

2008270/8A

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 20 年度 総括研究報告書

主任研究者 小林 裕介

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 20 年度 総括研究報告書

主任研究者 小林 裕介

平成 21 (2009) 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 13

厚生労働科学研究費補助金（障害保健福祉総合研究事業）
総括研究報告書

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19年度に仮試作した移乗補助具の問題点を改善し、使いやすさ、安全面について検討した。さらに試作した補助具の強度、安全性、力学的特徴を明確にするために力学解析を行った。

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り移乗を行っている。

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



図1 車いすからの移乗

た特徴を持たせる。

B. 研究方法

1. 使いやすさについての改善

図2に平成19年度に仮試作した移乗補助具、図3にその動作を示す。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、車いす座面と補助具の拡張座面間で高さに差が生じた。このため、使用時に段差を越える手間が必要となりスムーズな移乗を行えなかった。そこで、この段差をなくすために部品の一部を再設計、改良した。また、移乗の際に車いすがずれる可能性があるため、これを防ぐ機能についても検討した。

2. 仮設計機の力学解析

仮設計した移乗補助具について、力学解析を行った。解析のために用いる3次元データはSolidworksにより作成した。部品を全て3次元データとして設計し、各合致を適切に指示して組立図を作成する。力学解析は解析ソフトANSYSにより行った。解析のための設定として、メ

ッシュ分割サイズは自動、要素形状は四面体要素とした。解析条件としては①負荷の大きさ、②負荷の位置、③負荷面積としてそれぞれの条件を変えて解析を行った。

負荷の大きさとして車いす使用者の体重を70kg程度と考え、約半分の350N、全荷重がかかった場合690N、衝撃を想定して1.5倍の1130Nと3つの条件を考えた。

負荷の位置としては図4のように補助具の固定側、中央、先端側の3箇所とした。これは移乗の動きを考慮した際に手または臀部が乗る可能性の高い箇所である。

負荷面積としては荷重が実際にかかる状況を考慮し、手のひら相当の面積、臀部相当の面積、そして拡張座面半面にかかった場合について解析した。手のひら相当の面積としては90mm×90mm程度、臀部相当の面積としては半径30mm、長さ180mmの形状とした。臀部相当の形状を図5に示す。



図2 試作した移乗補助具

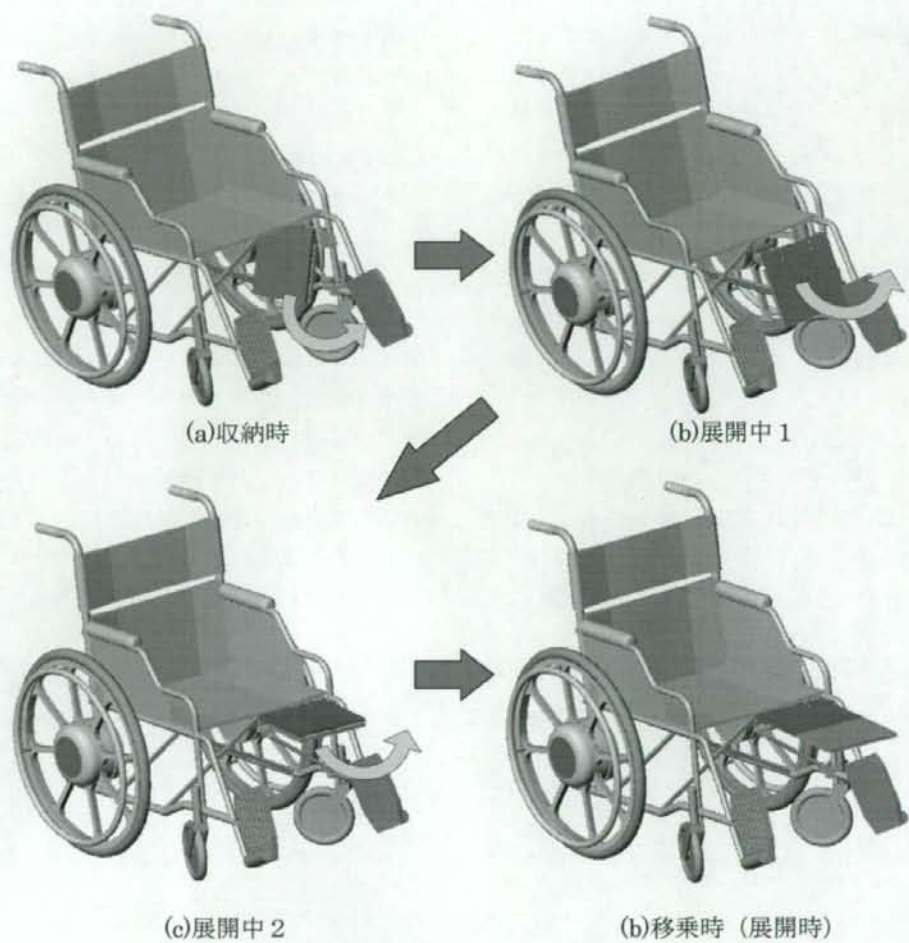


図 3 開発した移乗補助具

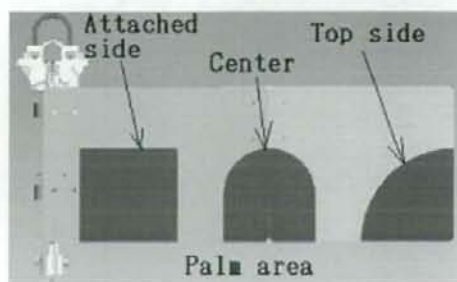


図 4 負荷位置

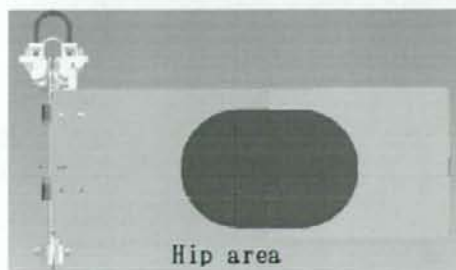


図 5 負荷面積

負荷の指定については前述のように位置や形状を細かく指定する必要がある。この指定方法として、図6に示すように負荷をかける部分のみ別部品として分割をし、分割した部品全体に荷重をかける用に指定して解析を行うこととした。負荷部分を部品として分割することで、部品形状を任意の形状や位置に設計でき、これにより負荷条件を容易に指定する事ができる。

C. 研究結果

1. 使いやすさについての改善

車いす座面にクッションを載せた高さを考慮して、補助具拡張座面を支持する部品について図7のように改良を施した。

改良の際、部品を大きくすることで他の部品と干渉し、補助具の折りたたみ機構に影響がでる可能性があったので、形状を平滑なものから段付きに変更した。図8に改良部品組み込んだ補助具を示す。車いす座面に厚さ8cmのクッションを載せた状態でも段差は起きなかった。

移乗動作時に車いすがずれる可能性がある問題については、車いすブレーキをしっかりとかければよいが、それだけでは信頼性が低い。そこで車いすのずれを抑制する機構として、補助具の先端に突起を取り付けることを検討した。車いすのずれは移乗動作時の人の動きによって生じる。特に移乗時に発生する力の水平分力が原因である。そこで補助具突起によ

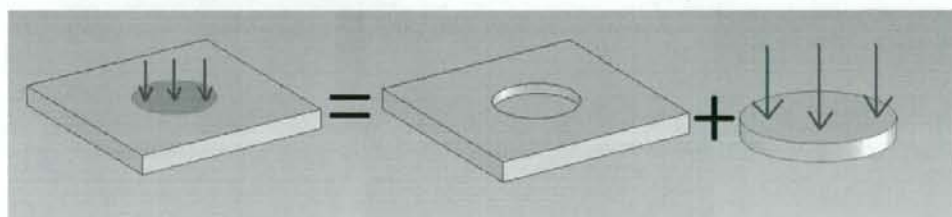


図6 負荷の指定方法

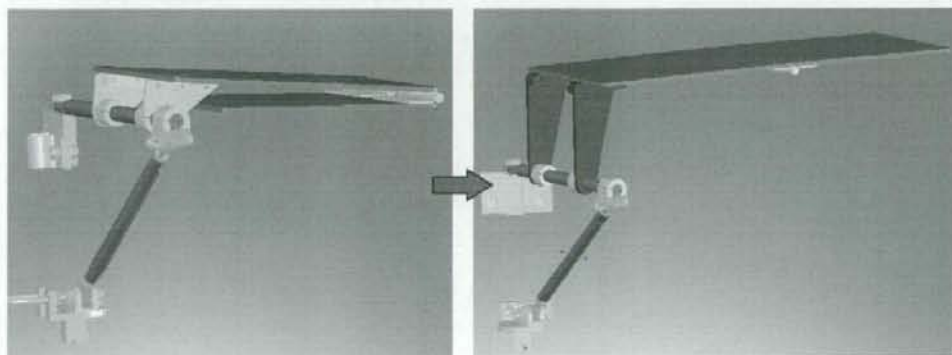


図7 クッション厚さへの対応



図8 改良した移乗補助具

り車いすを移乗対象に固定することで安定させ、ずれを防ぐ。一般的なベッドのフレームには図9のようにマットレスを載せる部分とベッドフレームの間にすき間がある。このすき間に補助具突起を差し込むことで、車いすそのものをしっかり固定することができる。しかし、ソファなどについてはこのようなすき間はほとんど無い。そこで突起は収納可能なものとし、ソファのような平たい場所への移乗時は突起を収納した状態で使用し、差し込む部分がある場合は突起を出して使用方法を検討した。これにより移乗対象に影響されずに移乗補助具を使用できる。

2. 仮設計機の力学解析

仮試作した移乗補助具について、前述の条件下で解析を行った。この結果をそれぞれ表1、表2にならびに表3に示す。また、解析結果の代表を図10ならびに図11に示す。ほとんどの条件下で安全率が1.0を上回った。しかし、補助具中央部分に片手で1130Nかけた場合にのみ安全率が0.9となり1.0を下回った。すなわち片手で115kgをかけたときである。今回の解析において、安全率は弾性限界を元に算出しているため、この条件下において補助具が壊れる事はなく、部品の一部に塑性変形が起きるだけである。また、実際の移乗動作時にはこのような条件は発生し難い。しかし衝撃荷重などを考慮し

た場合、もう少し安全率が高い方がよい。
また、荷重、負荷面積が同一の時には負

荷箇所が中央の時に最も応力が大きくな
った。



図9 ベッドフレームのすき間

表1 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 2 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									
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 3 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									
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

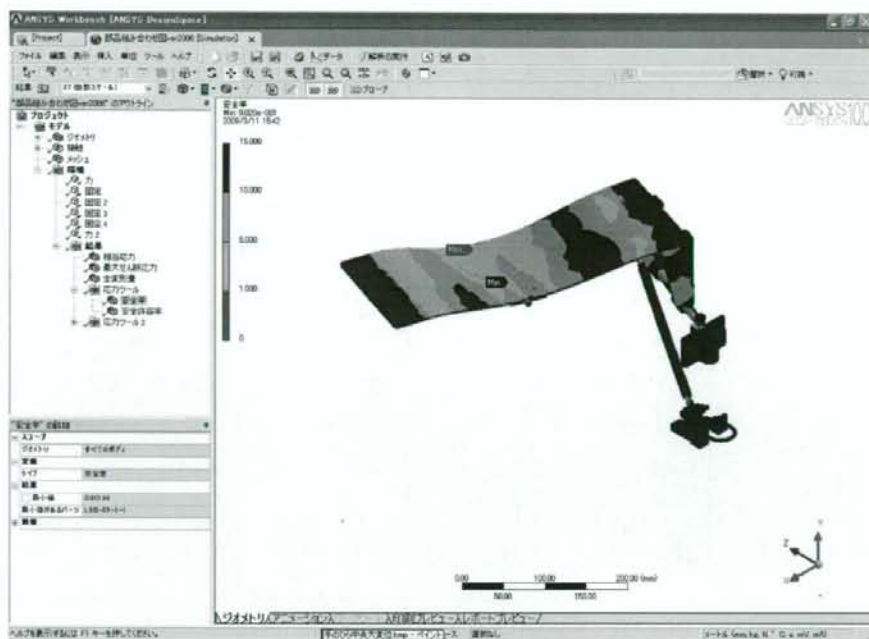


図 10 安全率の解析結果
(手のひら, 中央, 1130N)

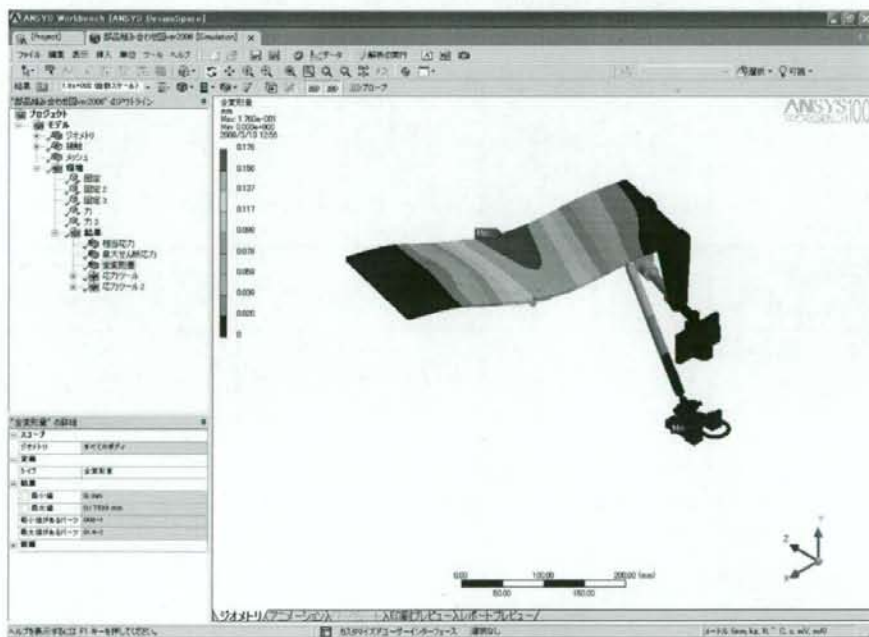


図 11 変位の解析結果
(臀部, 中央, 350N)

荷重面積については板半面への負荷と臀部面積への負荷を比べた場合、負荷位置が先端と固定側においては臀部に比べて面積の大きい板半面の方が高い応力が発生した。一般的に荷重面積が大きい方が、荷重が分散して応力が小さくなる傾向が高い。この原因としては荷重位置への依存が考えられる。今回の補助具は両端支持梁に近い構造であるため、中央付近での荷重の影響が大きい。そのため固定側、先端側に荷重が集中した場合には面積が小さくても応力が小さくなると思われる。

負荷の集中する部品としては図 12 に示す座面部品周辺ならびに図 13 の固定部品周辺であった。図 12 の座面部品につ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 13 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。

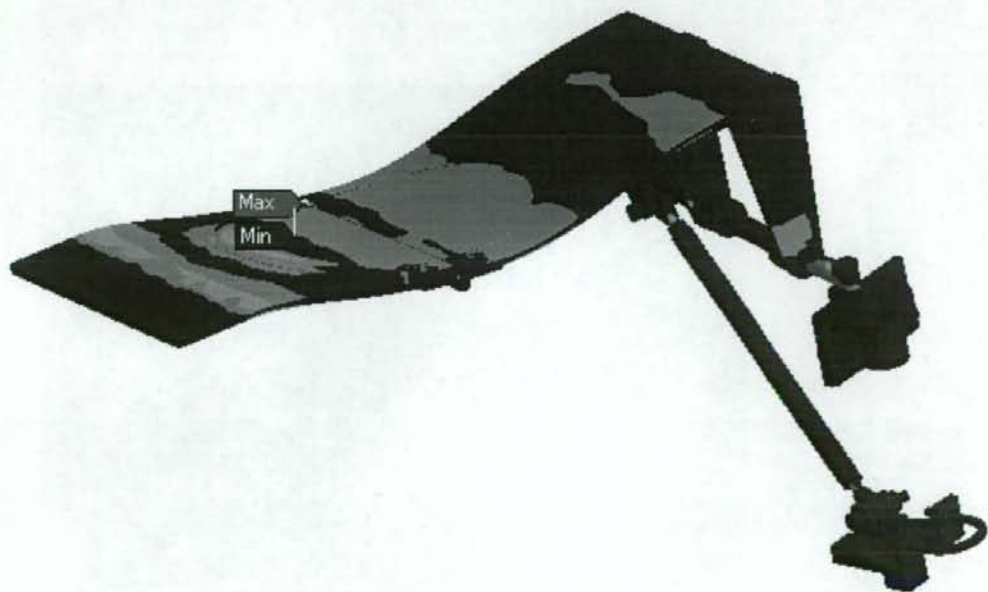


図 12 座面部品周辺での応力集中

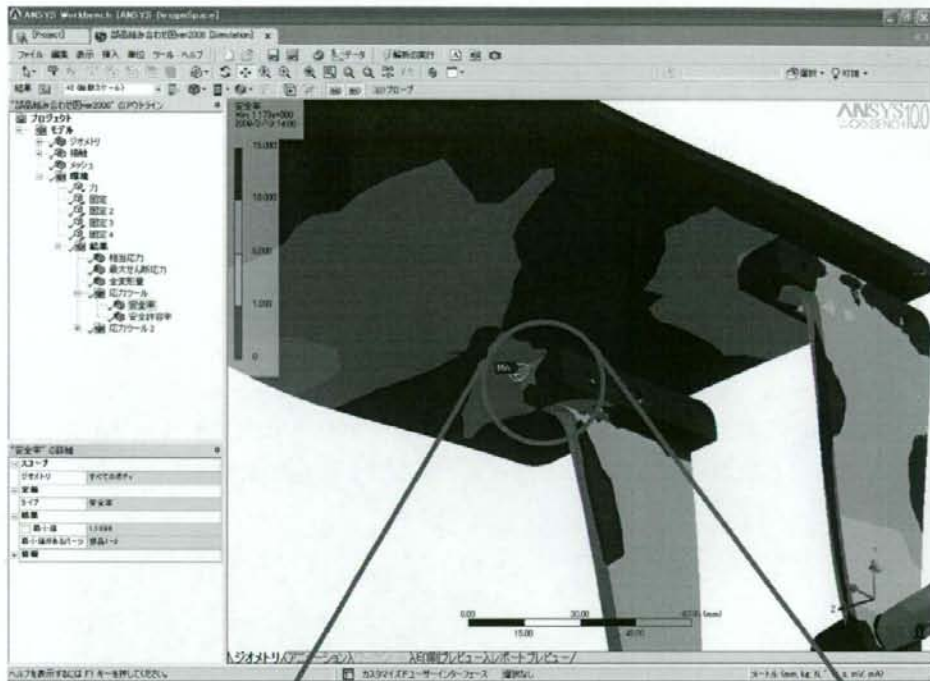


図 13 拡張座面傾斜時の固定部品周辺での応力集中

D. 考察

1. 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の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くなった。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。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て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。

2. 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、安全率が 3.0 以上となるような改善を行って行きたい。

E. 結論

本研究では車いす使用者の自立支援のための移乗システムの開発を目的として研究を行ってきた。本年度は 19 年度に仮試作した移乗補助具の問題点であった、クッション厚さの段差について部品の再設計により改善を行った。その結果、厚みのあるクッションを使用しても拡張座面とクッションの間で段差が生じなくなった。また、移乗動作時の車いすのずれについて収納可能な突起によるずれ抑制を検討した。拡張座面の形状を工夫することでさらなる効果の可能性についても検討した。さらに改善箇所を反映させた 3 次元データを元に力学解析を行った。この結果、常用レベルでの荷重条件では安全率は 1.0 を下回る事がなかったが、特定の条件下では安全率が 1.0 を下回った。さらに、一部部品の周辺では応力集中が発生していた。これらのことを考慮して、もう少し安全率に余裕をみた設計を行って行きたい。来年度は力学センサを用いて、車いす使用者が移乗時に受ける負担の測定、モニター評価を行っていく。これらをもとにシステムとして総合的に評価を行っていく。

F. 健康危険情報

特になし

G. 研究報告

1. 論文発表

特になし

2. 学会発表

寺坂僚太, 小林裕介, 宮下大輔, 車いすからの移乗についての調査 (第 2 報)

- 力学解析と改善 -, 北陸信越学生会第 38 回学生員卒業研究発表講演会論文集, 2009, pp. 257-258

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

明細書執筆中

2. 実用新案登録

特になし

3. その他

特になし

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
寺坂 僚太 小林 裕介 宮下 大輔	車いすからの移乗についての調査(第2報) - 力学解析と改善 -	北陸信越学生会第38回 学生員卒業研究発表講演会論文集		pp. 257-258	2009年