

ベビーカーの乗り心地に関する感性情報評価と最適構造デザイン

(研究課題番号 14580109)

平成14年度～平成15年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))研究成果報告書

平成16年6月

研究代表者 久保 光徳
(千葉大学工学部助教授)

はしがき

感性情報の一つである乗り心地に関する研究は、多方面にわたり古くから検討およびその評価が試みられている。乗り心地に関する感性情報評価の試みは、基本的には音響工学をベースに置き、人間工学的アプローチに従って統計学を背景に実験的データ収集と分析・評価において実施されてきている。その研究対象は一般的に、乗用車、工事用車両、農作業用車両、鉄道、船舶などの高速移動機器に搭乗する、もしくはそれらを操作制御する成人が振動暴露環境におかれている状況をその研究対象としている。これまでに、多くの研究者によって積み上げられてきたデータおよび経験則をベースにして、ISO2631などに代表される乗り心地を体系的に表現する標準的な指標が作り上げられている。しかしながら、より日常的な振動環境下におけるヒトに対する同様な検討はまだ不十分であるように思える。さらには成人男性に限らない幅広い属性のヒトに対する総合的な検討はまだ手付かずの状態であると言っても過言ではないと考えている。

本研究では、ベビーカーや車椅子などの日常的な移動補助機器を使用する際の搭乗者およびその使用者(保護者や介護者など)に関わる乗り心地や使用感に注目し、その使用環境の総合的な評価と再構築を基本的な研究目的としている。その評価および再構築においては、単に人間工学や構造力学的アプローチにとらわれることなく、ベビーカーに関連する実使用環境までを含んだ諸環境特性を考慮してベビーカーに関連する乗り心地を検討し、そしてその最適デザインを目指すように心がけている。そのために本研究の流れは、「ベビーカーに要求される項目の構造の解明」、「一般道路での乗り心地を評価する感性情報評価指標の検討」、そして「ベビーカーのデザインの試み」の3つのフェーズで構成されている。第2フェーズの「一般道路での乗り心地を評価する感性情報評価指標の検討」では、直接的に乳幼児の感性情報評価することは病理的にも社会的にも多くの問題が発生することが予想され、さらに『ベビーカーも車椅子も使用の場での問題点は共通している』とする予備検討からの知見に基づいて、介護型車椅子上での成人男子による感性情報評価に置き換えた。この点は基礎的データを得るうえでは意味のあるものであったが、直接的なベビーカーの最適デザインへの展開は困難であることも事実であり、これからの大きな課題の一つともなっている。

この研究を遂行するに当たり、多方面の方に大変なご協力とご指導をいただいた。特に、筑波大学芸術学系の山中敏正助教授には、この研究領域の先駆者としての立場から、そして同時に本研究を遂行するにあたっての研究協力者として、多大なるご指導とご援助をいただいた。また、千葉大学大学院自然科学研究科の塚本千尋氏にはベビーカーに関する現状調査、ベビーカーに使用した三次元立体編物(3Dネット)に関する調査、そしてベビーカーのデザインに関して大きな協力をいただいた。また、同学デザイン工学科の稲葉正則氏には、「心拍変動(HRV)と乗り心地との関係」に関する、我々にとっては未開な領域であった研究領域において試行錯誤を繰り返しながらも積極的に測定と分析に尽力していただいた。この場を借りて、心より感謝の意を表します。

平成16年6月

研究組織

研究代表者：久保光徳（千葉大学工学部助教授）

研究協力者：山中敏正（筑波大学芸術学系助教授）

交付決定額（配分額）

（金額単位：千円）

	直接経費	間接経費	合計
平成14年度	2,200	0	2,200
平成15年度	800	0	800
総計	3,000	0	3,000

研究発表

(1) 学会誌等

Mitsunori Kubo, Fumio Terauchi, Hiroyuki Aoki and Nobuharu Kuriki,
An Investigation of Riding Comfort Established by Six Different Experiments
into Human Body Vibration, Proceeding of the 38th United Kingdom Conference
of Human Response to Vibration, Vol.38, 2003/9/17-19

(2) 口頭発表

塚本千尋，寺内文雄，久保光徳，青木弘行，
3次元立体編物を用いたベビーカーの提案，日本デザイン学会第49回研究発表大会
概要集，2002年11月24日

目次

第1章 ベビーカーの現状調査	
1.1 ベビーカーを取り巻く問題	1
1.2 ベビーカーの種類と特徴	1
1.3 チャイルドシート等の育児用具とベビーカー	3
1.4 その他の移動育児用具について	4
1.5 ベビーカー使用に関するアンケート	5
1.6 アンケート結果を考慮したベビーカーのデザイン要件	16
第2章 乗り心地に関する感性情報評価としてのHRVの可能性について	20
2.1 これまでのベビーカーと乗り心地の関係	20
2.2 心拍変動(HRV)による乗り心地評価について	21
2.3 HRVの測定	22
2.4 主観評価の測定	24
2.5 予備実験の結果と考察	25
2.6 振動伝達特性とHRV、主観評価との関係(本実験)	26
2.7 測定結果	28
2.8 乗り心地と振動伝達率との関係	44
2.9 HRVと伝達率との関係	46
2.10 HRVを感性情報評価とした乗り心地評価の可能性	47
第3章 ベビーカーの最適構造デザイン	48
3.1 トランスストローラの提案	48
3.2 プロトタイプによる検証	49
3.3 提案モデルの制作	53
3.4 トランスストローラの可能性	56
第4章 総括	58
付録 三次元立体編物の可能性	60
参考文献	

第1章 ベビーカーの現状調査

1.1 ベビーカーを取り巻く問題

日本で普及しているベビーカーは一般の道路上での使用を前提に作られている。しかし実際はもっと広い範囲で使用されており、電車やバスなどの車内やそれらの施設にあるエスカレータや階段で本来とは違った使われ方をされていることがある(図1)。そのため、ベビーカーの利用者には不便や危険が生じている。福祉先進国であるフィンランドでは、公共交通機関にベビーカーを固定するスペースが確保されていてそのまま乗ることができたり、歩道や公共施設への出入り口の段差をなくしたり、スロープを設けていることから、大型のしっかりしたベビーカーが普及している。日本はそのような環境が整っていないために、折りたたみ式ベビーカーが普及していると言える。しかしながら、子供をおろして折りたたむときに不都合が生じることが多く、実際に子供を担いでベビーカーを持って階段を昇り降りすることは大変なだけでなく危険である。



図1 階段でのベビーカーの使用状態

1.2 ベビーカーの種類と特徴

現在日本で販売されているベビーカーには一般的にA型・B型という分類が存在する。これは製品安全協会の認定基準(SG基準)による分類で、主に使用月齢による乳幼児の身体発育やベビーカーの使用方法の変化にあわせたものであり、それぞれの要件は以下に示す通りである(表1)。A型は生後2ヶ月から使えるように設計されているため、衝撃や振動に対して強い反面機構が複雑で重たく、寝かせた状態、対面式で使用できるものが一般的である。B型は生後7ヶ月になってから使えるもので、機構が単純な分だけA型よりも軽く、走行性や持ち運びがしやすい傾向にある。

表 1 SG 基準によるベビーカーの分類

A型		B型
寝かせた状態で使用	タイプ	背もたれに寄りかけて座らせて使用
生後2ヶ月～満2歳まで	使用月齢	生後7ヶ月～満2歳まで
2時間以内	望ましい連続使用時間	1時間以内
リクライニング機構があって、最も倒したときの角度が130度以上	背もたれの角度	110度以上 リクライニング機構がなくてもよい
180mm以上	タイヤの径	115mm以上
70%以上	振動吸収率	50%以上

コンビ <http://www.combi.co.jp/>



図 2-1 コンビ A 型ベビーカー



図 2-2 コンビ B 型ベビーカー

製品安全協会による認定基準は日本国内のもので、認定取得はメーカーの自主的なものであるため、輸入品をはじめとしてこの基準には該当しないタイプのものが存在する。以下に特徴的なベビーカーを列挙する。

アンブレラストローラー

SG 基準の B 型ベビーカーに近いものであるが、簡素な機構により軽量で安価なためロングセラーとなっている。名前の通り折りたたむと傘状になり腕にかけて持ち運べる。



図 3 アンブレラストローラー

使用月齢：7ヶ月～満2歳頃

スチール、ポリエステル製

サイズ使用時：420×780×920mm

収納時：160×210×1020mm

重量：3.8kg

ジョギングストローラー

ジョギングをしながら使用できることを目的に開発されたベビーカーで、自転車と同じ空中タイヤとスポーク式大径ホイールを装着しているほか、ハンドブレーキを装備するなどジョギングでの安全な走行を可能にしている。大きくて頑丈である。



図4 ミズタニ ジョギングストローラー

使用月齢：7ヶ月～20kgまで

ジョギングでの使用は1歳から

サイズ使用時：560×1100×1000mm

収納時：560×460×820mm

重量：9.5kg

バックパックストローラー

背負い子に車輪がついたベビーカー。登山などにも使えるためバックパックメーカーからも製品が出されている。ベビーカーごと子供を背負うため非常に軽く作られている。



図5 マンテン おんぶっこバギー

サイズベビーカー時：385×600×840mm

背負子時：385×260×565mm

重量：2.4kg

1.3 チャイルドシート等の育児用具とベビーカー

国内では2000年4月1日より自動車に乗車する幼児にチャイルドシートを使用させるという内容の道路交通法が施行されたため、近年ではチャイルドシートに展開できるベビーカーなどが商品化されている。三次元立体編物をシートファブリックとして用いたチャイルドシートである東海理化のpaopaoシリーズはベビーカーフレームのpaopaoバギーに装着することでベビーカーとしての使用が可能である（図6）。また、一台でA型ベビーカーからベビーカー、ベビーカーシート、そしてB型ベビーカーへの展開が可能なものもある（図7）。



図 6-1 東海理化 paopao ベビー



図 6-2 東海理化 paopao バギー



図 7 左からベビーシート、ベビーキャリア、A 型、B 型ベビーカーでの使用状態
コンビ Do Kids 4

1.4 その他の移動育児用具について

子守帯

帯紐で母親や父親の体に子供を括りつけて移動するものである。ヨコ抱っこ、タテ抱っこ、おんぶ、前向き抱っこ、対面抱っこなどができるものがあり、それぞれ対象月齢も異なってくる。ヨコ抱っこは生後 0 ヶ月から、タテ抱っことおんぶは首がすわってから、前向き・対面抱っこは腰がすわってからというように子供の体の成長にあわせて選ぶ必要がある。それぞれ体重の上限もあり、おんぶや抱っこをする母親への負担も考えられている。



図 8 コンビ ニンナンナかるがるキャリアー

背負子

腰がすわってからの使用が可能である。前向き・後ろ向きのおんぶができる。主に父親が使うことを前提に作られている。



図9 コンビ ニンナナンナスティックキャリア

1.5 ベビーカー使用に関するアンケート

1.5.1 目的

前節で触れてきたように移動用育児用具には様々な製品が存在する。現在ベビーカーを使用している母親数人に聞き込み調査を行ったところ、製品の購買や使用はそれぞれの家庭の生活環境や行動パターン、子供の成長と大きく関わっていて、それにより製品に要求されることが異なること分かった。そこで、既存のベビーカー等の製品がどのような環境で用いられ、どのような問題や不満が生じているのかを行動パターン等と関連づけて把握するためのアンケートを実施した。

アンケートは大きく分けて「ベビーカー等使用関連項目」と「生活行動関連項目」から成っている。それぞれに対する回答パターンを分析することにより、ベビーカー等の使用状況やそれに伴う問題点と生活行動の関係を明らかにした。

1.5.2 生活行動関連項目の立案

ベビーカーは乳幼児を外出させる際に用いる移動用具である。そのため、主な外出先や利用する交通手段、外出の起点となる居住環境によって使用に適しているベビーカー等が異なり、それが購買動機や製品に対する不満の原因となるものと予想できる。ベビーカー使用に関する不満や問題を把握するには、まずそれを明確にする必要がある。

(1) 居住環境

一戸建て、マンションや団地等の中高層住宅の別、中高層住宅については住んでいる階とエレベーターの有無を問う。例えば中高層住宅に住んでいる場合で、住居に至るまでに階段を使う必要がある場合はベビーカーが荷物になってしまうため、大型のベビーカーを所有していない可能性が考えられる。

(2) 利用する交通手段

電車やバス等公共交通機関を主に利用している場合と主に自家用車を使って移動している場合にベビーカーの使用状況に違いがあるのか、それがベビーカーを使用する際の不満と関係しているのかを探る。また、徒歩や自転車での外出頻度とベビーカーの利用の相関性も探る。

(3) 外出頻度

例えば外出が多い方が軽くて持ち運びやすいものを好むかなど、外出頻度と使用しているベビーカーの種類やベビーカーに求める機能などの相関性を探る。また、ベビーカーには連続使用時間の

上限が定められているものが多いため、一回当たりの外出時間の調査も合わせて行う。

(4) 出かける場所

外出先として頻度の多い場所がベビーカーの使用に適した場所であるかどうか、使用しているベビーカー等の種類や不満などと関係しているのかを明らかにする。

1.5.3 ベビーカー等使用関連項目の立案

前章では、ベビーカーにはそれぞれ使用目的や使用月齢に合わせて様々な機構や特徴があることに触れてきた。そして、それが前節で挙げたような使用者の生活行動パターンに適していないものであれば、機能や使用感に対する不満が浮かび上がってくると考えられる。また本研究では、新しい機能によってベビーカーに関連する問題を解決することを目的としているため、既存製品の枠にとどまった評価項目にならないように、事前調査から新しいベビーカーには付加できると考えられる機能項目を加え、ベビーカーの評価項目とした。

【ベビーカーの持ち運びに関する項目】

- 重さ
- 大きさ
- 持ち運びやすさ
- 他の荷物との持ちやすさ

【ベビーカー使用時に関する項目】

- 安定感
- 振動の大きさ
- 夏の通気性
- 冬の保温性

【メンテナンスに関する項目】

- 収納のしやすさ
- 洗濯のしやすさ

アンケートではこれらの項目に対して4段階の満足度で回答してもらった。また、使用者が自ら比較検討して購入した場合と、他人から譲り受けるなどで選択の余地なく使用している場合では、製品に対する満足度に差が出ると予想できたので、その影響を明確にするために入手方法の回答項目も設けた。これにより、入手方法が購入によるものであれば、その決定理由が機能やデザインなのか、あるいは価格なのかを明らかにし、それを実際に使用した場合、項目ごとの満足度とどのように関連してくるのかを探った。また、購入に際しては他の育児経験者の意見やマスコミの推薦を参考にしているかを明らかにした。

1.5.4 アンケートの実施方法

近頃の傾向としては父親が育児に参加することはめずらしいことではないが、男女の身体特徴差

による違い、父親と母親の子供と接する時間、育児に携わる時間の差が集計結果に影響すると考えられるため、アンケートの対象は現在乳幼児を持つ母親に限定した。

アンケートの配付には千葉市花見川区検見川の私立保育園と、千葉市花見川区こてはし台の公立保育園に協力していただいた。2カ所で配付を行うことで地域差による傾向を見ることができると考えた。2つの地域は同一市区内であるが、検見川は JR 総武線沿線に位置し鉄道を利用しやすく中高層住宅が多い地域であり、こてはし台は京成電鉄勝田台駅・東葉高速鉄道東葉勝田台駅よりバスで 15 分程に位置する一戸建てが多い住宅地区であるというように、交通や住環境の面で違った性質を持つことが期待できた。

1.5.5 アンケートの集計と考察

合計 94 名からの有効回答を得た。そのうち一番下の子供が 4 才児以上でベビーカーを使っていないと回答していた 23 名をはずした 71 名で集計を行った（表 2-1）。保育園の性質上、回答者がワーキングマザーに偏ってしまっていることを注記しておく。

表 2-1 回答者の集計

集計		集計	
調査地	計	子供の人数	計
1検見川	45	1	31
2こてはし	27	2	28
総計	72	3	9
		4	4
データ	計	総計	72
平均：外出頻度・週	2.8		
平均：一回の外出時間	2.9	平均：子供の人数計	
最大値：一回の外出時間	12	計	1.8

(1) 使用しているベビーカー等と生活パターンの関係

住宅環境と使用しているベビーカーの種類には明らかな関係性は見られなかった。しかし、ベビーカー等を所有していない人の半数がエレベーターのない集合住宅の 2 階以上に住んでいることが分かる（表 2-2）。

また、よく出かける場所や移動手段の間にも関係性は見られなかった（表 2-3、2-4、2-5）。こ

表 2-2 住環境と使用しているベビーカーの種類

*EV=エレベーター

データ	住居		フロア												2 団地・総計	
	1 一戸建て		2 団地・マンション等										EV有 計			
	EV無	一般住宅	EV無					EV有								
	2	(空白)	1	2	3	4	5	3	6	7	12	(空白)				
A型ベビーカー	1	9	10	5	5	1	0	11	0	2	0	1	0	3	14	24
B型ベビーカー	0	17	17	3	6	0	1	10	1	1	1	0	1	4	14	31
アンプレラストローラー	0	6	6	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	7
ジョギングストローラー	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
背負い子ベビーカー	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
背負い子	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
子守帯	1	11	12	1	3	0	0	4	0	2	0	0	0	2	6	18
*二世帯住宅など																
使っていない(3歳以下)	1	6	7	2	3	2	1	8							8	15
回答者数の総計	2	34	36	9	12	4	3	1	29	1	3	1	1	1	7	72

れとあわせて、圧倒的にA型・B型ベビーカーを使っている人が多いことから、ライフスタイルや住環境にあわせてベビーカーを選ぶということは稀なことで、A型・B型を子供の月齢にあわせて使用する人が多いことが明らかとなった。

表 2-3 移動手段ごとの利用頻度と使用しているベビーカーの種類

	1電車				
データ	1 使わない	2 時々使う	3 よく使う	(空白)	総計
A型ベビーカー	8	15	0	1	24
B型ベビーカー	11	17	2	1	31
アンブレラストローラ	2	4	0	1	7
背負い子ベビーカー	1	0	0	0	1
背負い子	0	2	0	0	2
子守帯	6	11	0	1	18

	2バス					
データ	1 使わない	2 時々使う	3 よく使う	4 日常的に使う	(空白)	総計
A型ベビーカー	16	5	2	0	1	24
B型ベビーカー	18	9	1	1	2	31
アンブレラストローラ	4	2	0	0	1	7
背負い子ベビーカー	1	0	0	0	0	1
背負い子	2	0	0	0	0	2
子守帯	11	3	2	0	2	18

	3自家用車					
データ	1 使わない	2 時々使う	3 よく使う	4 日常的に使う	(空白)	総計
A型ベビーカー	0	2	1	21		24
B型ベビーカー	2	1	9	19		31
アンブレラストローラ	0	0	0	7		7
背負い子ベビーカー	0	0	0	1		1
背負い子	0	0	0	2		2
子守帯	1	3	3	11		18

	5徒歩					
データ	1 使わない	2 時々使う	3 よく使う	4 日常的に使う	(空白)	総計
A型ベビーカー	1	7	4	11	1	24
B型ベビーカー	1	13	6	10	1	31
アンブレラストローラ	0	3	0	3	1	7
背負い子ベビーカー	0	1	0	0	0	1
背負い子	0	0	0	2	0	2
子守帯	0	8	2	6	2	18

表 2-4 外出頻度と使用しているベビーカーの種類

	外出頻度・週					
データ	1	2	3	4	7	総計
A型ベビーカー	5	11	3	0	5	24
B型ベビーカー	7	17	2	1	4	31
アンブレラストローラ	0	3	2	0	2	7
背負い子ベビーカー	0	1	0	0	0	1
背負い子	0	2	0	0	0	2
子守帯	4	9	1	0	4	18

表 2-5 外出先の頻度と使用しているベビーカーの種類

		1スーパー、商店				
データ	2 あまり行かない	3 時々行く	4 よく行く	総計		
A型ベビーカー	1	5	18	24		
B型ベビーカー	0	10	21	31		
アンブレラストローラー	1	2	4	7		
背負い子ベビーカー	0	1	0	1		
背負い子	0	0	2	2		
子守帯	1	6	11	18		
		2公園				
データ	1 ほとんど行かない	2 あまり行かない	3 時々行く	4 よく行く	総計	
A型ベビーカー	2	4	11	7	24	
B型ベビーカー	2	3	21	5	31	
アンブレラストローラー	1	1	2	3	7	
背負い子ベビーカー	0	0	0	1	1	
背負い子	0	0	2	0	2	
子守帯	1	1	13	3	18	
		3病院等				
データ	1 ほとんど行かない	2 あまり行かない	3 時々行く	4 よく行く	総計	
A型ベビーカー	5	11	6	2	24	
B型ベビーカー	4	8	14	4	30	
アンブレラストローラー	1	1	4	1	7	
背負い子ベビーカー	0	0	1	0	1	
背負い子	1	1	0	0	2	
子守帯	2	7	6	3	18	
		4遊園地、イベント				
データ	1 ほとんど行かない	2 あまり行かない	3 時々行く	4 よく行く	総計	
A型ベビーカー	4	4	15	1	24	
B型ベビーカー	7	7	16	0	30	
アンブレラストローラー	2	3	2	0	7	
背負い子ベビーカー	1	0	0	0	1	
背負い子	0	0	2	0	2	
子守帯	3	6	9	0	18	
		5海や山				
データ	1 ほとんど行かない	2 あまり行かない	3 時々行く	4 よく行く	総計	
A型ベビーカー	11	7	5	1	24	
B型ベビーカー	13	7	10	0	30	
アンブレラストローラー	3	2	2	0	7	
背負い子ベビーカー	1	0	0	0	1	
背負い子	0	1	1	0	2	
子守帯	9	6	3	0	18	

(2) 公共交通の利用に関する集計と考察

電車やバスをよく利用する人がとても少ないことが分かった。両地域の居住者の多くが通勤や通学に公共交通を利用していることと比べると以外な結果である。両地域の差に着目してみると、こてはし台よりも検見川の方が電車を使う人が多い。より都心に近づくことで電車利用者は増えることが推測できる(表 2-6)。

また、こてはし台での電車内での満足度が検見川と比較すると著しく低いことが読み取れる(表 4-7)。「駅やデパートでベビーカー使用禁止のところではその度にベビーカーをたたんで子供を抱

っこするのが不便」という意見もあり、こてはし台付近を通る民鉄2社がベビーカーの電車内での使用を過去に禁止していた(平成11年1月1日より廃止)ことが関係していると思われる。また、バスの利用に関しては1/3以上の人々が「使わない」のに「不便である」と回答した。「バスは不便だから使わない」という考えが読み取れる(表2-7)。

これらのことを総合して考察すると、公共交通機関は小さな子供をつれて利用するにはとても不便なため、結果的に自家用車での移動が多くなると考えられる。

表 2-6 調査地別移動手段の利用頻度

集計	調査地			集計	調査地		
1階段	1検見川	2こてはし	総計	4電車内	1検見川	2こてはし	総計
1 不便である	22	11	33	1 不便である	15	5	20
2 やや不便	17	12	29	2 やや不便	17	18	35
3 ほぼ満足	5	3	8	3 ほぼ満足	9	1	10
4 満足している	1	1	2	4 満足している	1		1
総計	45	27	72	(空白)	3	3	6
				総計	45	27	72
集計	調査地			集計	調査地		
2エスカレーター	1検見川	2こてはし	総計	5駅ホーム	1検見川	2こてはし	総計
1 不便である	6	3	9	1 不便である	13	6	19
2 やや不便	16	10	26	2 やや不便	20	15	35
3 ほぼ満足	19	12	31	3 ほぼ満足	8	3	11
4 満足している	3	2	5	4 満足している	1		1
(空白)	1		1	(空白)	3	3	6
総計	45	27	72	総計	45	27	72
集計	調査地			集計	調査地		
3歩道段差	1検見川	2こてはし	総計	6バスの乗り降	1検見川	2こてはし	総計
1 不便である	18	6	24	1 不便である	30	10	40
2 やや不便	19	14	33	2 やや不便	10	14	24
3 ほぼ満足	5	7	12	3 ほぼ満足	3	1	4
(空白)	3		3	(空白)	2	2	4
総計	45	27	72	総計	45	27	72

表 2-7 調査地別場所ごとの満足度

集計	調査地			集計	調査地		
1電車	1検見川	2こてはし	総計	4自転車	1検見川	2こてはし	総計
1 使わない	11	18	29	1 使わない	16	15	31
2 時々使う	30	8	38	2 時々使う	12	6	18
3 よく使う	3		3	3 よく使う	6	4	10
(空白)	1	1	2	4 日常的に使う	10	2	12
総計	45	27	72	(空白)	1		1
				総計	45	27	72
集計	調査地			集計	調査地		
2バス	1検見川	2こてはし	総計	5徒歩	1検見川	2こてはし	総計
1 使わない	24	21	45	1 使わない		3	3
2 時々使う	14	5	19	2 時々使う	17	9	26
3 よく使う	4		4	3 よく使う	7	7	14
4 日常的に使う	1		1	4 日常的に使う	21	6	27
(空白)	2	1	3	(空白)		2	2
総計	45	27	72	総計	45	27	72
集計	調査地			集計	調査地		
3自家用車	1検見川	2こてはし	総計				
1 使わない	2		2				
2 時々使う	3		3				
3 よく使う	13	2	15				
4 日常的に使う	27	25	52				
総計	45	27	72				

(3) ベビーカーの項目別満足度

A型ベビーカーは全体的に満足度が低い(表2-8)。A型は持ち運びに関する項目での不満が特に多い。これはA型ベビーカーがB型ベビーカーやアンブレラストローラーと比較して自分で購入している人の割合が少なく、また、購入理由としてもB型ベビーカー・アンブレラストローラーが「持ち運びやすさ」や「邪魔にならない」など機能的な面を挙げている使用者が多いのに対して、A型は機能面で選んでいる人が少ないことと関係していると考えられる(表2-9、2-10)。A型の項目別満足度を電車の利用頻度とくらべてみると、電車をよく使う人ほど「持ち運びやすさ」や「他の荷物との持ちやすさ」に不満を持つ傾向にあり、B型よりもその傾向が強い(表2-11、2-13)。使用時の振動に関しては徒歩で出かけることが多い人ほど不満を感じている傾向にある(表2-14)。

A型・B型共通して不満が多かったのは洗濯のしやすさという項目である。「洗濯できるものとは思っていなかった」という意見もあり、子供の触れる部分だけではなく洗えるベビーカーのニーズが潜在的にあるものと考えられる。

表 2-8 ベビーカーの項目別満足度

A 型ベビーカー

	不満である	やや不満	ほぼ満足	満足している
重さ	9	12	9	
大きさ	4	14	11	1
使用時の安定感		5	18	7
使用時の振動	1	7	20	1
持ち運びやすさ	10	17	3	
他の荷物との持ちやすさ	13	9	7	1
収納のしやすさ	9	12	9	
洗濯のしやすさ	11	11	8	
夏の通気性	3	18	9	
冬の保温性	1	14	15	

B 型ベビーカー

	不満である	やや不満	ほぼ満足	満足している
重さ		5	18	8
大きさ		1	23	7
使用時の安定感	1	7	20	3
使用時の振動		12	17	2
持ち運びやすさ	2	9	13	7
他の荷物との持ちやすさ	4	11	12	4
収納のしやすさ	1	11	14	5
洗濯のしやすさ	5	16	8	2
夏の通気性	1	10	18	2
冬の保温性	3	12	14	2

アンブレラストローラー

	不満である	やや不満	ほぼ満足	満足している
重さ		2	5	2
大きさ		2	5	2
使用時の安定感		3	5	1
使用時の振動		5	3	1
持ち運びやすさ	1	3	2	3
他の荷物との持ちやすさ		4	3	2
収納のしやすさ	1	2	4	2
洗濯のしやすさ	4	2	1	2
夏の通気性			5	4
冬の保温性	3	3	1	2

表 2-9 ベビーカーごとの入手方法

A型					
集計	入手				
	1 購入した	2 譲り受けた	3 借りた	4 プレゼント	総計
計	14	11	4	1	30
B型					
集計	入手2				
	1 購入した	2 譲り受けた	3 借りた	4 プレゼント	総計
計	24	4	1	3	32
アンブレラ					
集計	入手3				
	1 購入した	2 譲り受けた	総計		
計	8	1	9		

表 2-10 ベビーカーごとの購買決定理由

A型		B型		アンブレラ	
データ	計	データ	計	データ	計
店頭で見て	12	店頭で見て	15	店頭で見て	6
知人のすすめ	1	知人のすすめ	0	知人のすすめ	0
値段が安かった	5	値段が安かった	8	値段が安かった	4
テレビや雑誌で見て	1	テレビや雑誌で見て	2	テレビや雑誌で見て	0
持ち運びが楽	1	持ち運びが楽	9	持ち運びが楽	4
デザインがいい	3	デザインがいい	4	デザインがいい	1
ブランド	3	ブランド	3	ブランド	0
邪魔にならない	0	邪魔にならない	3	邪魔にならない	2

表 2-11 電車の利用頻度と A 型ベビーカーの項目別満足度

集計	1電車				総計
持ち運びやすさ	1 使わない	2 時々使う	3 よく使う	(空白)	総計
1 不満である	2	7		1	10
2 やや不満	7	9	1		17
3 ほぼ満足	2	1			3
総計	11	17	1	1	30

集計	1電車				総計
他の荷物との持ちやすさ	1 使わない	2 時々使う	3 よく使う	(空白)	総計
1 不満である	4	7	1	1	13
2 やや不満	2	7			9
3 ほぼ満足	5	2			7
4 満足している		1			1
総計	11	17	1	1	30

集計	1電車				総計
大きさ	1 使わない	2 時々使う	3 よく使う	(空白)	総計
1 不満である	2	1		1	4
2 やや不満	4	9	1		14
3 ほぼ満足	5	6			11
4 満足している		1			1
総計	11	17	1	1	30

集計	1電車				総計
重さ	1 使わない	2 時々使う	3 よく使う	(空白)	総計
1 不満である	3	5		1	9
2 やや不満	5	6	1		12
3 ほぼ満足	3	6			9
総計	11	17	1	1	30

集計	1電車				総計
収納のしやすさ	1 使わない	2 時々使う	3 よく使う	(空白)	総計
1 不満である	3	4	1	1	9
2 やや不満	6	6			12
3 ほぼ満足	2	7			9
総計	11	17	1	1	30

集計	1電車				
収納のしやすさ	1 使わない	2 時々使う	3 よく使う	(空白)	総計
1 不満である			1		1
2 やや不満	4	5		2	11
3 ほぼ満足	6	7		1	14
4 満足している	1	4			5
総計	11	17		2	31

表 2-12 電車の利用頻度と B 型ペーパークーの項目別満足度

集計	1電車				
持ち運びやすさ	1 使わない	2 時々使う	3 よく使う	(空白)	総計
1 不満である			1	1	2
2 やや不満	3	5		1	9
3 ほぼ満足	6	6		1	13
4 満足している	2	5			7
総計	11	17		2	31

集計	1電車				
他の荷物との持ちやすさ	1 使わない	2 時々使う	3 よく使う	(空白)	総計
1 不満である			3	1	4
2 やや不満	5	5		1	11
3 ほぼ満足	5	6		1	12
4 満足している	1	3			4
総計	11	17		2	31

集計	1電車				
大きさ	1 使わない	2 時々使う	3 よく使う	(空白)	総計
2 やや不満			1		1
3 ほぼ満足	9	11		2	23
4 満足している	2	5			7
総計	11	17		2	31

集計	1電車				
重さ	1 使わない	2 時々使う	3 よく使う	(空白)	総計
2 やや不満	1	3	1		5
3 ほぼ満足	7	9	1	1	18
4 満足している	3	5			8
総計	11	17		2	31

表 2-13 徒歩での外出頻度と A 型ベビーカーの項目別満足度

集計	5徒歩					
他の荷物との持ちやすさ	1 使わない	2 時々使う	3 よく使う	4 日常的に使う	(空白)	総計
1 不満である	1	2	1	7	2	13
2 やや不満		4	1	4		9
3 ほぼ満足		3	2	2		7
4 満足している				1		1
総計	1	9	4	14	2	30

集計	5徒歩					
3使用時の安定感	1 使わない	2 時々使う	3 よく使う	4 日常的に使う	(空白)	総計
やや不満				4	1	5
3 ほぼ満足		6	3	8	1	18
4 満足している	1	3	1	2		7
総計	1	9	4	14	2	30

集計	5徒歩					
使用時の振動	1 使わない	2 時々使う	3 よく使う	4 日常的に使う	(空白)	総計
1 不満である				1		1
2 やや不満				6	1	7
3 ほぼ満足	1	8	3	7	1	20
4 満足している		1				1
総計	1	9	3	14	2	29

表 2-14 徒歩での外出頻度と B 型ベビーカーの項目別満足度

集計	5徒歩					
他の荷物との持ちやすさ	1 使わない	2 時々使う	3 よく使う	4 日常的に使う	(空白)	総計
1 不満である	1	2	1	7	2	13
2 やや不満		4	1	4		9
3 ほぼ満足		3	2	2		7
4 満足している				1		1
総計	1	9	4	14	2	30

集計	5徒歩					
使用時の安定感	1 使わない	2 時々使う	3 よく使う	4 日常的に使う	総計	
1 不満である		1				1
2 やや不満		2	4	1	7	
3 ほぼ満足	1	9	2	8	20	
4 満足している		2		1	3	
総計	1	14	6	10	31	

集計	5徒歩					
使用時の振動	1 使わない	2 時々使う	3 よく使う	4 日常的に使う	総計	
2 やや不満		3	5	4	12	
3 ほぼ満足	1	10	1	5	17	
4 満足している		1		1	2	
総計	1	14	6	10	31	

(4) 他の荷物との持ちやすさについて

B 型・アンブレラストローラーともに「持ち運びが楽」を購入理由に挙げている人の「持ち運びやすさ」の満足度は高いが、「他の荷物との持ちやすさ」の満足度は低く、実際に使用する場面ではこれらが別の問題であることが分かる(表 4-9)。また、アンブレラストローラーは邪魔にならないからを購入理由に挙げている場合、「収納のしやすさ」に満足していても「他の荷物との持ち

やすさ」には不満を持っており、これらも別の問題であることが分かる（表 4-10）。

表 2-9 B型ベビーカー

		持ち運びやす				
データ	1 不満である	2 やや不満	3 ほぼ満足	4 満足している	総計	
店頭で見て	2	4	7	2	15	
値段が安かった	0	3	3	2	8	
持ち運びが楽	0	1	3	5	9	
		他の荷物との				
データ	1 不満である	2 やや不満	3 ほぼ満足	4 満足している	総計	
店頭で見て	2	6	7	0	15	
値段が安かった	1	2	4	1	8	
持ち運びが楽	0	3	4	2	9	
邪魔にならない	0	0	2	1	3	
		収納のしやす				
データ	1 不満である	2 やや不満	3 ほぼ満足	4 満足している	総計	
店頭で見て	1	5	8	1	15	
値段が安かった	1	1	5	1	8	
邪魔にならない	0	0	2	1	3	

表 2-10 アンブレラストローラー

		持ち運びやす				
データ	1 不満である	2 やや不満	3 ほぼ満足	4 満足している	総計	
店頭で見て	0	2	2	2	6	
値段が安かった	1	2	0	1	4	
持ち運びが楽	0	2	0	2	4	
		他の荷物との				
データ	1 不満である	3 ほぼ満足	4 満足してい	総計		
店頭で見て	2	2	2	6		
値段が安かった	3	1	0	4		
持ち運びが楽	2	1	1	4		
邪魔にならない	1	0	1	2		
		収納のしやす				
データ	1 不満である	2 やや不満	3 ほぼ満足	4 満足している	総計	
店頭で見て		1	3	2	6	
値段が安かった		1	3	0	4	
邪魔にならない		0	1	1	2	

(5) 子守帯とベビーカーの併用について

子守帯の使用者は 71 名中 18 名と少なかったが、うち 17 名は A 型・B 型ベビーカー、アンブレラストローラーのいずれかとの併用であった。外出時にベビーカーを使用できない場所や場面で、子守帯に寄せ換えて使用されていることが分かった。

1.6 アンケート結果を考慮したベビーカーのデザイン要件

ここまでのアンケート調査およびそれに対する集計・評価の結果，下に示すデザイン要件が求められた(表 3)。このデザイン要件の階層構造を明らかにするためにグラフ理論の一つである DEMATEL 法に従って，それぞれのデザイン要件間の影響度の相互関係を模式化することを試みた。

表3 ベビーカーのデザイン要件

ベビーカーの評価項目	子守帯の評価項目
押しやすさ	デザインがいい・色が豊富
開閉しやすさ	洗濯ができる
乗せおろしやすさ	お母さんの着け心地がよい
コンパクト収納	赤ちゃんの安定感
持ち運びやすさ	父親も使える
重さ	着脱が楽
大きさ	軽さ
使用時の安定感	コンパクトさ
使用時の振動	
使用時の動かしやすさ	
他の荷物との持ちやすさ	
通気性がいい	
保温性がある	

DEMATEL 法を用いるにあたり，下表のようにデザイン要件の内容を端的に表す文章化を行い，それぞれの要件間の影響の大きさを本研究担当者(5名)によるグループミーティングを通して決定した(表4)。

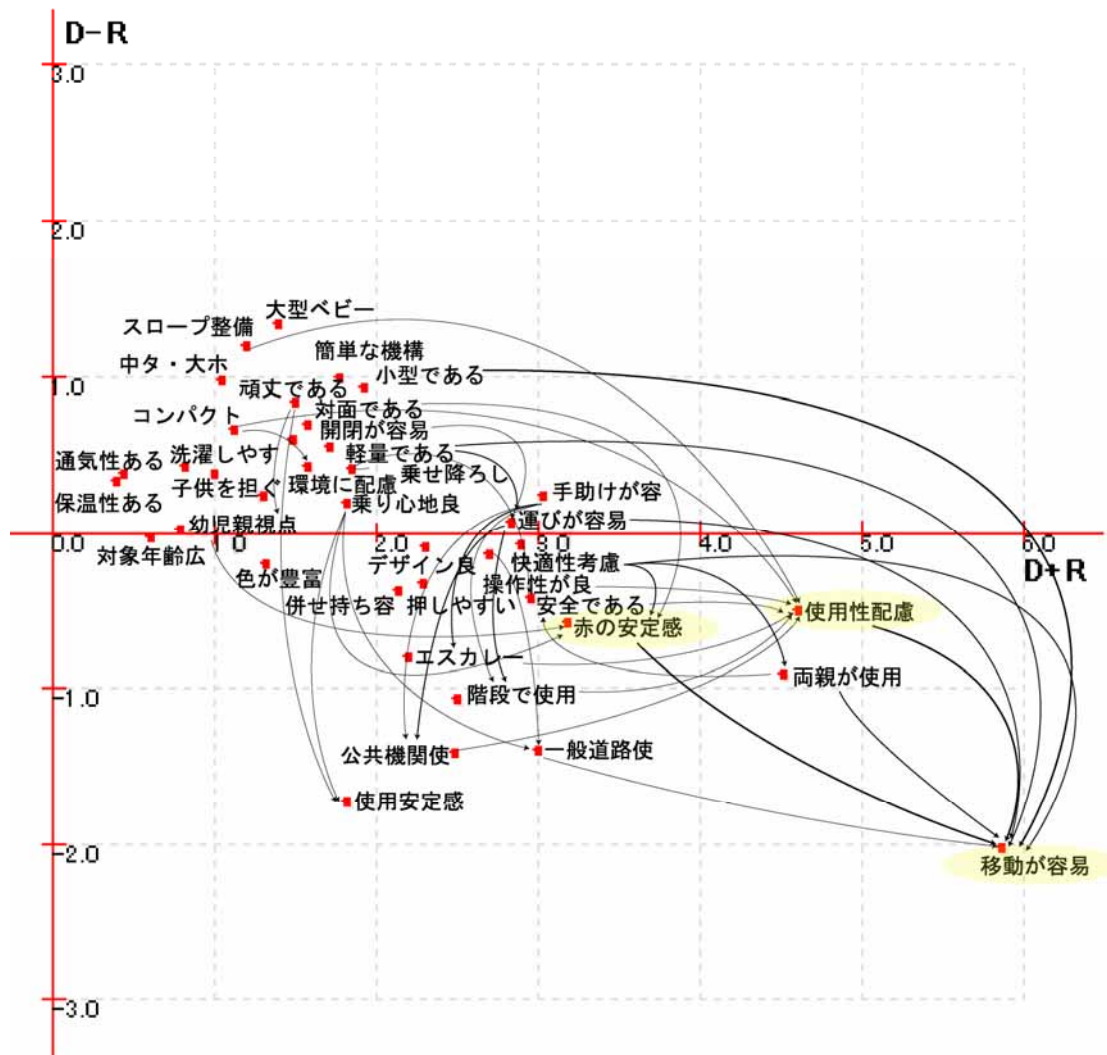


図3 ベビーカーのデザイン要件の階層構造モデル

表 4 デザイン要件の略語と内容

一般道路使	一般道路での使用できる。
公共機関使	電車やバスなどの車内などの公共機関での使用できる。
エスカレー	エスカレータで使用できる。
階段で使用	階段で使用できる。
スロープ整備	スロープが整備された環境である。
大型ベビー	大型のしっかりしたベビーカーが利用できる。
幼児親視点	幼児と親との視点の関係が良い。
コンパクト	コンパクト収納性がよい。
子供を担ぐ	子供を担ぐことが容易である。
乗せ降ろし	子供のベビーカーからの乗せ降ろしが安全で容易である。
対象年齢広	対象年齢はばが広い。
簡単な機構	簡単な機構で構成されている。
開閉が容易	折りたたみ式の開閉が容易である。
ジョギング	ジョギングしながら使用できる。
中タ・大ホ	中空タイヤ・大径ホイールである。
頑丈である	頑丈である。
軽量である	軽量である。
運びが容易	持ち運びが容易である。
併せ持ち容	他の荷物との併せ持ちが容易である。
通気性ある	通気性がある。
保温性ある	保温性がある。
洗濯しやすい	洗濯しやすい。
小型である	小型である。
操作性が良	操作性が良い。
手助けが容	第三者による手助けが行いやすい。
乗り心地良	乗り心地が良い。
環境に配慮	使用する環境に対して配慮されている。
押しやすい	押しやすい。
対面である	対面式である。
安全である	安全である。
快適性考慮	赤ちゃんの快適性を考慮している。
使用性配慮	親の使用性を配慮している。
使用安定感	使用時の安定感がよい。
デザイン良	デザインがよい。
色が豊富だ	色が豊富である。
赤の安定感	赤ちゃんの安定感がある。
両親が使用	両親とも使用できる。
移動が容易	移動が容易になる

このグループミーティングを通して決定された重み付きデータが DEMATEL 法に従って処理され以下の階層構造モデルを得た(図 3)。このベビーカーのデザイン要件の階層構造モデルから、全体の傾向として、ベビーカーに求められる最終的な要件は、「移動が容易である」ことに集約されることが理解できる。これはベビーカーの存在目的からすると至極当然なことであるが、意外に目先の機能にとらわれ、見落とされる面でもあるかもしれない。このベビーカーのデザイン要件の階層構造モデルより、ここでの検討において最も重要であると理解できる 3 つのパスを読み取ることができる。一つ目のパスは、「スロープが整備された環境である」、「公共機関で使用できる」、「コンパクト収納性がよい」、「操作性がよい」、「安全である」などの社会的環境からベビーカーの単独の機能にわたる要件に関連している「親の使用性を配慮している」へつながり、そして「移動が容易である」に収束している。2 つ目のパスは、「対面式である」、「乳幼児と親の視点の関係がよい」、「乳

幼児の快適性を考慮している」、「乗り心地がよい」などのベビーカーの対乳幼児の心理的および生理的特性への要件に依存する「乳幼児の安定・安心感がある」につながり、そしてそのことが結果的に「移動が容易である」につながることを示している。3つ目のパスは、「乗り心地がよい」そして「乳幼児の快適性を考慮している」から「一般道路で使用できる」のベビーカーによる直接的な移動手段に関連する要件につながり、最終的に「移動が容易である」の最終要件に収束していることが再確認できる。本研究の感性評価情報に関する部分においては、特にこの3つ目のパスに注目し、一般道路での移動中における乳幼児の乗り心地および総合的な快適性をできるだけ客観的に評価できる指標を提案するための検討を実施した。ここでは、乳幼児にとって直接的かつ比較的測定可能と思われる生理的な特性の一つである心拍変動(Heart Ratio Variance)を感性評価情報の一つと位置づけ検討を実施した。

本研究では、ベビーカー単体の機能検討に終始するのではなく、ベビーカーを取り巻く総合的な環境構造を考慮しつつベビーカー使用環境を構成する要素に注目し本研究を実施した。

特に、ベビーカー本来の目的である“移動”に注目し、移動中の重要な特性である“乗り心地”の評価方法に視点をおいた。この「乗り心地」は当然のことながら「乳幼児の安定感」に強い影響を与えていることが再確認できる。そこで、乳幼児の安定感を測定する指標の一つとして心拍変動に着目した。基本的に自己発言からの測定・評価が不可能な感性評価情報である乳幼児の安定感をこの生理指標で評価することを試みた。特に、前述の階層モデルでも明らかなように、「移動が容易である」に直接的影響を与えている「一般道路で使用できる」の要件を重視し、想定される様々な一般道路路面性状において測定実験を実施した。

第2章 乗り心地に関する感性情報評価としての HRV の可能性について

2.1 これまでのベビーカーと乗り心地の関係

2.1.1 研究背景

これまでも、様々な形で振動と乗り心地についての関係性を検討する研究が行われてきた。加振機を用いたものや、実際に路面を走行することによって、振動がどのように身体に伝わりどのように感じているのかについて明らかにされてきている。しかしこれらの実験では主に振動と主観評価によるものである。そこでは振動は不快なものとして扱われ、乗り心地の評価尺度が不快か振動を感じないかとなっている研究もある。このような観点から製品開発はいかに振動を吸収するかというところに、焦点が置かれているように思われる。

2.1.2 製品の開発状況

ベビーカーにおいては利用者が乳幼児ということもあり、とりわけ振動の吸収が重要視されている。車輪の軸にはサスペンション（図4）が路面からの振動を吸収し、またシートには卵を落としても割れないクッション材（図5）が取り付けられ、乳幼児に衝撃や振動が伝わらないようにされている。たしかに乳幼児は頭蓋骨が未発達で、衝撃や振動に弱いところがある。



図4 サスペンション



図5 シートクッション

2.1.3 振動の利用

ベビーカーが振動吸収を重要な設計要件の1つとしている一方で、ベビーベッドでは積極的に振動を取り入れた製品がある。ハイローベッド&チェア（アップリカ製：図6）はお母さんの抱っこの揺れを再現した水平スイング機能と揺りかごの揺れを再現したロッキング機能があり、心地よい眠りを促しています。またバウンサー（Kids 製：図7）は、バイブレーション機能があり乳幼児を微振動させている。車に乗ると気持ちよくなって寝てしまうのと同じ効果があると説明している。その他にベビーベッドの柱にスプリングが取り付けられており、親が揺らしてあげるというものもある。



図6 ハイローベッド&チェアー



図7 バウンサー

2.2 心拍変動(HRV)による乗り心地評価について

このように快適のために振動を吸収させるデザインと同様に快適のために振動を与えるデザインと、一見矛盾するような2つのデザインが存在する理由の一つに、「主観評価」による快適性の定義の問題があるのではないかと考えた。振動を感覚で捉えようとする、どうしても振動を意識しなくてはならない。予備実験の意見調査にもあったのだが、振動は一度意識してしまうと急に気になってしまう傾向があると考えられる。よって振動には主観評価だけでは評価しきれない部分があるのではないだろうか。そこで生理反応が利用できるのではないかと考えた。これにより被験者が無意識な状態で、反応を見ることが出来る。心臓の拍動は一見ある周期をもって規則正しく生じているように思われるが、呼吸や体内活動の影響を受け、感覚にゆらぎが生じている。このゆらぎは心拍変動(HRV、Heart Rate Variability)と呼ばれ、周波数解析により自律神経系の活動指標が得られるとされている。実験ではより現実的な乗り心地を評価するためにこのHRVを利用することとした。振動を評価する上で、HRVと乗り心地の関係性について明らかになることにより快適な振動が導き出せるのではないだろうかとの仮定のもとで、本研究では車椅子によるさまざまな路面の走行実験を行い心拍変動(HRV)、主観評価、振動伝達特性の関連性について明らかにすることを目的とした。

車椅子の振動を評価する方法としてHRVを取り入れることにした。しかし実際に車椅子に着座する人に伝わる振動の違いに対してHRVに有意な差があらわれるか否かを明らかにする必要がある。そこで、予備実験として被験者に車椅子に着座してもらい二種類の路面を走行し、HRVの変化を測定した。

心拍変動(HRV)について

心拍の拍動は一見ある周期をもって規則正しく生じているように思われるが、一拍ごとの時間間隔にはゆらぎが存在する。このゆらぎは呼吸や血圧調節などの自律神経系の影響を受けており、ゆらぎの周波数解析により自律神経系の活動指標が得られることが研究されている。心電図の測定によって得られた心拍のR波の間隔を時系列としてとらえ、それを

FFT(高速フーリエ変換)などで周波数分析すると、二つの変動する成分が現れる。一つは0.1Hz付近にピークをもつMayer波洞性不整脈(MWSA: Mayer Wave Sinus Arrhythmia)で、もう一つは呼吸性洞性不整脈(RSA: Respiratory Sinus Arrhythmia)である。この0.1Hz付近にみられる低周波成分をLF(Low Frequency)、高周波成分をHF(High Frequency)と呼ぶ。LFは交感・副交感の両神経系の活動を反映するが、立位時に増加することなどから主として交感神経系の関与が強いといわれ、またLF/HFも交感神経の指標といわれている。HFまたはHF/(LF+HF)は副交感神経の指標といわれ、安静時や仰臥時に増加する。

HRVを用いた研究に関しては、井関らは鉛直面の照度・輝度分布の違いが自律神経系に及ぼす影響の研究を行った。鉛直面において相対的に高輝度・高照度な範囲が低位値に分布している時、自律神経系は副交感優位になる傾向があったことを報告している。また岡田はスキンケア化粧品の快い使い心地感が心拍変動性と脳波へ及ぼす影響について研究を行った。化粧品の塗布により使い心地感に不快が得られた場合、LF/(LF+HF)比が増加し心臓交感神経活動が亢進することが報告されている。

2.3 HRVの測定

2.3.1 実験器具

実験に使用した車椅子は、主に病院や介護用として使用されているタイプ(介護用、折り畳み式、アルミ製)のものをを用いた。これは自走するのではなく、ベビーカーなど他の人に押しってもらう状況を想定した実験であるということが理由になっている。タイヤの空気圧は、圧力計付きの空気入れによって常に一定とした。また自転車用の速度計を付けることにより、走行速度が一定になるようにした。

2.3.2 心電図測定

CM誘導法により導出された心電図は、生体アンプ(デジテックス研究所、BA1008)で増幅し、データレコーダ(ティアック、DR-C2)に記録された。

記録された心電図から、AcqKnowledge(Biopac Systems, Inc.)を用いて心拍間隔(R-R間隔)を検出しR-R曲線を得た。このR-R曲線をスプライン補間し、リサンプリングを行った。さらにMATLABを用いてFFTを行い周波数解析した。0.04~0.15Hzを低周波帯域、0.15~0.40Hzを高周波帯域とし、それぞれの帯域の積分値をLF成分・HF成分とした。そこから交感神経指標としてLF/HF、副交感神経指標としてHF/(LF+HF)の値を計算した。



図 8 実験風景

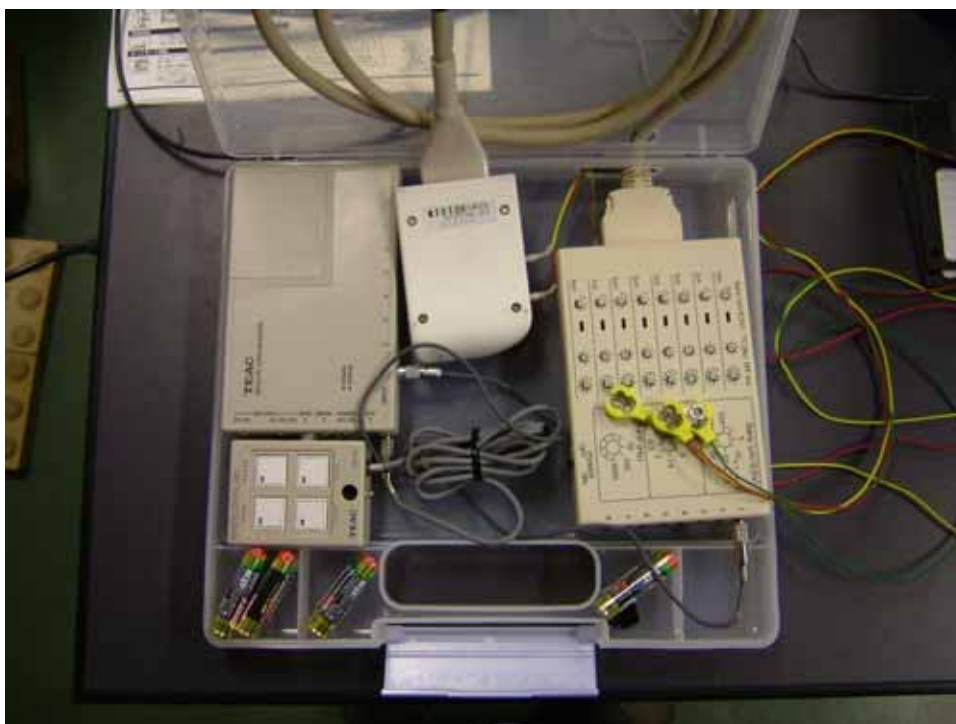


図 9 心電図測定器具

2.3.3 路面条件

振動の異なる路面として、校内の2つの路面を使用した。不規則な路面として舗装道路(図10)、規則的な路面としてインターロッキング(図11)が敷き詰められている場所である。

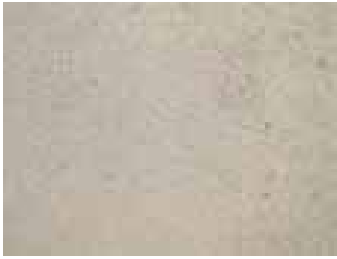


図10 舗装道路



図11 インターロッキング

2.3.4 実験手順

被験者は健常成人男性6名(22~24歳)とし、最初に実験の大きな説明を行った。次に電極装着部の皮膚をアルコールを用いて脱脂し、電極を装着した。1つ目の測定として、基準となるように室内において安静時の心電図を測定した。その後、屋外に出て舗装道路とインターロッキングの路面を任意の順番で走行し、心電図を測定した。心電図測定中は、呼吸は4秒に1回のペースで保つように呼吸統制を行った。最後に同じ路面をもう一度ずつ走行し主観評価を行った。

表5 実験手順

説明	電極の装着	安静時	アスファルト	インターロッキング	アスファルト	インターロッキング
		心電図測定			主観評価	

2.4 主観評価の測定

第2章での目的である生理反応の妥当性を調べるため、路面走行時の主観評価を行い、生理反応との相関関係について検討することとした。

2.4.1 評価項目

評価項目は振動に対する身体の各部位(頭部、胸部、腹部、腕部、大腿部、下腿部)の揺れる感覚、安定感、緊張感、安心感、疲労感、総合的な乗り心地である。測定は心理評価によく用いられているSD法(Semantic Differential Technique)によって行った。尺度は[身体各部位の揺れる感覚]では[感じない-非常に感じる]、[安定感]は[安定 不安定]、[緊張感]は[緊張している-リラックスしている]、[安心感]は[安心 不安]、[疲労感]は[疲労する-疲労しない]、[総合的な乗り心地]は[非常に悪い 非常に良い]の7段階とした(図12)。

ンターロッキング走行時交感神経活動の亢進があったと思われる。

2.5.2 路面間の乗り心地

乗り心地のグラフでは舗装道路走行時に比べてインターロッキング走行時に、評価が下がる傾向が見られた。よって LF / HF の値が増加すると、乗り心地が悪くなると考えられる。これはストレスを感じている時、交感神経の活動の亢進が見られるとの報告と一致する結果となった(図 14)。

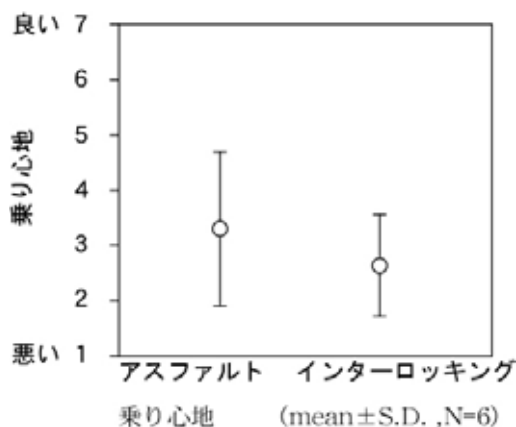


図 14 乗り心地と路面との関係

2.5.3 LF / HF と主観評価との関係

LF / HF の値と主観評価の項目とでどのような関係があるかを見るために、LF / HF を目的変数とし、主観評価の各項目を説明変数として重回帰分析を行った。その結果、[胸部の揺れる感覚]、[疲労感]、[安心感]の3つの変数が LF / HF に影響を与えていることが、示唆された ($P=0.068$)。この結果から、胸部の振動に着目し研究を進めていくこととした。

2.6 振動伝達特性と HRV、主観評価との関係 (本実験)

2.6.1 実験の目的

予備実験で測定した HRV、主観評価に加え、加速度センサーにより胸部の振動伝達特性を測定し、それぞれの相関関係を検討することを目的とした。



図 15 実験風景

2.6.2 振動伝達率の測定

2.6.2.1 振動測定位置

身体の振動観測点は、予備実験で HRV と関係のあるのではないかと考えられた胸部とした。また車椅子は、左後輪上部のフレームに基準となるセンサーをつけ、前輪上部、右後輪上部の合計 3 箇所を測定した(図 16, 図 17)。

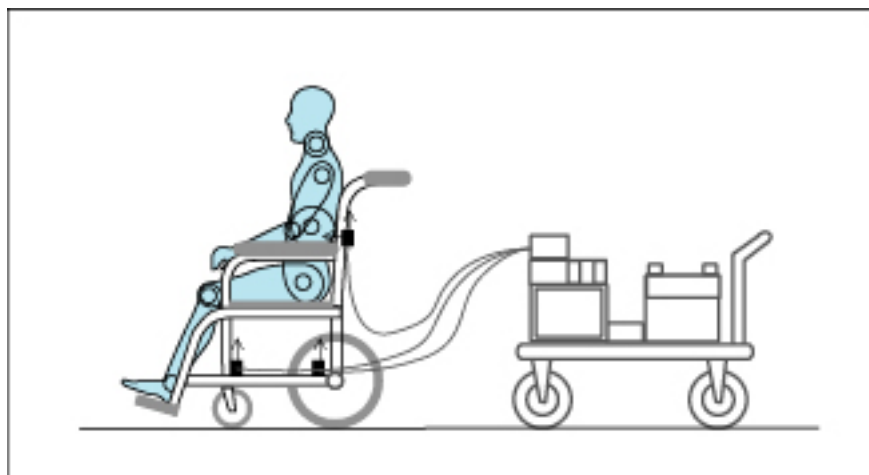


図 16 加速度センサー取り付け位置

2.6.2.2 加速度センサーの取り付け

車椅子への取り付けは、フレームに傾斜があったため、アクリル板によりピックアップ用治具を作成し、水平を保つよう取り付けした(図 18)。

先行研究より、人体の皮膚は柔らかいため、加速度センサーによりその質量と皮膚のバネ分で共振系構成されることが分かっている。そこで注意点を踏まえ、車椅子の背当て部分にセンサー取り付け用の治具を作成し、間接的に胸部の振動を測定することとした。



図 17 取り付け治具



図 18 胸部取り付け治具

2.6.2.3 実験器具

振動の測定は、加速度センサー（共和電業、AS-2GB, AS-2TG）により得られた加速度データを動ひずみ測定器（共和電業、DPM 712B）を介して FFT アナライザ（小野測定器、CF360 型）に記録した。その後、同測定器によりパワースペクトルをオクターブバンド解析により離散的な値とし、胸部への振動伝達率を計算した。

2.6.2.4 実験条件

実験条件は以下のように設定した(表 6)。

- ・周波数レンジは、先行研究から乗り心地に影響のあると思われる 1~20Hz とした。
- ・走行速度は、数人の走行速度を平均し一般的に車椅子を押して進む速さとした。
- ・8つの路面を走行し、それぞれ心電図と振動を 6 分間測定した。

表 6 実験条件

周波数レンジ	1~20Hz		
走行速度	3.5~3.8km		
測定時間	6min		
振動測定位置	測定位置	人体	胸部
		車椅子	前輪上部・後輪上部(基準)
	測定方向	人体	前後・左右・上下
		車椅子	上下
路面条件	タイル敷き(1辺の大きさ92mm,150mm,294mm)、舗装道路、インターロッキング、グラウンド、点字ブロック、基準となる校内の廊下		

2.7 測定結果

2.7.1 廊下走行

図 19 は測定に使用した廊下面の写真である。図 20 はその路面を走行時に車椅子の下部フレームに取り付けられた加速度センサーにより測定された振動波形とその FFT 結果である。



図 20 廊下表面

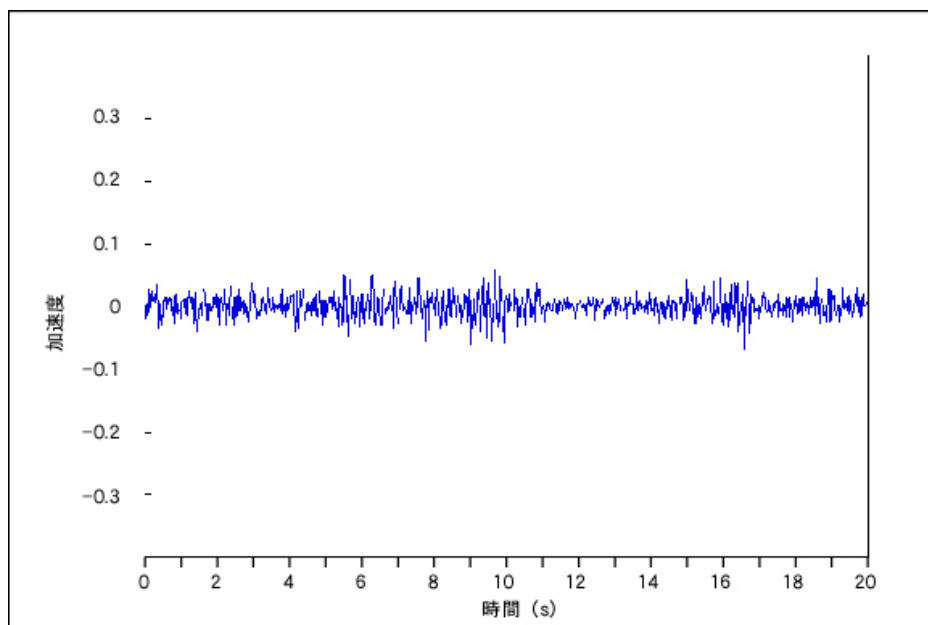


図 20-1 廊下走行時の振動波形

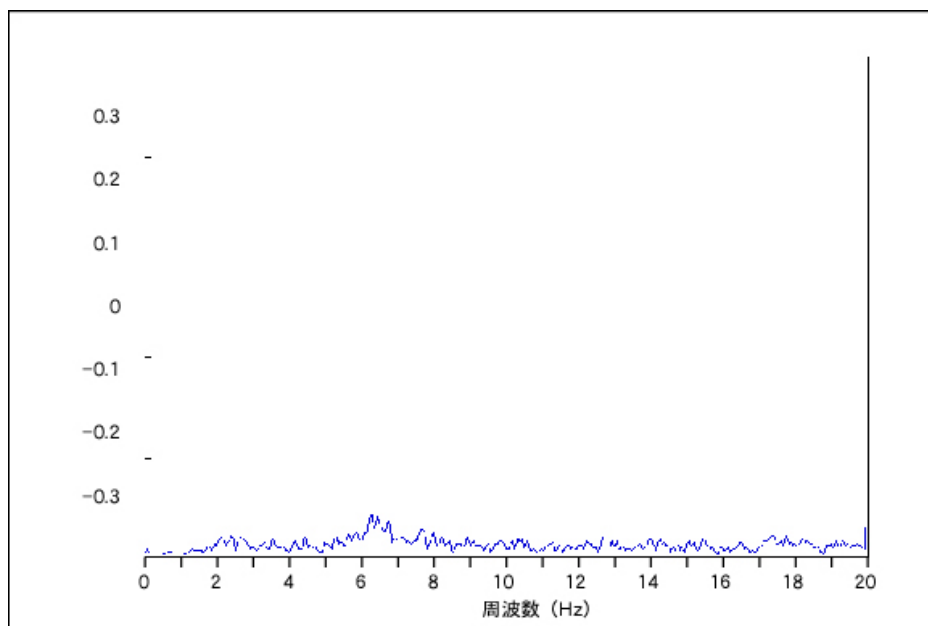


図 20 - 2 廊下走行時の振動周波数成分

廊下は屋内で、完全に平坦というわけではなく、多少の凹凸があった。廊下走行時は、他の条件と比べて振動加速度の絶対値が非常に小さかった。このため主観評価の総合的な乗り心地が、最も良い結果になったのではないと思われる。図 21 に示した、廊下走行時の胸部上下方向の伝達率は、0～4.0Hz 付近が他の周波数帯域と比較すると相対的に大きな値となっており、車椅子に着座するヒトの固有的な振動特性の存在を確認することができる。

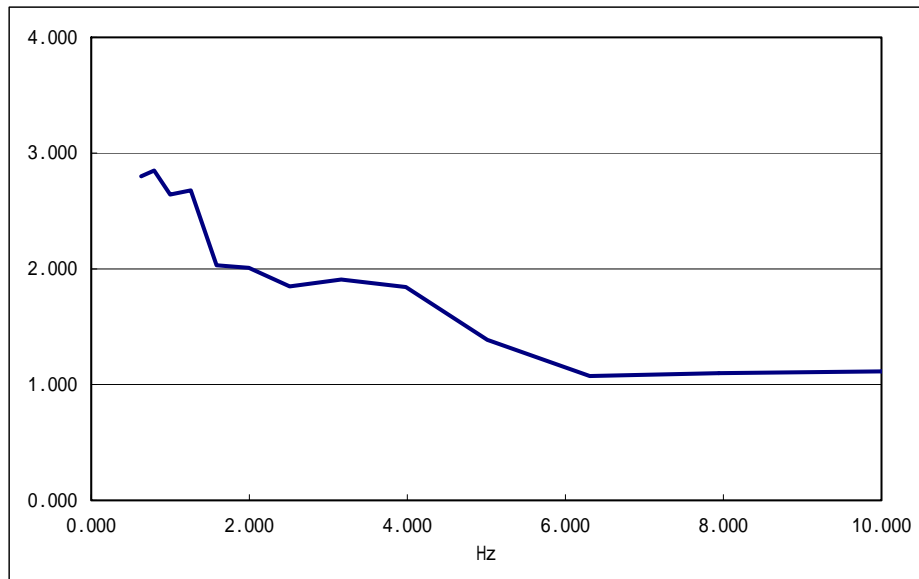


図 21 廊下走行時の胸部上下方向の伝達率

2.7.2 舗装道路走行

図 22 は一般的な舗装道路の表面である。図 23 より、乗り心地に大きな影響を与える 3 Hz と 6 Hz 付近にパワースペクトルのピークがあることが確認できる。



図 22 舗装道路表面

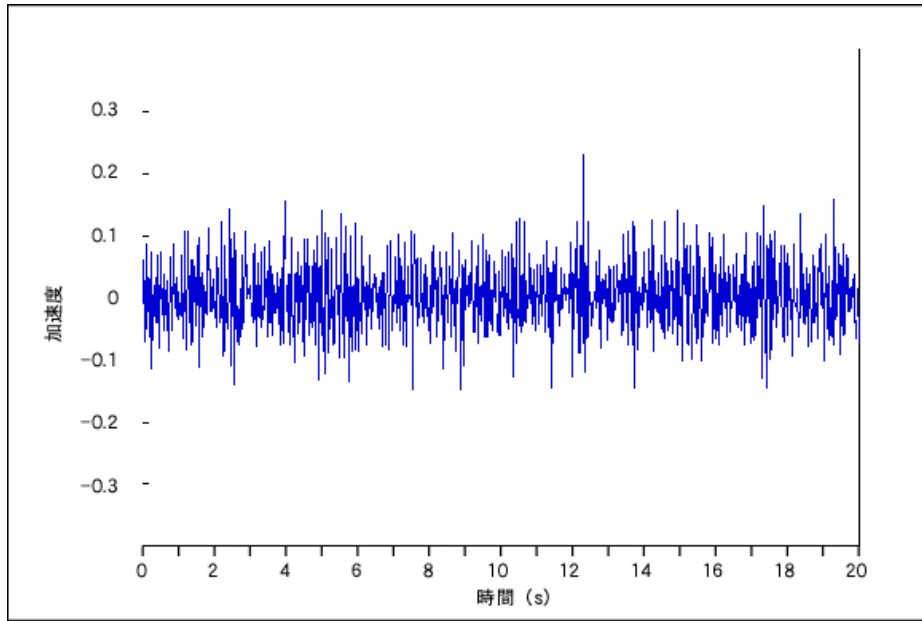


図 23-1 廊下走行時の振動波形

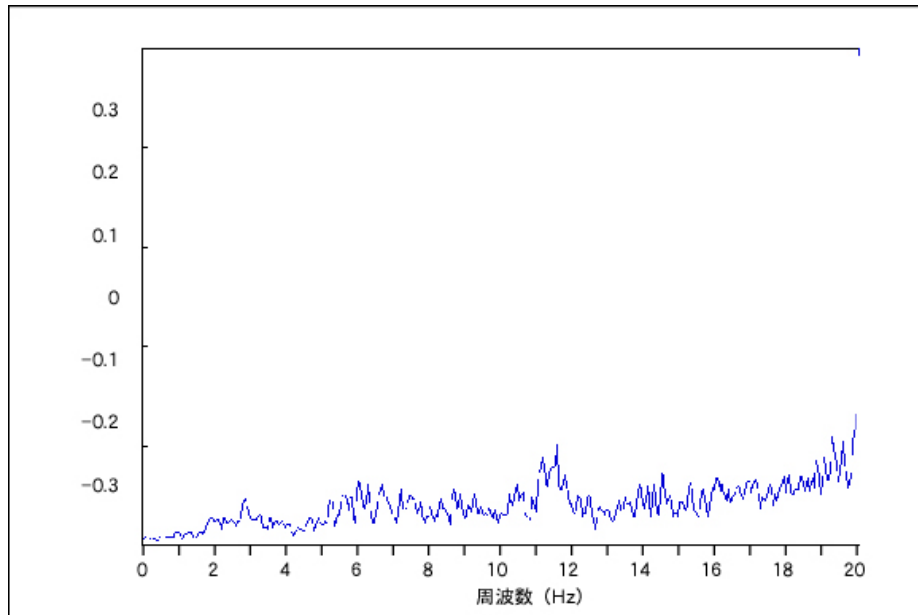


図 23-2 廊下走行時の振動周波数成分

図 24 から明らかなように、舗装道路での胸部の上下方向の振動加速度は、2 Hz から 20 Hz まで一様に散らばっており、いろいろな周波数の振動となっている。伝達率は、1.5 Hz 付近と 4 Hz のところにピークがきている。特にもっとも不快とされる 4 Hz のピークが明確に確認でき、一般的な舗装道路走行時の車椅子搭乗者の不快度が予想できるものとなっている。

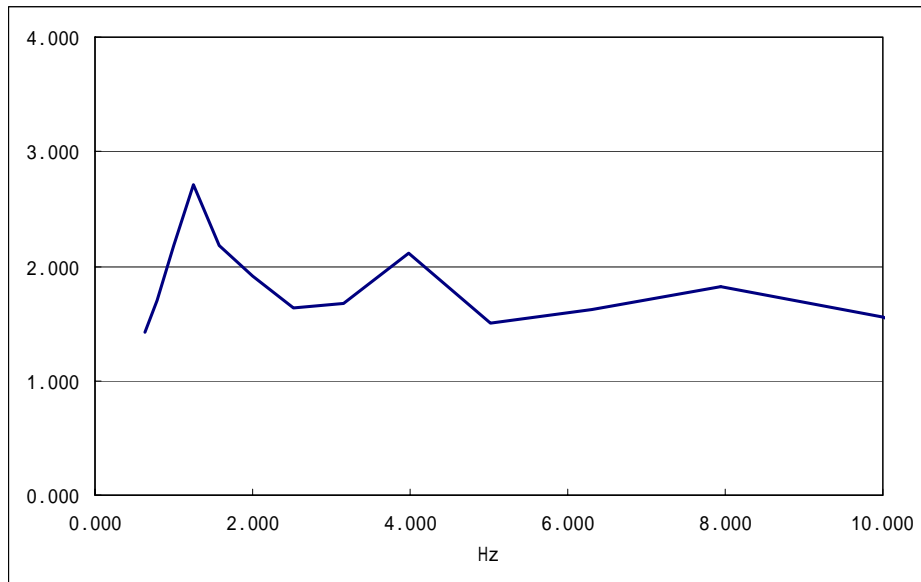


図 24 舗装道路走行時の胸部上下方向の伝達率

2.7.3 グラウンド走行

グラウンド(図 25)の特徴は、図 26 の周波数分析結果から理解できるように、5 Hz あたりから上の比較的高い周波数を示す表面であることである。



図 25 グラウンド表面

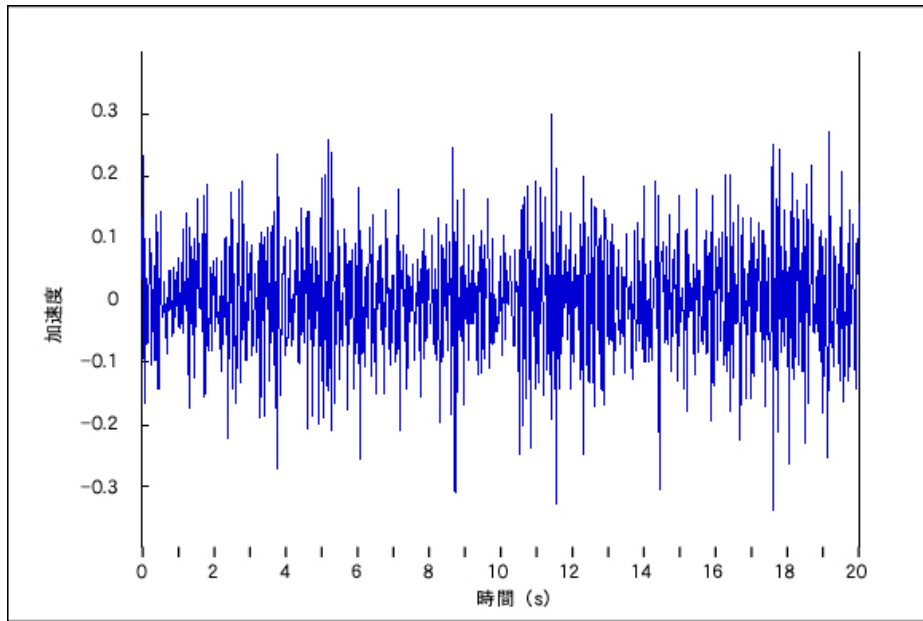


図 26-1 グラウンド走行時の振動波形

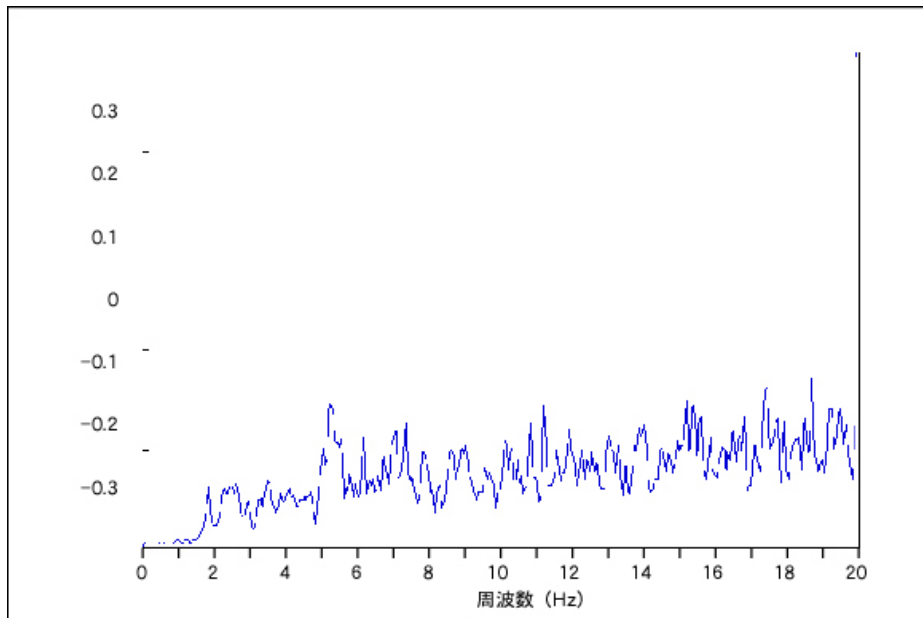


図 26-2 グラウンド走行時の振動周波数成分

グラウンドは陸上競技用のトラックとして使用されている場所を走行した。振動加速度は、6 Hz から 12 Hz で非常に大きくなっている。そのために、その周波数帯の振動が多く車椅子に入力され、結果として他の走行路面と比較して、相対的に測定周波数全域において同程度の振動伝達率が観測されていることが理解できる(図 27)。これは、一般的に乗り心地に悪影響を与えるとする 2 Hz あたりから 6 Hz 近傍の影響が相対的に低いことを示唆するものである。

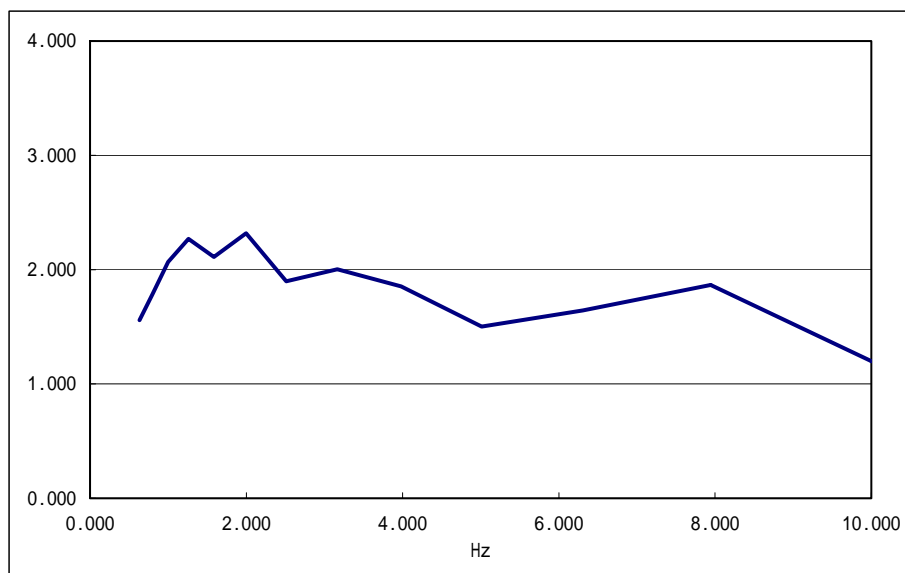


図 27 グランド走行時の胸部上下方向の伝達率

2.7.4 点字ブロック走行

図 28 に示す点字ブロックを走行する時は、かなり特徴的な振動特性を観測することができる。図 29 に示されるように、5 Hz, 11Hz, そして 17Hz 近傍にかなり明確な振動周波数成分のピークを観測することができる。乗り心地にも明確な相違を示すことが容易に理解できる。

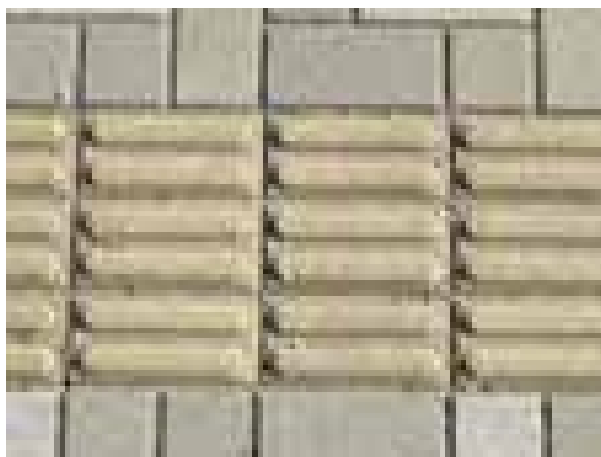


図 28 点字ブロック表面

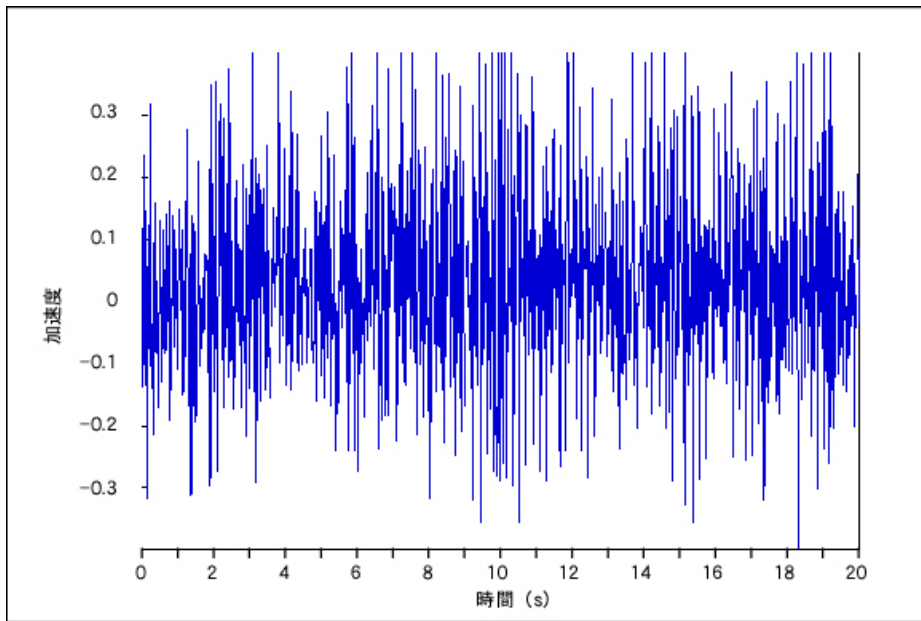


図 29-1 点字ブロック走行時の振動波形

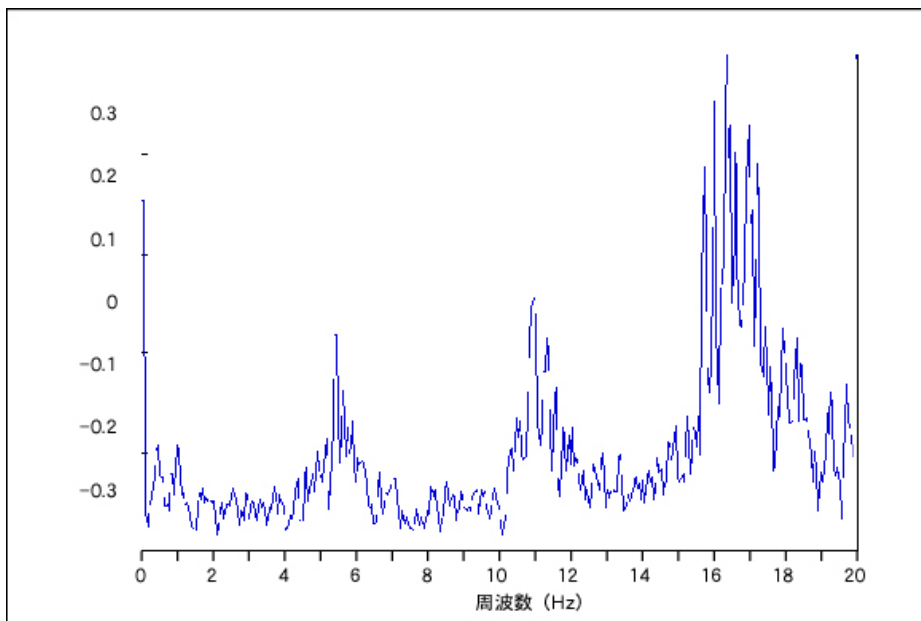


図 29-2 点字ブロック走行時の振動周波数成分

点字ブロックは、インターロッキングが敷き詰められている路面に設置されていた。左右の車輪を走行させることはできず、基準となっている左側の車輪を走行させた。他の路面と比べて非常に振動の絶対値が多く、乗り心地は最も悪い値となっている。車椅子の振動は 8 Hz、11 Hz、17 Hz 付近に大きなピークが現れた。これは点字ブロックの形状によるものと思われる。また伝達率は 8 Hz にピークがあり、胸部の振動は 8 Hz 付近に特に大きなピークが現れた(図 30)。しかしながら、路面から受ける振動の激しさと比較した時、2 Hz ~ 4 Hz の伝達率が意外にも低いことは興味深い現象である。

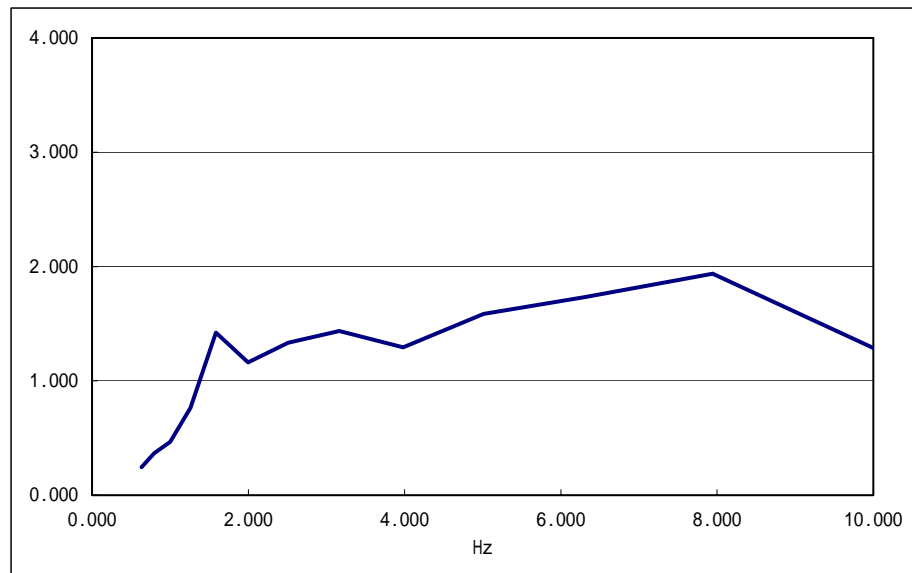


図 30 点字ブロック走行時の胸部上下方向の伝達率

2.7.5 2号棟タイル小路面走行

千葉大学工学部内に設置された2号棟教室玄関付近のタイル路面である。実際に数名の車椅子利用学生が日常的に移動している路面である(図 31)。振動特性的には11Hz 近傍のピークが特徴的である(図 32)。

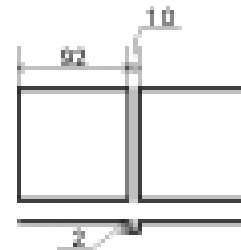


図 31 2号棟タイル小表面

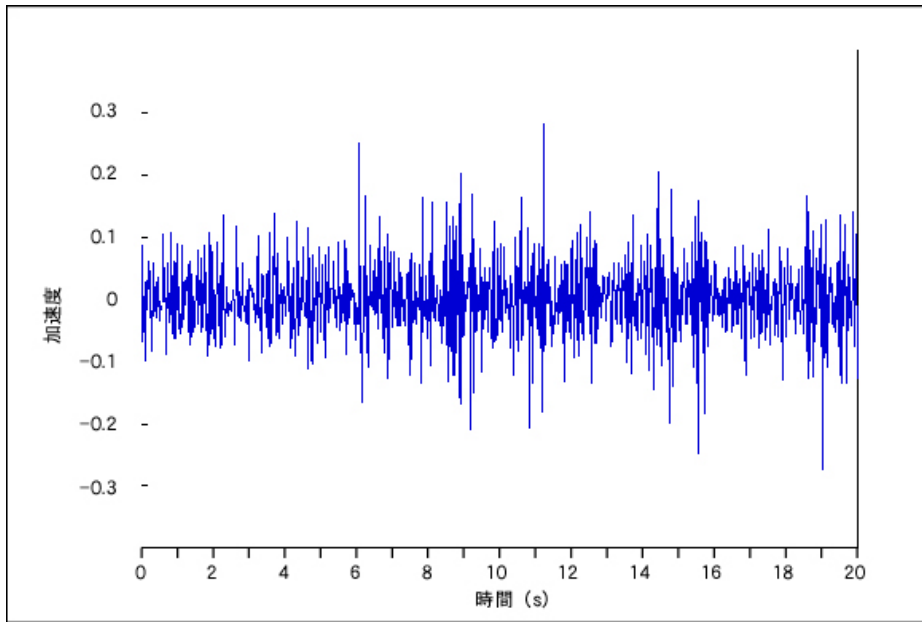


図 32-1 2号棟タイル小路面走行時の振動波形

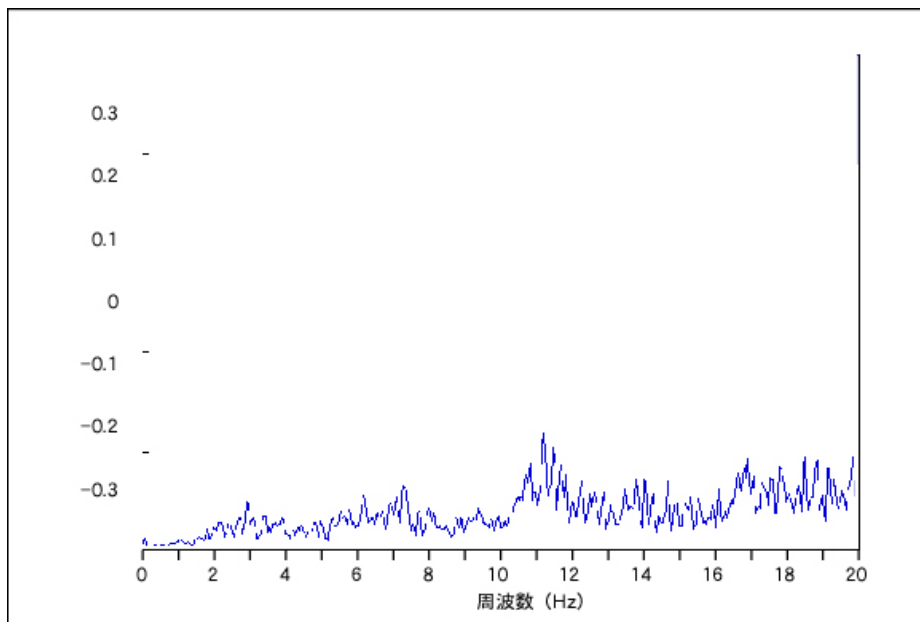


図 32-2 2号棟タイル小路面走行時の振動周波数成分

2号棟は、一辺が92mmのタイルが敷き詰められた屋内の、路面である。車椅子、胸部ともに11Hz付近にピークが現れた。これはタイルの大きさによるもので、溝の間隔と関係があると考えられる。特に注意を要する点は、図33から読み取れるように、4Hz近傍の伝達率において比較的明確なピークがあることである。これは、振動自体は比較的小さくても意外な不快感を引き起こす可能性があることを示唆していると考えられる。

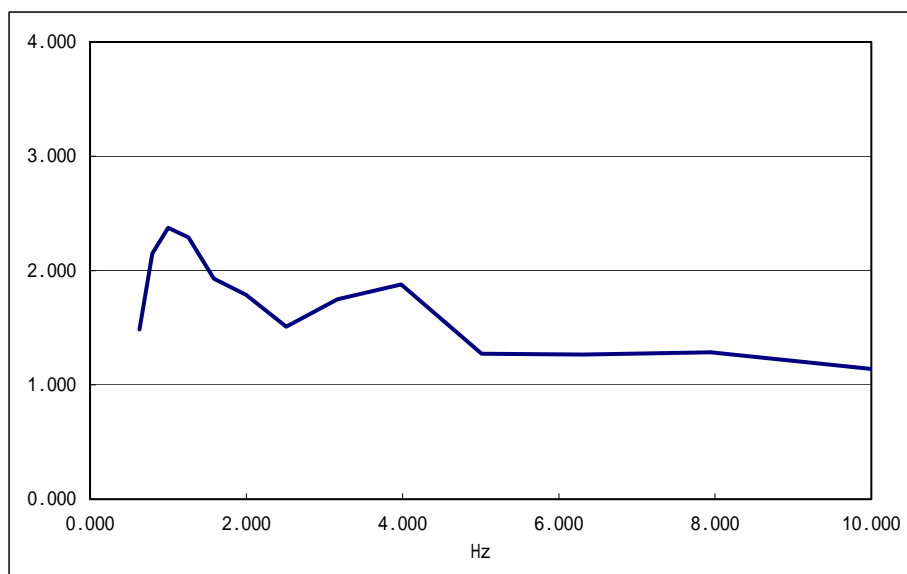


図 33 2号棟タイル小路面走行時の胸部上下方向の伝達率

2.7.6 1号棟タイル中路面走行

2号棟タイル小路面と同様に本学工学部内に設置された1号棟玄関付近のタイル路面である(図34)。振動特性的には5.5Hzおよび7.5Hz近傍にピークが見られ、パワーは小さいものの乗り心地に影響を与えることが期待できる(図35)。

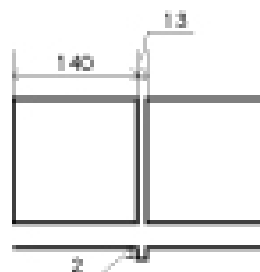
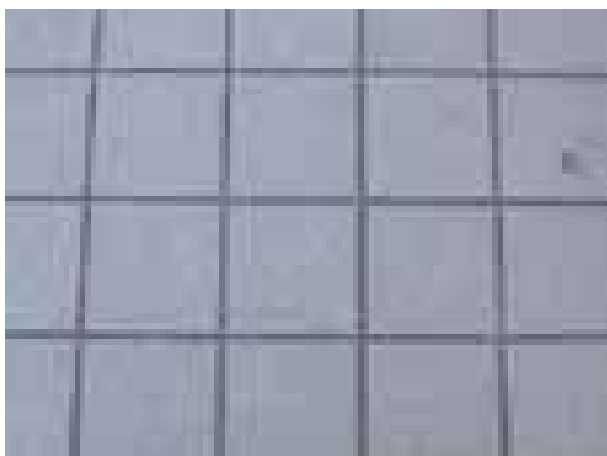


図 34 1号棟タイル中路面

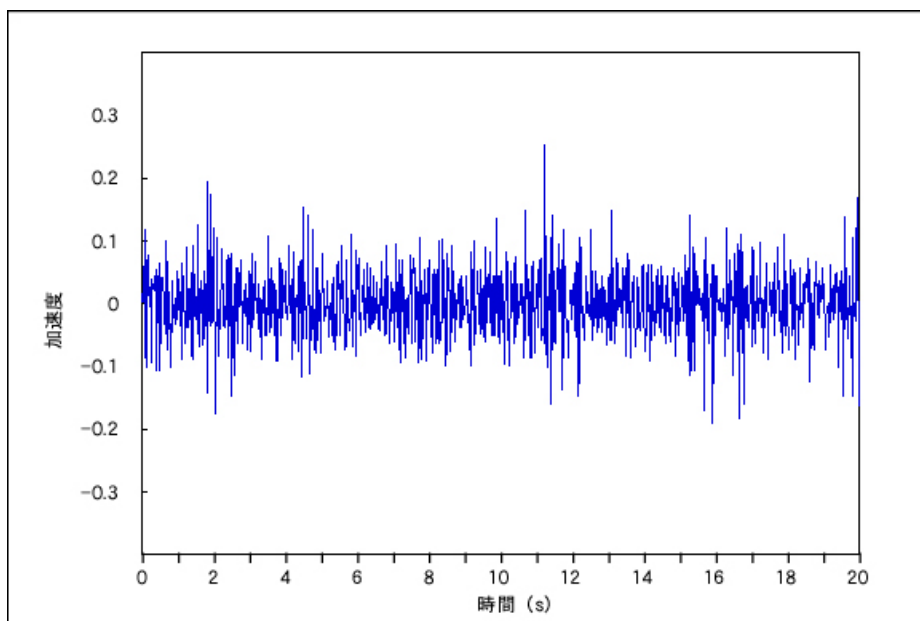


図 35-1 1号棟タイル中路面走行時の振動波形

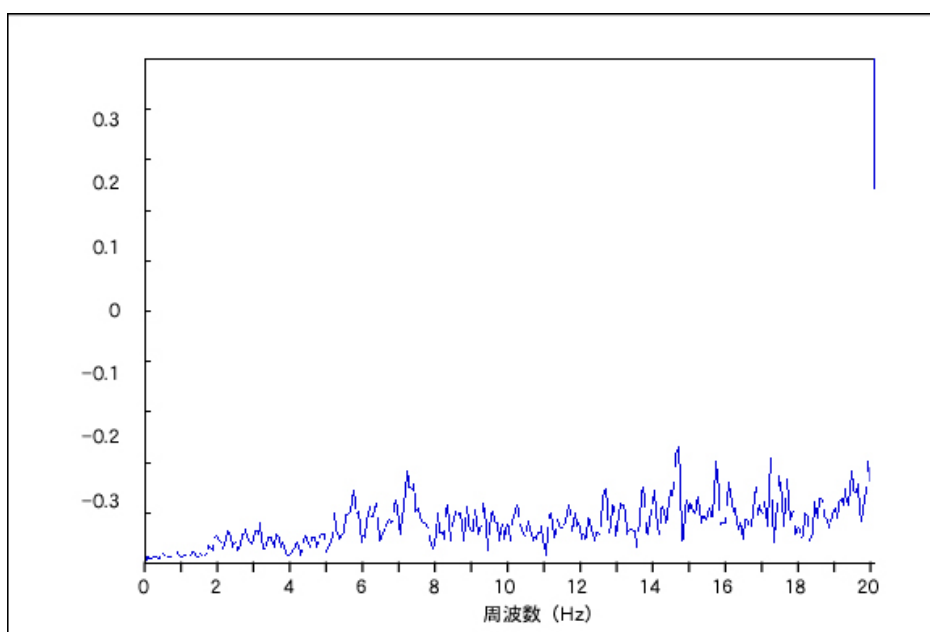


図 35-2 1号棟タイル中路面走行時の振動周波数成分

1号棟は一辺が140mmのタイルが敷き詰められた路面で、所によりタイルの敷き詰められている角度が異なっている。車椅子と胸部の振動は、7Hz付近にピークが現れた。これもタイル大きさによるものである。さらに重要なことは4Hz以下の不快感に大きく影響する周波数域の伝達率が高いことである。図35-2の結果と比較するとやや違和感を禁じえない結果である。

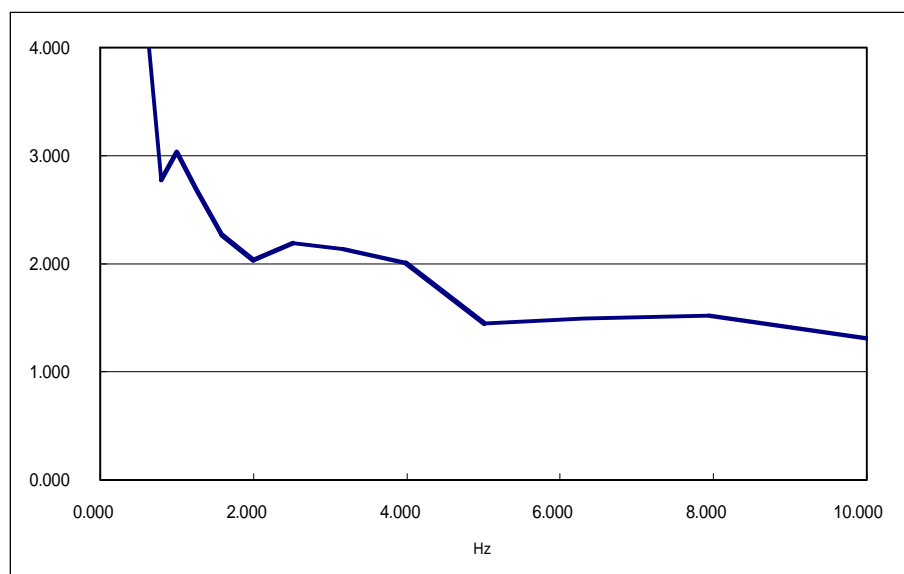


図 36 1号棟タイル中路面走行時の胸部上下方向の伝達率

2.7.7 創造工学センタータイル大路面走行

本学創造工学センターの玄関付近スロープに設置された高さの低い大型のタイル路面である。図 38 から見られるように、比較的振動は穏やかであり、特に 2Hz から 4Hz あたりでは相対的に周波数パワースペクトルが低いことが観測される。ただし、1.8Hz 近傍に顕著なピークがあり、乗り心地との関連性が興味深い。

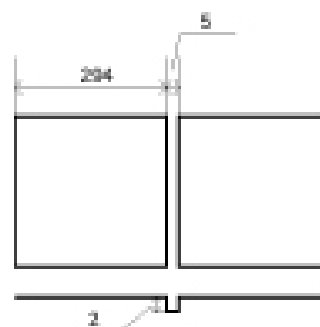


図 38 創造工学センタータイル大路面

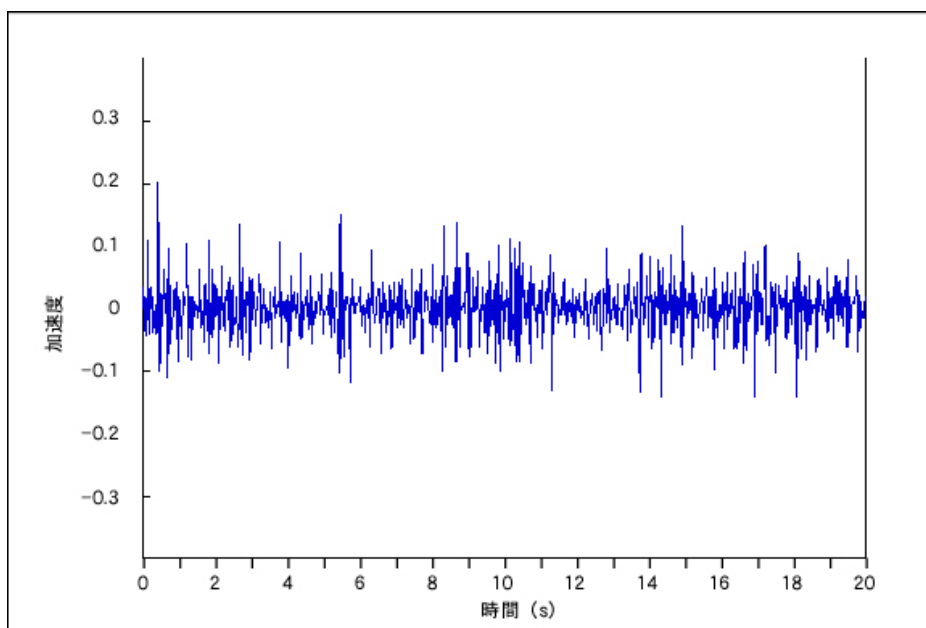


図 39-1 創造工学センタータイル大路面走行時の振動波形

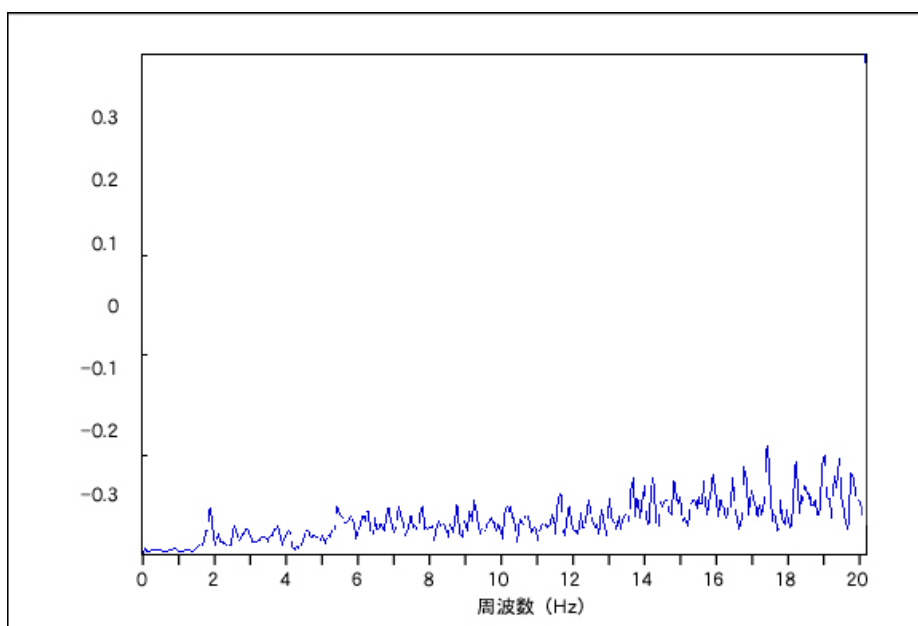


図 39-2 創造工学センタータイル大路面走行時の振動周波数成分

創造工学センターは294mmのタイルが敷き詰められた路面である。全体的に振動は少なく、主観評価の乗り心地も良い値となっている。タイル敷の路面でも、大きさにより振動の仕方は大きく異なり、この程度の大きさになれば、乗り心地と視覚的な美しさのバランスがとれているのではないかと考えられる。1.5Hz, 4Hz, 8Hzで伝達率にピークが見られる。穏やかでリズムカルな振動のためにヒト-車椅子振動系の固有特性が現れてきているとも解釈できる結果である。

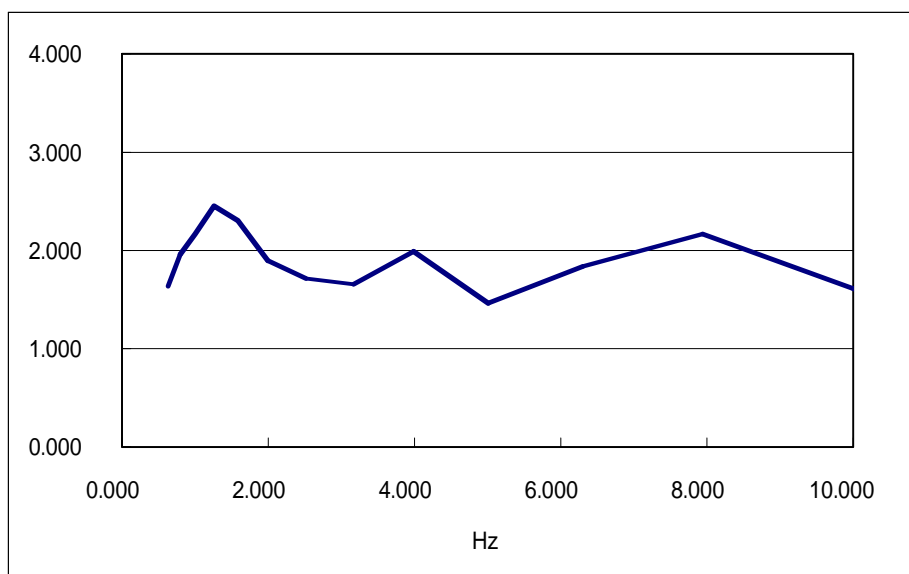


図 40 1号棟タイル中路面走行時の胸部上下方向の伝達率

2.7.8 インターロッキング路面走行

本学大学院自然科学系研究新棟前の広場空間の路面である。細かい波が長い時間体験できる空間である。図 42 から確認できるように、同程度の振動周波数が全領域に広がっていることがわかる。被験者の肉体的バラツキにかかわらず、いくつかの共振を引き起こす可能性の高い路面であると理解できる。

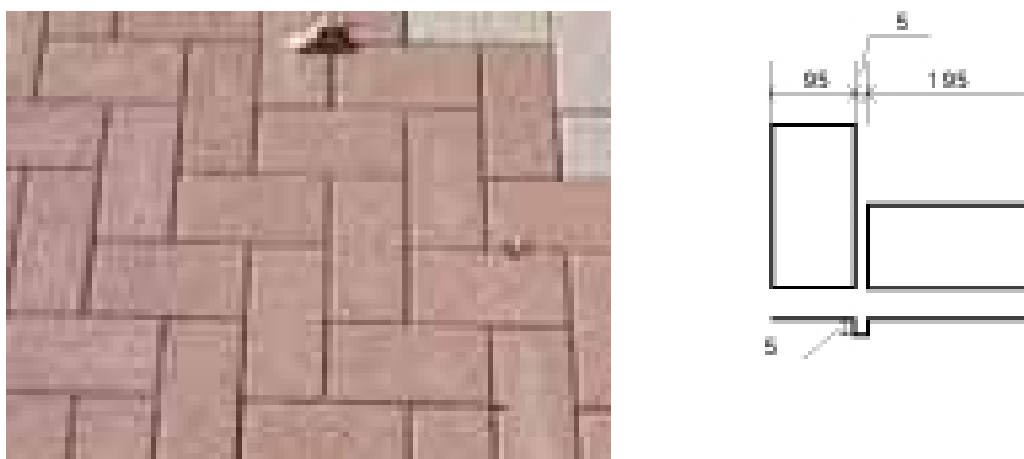


図 41 インターロッキング路面

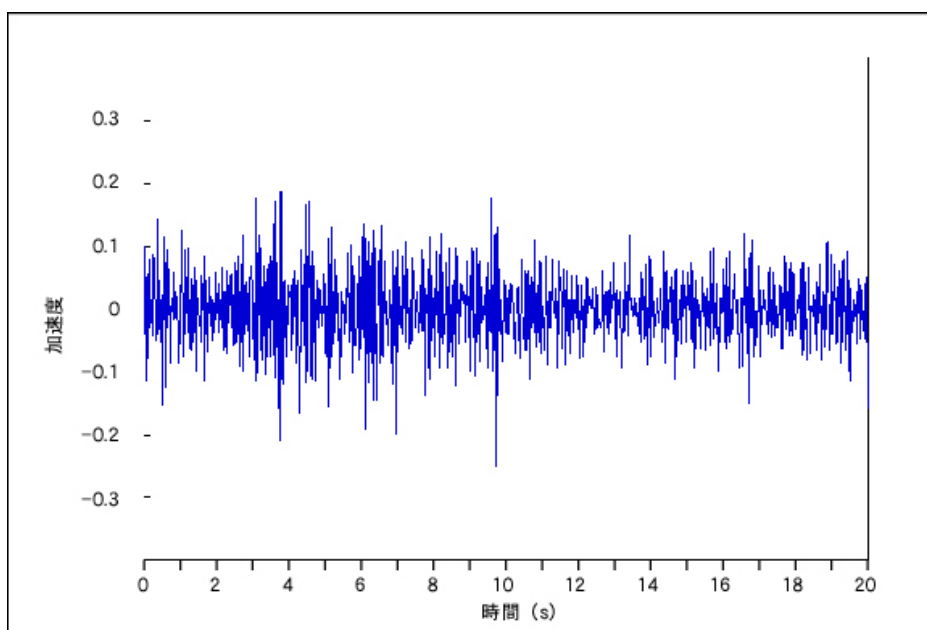


図 42-1 インターロッキング路面走行時の振動波形

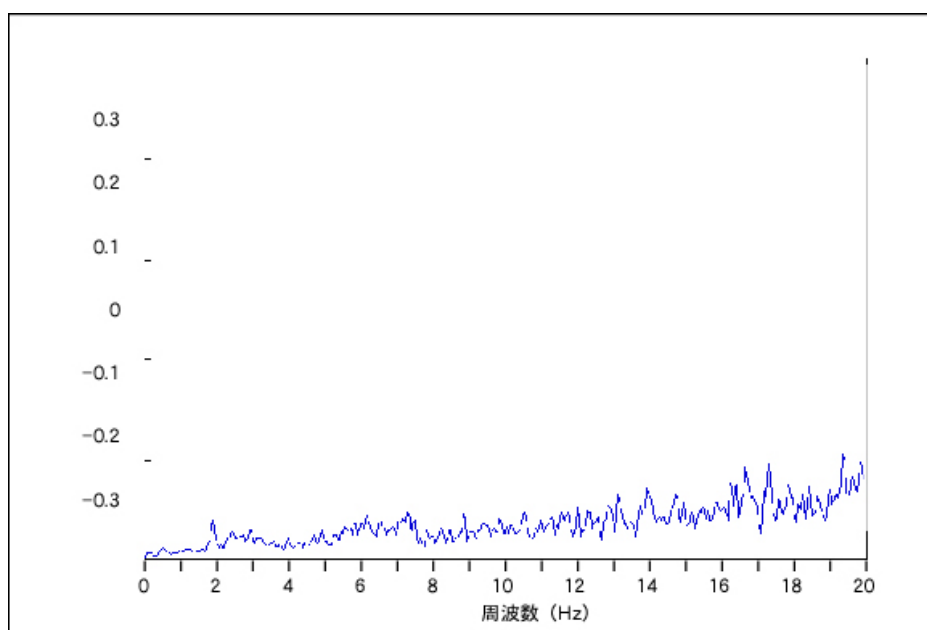


図 42-2 インターロッキング路面走行時の振動周波数成分

インターロッキングは、現在公園や歩道で使用されることが多くなっている。インターロッキングと車椅子の走行速度との関係からの形状から、2Hz と 8Hz 付近にピークが現れた。また車椅子への振動は比較的小さいものの、13Hz 付近の大きな横ゆれが現れた。このため主観評価の乗り心地の値が悪くなっているのではないかと考えられる。図 43 からは、特に 1.5Hz および 4Hz 近傍での伝達率が高く振動系固有の振動特性が顕在化していると理解できる。基本的には「創造工学センタータイル大路面」での結果と類似しているが 8Hz 近傍での伝達率が顕著に低く、一般的に乗り心地が悪い状態とされる周波数の伝達率だけが大きいことが特徴的である。

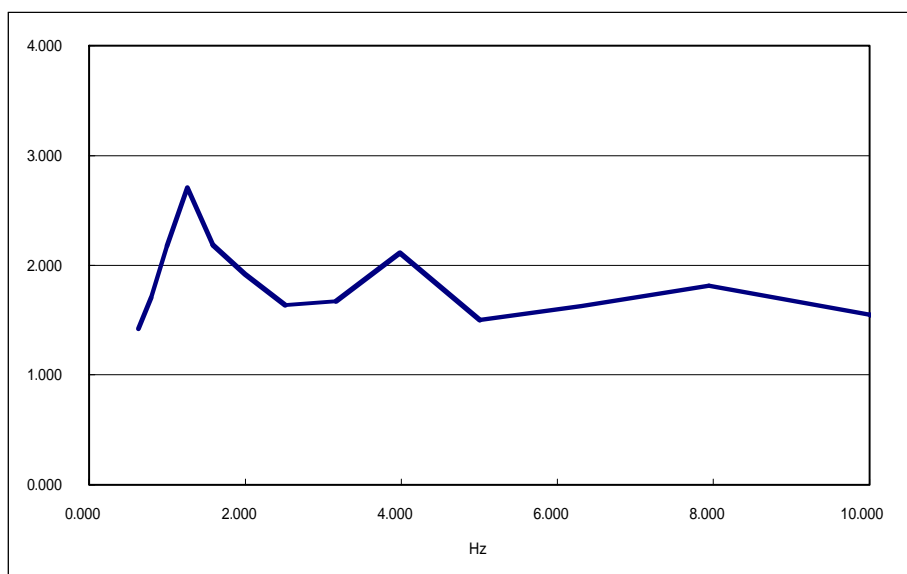


図 43 インターロッキング路面走行時の胸部上下方向の伝達率

2.8 乗り心地と振動伝達率との関係

2.8.1 乗り心地の結果

路面ごとの乗り心地をグラフにした(図 44)。路面条件を要因とした分散分析を総合的な乗り心地の値について行ったところ、有意な主効果が見られた。

先行研究で抱っこゆれについて着目した研究がある。やはり赤ちゃんはお母さんの抱っこが一番好きなのではないかという考えから、抱っこの振動とベビーカーでの振動の違いについて比較した。大きな相違は、振動の周波数と路面から伝わる加速度のパターンにあった。抱っこによるゆれの特徴は、振動の周波数帯が低い位置にある。またパワースペクトルが高周波になるにつれ周期的に減少していく。そして下から突き上げる加速度がないということにある。この結果から周期的なパターンとなるタイル敷の路面が心地よいのではないかと仮定した。そして、実際の乗り心地評価でも、比較的周期的な振動の路面が良い結果を示した。また 2 号棟、1 号棟、創造工学センターとタイルの大きさが、増加するにつれ乗り心地も良い結果を示した。定性的な知見ではあるが、これらの結果から考えられる傾向は、ある範囲のほどよい低周波成分と豊富な高周波成分の調和によって乗り心地の評価が上昇するように理解できる。この振動傾向はいわゆる 赤ちゃん抱っこ 状態で歩行するときの親から乳幼児に伝達される振動の特性に類似している点があるように思える。

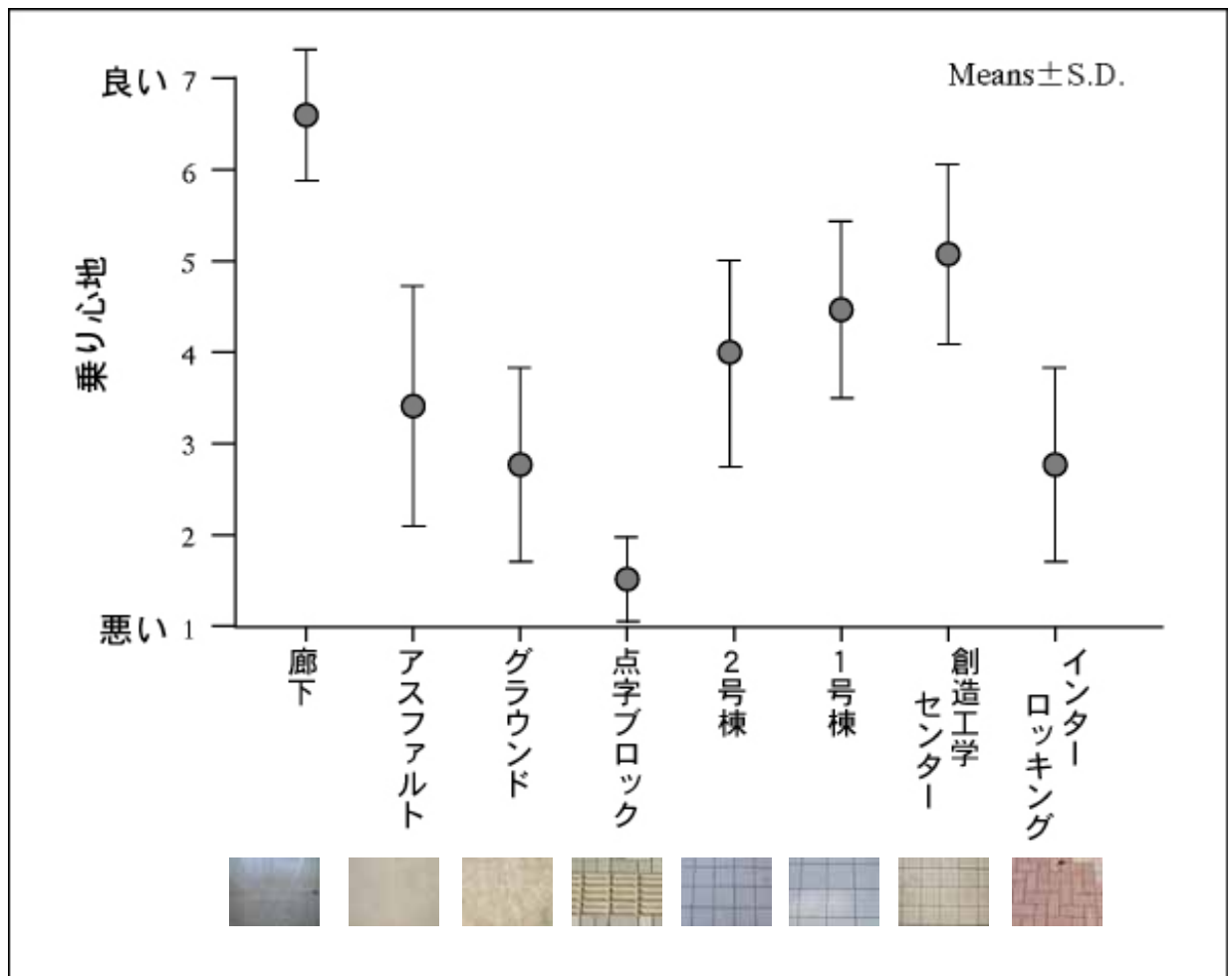


図 44 乗心地評価と走行路面との関係

2.8.2 乗心地と伝達率の相関性

胸部の振動伝達率は、オクターブバンド分析に従って 16 の帯域

(0.6-0.8-1.0-1.3-1.6-2.0-2.5-3.2-4.0-5.0-6.3-8.0-10.0-12.6-15.8-20.0Hz)に分割された周波数ごとに算出した。これらの値を被験者間で平均化し、1つの路面から 16 の変数として表した。

そしてこれらの振動伝達率と乗心地との相関係数を算出した。有意な相関が見られたのは、0.6、0.8、1.0、1.3、4.0Hz の伝達率であった。表 7 に示す網かけ部分は、濃い部分が有意水準 1%、うすい部分が有意水準 5%で相関ありとされたものであり、これらはすべて負の相関を示している。この結果より、この周波数帯域での伝達率が増加すると、乗心地の評価が低下するという関連性があることを確認することができた。

表 7 乗心地と振動伝達率との相関係数

	0.6Hz	0.8Hz	1.0Hz	1.3Hz	4.0Hz
乗心地	-0.369	-0.365	-0.366	-0.421	-0.503

2.9 HRV と伝達率との関係

2.9.1 HRV の結果

実験で得られた心拍データから、 LF/HF 、 $HF/(LF+HF)$ の値を計算しグラフ化した。残念ながら、路面条件を要因とした分散分析を LF/HF 、 $HF/(LF+HF)$ について行い、 LF/HF と $HF/(LF+HF)$ の間には有意な負の相関があることが確認できた。これは、交感神経活動が活発になると、副交感神経の活動は低下し、逆に副交感神経の活動が活発化すると、交感神経の活動が低下するという傾向があることを示すものである。これにより、予測不可能因子が多い屋外での実験ではあったが、心電図の測定値はある程度妥当性が見られたのではないかと考えている。

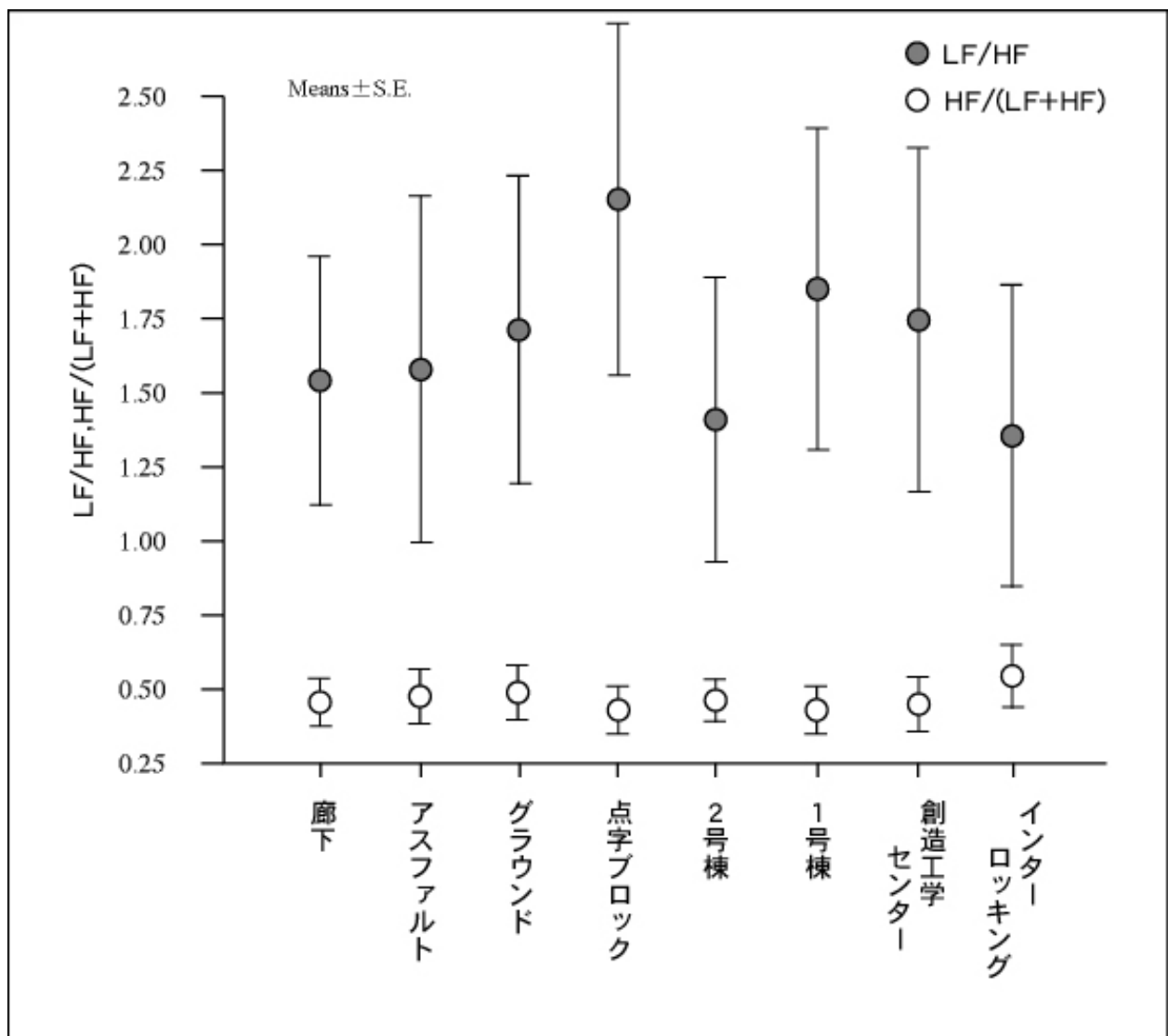


図 45 HRV と走行路面との関係

2.9.2 HRV と伝達率の相関性

LF / HF、HF / (LF + HF) の値と、胸部への振動伝達率で相関を計算した(表 8)。その結果、有意な相関が見られたのは、3.2Hz の振動伝達率であり、正の相関関係があることが明らかとなった。このことにより 3.2Hz 付近の振動が伝達されると、LF / HF の値が増加するということが明らかになった。

表 8 LF/HF と伝達率との関係

	3.2Hz
LF / HF	0.343

2.10 HRV を感性情報評価とした乗り心地評価の可能性

実験結果から得られた知見をまとめると、

- ・ 路面からの振動により引き起こされる 4.0Hz 近傍の振動が乗り心地を悪くすることが確認できた。
- ・ 定量的には、この周波数近傍である 3.2Hz の振動が身体に伝達されると、LF / HF の値が増加し、交感神経活動の亢進が見られることが確認できた。

この結果は、先行のいくつかの研究結果にも見られるように、『4Hz 付近の振動により身体の共振が見られ、乗り心地に悪影響を与える』という結果に一致するところがあり、HRV での評価にある程度の妥当性が示されたのではないかと考えた。しかし、副交感神経活動の指標とされている値に優位な相関は見ることができなかったことは更なる検討を要すると考えている。また、それ以上に、屋外の実験であったということで、振動以外にも様々な不確定要因があったことは、認めざるをえない。そこで今後 HRV による振動の評価実験では、さらなる実験方法等の検討が必要となってくる。

第3章 ベビーカーの最適構造デザイン

第1章および第2章における調査・検討，および実験によって得られた知見をもとに，もっとも「移動が容易」であり，かつ「乳幼児の乗り心地」をできるだけ考慮入れた新しい形態のベビーカーの提案を試みた。ここでは乳幼児に直接接する部分に，軽量，防振，単純，メンテナンス等を考慮して三次元立体編物(3D ネット)の適用を試みた。三次元立体編物に関する詳しい考察は付録に添付する。

3.1 トランスストローラの提案

3.1.1 提案コンセプト

子守帯とベビーカーを併用することで，交通手段を利用してベビーカーで外出する時の問題に対処している人がいるという事実に基づき，子守帯になるリュックサック(三次元立体編物製)のようなものとベビーカーとして使うときの車輪つきフレームの組み合わせで使うものを提案する(図46)。子守帯とベビーカーを一体化したものがあれば，のせかえの手間も省ける。長距離の平面移動時はベビーカーとして，またベビーカーとして使用している時に階段などに直面する場合や，ベビーカーを使用できない施設内や車輦内に入る時には，子守帯として使う(図46-2)。

今回実施したアンケート調査では電車を主な移動手段とする人は少なかったのだが，現在の環境が小さい子供をつれて電車で移動するには不便なこと，現状の駅施設や鉄道を利用するのに適した製品がないことも原因であり，そのような状況の中でも電車を利用せざるを得ない人や場面が存在する。このような現状の問題を解決するような製品の提案を試みる。

また，子守帯部分が着衣型チャイルドシートとして展開することで，電車・バス，タクシー・乗用車と利用する交通手段(transportation)に応じて変形(transform)することで，移動範囲が広がるベビーカーの可能性を示したトランスストローラ(transstroller)の提案を行う。

使用月齢については前章で触れたように，子守帯はおんぶや抱っここの仕方や形状の違いで使用月齢に開きがある。子供を乗せる子守帯部分を替えることで子供の成長や体形の変化に対応できるものとして提案する。基本としてはタテ抱っことおんぶができ，首がすわってから使用するものを装備する。



図 46-1 ベビーカーとして使用する状態



図 46-2 子守帯びとして使用する状態

3.1.2 提案モデルの評価項目

本提案がベビーカーや子守帯に求められる機能を満たしたものであることを確認するため、商品評価サイト ptp (power to the people) での評価項目を参照したものにアンケートでのベビーカーの評価項目を加えて評価項目を作成した(表 9)。また、素材の特性を活かすことで満たされる項目を明確にするため、三次元立体編物を用いることで満たされる項目に をつけた。 のついていない項目についてはフレーム部分の形状やギミックで解決する必要がある。

表9 ベビーカーと子守帯の機能評価項目

ベビーカーの評価項目	子守帯の評価項目
押しやすさ	デザインがいい・色が豊富
開閉しやすさ	洗濯ができる
乗せおろしやすさ	お母さんの着け心地がよい
コンパクト収納	赤ちゃんの安定感
持ち運びやすさ	父親も使える
重さ	着脱が楽
大きさ	軽さ
使用時の安定感	コンパクトさ
使用時の振動	
使用時の動かしやすさ	
他の荷物との持ちやすさ	
通気性がいい	
保温性がある	

3.2 プロトタイプによる検証

3.2.1 プロトタイプの加工について

ベビーカーフレームと子守帯部分の接合部分の操作性と安定性の検証を行うために試作を行った。フレームはアンブレラストローラーのものを用い、子守帯部分を設置するためのフレーム追加部分には手元にあるものの中で最も硬い三次元立体編物(試作品で現在は製造されていない)にテンションを与えさらに硬くして用いた。フレームをたたむ際にはテンションがゆるみ、たたみこまれるように加工した(図 47)。

子守帯部分は腰がすわってから 24 ヶ月頃まで対面抱っこ・おんぶのできるタイプのものを参考に比較的保持性が高く、肌触りの柔らかい三次元立体編物を用いた。参考にした市販品はヘッドサポート部分に厚紙が仕込まれており、強度が求められている部位である。その点も考慮に入れて加工を行った。



図 47 プロトタイプ

3.2.2 取り外し性の検証

当初は取付け部分前面にも追加フレームを設け、前後2点での固定で子守帯部分をぶら下げる形であった。しかし、実際の取り外しを想定すると子供が頭から落ちる危険があること、手の動きが大きくなり操作が難しくなること、前面に追加フレームがあると子供を一度持ち上げる必要があるという問題が明らかになり、改善策を検討した。特に、前面に障害物があると取り外しが困難になる。前面の追加フレームをなくすこと、ロック解除などの手の動きを小さくすること、子供を安全な体勢で持てることなどを考慮に入れて改善したものが写真の試作である。取り外し時には肩掛けに腕を通し、子供の腰に手をあてながら持ち上げつつ固定部分はずす(図48-2)。このことにより子供を安全にかつお母さんの力も少なく子守帯に変化させることができる。今回用いたフレームでは子供のすぐ前にしゃがむことができないため、母親に無理な体勢をしいてしまう。そのため、前に長く張り出した前輪を持つフレーム形状は改善の必要がある。



図 48-1 背面の追加フレームと取付け部



図 48-2 肩掛けと前面の固定部

3.2.3 子供を乗せたプロトタイプによる検証

被験者は2才7ヶ月で想定する使用月齢内であり、体重(11kg)や身長は使用対象の最大限に近い(図49)。



図 49 子供を乗せた検証

(1) 子守帯の使用性

タテ抱っことおんぶが可能な子守帯を参考に制作したものである。実証ではタテ抱っこは子供がやや無理な体勢になっている。抱っこしている母親も手を当てた状態でないと無理である。やはり11kgが上限とされているものを模して制作したため、小さい子供でないと無理なようである。おんぶであれば無理なく使用が可能なが実証された。

(2) 子守帯の取り付け

取り付けは子供を持ったまま一人するのは難しい。一回子供を置くところがあれば楽になるとアドバイスをいただいた。取り付け部品も片手で簡単にできるものにする必要があることが分かった。また、フレーム前部の張り出しが長いため、操作が無理な体勢になってしまうことが分かった。

(3) ベビーカーの使用状態

子守帯部分が前に傾かないように取り付けた尻あてに乗っている状態になっている。また、背部の吊るしの部分にも力がかかっている。ほとんどのこの2点で支えていることが分かった。また、子供が握る部分や足を乗せる部分が、乗せられている子供の動きを見る限り必要であることが分かった(図50)。



図 50 子供を乗せた状態

(4) 振動低減

三次元立体編物をハンモック状で用いることで振動の低減が可能である。ベビーカーフレームに三次元立体編物製の子守帯をぶら下げて使用することで、この効果を得られるのではないかというアイデアに基づく提案であった。検証では、子供の足や手などフレームに直接触れている部分は振動しているが、頭部や体全体の揺れは少ないことが確認できた。

3.3 提案モデルの制作

3.3.1 デザインについて

プロトタイプを用いた検証により抽出された問題点を解決した提案モデルを制作した。

基本としては、プロトタイプで力がかかっていた背部の吊るしと尻当て部分の位置関係と強度に留意してデザインを行った。また、プロトタイプで取付け・取り外しに関する改善点としてあがっていたフレーム前部の長さを短く抑えた。折たたみについては、車輪が上がらないたたみ型とすることで、電車内で他の乗客に迷惑をかける心配がなく使用できるようにした。折たたみは足で踏みながら手で引き上げることでできるものとした。

3.3.2 一歳児ダミー人形を用いた検証

提案モデルの使用性と操作性について、一歳児ダミー人形を用いた検証を行った。

(1) 取付け・取り外し

尻当て部分を子守帯部分が乗せられる形状に加工したことで、取り付け時に子供を落とすことがない分楽になった。また、取り付け部品を背部の一カ所にしたことで、取り付け取り外し作業が簡素になった。また、フレームの前部を短く幅も狭くしたことで、取り付け・取り外しの作業が以前より自然な姿勢で行えるようになり改善された(図51)。



図 51-1 取付けの様子



図 51-2 取り外しの様子

(2) 折たたみ

折たたみは足で踏みながら手で引き上げることでできるが、前屈みにならねばならず、子供をおぶった状態での操作は難しい(図 52)。手で引き上げる操作を簡略するか引き上げ部分を高い位置に持ってくる必要がある。



図 52-1 折りたたみの様子



図 52-2 折りたたみの様子



図 52-3 ベビーカーをたたんだ状態

(3) ベビーカー

ダミー人形の足が曲がらないため、フレーム前部に引っ掛かった状態になっているが、背負子ベビーカーよりも安定した状態で乗っている（図 53）。振動やベビーカーを左右に操作する際にも子供の姿勢がずれることはない。



図 53 ベビーカーに一歳児ダミーを乗せた状態

(4) 子守帯とたたまれたフレーム

子守帯はプロトタイプ縁にナイロンテープを縫い込んで補強したため、以前よりも頑丈で保持性が高くなった。たたんだフレームは持ちやすさの点で改良が必要である（図 54）。



図 54 子守帯とたたんだフレーム

(5) 着衣型チャイルドシート

実際の衝突安全性を検証することは難しいが、タクシーや知人の自家用車で移動する際に、チャイルドシートがない状態で乗ってしまったために急ブレーキで飛び出してけがをしてしまうなどの危険を回避することができる。ベビーカーとして使用する際の吊るす部分にシートベルトを通すことでシートに固定する。子供が帯部分からむけて飛び出してしまうように、帯紐を子供用のシートベルトとして用いる（図 55）。衝突時の衝撃は子供の体を覆う三次元立体編物によってやわらげられる。



図 55 着衣型チャイルドシートの使用状態

3.4 トランスストローラの可能性

本研究で提案したトランスストローラは、三次元立体編物製の子守帯を核として、様々な移動手段に対応した形態に変形するものである。これは強い形状保持性を持ちながらも、人のからだに追従した変形をするという三次元立体編物であるからこそ可能な機構である。これにより三次元立体編物の特性を活かした機構により既存製品を取り巻く問題を解決する製品を提案するという目的は達成されたものと考えられる。

また、三次元立体編物の製品活用のケーススタディーという点から見ると、子守帯部分に用いられている三次元立体編物がベビーカーとして使用する際にはハンモック状に用いることで振動低減の効果を生み、チャイルドシートとして用いるときはそれ自体が衝撃吸収材として働くことから、三次元立体編物が使い方によって違った性質を生むことを製品活用の実例として示すこともできたと思う。

本研究で提案したトランスストローラがベビーカーの製品開発と三次元立体編物の製品活用の双方に一石を投じるものとなれば、本研究の目的は達成されたと言えるだろう。

現在ではベビーカーやチャイルドシートをはじめとして多くの製品が存在し、複数所有している家庭が多い。しかし、このような移動用育児機器が必要な理由の一つとしては世の中の交通手段が大人を基準に安全性や利便性を考慮して作られていることがあり、子供がこれらを利用する際に必要な「アダプター」としての移動用育児機器の姿が浮かび上がってくる。電車やバス、タクシー、自家用車など日常に利用しうる交通機関は複数あるが、各々に対応したアダプターを持ち歩くことは非現実的なことである。しかし、このアダプターがなかったがために子供を危険にさらしてしまったり、よけいな手間がかかったりするような現状もある。

本研究で提案したトランスストローラは、三次元立体編物製の子守帯を核として、様々な移動手段に対応した形態に変形することで「アダプター」の問題を解消することを試みたものである。子守帯部分に用いられている三次元立体編物がベビーカーとして使用する際にはハンモック状に用いることで振動低減の効果を生み、チャイルドシートとして用いるときはそれ自体が衝撃吸収材として働くことで、複数の交通手段に対応する移動用育児機器の可能性を示した。本研究で提案したベビーカーは三次元立体編物の製品活用という観点からのアプローチであったため、素材が持つ振動低減・衝撃吸収や通気性、保持性などの性質を活かすことにばかり目がいき、実際の子供を乗せた際の人間側からの検証が及ばなかった点がある。この提案をより現実的なものとするためには、子供がベビーカーに乗っている際にする動作や睡眠時の姿勢などを研究し、それに適切なものとする必要がある。

本研究では素材の持つ性質を活かした機構の提案を行うことは達成されたが、それが使用する人間に画期的な効果を与えることが実証されることにより完結し、それが今後の課題である。

第4章 総括

本研究は、ベビーカーの乗り心地に関する基礎的な研究であり、さらにその研究展開の入り口に位置しているものと理解している。「ベビーカーの乗り心地の研究」と題してしまうと、それなりの確固たる手法に基づいた一般的な研究であるように読み取れてしまうが、実のところは乳幼児の乗り心地がいかなるものかは皆目検討がつかない状況にあるといっても過言ではないと考えている。成人被験者によって一般的な評価がなされている「車両用シートの乗り心地」ですら、その評価精度に疑問を感じざるを得ない現状であるのに対し、さらに不確定な要因が含まれる「ベビーカーに搭乗する乳幼児の乗り心地」について議論することは大きな困難を伴うことは自明の理とも言えるものであると考えている。

このような根源的な問題の存在を認めつつも、本研究ではこの乗り心地を総合的に扱い、既往研究に見られる人間工学的な評価手順と、開発現場および使用現場で行われている実際の感覚による評価の考え方の両面を念頭に置きつつ、新しいベビーカーの形態を提案することを試みたのである。

第1章では、ベビーカーの現状調査を行うとともに、その調査から得られた知見をベースして好ましいベビーカーのデザイン要件の構造化を試みた。その結果、当然なことではあるが、ベビーカーの最終目標は「移動が容易である」ことに集約し、さらに興味深いことは、移動を操作する親の使用性への配慮だけではなく、同じレベルで乳幼児の乗り心地を配慮することが、その最終目標を実現するために重要であることが確認された。また、その乗り心地は特に一般道路での移動の際の安定感に大きく影響されることも明らかとなった。

第2章では、一般道路路面を移動する際の乗り心地を表わす、比較的再現性があり、かつ指標化しやすいと期待できる心拍変動(HRV)を乗り心地の指標として扱い、その可能性について検討を行った。そして、このHRVによる感性情報評価と乗り心地との関係、および路面情報と乗り心地との関係を解明することを試みた。ベビーカーの乗り心地に関する直接的な研究とは言い難い面もあるが、移動機器という範疇においてはベビーカー形態の1次近似的形態である車椅子に注目し、それに搭乗する成人の乗り心地を検討することで、間接的ではあるが、主観評価データを得ることが困難であるベビーカーの乗り心地を解明することを試みた。その乗り心地評価および振動特性測定実験の結果、屋外の実路面での評価実験であったにもかかわらず、4 Hz 近傍の振動環境においては、HRV と乗り心地との統計的に有意な相関関係を得ることができた。この相関関係をより精度の高いものにすることと、実際のベビーカーに乗せられた乳幼児の感性情報評価に適用することの可能性を確認することが次ぎのステップであると考えている。

第3章では、第1章および第2章において得られた知見に基づいて、新しいタイプのベビーカーのデザインを試みた。このデザインにおける重要な目的は、「移動が容易である」ことと、「路面ベビーカーフレーム 乳幼児への振動を緩和する」ことの2項目であるとし、その実現にあたっては軽量で必要十分な剛性が確保でき、さらには振動吸収性も期待できる三次元立体編物(3D ネット)の適用を試みた。3D ネットの適用においては、既存ベビーカーフレームの乳幼児保持部を3D ネットに置き換えた機能モデルを作成し、実際の使用実験を行った。この実使用実験より、3D

ネットとベビーカーフレームの組み合わせ方の可能性と問題点を確認し、最終提案モデルのデザインに反映した。

本研究は様々な個所において試行錯誤的な手法に頼らざる面が多く、一つ一つの実験や検証はある程度の信頼性を持ってその結論について述べることができるが、全体的な内容の調整、つまりそれぞれの実験・検討結果間の調整された連携は不十分であることは認めざるを得ない。そのためにも乳幼児に対するHRV測定と乗り心地の評価は最重要な今後の課題と考えている。また、システム工学的な意味合いではさまざまなデザイン要件を直接的にも間接的にも拘束条件として配慮した第3章のデザインプロセスは、荒削りではあるが、最適なデザインアプローチを取っていることになるのだが、構造力学的意味合いでの最適構造デザインは手付かずであり、最終製品まで展開するためにもこの構造力学的最適構造デザインは避けることができないと考えている。

ベビーカーのデザインに限らず、再現性に乏しく、不確定な要因が多いこの種の領域の研究は、これからさらに検討しなければならない状況になってくることは避けることができないものと考えている。今回の検討を通して得られて様々な問題点をこれからの統合的な最適デザインのために展開し活かして生きたいと考えている。

付録 三次元立体編物の可能性

1. 三次元立体編物の可能性

1.1 研究の背景

三次元立体編物はその名の通り三次元構造を持つファブリックである。この三次元立体構造により、既存のファブリックにはない多くの特性を持つだけでなく、三次元構造が織り成す独特の風合いを持ち合わせている。三次元立体編物の特性の一つにクッション性があり、車輻用シートや介護用品を主な用途とした開発がされてきた。しかし、この用途にとらわれない発想での活用が望まれており、各方面から注目されている素材でもある。

1.2 研究の目的

本研究の目的は二つの段階に大別できる。まず三次元立体編物の特性を整理し、定量的な手段を用いて三次元立体編物の構造マップを作成する。ここでは三次元立体編物の製品活用性とその展開の可能性を客観的に把握することを目的とする。これにより明らかになったことを踏まえ、ケーススタディーとして一つの製品を提案する。製品提案の目的は、三次元立体編物という新素材の特性を活かした既存製品にない機能を持たせることにより、既存製品を取り巻く問題を解決することを目的とする。同時に、三次元立体編物の多様な有用性の一端を示す提案とすることを研究目的とする。

1.3 研究の流れ

三次元立体編物の特性を把握し、これをもとに定量的な評価を行い構造マップを作成することで三次元立体編物の活用性と製品展開の全体像を把握する。これにより明確化された三次元立体編物の特性と活用可能性をもとに、ケーススタディーとして一つの製品を提案する。

提案する製品は、三次元立体編物を用いることによって初めて実現しうる機能と形態を持ち合わせることで、また、既存の素材を用いた製品の問題をこの素材によって解決されることによって素材の新たな活用性を示すものとする。そのために既存製品の特徴や問題点などを把握するための調査や、プロトタイプを用いた検証と並行してアイデア展開を行う。これらの過程を経て、最終提案モデルを制作する(図1)。

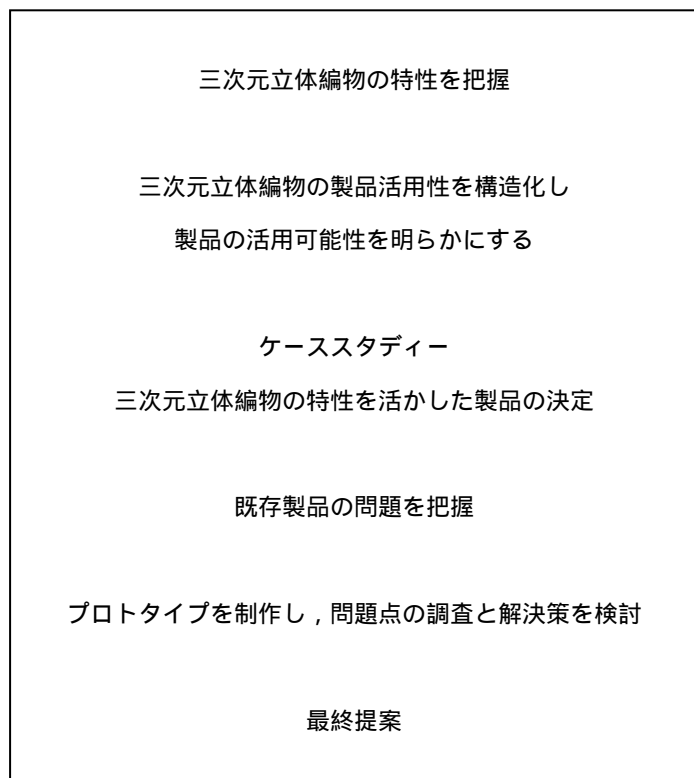


図 1 研究の流れ

2. 三次元立体編物の製品活用性調査

2.1 三次元立体編物の仕組み

三次元立体編物は表面の布地と裏面の布地の間に、パイルと呼ばれる弾性を持った層がある三次元立体構造の編物である。この立体構造により通気性・通水性が良く、空気の流れをふさぐことで保温性を生むこともできる。パイルの編み方はI型、X型、IX型などのパターンがあり、このパターンやパイルに用いられる繊維の特性を変えることで様々なバネ特性を持たせたりすることができる。また、一般的な布に比べて形が崩れにくく、テンションを与えた状態であれば、ある程度の力に耐えつつ形状を保ち続けることも可能である。

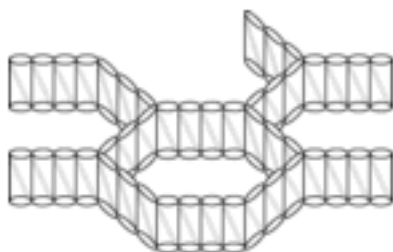


図 2 - 1 三次元立体編物の見取り図



図 2 - 2 三次元立体編物

2.2 三次元立体編物を用いた製品

三次元立体編物は車輻用シートや介護，寝具用品を主な用途として開発されてきた素材である。現在製品化されているものを一覧で示す（表 1）。その中でも象徴的な製品をいくつか取り上げて説明する。

表 1 三次元立体編物製品の一覧

洗濯ネット	サッカーレガース
たわし	スキーウェア
ろ過材	インソール(靴)
ベッドパット	ミーティングチェアー
まくら	OAネットケース
カーシート	OAデスクパーティション
肩パット	OAクッション
着物補正用パット	ゴルフ乗用カートカバー
リネンサプライ(洗えるスリッパ)	水浄化、泥水浄化用フィルター
床擦れ防止マット	建設用壁面強化材（開発中）
手術用パット	失禁防止ショーツ
車椅子用パット	ブラジャー
リュック背当て	集球用マット
ヘッドプロテクタ	グリップ

(1) ベッドパット・車椅子用パット

三次元立体編物の通気性・通水性が良くムレない，洗ってもすぐ乾く，優れた体圧分布によって寝心地（座り心地）がよく床擦れ防止の効果が期待できるなどの利点を活かした製品である。



図 3-1 ベッドパッド



図 3-2 掘富商工 床擦れナース

(2) カーシート

三次元立体編物の優れた通気性と体圧分布,高いホールド性を活かした製品としてアフターマーケット向けのバケットシートが市販されている。また,これとは正反対の性質を持つシートであるが,三次元立体編物をハンモック状で用いることで,従来のウレタンやスポンジのシートよりも薄い収納式シート(3列目シート)がミニバンに採用されている。また,どちらの製品も三次元立体編物を用いることで従来のシートと比較して軽量なものとなっている。1999年の東京モーターショーに次世代スポーツカーのコンセプトカーに採用された例をはじめ,シートデザインに新しい機能と形態をもたらす素材としても注目されている。



図 3-3 デルタ工業 バケットシート



図 3-4 トヨタ自動車 スパシオの3列目シート

(3) 空気清浄機・水浄化フィルター,リネンサプライ(洗えるスリッパ)

疎水性・はっ水性に優れていることを活かし水中で用いたり,水による洗浄を容易にしたりする活用例である。三次元立体編物にテンションをかけて加工することで得られる形状を保つ機能も活かされている。また,フィルターの用途では通気性に優れた三次元立体状の編み構造そのものを利用している。



図 3-5TBR 水浄化フィルター



図 3-6 長谷虎リネンサービス
スリッパジャブジャブくん

2.3 三次元立体編物の特性

三次元立体編物は、主に車輛用シート素材として開発されてきた背景が素材の持つ特性と大きく関係している。製品展開に合わせて様々な物性を持つものが生産されている。これらのことを踏まえた上で、既存製品に見られる三次元立体編物の特性を整理した。

(1) 弾性

クッション性や、瞬発的な衝撃に対する緩衝性能。

(2) 形状保持性

長時間にわたってかけられる力に耐えつつ形状を保ち続ける、またはテンションを与えられた状態で利用することである形状を保ち続ける性能。

(3) 形状追従性

接しているものや人の体の形状に追従してなじむ性能。

(4) 通気性・通水性

三次元メッシュ構造によって空気や水気をよく通す性能。

(5) 形状大変形

たたむ、包むなど形状を大きく変形させることによって機能を生む。

(6) 光透過

光を透けさせることによって風合いを生む。

(7) 疎水性・はっ水性

水を弾く。すぐ乾く。

(8) 軽量

軽さを活かす。

(9) 構造要素

三次元立体編物だけで成立した外形を持つもの。

2.4 三次元立体編物を用いた製品案

三次元立体編物を用いた製品のアイデア展開を行った(表2)。前節で列挙した特性を踏まえた上で既に商品化されている製品にとらわれず、全く新しい製品のアイデアも展開するように心掛けた。

アイデア展開で挙げた製品案には現在開発されている三次元立体編物を用いた実現可能な製品案も多くあるが、今後の素材開発を見込んだ上でのアイデア展開であったため現状では実現不可能なものもいくつか含まれている。また、表2上の名称ではアイデアの意図や製品自体が分かりにくいものについて、以下に、いくつか取り上げて説明する。

看板：鉄板やアクリル板の看板は面積が大きければ大きい程、強風にあおられるため太い支柱が必要となる。そこで三次元立体編物にテンションを与えて面状に用いることで、細かいメッシュにより風に煽られない看板として提案する。素材内部に層を持つので、内部に証明やLEDなどの埋設も可能である。大型の交通標識などの用途が考えられる。

グリルレスバンパー：自動車のバンパーには樹脂が多く用いられている。バンパーには衝突時の衝撃を吸収して自動車のダメージを抑える役割がある。三次元立体編物にテンションをかけて強い保持性を持たせることでバンパーとして用いることで、衝突時には潰れて衝撃を吸収し、走行時には通常バンパー等自動車前面に開口部を設けてラジエター等を冷却するグリルを三次元立体編物のメッシュ構造に置き替えることで無くしてしまうことができる。機能、構造、デザインに新しいバンパーの提案である。

曲面ジャングルジム：三次元立体編物を球体状に加工することによって得られる保持性を活かし、中に入ったり壁面をよじ登ったりして遊ぶジャングルジム。光透過性を持つ素材なので中に入っていることが外側から見ても確認ができるため遊ばせている親にとっても安心。三次元立体編物の持つ触感も同時に活かすことができる。

パソコンのハウジング：現在パソコンのハウジングには樹脂成型のものが用いられている。通気性・冷却効果のために無数の穴があげられているが、それならば最初からメッシュ構造で通気性のいい三次元立体編物を用いてはという発想である。ツルツとした感触の樹脂成型製品が多い中で編物の質感は消費者に新しいインパクトを与えられる。新製品のサイクルが早い製品であるためリサイクルが問題となるが、三次元立体編物はリサイクル性にも優れており環境問題の面でも効果が期待できる。

剣道防具：剣道の防具は新撰組の時代から大きく変化していない。革を編み込んで布団状にしたものが衝撃吸収材として小手や面に用いられているが、十分な衝撃吸収をしているとはいいがたい。また洗うことのできない素材のため汗がしみ込んで臭くなるが洗濯ができない等衛生面の問題、通気性が悪く蒸す上に重量があるため夏の長稽古には危険が伴うことなど進化を怠った道具による問題が多くある。三次元立体編物は形状保持性のある衝撃吸収材であり、優れた通気性・通水性をもつ軽量の素材である。この素材を用いた防具により練習の環境が改善されるだけでなく、よりスピーディーで気軽にできるスポーツとなることが期待できる。また、優れたはっ水性により今までは考えられなかった洗濯をすることも可能となり、特に使い回しがされている学校体育の授業で行われている剣道の現場において革命的な効果が期待できる。

携帯電話：形状保持性と形状追従性を持ち合わせる三次元立体編物の特性を活かし携帯電話の筐体として用いることで、硬くて冷たい感触を持つケータイではなく、柔らかくて体になじみ人肌の暖かみを持ったものとして提案する。

海使用腕時計ベルト：形状追従性を活かした腕になじむベルト。疎水撥水性に優れた素材である点を活かして、マリンスポーツ等で用いた後に陸にあがればすぐに乾くことで、水陸で快適なベルトとして提案する。

表2 三次元立体編物を用いた製品のアイデア

太陽電池保護カバー	ジャージ	入浴対応車椅子
三次元網戸	障害者用クッション	ゴルフ場用カートカバー
ブラインド	保温マット	旅行用折りたたみカバン
サンシェイド	台所シンク用マット	ソフトトップカバー
スーツホルダ	便座シート	ゴルフパット練習用マット
ネクタイホルダ	冷却マット	農作物用コンテナ
看板	夜間ジョギング用ベスト	ヘッドホン
防雪ネット	夜間交通整理用ベスト	ウォークマンボディ
養殖用ネット	クッション付ズボン	携帯電話
果実用カバー	ボート用マット	観光バス用補助椅子
アウトドア用ハンモック	柔道着	ガラス容器キャリア
虫除けマット	手すり被覆材	キーボード
虫除けシート	クッション機能付き風呂敷	ミニバン補助シート
曲げられる蛇腹	スケートリンク壁材	オフィス用休憩ベンチ
グリルレスバンパー	個人対応型クッション材	航空機用シート
曲面ジャングルジム	デイクアセンター・	通勤電車で跳ね上げシート
自転車用カゴ	バリアフリー住宅壁材	海仕様腕時計ベルト
照明カバー	レーシングスーツ	体育教育用マット
買い物かご	イベント用緑化マット	サンダル
コンポハウジング	ステアリング	グローブ
パソコンのハウジング	帽子	カバン
扇風機カバー	スノボキャップ	姿勢保持用装具
水族館用漁礁	リハビリ用グリップ	コルセット
海中構造物	床ずれ防止マット	ギブス
教育用工作キット	折りたたみ自転車用サドル	斜面用緑化シート
家	剣道防具	水質浄化用漁礁
橋	救急車用担架	跳び箱のクッション
陶器ライト	防災頭巾	植木鉢
電波伝導用経路	ヘッドプロテクタ	しぶき系画材
デイクアセンター・病院床材	ヘルメット	台所用ゴミ箱
滑り止め床材	耐久レース用バケットシート	生け花
浴室用滑り止めマット	サポータ	傘立て
義足弾性材	陸上競技用トラック	スノコ
インナーブーツ	テニスコート	水栽培
押入れ用内張り	粉体のバインダ	タイヤ補強材用
壁材フック掛け	砂漠緑化シート	テニスラケット
釣竿・棒高跳び用ポール	熱伝導経路	ゴルフシャフト
自転車サスペンション	ゴミ箱	自己診断型コンクリート補強材
ノートパソコン	鉛筆立て	道路用アスファルト補強材
ボール	タンス	スキー・スノーボード

2.5 多変量解析を用いた分類と解析

2.5.1 目的

2.3 節および 2.4 節では三次元立体編物の製品活用状況の分析とどのような製品が作れるかというアイデア展開を行ってきた。本説で行う分類と解析では三次元立体編物を活用したアイデアの広がりとその中での現在の製品活用状況を把握することを目的とする。

2.5.2 方法

数量化理論 III 類による解析を行うため、アイデア展開によって抽出した製品案（表 2）に、既に製品化されているまたは製品化の予定がある三次元立体編物製品（表 1）を加えた 142 種類のサンプルと前出の 9 つの特性をカテゴリーとしたものについて、1/0 データによるマトリックスを作成した。これを使用して Microsoft Excel のマクロプログラムにより解析を行った。アイデアの中にはグリルレスバンパーや橋のような現段階の技術では実現不可能なアイデアも含まれているが、クッション材という三次元立体編物本来の用途から飛躍した製品展開を探るため、あえてそのようなものもサンプルに加えた。解析の結果から、寄与率の大きい順に 2 つの軸を用いて散布図を作成した。ついでクラスター分析を行った。クラスター分析は異なった性質のものが混ざりあっている対象の中で、互いに似たもの同士を集めてグループを作り、これらを分類する方法である。数量化 III 類により得られた結果をクラスター分析にかけることで、三次元立体編物の特性(カテゴリー)における類似度に基づいて、三次元立体編物製品・製品案(サンプル)を分類することができる。今回は数量化理論 III 類の結果得られた第 1 軸, 第 2 軸を用いてクラスター分析を行った。分析ではユーグリット距離を用い, 最長距離法に従って結合処理を行った。クラスター分析によって得られた樹状階層図を付録に示す。サンプルの散布状況および樹状階層図を考察し, 142 種類の製品を 6 種類のグループに分類した。各グループの分布を図に示す(図 4)。

また, 三次元立体編物の特性ごとにも同じ作業を行った(図 5)。方法としてはその特性を有するサンプルだけを抽出してマトリックスを作成し, 同様の方法で数量化理論 III 類とクラスター分析をかけた。これは各特性の活用性を把握することと, 複数の特性が活かされているケースを分かりやすく把握することを目的としている。

2.5.3 分類の結果と考察

数量化理論 III 類とクラスター分析による分析の結果, 先に挙げた製品・製品案は立体編物の用途として人体に触れるもの(緩衝材・被服材, 保持性のあるクッション材), 軽量の保持材, 強度構造材, メッシュ構造利用(通気性利用, メッシュを利用した構造材), にグループ分けすることができた(図 4)。製品化されているものは人体に触れるものと軽量の保持材に集中している。これは先にも触れたように三次元立体編物が主に自動車用シートや介護用品の用途を見込んで開発されてきた素材であることと関連している。三次元立体編物は様々な用途が期待されているが, 現状の素材ではこれらの用途において有効な素材であると考えられる。より強靱な素材開発をすることで強度構造材やメッシュ構造利用などの現状の製品展開から飛躍した用途が現実的なものになると考えられる。

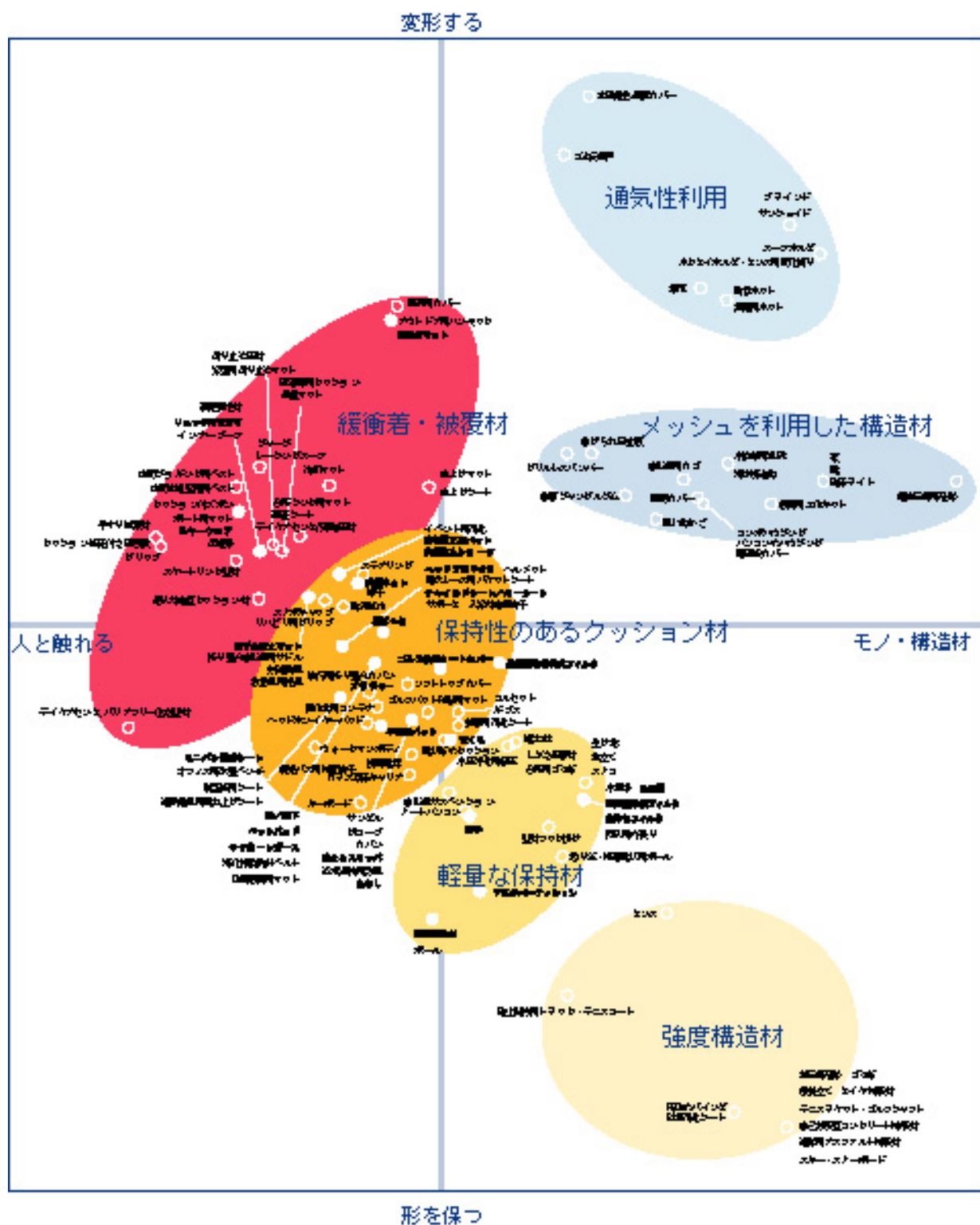


図4 製品の分布

2.5.4 三次元立体編物の特性ごとの分類と考察

(1) 弾性

静的なものと動的なものに分けられる。人がそれに座る、寝る、立つなどの形で接しているときにクッション性を生むものと、人が着用することで中のものを守る目的で瞬発的な衝撃に対する緩衝性能を生む用途に分けられる。前者の用途には形状追従性や形状大変形が、後者の用途には形状保持性が大きく関わっている(図5-1)。

すべてのグループに既存製品が存在することから、弾性材としては広い用途で製品展開がなされていることが分かる。

(2) 形状保持性

人の体が触れる部分での用途と構造材の用途の二つに大別できる(図5-2)。前者は長時間にわたってかけられる力に耐えつつ形状を保ち続けるという意味での形状保持性を活かしたもので、主に人の体を保持する目的があるため形状追従性や弾性を複合して活かしている。構造材の用途には形状保持性に形状大変形、通気通水性、構造要素が組み合わされたグループに分れる。通気通水性のいい構造材のグループは三次元立体編物にテンションを与えられた状態で利用することで生まれる形状保持性を活かしているため、既存製品が多く存在しており素材の性質に適した用途である。構造材の用途で形状大変形、構造要素の特性が大きく影響しているグループには既存製品が存在しない。現状では三次元立体編物が曲がる・しなるなど形状を大きく変えつつ形状保持性を生む構造材用途での展開がなされていないが、人の体に触れるものではブラジャーやサッカーレガースのような製品が存在することから、今後の素材開発によっては展開の期待できる用途であると考えられる。

(3) 形状追従性

人の体の形状に追従してなじむ性能を活かした用途で広く製品展開がなされている(図5-3)。体に触れる保持材のグループは、製品の外部構造として加工によって生まれる保持性をもちながらも人の体に追従してなじむものである。クッション材のグループは、形状保持性と形状追従性の複合によって生まれる弾性を活かしたものである。緩衝着のグループでは三次元立体編物に複雑な加工なく衣服類の布地や裏地として用いることで緩衝性や保温性、通気性、通水性を得られる用途である。すでに製品化されているものを複数含んだグループであり、今後も広く製品展開がなされていく分野であると考えられる。

人の体に追従する用途での展開に対して、構造材としての展開はアイデアも乏しく製品化されているものも少ない。モノとモノの間に用いられる追従性の用途などの活用性はあると考えられる。

(4) 通気性・通水性

人の体に触れる用途と構造材としての用途に分けられる。人の体に触れる用途では幅広く製品活用がなされている(図5-4)。特に衣服類の用途では裏地として用いることで通気性・通水性、保温性等の機能を付加することが可能なため、広く展開されていくことが予想できる。外形構造材の用途では既存製品が存在しないが、樹脂成形による外形が工業製品に多用されている中で三次元立体編物が持つ発色性の良さや独特の風合いを活かすことがで、新しい提案ができる分野として期待

できる。

(5) 形状大変形

たたむ、包むなど形状を大きく変形させることができる弾性材や保持材として被覆物や衣服類に広く活用されている(図 5-5)。しなる、曲がる、つぶれるなど形状が大きく変形することで生まれる反発力や緩衝性能を活かす構造材としての用途は、現状の素材では難しい用途であるが、素材の代替用途ではなく全く新規の製品が生まれる可能性がある分野だと考えられるため、これらの活用が可能な素材の開発が期待される。

(6) 光透過

この特性を活かした既存製品はひとつしか存在せず、製品展開において考慮されてこなかった特性であると考えられる(図 5-6)。この特性は主に通気・通水性、構造要素と組み合わせられており三次元立体のメッシュ構造そのものが生む特性である。

弾性や形状追従性とは組み合わせにくい特性であるためか人の体に触れるものがなく、他の特性とは異質のものであると考えられる。

(7) 疎水性・撥水性

着衣物などに用いて汗をはじいてすぐ乾く用途と屋外や水場の構造材としての用途に分けられる(図 5-7)。既存製品は着衣物に集中している。三次元立体編物が介護用品においてムレや床擦れを防ぐ素材として用いられているため、通気通水性、形状保持性、形状追従性、弾性利用と組み合わせられて活かされている製品が複数商品化されており、これらの用途において有効な素材であるといえる。

(8) 軽量

身につけるもの、持ち運ぶことのできるものがほとんどである(図 5-8)。三次元立体編物が従来のクッション材に比べて軽量であるため、既存のクッション材の代替用途の製品が多く存在する。着衣物のグループではスキーウェアが商品化されているのみであるが、通気通水性、疎水撥水性に加え保温性や形くずれのしにくさなどの性質も持ち合わせるため、製品展開が期待できる用途である。保持性利用のグループは製品化されているものが存在しないが、新規の製品アイデアが集まっているため、軽くて保持性の高い素材が開発されることで実現されることが期待される。

(9) 構造要素

この特性を活かした用途は三次元立体編物を外形素材として用いることで素材のもつ保持性を活かすものである(図 5-9)。そのため、形状保持性との関連性が強い特性である。衣服類、被覆物ではすでに製品化されているものが存在しており、有効な活用領域であると考えられる。構造材の用途では三次元立体構造による強度と保持性を活かすものであるが製品活用されているものは少ない。しかしながら、より強靱な素材が開発されることで新規の活用領域となると考えられる。

3. ケーススタディーへの展開

構造マップの作成により，現在開発されている三次元立体編物が人体に触れるもの(緩衝材・被服材，保持性のあるクッション材)と軽量の保持材において有用であることが明らかになった。これらの用途をバランスよく取り入れた製品として自転車のような乗り物が考えられる。製品分布図上のサンプルで説明すると，サドル・シート=保持性のあるクッション材，グリップ=被覆材体に触れるクッション材，サスペンション=軽量の保持材，タイヤ=強度構造材というようにそれぞれの部品がそれぞれのグループに存在している。

以上のことを踏まえ，本研究においてケーススタディーとして提案する製品を「人体に触れるもの」「軽量の保持材」の要素を取り入れた乗り物とし，これをウェアラブルムーバーと呼ぶ。ウェアラブルムーバーとは，体に触れる要素と軽量の保持材の要素を取り入れ，身につけることができる乗り物として三次元立体編物を活かした製品の名称とする。

3.1 ウェアラブルムーバーの提案

ウェアラブルムーバーの例としては自転車やベビーカーが考えられる(図6)。これらの製品では，三次元立体編物をサドル・シートやグリップに用いることでヒトとモノの間，サスペンションやタイヤに用いることでモノとモノの間双方で用いることで新しい乗り味や機能を得るだけでなく，三次元立体編物の弾性材としての幅広い有用性を示すことができる。一例として，ベビーカーに使用される素材は赤ちゃんの肌に優しく，通気性が良く清潔さを保てることや，赤ちゃんの姿勢をしっかりと保持し，路面からの走行振動をやわらげる機能が求められる。この点においても三次元立体編物が有する優れたクッション性と通気性，通水性，そして夏は涼しく冬は暖かいという性質を活かすことができるため，ケーススタディーとして提案製品をベビーカーに設定することも可能である。



図6-1 ウェアラブルバイシクルのアイデアスケッチ



図 6-2 ウェアラブルベビーカーのアイデアスケッチ

参考文献

- 1) 山中敏正：ベビーカーの振動特性の測定と、主観的乗り心地要因、第3回アジアデザイン会議論文集、1998、11-18
- 2) 山中敏正：抱っこベビーカーの振動特性の差異がもたらす乗り心地感への影響、感性評価3、1999、145-154
- 3) 大谷洋：福祉車両における車いす搭乗者の乗り心地解析、チバダイガク大学院自然科学研究科、修士論文、2001
- 4) 星芝貴行ほか：音楽刺激に対する振拍変動波形解析、日本音響学会誌 51 巻 3 号、1995、163-173
- 5) 岡田明大：スキンケア化粧品の心地よい使い心地感が心拍変動性と脳波へ及ぼす影響、日本生理人類学会誌、Vol. 4、No. 3 Aug. 1999
- 6) 横森求等：四輪電動車椅子の路面条件による乗り心地および振動特性、名城大学理工学部研究報告書、No. 40 2000
- 7) 寺町賢一等：路面平滑度に対する車椅子利用者の振動評価、九州大学工学部報、第72巻、第3号、1999