

200929030A

厚生労働科学研究費補助金

障害保健福祉総合研究事業

障害者の自立支援のための移乗システムの研究

平成 21 年度 総括研究報告書

主任研究者 小林 裕介

平成 22 (2010) 年 3 月

厚生労働科学研究費補助金

障害保健福祉総合研究事業

障害者の自立支援のための移乗システムの研究

平成 21 年度 総括研究報告書

主任研究者 小林 裕介

平成 22 (2010) 年 3 月

## 目次

### I. 総括研究報告

障害者の自立支援のための移乗システムの研究 . . . . . 1

小林 裕介

II. 研究成果の刊行に関する一覧表 . . . . . 22

障害者の自立支援のための移乗システムの研究

主任研究者 小林裕介 長野工業高等専門学校 機械工学科 助教

研究要旨

本研究は移乗動作時の人間にかかる負担や障害の度合い、可能な動作、能力と移乗動作の関係を明らかにし、人間工学的に単独で移乗を容易に行えるシステムの開発を行うことを目的としている。本年度は補助具の使い易さの改善として前輪と補助具の干渉の改善、移乗時の負荷を減らすために拡張座面の表面特性の調査と改善を行った。そして移乗補助具の効果を確認するため、車いす使用者によるモニター評価を行った。その際に感圧センサーシートによって移乗時にかかる力の測定も行った。また展開収納を容易に行える機構の検討ならびに詳細な力学解析の検討を行った。

A. 研究目的

車いす使用者が車いすやベッドなどへ移る動作”移乗動作”は車いす使用者にとって日常生活を送る上で必要不可欠な動作であるが、一人で移乗を行う際には非常に負担となる。これを補助するために様々な移乗補助具が開発されているが、既存のものは介助者を要することが多く、

あるいは大がかりな物が多いため敬遠されている。こういったことから現在、多くの車いす使用者は移乗補助具を使わずに、負担のかかる自分の力だけの動作による移乗、あるいは介助者による補助の元での移乗を行っている。（図1）

こういった現状を打開するために移乗動作時の人間にかかる負担、障害の度合



図1 車いすからの移乗

いと可能な動作，能力と移乗動作の関係を明らかにし，人間工学的に移乗を容易に行えるシステムの開発を行う．システムとしては，一人で移乗を行える（自立支援），携帯性に優れ外出先でも使用可能，移乗をスムーズに行える形状，手指に障害を持つ人でも問題なく使える，といった特徴を持たせる．そして開発したシステムを実際に使用し，その効果を明らかにする．

## B. 研究方法

### 1. 補助具と前輪の干渉の改善

図2に平成20年度までに仮試作，改良した移乗補助具，図3にその動作を示す．平成19年度の段階で仮試作した補助具は車いすクッションを考慮していなかったため，車いすクッション座面と補助具の拡張座面間で高さに差が生じた．この問題を平成20年度に補助具高さを調整する改良を行った．しかし，この改良により補助具を収納した状態で，補助具が前輪と干渉する問題が発生した．（図4）そこで干渉しないように収納時に補助具を支持する部品を新たに取り付けることにした．

### 2. 補助具表面特性の調査と改善

移乗の際には補助具の拡張座面上を，臀部をスライドさせる形で移乗を行う．拡張座面上の摩擦が大きいと移乗に要する力が増加するため，極力小さい方が好ましい．試作した補助具の表面はジュラルミン板がむき出し状態ないしは簡易的に取り付けられた摺動素材が貼り付けられているだけである．そこで移乗をスムーズ

に行えるよう摩擦の小さい素材を実験により選定した．実験方法としては摩擦係数の小さい摺動素材上に洋服の素材として良く用いられている生地をのせ，その上に鉛直方向の荷重をかけた状態での摩擦力を測定した．荷重を変化させたときの摩擦力の変化より，摺動素材と生地との間の摩擦係数が求まる．洋服素材として，一般的な衣服によく用いられているジャージ生地とデニム生地を使用した．摺動素材の候補としては図5のように市販のふすま用滑り材，家具用フッ素樹脂，家具用超高分子量ポリエチレンならびに工業用超高分子量ポリエチレンについて調べた．また比較のために市販のトランスファボードに関する実験を行った．

### 3. モニター評価による移乗補助具の効果の確認

開発したシステムの移乗に関する効果を調べるために，健常者による移乗動作の確認の後，車いす使用者によるモニター評価を行った．評価に際し，移乗中の負担を測定するため，圧力測定用の感圧センサーシートを用いた．感圧センサーシートとしてはニッタ株式会社のBPMS体圧分布測定システムと感圧シートにBIG-MAT2000P3BS（図6）を使用した．測定の際にはこのセンサーシートの上に摺動素材を貼り付け，その上で移乗動作を行う．車いす使用者の能力区分については平成19年度に提案した上肢能力，手指能力，姿勢保持能力によく区分を用いた．この他の評価項目として移乗にかかった時間の測定，移乗中の姿勢変化の撮影，移乗後の聞き取り調査を行った．

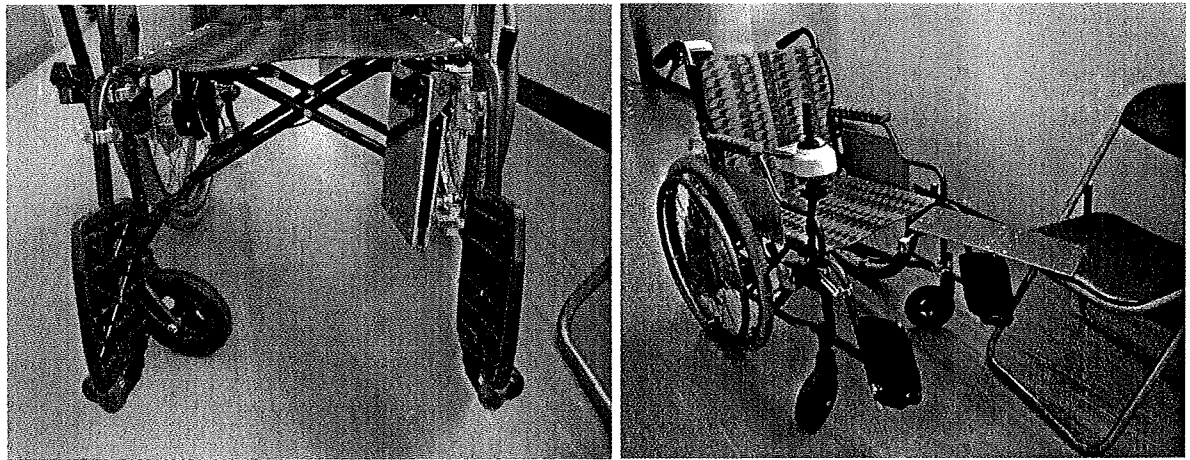


図2 試作した移乗補助具

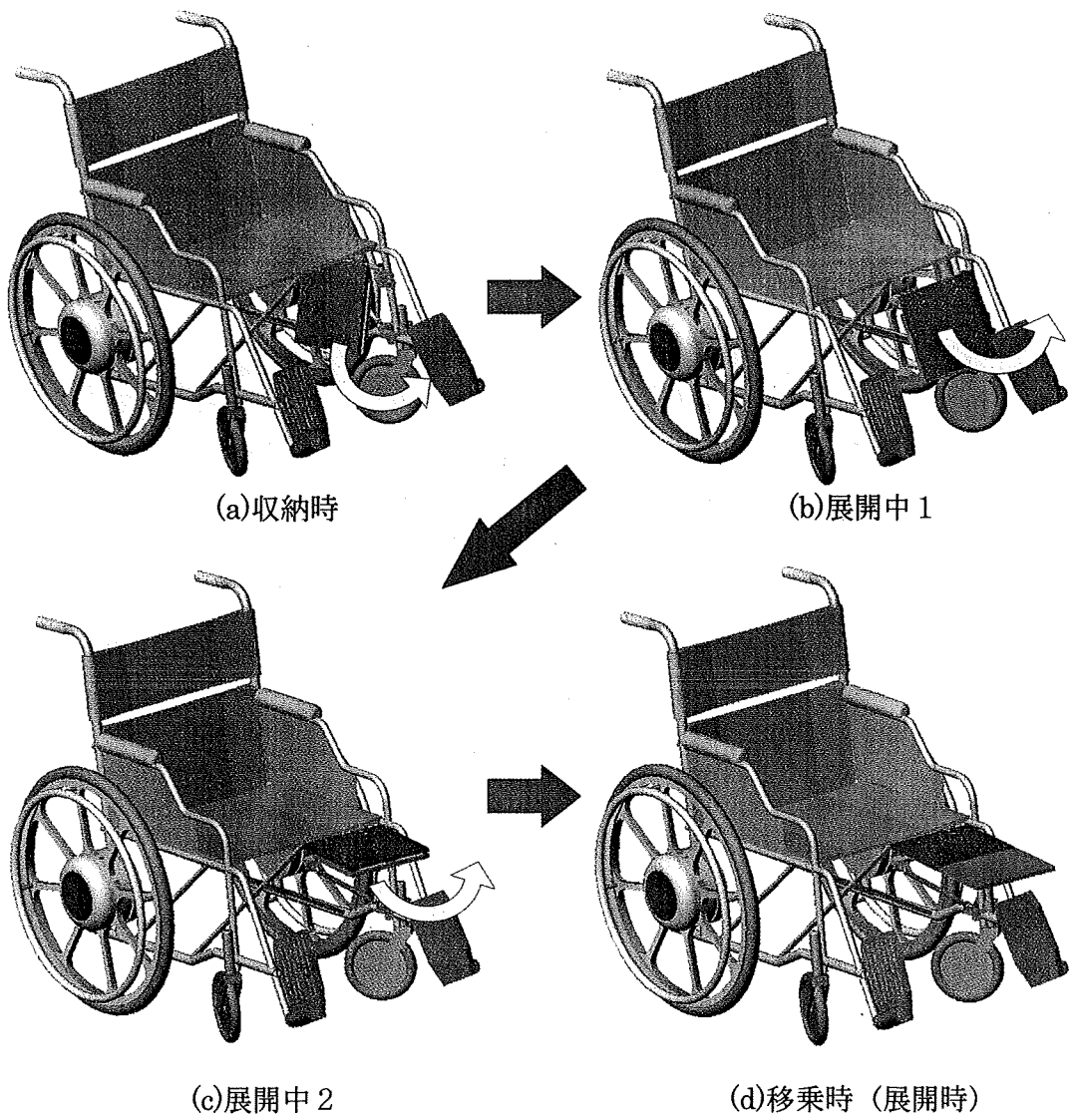


図3 開発した移乗補助具

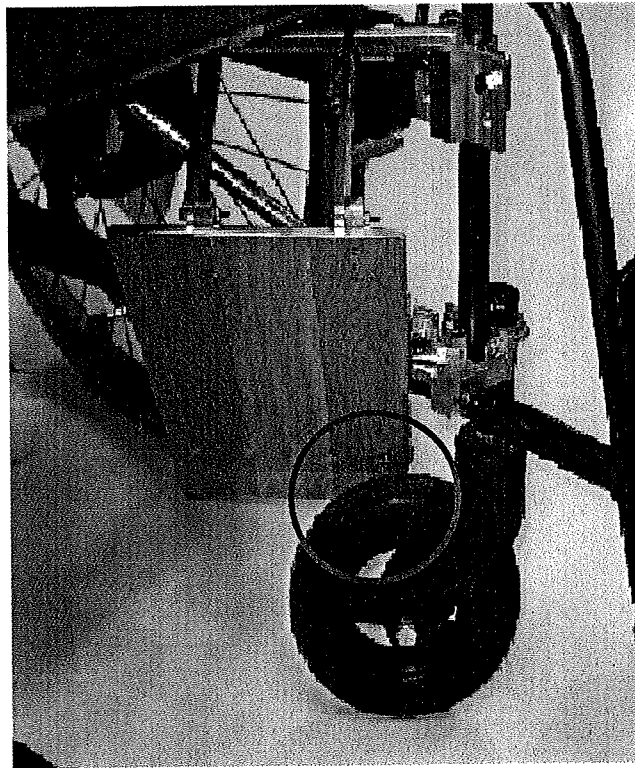


図4 前輪との干渉

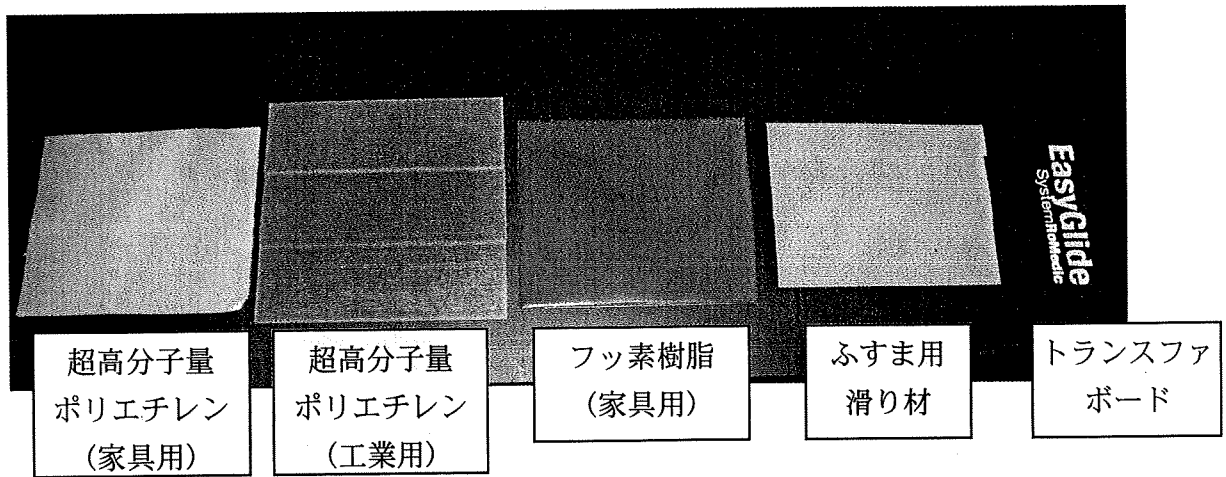


図5 選定を行った摺動素材

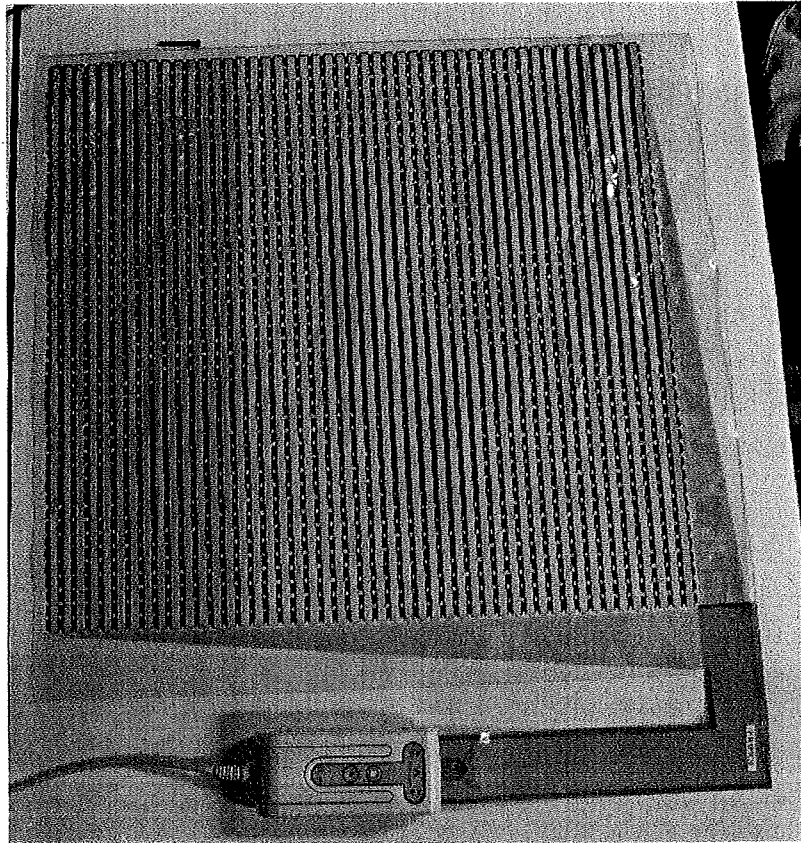


図6 使用したセンサーシート

#### 4. 展開収納を容易に行える機構について

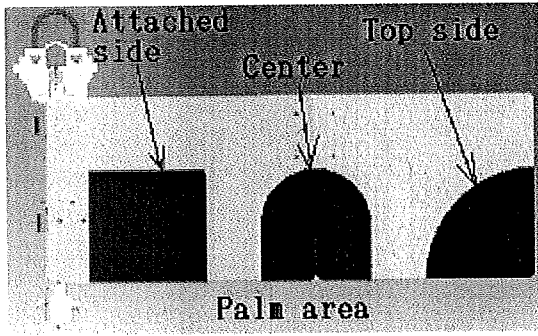
提案するシステムは、車いす走行時は収納し、移乗時に展開して使用する。システムは車いす座面下部に収納され、使用者は図3のようにこれを回転して引き出す事で展開する。収納時はこの逆の手順を行う。この展開、収納動作を簡単に行える機構について検討を行った。車いす使用者は手指にも障害を持っている事が多いため、複雑なスイッチ操作を行わずレバー操作のように手を引っ掛けて行える簡単な動きで実現可能なものが望ましい。また、システム自体に電気的な要素を含んでいないため展開、収納に関してもモーターなどを使わずに機構のみで

動作できるものとした。

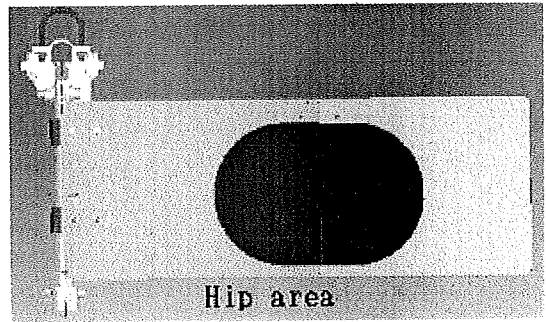
#### 5. 詳細な力学解析

前年度までに行った力学解析は形状を図7のように長丸形状や円などの幾何形状とし、面積を実際の使用に近い値となるように近似して行った。実際の使用時には、例えば座位姿勢の場合はおしりの他に太もも部分にも荷重がかかるなど、幾何形状近似では実態との間に差が生じる。そこでより詳細な解析を行うため、図8のように形状を実態に近い形として解析を行った。形状ならびに面積については補助具に実際に座位姿勢を行っている時の接触面積ならびに形状を感圧センサーシートにより測定して求めた。





(a)手のひらの形状近似



(b)臀部の形状近似

図7 幾何形状による近似

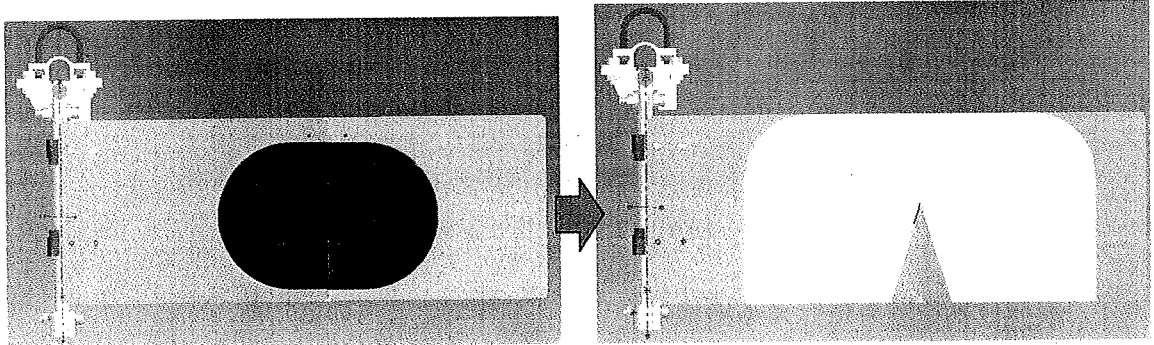


図8 負荷形状の変更

## C. 研究結果

### 1. 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9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10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ので、位置調整も可能となっている。

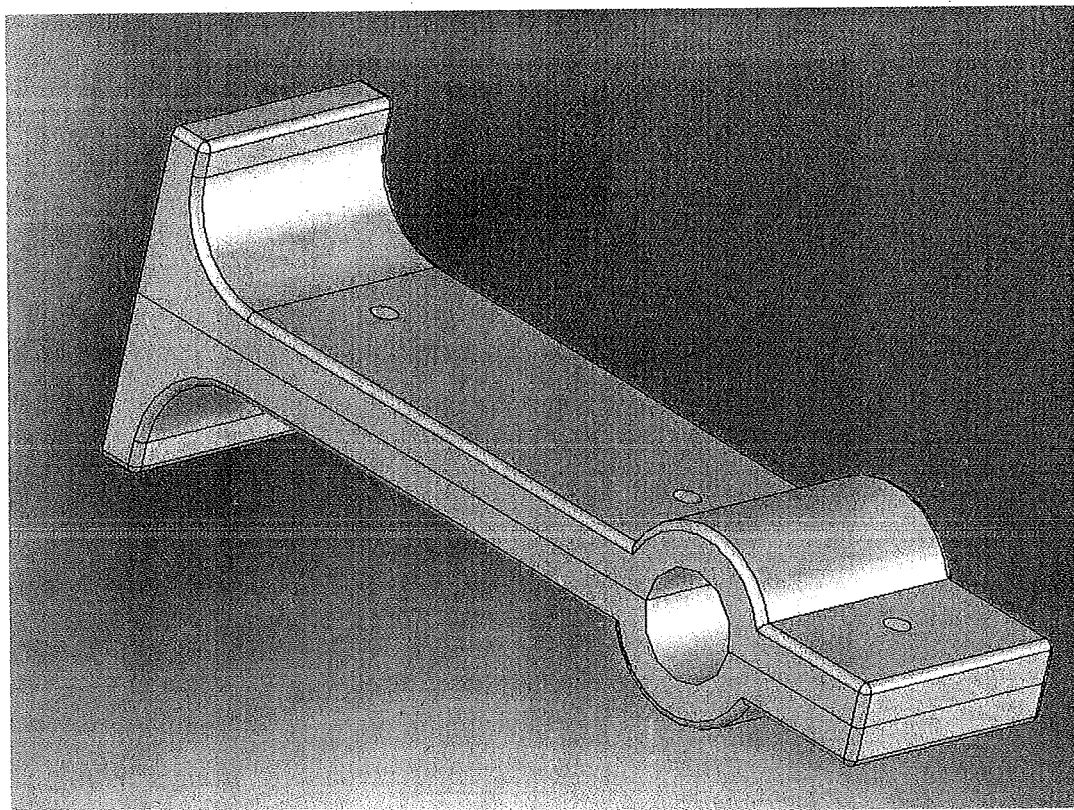


図9 前輪との干渉を防ぐスタンド

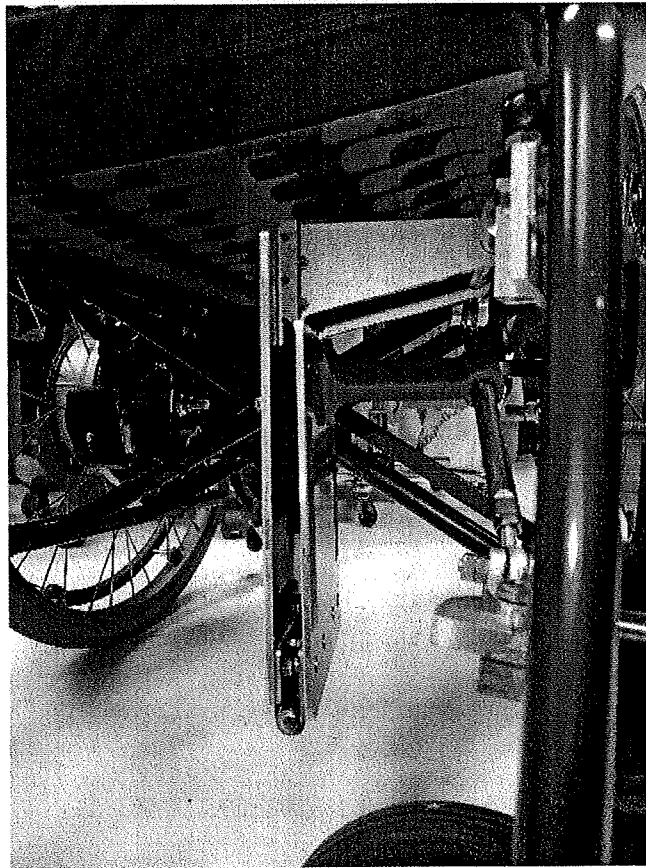
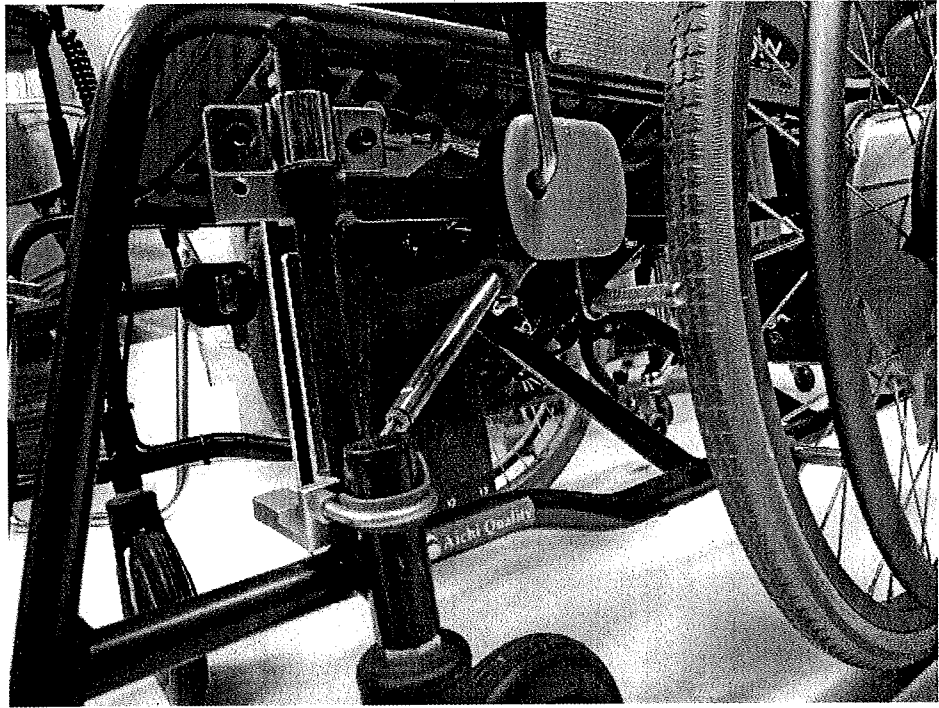


図10 試作したスタンド

## 2. 補助具表面特性の調査と改善

図 5 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 11 に、デニム生地の結果を図 12 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

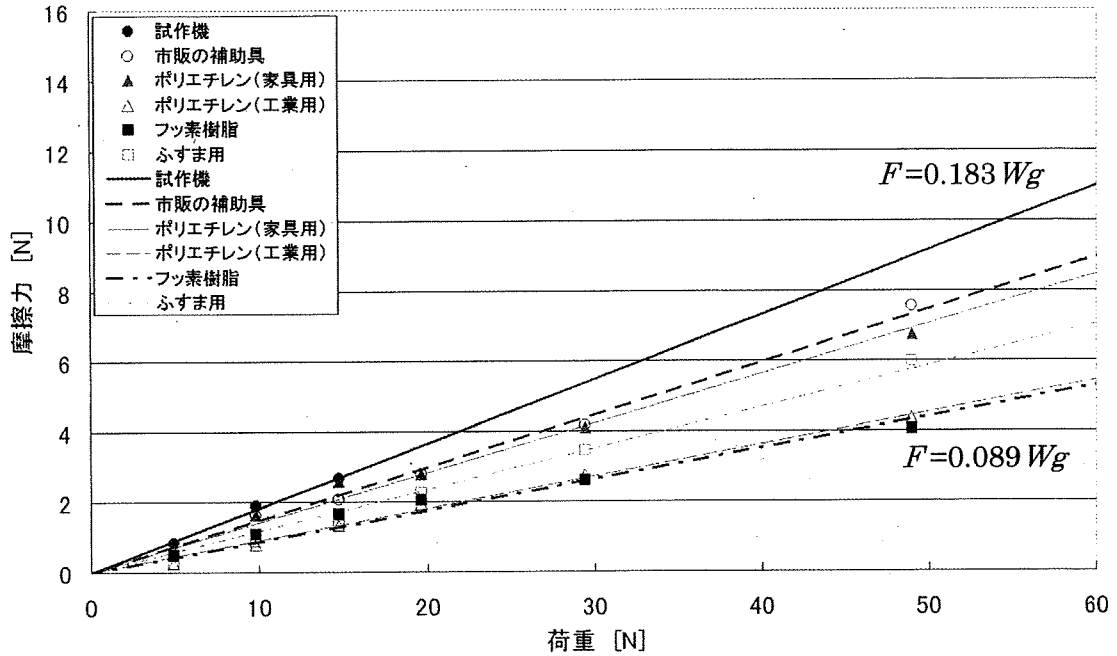


図 11 ジャージ生地との摩擦力

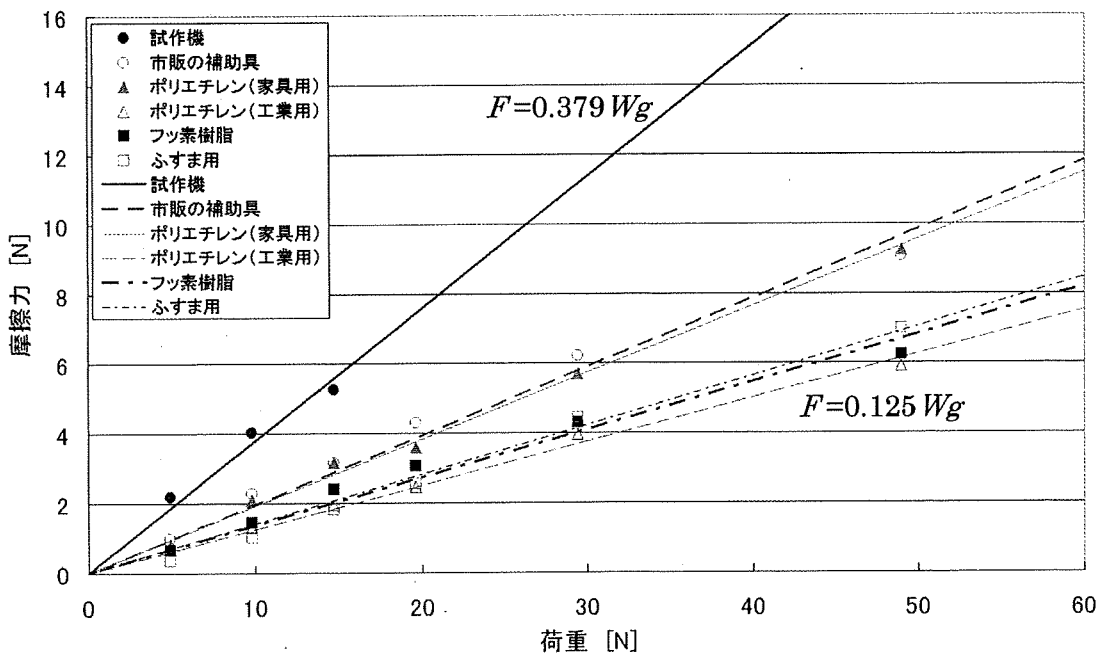


図 12 デニム生地との摩擦力

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。

### 3. 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1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2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13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3に示す。

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

表1 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

表2 被験者の能力

被験者	上肢能力				姿勢保持能力		手指 把持
	正面 上げ	側面 上げ	上方 上げ	抵抗	ストーク マンデビル	プッシュ 抵抗	
A	○	○	途中	—	T	C	A
B	○	○	右途中	弱い力なら可	T	C	C
C	○	○	○	—	G	A	A
D	○	○	○	○	T	C	C



図 13 上肢能力について

表 3 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	問題ない	6	5	横	問題なし
D	10	13	横	問題なし	7	19	前	ぎこちない

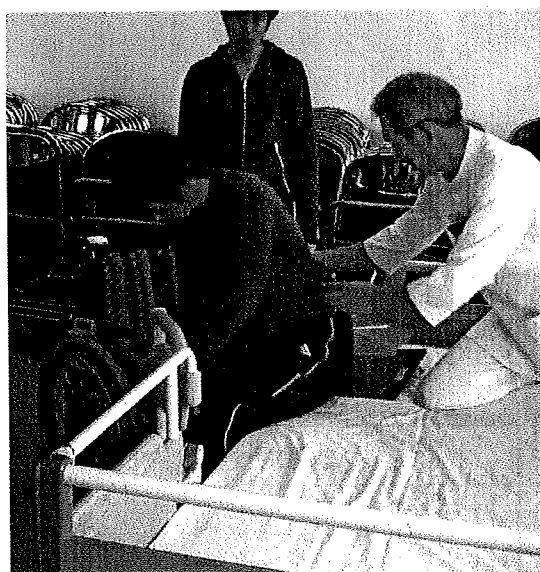
中 3 名が使用できた。被験者 B に関してはトランスファボードによる移乗においても安定せず、安全を考慮して補助具での移乗を行わなかった。他の 3 名に関しては、補助具を使用しての移乗を概ね 15 秒程度で完了できた。特に被験者 A についてはトランスファボードに比べて半分以下の時間で移乗を完了できた。被験者 C に関しては日常で自力での移乗を行って

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

様子を見てい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、問題なく移乗を行った。

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 14 に、補助具による移乗時を図 15 に示す。トランスファボードの場合には面積が広い為、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



フレーム 72 / 780 接触面積: 183.87 cm<sup>2</sup> 荷重値: 10827 raw sum

図 14 トランスファボードによる移乗時の負荷変動



フレーム 137 / 518 接触面積: 86.00 cm<sup>2</sup> 荷重値: 9407 raw sum

図 15 補助具による移乗時の負荷変動



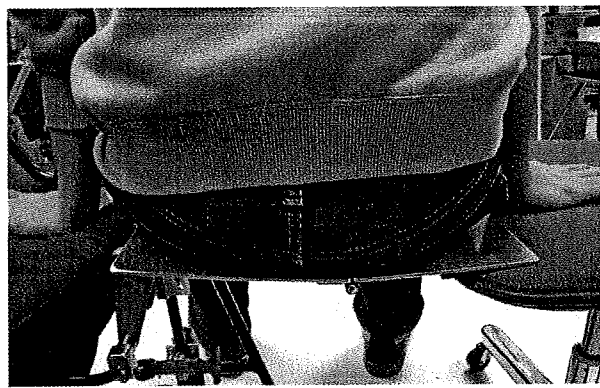
ンスファボードは材質が柔らかいため、負荷の高い所では変形して全体に負荷が分散されるが、補助具の拡張座面の材質はアルミなので負荷がそのまま反映される。ただ、最高圧力や圧力分布、傾向にはあまり大きな違いはないので補助具での移乗に関してはトランスファボードの移乗と同程度の負荷で移乗を行えると考えられる。

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 16 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 16 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。

#### 4. 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 17 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

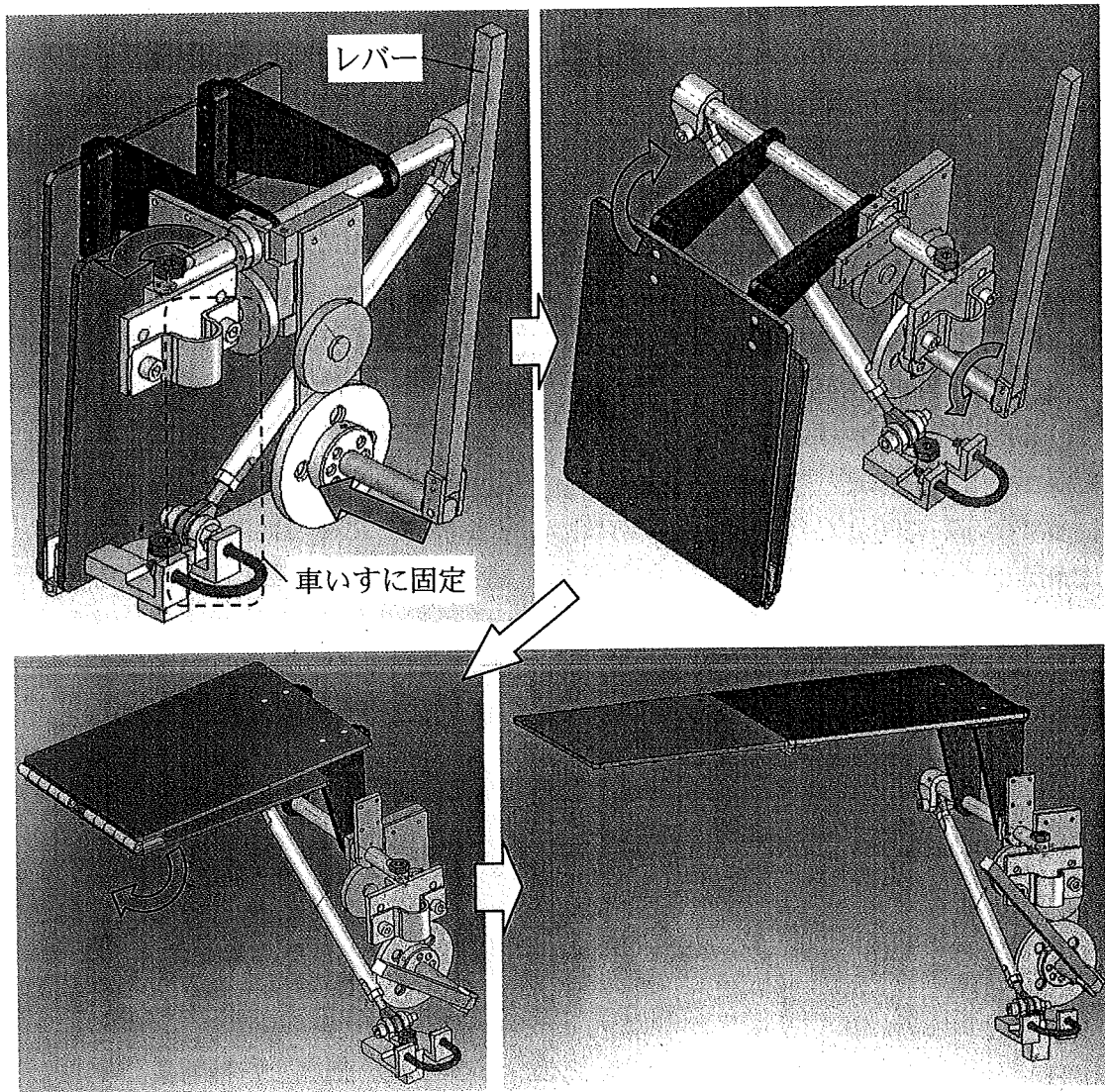


図 17 展開機構の概要

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 18 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 19 に示す。

## 5. 詳細な力学解析

力学解析を行った結果、図 20 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 21 に荷重負荷形状を示す。図 20 の応力分布と比較すると、図 21 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。

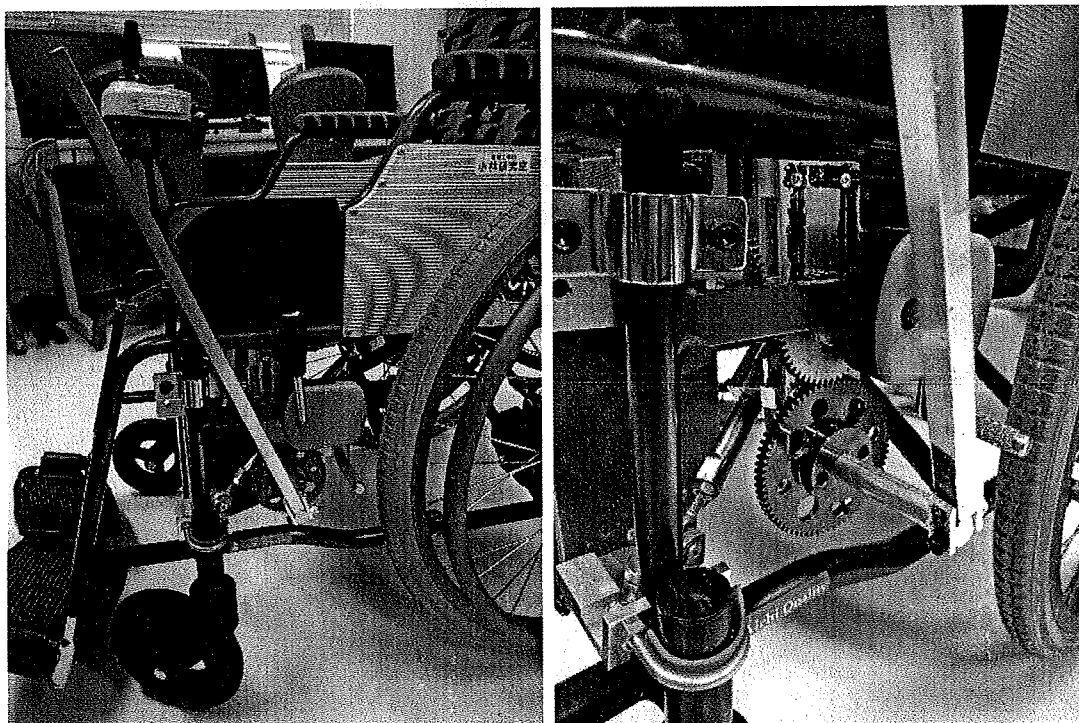


図 18 試作した展開機構



図 19 展開の様子

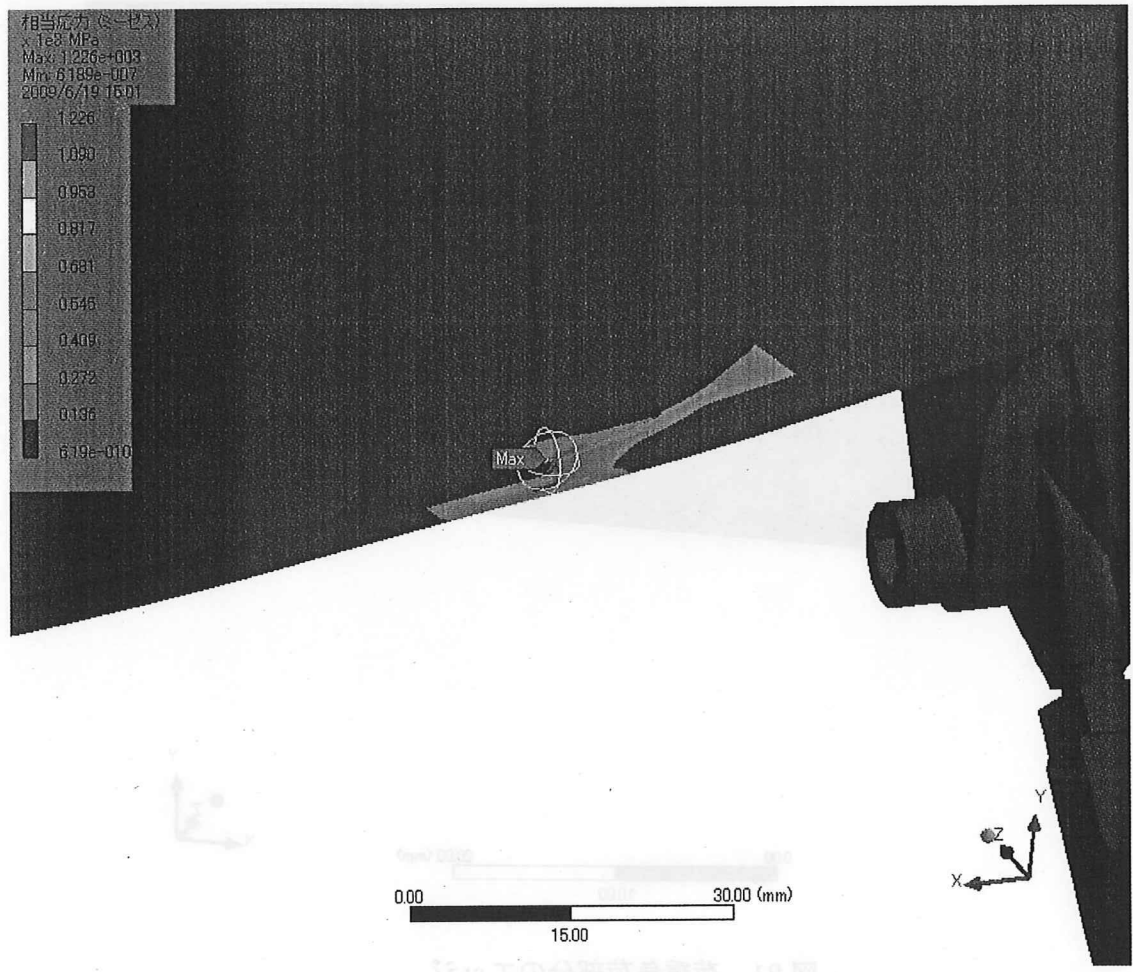


図 20 応力の不連続部分