

いては両端支持梁における最も応力が高くなる箇所と同じである。図 25 の部品については拡張座面が水平時には特に問題ないが，拡張座面が上向きあるいは下向きに角度が少しでもつくと，固定部品のカドにおいて応力集中が発生している。応力集中は好ましくないので改善案としてはカド部分を R 加工する，固定部品と拡張座面との接触面積を大きくする方法がある。

表 2 板半面への負荷時の解析結果

負荷面積	拡張座面半面					
	先端			固定側		
負荷の場所						
メッシュ数	21563			21563		
荷重 [N]	350	690	1130	350	690	1130
最大相当応力 [MPa]	17.4	34.3	56.1	50.6	99.7	163.2
最大変位 [mm]	0.10	0.20	0.32	0.19	0.37	0.61
最小安全率	11.9	6.0	3.7	4.4	2.2	1.4

表 3 手のひら面積への負荷時の解析結果

負荷面積	手のひら								
	先端			中央			固定側		
負荷の場所	先端			中央			固定側		
メッシュ数	24200			24200			24200		
荷重 [N]	350	690	1130	350	690	1130	350	690	1130
最大相当応力 [MPa]	7.1	14.0	23.0	84.1	165.8	277.2	62.3	122.9	234.9
最大変位 [mm]	0.01	0.03	0.04	0.36	0.71	1.17	0.24	0.47	0.76
最小安全率	15.0	14.8	9.0	3.0	1.5	0.9	3.7	1.9	1.1

表 4 臀部面積への負荷時の解析結果

負荷面積	臀部								
	先端			中央			固定側		
負荷の場所	先端			中央			固定側		
メッシュ数	21629			24780			24374		
荷重 [N]	350	690	1130	350	690	1130	350	690	1130
最大相当応力 [MPa]	8.5	23.7	27.9	57.6	113.5	185.9	55.5	109.3	179.0
最大変位 [mm]	0.02	0.06	0.07	0.17	0.34	0.56	0.11	0.22	0.35
最小安全率	15.0	8.7	7.4	4.3	2.2	1.3	4.5	2.3	1.4

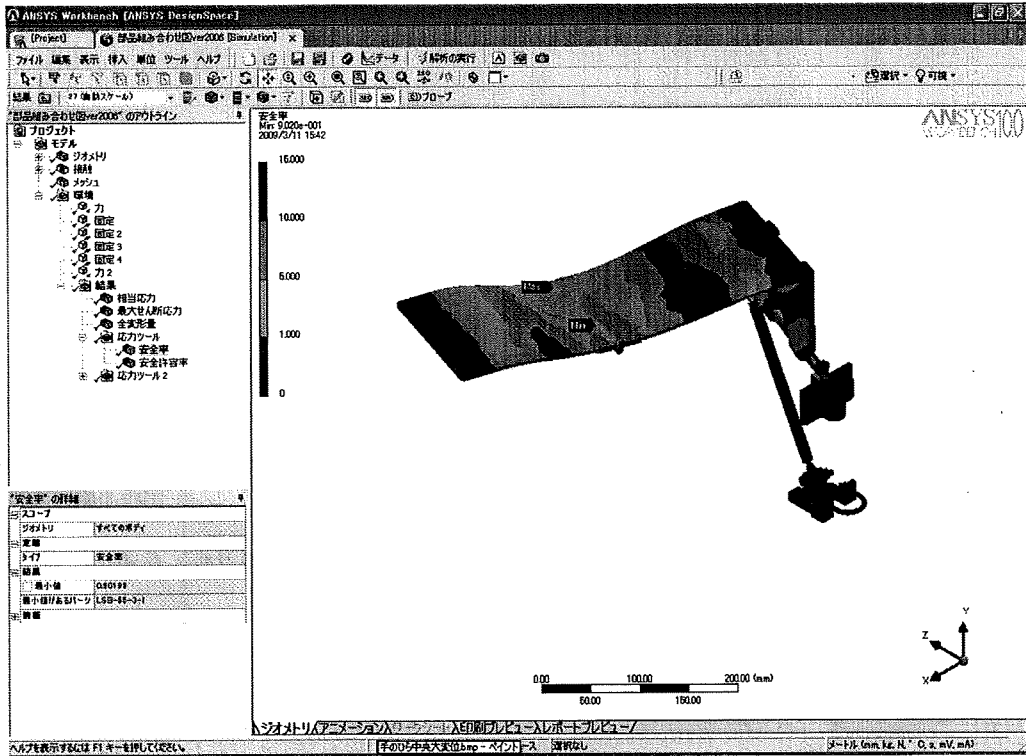


図 23 安全率の解析結果  
(手のひら, 中央, 1130N)

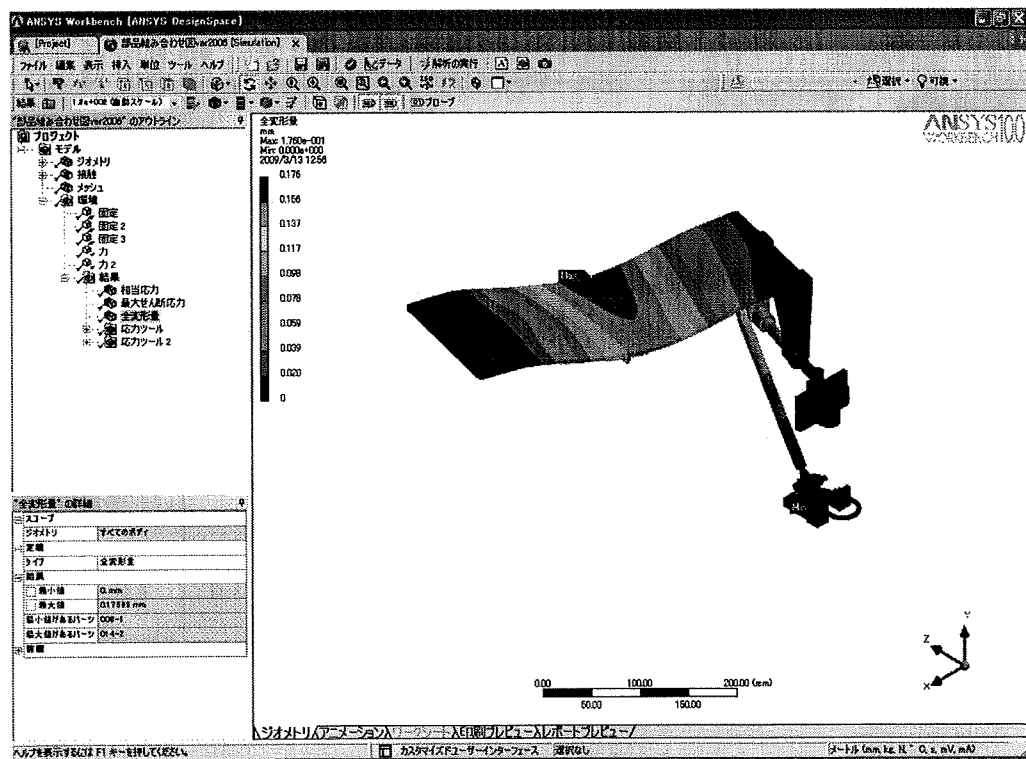


図 24 変位の解析結果  
(臀部, 中央, 350N)

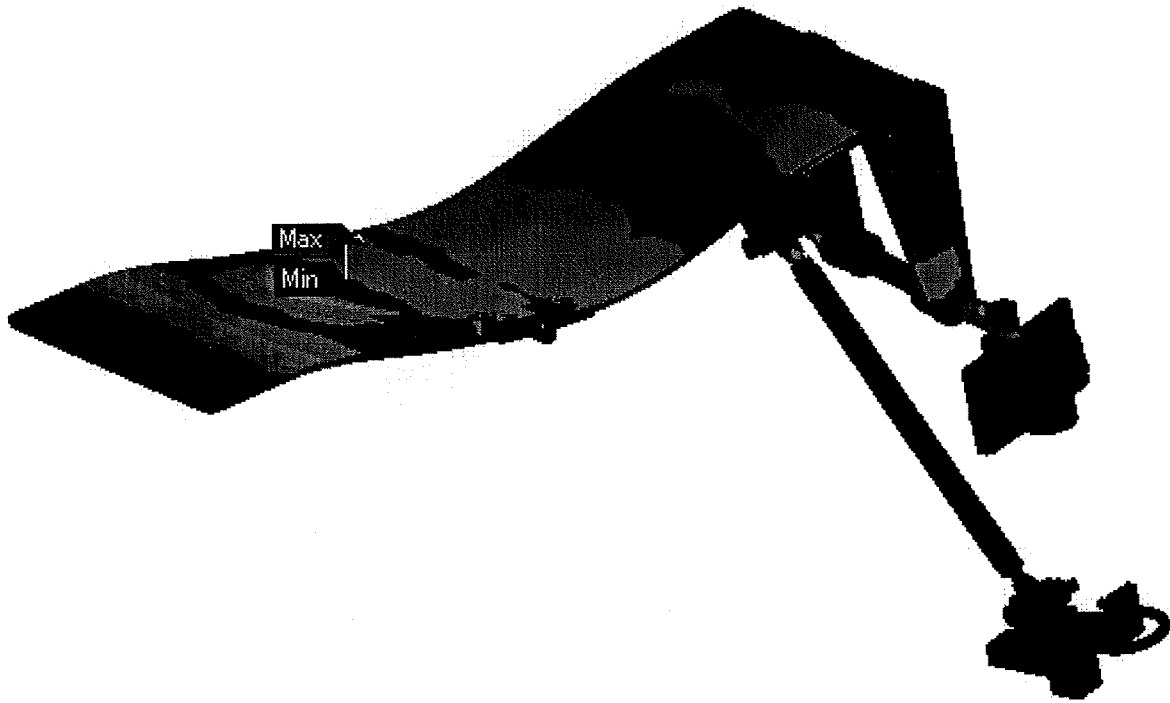


図 25 座面部品周辺での応力集中

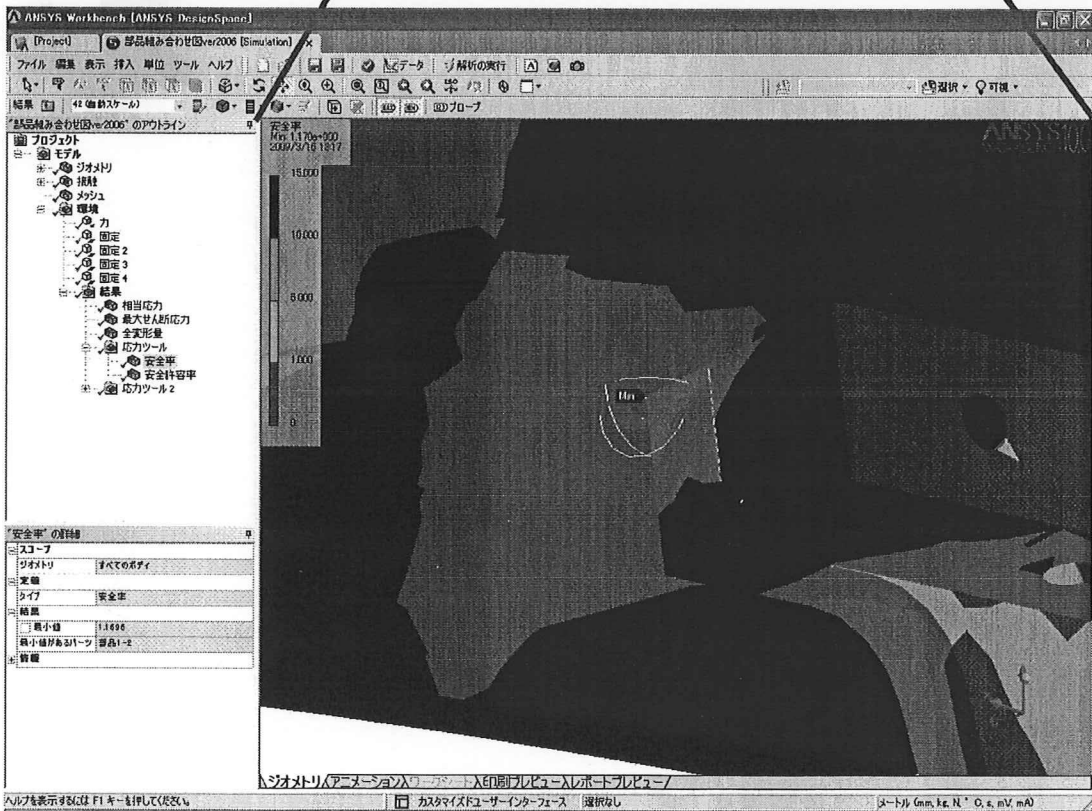
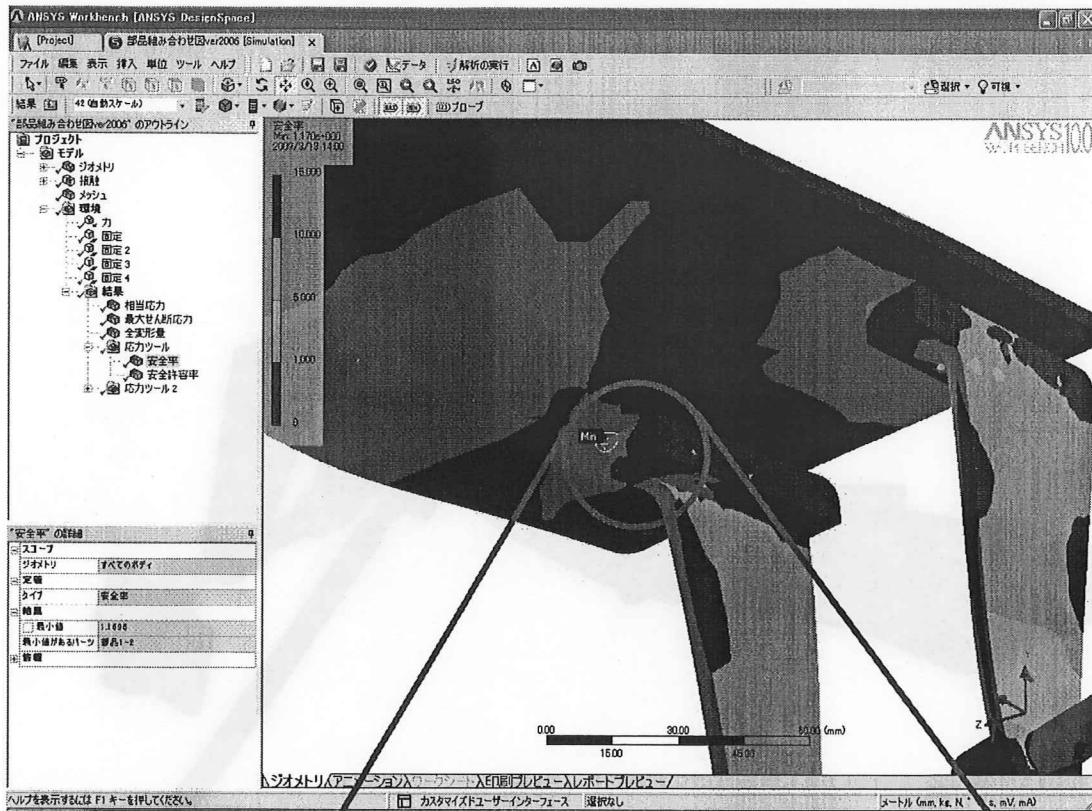


図 26 拡張座面傾斜時の固定部品周辺での応力集中

## 6. 補助具と前輪の干渉の改善

補助具と前輪の干渉を防ぐため、図 27 のようなスタンドを取り付けた。あまり複雑な構造とならないよう、図 28 に実際に試作し取り付けた状態を示す。スタンドの材料としては、強度があまり必要でないことから MC ナイロンを使用した。また、設計が複雑にならないよう同じ形状の部品 2 つをねじにより固定することにした。

試作したスタンドを取り付けた事により前輪との干渉が改善された。また、スタンドと他の部品も干渉することなく機能した。強度的にも補助具を支えるのに十分で、問題ないことを確認した。固定についてはフレームに挟み込んでねじにより固定しているため、位置調整も可能となっている。

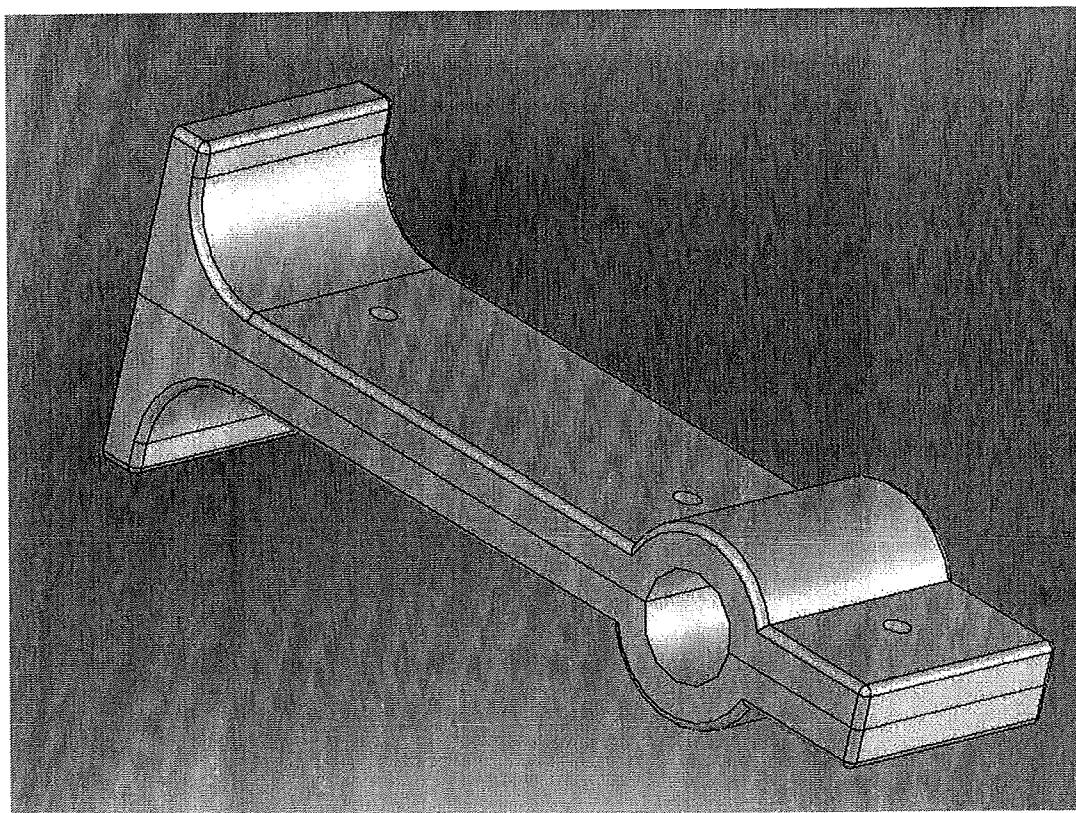


図 27 前輪との干渉を防ぐスタンド

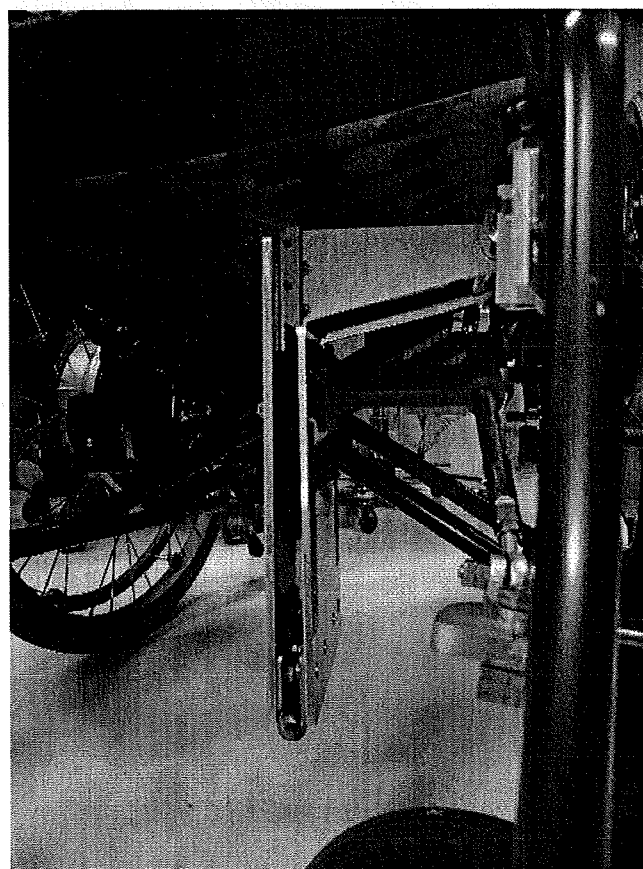


図 28 試作したスタンド

### 7. 補助具表面特性の調査と改善

図 8 で示した各種摺動素材に関して、荷重に対する摩擦力を測定した。ジャージ生地に関する測定結果を図 29 に、デニム生地の結果を図 30 に示す。結果より、

ジャージ生地よりデニム生地の方が、摩擦係数が大きいことが分かった。摺動素材を使用していない場合、拡張座面の摩擦係数はジャージ生地とで約 0.18、デニム生地とで約 0.38 となる。それについて

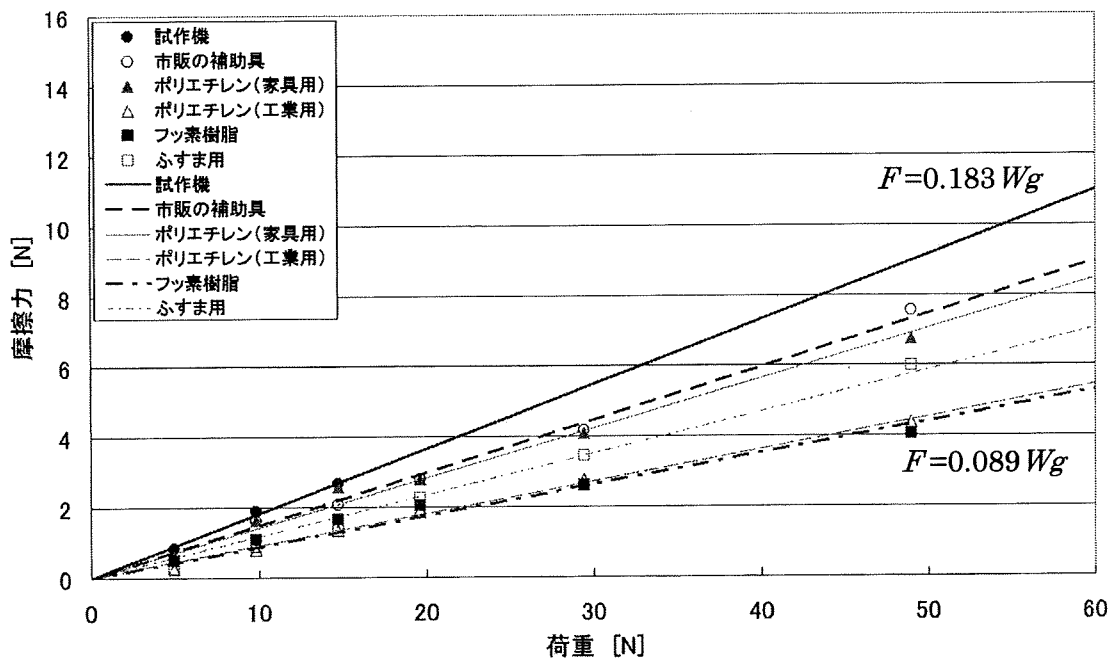


図 29 ジャージ生地との摩擦力

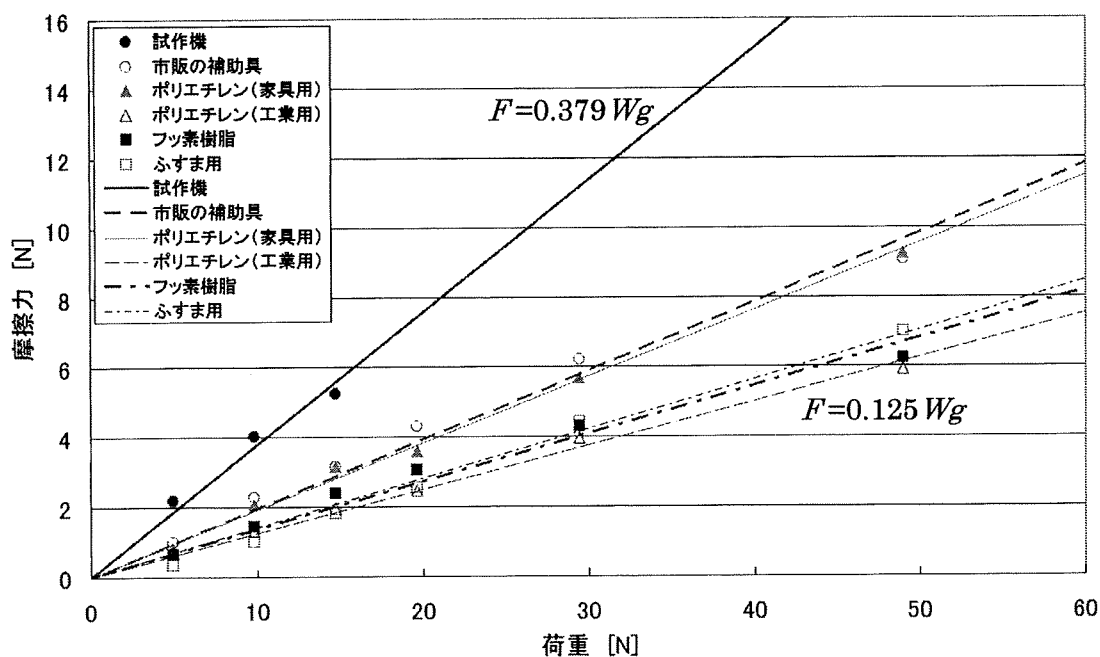


図 30 デニム生地との摩擦力



市販のトランスファボードの摩擦係数が大きくなった。これらに対し摺動素材を使用することにより摩擦の低減を見込め、特にフッ素樹脂、工業用超高分子量ポリエチレンの結果が非常に良好で、摺動素材を用いていない場合に比べて二分の一から三分の一程度まで軽減が可能となった。また、今回測定した摺動素材は市販のトランスファボードよりも摩擦が小さくなったため、市販の補助具に対する摺動特性の改善にも効果があると考えられる。

8. モニター評価による移乗補助具の効果の確認  
 モニター評価には4名の車いす使用者

に参加してもらえた。表5にモニター評価を行った被験者の基本情報と障害の度合い、普段の移乗方法を示す。今回は日常でトランスファボードを使用している方2名と自力での移乗を行っている方2名であった。また、移乗方向に関しても前移乗2名、横移乗2名である。モニター評価を行う前に被験者の能力として上肢能力、手指能力、姿勢保持能力の測定を行った。能力測定の結果を表6に示す。なお上肢能力の正面上げ、側面上げ、上方上げについては図31に示す動作が可能かを、プッシュ抵抗についてはベッドに座った状態で押されて耐えられるかを測定した。各被験者の移乗の結果を表7に示す。

表5 被験者の障害と普段の移乗

被験者	年齢	性別	体重	障害の度合い	普段の移乗
A	41	男	57	Th2	トランスファボード, 横移乗
B	38	男	52	C6IIA	トランスファボード, 前移乗
C	34	男	55	C7	自力, 横移乗
D	46	女	37	C7IIIB	自力, 前移乗



図 31 上肢能力について

表 7 モニター評価の結果

被験者	開発した補助具				トランスファボード			
	かかった時間 [s]		移乗方向	様子	かかった時間[s]		移乗方向	様子
	ベッド →車いす	車いす →ベッド			ベッド →車いす	車いす →ベッド		
A	15	9	横	問題なし	33	19	横	ぎこちない
B	—	—	—	実施せず	91	65	前	途中まで
C	15	16	横	問題なし	6	5	横	問題なし
D	10	13	横	問題なし	7	19	前	ぎこちない

能力測定の後、実際に移乗を行ってもらった結果、開発した移乗補助具を4名中3名が使用できた。被験者Bに関してはトランスファボードによる移乗においても安定せず、安全を考慮して補助具での移乗を行わなかった。他の3名に関しては、補助具を使用しての移乗を概ね15秒程度で完了できた。特に被験者Aについてはトランスファボードに比べて半分

以下の時間で移乗を完了できた。被験者Cに関しては日常で自力での移乗を行っており、また普段は移乗補助具を使用していないため、補助具そのものを使い慣れていないことから補助具での移乗時間が延びたと思われる。被験者Dに関して、日常では前移乗を行っており、トランスファボードによる移乗の際にも横移乗は行えないとの申告から前移乗で行っても

らったが、補助具での移乗の際に、他の被験者が横移乗により移乗を行っている様子を見て自分でも横移乗での移乗を出来るかもしれないのでチャレンジしてみたいとの申し出があった。そこで補助具に関してはサポートのもと、横移乗を行ってもらった所、問題なく移乗を行えた。

移乗中の負荷変動の様子の一部につい

て、トランスファボードによる移乗時を図 32 に、補助具による移乗時を図 33 に示す。トランスファボードの場合には面積が広いため、体重がある程度分散してかかっていた。一方、補助具についてはトランスファボードに比べてわずかに高負荷領域が多かった。この原因としては補助具の面積がトランスファボードに比べて狭いことが考えられる。また、トラ

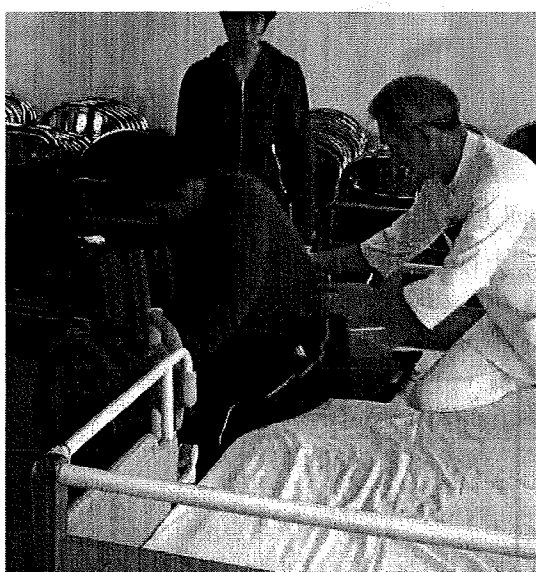


図 32 トランスファボードによる移乗時の負荷変動

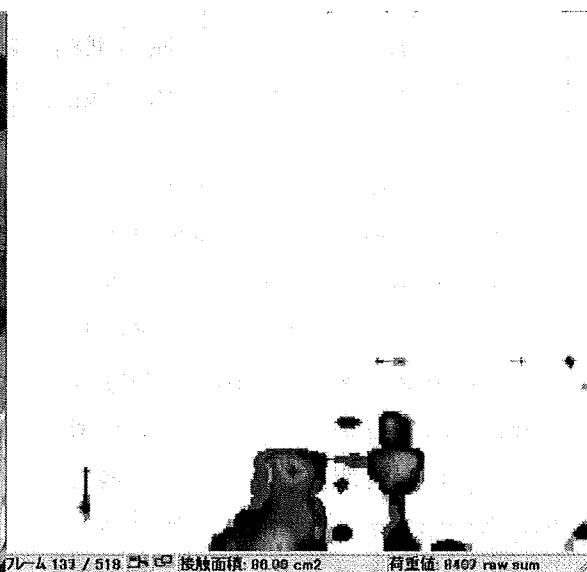


図 33 補助具による移乗時の負荷変動

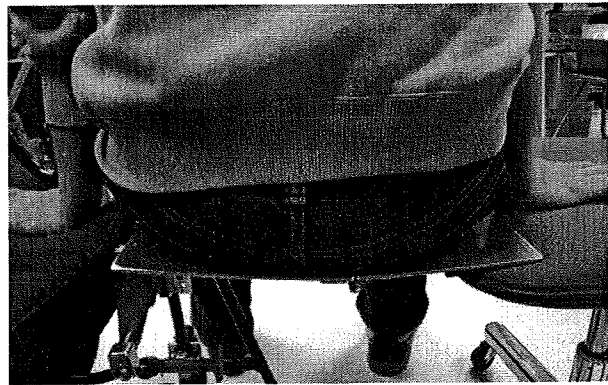
ンスファボードは材質が柔らかいため、負荷の高い所では変形して全体に負荷が分散されるが、補助具の拡張座面の材質はアルミなので負荷がそのまま反映される。ただ、最高圧力や圧力分布、傾向にはあまり大きな違いはないので、補助具での移乗に関してはトランスファボードの移乗と同程度の負荷で移乗を行えると考えられる。

移乗後の聞き取り調査において、トランスファボードでの移乗時に材質の柔らかさから安定した姿勢を維持できないという意見があった。トランスファボードの材質は樹脂材料のポリエチレンで変形しやすい。移乗時に破断することはなかったが図 34 のように両端支持の状態でも中央に座るとかなりたわむ。このため移乗動作の際に手や臀部をついた所が変形し、不安定な姿勢になる可能性がある。一方、補助具は金属材質のアルミでできているため変形量がほとんどなく、高負荷がかかっても安定して移乗が行える。従って変形しにくさから開発した補助具はトランスファボードより安定した移乗を行えると考えられる。

この他の意見として補助具の座面幅がトランスファボードに比べて狭い事に対する意見がいくつか挙がった。今回使用したトランスファボードの幅が 325mm なのに対して補助具の座面幅は 150mm である。幅が広いと移乗時に手をつく場所に余裕ができ、心理的にも安心感が増す。また、横移乗だけでなく前移乗も行える。しかし、移乗先とトランスファボードの間のスペースが狭くなり足の取り回しが困難になる。今回の移乗の際にも移乗先への最後の移動時に足が車いすやベッドに干渉して移乗を妨げている様子が伺えた。一方、開発した補助具は横移乗での使用を前提としているため前移乗を行うだけの幅をとっていない。また、開発を行う上で足の取り回しを考慮して幅を決定した。補助具での移乗の際には足の取り回しでもたつくことはなかった。面積が狭いため手をつく場所に限りがありその事で被験者が不安を感じるという意見もあったが、今回移乗を行った被験者は開発した補助具による移乗をあまり練習していない。それにもかかわらず安定した移乗を行えたので、練習を行った



(a) トランスファボード



(b) 開発した補助具

図 34 荷重に対するたわみ

り慣れたりすることで幅が狭いことに関しては問題とされないと考えられる。

### 9. 展開収納を容易に行える機構について

展開、収納を容易に行える機構として図 35 に示すような機構を考案した。1つのレバーの動作により水平方向と鉛直方向の回転を行える。動作手順として、まずレバーを横方向にたおすことで補助具を足元近くまで回転させる。次に同じレ

バーを前方方向に押すことで、レバーの動作が歯車を介して伝わり拡張座面を水平に展開する。最後に手で拡張座面の2段目を移乗先に載せて展開が完了となる。収納はこの逆の手順で行う。まず拡張座面の2段目を移乗先から外し、レバーを手前方向に引くことで拡張座面が足元に収納される。そしてレバーを横方向に引くことで補助具が完全に収納される。この機構であればレバーの操作で補助具の展開、収納が行えるため、前傾姿勢をと

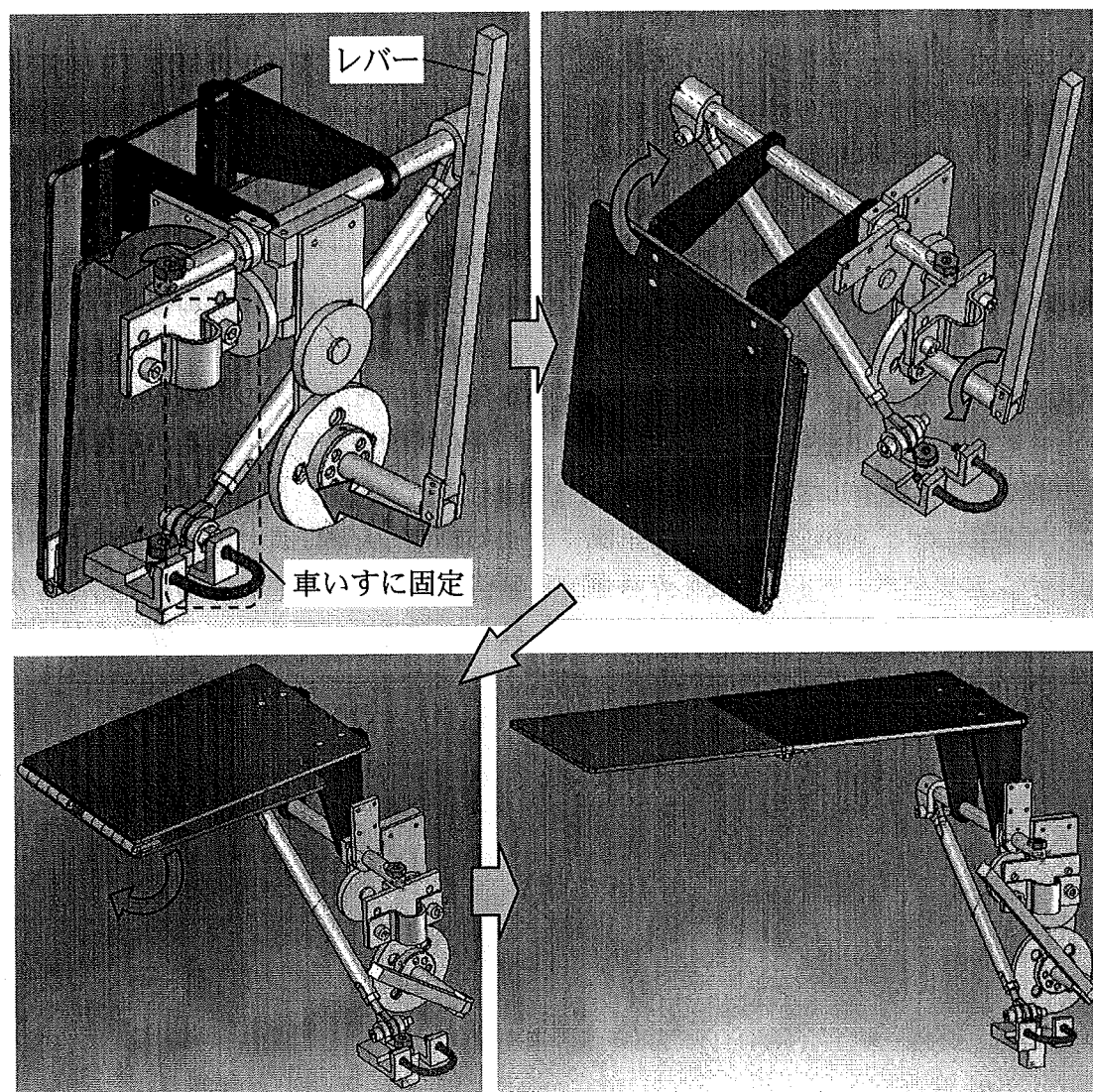


図 35 展開機構の概要

るなどの負担の大きい動作を必要としない。

実際に試作した機構を図 36 に示す。車いすに取り付けた状態で動作を確認した所、一部の部品が車いすと干渉し、また固定が不十分な箇所があったため力が逃げて動作しない部分があった。また、展開に必要なレバーの操作力がやや大きいため、車いす使用者には負担となる可能性もあった。展開動作に関しては 1 ステップずつゆっくり行えば、展開を行えた。この展開動作を図 37 に示す。

#### 10. 詳細な力学解析

力学解析を行った結果、図 38 のように応力分布に不連続な箇所が発生し、そこに応力集中が起こるといった結果となった。部品としては一体であるため、応力分布が不連続になる事は実際にはありえない。図 39 に荷重負荷形状を示す。図 38 の応力分布と比較すると、図 39 の負荷形状の境界に沿って不連続部分が発生している。解析に用いた三次元データについて設計を見直したり、合致条件を修正したりしたがこの不連続を解消するには至らなかった。

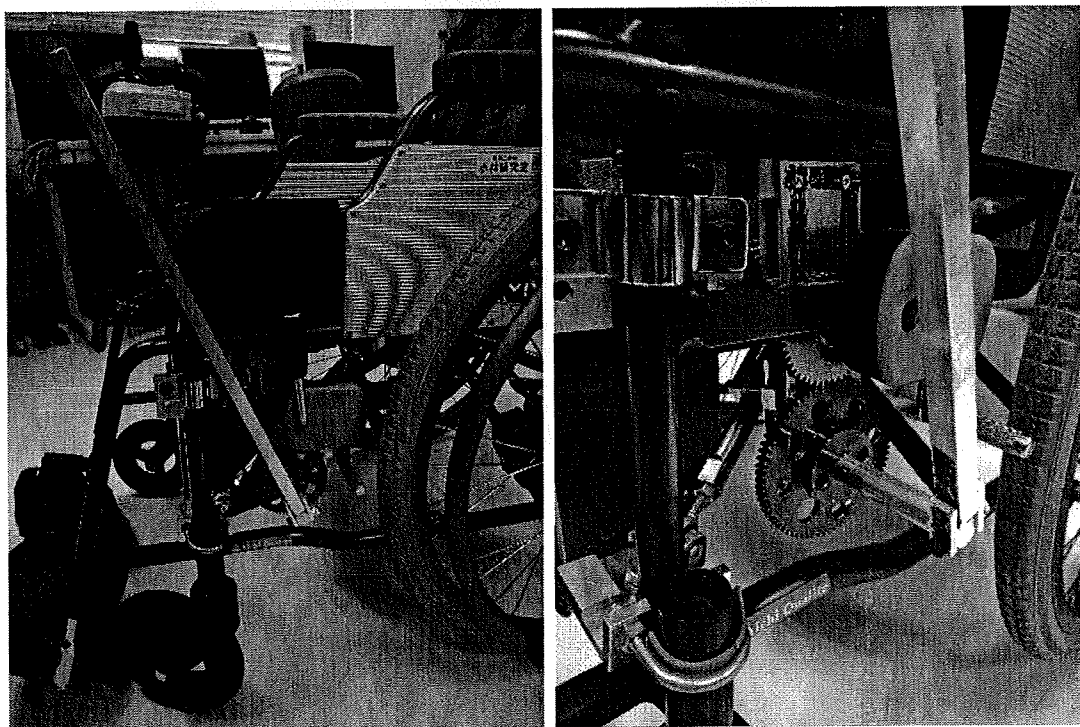


図 36 試作した展開機構





図 37 展開の様子

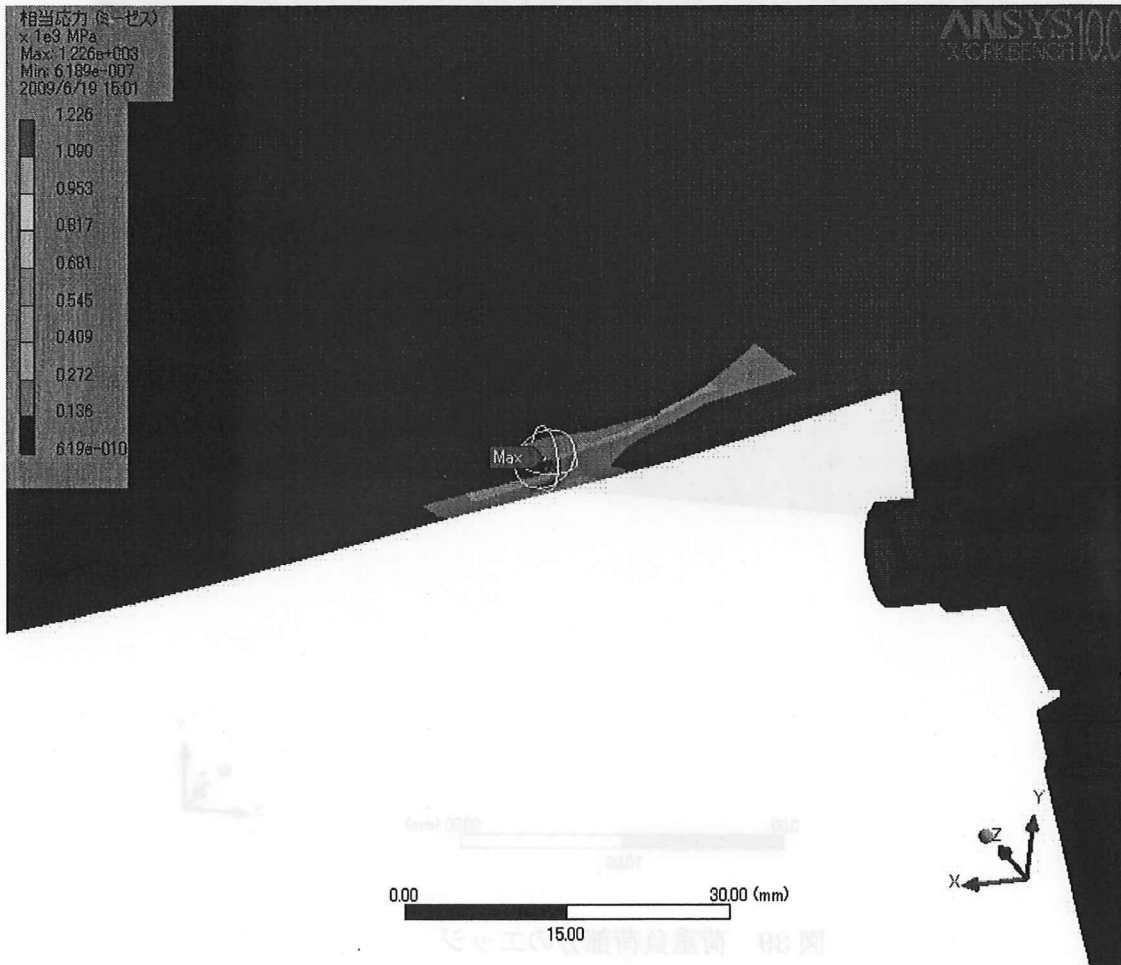


図 38 応力の不連続部分



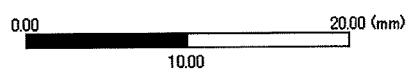
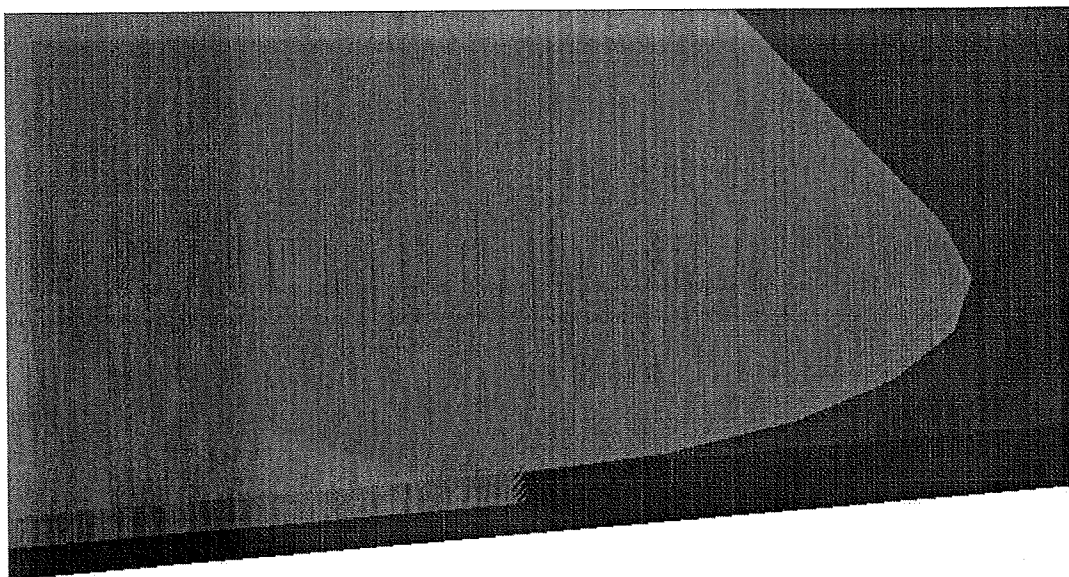


図 39 荷重負荷部分のエッジ

## D. 考察

### 1. 既製品調査とモニタリング, 移乗動作の調査

調査の結果, 既存の移乗補助具では汎用性, 価格, 導入のしやすさ, 安全性などの点においてそれぞれ一長一短であった。また, ほとんどの移乗補助具が介助者によるサポートが前提となっており, 一人での移乗が困難であった。車いすの一部が外れるあるいは変形しないと使用できないなど, 補助具を使える車いすに制約があるものも少なくはなかった。これらの事から現状の移乗補助具では車いす使用者一人での移乗を行うことは非常に困難であると考えられる。また意見調査の過程で, 介助者に頼らず自立生活を送る上で移乗は大きな問題となっており, 無理をすれば一人での移乗も不可能ではないが負担が大きく危険なため現状では介助者に頼った形での移乗補助具の使用が多いとの意見があった。

移乗動作と使用者の障害, 能力については一意に結びつけることが困難であるため, 本研究において評価・判断指標として①手指能力, ②上肢能力, ③ストローク・マンデビル方式を用いた姿勢保持能力の3つによる判断方法を提案した。これにより障害の度合いだけによる判断に比べ, より詳細かつ容易に能力区分を行うことが出来る。そしてこの基準を元に考案する移乗補助具の使用対象を明確にした。また専門的な知識, 測定を行わずに使用者自身で能力を判断することが出来るので, 使用者自身で使用可能な補助具を選定することも可能となる。判断基準が障害ではなく能力を基準としている

ため, 障害の種類に依らずこの判断方法を用いることが可能である。

展示会などでの現状調査の結果においては, 移乗補助具については開発などが停滞気味に見受けられた。その原因としては市場として現在, パワーリハビリテーションへと流れが向かっていたため一時的にその他の製品について開発が停滞したこと, 既存の移乗補助具としてトランスファボードのように簡易的なタイプとリフトのような大がかりなタイプの両極が既にあるためと考えられる。しかし, 最も用いられているトランスファボードでも, 携帯性や介助者によるサポートの問題があるため我慢して使っているという声が多かった。従って移乗補助具についてはまだ開発の余地があると思われる。

### 2. 機構の考案, 仮設計

これまでの調査を元に, 開発する移乗補助具としての指針を決め, 仮設計を行った。特徴としては一人での移乗が可能になるよう配慮し, また既存の移乗補助具の問題である携帯性や使える車いすの制限についての解決を図った。さらに, 車いすの形状調査の結果より, 多くの車いすにおいて採用されているフレーム構造を活用することで, 車いすへの改造を行わずに取り付けられようにした。大がかりなものではないので価格も高額にならず, また設置スペースの問題もない。多くの車いすにある折りたたみ機能についても問題なく使える。従って比較的容易に導入を行える。また対象とする障害者の能力としては自立を念頭において決定した。屋内での活動, ならびに外出を

一人で行える能力を持った人を対象とした。

### 3. 動作検証

仮設計案を元に試作を行い、実際に動作を検証した。試作したモデルは提案する補助具の特徴が有用であるかを確認するためのもので、機構面を重視して試作を行った。車いすの取り付けについてはアタッチメント方式を採用しているため、改造などを行わずに取り付けることができ、使用時も問題なく固定が行われていた。また、今回は材料に金属を用いており、強度的には十分であった。補助具の展開、収納についてもスムーズに行うことができ、車いすとの干渉などは起きなかった。

車いす使用者による評価においてはクッション、移乗先のベッドの高さに差があるため補助具の上にスポンジを載せて動作評価を行う必要が出たが、移乗動作については問題なく行うことができた。展開、収納については評価を行えなかったが、移乗動作については15～30秒程度で行うことができ、また単独での移乗も可能であった。移乗動作については練習を行うことでよりスムーズに行えそうであった。また、トランスファボードと違い補助具の一部が車いすに固定されているため、ずれ落ちる可能性が減り、さらに安定した移乗を可能とした。

### 4. 使いやすさについての改善

使いやすさの改善として、前年度の問題点であったクッション厚さによる段差の改善、移乗動作時の車いすずれの抑制

の検討を行った。クッション厚さへの対応については拡張座面を固定する部品のサイズを変更し、また折りたたみ機能を損なわないように部品形状を平滑なものから段付きへ変更した。この改善により8cmのクッションを載せた状態でも段差が生じないようになった。ただ、この部品は段差に応じた変更が不可能であるため、極端に分厚い、あるいは薄いクッションを使用した際にはその段差に対応しきれない。クッションを頻繁に替えることは考えにくいだが、クッションの厚さが変わってもある程度対応できるようにさらなる改善を行う余地はある。最も簡単な手法としては、固定部品に高さのある程度調整する機能をつける方法がある。あるいはスペーサなどを用いて任意の高さに調整することも考えられる。この他に、拡張座面とクッションの間に柔軟な物を渡すことで小さな段差に関しては滑らかな傾斜で対応することも可能である。

移乗動作時の車いすのずれについては、従来のトランスファボードにもあった問題である。今回はこの解決手法として補助具先端に突起を設ける方法を検討した。移乗先に突起をひっかける場所があれば車いすごと固定できるので有用と考えられる。しかし、ソファのような引っ掛ける場所のない物に対しては効果をなさない。車いすのずれを抑制する最も効果的な方法としてはタイヤを固定する方法があるが、本研究で開発する補助具にその機能を付加するのは困難で、別途新たな装置として開発する方が合理的である。ソファへの移乗時のずれの抑制については車いすブレーキによる力と拡張座面

裏面の摩擦で行われている。拡張座面裏面の摩擦を増やすには摩擦係数の大きな材質を用いる、接触面積を大きくする方法がある。摩擦係数の増加としては滑り止めに用いられている物を拡張座面裏面に貼り付ければ容易に行うことができる。しかし、拡張座面の接触面積を増やす、即ち拡張座面自体を大きくすることは可能ではあるが、折りたたんだ状態の大きさとの兼ね合いがある。また、前年度の意見調査、簡易動作検証の際に拡張座面の大きさは余り大きくない方が良いとの意見もでた。この理由としては、拡張座面が大きくなると移乗距離が大きくなる事になり負担が増えるとのことである。移乗先に載せる拡張座面の大きさを大きくすると、移乗後の臀部下にも拡張座面がある可能性がでてくる。このような状況だった場合には拡張座面を外す動作が必要となり好ましくない。この問題については、拡張座面の形状を工夫することで接触面積を増やしつつも移乗距離を増やさない拡張座面とすることも可能である。

#### 5. 仮設計機の力学解析

負荷の大きさ、位置、面積の条件を変えて解析を行った結果、今回試作した補助具は常用する程度の負荷に対しては十分な強度を持っている事が分かった。しかし、1.5倍程度の過負荷が集中して発生した場合には補助具に塑性変形が起きる可能性がある。また、一定条件下においては応力集中の発生する部分もあるのでさらなる改善の余地はある。ただ、破壊につながる部位はなかったので部品形状

の変更程度で対応は可能である。また、衝撃荷重や予測していない状況にも対応できるように、安全率が3.0以上となるような改善を行って行きたい。

#### 6. 補助具と前輪の干渉の改善

試作したスタンドを取り付けることで補助具と前輪の干渉を防ぐことができた。また、スタンドの位置も自由に調整可能なので前輪形状の異なる車いすでも対応が可能である。固定に関してもねじで挟み込んで固定するだけなので容易に取り付け、調整を行える。

#### 7. 補助具表面特性の調査と改善

衣服の素材として2種類、摺動素材として4種類+トランスファボードの5種類について摩擦係数の測定を行い、高分子量ポリエチレンが非常に良いという結果を得られた。開発している補助具の摺動特性を向上させるために測定を行ったが、今回の結果をもとに市販の補助具に貼り付ける事で既製品の摩擦特性の向上を行うことも可能と考えられる。

#### 8. モニター評価による移乗補助具の効果の確認

モニター評価において、4名中3名が開発した補助具により移乗を行えた。特に、トランスファボードでは横移乗を行えない被験者が開発した補助具では横移乗による移乗を行えたことで、補助具の使用対象がトランスファボードより広いことについて確認できた。この理由としては補助具の材質がたわみにくい金属材料であることが考えられる。トランスフ