 分解能: 16ビット B) 角速度(ジャイロ) ・ 測定レンジ $\pm 250 / \pm 500 / \pm 1000 / \pm 2000 \text{ dps } (^{\circ} / \text{sec})$ ・ 分解能: 16ビット C) 地磁気(コンパス) ・ 測定レンジ: $\pm 4800 \mu T$ ・ 分解能: 14ビット/16ビット ・ 連続変換モードあり・内部でAK8963を用いて計測
c	ロール角 ピッチ角 ヨー角 (リヤ)	9軸センサ モジュール	MPU-9250	同上
d	走行速度	センシティブ ホール効果 センサ磁気 検出器	Y3144	一般的なサイクルコンピュータでは車輪に1つの磁石を取り付けて速度を計測するが、計測精度を向上させるため車輪には等間隔に9個の磁石を取り付けた。Y3144のサンプリングレートは50kHzであるので、5000回転/秒は計測可能
e	運転者の 重心	オールステンレ スビーム型 ロードセル	LCM13シリーズ	ハンドル左右・サドル左右・ペダル左右に設置 段差などの衝撃により体重が数倍になる可能性があること、グラム単位の計測精度は必要ないため、定格容量5kN(500.9kg)のLCM13K5000のMIML R60認定品C3を利用した。

(2) 計測システム構成

システム構成概念図を図 72 に示す。表 43 に示した各種センサは自転車に取り付けた小型コンピュータ (Raspberry Pi 3 Model B+) に有線接続され、センサの計測値は小型コンピュータの記録装置に記録される。計測項目はセンサの値から計算が必要なものがあるが、計測時に計算処理を行うと、計測に影響が出ることから、計測データをローカルストレージにそのまま保存し、計算処理は計測後に行うことにより、50Hz での計測を可能にした。

また、実験本部に設置した PC へは Wi-Fi を経由して小型コンピュータと接続し、1 回の走行が終わるたびにデータを取り出し、計測が確実に行われていることを確認しながら進めた。

計測項目の計算は、PC に記録されたデータを使用し、実験後に行った。

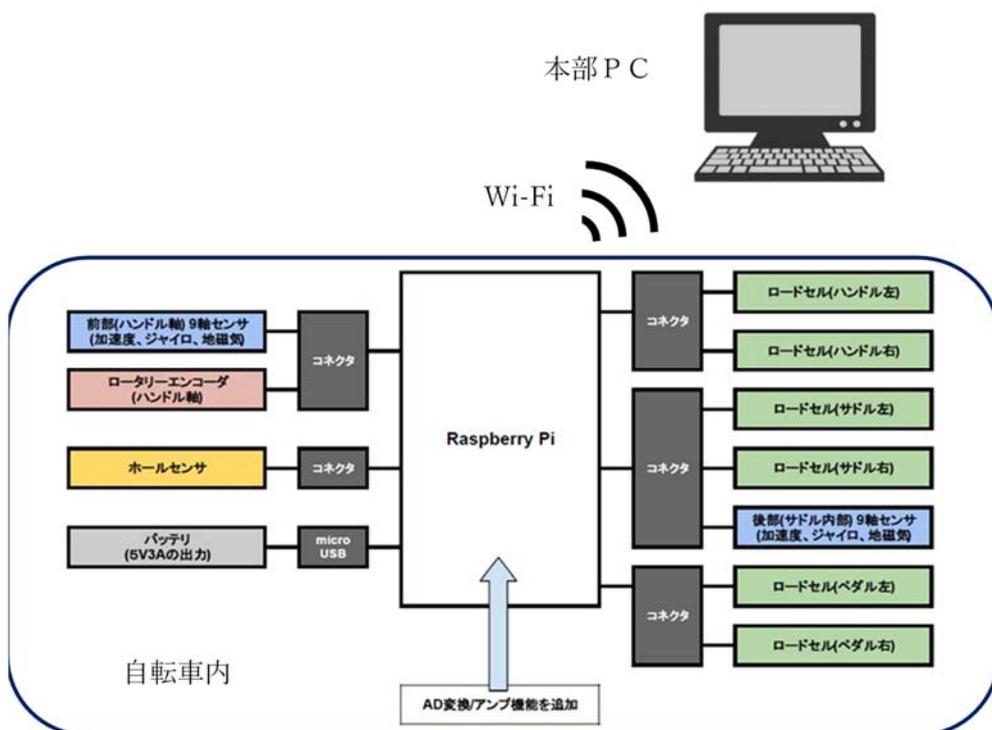


図 72 計測システム構成概念図

(3) 計測用自転車

各種センサ及び計測システムを各々の検体に搭載した計測用自転車を製作した (図 73)。

ハンドル部は、グリップ部分を残してバーのみを改造し、走行性や運転状態が変わらないようにロードセルを組み込んだ。その際、改造後のグリップ

位置が、元の位置と同じになるような改造設計を行っている。同様に、ペダル部、サドル部も元の位置と同じになるような改造設計を行った。

また、新たに追加する部品は樹脂及びアルミを使用して軽量化した。

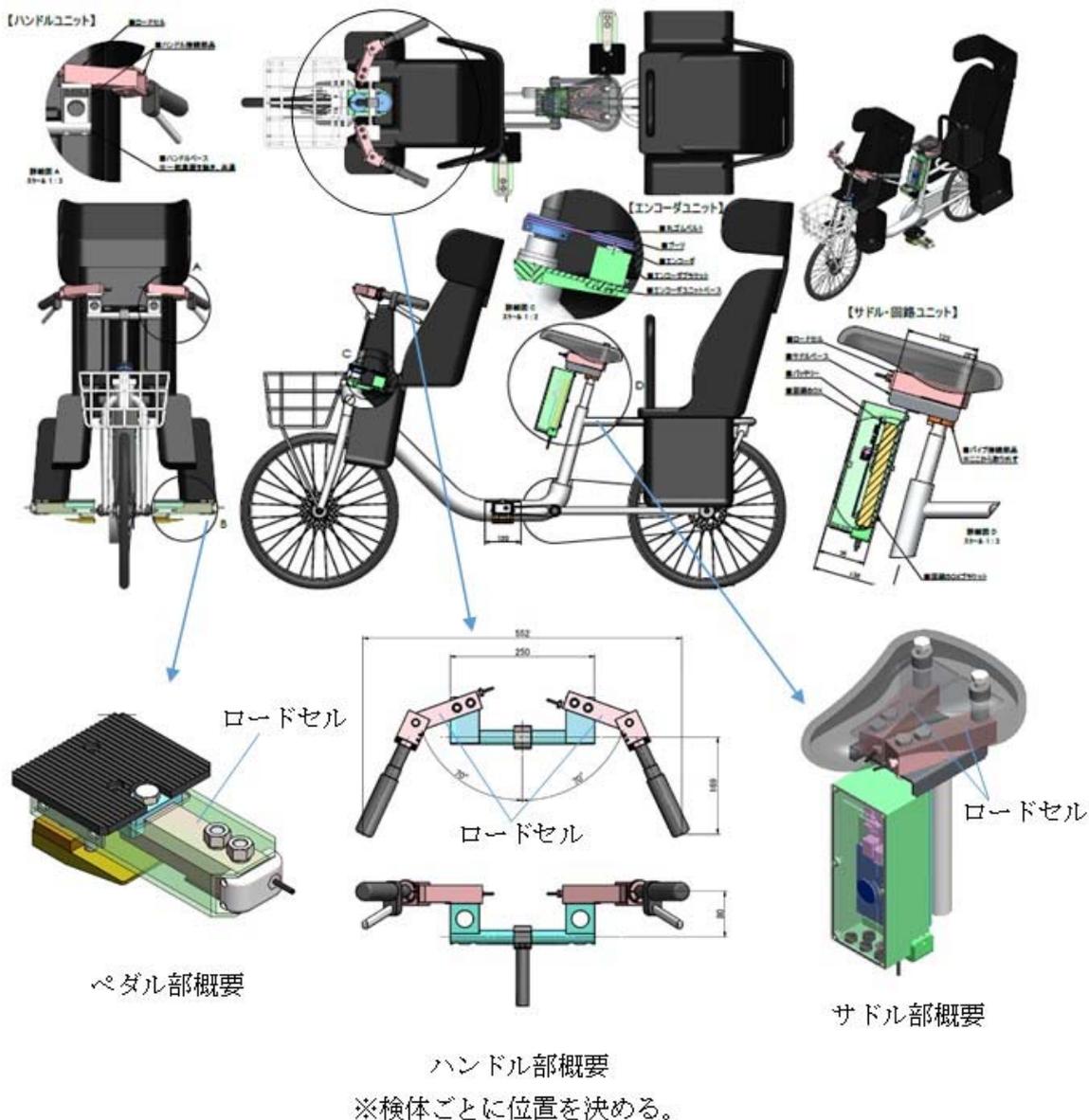


図 73 計測用自転車（後ろ乗せタイプ、カゴ付きの例）

完成した計測用自転車の一例を写真 21 に示す。後座席上方には小型ビデオカメラを設置して、走行状態を撮影できるようにした。

また、空気圧はタイヤに表示された圧力範囲の最大値になるよう管理した。

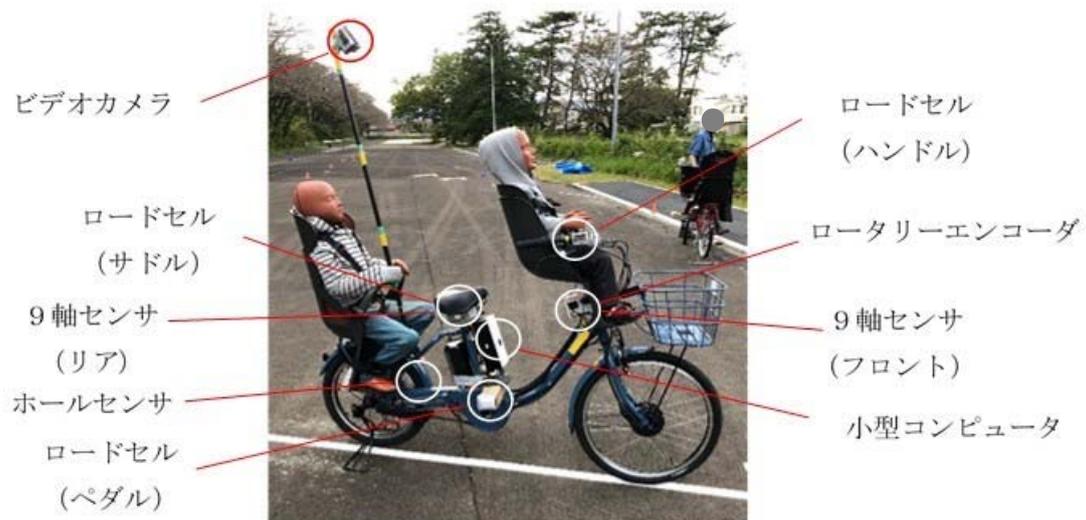


写真 21 計測用自転車（後ろ乗せタイプ、カゴ付きの例）

参考資料2 計測データの処理方法

(1) データ処理方法

① キャリブレーション

本来、センサには個体差があるため、利用前に個体差を打ち消すことができるように基準値を計測しておき、計測値を正しい値へ補正することが一般的である。これら一連の作業をキャリブレーションと呼ぶ。今回は時間の関係で、事後にキャリブレーションを行った。

具体的には、図 71 に示した Y 軸を中心に自転車を等速回転させる（写真 22）などの理想的な状態にすることによって得られた正しい値（理論値）と計測値との差を算出し、計測値を正しい値に変更するための数式を導出した。



写真 22 キャリブレーション作業

② 計測値（センシング値）から計測項目値の算出方法

計算によって求められる計測項目の算出方法を以下に示す。

a ロール角、ピッチ角及びヨー角

9 軸センサの計測値にはノイズがあるため、そのまま利用するとノイズの影響を受けて値が振動してしまう。そこで、加速度 3 軸、角速度 3 軸の計 6 軸に対してカルマンフィルタを用いて計測ノイズをできる限り取り去った上で、ロール角とピッチ角を求めた。

ヨー角も同様に計測ノイズがあるため、計測値の正規化を行った上で北を 0 度、時計回りに 360 度となるよう計算を行った。

b 運転者の重心

自転車ごとに事前に計測したセンサ（ロードセル）の取付位置を運転者の体の中心（矢状面）から左右方向に対する距離として求めた。

そして、センサによって計測された荷重とセンサの位置を用いて矢状面に対する左右方向の重心位置を求めた。

走行挙動の計測値（センシング値）から計測項目値の算出手順の概念を図74に示す。

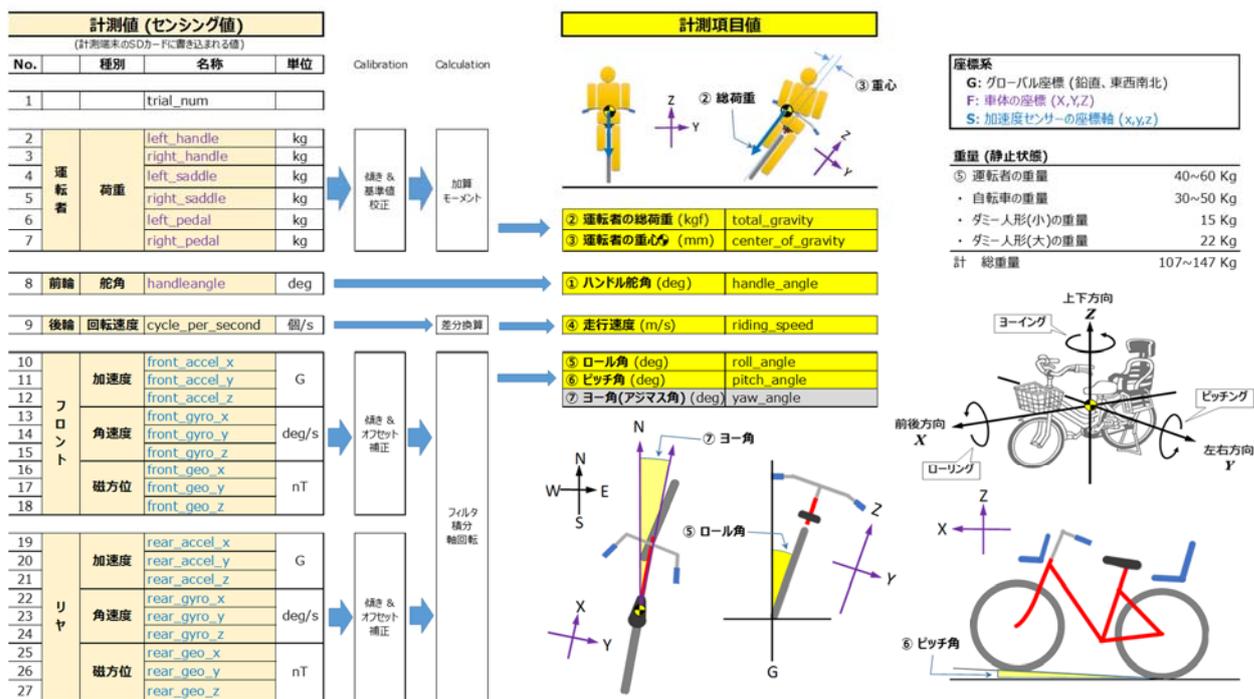


図74 走行挙動の計測項目値の算出

(2) 計測結果 (例)

(1) のデータ処理を行った結果の一例として、実験Aのある実験条件における計測値（センシング値）を図75、データ処理後の計測項目値を図76に示す。

例えば、運転者の総荷重及び重心については、ハンドル左右、サドル左右及びペダル左右の6箇所に取り付けたロードセルのデータを計算することによって求まる。

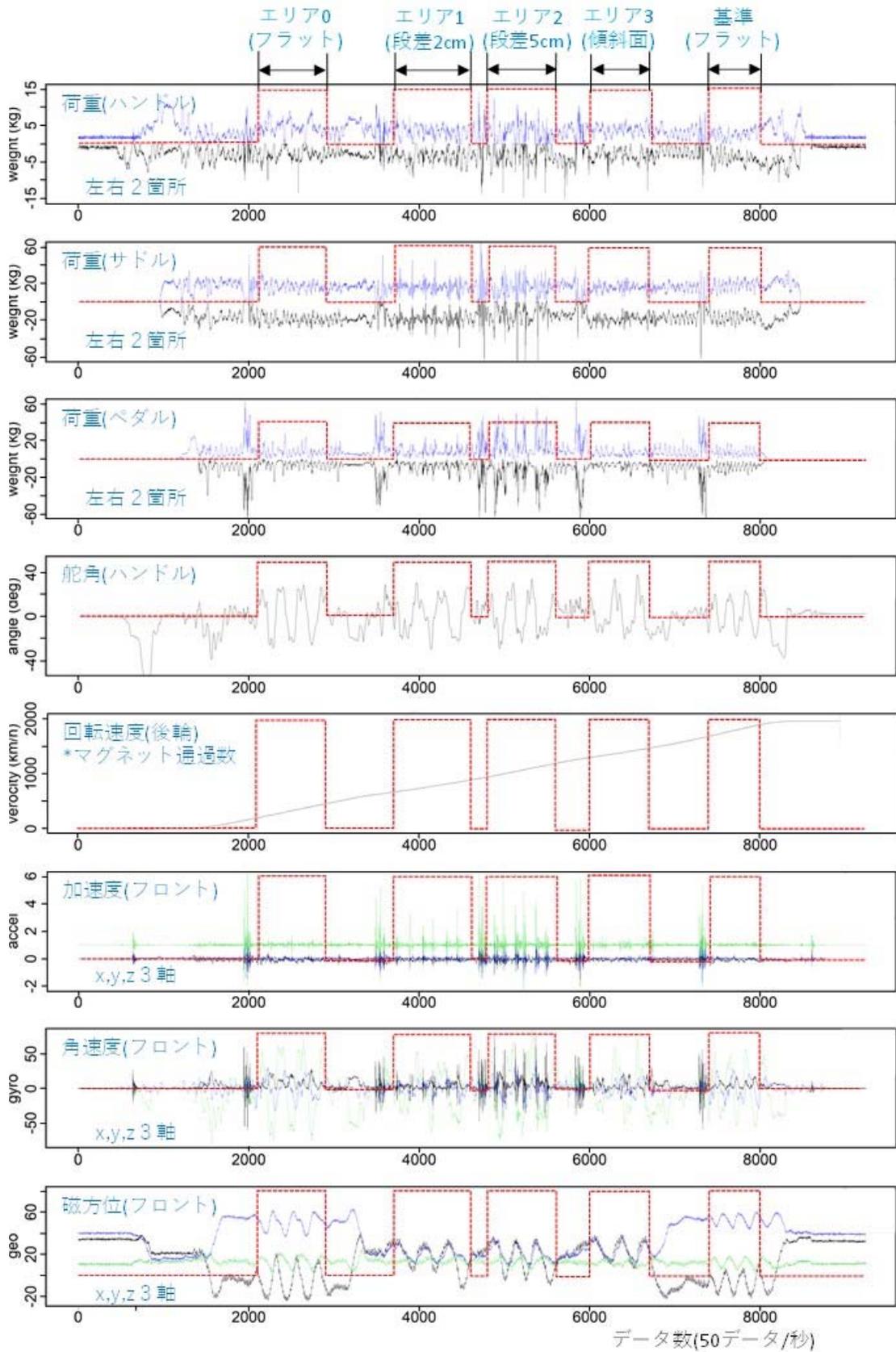


図 75 計測値(センシング値)例 (実験A)

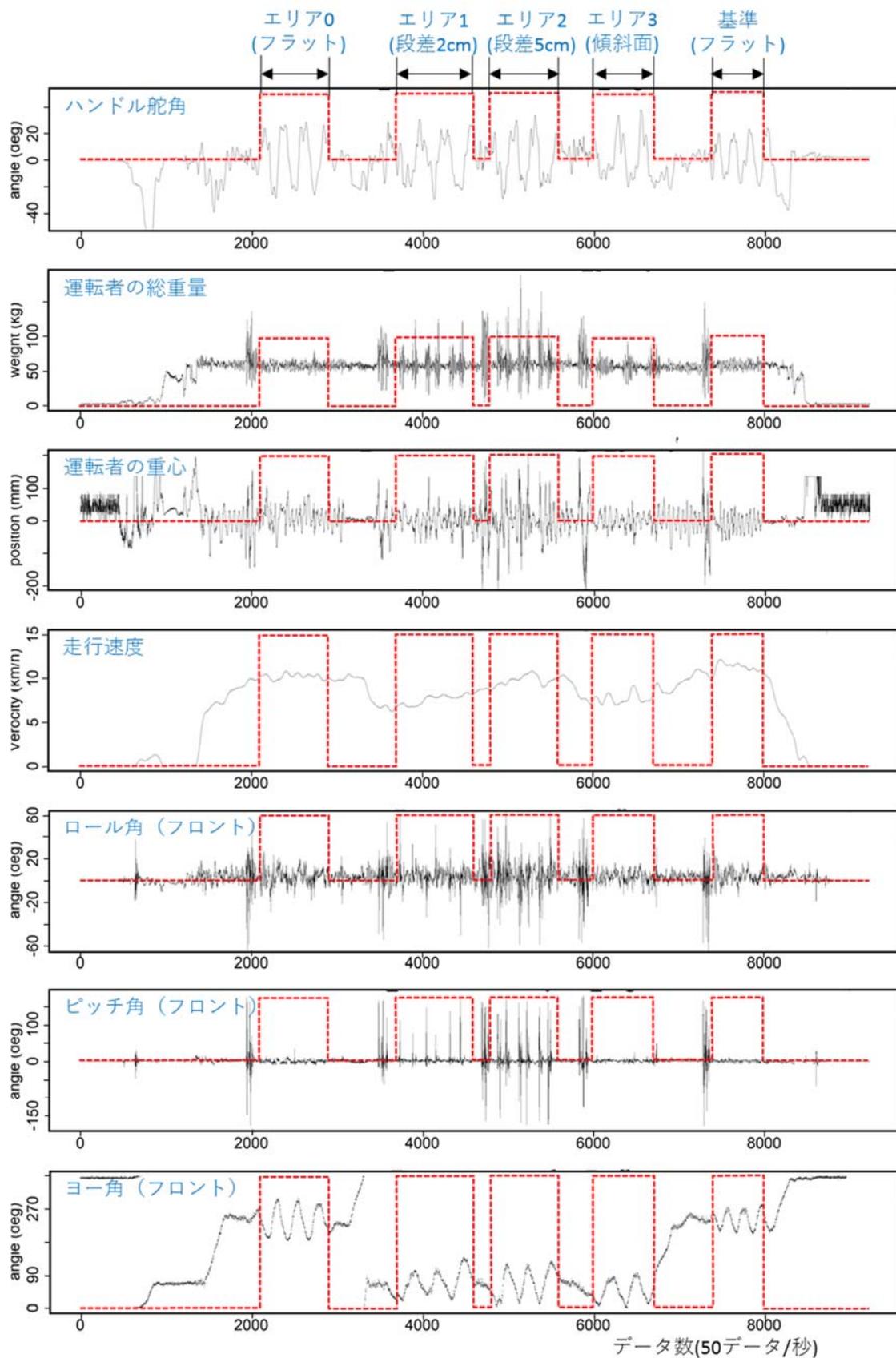


図 76 計測項目値例 (実験 A)

(3) 測定項目一覧

測定データのサンプリング周波数は50Hzであり、1サンプル1行27列のcsv形式で保存される。各列の測定項目は表44のとおりである。

表44 測定項目一覧

No.	測定項目	No.	測定項目
1	実験試行数	15	フロント9軸センサ(ジャイロ z)
2	ロードセル(左ハンドル)	16	フロント9軸センサ(地磁気 x)
3	ロードセル(右ハンドル)	17	フロント9軸センサ(地磁気 y)
4	ロードセル(左サドル)	18	フロント9軸センサ(地磁気 z)
5	ロードセル(右サドル)	19	リヤ9軸センサ(加速度 x)
6	ロードセル(左ペダル)	20	リヤ9軸センサ(加速度 y)
7	ロードセル(右ペダル)	21	リヤ9軸センサ(加速度 z)
8	ハンドル舵角	22	リヤ9軸センサ(ジャイロ x)
9	車輪ホールセンサ	23	リヤ9軸センサ(ジャイロ y)
10	フロント9軸センサ(加速度 x)	24	リヤ9軸センサ(ジャイロ z)
11	フロント9軸センサ(加速度 y)	25	リヤ9軸センサ(地磁気 x)
12	フロント9軸センサ(加速度 z)	26	リヤ9軸センサ(地磁気 y)
13	フロント9軸センサ(ジャイロ x)	27	リヤ9軸センサ(地磁気 z)
14	フロント9軸センサ(ジャイロ y)		

(4) 座標軸について

9軸センサの座標軸はフロントとリヤ共に傾いて設置されておりセンサ座標系は図77のようになる。9軸センサでは、項目によって座標軸が異なっており、加速度・ジャイロの座標軸を実線、地磁気の座標軸を点線で示す。加速度は進行方向をy軸、進行に対して右方向をx軸、天頂方向をz軸とする。ジャイロは加速度の軸の先から中心方向を見たときに反時計回り方向を正とする。地磁気は進行方向をx軸、進行方向に対して右側がy軸、地球の中心を指す方向をz軸とする。

解析では、地磁気については、北をy軸、東をx軸、天頂方向をz軸とする。加速度・ジャイロについては傾きを補正した図78の自転車座標系を用いる。進行方向をy軸、進行方向に対して右側をx軸、天頂方向をz軸とする。ハンドルの回転角は右回転を正とする。

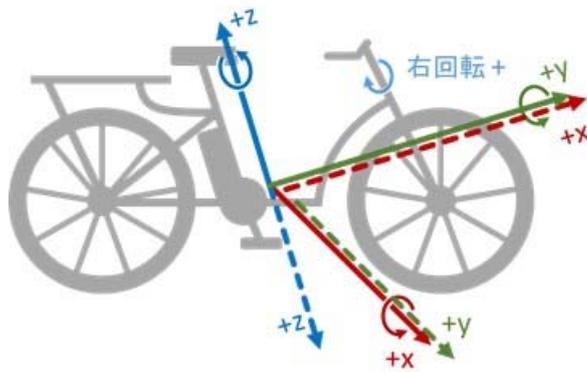


図 77 センサ座標系

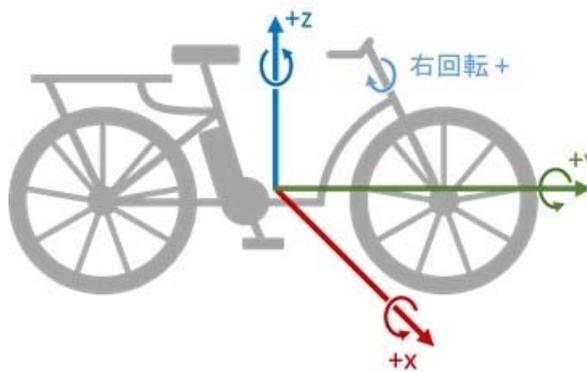


図 78 自転車座標系

(5) 各種パラメータ算出方法

分析に用いるために表 44 の測定項目から重心、ハンドル舵角、車輪回転速度、自転車のロール角・ピッチ角・ヨー角を算出する。

① 重心

3次元の重心移動ではなく、自転車の左右方向の重心移動を求める。ロードセルの左ハンドル、右ハンドル、左サドル、右サドル、左ペダル、右ペダルの計測値ベクトルを $(L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6)$ とする。また、矢状面を 0、右側を正、左側を負として、ロードセルそれぞれの設置位置を矢状面からの位置として記録する。ロードセルの設置位置ベクトルを $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$ とする。重心位置 x_c とすると、 x_c は式(1)で求めることができる。

$$x_c = \frac{L_1x_1 + L_2x_2 + L_3x_3 + L_4x_4 + L_5x_5 + L_6x_6}{L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6} \quad (1)$$

② ハンドル舵角

計測されたハンドル舵角は計測開始時の初期状態からの相対角度 (degree) で算出されるため、走行ごとに北向きにスタンドを立てた状態から計測を開始することで初期状態を北向き 0 度であることを担保する。よって、ハンドル舵角の補正は行っていない。

検体 A 3 及び M 4 については、取付位置の制約上、ロータリエンコーダが上下逆に設置されているため、計測値の正負を反転させる必要がある。

なお、実験 E のハンドル舵角については、ハンドル操作支援機構付き自転車 (図 117) であり、ハンドル舵角の計測方法が異なっているため、計算法も異なる。

実験 E のハンドル舵角に記録されている値はロータリエンコーダの出力する生データである。ロータリエンコーダの出力値を x 、モータギア比を 74、1 周当たりのパルス数を 1000、回転方向を合わせる極性を -1 とすると以下の式(2)で角度 (degree) に変換できる。

$$\text{ハンドル舵角} = (-1) \times 360^\circ \times \frac{x}{74 * 1000} \quad (2)$$

③ 走行速度

車輪に 9 個の磁石が等間隔に取り付けられている。車輪ホールセンサは車輪回転時にその磁石の累積通過数を計測値としている。走行ごとではなく計測装置に電源が入ってからの累積通過数なので、計測開始時の計測値をオフセット値として計測値から減ずることで、走行ごとの磁石通過数に変更して速度計算に用いている。

④ ロール角・ピッチ角

図 79 は座標系の関係を表しており、実線は 9 軸センサ座標系、二重線は自転車座標系を表している。自転車座標系の y 軸回りの回転角をロール角、自転車座標系の x 軸回りの回転角をピッチ角と呼ぶ。9 軸センサ座標系の計測された加速度ベクトルを (a_x, a_y, a_z) とし、算出する自転車座標系の加速度ベクトルを (g_x, g_y, g_z) とする。9 軸センサ座標系の y 軸が自転車

座標系の y 軸から θ_y 度、センサ座標系の x 軸は自転車座標系の x 軸から見て θ_x 度傾いて取り付けられている。9 軸センサ座標系から、地表面を基準にした自転車座標系に変換した後、ロール角・ピッチ角を算出する。

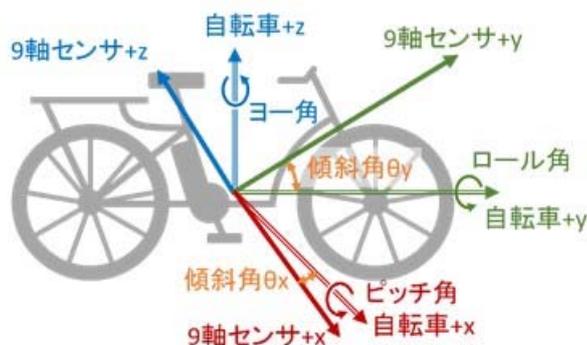


図 79 自転車座標系と 9 軸センサの座標

(座標系の変換)

9 軸センサの y 軸の傾斜角 θ_y を式(3)、x 軸の傾斜角 θ_x を式(4)を用いて算出する。

$$\theta_y = \arctan\left(\frac{a_y}{a_z}\right) \quad (3)$$

$$\theta_x = \arctan\left(\frac{a_x}{\sqrt{a_y^2 + a_z^2}}\right) \quad (4)$$

次に 9 軸センサ座標系の加速度を自転車座標系の加速度へ式(5)、(6)、(7)を用いて変換する。

$$g_x = a_x \cos \theta_x + a_y \sin \theta_x \sin \theta_y + a_z \sin \theta_x \cos \theta_x \quad (5)$$

$$g_y = a_y \cos \theta_x - a_z \sin \theta_x \quad (6)$$

$$g_z = -a_x \sin \theta_x + a_y \cos \theta_x \sin \theta_y + a_z \cos \theta_x \cos \theta_y \quad (7)$$

自転車座標系の加速度から線形カルマンフィルタを用いてロール角・ピッチ角を算出する。

⑤ ヨー角

地磁気センサ（9 軸センサ）のピッチ角は自転車のフレームに取り付けられているため変化しないと考える。ピッチ角一定の場合、地磁気センサを x 軸・y 軸の 2 軸のセンサと考えても差し支えない。ただし地磁気の座標軸は他と異なるため、他の座標系に合わせるために x と y の計測値を入

れ替え、地磁気ベクトルを(m_y 、 m_x)とする。また、走行実験では周回コースを走るため、各軸の値が 360 度全域にわたって計測されていることを利用して地磁気値を補正する。走行ごとに $m_y \cdot m_x$ の値の最大値・最小値を求め地磁気値を 1 ～ -1 に正規化した地磁気ベクトルを (mn_y 、 mn_x) とする。

ヨー角は式(8)から算出する。

$$yaw = \arctan\left(\frac{mn_x}{mn_y}\right) \quad (8)$$

ただし、 \arctan には計算不能点があるため、対応済みの atan2 関数を用いる。またこの場合 x 軸(東西方向)が 0 度、反時計回りに 360 度となるため、y 軸(南北方向)を 0 にするように回転させる。

参考資料3 走行実験について

(1) 走行安定性に影響のある外的要因

医療機関ネットワークの事故情報から転倒事故につながるリスクのある外的要因を、走行安定性に影響のある外的要因として抽出し、系統図に整理したものを図80に示す。本図に示す外的要因を抽象化し、実験仕様を決めた。

なお、路面とタイヤの滑りやすさについては、4.3.2に示した走行中の自転車のバランス(図37)において、路面の摩擦力に関係する。本実験では、路面とタイヤの滑りはないものとして、重力と遠心力の釣合いを主に実験を行ったため、外的要因としては盛り込んでいない。

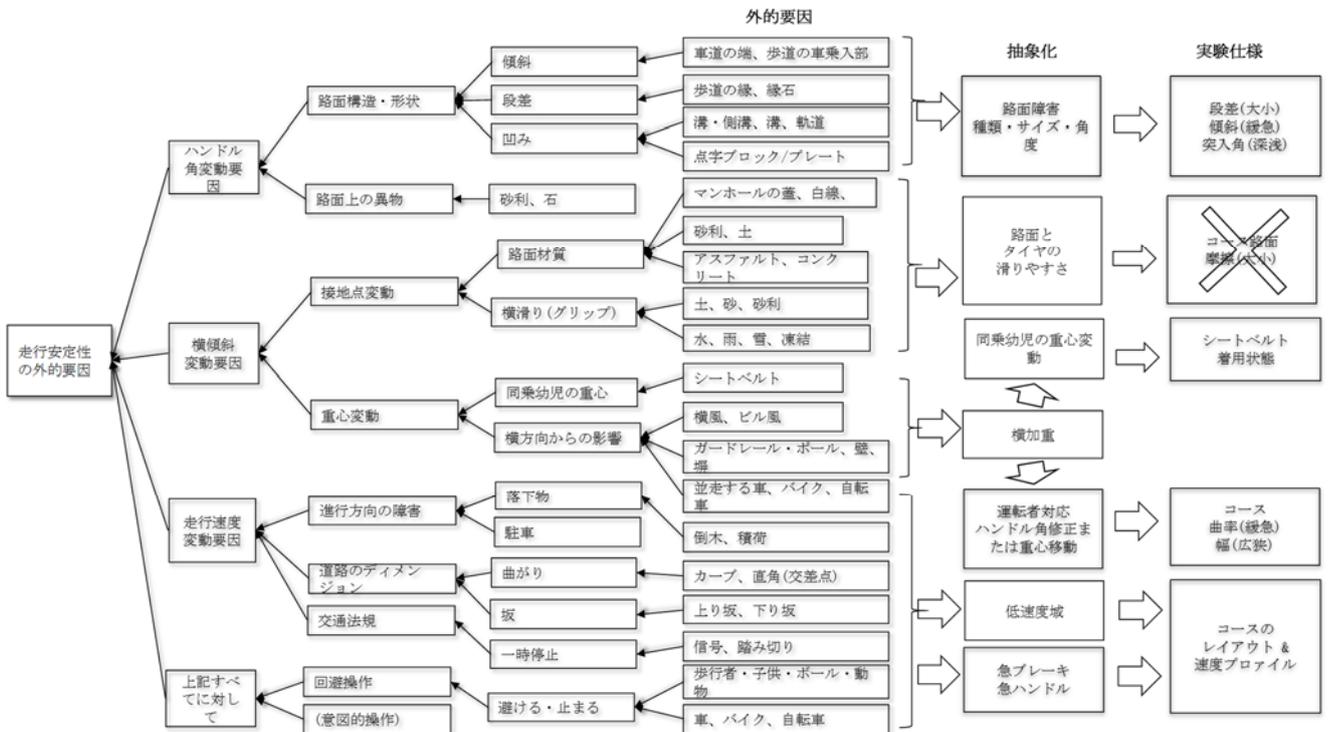


図80 走行安定性に影響のある外的要因 (系統図)

(2) 詳細仕様

本実験に先立ち予備実験を行い、以下の詳細仕様を決定した。

- ダミー人形を乗せてスラローム走行が可能な 5.6m 間隔で走行路にパイロンを置き、各エリア 3 回のスラローム走行をする。
- 段差 5 cm への進入角度は、30 度より小さいと転倒のおそれがあり、また、50 度を超えると実験走行路の歩道状の部分 (約 1.5m 幅) における旋回が

困難であるため、安全上の理由で段差進入角度は 30 度から 50 度までの間の 10 度刻みで走行する。また、路面には正しい進入角度を白線で表示する (写真 23)。

- c 走行直前及び直後に、自転車を南北方向に引いた白線上に置き、地磁気センサで測定した方角の補正を行う (写真 24)。
- d 1 回の走行でエリア 0 からエリア 3 まで連続して走行するが、エリアごとの計測データを正しく判別できるように、各エリアの入口付近に角材を 2 本置き、必ずここを通過してからエリアを走行する。それにより、データ上でエリアの開始点を判別可能にする (写真 25)。



写真 23 段差進入角度の白線



写真 24 方角補正作業



写真 25 エリア入口の角材

(3) 実験水準

表 45 実験水準 (実験 A I)

実験 No.	検体 番号	シート ベルト	ダミー人形		運転者			実験 No.	検体 番号	シート ベルト	ダミー人形		運転者		
			前	後	1	2	3				前	後	1	2	3
AI-1	M2	固定		○			○	AI-37	M4	固定	○		○		
AI-2	M2	固定		○	○			AI-38	M4	固定	○				○
AI-3	M2	固定		○		○		AI-39	M4	固定	○			○	
AI-4	M2	固定	○		○			AI-40	M4	固定		○		○	
AI-5	M2	固定	○			○		AI-41	M4	固定		○			○
AI-6	M2	固定	○				○	AI-42	M4	固定		○	○		
AI-7	M2	固定	○	○			○	AI-43	M4	固定	○	○		○	
AI-8	M2	固定	○	○	○			AI-44	M4	固定	○	○	○		
AI-9	M2	固定	○	○		○		AI-45	M4	固定	○	○			○
AI-10	A3	固定		○			○	AI-46	M1	固定		○		○	
AI-11	A3	固定		○		○		AI-47	M1	固定		○	○		
AI-12	A3	固定		○	○			AI-48	M1	固定		○			○
AI-13	A3	固定	○	○		○		AI-49	M1	固定	○		○		
AI-14	A3	固定	○	○	○			AI-50	M1	固定	○			○	
AI-15	A3	固定	○	○			○	AI-51	M1	固定	○				○
AI-16	A3	固定	○		○			AI-52	M1	固定	○	○		○	
AI-17	A3	固定	○			○		AI-53	M1	固定	○	○	○		
AI-18	A3	固定	○				○	AI-54	M1	固定	○	○			○
AI-19	M3	固定	○			○		AI-55	A1	固定	○	○	○		
AI-20	M3	固定	○		○			AI-56	A1	固定	○	○			○
AI-21	M3	固定	○				○	AI-57	A1	固定	○	○		○	
AI-22	M3	固定	○	○		○		AI-58	A1	固定		○		○	
AI-23	M3	固定	○	○			○	AI-59	A1	固定		○			○
AI-24	M3	固定	○	○	○			AI-60	A1	固定		○	○		
AI-25	M3	固定		○	○			AI-61	A1	固定	○				○
AI-26	M3	固定		○			○	AI-62	A1	固定	○		○		
AI-27	M3	固定		○		○		AI-63	A1	固定	○			○	
AI-28	A4	固定	○				○	AI-64	A2	固定	○				○
AI-29	A4	固定	○		○			AI-65	A2	固定	○		○		
AI-30	A4	固定	○			○		AI-66	A2	固定	○			○	
AI-31	A4	固定		○			○	AI-67	A2	固定		○		○	
AI-32	A4	固定		○	○			AI-68	A2	固定		○	○		
AI-33	A4	固定		○		○		AI-69	A2	固定		○			○
AI-34	A4	固定	○	○			○	AI-70	A2	固定	○	○		○	
AI-35	A4	固定	○	○	○			AI-71	A2	固定	○	○			○
AI-36	A4	固定	○	○		○		AI-72	A2	固定	○	○	○		

表 46 実験水準（実験 A II）

実験 No.	検体番号	シートベルト	ダミー人形		運転者			実験 No.	検体番号	シートベルト	ダミー人形		運転者		
			前	後	1	2	3				前	後	1	2	3
A II-1	A 2	緩め		○	○			A II-37	A 4	緩め	○		○		
A II-2	A 2	緩め		○			○	A II-38	A 4	緩め	○			○	
A II-3	A 2	緩め		○		○		A II-39	A 4	緩め	○				○
A II-4	A 2	緩め	○	○		○		A II-40	A 4	緩め	○	○			○
A II-5	A 2	緩め	○	○			○	A II-41	A 4	緩め	○	○		○	
A II-6	A 2	緩め	○	○	○			A II-42	A 4	緩め	○	○	○		
A II-7	A 2	緩め	○		○			A II-43	A 4	緩め		○		○	
A II-8	A 2	緩め	○				○	A II-44	A 4	緩め		○			○
A II-9	A 2	緩め	○			○		A II-45	A 4	緩め		○	○		
A II-10	A 1	緩め	○			○		A II-46	M 3	緩め	○		○		
A II-11	A 1	緩め	○		○			A II-47	M 3	緩め	○			○	
A II-12	A 1	緩め	○				○	A II-48	M 3	緩め	○				○
A II-13	A 1	緩め		○		○		A II-49	M 3	緩め		○			○
A II-14	A 1	緩め		○			○	A II-50	M 3	緩め		○		○	
A II-15	A 1	緩め		○	○			A II-51	M 3	緩め		○	○		
A II-16	A 1	緩め	○	○	○			A II-52	M 3	緩め	○	○		○	
A II-17	A 1	緩め	○	○			○	A II-53	M 3	緩め	○	○	○		
A II-18	A 1	緩め	○	○		○		A II-54	M 3	緩め	○	○			○
A II-19	M 1	緩め	○	○			○	A II-55	A 3	緩め	○			○	
A II-20	M 1	緩め	○	○	○			A II-56	A 3	緩め	○				○
A II-21	M 1	緩め	○	○		○		A II-57	A 3	緩め	○		○		
A II-22	M 1	緩め		○			○	A II-58	A 3	緩め		○	○		
A II-23	M 1	緩め		○		○		A II-59	A 3	緩め		○			○
A II-24	M 1	緩め		○	○			A II-60	A 3	緩め		○		○	
A II-25	M 1	緩め	○		○			A II-61	A 3	緩め	○	○		○	
A II-26	M 1	緩め	○				○	A II-62	A 3	緩め	○	○	○		
A II-27	M 1	緩め	○			○		A II-63	A 3	緩め	○	○			○
A II-28	M 4	緩め	○	○	○			A II-64	M 2	緩め	○			○	
A II-29	M 4	緩め	○	○		○		A II-65	M 2	緩め	○		○		
A II-30	M 4	緩め	○	○			○	A II-66	M 2	緩め	○				○
A II-31	M 4	緩め		○		○		A II-67	M 2	緩め		○		○	
A II-32	M 4	緩め		○	○			A II-68	M 2	緩め		○			○
A II-33	M 4	緩め		○			○	A II-69	M 2	緩め		○	○		
A II-34	M 4	緩め	○				○	A II-70	M 2	緩め	○	○		○	
A II-35	M 4	緩め	○		○			A II-71	M 2	緩め	○	○	○		
A II-36	M 4	緩め	○			○		A II-72	M 2	緩め	○	○			○

表 47 実験水準（実験 B）

実験 No.	検体番号	ダミー人形		走行速度	運転者			実験 No.	検体番号	ダミー人形		走行速度	運転者		
		前	後		1	2	3			前	後		1	2	3
B-1	M 4		○	速い			○	B-10	A 4		○	ゆっくり		○	
B-2	M 4		○	速い	○			B-11	A 4		○	ゆっくり	○		
B-3	M 4		○	速い		○		B-12	A 4		○	ゆっくり			○
B-4	M 4		○	ゆっくり			○	B-13	一般		○	速い		○	
B-5	M 4		○	ゆっくり		○		B-14	一般		○	速い			○
B-6	M 4		○	ゆっくり	○			B-15	一般		○	速い	○		
B-7	A 4		○	速い			○	B-16	一般		○	ゆっくり	○		
B-8	A 4		○	速い	○			B-17	一般		○	ゆっくり		○	
B-9	A 4		○	速い		○		B-18	一般		○	ゆっくり			○

表 48 実験水準（実験 C）

実験 No.	検体番号	ダミー人形		荷物運び方		運転者			実験 No.	検体番号	ダミー人形		荷物運び方		運転者		
		前	後	ハンド 掛け	カゴ	1	2	3			前	後	ハンド 掛け	カゴ	1	2	3
C-1	一般		○	○		○			C-16	A 4		○		○	○		
C-2	一般		○	○			○		C-17	A 4		○		○		○	
C-3	一般		○	○				○	C-18	A 4		○		○			○
C-4~6	欠番							C-19	M 4		○	○				○	
C-7	一般		○		○	○			C-20	M 4		○	○		○		
C-8	一般		○		○			○	C-21	M 4		○	○				○
C-9	一般		○		○		○		C-22~24	欠番							
C-10	A 4		○	○				○	C-25	M 4		○		○		○	
C-11	A 4		○	○		○			C-26	M 4		○		○	○		
C-12	A 4		○	○			○		C-27	M 4		○		○			○
C-13~15	欠番																

表 49 実験水準（実験D）

実験 No.	検体 番号	路面		ダミー人形		運転者		実験 No.	検体 番号	路面		ダミー人形		運転者	
		通常	滑り	前	後	1	2			通常	滑り	前	後	1	2
D-1	A 1	○				○		D-17	A 1	○			○	○	
D-2	A 1		○			○		D-18	A 1		○		○	○	
D-3	A 1	○					○	D-19	A 1	○			○		○
D-4	A 1		○				○	D-20	A 1		○		○		○
D-5	A 4	○				○		D-21	A 4	○		○		○	
D-6	A 4		○			○		D-22	A 4		○	○		○	
D-7	A 4	○					○	D-23	A 4	○		○			○
D-8	A 4		○				○	D-24	A 4		○	○			○
D-9	A 1	○		○		○		D-25	A 1	○		○	○	○	
D-10	A 1		○	○		○		D-26	A 1		○	○	○	○	
D-11	A 1	○		○			○	D-27	A 1	○		○	○		○
D-12	A 1		○	○			○	D-28	A 1		○	○	○		○
D-13	A 4	○			○	○		D-29	A 4	○		○	○	○	
D-14	A 4		○		○	○		D-30	A 4		○	○	○	○	
D-15	A 4	○			○		○	D-31	A 4	○		○	○		○
D-16	A 4		○		○		○	D-32	A 4		○	○	○		○

注記

各実験水準ごとに、ブレーキ操作は、前（右）のみ→後ろ（左）のみ→前後（両方）の順で実施

参考資料4 MT法

MT法とは、マハラノビス・タグチ法の略称で、1990年代に品質工学の田口玄一博士が考案された「異常検知・診断手法」である⁹²。

異常を検出するためには異常現象をモデル化しその評価値で判定するのが一般的だが、それらの現象は多様で、既知であっても全ての現象をモデル化できているとは限らない。そこで未知の異常も含めて検知する方法として考案されたのがMT法で「正常群の中心から分布に応じた距離」を尺度として「正常状態からの外れ量」を求め、これで異常程度を評価する方法である。

この距離尺度に用いるのがマハラノビス距離(Maharanobis Distance、本報告ではMD値と略称)で、インド数理統計研究所のマハラノビス博士により1936年導入された「n次元の距離尺度」で、判別分析やクラスター分析に用いられてきたが、近年では機械学習の評価関数としても利用されている。

(1) MD値(マハラノビス距離)

MD値は多変量の距離尺度の一つである。

基準とする多変量データ群の各変数の中心(平均値)から各々の分散を単位量とするが変数間の相関を考慮した距離であることが特徴である。

データが x と y の2変量の場合は、対象となるデータ(x_i y_i)におけるMD値 D^2 を、基準データ群の平均と標準偏差での正規化値(X_i Y_i)と相関係数行列 R を用い以下の式で算出する。

$$\begin{aligned} D^2 &= \frac{1}{2} \cdot [X_i \ Y_i] \cdot R^{-1} \cdot \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \end{bmatrix} \\ &= \frac{1}{2} \cdot [X_i \ Y_i] \cdot \begin{bmatrix} 1 & r \\ r & 1 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \end{bmatrix} \\ &= \frac{1}{2} \cdot \frac{X_i^2 - 2rX_iY_i + Y_i^2}{(1 - r^2)} \end{aligned}$$

例として、基準データ群の相関係数が0.7の場合の算出例を図81に示した。

⁹² 「マハラノビスの距離入門」(2001年2月 品質工学会誌、救仁郷)

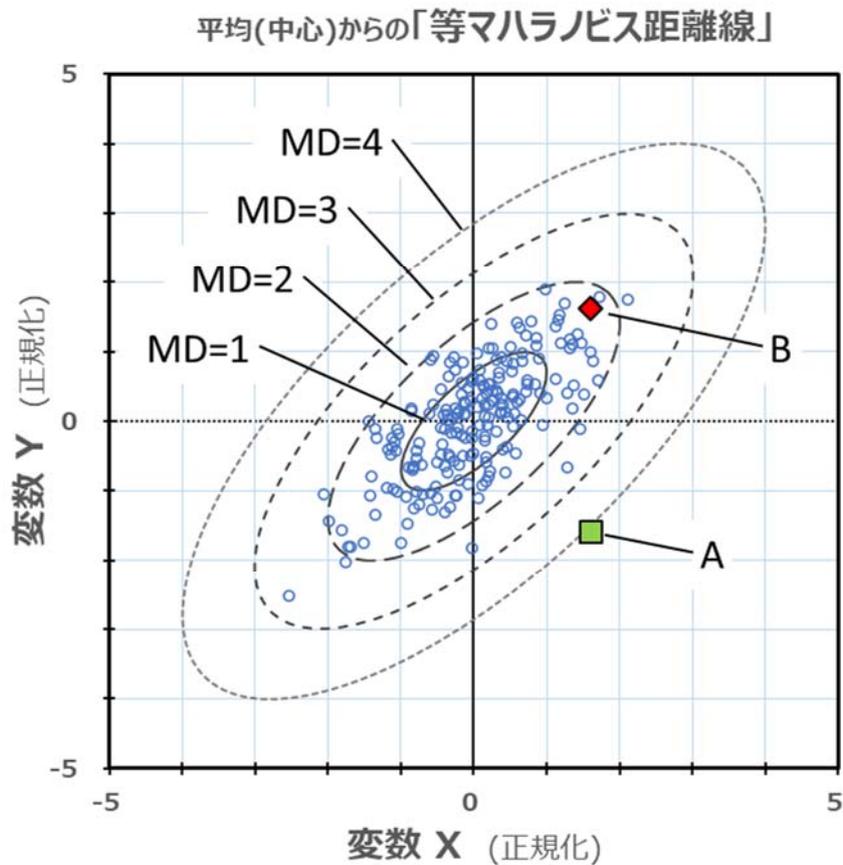


図 81 MD値の特徴

このように原点からのMD値の等距離線は右肩上がりの楕円となり、点Aと点Bは2次元上等距離であるものの点AのMD値は4、点Bは1.8となる。このようにMD値は基準データ群の分布に応じて基準に近いかどうかを示す距離尺度となっている。

なお、データが k 変量の場合の式は以下である。

$$D^2 = \frac{1}{k} \cdot [X_1 \quad \dots \quad X_k] \cdot \begin{bmatrix} 1 & \dots & r_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{k1} & \dots & 1 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_k \end{bmatrix}$$

(2) 計算例

自転車の走行安定状態では、ハンドル舵角、ロール角、重心(傾斜)、遠心力

などに相関関係があるとの研究⁹³より、走行安定性の評価に有用と判断しMD値を採用した。

実験A～Cでは、幼児同乗自転車が「フラットな路面を緩いスラロームで軽快に走行した状態」を正常状態とし、それを基準として「段差など転倒事故につながるリスクのある外的要因の影響を受けた」際にどれだけ正常から逸脱するかをMD値で表す。

MD値算出に用いるデータは自転車の横方向のバランスに関わる特徴量として、ハンドル舵角、ロール角、運転者の総荷重及び重心の計4計測項目である。

例として、実験Aの144走行のうち1走行分(190秒間)の計測項目値の時系列データを図82に示す。この図は解析対象エリアのみの波形を示したもので、左から解析対象のエリア0(フラット)、エリア1(段差2cm)、エリア2(段差5cm)、エリア3(傾斜面)の4路面条件と、基準走行のデータである。

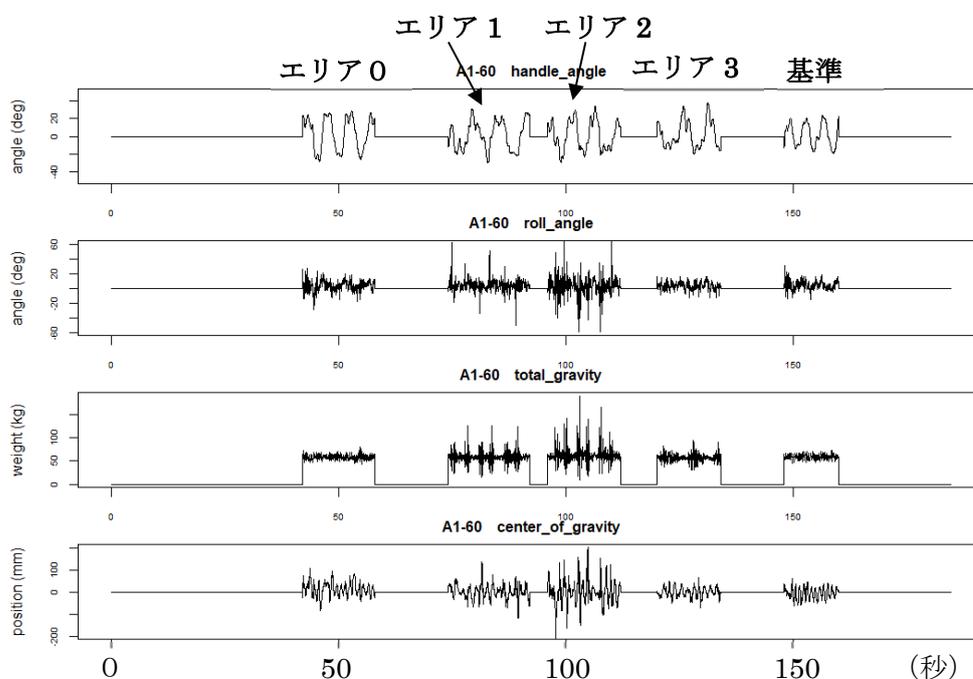


図82 MD値算出に用いる計測項目値(実験A I-60)

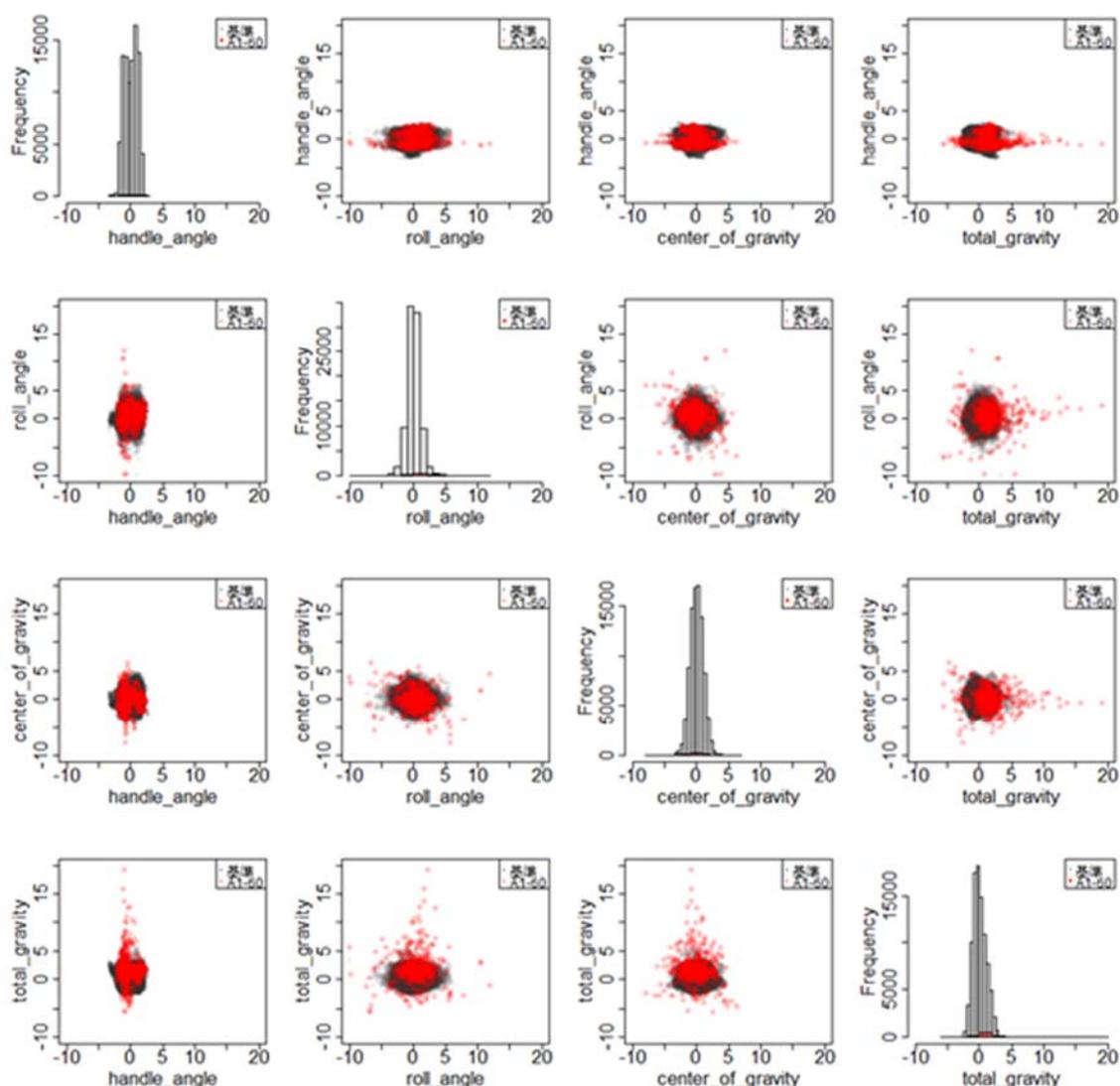
図から解析対象の各エリアの波形が、基準走行に比べて大きく変化していることが見える。

MD値の算出の基準となる正常状態のデータは、市販されている代表的な8

⁹³ 「自転車の危険の振る舞いの検出」(一般社団法人情報処理学会 2011年第73回全国大会講演論文集 松井、森)、「低速時における自転車転倒の予測」(一般社団法人情報処理学会 2017年第79回全国大会講演論文集 鈴木、岡、森)

車種で、一般的な対象として想定される運転者や幼児の乗せ方を包含した上での、フラットな路面を緩いスラロームで軽快に走行した状態で、これが一般的な意味での安定走行状態と考えられることから、それらを包含した基準走行全て(計144走行)とした。

それらの基準データ群と、参考データとして段差5cm エリアのテスト走行の、4計測項目値間の散布図を列举した多変量連関図を図83に示す。



注1、基準走行とテスト走行の1例としてA1-60 段差5cm エリア走行のデータをプロット。データ数は、基準が約9万、A1-60は800。

注2、連関図のうちヒストグラムの横軸および散布図の縦軸は各々計測項目値の基準データの平均値と標準偏差で正規化した値。無次元数であるため単位は無い。ヒストグラムの縦軸は度数。

図83 基準データ群(黒)とテスト走行例(赤)の計測項目値(正規化値)

これらの基準データを用い、全 144 走行における解析対象のエリア 0（フラット）、エリア 1（段差 2 cm）、エリア 2（段差 5 cm）、エリア 3（傾斜面）の時々刻々の MD 値を算出した。図 82 の走行データに対応した MD 値を図 84 に示す。

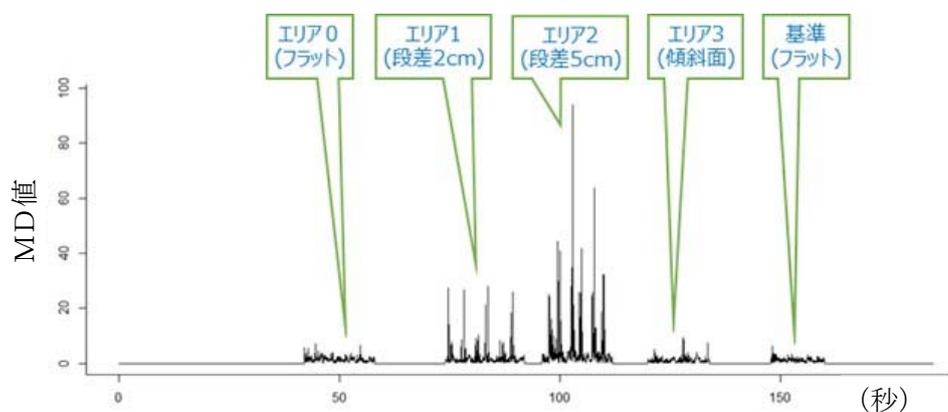


図 84 時々刻々の MD 値

以上の手順で算出した時々刻々の MD 値から、解析対象の各走行区間の平均値を求め、これを解析対象の MD 値とした。その結果を、基準及び路面条件 4 エリアごとに層別して示す (図 85)。

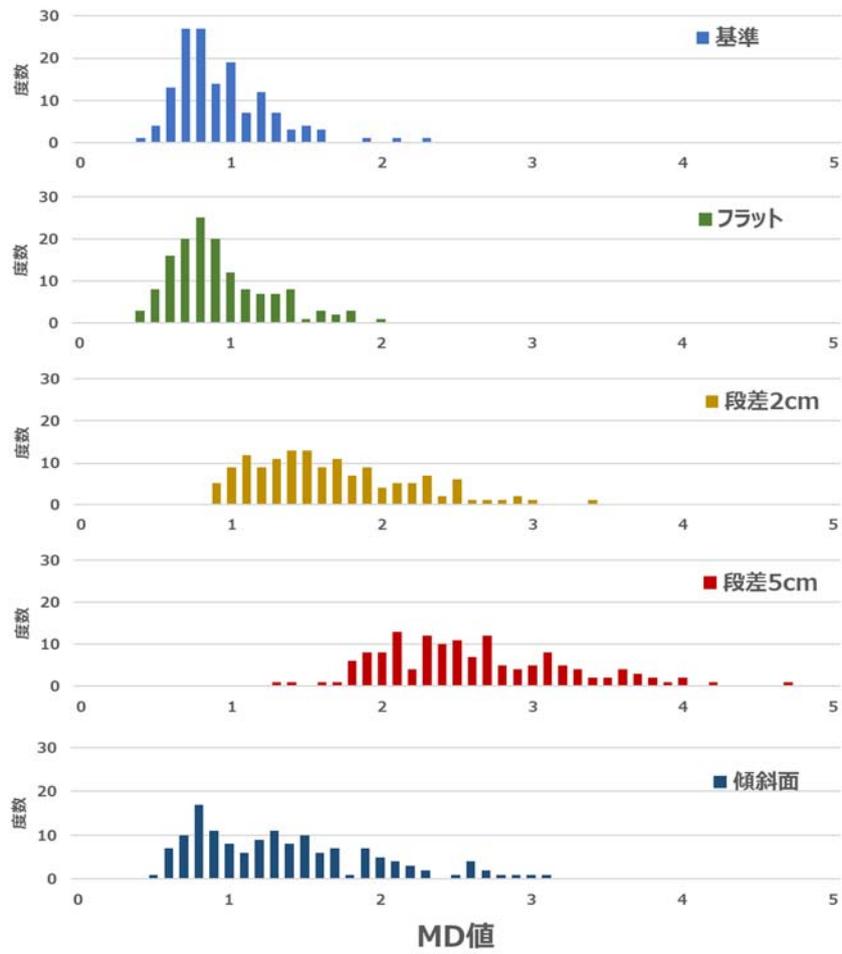


図 85 エリア別MD値の計算結果

参考資料5 重回帰分析及び主成分分析

実験Aにおいて、設計特性による評価のため、段差5 cmにおけるMD値を解析対象として、自転車の仕様・寸法がMD値に与える効果を把握するため、多変量解析手法の重回帰分析及び主成分分析を実施した。

(1) 重回帰分析

「重回帰分析」とは統計学上のデータ解析手法のひとつである。「重」は「複数」、「回帰」は「因果関係」を意味する。つまり重回帰分析とは、ある結果（目的変数）を説明する際に、関連する複数の要因（説明変数）のうち、どの変数がどの程度、結果を左右しているのかを関数の形で数値化し、両者の関係を表すとともに予測を行う統計手法である。

それらの関係を表す重回帰式は、目的変数 y を複数の説明変数 x_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) と、それらに対する回帰係数 β_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) 及び定数項 β_0 を用いて表す。

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4$$

この重回帰式の算出に当たっては、与えられた説明変数を順次入れ替えつつ、それらが目的変数に与える効果を計算し、目的変数 y と右辺の式の値の相関係数が最も高くなるまで反復計算する。

ただし、①変数間の相関が高い、②複数の変数の和が一定値になるなどの変数間の「多重共線性」が高い場合には、結果の精度が悪化するため、分析に用いる変数の精査・選択が重要である。このため、事前に変数間の傾向や関係を把握することが必要で、その方法が、変数間の単相関係数、変数間の関係式の精査、及び次に述べる主成分分析である。

(2) 主成分分析

主成分分析は、変数が多数ある場合に、それをごく少数（たいていは1～3）の項目に置き換えることで、データを解釈しやすくする「次元の縮約」の分析手法である。具体的には、複数の変数から新しい合成変数（軸）を生み出し、それらの軸（主成分）ごとに寄与の高い変数をまとめる、すなわち似通った変数を層別できる。

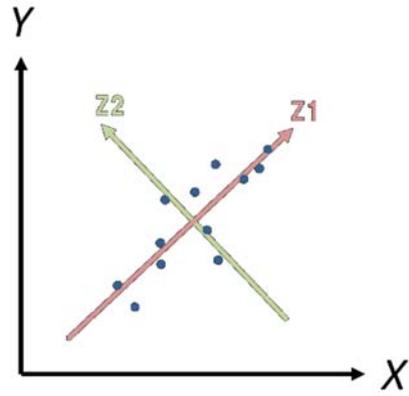


図 86 変数 X 、 Y から新たに主成分軸 $Z1$ 、 $Z2$ を作成した例

一般には、新たに作成された軸を使って、データ群の特徴についての解釈をするが、本報告では、前述の重回帰分析を実施するための変数選択の参考情報として用いた。

参考資料6 周波数解析のデータ分析方法

走行実験で計測した検体の挙動は、スラローム走行におけるハンドル舵角、ロール角及び重心の変化を計測し、評価している。これらの計測データには、路面から伝わる振動や人間の腕のブレなど細かい振動が含まれている。ここでは走行が不安定になったときの腕のブレのみを観測したいため、ハンドル舵角の細かい高周波の振動については、測定データの移動平均を取ることで、ローパスフィルタとして除外した。

実際には、走行中にハンドルがふらつくことで走行不安定になる。そこで、走行中に撮影した動画を観察し、ハンドルのふらつきの周波数を計測した結果、1.25Hz～1.75Hzであることを確認したため、この周波数帯における周波数解析を行った。

ハンドルのふらつきの大きさは、パワースペクトルと呼ばれる振幅の2乗に相当するものであり、この値が大きくなるほどハンドルのふらつきが大きくなることを表している。なお、これをデシベル変換する場合もあるが、今回は実験水準間の差を強調する評価であるため変換はしていない。

以下、①～⑥に周波数解析によるデータ分析の方法を示す。

データ分析の方法(アルゴリズム)

- ①走行実験のハンドル舵角の計測データから、スラローム走行区間のみを切り出す。
- ②切り出したスラローム走行のデータに対して、移動平均（50 データ）によるローパスフィルタをかける。
- ③フィルタ後のデータに対して窓関数としてカイザー窓（ $\beta = 14$ ）を適用する。
- ④窓関数を適用したデータに対して、離散フーリエ変換を行う。
フーリエ変換は、python のライブラリ `scipy` の `fftpack` を使用。
なお、`scipy` の `fftpack` の引数はフーリエ変換をする信号、`fftpack` の戻り値はフーリエ変換後の値となる。サンプリング周波数は 50Hz。
- ⑤フーリエ変換によって得られる振幅スペクトルを 2 乗してパワースペクトルに変換する。
- ⑥求めたパワースペクトルは周波数分解能ごとに値があり、1.25Hz から 1.75Hz の周波数帯のパワースペクトルの平均を求める。
周波数分解能 = サンプル周波数 / フーリエ変換に使用した信号のデータ数

補足：周波数解析とは

大半の波はいくつかの周期的な波を合成することで表現することができることが知られている。例えば図 87 のような波は、

$$f(x) = 3 \sin x + 2 \sin 2x + \sin 10x$$

のように、3つの周期を持つ \sin 波の合成で表される。このことを逆にいうと大半の波は単純な周期を持つ波に分解可能であると言える。例えば図 87 の波は $\sin x, \sin 2x, \sin 10x$ の3つの \sin 波に分解できることを表している。

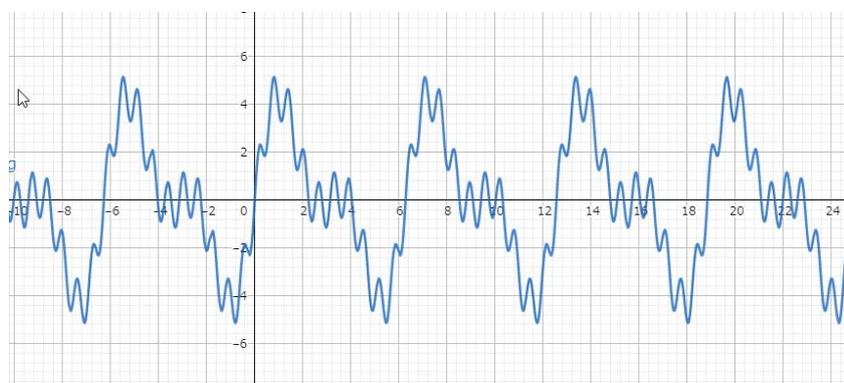


図 87 ある波形

周波数解析とは、得られた複雑な波を単純な波に分解することでその波の性質を解析するための手法であり、図 88 のような手順で行う。

例えば時系列データの場合、時間軸空間で表現されている波を周波数軸に変換すると言える。また、今回は高速フーリエ変換 (FFT) と呼ばれる算法で計算している。

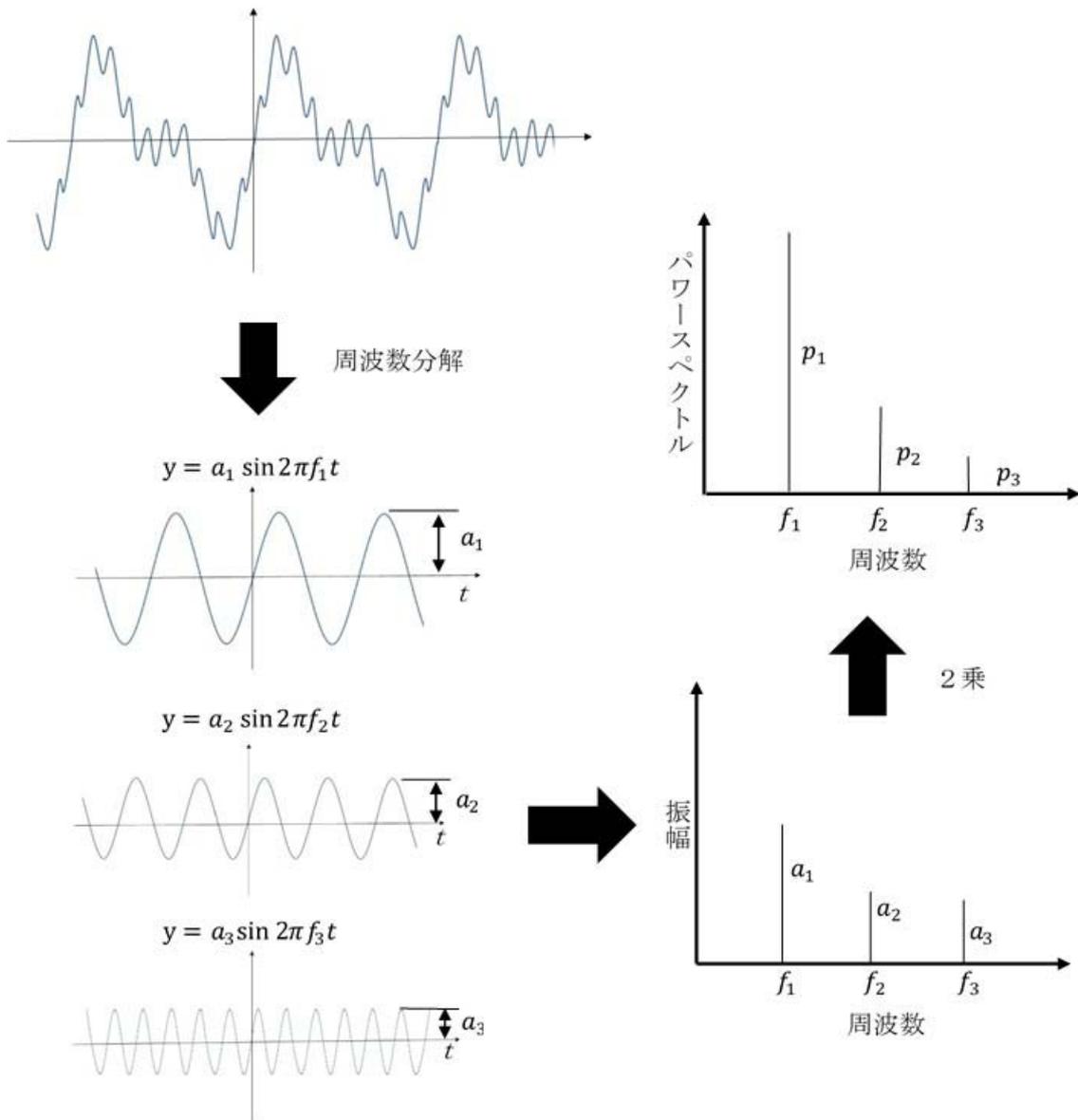


図 88 周波数解析の手順

参考資料7 実験A～C結果詳細

1 解析結果（実験A）

(1) MD値の算出

本実験は、代表的な幼児2人同乗用自転車が通常使用条件の範囲で、転倒事故につながるリスクのある外的要因によってどの程度、走行が不安定になるかを把握し、ひいては自転車の設計仕様と走行安定性の関係について検討することを目的としたものである。

実験条件については、本文に詳細な記載があるが、クラスター分析により層別抽出した8検体を始め、下記に示した条件の総当たりである計576通りの走行データから算出したMD値を用いて走行安定性を評価した。

評価対象	使用条件		外的要因	計				
検体 8車種	×	幼児同乗位置 3状態	×	運転者 3名	×	組合せ(直交表) 8条件 (路面条件含む)	=	576通り
$8 \times 3 \times 3 = 72$								

MD値の算出に使用する計測項目は、自転車の横方向のバランスに関わる特徴量として、計測データから算出したハンドル舵角、ロール角、運転者の総荷重及び運転者重心（ずれ）の4項目とした(図89)。

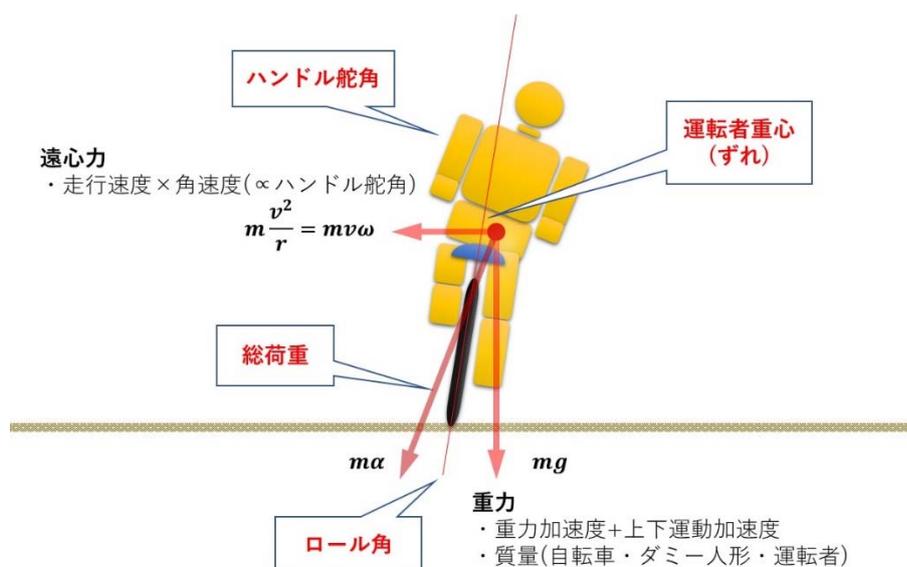


図89 MD値算出に用いる計測項目

(2) MD値による評価結果

① 全体傾向

全ての要因についてMD値への影響を見るため、分散分析表及び要因別の評価結果を表50及び図90に示す。ここで特性値としているMD値は外的要因（ダミー人形乗せ位置、運転者、走行路の障害）の影響を受けた際の自転車の走行安定性であり、以下のことが分かる。

- a 検体間には有意な差があり、全体的には電動アシストあり（検体A1～A4）の方が、電動アシストなし（検体M1～M4）よりもMD値が小さく、外的要因の影響に対して走行安定性が高い。
- b ダミー人形乗せ位置及びシートベルトの違いによる有意な差はない。
- c 運転者間の有意な差がみられた。
- d 走行路の障害別では「段差5cm」のMD値が最も大きく、走行安定性が低い。

表50 分散分析表

Source	f	S	V	F	S'	ρ
A 検体	7	14.56	2.08	20.55 **	13.85	6.5%
B 外的要因(L8)	7	109.31	15.62	154.28 **	108.60	51.3%
C ダミー人形	2	0.02	0.01			
D 運転者	2	16.27	8.14	80.39 **	16.07	7.6%
A*B 検体×外的要因	49	12.66	0.26	2.55 *	7.70	3.6%
A*C 検体×ダミー人形	14	1.42	0.10			
A*D 検体×運転者	14	4.99	0.36	3.52 *	3.57	1.7%
B*C 外的要因×ダミー人形	14	1.00	0.07			
B*D 外的要因×運転者	14	5.27	0.38	3.72 *	3.85	1.8%
C*D ダミー人形×運転者	4	0.29	0.07			
e1 実験間誤差	448	46.05	0.10			
e 誤差	482	48.78	0.10		58.20	27.5%
T 合計	575	211.84			211.84	100.0%

【記号の説明】

f: 自由度

S: 変動…要因の水準間の平均の差の二乗和(ばらつき/差の効果)

V: 分散…1自由度あたりの変動

F: 分散比…誤差分散と要因の分散との比

S': 純変動…変動に含まれる誤差を差し引いたもの

ρ : 寄与率…全変動のうち、個々の要因の変動(効果)が占める割合

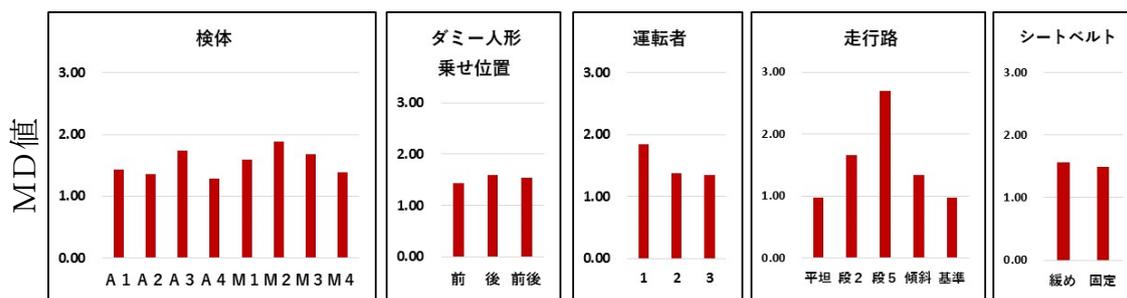


図 90 要因別の評価結果（全体）

次に走行路の違いに注目し、それらと検体、ダミー人形乗せ位置、運転者、及びシートベルトの交互作用について示したのが図 91 である。

ここで、「段差 5 cm」は他の要因とその傾向は似ていること、さらにいずれの場合も走行安定性の低さを最も顕著に示していることから、以降は「段差 5 cm」のデータに絞って解析を行うこととした。

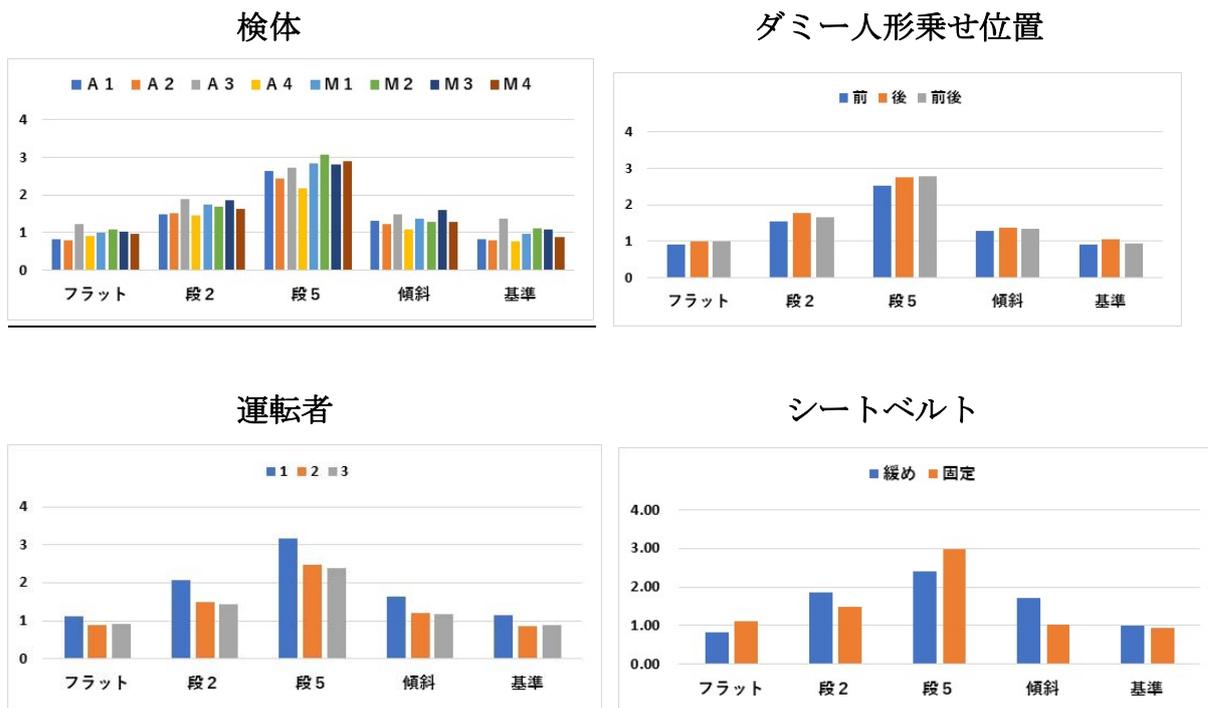


図 91 走行路の違いによるMD値

② 「段差 5cm」における特徴

段差 5 cm（エリア 2）における要因別のMD値による評価結果を図 92 に示す。図から、全体の結果（図 90）と比較して、段差 5 cm において、以下の特徴が分かる。

- a 全体的に水準の違いによるMD値の差が大きくなったが、特に電動アシストありと電動アシストなしの差がより大きくなった。
- b 全体平均では効果が見られなかったシートベルトによる差が見られ、シートベルト固定の方がMD値は大きく、走行安定性が低い。

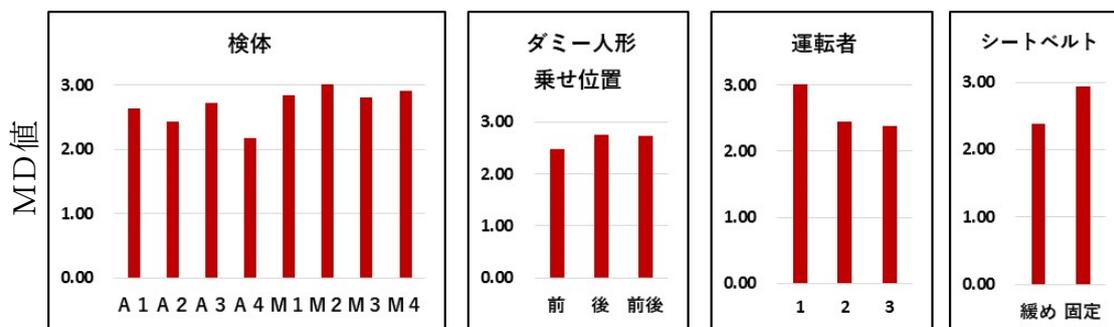


図 92 要因別の評価結果（段差 5 cm）

また、ダミー人形乗せ位置別にMD値を算出した結果を図 93 に示す。

図のように、ダミー人形を前座席に乗せた場合には検体間の差は小さいが、特に前後に乗せた場合では電動アシストなしの検体のMD値が大きくなるなど、検体間で走行安定性の傾向に違いが見られる。

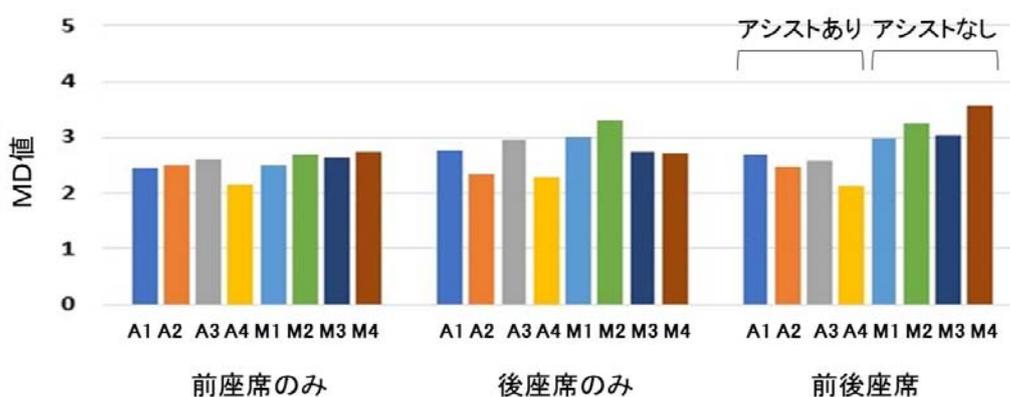


図 93 ダミー人形乗せ位置別の評価結果（段差 5 cm）

③ 設計項目における傾向

自転車の走行状態に関係する主な設計項目を図 94 に示す。なお、フレーム等の名称を本報告書では図 95 のように設定した。

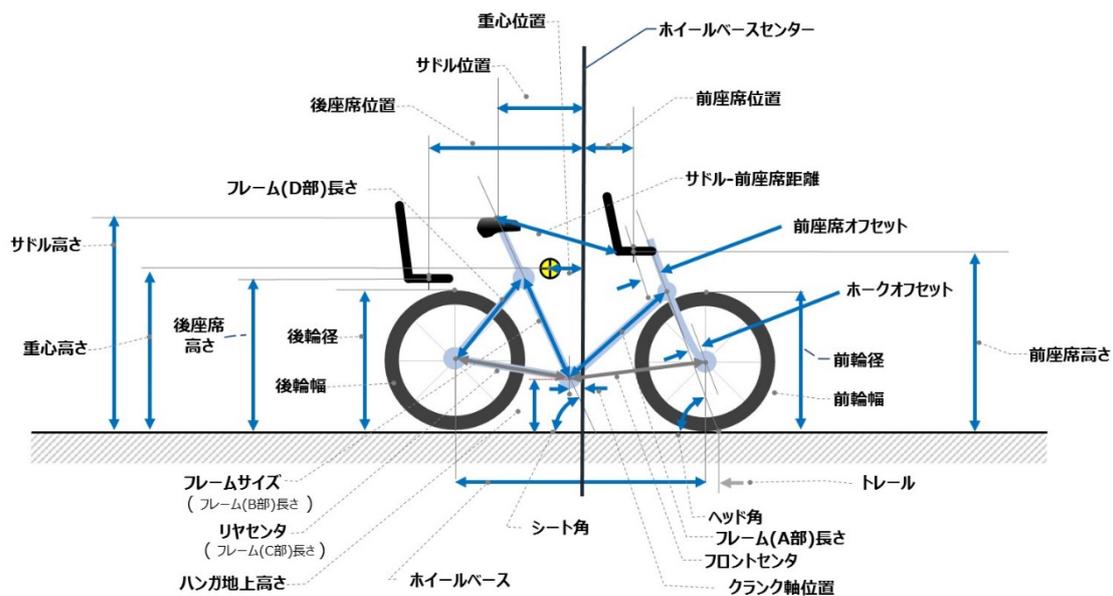


図 94 走行状態に関する設計項目

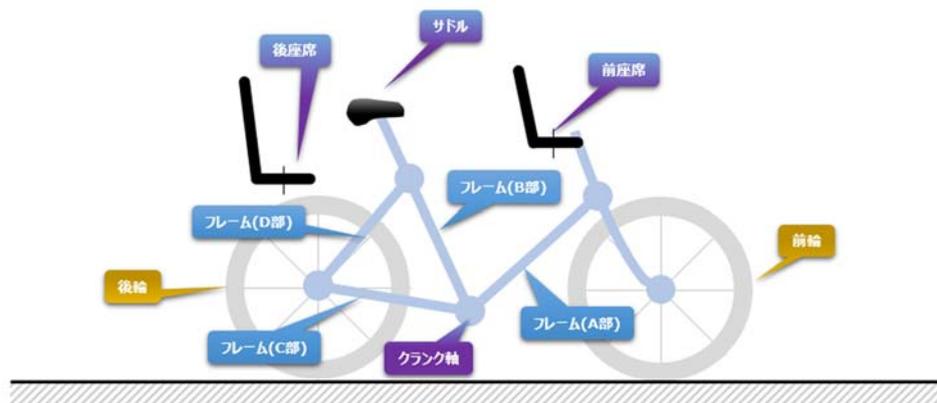


図 95 フレーム及び関連部位の名称

これらの 8 検体について、自転車の設計に関わる仕様、寸法及び重量などをカタログ値や実測結果から取り得る計 28 項目の説明変数を表 51 に列挙した。これら説明変数を用いて以下の解析を実施した。

ただし、これらの 28 項目の説明変数は、カタログ値や実測から取り得るものを列挙した関係で、物理的又は構造上から重複するものが多く含まれる。このため、重回帰分析において多重共線性が多く発生することが懸念されるため、まず単相関係数の絶対値が 0.9 を超える前輪幅と前輪径、後輪幅と後輪径について、それぞれの前者を削除し、またヘッド角、前輪径、及び前輪オフセットの 3 変数から、一意に算出されるトレールについても削除した上で、変数層別の観点から主成分分析を実施した。

分析に使用した説明変数の数値の一覧を表 52 に示す。本実験で使用し

た計測用自転車は、これらの数値を変化させないように各センサを装着している。

表 51 設計評価のための説明変数

X(1) : アシスト	X(11) : ヘッド角	X(21) : 後座席高さ
X(2) : 前輪径	X(12) : ホークオフセット	X(22) : 車体重心位置
X(3) : 前輪幅	X(13) : 前座席オフセット	X(23) : 車体重心高さ
X(4) : 後輪径	X(14) : シート角	X(24) : 車体重量
X(5) : 後輪幅	X(15) : 前座席位置	X(25) : サドル-前座席距離
X(6) : ホイールベース	X(16) : 前座席高さ	X(26) : リヤキャリア部側方剛性
X(7) : フレームサイズ (フレーム(B部)長さ)	X(17) : クランク軸位置	X(27) : トレール
X(8) : フレーム(A部)長さ	X(18) : ハンガ地上高さ	X(28) : フロントセンタ
X(9) : フレーム(D部)長さ	X(19) : サドル位置	
X(10) : リヤセンタ (フレーム(C部)長さ)	X(20) : 後座席位置	

表 52 説明変数に使用した数値一覧

No.	説明変数	単位	最小	～	最大	幅	A 1	A 2	A 3	A 4	M 1	M 2	M 3	M 4	算出根拠
1	アシスト		0	～	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	カタログ
2	前輪径	mm	508	～	660	152	610	508	508	660	508	559	508	559	カタログ
3	前輪幅	mm	35	～	54	19	44	54	50	35	44	35	54	44	カタログ
4	後輪径	mm	508	～	660	152	508	508	508	660	559	660	508	559	カタログ
5	後輪幅	mm	35	～	54	19	54	54	50	35	44	35	54	44	カタログ
6	ホイールベース	mm	1131	～	1260	129	1202	1235	1244	1176	1131	1170	1260	1180	カタログ
7	フレームサイズ	mm	328	～	411	83	328	354	342	358	347	411	330	372	写真
8	フレーム(A部)長さ	mm	584	～	616	31	602	603	613	602	584	616	603	605	写真
9	フレーム(D部)長さ	mm	442	～	591	149	513	578	574	472	445	442	591	521	写真
10	リヤセンタ	mm	461	～	607	146	524	562	562	499	461	474	607	505	写真
11	ヘッド角	deg	66	～	72	6	72	72	70	66	69	71	72	69	写真
12	ホークオフセット	mm	44	～	82	38	82	51	46	71	44	82	48	45	写真
13	前座席オフセット	mm	0	～	159	159	145	45	128	125	0	0	0	159	写真
14	シート角	deg	68	～	72	4	70	70	68	70	69	69	72	69	写真
15	前座席位置	mm	174	～	435	261	184	371	274	209	351	334	435	174	写真&実測
16	前座席高さ	mm	679	～	883	205	883	686	753	724	679	758	797	784	写真&実測
17	クランク軸位置	mm	-119	～	-25	94	-54	-58	-69	-72	-113	-119	-25	-78	写真&実測
18	ハンガ地上高さ	mm	250	～	283	34	281	279	283	250	267	266	253	254	写真&実測
19	サドル位置	mm	-348	～	-174	174	-267	-245	-255	-257	-325	-348	-174	-286	写真&実測
20	後座席位置	mm	-778	～	-639	139	-676	-748	-710	-639	-690	-725	-778	-743	写真&実測
21	後座席高さ	mm	554	～	742	188	576	561	593	716	661	742	595	554	写真&実測
22	車体重心位置	mm	-63	～	34	96	16	-50	7	34	-63	-59	14	-9	実測
23	車体重心高さ	mm	363	～	403	40	390	397	397	369	382	403	363	377	推定値
24	車体重量	kg	38	～	48	10	48	47	47	47	38	41	40	40	実測
25	サドル-前座席距離	mm	363	～	566	204	363	561	434	394	541	566	478	421	写真
26	リヤキャリア部側方剛性	N	7	～	15	8	14	13	11	7	10	9	12	15	実測
27	トレール	mm	11	～	68	57	13	29	42	68	53	11	32	57	No.2,11,12より計算
28	フロントセンタ	mm	701	～	792	91	763	711	719	792	715	766	701	741	No.2,4,6,10,18より

(3) 主成分分析による結果

分析計算を実施し、算出された累積寄与率が 0.8 となる第 4 主成分までを

ピックアップし、それぞれについて因子負荷量の上位を占める変数を選択し、表 53 及び図 96 のような層別を行った。

表 53 主成分ごとの因子負荷量(上位)

	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分
X(2) : 前輪径		+ 前輪径		
X(4) : 後輪径	+ 後輪径			
X(6) : ホイールベース	- ホイールベース			
X(7) : フレームサイズ	+ フレームサイズ			+ フレームサイズ
X(8) : フレーム(A部)長さ				+ フレーム(A部)長さ
X(11) : ヘッド角	- ヘッド角			
X(14) : シート角			- シート角	
X(15) : 前座席位置		- 前座席位置		
X(16) : 前座席高さ				
X(18) : ハンガ地上高さ			+ ハンガ地上高さ	
X(19) : サドル位置	- サドル位置			
X(20) : 後座席位置				
X(21) : 後座席高さ	+ 後座席高さ			
X(22) : 車体重心位置		+ 車体重心位置		
X(24) : 車体重量			+ 車体重量	
X(25) : サドル-前座席距離				
固有値	5.240881	3.756119	2.601141	1.844327
寄与率	0.327555	0.234757	0.162571	0.11527
累積寄与率	0.327555	0.562313	0.724884	0.840154

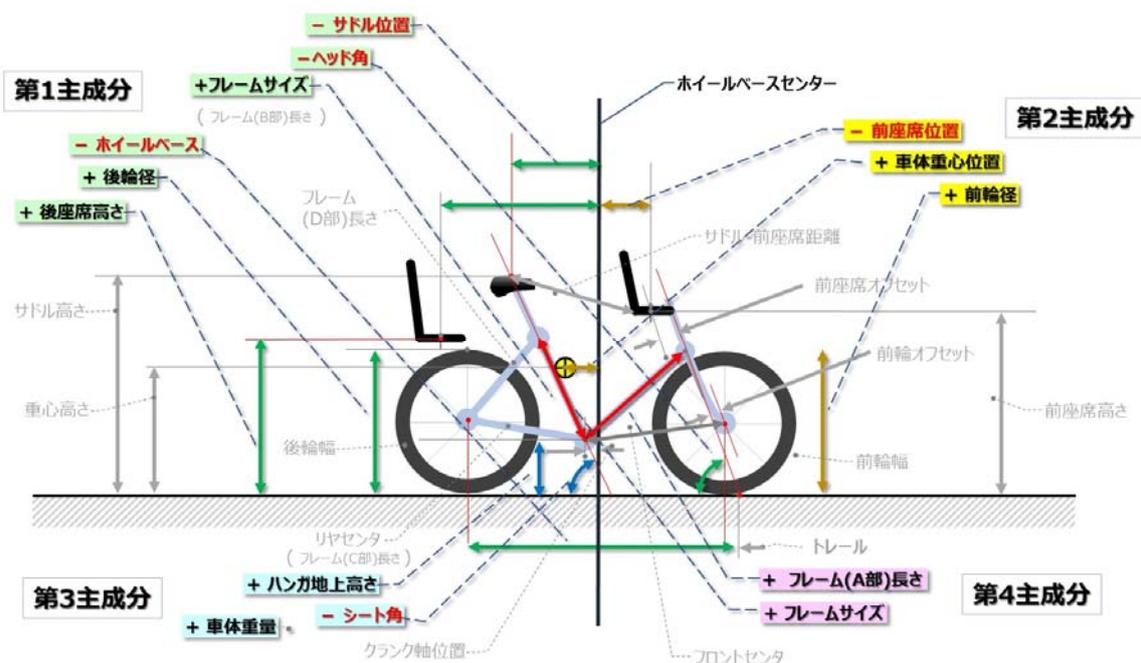


図 96 第1～4主成分の主要因子

以上の主成分ごとに作成した主成分得点のプロットに「MD値>3」を示したのが、図 97 である。

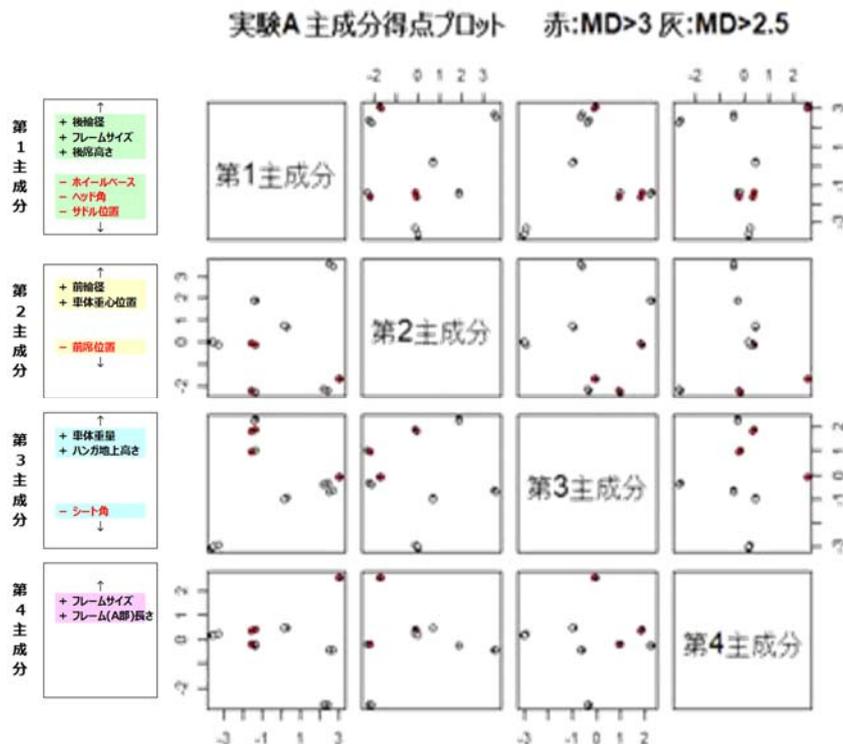


図 97 主成分得点のプロット図

上記の主成分得点のプロット図（図 97）の赤く表示した「MD値>3」のプロットの分布から、第2～第4主成分がMD値、すなわち走行安定性への傾向が見られている。

- ① 第2主成分は車体前部の寸法成分であり、前輪径が小さくなる、あるいは前座席を前に出するなど、車体前部がより前方に配置されるほど走行安定性が低くなる（MD値が大きくなる）傾向にある。
- ② 第3主成分は車体重心に関わると考えられる成分であり、重心が高く、重量が増えるとMD値が増し、走行安定性が低くなる傾向にある。
- ③ 第4主成分はハンドル軸からシートポストまでの距離に関する成分で、この値が増すと走行安定性が低くなる傾向にある。

（4）重回帰分析による結果

目的変数を「段差5cmにおけるMD値」とし、表51の28項目の説明変数に対する効果を重回帰分析で求める。ただし、これらの28項目の変数間には共線性が多く存在するため、主成分分析による変数の層別結果と単相関とを考慮して絞り込んだ14項目の変数を用いて解析を行った（表54）。

具体的には、前輪幅と前輪径、後輪幅と後輪径、トレールとヘッド角など
 相関の高い変数についてはどちらか一方を使用した。

表 54 説明変数

No.	説明変数	メモ		説明変数
1	アシスト	車体重量と相関大	⇒ ×	
2	前輪径		⇒ ⇒	前輪径
3	前輪幅	前輪径と相関大	⇒ ×	
4	後輪径		⇒ ⇒	後輪径
5	後輪幅	後輪径と相関大	⇒ ×	
6	ホイールベース		⇒ ⇒	ホイールベース
7	フレームサイズ		⇒ ⇒	フレームサイズ
8	フレーム(A部)長さ		⇒ ⇒	フレーム(A部)長さ
9	フレーム(D部)長さ	ホイールベースと相関大	×	
10	リヤセンタ	ホイールベースと相関大	×	
11	ヘッド角		⇒ ⇒	ヘッド角
12	ホークオフセット	前輪径と相関大	⇒ ×	
13	前座席オフセット	前座席位置と相関大	×	
14	シート角		⇒ ⇒	シート角
15	前座席位置		⇒ ⇒	前座席位置
16	前座席高さ		⇒ ⇒	前座席高さ
17	クランク軸位置	ホイールベースと相関大	×	
18	ハンガ地上高さ		⇒ ⇒	ハンガ地上高さ
19	サドル位置		⇒ ⇒	サドル位置
20	後座席位置		⇒ ⇒	後座席位置
21	後座席高さ		⇒ ⇒	後座席高さ
22	車体重心位置		⇒ ⇒	車体重心位置
23	車体重心高さ	ペダル軸高さと相関大	×	
24	車体重量		⇒ ⇒	車体重量
25	サドル-前座席距離		⇒ ⇒	サドル-前座席距離
26	リヤキャリア部側方剛性	後座席高さと相関大	⇒ ×	
27	トレール	ヘッド角などより一意	×	
28	フロントセンタ	リヤセンタなどより一意	×	

次に、前述の分散分析結果からダミー人形乗せ位置と検体との交互作用が
 大きく、ダミー人形乗せ位置ごとに検体間の優位性に違いがあることから、
 ダミー人形乗せ位置別の重回帰分析を行った。その結果を以下に示す（図 98
 ～図 100）。

① ダミー人形を「前座席」のみに乗せた場合

重相関係数： 0.8859
 寄与率： 0.7848
 赤池の情報量基準： 1.2423
 自由度調整済み寄与率： 0.725
 ◆◆分散分析表◆◆

	自由度	平方和	不偏分散	F 値
回帰	5	3.4801	0.6960	13.1269
残差	18	0.9544	0.0530	
計	23	4.4345		

No	変数名	回帰係数	標準回帰係数	偏相関係数	回帰係数の標準誤差	標準回帰係数の標準誤差	F 値	V I F
X(19) : サドル位置		-0.02558	-2.65720	-0.86026	0.00357	0.37119	51.24491	11.52349
X(14) : シート角		0.39724	1.03605	0.82581	0.06394	0.16676	38.59824	2.32585
X(6) : ホイールベース		0.01423	1.35475	0.77207	0.00276	0.26285	26.56431	5.77840
X(7) : フレームサイズ		-0.01284	-0.74471	-0.70146	0.00308	0.17835	17.43598	2.66017
X(2) : 前輪径		-0.00181	-0.22497	-0.38582	0.00102	0.12680	3.14798	1.34462
定数		-43.73255						

図 98 重回帰分析結果(ダミー人形前座席のみ)

ホイールベース中央からサドル位置を前方にするとMD値が増え、シート角を立ててフレームサイズを短くする方向もMD値が増えて走行安定性が低くなる。また、ホイールベースを長く、前輪径を小さくする方向も、MD値が増えて走行安定性が低くなる結果となった。

② ダミー人形を「後座席」のみに乗せた場合

重相関係数： 0.6217
 寄与率： 0.3866
 赤池の情報量基準： 27.0659
 自由度調整済み寄与率： 0.3281
 ◆◆分散分析表◆◆

	自由度	平方和	不偏分散	F 値
回帰	2	2.2650	1.1325	6.6168
残差	21	3.5942	0.1712	
計	23	5.8592		

No	変数名	回帰係数	標準回帰係数	偏相関係数	回帰係数の標準誤差	標準回帰係数の標準誤差	F 値	V I F
X(19) : サドル位置		-0.00696	-0.62916	-0.60098	0.00202	0.18259	11.87313	1.14133
X(11) : ヘッド角		0.10864	0.42075	0.44925	0.04715	0.18259	5.30994	1.14133
定数		-6.77070			3.54689			

図 99 重回帰分析結果(ダミー人形後座席のみ)

ホイールベース中央からサドル位置を前方にするとMD値が増え、ヘッド角を大きくすることもMD値が増えて走行安定性が低くなる結果となっ

た。

③ ダミー人形を「前後座席」に乗せた場合

重相関係数： 0.6996
 寄与率： 0.4894
 赤池の情報量基準： 21.2307
 自由度調整済み寄与率： 0.4128
 ◆◆分散分析表◆◆

	自由度	平方和	不偏分散	F 値
回帰	3	2.4858	0.8286	6.3907
残差	20	2.5931	0.1297	
計	23	5.0789		

No	変数名	回帰係数	標準回帰係数	偏相関係数	回帰係数の標準誤差	標準回帰係数の標準誤差	F 値	V I F
X(24) : 車体重量		-0.05681	-0.49539	-0.56342	0.01863	0.16243	9.30153	1.03350
X(11) : ヘッド角		0.13101	0.54498	0.54011	0.04565	0.18988	8.23747	1.41235
X(21) : 後座席高さ		0.00241	0.35592	0.38203	0.00131	0.19252	3.41775	1.45190
定数		-5.73998			3.85005			

図 100 重回帰分析結果(ダミー人形前後座席)

①及び②と異なり、車体重量が重要変数になり、車体の軽い方がMD値が増え、後座席を高くすることもMD値が増える結果となった。また、②と同様にヘッド角を大きくすることもMD値が増えて走行安定性を低くする結果になった。

④ 設計特性による評価

主要な設計特性に対する重回帰分析によるMD値に対する回帰係数の計算結果を表 55 に示す。

表 55 重回帰分析によるMD値に対する回帰係数

説明変数				回帰係数		
名称	単位	最小	～ 最大	後座席のみ	前座席のみ	前後座席
X(2) : 前輪径	mm	508	～ 660		-0.00181	
X(6) : ホイールベース	mm	1131	～ 1260		0.01423	
X(14) : シート角	deg	68	～ 72		0.39724	
X(7) : フレームサイズ	mm	328	～ 411		-0.01284	
X(19) : サドル位置	mm	174	～ 348	-0.00696	-0.02558	
X(11) : ヘッド角	deg	66	～ 72	0.10864		0.13101
X(21) : 後座席高さ	mm	554	～ 742			0.00241
X(24) : 車体重量	kg	38.0	～ 48.3			-0.05681

この結果を自転車の設計特性の走行安定性向上に対する効果として図101に示す。

図中、上向きの矢印で安定と記載した項目は、当該項目の数値が大きくなるほど走行安定性がより高まることを示し、下向きの矢印で安定と記載した項目は、当該項目の数値が小さくなるほど走行安定性がより高まることを示している。

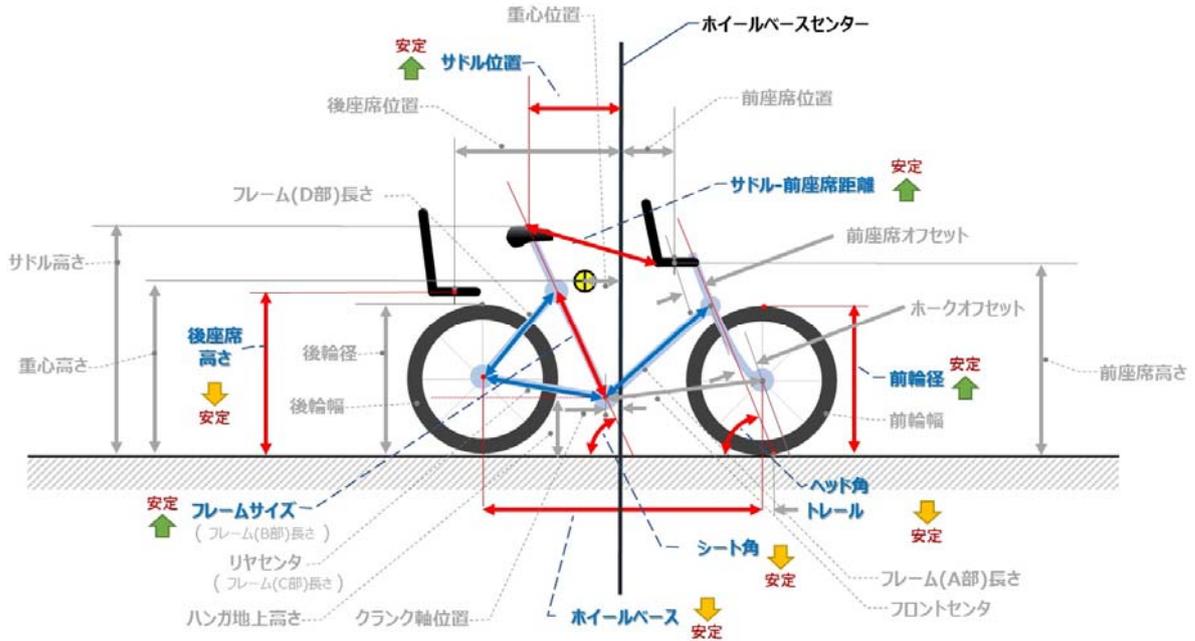


図 101 幼児同乗自転車の設計特性とMD値の解析結果

これらの解析結果として、ダミー人形乗せ位置ごとに効果が見られる設計特性に差異はあるものの、それらの方向性に相反するところはないため、全体として走行安定性向上の設計特性として以下の傾向が考えられる。

実際の自転車設計においては、様々なトレードオフがあるが、これらに必要なに応じて選択することで、外的要因のある環境下における走行安定性を、より高めることができる可能性が考えられる。

- 運転者の乗る位置を後方にする。
- 車体重量を大きくする、又は電動アシスト付きにする。
- ホイールベースを短くする。
- 前輪径を大きくする。
- ヘッド角を小さくする、又はトレールを大きくする。

2 解析結果（実験B）

（1）評価方法

本実験は、車道を走行中に歩道へ移動する際の安全性、特に段差乗り上げ時の転倒事故に至る不安定さを検討することを目的とし、車両乗り入れ部の標準的な高さ5 cmの段差への進入角度、速度を変えて走行した中から、段差乗り上げ時のMD値を用いて不安定性を評価した。

- ① 実験走行路： 段差5 cm（エリア2）
- ② 進入角度： 30度、40度、50度
- ③ 走行速度： 速い／ゆっくり
- ④ 検体： A4（電動アシストあり）、M4（電動アシストなし）、
一般用自転車
- ⑤ 運転者： 運転者1～3の3名
- ⑥ ダミー人形乗せ位置： 後座席のみ
- ⑦ シートベルト： 固定

（2）MD値による評価結果

実験Aと同様に走行し、各自転車に搭載した各種センサからの出力値を記録した。ただし、本実験では、段差乗り上げ時の影響を詳しく評価することを目的とするため、下記の加速度波形（図102）より「段差乗り上げ」の1秒前から「乗上げ～降下」の中間点までを対象（赤い破線）とした。

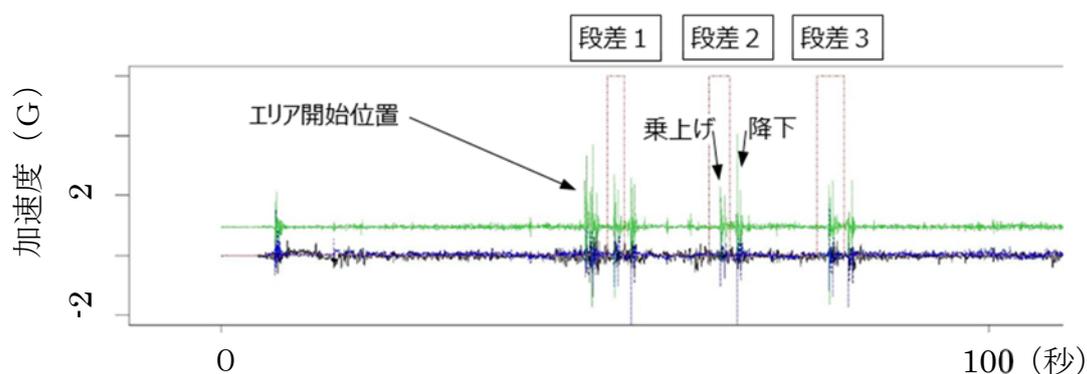


図102 実験Bの加速度波形（例）

このようにして特定した「段差乗り上げ区間」でのハンドル舵角、ロール角、運転者総荷重、運転者重心の4測項目からMD値を算出し、繰り返し3

回の平均値を示した結果を図 103 に示す。

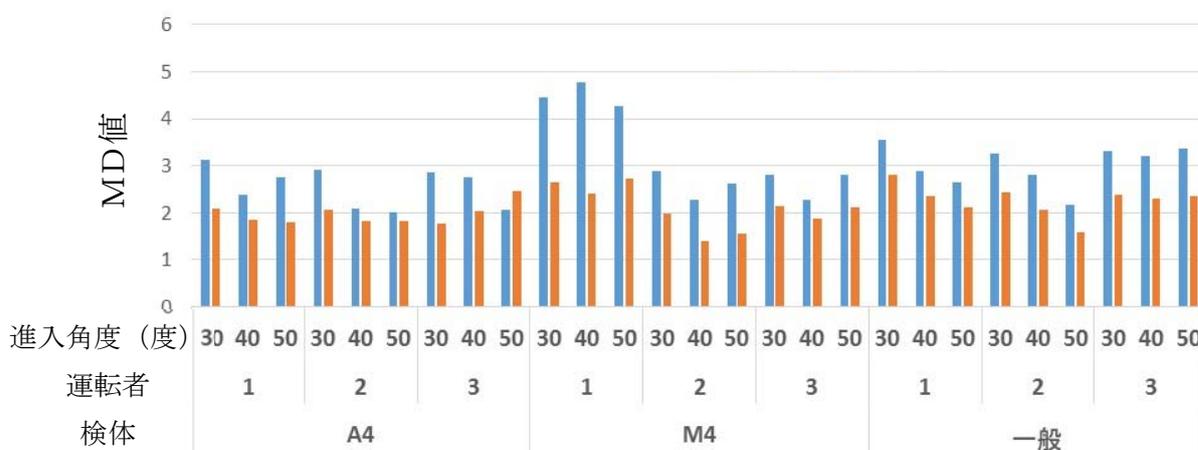


図 103 実験B全水準組合せごとのMD値
※棒グラフは、左：速く、右：ゆっくり

まず全般に走行速度の高い方がMD値の高い傾向にある。

これは、対象データを乗り上げ時に絞ったため衝撃成分の寄与が増したこともあるが、全体としては衝撃起因の不安定さであり、段差を乗り上げるのに必要以上の走行速度は好ましくないという結果と考えられる。

また特異的に検体M4でかつ体格の良い運転者の場合についてのMD値の高さが目立つが、これは実験Aで観測されたMD値増加要因の検体M4、幼児後座席、運転者1 (67kg)、及びシートベルト固定という条件が重畳された最悪パターンであることが原因と思われる。

なお、結果として実験Bの目的の一つの「安全な進入角度範囲」について実験データとして確認できなかったことは、本文に記載のとおりである。

3 解析結果 (実験C)

(1) 評価方法

本実験は、荷物の乗せ方による安全性を検討するため、荷物をカゴに入れる場合とハンドル掛けの場合の2通りで実施し、各走行路でのMD値を用いて走行安定性を評価した。

- ① 荷物の載せ方：手さげ袋 (4.5kg) をハンドル掛け、カゴ
- ② 実験走行路：フラット (エリア0)、段差5cm (エリア2)、傾斜面 (エリア3)、狭い道
- ③ 検体：A4 (電動アシストあり)、M4 (電動アシストなし)、

一般用自転車

- ④ 運転者：運転者1～3の3名
- ⑤ ダミー人形乗せ位置：後座席のみ
- ⑥ シートベルト：固定

(2) MD値による評価結果

実験Aと同様に走行し、各自転車に搭載した各種センサからの出力値を記録し、走行路の各エリアにおけるハンドル舵角、ロール角、運転者総荷重、運転者重心の4計測項目からMD値を算出し、繰り返し3回の平均値を示した結果を図104に示す。

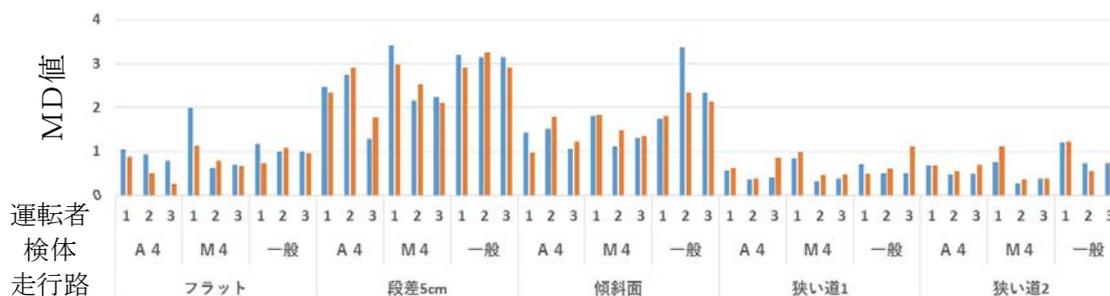


図104 実験C 全水準組合せごとのMD値
※棒グラフは、左：ハンドル掛け、右：カゴ

図を俯瞰して言えることは、全般に実験A同様、段差5cm、次いで傾斜面でのMD値が高く、逆に狭い道ではフラット路面よりMD値が低く安定した傾向にある。

ただし、実験Cの目的であった「荷物の載せ方」については、ハンドル掛けとカゴにおいて有意な差が検出できなかったことは、本文に記載のとおりである。

なお、本実験の目的からやや外れるが、特に段差と傾斜面において、幼児2人同乗用自転車の検体A4(電動アシストあり)、M4(電動アシストなし)に比べて一般用自転車の走行安定性は低いと観測された。

本実験に用いた検体3種の仕様を比較(表56)すると、一般用自転車は車体重量とその前後バランス、剛性が他の2車種と異なっている(赤丸部)が、実験Aの解析結果から、車体重量が大きい方の走行安定性が高いと分析されていたことから、一般用自転車は、その車体重量の軽さが走行安定性の低くなる要因である可能性が考えられる。

表 56 実験B及び実験Cで使用した検体の主な仕様

仕様	検体	A4	M4	一般
前輪径	inch	26	22	26
前輪幅	inch	1.38	1.75	1.18
後輪径	inch	26	22	26
後輪幅	inch	1.38	1.75	1.18
ホイールベース	mm	1176	1180	1170
車体重量	Kg	47.3	39.6	31.7
車体重量(前)	Kg	25.0	19.5	11.0
車体重量(後)	Kg	22.3	20.1	20.7
リヤキャリア部側方剛性	N/mm	7.4	15.1	5.3

参考資料 8 実験D結果詳細

(1) 評価方法

本実験は、制動をかけて目標地点に正確に停止することを目標とした。安定した制動状態とは、ブレーキングが乱れずに、スリップもせず、目標地点に正確に停止する状態である。

よって、本実験では、以下のような制動状態を「不安定」とした。

- ① ブレーキングが一様にならず、乱れる。
- ② 目標地点を 0.5m以上オーバーランする。
- ③ 車輪がスリップする。

評価方法としては、①については自転車の進行方向の減速度（負の加速度）の形状に注目し、制動開始から停止するまでの 3 mにおける減速度の形状を以下の a～d の 4 種類に分類して評価した。

a フラット

一定したブレーキをかけている。最も安定した制動と考える。

b 右上がり

最初に強めにブレーキをかけ、その後徐々に緩めている。

c 右下がり

最初は緩めのブレーキから、その後徐々に強めにしている。

d 変動

減速度が変動している。つまり、ブレーキを強くしたら緩めたりして調整しており、ブレーキングが乱れている。

ここで、b 及び c の違いは、運転者が前半でブレーキを強めにするか、若しくは後半で強めにするか、それぞれのブレーキのかけ方の個人差が表れていると考えた。よって、減速度の形状は、a、b 及び c を安定した制動であるとし、d のみを不安定な制動であるとして評価を行った。

制動時の減速度データの例を図 105 に示す。図中には、安定した制動（a、b 及び c）を黄色でマーキングし、不安定な制動（d）を赤色でマーキングして示している。

また、②については、停止線の±0.5m以内に停止しなかったものの、停止線よりも前方で停止した場合は、安全上において問題はないので、不安定な制動には含めないこととしている。

③については、運転者の主観評価結果で、スリップ音がした等のコメントが記載されている場合を抽出した。

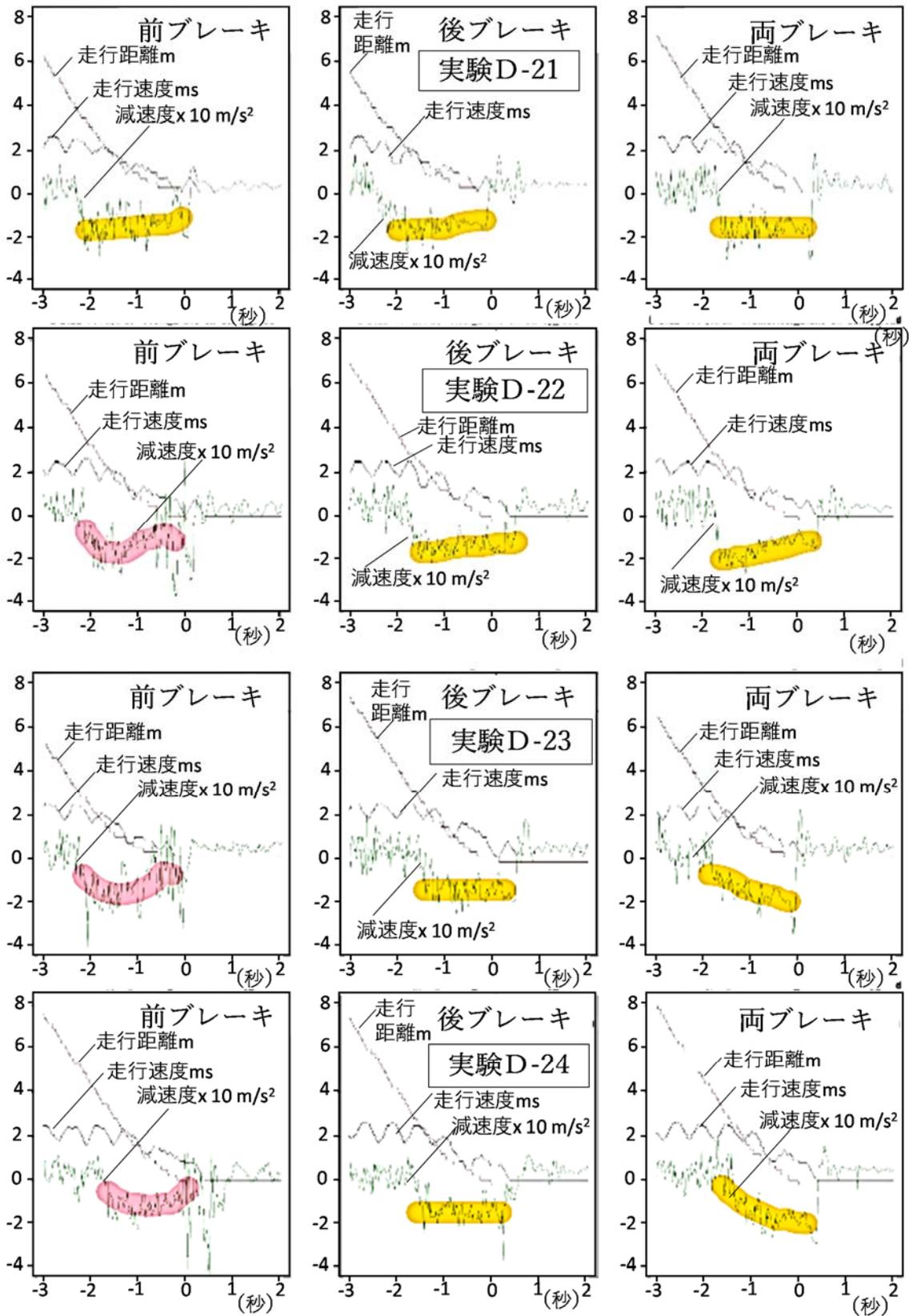


図 105 制動時の減速度データ例 (実験D)

(2) 実験結果

(1) の評価方法からまとめた本実験の結果一覧を表 57 に示す。

ここで、目標停止線の±0.5m以内で停止できなかった場合は、走行をやり直した。そのため減速度の形状及びスリップについては、やり直した後に±0.5mで停止できたときのデータを記載している。

表 57 実験結果一覧 (実験D)

実験 No.	検体番号	路面状態	幼児同乗位置	運転者	減速度形状			停止位置判定			スリップ		
					前ブレーキ	後ブレーキ	両ブレーキ	前ブレーキ	後ブレーキ	両ブレーキ	前ブレーキ	後ブレーキ	両ブレーキ
D-1	A 1	通常	なし	運転者 1	右下がり	右下がり	変動						
D-2	A 1	滑り	なし	運転者 1	右下がり	右下がり	右上がり					○	
D-3	A 1	通常	なし	運転者 2	右上がり	フラット	フラット						
D-4	A 1	滑り	なし	運転者 2	右下がり	右下がり	フラット						
D-5	A 4	通常	なし	運転者 1	変動	右下がり	変動			ショート			
D-6	A 4	滑り	なし	運転者 1	右下がり	右下がり	フラット						
D-7	A 4	通常	なし	運転者 2	変動	右下がり	右下がり						
D-8	A 4	滑り	なし	運転者 2	変動	フラット	右下がり						
D-9	A 1	通常	前	運転者 1	フラット	右下がり	フラット						
D-10	A 1	滑り	前	運転者 1	右下がり	右下がり	フラット						○
D-11	A 1	通常	前	運転者 2	フラット	フラット	フラット		ショート				
D-12	A 1	滑り	前	運転者 2	右下がり	右下がり	右下がり			ショート			
D-13	A 4	通常	後	運転者 1	フラット	フラット	変動		オーバーラン				
D-14	A 4	滑り	後	運転者 1	フラット	フラット	変動						
D-15	A 4	通常	後	運転者 2	フラット	フラット	右下がり	1回目オーバーラン 2回目ショート		ショート			
D-16	A 4	滑り	後	運転者 2	フラット	右下がり	変動						
D-17	A 1	通常	後	運転者 1	変動	右下がり	右下がり						
D-18	A 1	滑り	後	運転者 1	右下がり	変動	右下がり					○	
D-19	A 1	通常	後	運転者 2	右下がり	右下がり	フラット		ショート				
D-20	A 1	滑り	後	運転者 2	右下がり	右下がり	右下がり				○	○	
D-21	A 4	通常	前	運転者 1	右上がり	右上がり	フラット	オーバーラン					
D-22	A 4	滑り	前	運転者 1	変動	右上がり	右上がり						
D-23	A 4	通常	前	運転者 2	変動	フラット	右下がり						
D-24	A 4	滑り	前	運転者 2	変動	フラット	右下がり						
D-25	A 1	通常	前後	運転者 1	右下がり	右下がり	右下がり						
D-26	A 1	滑り	前後	運転者 1	フラット	フラット	フラット					○	
D-27	A 1	通常	前後	運転者 2	フラット	フラット	右下がり			ショート			
D-28	A 1	滑り	前後	運転者 2	右下がり	右下がり	右下がり						
D-29	A 4	通常	前後	運転者 1	フラット	フラット	フラット		1回目オーバーラン 2回目オーバーラン				
D-30	A 4	滑り	前後	運転者 1	変動	右下がり	右上がり						
D-31	A 4	通常	前後	運転者 2	変動	フラット	変動			ショート			
D-32	A 4	滑り	前後	運転者 2	変動	フラット	右下がり						

(3) 結果の分析

① 減速度形状における分析

表 57 において、前ブレーキのみ、後ブレーキのみ、及び両ブレーキのいずれかの場合で、減速度の形状が「変動」していた実験 No. を抜き出した結果を表 58 に示す。表を見ると、検体、路面状態、ダミー人形乗せ位置や運転者によらず「変動」があることが分かる。また、前ブレーキのみの場合に変動が多い傾向にあり、後ブレーキの調整でうまく停めている可能性が考えられる。

表 58 制動時の減速度の形状（実験 D）

実験 No.	検体番号	路面状態	幼児同乗位置	運転者	減速度形状		
					前ブレーキ	後ブレーキ	両ブレーキ
D-1	A 1	通常	なし	運転者 1	右下がり	右下がり	変動
D-5	A 4	通常	なし	運転者 1	変動	右下がり	変動
D-7	A 4	通常	なし	運転者 2	変動	右下がり	右下がり
D-8	A 4	滑り	なし	運転者 2	変動	フラット	右下がり
D-13	A 4	通常	後	運転者 1	フラット	フラット	変動
D-14	A 4	滑り	後	運転者 1	フラット	フラット	変動
D-16	A 4	滑り	後	運転者 2	フラット	右下がり	変動
D-17	A 1	通常	後	運転者 1	変動	右下がり	右下がり
D-18	A 1	滑り	後	運転者 1	右下がり	変動	右下がり
D-22	A 4	滑り	前	運転者 1	変動	右上がり	右上がり
D-23	A 4	通常	前	運転者 2	変動	フラット	右下がり
D-24	A 4	滑り	前	運転者 2	変動	フラット	右下がり
D-30	A 4	滑り	前後	運転者 1	変動	右下がり	右上がり
D-31	A 4	通常	前後	運転者 2	変動	フラット	変動
D-32	A 4	滑り	前後	運転者 2	変動	フラット	右下がり

② 停止位置における分析

表 57 において、オーバーランによるやり直しがあった実験 No. を抜き出した結果を表 59 に示す。表を見ると、前ブレーキのみ又は後ブレーキのみの使用では目標位置に停止できず、オーバーランしてしまう場合が、32 回

の実験条件のうち4回発生した。また、ダミー人形を前後座席に乗せた場合は、非常に重いため、2回にわたってオーバーランしている。一方、前後両ブレーキを使用した場合は、いずれも目標位置で停止できていた。このことから、両ブレーキの使用が安定的に停止するために必要であることが分かる。

なお、実験においては、停止位置で停めることを想定した速度で助走してからブレーキをかけているため、オーバーラン発生時は、運転者が制動に当たり想定した以上に停止距離が長くなっていたと言える。

表 59 オーバーランでやり直した場合（実験D）

実験 No.	検体番号	路面状態	幼児同乗位置	運転者	停止位置判定		
					前ブレーキ	後ブレーキ	両ブレーキ
D-13	A 4	通常	後	運転者 1		オーバーラン	
D-15	A 4	通常	後	運転者 2	1回目オーバーラン 2回目ショート		ショート
D-21	A 4	通常	前	運転者 1	オーバーラン		
D-29	A 4	通常	前後	運転者 1		1回目オーバーラン 2回目オーバーラン	

③ 車輪のスリップにおける分析

表 57 において、スリップがあったと記録された実験 No. のみを抜き出して表 60 にまとめた。表を見ると、スリップが記録されたのはいずれも滑り面（けい砂散布）の場合であり、主に後ブレーキによるものであると思われる。

表 60 スリップがあった場合（実験D）

実験 No.	検体番号	路面状態	幼児同乗位置	運転者	スリップ		
					前ブレーキ	後ブレーキ	両ブレーキ
D-2	A 1	滑り	なし	運転者 1		○	
D-10	A 1	滑り	前	運転者 1			○
D-18	A 1	滑り	後	運転者 1		○	
D-20	A 1	滑り	後	運転者 2	○	○	
D-26	A 1	滑り	前後	運転者 1		○	

参考資料 9 主観評価結果詳細

(1) 主観評価の方法

走行実験における運転操作性についての主観評価を、1回の走行ごとに運転者に記入してもらった。記入例を図 106 に示す。評価はエリアごとに行い、運転操作性として、「運転しにくさ」又は「怖さ」を強く感じた方から、「大」、「小」、「なし」、及びそれらの中間を含めた5段階で記入した。

また、自由記入欄には運転していて気付いた事や感想をありのままに記入してもらった。記録票の上段部分は、実験実施担当者が走行状態をチェックして記録したものである。

<走行状態記録票>

実験番号	A ² -12
運転者(○を付ける)	男性1 女性1 女性2

走行状態(担当者が記入)

エリア	スラローム			メモ
	1回目	2回目	3回目	
フラット (エリア0)	✓	✓	✓	
段差2cm (エリア1)	✓	✓	✓	
段差5cm (エリア2)	✓	✓	✓	
傾斜面 (エリア3)	✓	✓	✓	
フラット (基準測定)	✓	✓	✓	
その他				

主観評価(運転者が記入) ※該当する部分に○を付ける

エリア	運転しにくさ			怖さ			その他
	大	小	なし	大	小	なし	
フラット (エリア0)	大	小	なし	大	小	なし	
段差2cm (エリア1)	大	小	なし	大	小	なし	
段差5cm (エリア2)	大	小	なし	大	小	なし	
傾斜面 (エリア3)	大	小	なし	大	小	なし	
フラット (基準測定)	大	小	なし	大	小	なし	
自由記入欄	子供のその位置が高く、視界が悪い。前が見づらい分、怖い						

<走行状態記録票>

実験番号	A ¹ -15
運転者(○を付ける)	男性1 女性1 女性2

走行状態(担当者が記入)

エリア	スラローム			メモ
	1回目	2回目	3回目	
フラット (エリア0)	✓	✓	✓	
段差2cm (エリア1)	✓	✓	✓	
段差5cm (エリア2)	✓	✓	✓	後輪が上り時、前はフツツと滑る
傾斜面 (エリア3)	✓	✓	✓	
フラット (基準測定)	✓	✓	✓	
その他				

主観評価(運転者が記入) ※該当する部分に○を付ける

エリア	運転しにくさ			怖さ			その他
	大	小	なし	大	小	なし	
フラット (エリア0)	大	小	なし	大	小	なし	
段差2cm (エリア1)	大	小	なし	大	小	なし	
段差5cm (エリア2)	大	小	なし	大	小	なし	
傾斜面 (エリア3)	大	小	なし	大	小	なし	
フラット (基準測定)	大	小	なし	大	小	なし	
自由記入欄	段差を登る際、前輪は、右側に滑る。後輪は、左側に滑る。段差に付く時に、後輪は右にズレる(滑る)						

図 106 主観評価記録票 (実験Aの例)

(2) 分析方法

図 106 の主観評価記録票で「大」と評価した場合を最大の 4 点、「なし」とした場合を最小の 0 点とし、0 点から 4 点までの 5 段階に点数を付け分析を行った。さらに、運転者の採点の個人差をなくすために、運転者ごとに点数の標準化を行った上で全体の分析を行った。標準化後の評価の点数は、平均点が 0、分散が 1 となる数値となる。

なお、「運転しにくさ」と「怖さ」は、ほぼ似た傾向を示す評価結果となったため、本報告書では、運転操作性として「運転しにくさ」についての分析結果を記載した。

(3) 分析結果

① 実験 A

a 電動アシストあり／なしの評価

電動アシストあり／なしにおける運転操作性の評価結果を図 107 に示す。若干、電動アシストありの方が運転操作性は悪くなっているが、検体 A 4 を除いた比較では、電動アシストありの方の評価が高くなり、両者の差は分からない結果と考えられる。

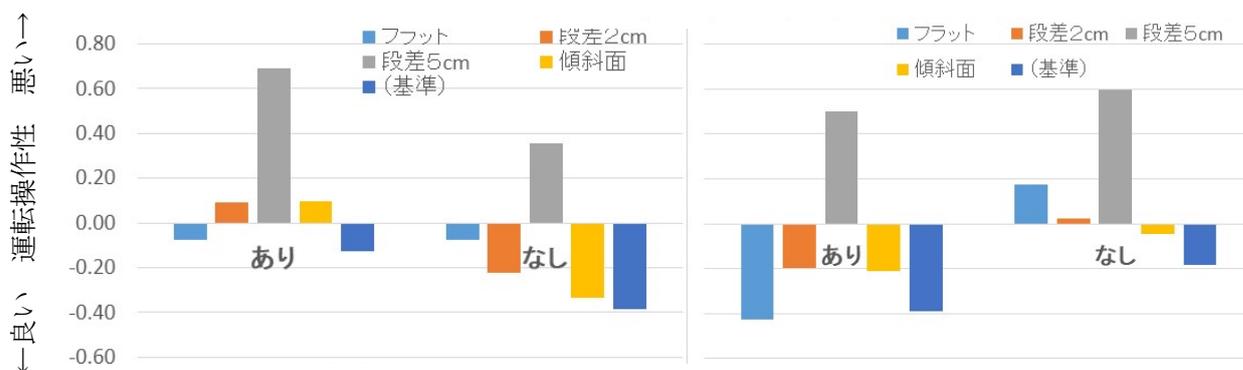


図 107 電動アシストあり／なしの評価結果（実験 A）

※右は検体 A 4 を除いた場合

b ダミー人形乗せ位置による評価

ダミー人形を前後座席に乗せた場合に最も運転操作性が悪いという結果となった（図 108）。

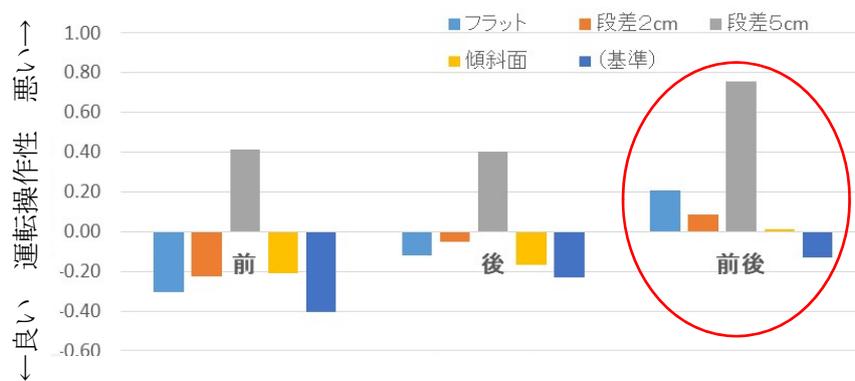


図 108 ダミー人形乗せ位置による評価結果（実験A）

② 実験B（段差走行方法による評価）

段差への進入角度が30～50度の間では、進入角度による運転操作性の違いは検体により異なる結果となった。検体A4、M4及び一般用自転車の比較では、検体M4が最も運転操作性は良いと感じている（図109）。



図 109 段差進入角度による評価結果（実験B）

段差の走行速度については、速度が速い場合は進入角度が大きいほど運転操作性が悪いと感じている（図110）。これは、速度が速いと歩道に乗り越えてから旋回するのが難しくなるからと思われる。

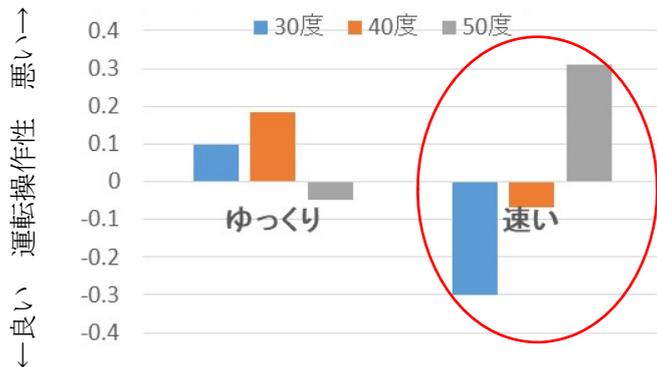


図 110 段差進入速度による評価結果 (実験B)

③ 実験C (荷物の運搬方法による評価)

4.5kg の荷物をカゴに入れた場合とハンドルに掛けた場合とでは、検体 A4 と一般用自転車では差がなく、検体M4 の評価が高い (図 111)。

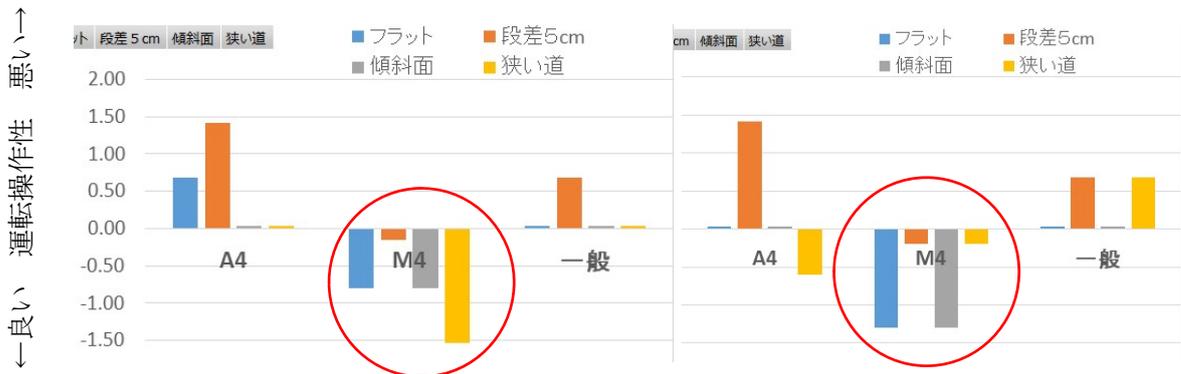


図 111 荷物の運搬方法による評価 (1) (実験C)
(左: カゴ入れ 右: ハンドル掛け)

また、狭い道では、ハンドル掛けにすると運転操作性が悪くなる結果となった (図 112)。

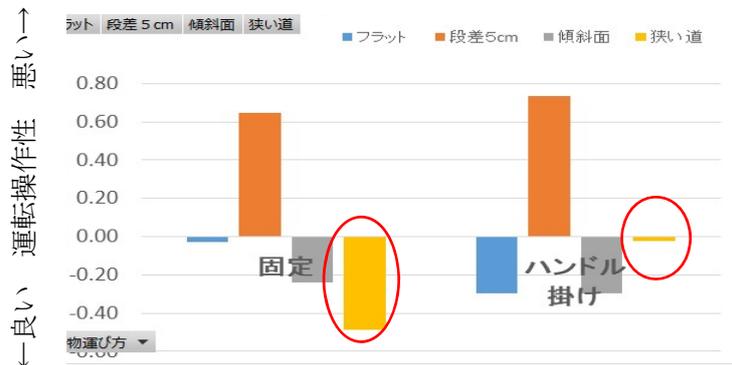


図 112 荷物の運搬方法による評価（2）（実験C）

④ 実験D（制動状況による評価）

検体A 1 と検体A 4 の比較では、検体A 4 の評価が低く、後ブレーキのみ使用した場合が最も評価が低い（図 113）。

また、ダミー人形乗せ位置別で見ると、全体の重量が重い、前後座席に乗せた場合が最も評価が低い（図 114）。

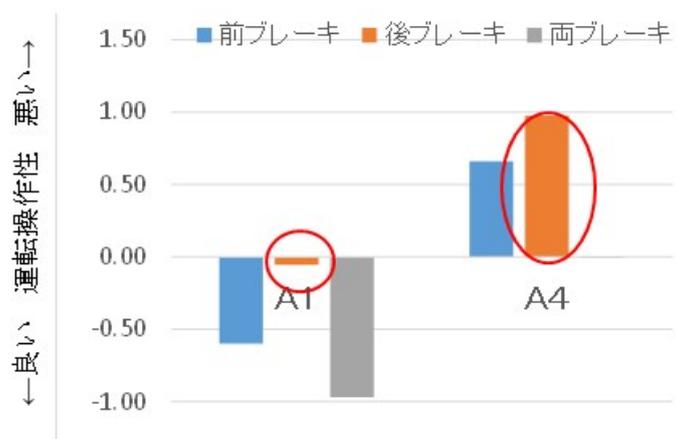


図 113 検体別制動状況評価結果（実験D）

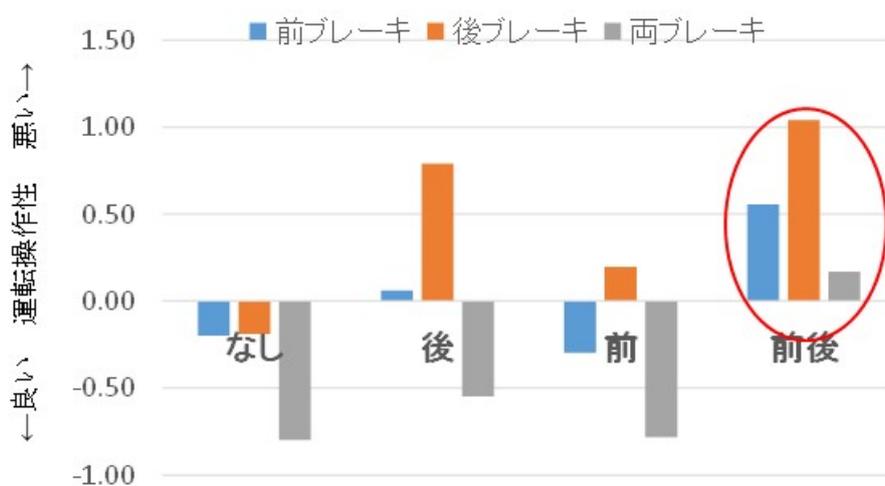


図 114 デミー人形乗せ位置別制動状況評価結果 (実験D)

(4) デミー人形乗せ位置別の評価結果

幼児座席及びサドルの取付位置と運転操作性 (段差 5 cm 走行時) の関係を表 61 に示す。幼児を前座席のみ及び後座席のみに同乗した場合の検体間の評価結果に大きな違いがみられた。

表 61 幼児座席及びサドルの取付位置と運転操作性 (段差 5 cm)

項目	A1	A2	A3	A4	M1	M2	M3	M4
運転操作性 (前座席のみ)	0.48	0.26	0.49	2.09	0.06	0.27	-0.68	0.27
運転操作性 (後座席のみ)	0.23	0.06	0.23	2.30	0.05	1.18	0.05	-0.64
運転操作性 (前後座席)	0.00	0.26	0.44	1.62	0.96	1.68	0.53	0.70
運転操作性 (全て)	0.19	0.08	0.30	1.36	0.20	0.66	-0.03	0.08
サドル-前座席距離	363	561	434	394	541	566	478	421
前座席高さ	883	686	753	724	679	758	797	784
サドル高さ設定 (運転者1)	830	870	870	870	870	870	870	870
サドル(運転者1)-前座席高さ	-53	184	117	146	191	112	73	86
サドル高さ設定 (運転者2)	810	800	800	810	810	850	740	830
サドル高さ設定 (運転者3)	810	800	800	810	810	850	770	830
サドル高さ設定 (運転者2, 3)	810	800	800	810	810	850	755	830
サドル(運転者2, 3)-前座席高さ	-73	114	47	86	131	92	-42	46
後座席高さ	576	561	593	716	661	742	595	554
自転車タイプ	後乗せ	前乗せ	後乗せ	後乗せ	前乗せ	前乗せ	前乗せ	後乗せ

参考資料 10 リヤキャリヤ部側方剛性の測定

走行実験を行う中で、特にダミー人形を後座席に乗せた場合、検体によってはリヤキャリヤ部の剛性が弱く、側方に揺れて結果的に運転操作性が悪い（運転しにくい）と感じられることが分かった。リヤキャリヤの強度は、JIS D9453:2013（自転車ーリヤキャリヤ及びスタンド）で規定されているが、これらの試験はリヤキャリヤ単体における強度である。

しかし、実際にリヤキャリヤに幼児座席を載せて幼児を同乗させる際には、フレーム（A部）や車輪のねじれ及びたわみを加味した強度を確認する必要があると考えた⁹⁴。

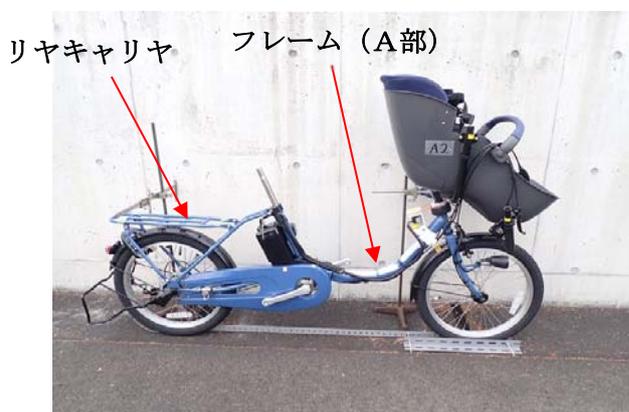


写真 26 測定装置

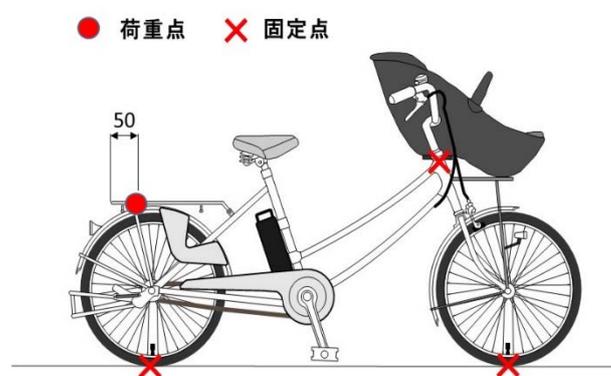


図 115 測定方法（荷重点、固定点）

また、幼児を乗せた状態での側方の揺れについては、永久変形を生じる前の弾性範囲内の剛性（加えた力／たわみ量）を求めることが有効である。

そこで、フレーム（A部）とリヤキャリヤ及び車輪等を合わせたリヤキャリヤ部の側方剛性を計測するため、写真 26 及び図 115 のような測定装置で、ハンドルステムの下部及び前後輪の接地部分の 3 箇所の側方を固定し、その状態でリヤキャリヤ後端から 50mm の位置を、フォースゲージを用いて約 200N の力で押した（写真 27）。

そして、リヤキャリヤの側方変位量をノギスで計測し、変位量とフォースゲージの計測値から、リヤキャリヤ部の側方剛性を検体ごとに求めた。比較のた

⁹⁴ 参考文献

・「フレーム・キャリヤの検証試験報告」（2012年5月（一財）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」（2008年5月（一財）自転車産業振興協会技術研究所）

め、一般用自転車の測定も行った⁹⁵。

各検体のリヤキャリヤ部の側方剛性測定結果を図 116 に示す。

幼児 2 人同乗用自転車である 8 検体のリヤキャリヤは、いずれもクラス 27（最大積載質量が 27kg (270N)、シートと着席幼児の合計）であり、リヤキャリヤ単体は十分な剛性を有しており、本測定方法によるリヤキャリヤ部の側方剛性も、一般用自転車と比較して十分に高いことが確認できた。しかし、同じ幼児 2 人同乗用自転車でも、測定した検体間の剛性は約 2 倍の差（検体 A 4 の 7.4N/mm と比較して、検体 M 4 は 15.1N/mm で約 2 倍の剛性）があることも分かった。



写真 27 フォースゲージで押している状態

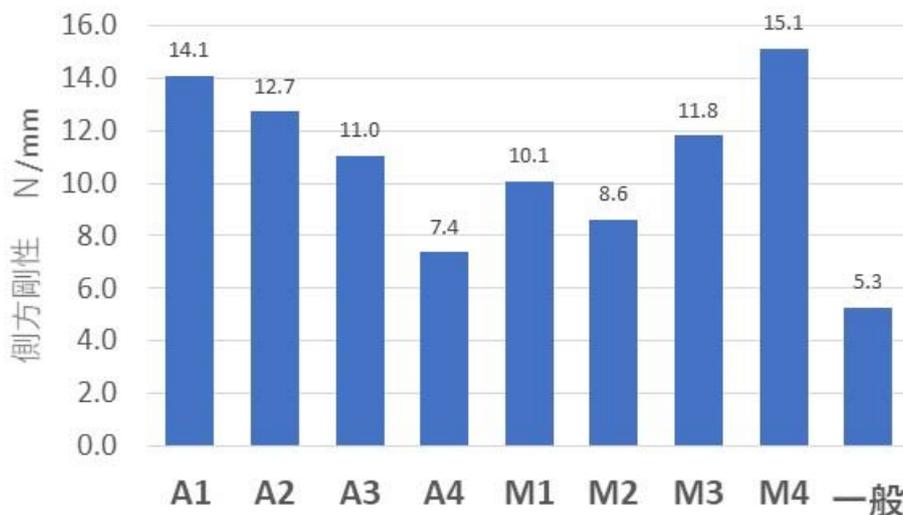


図 116 リヤキャリヤ部の側方剛性測定結果

⁹⁵ 参考文献

・「自転車フレーム体の剛性に関する調査」（1993 年 3 月（財）自転車産業振興協会技術研究所 自転車技術情報 No. 59 稲田、林）
・「フレーム各部剛性試験装置の試作」（1989 年 10 月（財）自転車産業振興協会技術研究所 技研ニュース No. 111）

参考資料 11 ハンドル操作支援機構について（実験 E）

（1）概要

近年、幼児 2 人同乗用自転車に、ハンドル操作支援機構（幼児を乗せた場合のハンドル操作を軽くするパワーステアリング）を搭載した自転車が研究されている（図 117）⁹⁶。外的要因のある環境下における走行で、このハンドル操作支援機構を装備することによってどの程度の転倒リスク低減効果を示すか確認のため、走行実験（実験 E）を行った。



図 117 操作支援システム搭載自転車（東京電機大学提供資料）

（2）実験内容

ハンドル操作支援機構の制御をオン、オフして、狭い道（フラット）、エリア 0（フラット）、エリア 2（段差 5 cm）、エリア 3（傾斜面）及び基準測定（フラット）を連続して走行した。実験 E 1 はダミー人形乗せ位置 3 通り（前座席のみ、後座席のみ、前後座席）で実施。また、実験 E 2 は、ダミー人形を後座席のみに乗せ、4.5kg の手さげ袋をハンドルに掛け及びカゴに入れた場合で走行した。走行方法を図 118、実験水準を表 62 に示す。

⁹⁶ 「幼児同乗自転車の動特性解析と安全性を改善する機構（2009 東京電機大学総合研究所年報 大野、松澤、岩瀬、貞弘）、「安全・安心・快適を実現する幼児同乗用インテリジェント自転車に関する研究」（平成 25 年 6 月 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書 岩瀬）

シートベルト：固定

実施回数：E1 18回、E2 12回

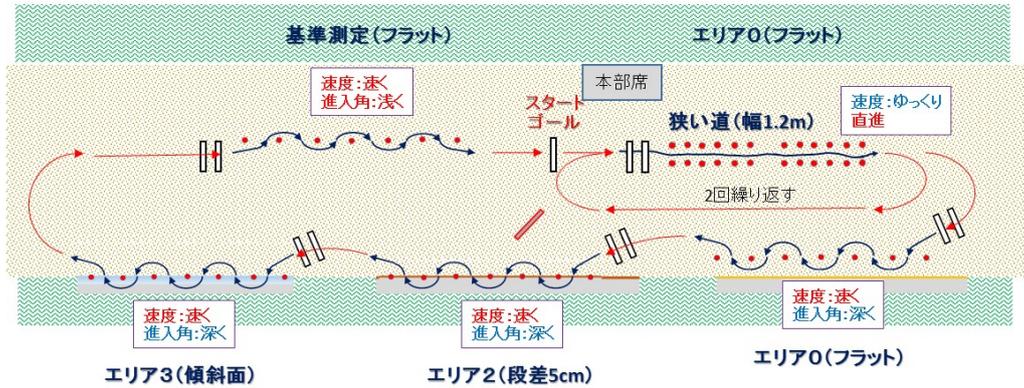


図 118 走行方法（実験E）

表 62 実験水準（実験E）

No.	ダミー人形		操作支援	運転者			No.	ダミー人形		荷物運び方		操作支援	運転者		
	前	後		1	2	3		前	後	ハンドル 掛け	カゴ		1	2	3
E1-1	○		○		○		E2-1		○	○		○		○	
E1-2	○		○			○	E2-2		○	○		○			○
E1-3	○		○	○			E2-3		○	○		○	○		
E1-4	○			○			E2-4		○	○			○		
E1-5	○					○	E2-5		○	○					○
E1-6	○				○		E2-6		○	○				○	
E1-7		○	○		○		E2-7		○		○	○		○	
E1-8		○	○			○	E2-8		○		○	○			○
E1-9		○	○	○			E2-9		○		○	○	○		
E1-10		○				○	E2-10		○		○				○
E1-11		○			○		E2-11		○		○			○	
E1-12		○		○			E2-12		○		○		○		
E1-13	○	○	○			○									
E1-14	○	○	○	○											
E1-15	○	○	○		○										
E1-16	○	○				○									
E1-17	○	○			○										
E1-18	○	○		○											

(3) 実験結果

MD値による評価結果を図 119 及び図 120 に示す。なお、基準は実験A～Cに用いた共通の基準データを用いた。図から、MD値による評価では、路

路面条件、ダミー人形乗せ位置及び荷物の載せ方によるハンドル操作支援機構の制御ON、OFFで顕著な差は見られなかった。

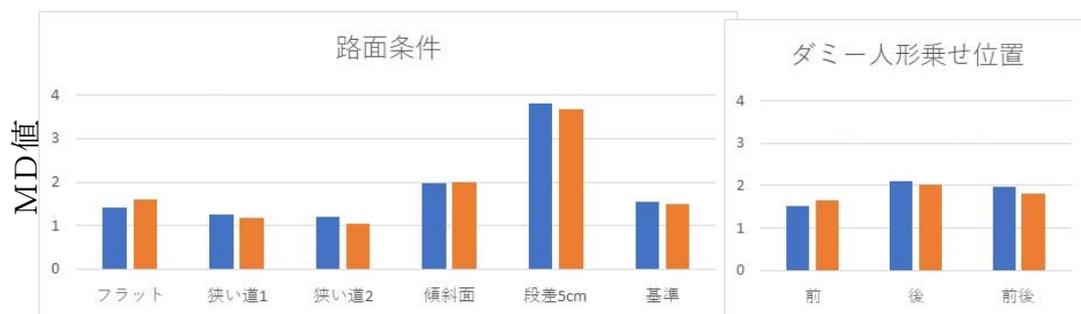


図 119 ダミー人形乗せ位置によるハンドル操作支援機構の効果 (実験 E 1)
 (ハンドル操作支援機構の制御OFFと制御ONの違い)
 ※棒グラフは、左：制御OFF、右：制御ON

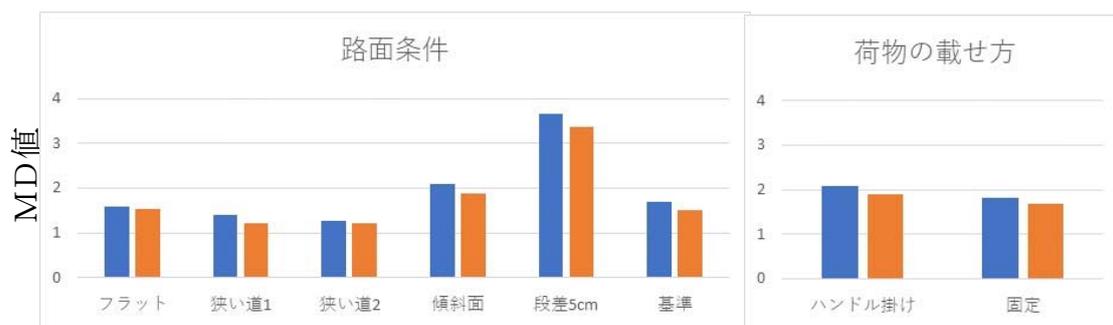


図 120 荷物の載せ方によるハンドル操作支援機構の効果 (実験 E 2)
 (ハンドル操作支援機構の制御OFFと制御ONの違い)
 ※棒グラフは、左：制御OFF、右：制御ON

この理由として、MT法による解析は、スラローム走行中の荷重、重心、ロール角及びハンドル舵角など「運転者、ダミー人形を含む運動体の状態」を時々刻々に評価したものであるが、ハンドル操作支援機構の効果は、操作に対する反力や路面からの振動としてハンドルから運転者に伝わるものが主であるがゆえに、顕著な傾向を抽出するに至らなかったと思われる。

そこで、ハンドル反力のデータは未採取であるが、ハンドル舵角データからその高周波成分を比較した。一例を図 121 に示す。上が、実験 E 2 - 4 (制御OFF)、下が実験 E 2 - 3 (制御ON) のグラフである。また、各グラフの下段に、ハンドル舵角の 2 Hz 以上、5 Hz 以上及び 10 Hz 以上の振動成分を取り出したものを示す。この例では、荷物をハンドル掛けで狭い道を走行した場合のハンドルの振動が、ハンドル操作支援機構の制御をON

にすることで、5 Hz 以上及び 10 Hz 以上の振動の振幅が小さくなっていることが分かり、本機構の効果が見られていると考えられる（図中赤枠部）。

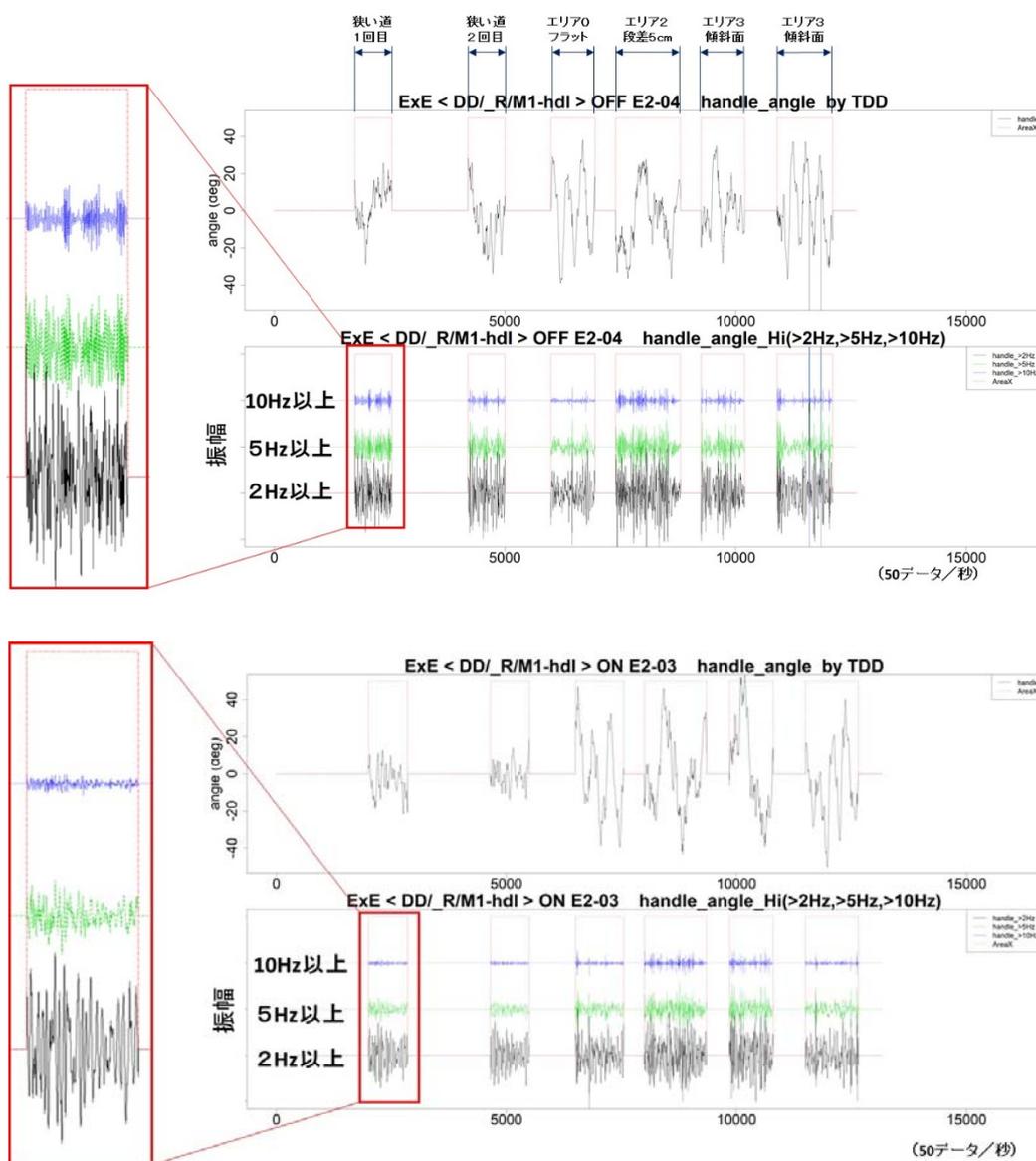


図 121 ハンドル操作支援機構の制御OFFと制御ONによる
ハンドル舵角の比較例（実験E2）

上：実験E2-4（制御OFF）、下：実験E2-3（制御ON）

また、運転者の主観評価の結果を図 122 及び図 123 に示す。図から、ダミー一人形乗せ位置にかかわらず本機構の制御をONすることで、運転操作性は向上しており、特に、荷物をハンドル掛けで狭い道を走行した場合に運転操作性が向上している結果となった（赤矢印）。

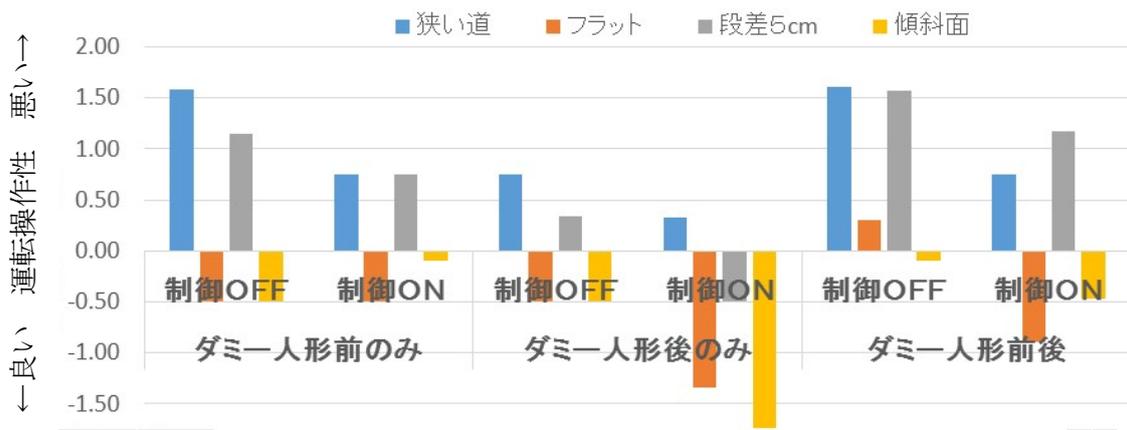


図 122 ダミー人形乗せ位置別のハンドル操作支援機構の効果（実験 E 1）
（ハンドル操作支援機構の制御OFFと制御ONの違い）

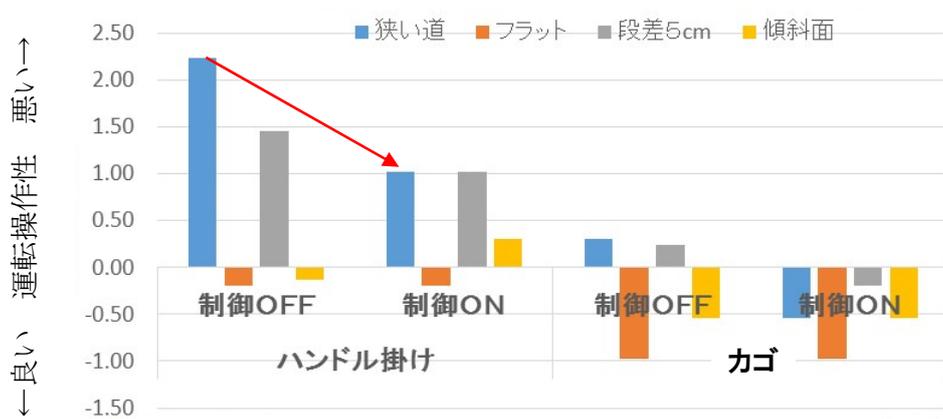


図 123 荷物の運搬方法別のハンドル操作支援機構の効果（実験 E 2）
（ハンドル操作支援機構の制御OFFと制御ONの違い）

これらの結果から、ハンドル操作支援機構は、幼児同乗中の、特に狭い道の走行などにおいて、細かいハンドル操作を支援し、運転操作性を向上する効果があると考えられる。その結果、外的要因による転倒リスクの低減に効果もある可能性が考えられることから、更なる安全性向上のための将来開発課題の1つとなり得るものとする。