神戸医療福祉専門学校三田校　義肢装具士科

指導教員印	受理印

平成２８年度

卒業論文

「日本の生活様式を踏まえた車椅子の仕様の提案」
―ＱＯＬの向上を目指して―

学籍番号	氏　名
1210001	板林 寛樹
1210007	岡本 拓巳
1210008	奥野 峻吾
1210010	兒玉 晃
1210032	宮﨑 菜緒

指導・担当教員

宮谷 定行　先生

平成 28 年 1 月

神戸医療福祉専門学校三田校

義肢装具士科 4 年制

目次

1. 背景・・・

1．背景

1－1．研究の動機

車いすに対するニーズは，車いす使用者の障害や身体機能，そして生活様式，環境，人間関係などによって様々である [1]．しかしながら現状では，日常生活を自立させる目的や生活に最低限必要な移動目的のための機能を優先し,その他の機能を犠牲にして結果的にニーズを押し込めてしまう事もある [1]．同様に Fausto Orsi Medola らは個々の車椅子使用者のニーズのために最適なセットアップで車椅子を構成することは難しいとしている [2]．押し込められているニーズの一つとして，車椅子の駆動輪やキャスターの汚れがある．わが国も都会のみならず全般的にその国際性と合理主義化，ならびに近代化などにより，生活様式自体，次第に洋式化の傾向が強くみられているが [3][4]，日本の靴を脱ぐ文化は変化していない．そういった靴を脱ぐといった独特の文化があるのにも関わらず，外出した車椅子使用者は,外出時と同じ駆動輪やキャスターで室内に入ることを余儀なくされている.その一方で近年,福祉医療技術の発達や福祉対策の充実等により，車椅子利用者の QOL も次第に改善され，外出する機会も増えてきている [5]．車椅子使用者による車椅子の問題点として外出先から室内に入った際の駆動輪やキャスターの汚れによって床に汚れが付くことが上げられ，駆動輪などの清掃には大変労力が必要であり，自身で清掃を行うことはもちろんのこと介助者が清掃することも介助量の増加の観点から見ても問題である．また車椅子は，身体的な機能と特徴に基づいて設計させており，変形などの二次障害を予防するために使用することもあることから室内でも車椅子をした方が良い [6]しかし清掃の煩わしさから室内では車椅子を使用しない使用者も存在し，変形の助長や QOL の低下などが予測される．様々な車椅子使用者が独自で工夫し，駆動輪などの清掃を行っているが，未だ重労働であることは変わらず,介助者がいる使用者は駆動輪の清掃は介助者によって行い比較的融通が利くが，自立した独居者は駆動輪やキャスターを簡単且つ綺麗に清掃することは難しい．そのため車椅子を室内用と室外用で 2 台使用する使用者も存在するが,問題の一つとして移乗時の車椅子事故が多い [7]ことが挙げられる.また,経済的な問題から 2 台所有が難しいことも少なくない．以上を踏まえ，独居者が車椅子一台で室外から室内へとより簡単にそして綺麗に入れること，同居者がいる者に対しては介助量の軽減を目的とした提案をしたいと思い本研究に臨むに至った.

1－2．研究テーマの有用性(意義)

本研究によって車椅子一台で一人暮らしの車椅子使用者が車椅子で外出先から帰宅した際に簡単且つ綺麗に入室することが出来るため使用者の駆動輪やキャスターの清掃の手間が省け，負担が軽減し,一台の車椅子でも衛生的に使用することができる．また車椅子使用者が挙げる問題点を解決することに至り，独居者だけではなく，同居者が存在する者に対しても同居者の不快感の軽減，介助量の軽減そして使用者の気負いなども軽減されると考える．そのことから，車椅子使用者だけではなく同居者の車椅子に対する受け入れも向上するのではないかと予測する．そして室内では車椅子を使用しない者も簡単且つ綺麗に駆動輪などの清掃または室内用の駆動輪に換装し変更することによって室内での使用に積極的になり QOL の向上などが見込める.

2．先行研究（従来の技術・類似技術）の概要

2－1．先行研究の状況

飛行機の機内や電車の狭い通路を通過することを目的として駆動輪を外しても移動できる補助輪(図 1)の開発を行っている先行研究がある [8]．これは我々の研究目的とは異なっているが，自力での駆動輪の換装を，補助輪を車椅子後方に設置することによって可能としている．結果は良好で，自身で駆動輪を取り外すことができ，空港に準備されている他の車椅子に移乗を行わなくとも駆動輪を取り外せることによって自身の車椅子で飛行機内を移動することが可能となった．また階段昇降機ではあるが，後輪を浮かせる機構として森らが開発した自走用車椅子段差移動補助器(図 2)などが開発されている．これは後輪を浮かせるため車椅子後方に伸縮リンクを用いたユニットを装着している．これは直接の出力部となる主伸縮リンクと，その主伸縮リンクの傾き角度を制御するための副伸縮リンクをフリージョイントで組み合わせたものであり，それらが対となってひとつの補助機を構成している [9]．その補助機を車椅子の後方フレーム部に設置することにより，折りたたみ機能を失わず，また力学的観点からも効率の良い段差昇降を実現している [9]．また橋野らはクロール移動機構を用いた階段昇降機(次ページ図 3)を開発しており，駆動輪を上げ階段を昇降することに成功している [10]．これら階段昇降機は原理や目的は異なるが駆動輪を浮かすという観点から先行研究として挙げる．有限会社北野製作所とセブンヒルズ株式会社は車輪用汚れ除去装置(次ページ図 4・図 5)を開発している [11]．一般的な車椅子の車輪用汚れ除去装置は車椅子が乗れるほどの土台の上に車椅子の車輪と平行な軸廻りに回転する回転ブラシを取り付けることによって車椅子の車輪を洗浄する装置である．しかし側面の汚れを落とすことが出来なかったため有限会社北野製作所とセブンヒルズ株式会社は車輪の接地面及び側面の汚れを効果的に除去することができる車輪用汚れ除去装置を開発している [11]．同じく中村らもタイヤ洗浄ブラシ及びタイヤ洗浄装置，ならびに車椅子のタイヤ洗浄装置(次ページ図 6・図 7)を開発している [12]．これは従来のものは，車輪用汚れ除去装置ではブラシが駆動輪に対して平面で当たるため十分な洗浄効果が得られていなかった．そのことから洗浄装置を彎曲させて洗浄効果を高めているものである．これらの洗浄装置は特許出願した初期の車椅子の車輪用汚れ除去装置の欠点を改良したものであることが明らかとなった．

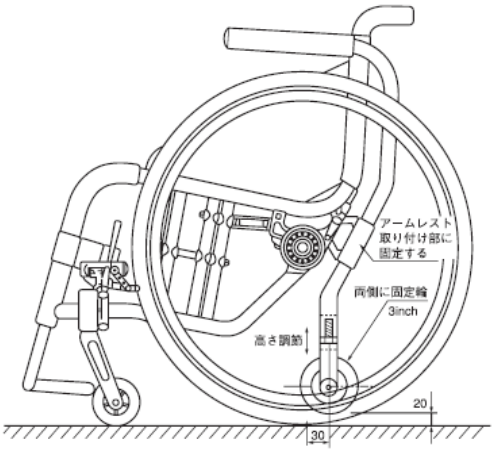


図 1．自走用車椅子使用者のための段差移動補助器 [8]

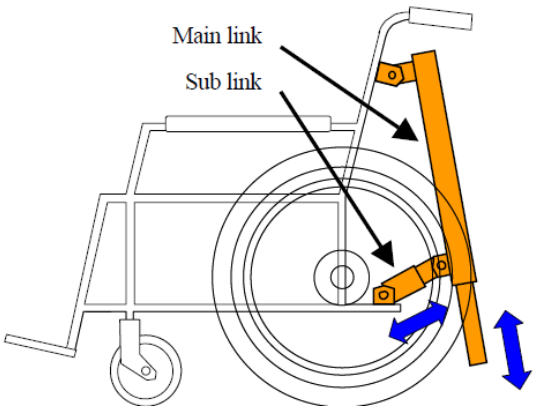


図 2．自走用車椅子段差移動補助器 [9]

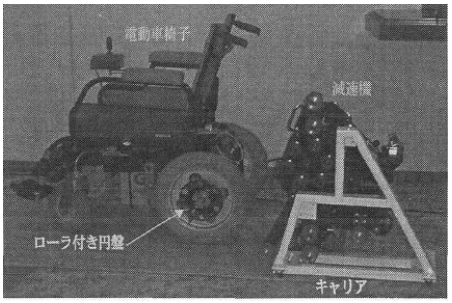


図 3．クロール移動機構 [10)]

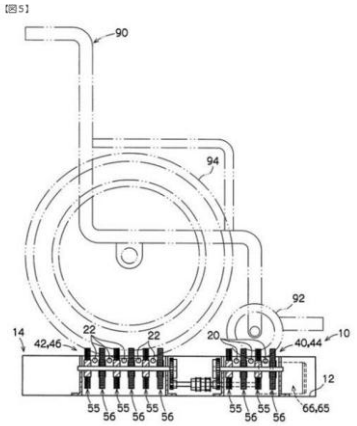


図 4．車輪用汚れ除去装置(矢状面)[11)]

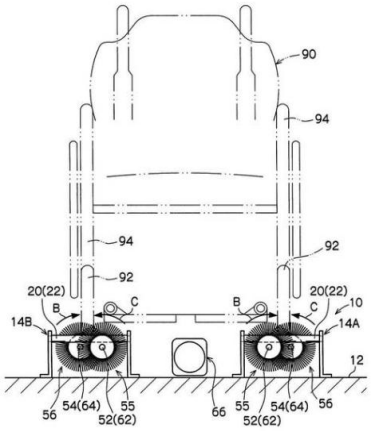


図 5．車輪用汚れ除去装置(前額面)[11)]

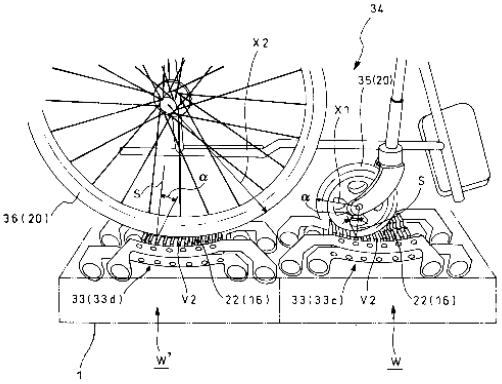


図 6．タイヤ洗浄ブラシ及びタイヤ洗浄装置 [12)]

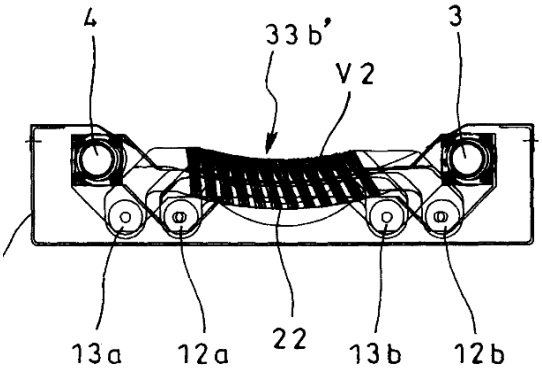


図 7．タイヤ洗浄ブラシ及びタイヤ洗浄装置 [12)]

2－2．先行研究の問題点の提示

車輪用汚れ除去装置は，車椅子の車輪を清掃するに当たっては，清掃を容易にするためには適していると考えるが，車輪用汚れ除去装置は車椅子全長程度の大きさのため家族や他者の来客時などに邪魔となる可能性が高いことやその大きさから装置自体を清掃することは難しい．そして何より駆動輪溝に入った汚れなどの洗い残しなどの問題点がある．そのことから，我々は車輪用汚れ除去装置よりもコンパクトであり，駆動輪の換装を行える機構が良いと考えた．車椅子に補助輪を付け，車椅子に乗った状態で駆動輪を自力で外すことを可能とした研究では，駆動輪を取り外すことは出来るが，その状態で駆動輪を再び装着することは出来ない．簡単かつ綺麗に入室する場合は，駆動輪を取り外すだけではなく，自走するため入室専用の駆動輪を取り付ける必要がある．そのことから本研究では，上述した駆動輪脱着機構と車輪用汚れ除去装置よりコンパクトな機構を提案していく．階段昇降機構については，車椅子に搭載するため，駆動輪を離床させる(本研究では自宅に入る)場合以外は不必要であり，車椅子の操作性の低下が考えられるため，車輪用汚れ除去装置のように自宅に駆動輪を取り外すための装置を設置し，必要な場合のみ使用することとする．

3．研究の目的

3－1．研究の目的

車椅子の駆動輪の換装やキャスター汚れを床に付着しない機構を提案することによって，外出先から自宅内に簡単かつ綺麗に車椅子で入ることが可能となり，車椅子使用者の QOL と家庭内の衛生面の改善による満足度の向上を図る．また床の汚れなどの元来ある車椅子使用時の問題を解決し，使用者・介助者の負担軽減を目指すとともに車椅子の使いやすさの向上を図り，車椅子をより良い物へと昇華させることが目的である．そして同居者や車椅子使用者の受け入れを向上させ，車椅子の汚れを原因として室内使用を行っていなかった使用者の室内での車椅子使用頻度を増加させる．最終的には，本研究を企業が注目し，提案した機構の安全性，耐久性，汎用性をしかるべき方法で検証し，向上させたものを製作し発表販売を行い実際に車椅子利用者の利益となることを目指す．

3－2．期待される成果

車椅子の駆動輪を入室する際に室内用の駆動輪に換装させることによって，室内の床を汚すことなく車椅子で生活することが可能となり，室内用の駆動輪に換装するため衛生的観点から見ても良好である．キャスターの清掃は駆動輪同様に手間であり，特に独居者にとっては，十分な清掃を行うためには，車椅子から降りなければならないため負担が大きい．また駆動輪と同様に清掃しただけでは，汚れが十分取れるとは限らない．そのため提案するキャスターに取り付ける機構を使用し，独居者やまた同居者が不在の場合でもキャスターの汚れを床に付着することなく入室が可能となり，従来行っていた駆動輪などの清掃の手間も省け，車椅子使用者や介助者の負担が軽減する．そして車椅子を室内で使用する際の積極性も向上する．本研究では，自宅への入室を目的とするが，機構の工夫によっては，汎用性が向上し，使用者以外の仕様が可能となり車椅子スキー関連施設や旅行先などでの使用も期待できる．そのことにより，製品化した場合での，購入者は，車椅子使用者や同居者に留まらず，旅館や施設などに拡大する可能性も高い．それが可能となれば，提案する機構は，利用者，介助者だけではなく，旅館や施設の従業員，さらには宿泊客，施設利用者などにも良好な効果を与えることができる．

4．研究仮説

車椅子の駆動輪などを換装することによって，外出先から自宅に簡単かつ綺麗に車椅子で入ることが可能となる．実際の駆動輪を換装する機構としては車用の電動ジャッキ(図 8)を使用する．まず電動ジャッキ上縁に鉄板を溶接する．鉄板は敷鉄板として使用される縞鋼鉄板(図 9)を使用する．縞鋼鉄板は敷鉄板として使用されていて車が上に乗ったとしても曲がることは無いため，車椅子を昇降する程度の荷重に対しては十分であると考える．0.9mm の厚さのものが長さ 1m あるものは 2t の荷重に耐えられるため，本研究では，入手しやすさと重量の問題から厚さ 3.2mm の物を選択するが，上述した許容応力からも安全性が十分であると考える．またジャッキ底面は，基底面が狭いため同じく底面に鉄板(図 10)を溶接し，支持基底面を広げ安全性を高めたものを使用する．その機構に車椅子下方のフレーム(図 11)へバック走行後，挿入し持ち上げる．そして室内用駆動輪の交換を行う．交換した駆動輪については自転車用のラックを使用し，交換した駆動輪を保管する．ラックは 2 種類あり据え置き型(図 12)と壁掛け型(図 13)がある．据え置き型の場合は，壁を傷つけることなく使用できるが玄関のスペースを取ってしまう．壁掛け型は壁に取り付けが可能であるため，場所を取らず駆動輪の保管が可能である．どちらを選択するか否かについては，使用者の住宅環境によって異なると考える．駆動輪の清掃や市販のタイヤカバーの装着などに比べ，この方法であれば車椅子使用者や介助者の負担は軽減されるのではないかと考える．またタイヤカバーについては，床面との接触面は常に保護されているが，駆動輪の接触面の反対は上方に位置するため，汚れが落ちる可能性が高いことから衛生的観点からも十分であるとはいえない．そのことから提案する機構で駆動輪の換装を行った方が，衛生的観点からも良好であると考える．次にキャスターについてだが，キャスターを交換することは難しいと考えられるため，キャスターに室内用スリッパを履かせ，外出時の汚れを床に付かないよう工夫する．その機構としては，室内用の上縁が高いスリッパ(図 14)に ottobock.社のホイールブレード(図 15)を入れ，キャスターをスリッパ上縁にあるゴムひもを縛りキャスターホークに引っ掛け固定する．そしてスリッパ底面にフッ素樹脂加工を施したシートを貼る．フッ素樹脂は，摩擦係数が氷以下であり，川角の研究ではフッ素樹脂加工を行ったフライパンの上でヤモリは滑るのか否かの実験を行っている [20]．ヤモリはガラス板などの上では 180°に逆さにしたとしてもついているが，テフロン加工を行ったフライパンの上では約 30°で滑り始めたとしている．そのことから，スリッパの機構にフッ素加工が応用できるのではないかと考えた．実際の計算としては $F=\mu N$ で摩擦力を計算することが可能であり，1 つのキャスターに掛かる荷重は体重＋車椅子の重さの 2 割ほどであると予測した際に日本人の成人男性の平均体重が 65 kg・車椅子重量が 10 kgである場合の摩擦力は F＝0.04×75×9.81＝29.43 となる．μ は摩擦係数であり，テフロンの摩擦係数は 0.04 でウレタンおよび普通ゴムでできたキャスターの摩擦係数は同様に 0.03~0.05 ほどであるため，摩擦力を計算した際はテフロンを使用した際の数値に近いものとなる．そのことからこのフッ素樹脂加工を施したシートをスリッパ底面に貼れば室内を滑り移動できるのではないかと考えた．そしてこの機構を使用することによって汚れが床に付かず，室内を滑ることによって移動できると予測する．これら駆動輪とキャスターの機構を用いれば，室内での車椅子使用の問題点が解決し，衛生的面や使用者及び同居者の受け入れが向上する．そして室内での使用頻度が上昇し車椅子使用者の QOL の向上が見込めるのではないかと考える．

図 8. 電動ジャッキ [13]

図 9. 縞鋼鉄板 [14]

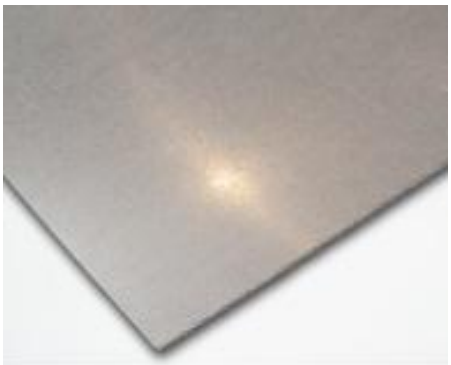


図 10. 鉄板 SPHC-P [15]

図 11. 車椅子下方のフレーム [16]

図 12. 据え置き型 [17]

図 13. 壁掛け型 [18]

図 14. 上縁が高いスリッパ

図 15. ホイールブレード [19]

5．研究の方法及び結果

5－1．予備実験

室内の床を汚すことなく車椅子で移動するための方法を検討するため，予備実験として，①車椅子キャスターにスリッパを履かせることが実用的であるかの検証，また，②車椅子駆動輪の持ち上げ機構(以下車椅子昇降機)として普通乗用車のタイヤ交換用ジャッキが適応できるかの検証を行った．

予備実験 1：キャスターに対する代替機能の検証（1 号機）

本研究の車椅子の汚れに対するアプローチとして，車椅子キャスターにスリッパを履かせて使用することがキャスターの代替機能として実用的であるかを検証する．なお，予備実験 1 に関してはスリッパの実用性の検証である．そのため，実験方法としては車椅子使用者が自身でキャスターにスリッパを履かせることが出来る状態を想定したものとしている．

－目的－

キャスターに室内用スリッパを装着した場合の車椅子操作性に与える影響について検証する

－使用物－

①室内用スリッパ
②ビニールテープ
③シリコーンスプレー
④サブオルソレン
⑤テフロンシート
⑥普通型車椅子

－車椅子と被験者の選定－

予備実験にて使用した車椅子は Ottobock.社のモジュラー型車椅子と松永製作所の MAXPLEASURE の 2 台とした．選定理由としては，本研究の車椅子使用者の対象として挙げられる対麻痺患者(上肢体幹安定･下肢不自由)の使用度が高いモジュラー型とアクティブ型を検証のモデルにすると良いと判断したためである．また，被験者に関しては本予備実験で使用した資材が本校の備品であったため破損の危険性を考慮し班員の中で最も軽い約 50kg の女性を選出した．

－実験方法－

キャスター輪をビニールテープで固定し，キャスターの接地面にインソール状のプラスチック板　(サブオルソレン)をビニールテープで固定する．そのうえで室内用スリッパを装着し，下記する 3 つの条件下で，前進・後退・回旋の車椅子操作を行う簡易的な方法とする(図 16)．

①スリッパの底面に何も加工を施さない場合
②摩擦係数の少ないテフロンシートを貼り付けた場合
③摩擦力軽減のためシリコーンスプレーを散布した場合

図 16．キャスター代替機構

－結果－

①スリッパの底面に何も加工を施さない場合は，スリッパの床との接地面に生じる摩擦が車椅子に大きく影響し，前進後退・回旋など，操作性が著しく低下していた．続いて②テフロンシートを貼り付けた場合は，①よりも接地面に生じる摩擦力が軽減し操作性の向上がみられたが，操作上の抵抗力は残った．最後に，③シリコーンスプレーを散布した場合は，摩擦力は軽減し操作性は改善することが出来たが，シリコーンが床面に付着し床面が非常に滑りやすい状態となった．

3 つの条件下で実験を行ったが，すべての条件において課題が残り，実用的ではないと判断した．

予備実験 2．車椅子昇降機の動作確認

本研究における車椅子駆動輪を換装するための車椅子昇降機としては，普通車用の電動ジャッキを使用する予定である．実際に電動ジャッキを使用し車椅子を昇降させることが可能か否かを検証するため，予備実験 2 では普通車常備のジャッキセットを使用し，電動ジャッキ使用を想定した動作確認を行う．

－目的－

考案した車椅子昇降機が実際に機能するか否かの検証

－使用物－

①普通型車椅子×2 台　②普通車常備のタイヤ交換用ジャッキセット

③プラスチックまな板（10mm 厚）×3 枚　④まな板保護のためのポリプロピレン（380×380×5mm）

⑤ガムテープ

－車椅子と被験者の選定－

予備実験 1 と同様に選定した．

－実験方法－

選定した車椅子を使用し，被験者に車椅子へ搭乗してもらう．床にジャッキを設置し，その上に鉄板を想定し製作した板（まな板 3 枚をポリプロピレンで挟んで固定したもの）を設置する．製作した装置を図 17 に示す．ジャッキが座面直下の位置に来るまで車椅子でバックし，製作した板が座面下方の左右フレームに接触することを確認したうえで，被験者以外の班員が後方からジャッキの昇降作業を行う（図 18）．車椅子駆動輪の離床を確認できた後，実際に駆動輪の脱着作業が行えるかを検証する．

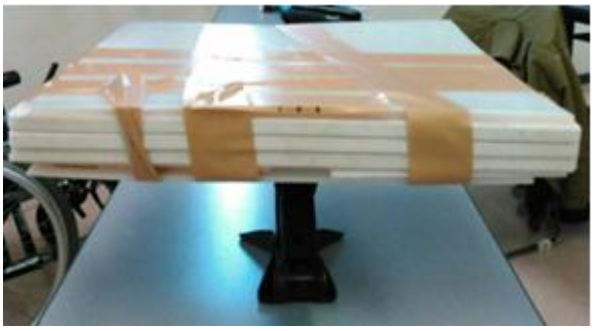


図 17．簡易昇降器

図 18．ジャッキによる昇降の様子

－結果－

手作りで簡易的な装置であったため，安定性が低かったが，車椅子と被験者を短時間にかつ低労力で車椅子全体を昇降させることができた．また，車椅子を持ち上げた状態で被験者自身による駆動輪の脱着動作も可能であった(図 19).

図 19．駆動輪の脱着の様子

－予備実験 1・2 を踏まえての考察－

予備実験 1 より，キャスターのすべり機構は摩擦係数を減らしても抵抗は残ることが明らかとなった．特に，車椅子回旋時の抵抗は大きく，通常操作に支障をきたすほどであることから，キャスターの代替機構は，すべり機構より転がり機構が望ましいと考えた．そこで靴にホイールブレードを入れ，新たにフラッシュローラーを取り付けた転がり機構を考案する．これは，どんな靴にも取り付けることが可能であり，またホイールブレードによってキャスターを固定できる．予備実験を行い判明したこととして，外出時に汚れたキャスターのままスリッパを被せた場合，床に汚れが付着せずともスリッパが汚れてしまうという欠点が明らかとなった．そのため，汚れたキャスターを覆い，床を汚さない工夫をするのではなく，外出時に上記のフラッシュローラー機構を取り付け，外出時の汚れを防止し，室内ではその機構を外しきれいなキャスターで自宅に入るようにする．Kirby RL らはキャスター径の変化が車椅子安定性に影響する [21]と述べておりこの機構を使用することでの駆動輪との差による前傾が予想されるため，ジャッキの機構を使用し，駆動輪を室内用の径の一回り小さいものに変更を行う．この機構を使用することによって，本実験のテーマである日本の生活様式である靴を脱ぐ感覚と同様の感覚を使用者も体験することができる．

また，予備実験 2 より，車椅子昇降ならびに駆動輪換装作業が可能であることが明らかとなった．実験に用いたのは非常に簡易的な装置であったが，実験結果としては良好であったことから，本実験において車椅子昇降機として電動ジャッキと鉄板を使用することは可能であると判断した．しかし，実験中の作業における安全性の低さは問題点として残った．駆動輪換装作業において安全性を第一に考慮した車椅子昇降機を製作するために，今回の予備実験の結果を参考にした追加実験を行う必要があった．

上述した予備実験 1・2 において，製作する機構に関する問題点，および追加検証する点が判明した．これらの解決を図るため，新しい機構の考案・製作を行い，追加実験(予備実験 3・4・5)を行うこととなった．

予備実験 3．キャスター代替機構の検証（2 号機）

予備実験・本実験を行うにあたって，予算の都合上，キャスター代替機構を複数作ることも出来ないことから，フラッシュローラーを車椅子に装着した場合の操作性を検証する必要があった．そのことからフラッシュローラーの簡易的な機能実験を行った．

－目的－

フラッシュローラーがキャスター代替機構として使用可能であるかの検証．使用時の前座高の上昇にあたっての操作性および危険性と使用時の駆動輪の径の交換についての検証

－準備物－

①サブオルソレン 5mm×2

②フラッシュローラー×2

③Otto bock.社のモジュラー車いす

－製作過程－

①サブオルソレンをヒートガンで温め，曲げ加工

②サブオルソレンの底面にネジとナットにてフラッシュローラーを固定

③サブオルソレンをキャスターホークの高さ調整のための穴にネジとナットにて固定

図 23．フラッシュローラー取り付け
矢状面

図 24．フラッシュローラー取り付け
全体像

－実験－

製作したキャスター代替機構を装着したのち予備実験同様 50 kgの女性を搭乗させ，車椅子の駆動実験を室内と室外にて行った．駆動実験は，平地，ドアの段差，カーペット，スロープでの操作性の実験を実施した．

－結果－

結果として，室内の平地での直進・回旋には問題はなかった．しかしドアの段差やカーペットの縁を乗り越える際には抵抗が生じた．室外での使用も試みたが，使用時の衝撃が強く，スロープの昇降も難しかったため，室外での使用は実用的ではないと判断した．そのため本機構は，室内での使用とする．前座高の上昇に関しては，3cm ほどの上昇は見られたものの駆動の際には，気になるほどではなかったため，装着時の駆動輪の径の交換は行う必要はないと判断した．

－キャスター代替機構（2 号機）の取り付け治具の模擬機構の製作－

現在考案しているキャスター代替機構は，自立することが出来ないため，取り付け用の治具を製作する必要がある．そのため，実際に製作を行う前に模擬機構の製作を行った．

－目的－

キャスター代替機構の取り付け治具の模擬機構(図 25・26)を製作し，班員の製作する機構のイメージを共有することや実際の大きさの把握，予算決定のための指標とする．

－準備物－

①段ボール
②ガムテープ

－想定した使用方法－

まずこの取り付け治具を玄関の壁に付け，手前の穴にフラッシュローラーを設置しておく，そして，キャスターでスロープを上り，フラッシュローラーを取り付ける．そしてキャスターアップしつつ後進して治具から離脱後，室内へと入室する．取り外しの際は同様にキャスターアップしつつ前進し穴にフラッシュローラーが収まるのを確認したのち後方からスロープを使用し降り外出する．

－結果－

取り付け治具の班員のイメージの統一化をすることが出来た．しかし，想定した玄関にこの取り付け治具と車椅子昇降機を設置した場合，玄関スペースの問題から車椅子昇降機へバック走行することが困難となる可能性が生じた．そのためキャスター代替機構の取り付け治具を製作する前にキャスター代替機構が独立するための機構を考案し，試すこととした．

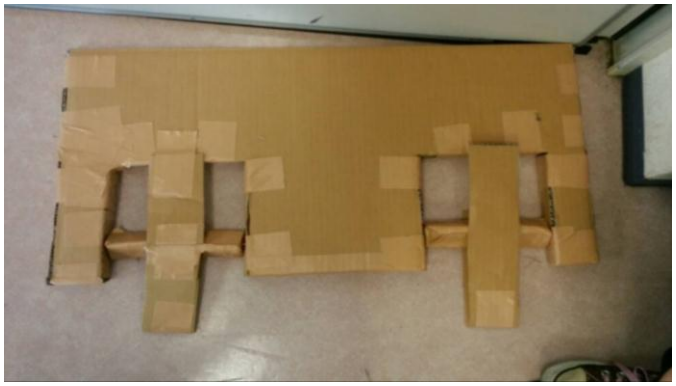


図 25．キャスター代替機構取り付け治具模擬機構
水平面

図 26．取り付け治具模擬機構
前額面

予備実験 4．キャスター代替機構の検証（3 号機）

上述した通り，取り付け機構を設置した場合は玄関のスペースを大きく占めてしまうため，キャスター代替機構の独立する機構(図 27・28)を考案し，製作することとした．

－目的－

キャスター代替機構に独立機能を持たせ，取り付け治具の廃止または，小型化を目的とする．そして操作性の検証を行う．

－準備物－

①キャスター420G
②ユニクロ一文字継手 4 個入り
③小ねじ皿 M4×20
④サブオルソレン 5mm×4

－製作工程－

①サブオルソレンにスリーボンドを塗り，2 枚を接着
②小型キャスターを底面に取り付ける
③金具を L 字に曲げ，キャスターホークと連結する

－実験方法－

キャスター代替機構が独立するかの検証を行う．続いてキャスター代替機構を取り付けた場合の操作性を検証した．

－実験結果－

直進や回旋性は，フラッシュローラーを使用した場合と比べても良好のように感じた．しかしフラッシュローラー使用時に比べ更に段差乗り越え機能は低下しており，問題である．機構自体の独立性は良好だが，機構を使用者自身が装着する際には，やはり治具が必要となることが明らかとなった．またフラッシュローラー使用時より前座高の上昇が大きくなることが判明した．

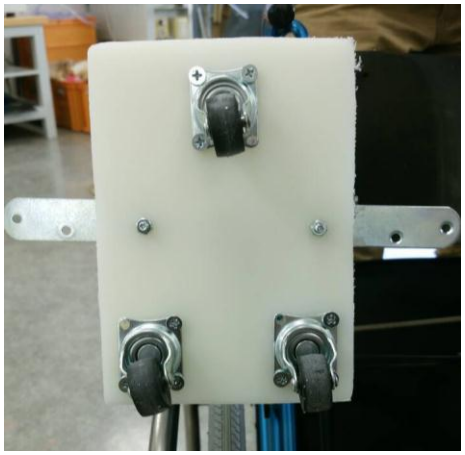


図 27．独立を可能とした 3 号機

図 28．3 号機装着時の全体像

予備実験 5．ホイールブレードの固定方法を模倣した場合のフラッシュローラーの駆動性の実証

ホイールブレードを実際に手に取り，ロック機構を分析したところ，キャスターに挟み込んでいるだけであることから，取り付けた場合にもキャスターの前後への回転は防ぐことは出来ないことが明らかとなった．そのことからホイールブレードでは床に面で接地しているため駆動時の前後への回転は少ないが，そこにフラッシュローラーを取り付けた際は点で床に接地することになり，前後への傾きが生じ駆動が難しいという仮説が生まれた．そのことから，予備実験 1 とは違い，ホイールブレードに近い固定方法にてフラッシュローラーを固定し駆動の実験を行うこととした．

－目的－

ホイールブレードに近い固定方法にてフラッシュローラーが作用するのかの検証を行う

－準備物－

①フラッシュローラー

②ビニールテープ

－実験方法－

フラッシュローラーをキャスターにビニールテープにて固定し駆動の実験を行った．

－実験結果－

結果としては，人が乗っていない状態でも床面に対して立つことが出来なかった．そのため駆動は行ってはいない．

－実験結果を踏まえての考察－

今回の実験で，ホイールブレードにフラッシュローラーを取り付けただけでは，駆動することは出来ないことが明らかとなった．そのため，キャスター代替機構には 3 輪から 4 輪の車輪が必要であり，今後は実験 3 で製作した機構に近いものを製作する予定である．しかし車輪を増やすことで駆動性の低下が生じることが予測されることから，実験終了後いくつかの代替案を考えた．考えた代替案は購入するパーツの取り付け位置などを変更したもので，パーツの配置や組み合わせを幾つか試し，一番駆動性が高いものを本研究で使用していく．製作後，キャスター代替機構の取り付け治具を考案していくこととする．

5－2．本研究における各機構の決定

5－2－1．キャスター代替機構の構造（4 号機）

予備実験 5 の活動結果をもとに，キャスター代替機構のキャスターは 3 輪もしくは 4 輪で自立を図ることが望ましいと判断した．そこで，新しいキャスター代替機構の構造案を検討することとした．
1 つの構造案として，キャスター代替機構は取り付け治具と一体型とし，駆動輪は 4 輪の試作機を製作した(図 29～31)．駆動性やバランス性の検証として，フローリング・絨毯上の走行やエレベーター入口の小さな段差乗り越え等を試し，駆動性・バランスの点が最も良好であったため，キャスター代替機構は 4 輪かつ一体型が最有力となった．今回制作した構造案を採用し，これをベースに本実験で使用するキャスター代替機構を提案していくこととした．

図 29．4 号機

図 30．前額面

図 31．矢状面

－キャスター代替機構の実寸大模型の製作（5 号機・段ボール製）－

新しく考案したキャスター代替機構の具体化を図るため，段ボールによるキャスター代替機構の模型を製作した（図 32・33）.

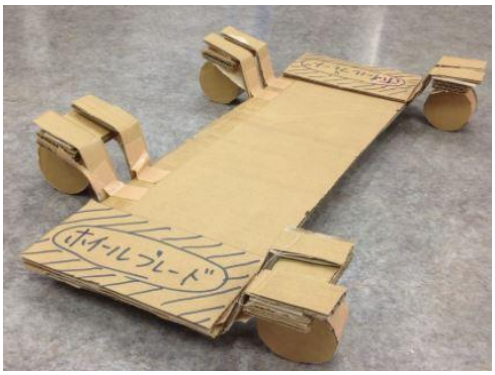


図 32．キャスター代替機構の模型

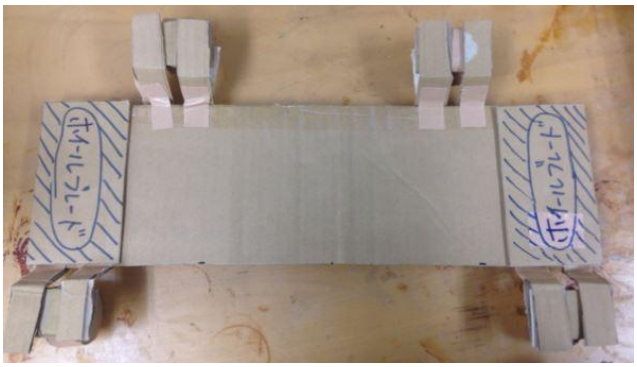


図 33．水平面

これまでの代替機構（1～4 号機）から，①代替機構は独立性を有していること②操作性に優れていること③段差を乗り越えるために十分な大きさのキャスターを有していることの 3 つの条件を基に設計した．製作したキャスター代替機構の模型の概要を図 34 に示す.

キャスターを 4 つ使用することで，代替機構の前方や後方への傾斜を防止し，代替機構が自立するようにした．これにより，利用者が車椅子に乗ったままで代替機構の装着を可能とすることが出来る．また，操作性および段差乗り越えについても，キャスター径を大きくすることで性能向上を図った．しかし，キャスター径を大きくした場合には，代替機構の装着時に前座高が上昇することが懸念されるため，キャスター取付部品(図 34 参照)に曲げ加工を行い，前座高の上昇を減少させた.

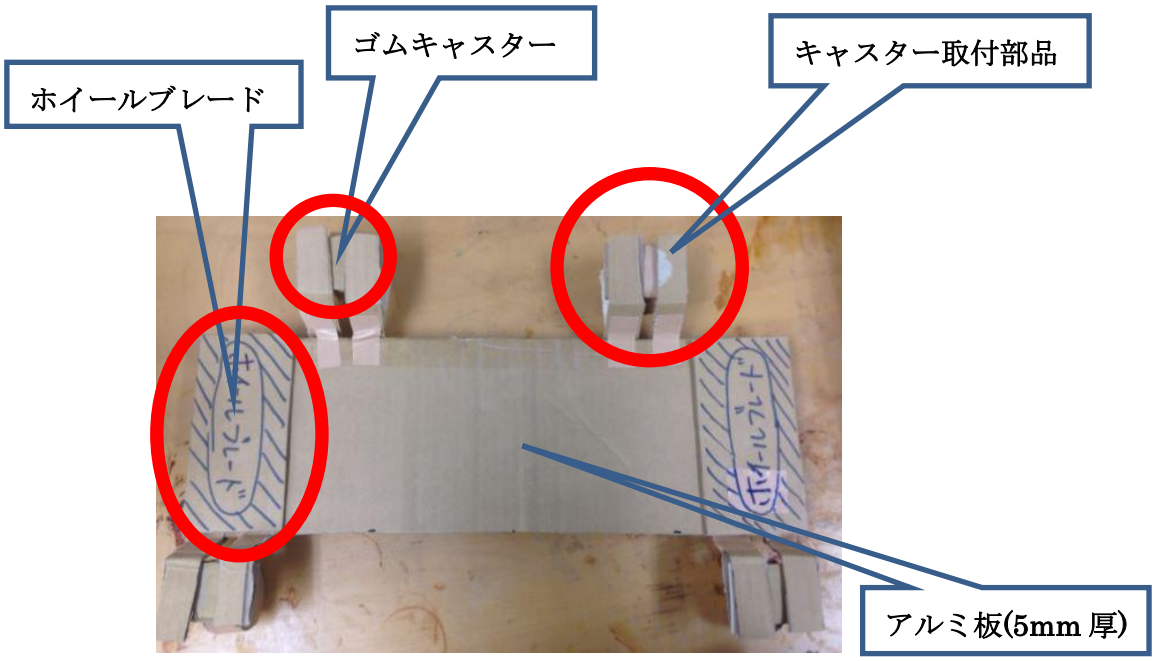


図 34．キャスター代替機構の模型の概要

5−2−2. キャスター代替機構の製作（5 号機）

ダンボールで製作したキャスター代替機構を基に，厚さ 5mm のアルミ板，ホイールブレード，キャスターを使用し作成する．

キャスター代替機構の高さは 3.5cm に設定した．キャスター代替機構の詳細の概要を図 35(a-g)に示す．

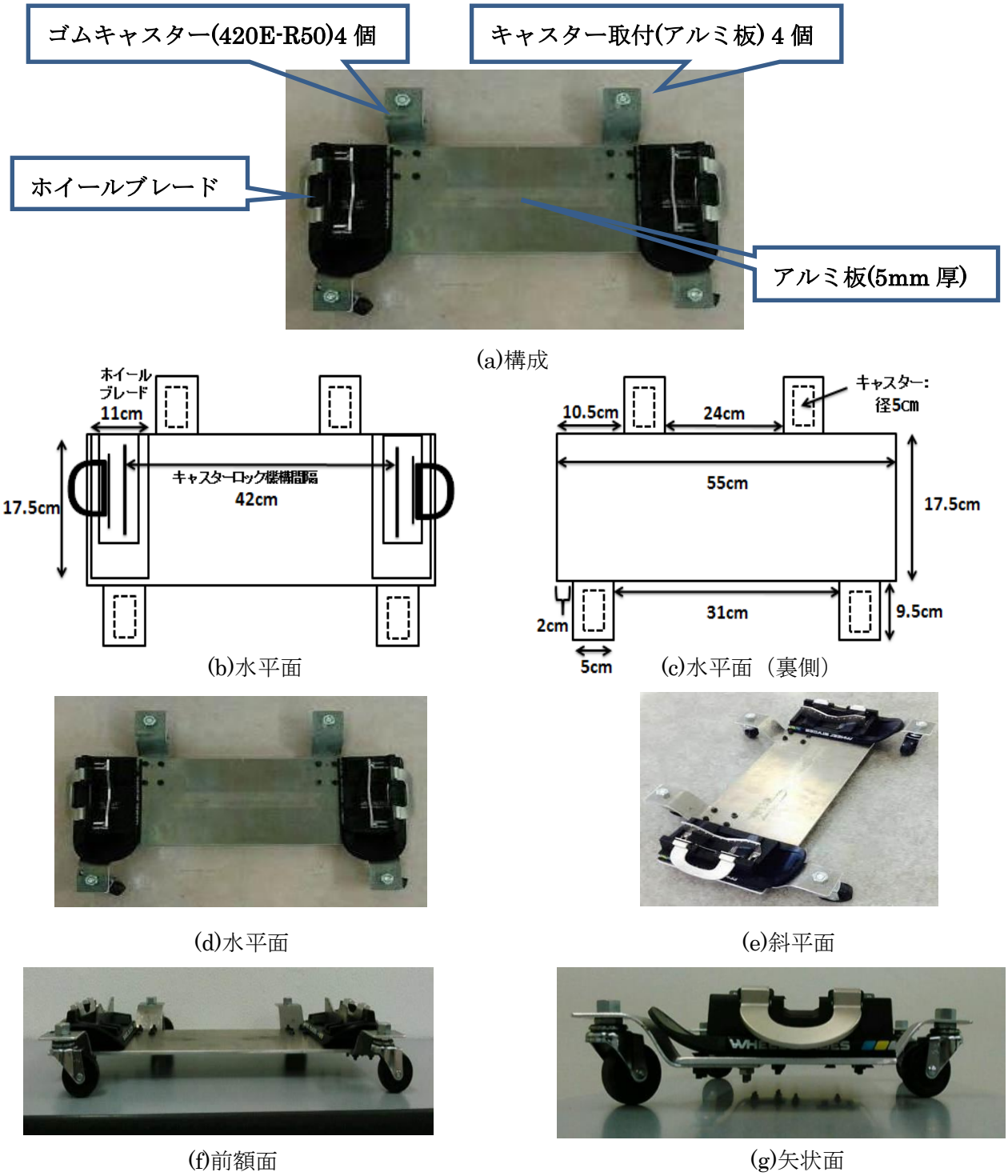


図 35．キャスター代替機構（5 号機）の構成概要(a-g)

5－2－3．取り付け治具の製作

キャスター代替機構の脱着時，機構のキャスターにはロック機構が無いため，脱着には代替機構の下に滑り止め用の取り付け治具が必要となる．その構造は，キャスター代替機構脱着時の固定および脱着後に移動させやすい軽量なものが望ましい．

金属製の網を使用し，微量の力で動かないようにするためキャスターがくると思われる箇所には網を2 枚重ね，固定性を高める．治具自体には底面にスーパーシートを結束バンドで固定し，摩擦力を向上させることとした(図 36).

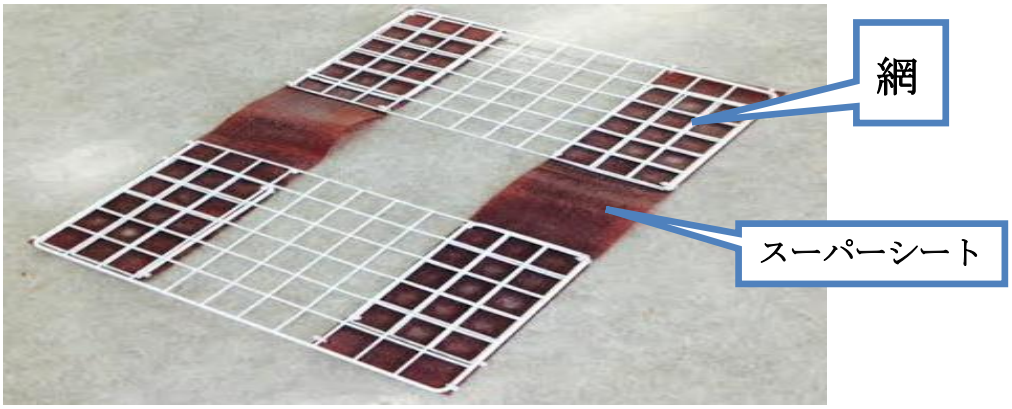


図 36．キャスター代替機構の取り付け治具

5－2－4．車椅子昇降機の製作

製作した車椅子昇降機を図 37－40 に示す.

・車椅子昇降機の構成部品

①EVA

②スーパーシート

③アルミ板（5mm 厚）

④電動ジャッキ

⑤カーバッテリー

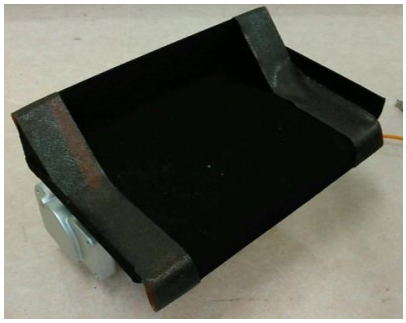


図 37．車椅子昇降機

図 38．電動ジャッキ

図 39．有線リモコン

図 40．カーバッテリー

－製作－

研究当初は，フレームを支持するため上縁に縞鋼鉄板，支持基底面を広げるためジャッキの底面には鉄板を溶接する予定であったが重量・時間・予算の都合上，上縁にはアルミ板を使用し，底面には鉄板は溶接を行わないこととした．電動ジャッキとアルミ板の溶接について，金属加工工場へ相談を持ちかけたところ，アルミ板の厚みが薄く強度が不足することが考えられるため，撓みの発生防止のためにリブを設け強度の強化を図ることとした．リブ加工を行う前に，リブ未加工のアルミ板での車椅子昇降実験を行ったが，昇降時にアルミ板の撓みが発生することが確認できた（図 41）．鉄板の四隅を切り取り曲げ加工を行い，側方は挿入時のガイドとして立ち上げ，後方は車椅子の支持となるよう上方に立ち上げた．前方は昇降時に干渉しないよう下方に折り曲げる．これらの加工によって，強度を持たせた．また，昇降実験を行った結果，側壁がガイドとなり挿入の容易さが向上することが明らかとなった（図 42）．

鉄板の溶接を行った車椅子昇降機の昇降実験では，溶接部には問題は見られなかった．しかし昇降を行っていくに従い，ジャッキ本体のネジ部から傾き，昇降時に車椅子が徐々に前滑りした．そのため，鉄板部分に滑り止めシートを張り付け，前滑りが生じるか否かの実験を行った．結果は良好であったため，最終的な仕上げの際には，滑り止めを貼ることとした．また鉄板と車椅子のフレームに隙間が生じたため図 43 のように EVA を使用し，隙間を埋め接触面積を増やし，ズレを防止しようと考えた．

図 41．未加工のアルミ板による撓みの様子

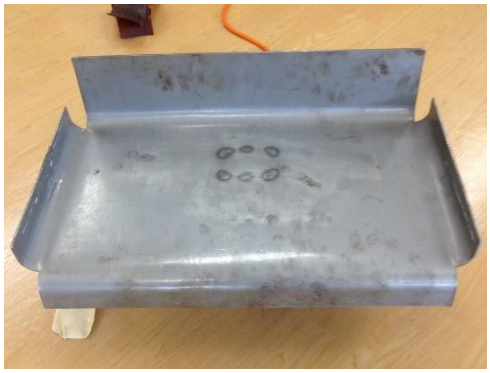


図 42．加工したアルミ板

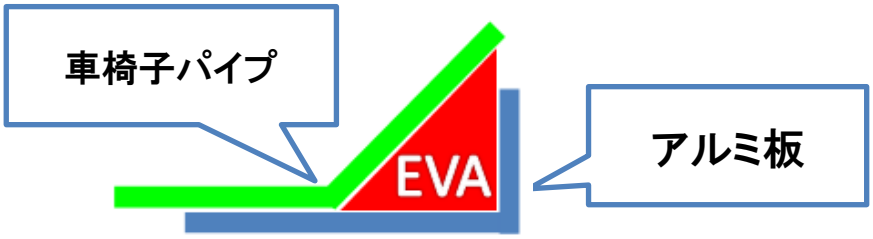


図 43．EVA の貼り付け案（矢状面）

5－2－5．駆動輪スタンドの製作

駆動輪スタンドは, 自転車用のタイヤスタンドを使用する予定であったが, 予算の都合により本研究の趣旨に合わせるため新たに製作することとした.

フックはジュラルミン端材を利用し，駆動輪が互いに干渉しないことを目的として，上フックは 170mm，下フックは 100mm で曲げ加工を行い，下フックより上方 140mm に上フックを設置するように設計した.

フックに駆動輪を立て掛けた際に重心がスタンド前方に移動するため, 少なくとも支持基底面はその直下に置く必要がある. このことから今回支持基底面となる板の前方は, 上フックの長さプラス 10mm を設定した(図 44).

図 44．駆動輪スタンド

以上のことを踏まえて室内でのキャスター代替機構の使用時の実験方法（予備実験 6・7・8）を新しく考案した.

予備実験 6．キャスター代替機構の変更（5 号機）

－目的－

キャスター代替機構装着時の操作性能の検証

－使用物－

①キャスター代替機構

②普通型車椅子（マックスプレジャー）（学校の備品）

－実験方法－

キャスター代替機構をキャスターと一体化させる．その状態で，試運転を行う．予備実験 1 と同様，前進・後進・回旋などの車椅子操作を行い，使用時に操作性の問題がないか否かを確認する．

－被験者の選出－

被験者は学級内の生徒 3 名を車椅子の座幅に基づいて選出する．本実験以降の被験者も同様の条件下で選出するものとする．以下の実験においても被験者は同一であるため以下の実験においての被験者の記述が無い場合は本実験と同一のものとする．また本実験では，過去の試作機と比較するため班員全員で試乗し操作性を確認した

－結果－

キャスター代替機構のキャスター径を大きくしたこともあり前進・後進・回旋性は良好であった．
また実験後に被験者へ操作性について感想を尋ねたが，操作性は良好であるとの意見が多かった．
そして班員の感想として，過去の試作機と比べ操作性の向上が感じられたという意見が多数であった．

予備実験 7．キャスター代替機構の装着可否

－目的－

車椅子使用者が自身でキャスター代替機構を装着させることが可能か否かを検証する

－使用物－

①普通型車椅子(マックスプレジャー)

②キャスター代替機構

③キャスター代替機構取り付け治具

－実験方法－

キャスター代替機構の装着動作として，取り付け治具の上にキャスター代替機構を置き，キャスターアップしホイールブレードのキャスター設置部にキャスターを乗せ，キャスター代替機構とキャスターを固定する．その後，一度前進してキャスター代替機構取り付け治具から離脱し，再度取り付け治具に乗りキャスター代替機構の取り外しを行う．まず班員が見本を見せ，さらに実験の説明と装着の留意点・コツなどを指導する．次に約 5 分間練習を行ったのち 1 分間のインターバルを挟みつつ，計 5 回脱着を行う．

－結果－

結果を表 1・2・3 に示す.

5 分という短い練習時間であったが，装着の成功率は平均して 60%，また，取り外しの成功率は平均して 90%となった．なお，取り付けに失敗した場合は取り外しを行わないため，取り外しの結果は実験結果には含まないものとした.

表 1．被験者 A の脱着の成績

	一回目	二回目	三回目	四回目	五回目
取り付け	成功	失敗	失敗	成功	失敗
取り外し	成功			成功	

表 2．被験者 B の脱着の成績

	一回目	二回目	三回目	四回目	五回目
取り付け	失敗	失敗	成功	成功	成功
取り外し			成功	成功	成功

表 3．被験者 C の脱着の成績

	一回目	二回目	三回目	四回目	五回目
取り付け	成功	失敗	成功	成功	成功
取り外し	成功		失敗	成功	成功

予備実験 8．キャスター代替機構（5 号機）ならびに車椅子昇降機の安全性・耐久性の検証

－目的－

製作した車椅子昇降機，並びにキャスター代替機構が，使用に耐えうるだけの強度や固定力を保持しかつ安全に使用できるものであるかを，本校室内にて試運転を行い検証する．

予備実験 8－1．キャスター代替機構

－使用物－

①普通型車椅子(マックスプレジャー) (学校の備品)
②キャスター代替機構
③ストップウォッチ
④水準器
⑤曲尺

－実験方法－

初めにキャスター代替機構の使用前の写真を撮っておき，校舎内廊下でキャスター代替機構を装着した状態にて往復 100m の走行耐久試験を 3 往復 300m で 1 セットとして行う. この一連の動作を 5 回ごとに 10 分間の休憩を挟みつつ 1 日 10 回を 3 日間，合計 30 回繰り返し，使用前のキャスター代替機構と比較し破損などを確かめ，キャスター代替機構の強度や安全性を検証し，1 セットの時間とキャスター代替機構の前縁の高さの計測を行う．

－結果－

室内で 9km, 時間にして 1 時間 25 分の走行耐久試験を行った結果, 前縁の高さは 3.4cm で変化せず, その他ガタツキ等も見られなかった. 1 ラップごとに測定された時間とその合計を次ページ表 4 に示す. 合計の平均時間は 2 分 48.9 秒であった.

表 4. 計測時間

	1 ラップ	2 ラップ	3 ラップ	計
1 回目	59 秒	54 秒	59 秒	2 分 52 秒
2 回目	58 秒	57 秒	59 秒	2 分 54 秒
3 回目	56 秒	58 秒	60 秒	2 分 54 秒
4 回目	57 秒	59 秒	59 秒	2 分 55 秒
5 回目	59 秒	61 秒	60 秒	3 分 00 秒
6 回目	56 秒	55 秒	54 秒	2 分 45 秒
7 回目	56 秒	56 秒	56 秒	2 分 48 秒
8 回目	57 秒	56 秒	59 秒	2 分 52 秒
9 回目	56 秒	58 秒	58 秒	2 分 52 秒
10 回目	55 秒	57 秒	61 秒	2 分 53 秒
11 回目	49 秒	52 秒	55 秒	2 分 36 秒
12 回目	55 秒	54 秒	54 秒	2 分 43 秒
13 回目	52 秒	54 秒	56 秒	2 分 42 秒
14 回目	54 秒	56 秒	55 秒	2 分 45 秒
15 回目	54 秒	54 秒	55 秒	2 分 43 秒
16 回目	55 秒	55 秒	56 秒	2 分 46 秒
17 回目	57 秒	57 秒	56 秒	2 分 50 秒
18 回目	58 秒	55 秒	55 秒	2 分 48 秒
19 回目	55 秒	59 秒	56 秒	2 分 50 秒
20 回目	59 秒	57 秒	57 秒	2 分 53 秒
21 回目	52 秒	55 秒	53 秒	2 分 40 秒
22 回目	56 秒	54 秒	57 秒	2 分 47 秒
23 回目	53 秒	58 秒	57 秒	2 分 48 秒
24 回目	58 秒	61 秒	59 秒	2 分 58 秒
25 回目	55 秒	54 秒	53 秒	2 分 42 秒
26 回目	57 秒	54 秒	55 秒	2 分 46 秒
27 回目	54 秒	53 秒	60 秒	2 分 47 秒
28 回目	59 秒	55 秒	61 秒	2 分 55 秒
29 回目	60 秒	56 秒	63 秒	2 分 59 秒
30 回目	59 秒	54 秒	53 秒	2 分 46 秒

予備実験 8－2．車椅子昇降機

－使用物－

①普通型車椅子(マックスプレジャー)

②交換用駆動輪

③車椅子昇降機

④ストップウォッチ

⑤水準器

－実験方法－

車椅子昇降機にて昇降した状態で駆動輪の交換を行って貰う．まず車椅子昇降機を上げ駆動輪を取り外し，車椅子昇降機の側方に交換用の駆動輪を置き，その駆動輪を取り付け，車椅子昇降機を下げる．この一連の動作を 5 回ごとに 10 分間の休憩を挟みつつ 1 日 10 回を 2 日間繰り返し，合計 20 回行う．その際に，水準器を用いて昇降前と昇降後に起こる傾きの変化を計測する．本実験開始から終了まで，破損せず，初期の状態を保てるのであれば，本機構は日常生活使用において十分な安全性を備えているものと判断する．

－結果－

傾きの大きさは増大せず，その他破損した部分も見られなかった．車椅子昇降機を使用して駆動輪の交換が完了するまでを計測した時間を表 5 に示す．1 回の平均時間としては，62.05 秒，合計使用時間 1299 秒である．

表 5．車椅子昇降機を使用して駆動輪の交換が完了するまでを計測した時間

	時間		時間
1 回目	61 秒	11 回目	59 秒
2 回目	56 秒	12 回目	58 秒
3 回目	58 秒	13 回目	72 秒
4 回目	55 秒	14 回目	60 秒
5 回目	66 秒	15 回目	55 秒
6 回目	62 秒	16 回目	64 秒
7 回目	60 秒	17 回目	61 秒
8 回目	73 秒	18 回目	75 秒
9 回目	67 秒	19 回目	33 秒
10 回目	84 秒	20 回目	62 秒

5－3．本実験

5－3－1．本実験１：模擬環境下での作業時間の計測

－目的－

複数の被験者に対し，設定した環境下で実際に駆動輪の換装とキャスター代替機構の装着を行ってもらい，その作業時間を計測，平均化する．

－使用物－

①普通型車椅子(マックスプレジャー)　②車椅子昇降機　③キャスター代替機構　④ストップウォッチ　⑤ガムテープ　⑥木材

－実験方法－

試験用に住宅（班員Ａのバリアフリー住宅の玄関 130cm×124cm・廊下 98cm×124cm)を想定した環境(次ページ図 45)をガムテープテープを使用し，教室にて再現する．想定した住宅の玄関と廊下に車椅子昇降機・交換用駆動輪とスタンドおよびキャスター代替機構を設置する．事前に選出しておいた被験者に車椅子昇降機およびキャスター代替機構の使用方法を指導する．被験者が一通り使用方法を習得した後，上述した環境下において被験者には下肢が不自由な者を想定し，下肢をできるだけ使用せず動作してもらい計測を行う．計測内容として屋外から室内に入ったと仮定したパターン，室内から室外へと仮定したパターンとして，駆動輪の換装・キャスター代替機構の着脱を実際に行ってもらい，①キャスター代替機構の取り付けに掛かる時間．②駆動輪の脱着のみを行った時間．③その両方を装着し廊下を抜けるまでの時間をストップウォッチにて計測する．実際の計測方法としては，以下の通りとする(P28・29 図 46-51).

①まず室外から玄関(ガムテープで製作)に入り，廊下に設置したキャスター代替機構取り付け治具を使用しキャスター代替機構の取り付けを行い，時間を計測する．

②次に車椅子昇降機を徒手にて車椅子下方に挿入し，駆動輪を取り外し，壁に取り付けた駆動輪スタンドに立てかけ，交換用の駆動輪を取り付ける．この交換用の駆動輪は，予算の都合上購入は難しいため，別の車椅子の駆動輪を使用する．しかし交換後走行はできない．そのため交換した際にストップウォッチの時間を停止し再度マックスプレジャーの駆動輪と交換しストップウォッチの時間を再開する．再開後車椅子昇降機を下げ，時間の計測を行う．

③最後に②を行った状態から廊下を走行し，廊下を抜けるまでの時間を玄関に入った時間から測定する．次に室内から外出するまでの時間を測定する．

④部屋から廊下を渡り，取り付け治具を壁に立てかけ，②と同様の手順で駆動輪の交換と測定を行う．

⑤車椅子昇降機を所定の位置に戻し，取り付け治具を敷き，キャスター代替機構を取り外し，時間を測定する．

⑥最後に⑤を行ってから玄関を出るまでの時間を測定する．

前ページに記した工程を被験者 3 人に行ってもらい，時間を計測し，その平均値を算出する．それらの計測データを二分脊椎の当事者団体などの協力を得て事前アンケーを採取しておいた，駆動輪やキャスターに対する汚れ対策の時間と比較する．被験者には，実験後にアンケートを取り，車椅子昇降機およびキャスター代替機構のフィードバックを得る．しかし想定した設定下での換装が難しい場合は玄関や廊下の設定値を広くしていき，本機構を使用するにあったて必要な広さを明確とする．

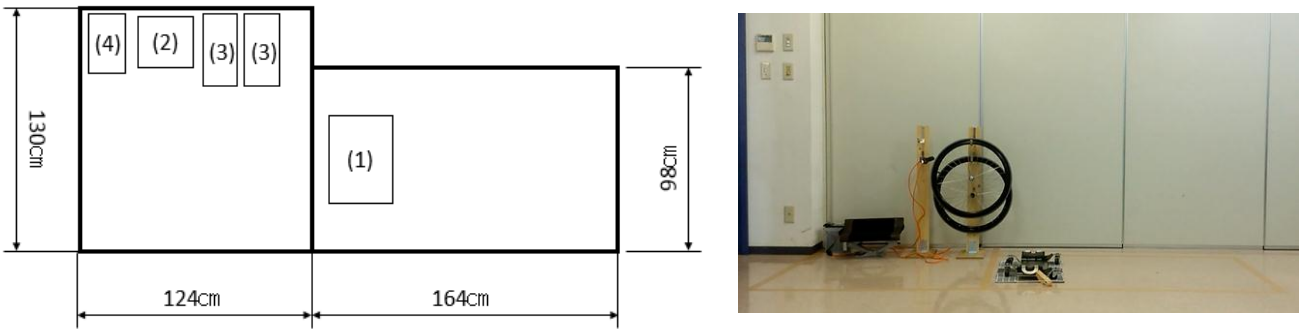


図 45．環境設定

※ (1)キャスター代替機構取り付け治具及びキャスター代替機構　(2)車椅子昇降機, (3)駆動輪スタンド, (4)バッテリー

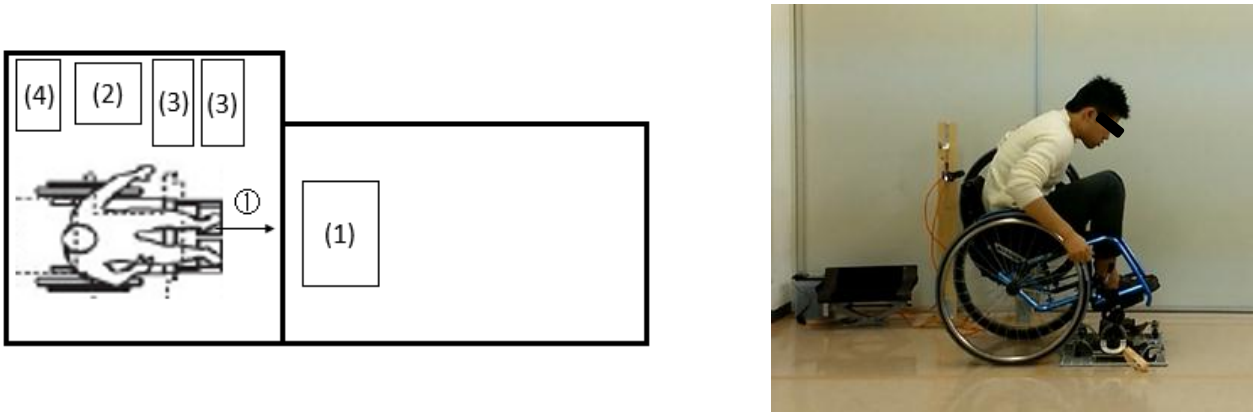


図 46．①の工程の様子

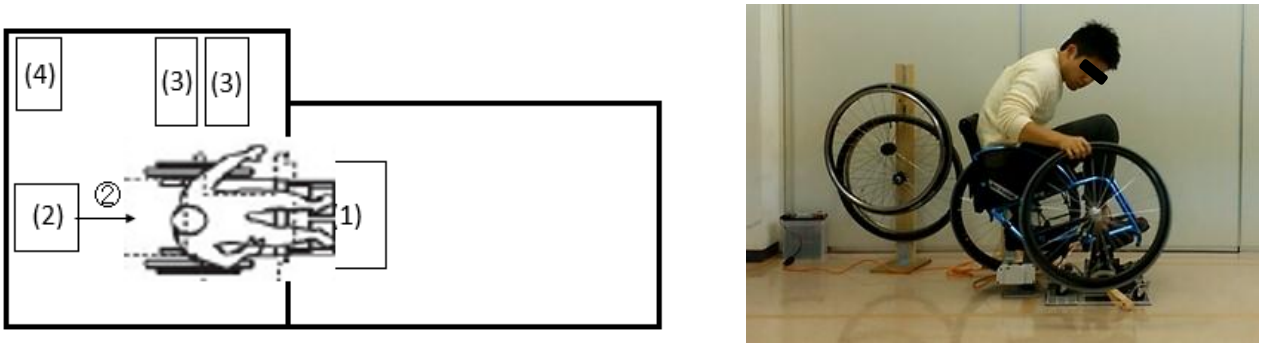


図 47．②の工程の様子

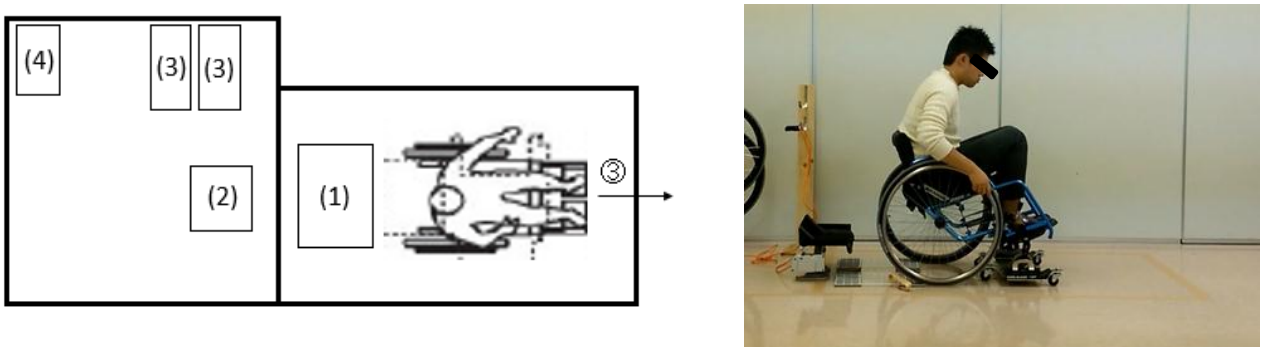


図 48. ③の工程の様子

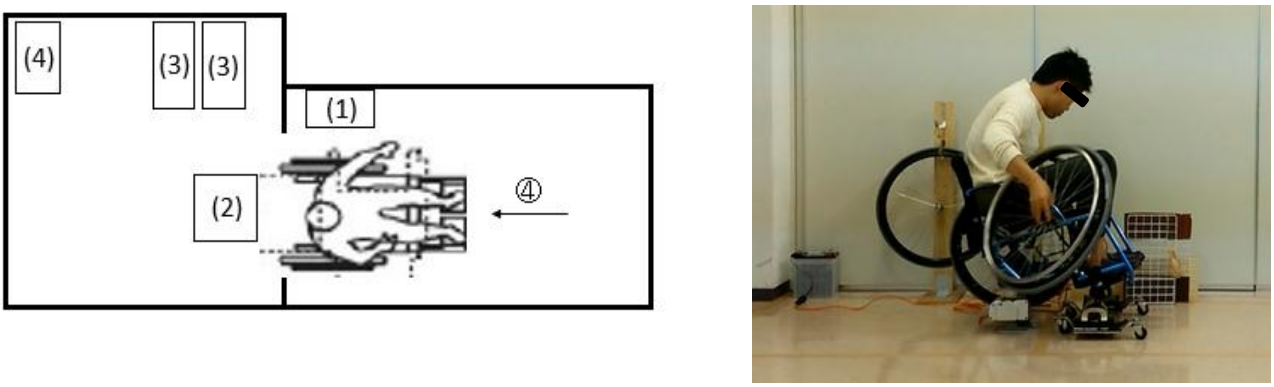


図 49. ④の工程の様子

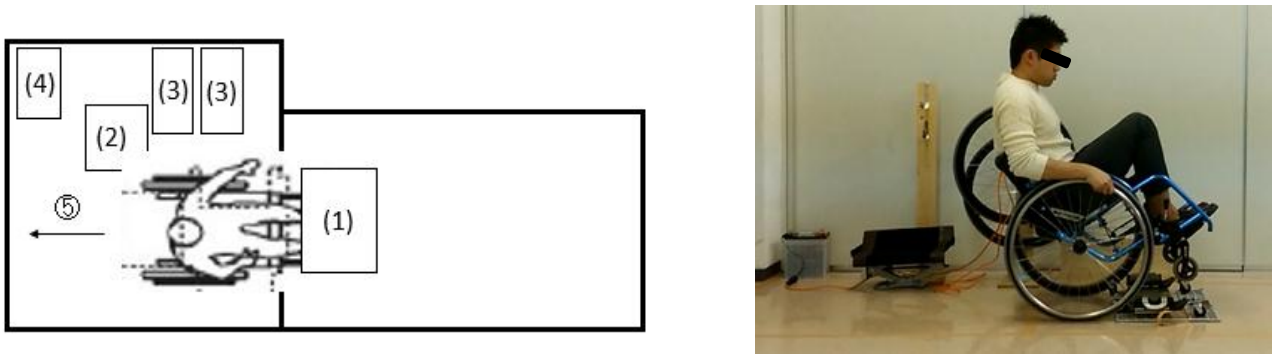


図 50. ⑤の工程の様子

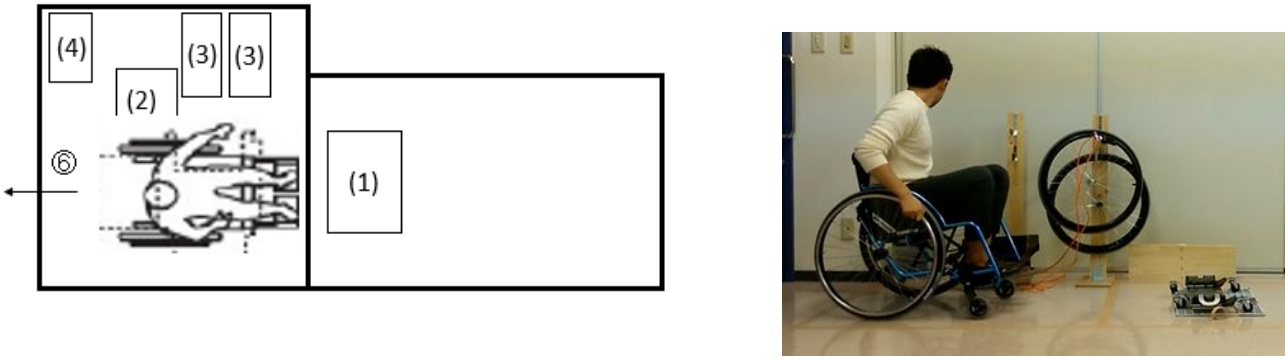


図 51. ⑥の工程の様子

－結果－

実験で得られた結果を表 6-11 に示す．また，そのまとめを次ページ表 12・13 に示す．

表 6. 被験者 A 帰宅時の作業時間

	所要時間
キャスター代替機構装着まで	1 分 59.6 秒
駆動輪交換まで	1 分 46.0 秒
廊下まで	11.1 秒

表 7. 被験者 A 外出時の作業時間

	所要時間
駆動輪交換まで	2 分 16.8 秒
キャスター代替機構脱着まで	9.5 秒
家を出るまで	35.5 秒

表 8. 被験者 B 帰宅時の作業時間

	所要時間
キャスター代替機構装着まで	28.6 秒
駆動輪交換まで	3 分 4.2 秒
廊下まで	4.4 秒

表 9. 被験者 B 外出時の作業時間

	所要時間
駆動輪交換まで	4 分 7.1 秒
キャスター代替機構脱着まで	9.3 秒
家を出るまで	13.5 秒

表 10. 被験者 C 帰宅時の作業時間

	所要時間
キャスター代替機構装着まで	32.2 秒
駆動輪交換まで	1 分 24 秒
廊下まで	6.0 秒

表 11. 被験者 C 外出時の作業時間

	所要時間
駆動輪交換まで	1 分 32.6 秒
キャスター代替機構脱着まで	40.6 秒
家を出るまで	14.5 秒

表 12. 帰宅時の作業時間（まとめ）

	被験 A	被験者 B	被験者 C	平均
キャスター代替機構装着まで	1 分 59.6 秒	28.6 秒	32.2 秒	1 分 0.1 秒
駆動輪交換まで	1 分 46.0 秒	3 分 4.2 秒	1 分 24 秒	2 分 4.7 秒
廊下まで	11.1 秒	4.4 秒	6.0 秒	7.1 秒
計	3 分 56.7 秒	3 分 37.2 秒	2 分 2.2 秒	3 分 12.2 秒

表 13. 外出時の作業時間（まとめ）

	被験者 A	被験者 B	被験者 C	平均
駆動輪交換まで	2 分 16.8 秒	4 分 7.1 秒	1 分 32.6 秒	2 分 38.8 秒
キャスター代替機構脱着まで	9.5 秒	9.3 秒	40.6 秒	19.8 秒
家を出るまで	35.5 秒	13.5 秒	14.5 秒	21.1 秒
計	3 分 1.8 秒	4 分 29.9 秒	2 分 27.7 秒	3 分 19.7 秒

5－3－2．本実験２：ホイールソックスとの装着時間の比較

－目的－

現在車椅子を室内で使用する場合に使用されることが多い，ホイールソックスと本研究で製作した機構との装着時間を比較し、本機構が有用であるのかを明確とする．

－準備物－

①普通型車椅子(マックスプレジャー)　②ホイールソックス　③ホイールソックス(前輪用)
④ストップウォッチ　⑤移乗するための椅子

－実験方法－

実験 1 同様の環境設定下（図 52）の中で室外から室内に入ったと仮定したパターン，室内から室外へと仮定したパターンでホイールソックスとホイールソックス(前輪用)を装着しその着脱に掛かる時間を測定する．実際の実験方法としては，以下の通りである．工程の様子を次ページ図 53-58 に示す．

①想定した玄関に入った時点で時間の測定を開始し，椅子に移乗しホイールソックス(前輪用)を履き，履き終えるまでの時間を測定する．
②次に①が終了し次第ホイールソックス(駆動輪用)を履いていく．時間は，①が終了した時間から履き終えるまでの時間を測定する．
③最後に両方のホイールソックスを履き終えた状態で廊下を走行し廊下を抜けるまでの時間を計測する．

次に室内から外出するまでの時間を測定する．
④部屋から廊下を渡りホイールソックス(駆動輪用)を取り外し，時間を測定する．
⑤次に④を終えた時点からホイールソックス(前輪用)を取り外し，時間を測定する．
⑥最後に⑤を終えて玄関を出るまでの時間を測定する．

上記の工程を被験者 3 名に行ってもらい，計測した時間の平均値を算出する．そして本実験 1 で明らかとなる本機構の脱着時間と比較し，ホイールソックスと比べた際の本機構の有用性を明らかとする．

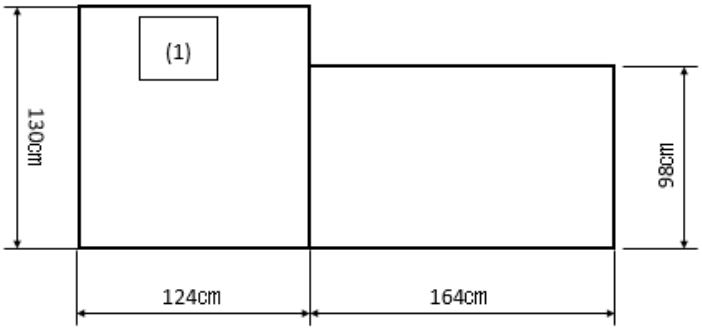


図 52．設定した模擬環境

※(1)は椅子を示す

図 53. ①の工程の様子

図 54. ②の工程の様子

図 55. ③の工程の様子

図 56. ④の工程の様子

図 57. ⑤の工程の様子

図 58. ⑥の工程の様子

－結果－

実験で得られた結果を表 14-19 に示し，そのまとめを次ページ表 20・21 および図 59・60 に示す.

表 14. 被験者 A 帰宅時の作業時間

	所要時間
前輪用ホイールソックス装着まで	1 分 10.1 秒
駆動輪用ホイールソックス装着まで	1 分 47.1 秒
廊下を抜けるまで	32.6 秒

表 15. 被験者 A 外出時の作業時間

	所要時間
駆動輪用ホイールソックス脱着まで	59.7 秒
前輪用ホイールソックス脱着まで	43.7 秒
家を出るまで	53.4 秒

表 16. 被験者 B 帰宅時の作業時間

	所要時間
前輪用ホイールソックス装着まで	1 分 4.3 秒
駆動輪用ホイールソックス装着まで	1 分 58.7 秒
廊下を抜けるまで	26.5 秒

表 17. 被験者 B 外出時の作業時間

	所要時間
駆動輪用ホイールソックス脱着まで	54.1 秒
前輪用ホイールソックス脱着まで	20.9 秒
家を出るまで	31.8 秒

表 18. 被験者 C 帰宅時の作業時間

	所要時間
前輪用ホイールソックス装着まで	1 分 12 秒
駆動輪用ホイールソックス装着まで	2 分 13 秒
廊下を抜けるまで	36.4 秒

表 19. 被験者 C 外出時の作業時間

	所要時間
駆動輪用ホイールソックス脱着まで	51.2 秒
前輪用ホイールソックス脱着まで	26.1 秒
家を出るまで	28.5 秒

表 20. 帰宅時の作業時間の平均値

	被験者 A	被験者 B	被験者 C	平均
①前輪用ホイールソックス装着まで	1 分 10.1 秒	1 分 4.3 秒	1 分 12 秒	1 分 12.1 秒
②駆動輪用ホイールソックス装着まで	1 分 47.1 秒	1 分 58.7 秒	2 分 13 秒	1 分 59.6 秒
③廊下を抜けるまで	32.6 秒	26.5 秒	36.4 秒	31.8 秒
計	3 分 29.8 秒	3 分 29.5 秒	4 分 1.4 秒	3 分 43.5 秒

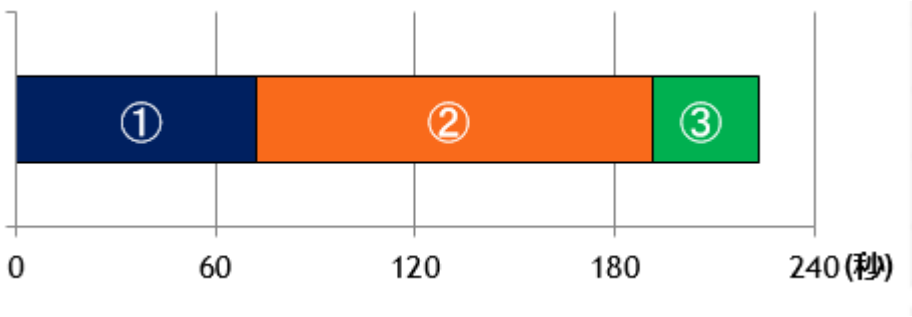


図 59. 帰宅時の作業時間の平均値

表 21. 外出時の作業時間の平均値

	被験者 A	被験者 B	被験者 C	平均
①駆動輪用ホイールソックス脱着まで	59.7 秒	54.1 秒	51.2 秒	55.0 秒
②前輪用ホイールソックス脱着まで	43.7 秒	20.9 秒	26.1 秒	30.3 秒
③家を出るまで	53.4 秒	31.8 秒	28.5 秒	37.9 秒
計	2 分 36.8 秒	1 分 46.8 秒	1 分 45.8 秒	2 分 3.2 秒

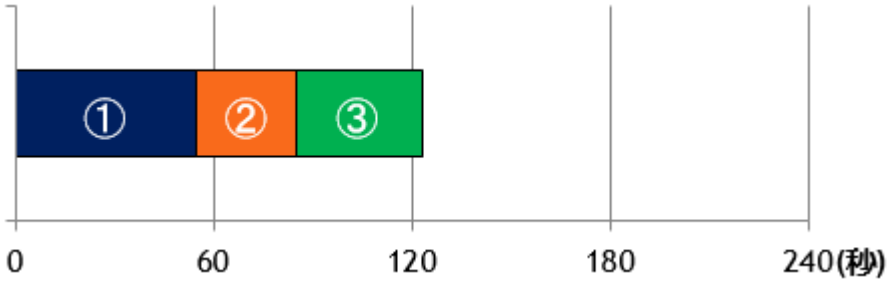


図 60. 外出時の作業時間の平均値

5－3－3．本実験 3：雑巾を使用しての駆動輪・キャスターの平均清掃時間の計測

－目的－

被験者が駆動輪とキャスターを清掃し室内に入る際の時間の平均値を計測し，本実験 4 で使用するデータ比較の指標とするため

－使用物－

①マックスプレジャー　②雑巾　③椅子　④ストップウォッチ

－実験方法－

車椅子から椅子へ移乗を行い，雑巾を使用し本人が室内に入っても良いと感じるまで駆動輪とキャスターを清掃し，その時間を測定し平均値を算出する．また本研究が提案する機構やホイールソックスなどとの入外出の速さの比較のために全体の工程の速さも計測する．

－結果－

得られた結果を表 22-24 および次ページ図 61 に示す．

表 22．駆動輪とキャスターを清掃時間

	被験者 A	被験者 B	被験者 C	平均
駆動輪 1	32 秒	7.9 秒	11.9 秒	18.3 秒
駆動輪 2	39.2 秒	7.6 秒	11.4 秒	
キャスター1	13.3 秒	2.6 秒	5.9 秒	8.6 秒
キャスター2	7.9 秒	4.2 秒	14.3 秒	
合計	92.4 秒	22.3 秒	43.5 秒	52.7 秒

表 23．その他作業時間

	被験者 A	被験者 B	被験者 C	平均
椅子へ移乗	10.1 秒	16.7 秒	9.3 秒	12.0 秒
駆動輪・キャスターを拭くまで	11.0 秒	9.1 秒	7.3 秒	9.1 秒
移乗する前段階まで(車椅子をひっくり返す)	18.7 秒	14.5 秒	12.3 秒	15.1 秒
移乗	7.3 秒	8.7 秒	11.3 秒	9.1 秒
合計	47.1 秒	49.0 秒	40.2 秒	45.4 秒

表 24．雑巾を使用しての駆動輪・キャスターの平均清掃時間

①駆動輪の清掃時間	18.3 秒
②キャスターの清掃時間	8.6 秒
③椅子で動き始めるまでの時間	45.4 秒
合計	72.3 秒

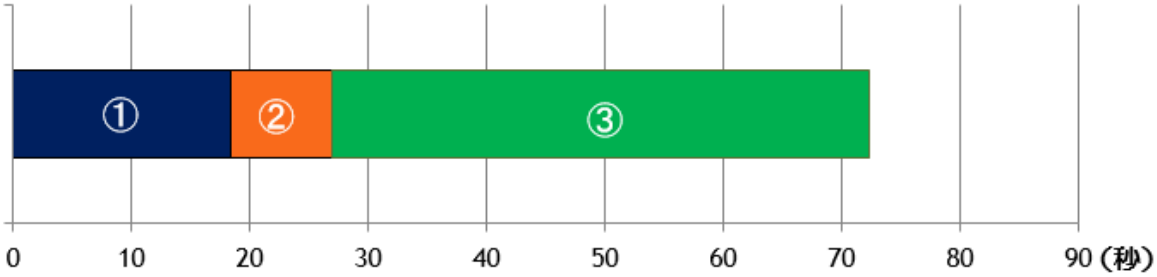


図 61．雑巾を使用しての駆動輪・キャスターの平均清掃時間のグラフ

5－3－4．本実験 4：キャスターならびに駆動輪汚れの計測

－目的－

駆動輪を清掃した場合と換装した場合とでの床に付着する汚れなどの比較を行い，本研究で提案する機構の有用性を検証する．

－使用物－

①マス目模造紙　②雑巾×2　③テープ　④ルミテスター
⑤ルシパックペン×40　⑥ハサミ　⑦車椅子(マックスプレジャー)
⑧歯ブラシ　⑨洗剤

－環境設定と実験方法－

駆動輪を清掃した場合と換装した場合とでの床に付着する汚れなどの比較を行うため本実験ではルミテスター(図 62)にて ATP＋AMP ふき取り検査を行い主に床に付着する汚れの数値を検出し比較をする．この ATP＋AMP ふき取り検査では、微生物と汚れを同時に測定することができる．
詳しい実験方法としてまず，マス目模造紙(750mm×1050mm)を 75mm 幅の短冊状にしたものを準備し，埃や汚れが付着しないようナイロン袋内にて保管する．そして短冊状の模造紙を大きい模造紙に張り付け，新品を想定して洗浄した駆動輪とキャスター，ホイールソックス，実験 3 で得た平均清掃時間と同様の時間を用いて雑巾を使用し清掃した駆動輪・キャスター，本研究で推奨する代替機構と室内用として十分清掃した駆動輪にて模造紙上を走行し，模造紙に付着する汚れと走行する前の本体の汚れをルミテスターにて計測し比較する．また汚れの指標として，その他汚れていると考えられる物も計測する．
走行する距離は，汚れを十分に付着させるため，模造紙(1050mm) を 2 往復する．走行時は，駆動輪を計測する場合は，キャスターを上げ，キャスターを計測する場合は，駆動輪を上げた状態で計測を行う．ATP＋AMP ふき取り検査位置は模造紙中央(75mm×250mm)内とする．
詳しい実験手順と実験の様子を次ページ図 63 に示す．

図 62．ルミテスター

図 63. 実験の様子

―実験手順―

①使用する車椅子駆動輪を洗剤により洗浄を行う.

②駆動輪とキャスターに対し，各々ルミテスターにてふき取り試験を行う(長さ 250mm 幅は駆動輪・キャスターともに中央面・内側面・外側面の三方向をルシパックペンにて撫でる).

③未使用の模造紙のみをふき取り検査し，基準とする.

④この状態にて方眼紙上を走行しふき取り検査を行う.

⑤本校から外出し通勤・通学・買い物などを想定して 1 時間程度使用し移動する.
移動ルートは，本校から三田駅へ向かい国道 176 号線を通りロイヤルホームセンターでの買い物を想定した動作を行ったのち，本校へ戻る.

⑥駆動輪とキャスターのふき取り検査.
(室外で使用した車椅子の駆動輪とキャスターの外出前と外出後の汚れの比較)

⑦工程⑤の状態で模造紙を走行し駆動輪とキャスターを個別にふき取り検査.

⑧ホイールソックス(未使用)のふき取り検査.

⑨駆動輪とキャスターにホイールソックスを装着し，模造紙上を走行後，ふき取り検査.

⑩キャスター代替機構のキャスターに対してふき取り検査を行う.

⑪キャスター代替機構を装着し，車椅子のキャスター直下部分のふき取り検査を行う.

⑫清掃(健常者 5 名の清掃時間平均した時間)した状態でキャスター，駆動輪のふき取り検査を行う.

⑬模造紙上を走行しふき取り検査を行う.

－結果－

実験結果は以下の表 25-27 のようになった．そのまとめを次ページ表 28 および図 64・65 に示す．

表 25．右の駆動輪キャスターの汚れ及び床（模造紙）に付着する汚れ

計測箇所	ATP+AMP
洗浄，駆動輪	986
洗浄，キャスター	1045
洗浄駆動輪で走行後の模造紙	407
洗浄キャスターで走行後の模造紙	638
外出後，駆動輪	21559
外出後，キャスター	50542
外出後駆動輪で走行後の模造紙	6008
外出後キャスターで走行後の模造紙	2642
ホイールソックス装着で走行後の模造紙(駆動輪)	939
ホイールソックス装着で走行後の模造紙(キャスター)	670
キャスター代替機構を使用して，車いすのキャスター直下部分	802
雑巾で規定時間清掃した駆動輪	725
雑巾で規定時間清掃したキャスター	5089
雑巾清掃した駆動輪で走行した模造紙	404
雑巾清掃したキャスターで走行した模造紙	1530

表 26．左の駆動輪キャスターの汚れ及び床（模造紙）に付着する汚れ

計測箇所	ATP+AMP
洗浄後の駆動輪	683
洗後のキャスター	1686
洗浄駆動輪で走行後の模造紙	475
洗浄キャスターで走行後の模造紙	1484
外出後の駆動輪	21502
外出後のキャスター	28535
模造紙，外出後駆動輪で走行後の模造紙	8293
模造紙，外出後キャスターで走行後の模造紙	2253
ホイールソックス装着で走行後の模造紙(駆動輪)	329
ホイールソックス装着で走行後の模造紙(キャスター)	221
キャスター代替機構を使用して，車いすのキャスター直下部分	100
雑巾で規定時間清掃した駆動輪	965
雑巾で規定時間清掃したキャスター	2652
雑巾清掃した駆動輪で走行した模造紙	500
雑巾清掃したキャスターで走行した模造紙	418

表 27. その他参考計測箇所

計測箇所	ATP+AMP
未使用の模造紙	239
ホイールソックス本体	339
キャスター代替機構(清掃済み)のキャスター	493
靴下で模造紙の上を 4 回踏んだ場合	1714
埃	17465
コンクリート	15340

表 28. 駆動輪・キャスター及びキャスター代替機構などの本体と模造紙に付着する汚れの左右平均値

計測対象	本体	模造紙
新品を想定した駆動輪キャスター	1100	751
ホイールソックス	339	539.7
代替機構と室内用として十分清掃した駆動輪	720	446
雑巾で清掃した駆動輪・キャスター	2357.7	713

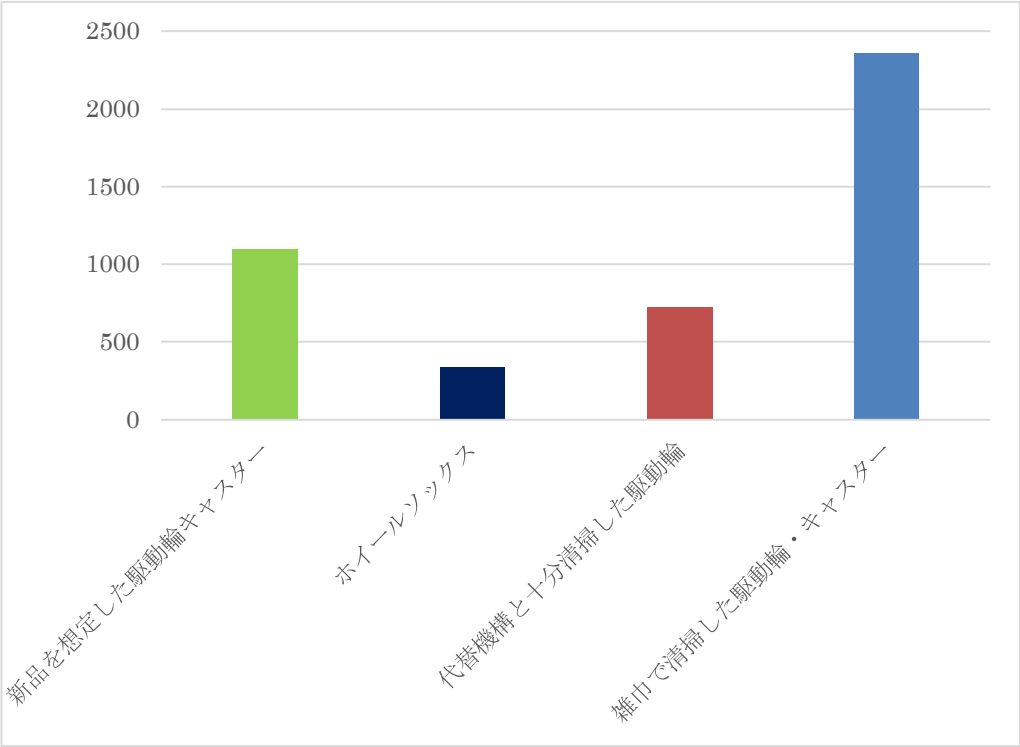


図 64. 駆動輪・キャスター及びキャスター代替機構などの本体の汚れの左右平均値

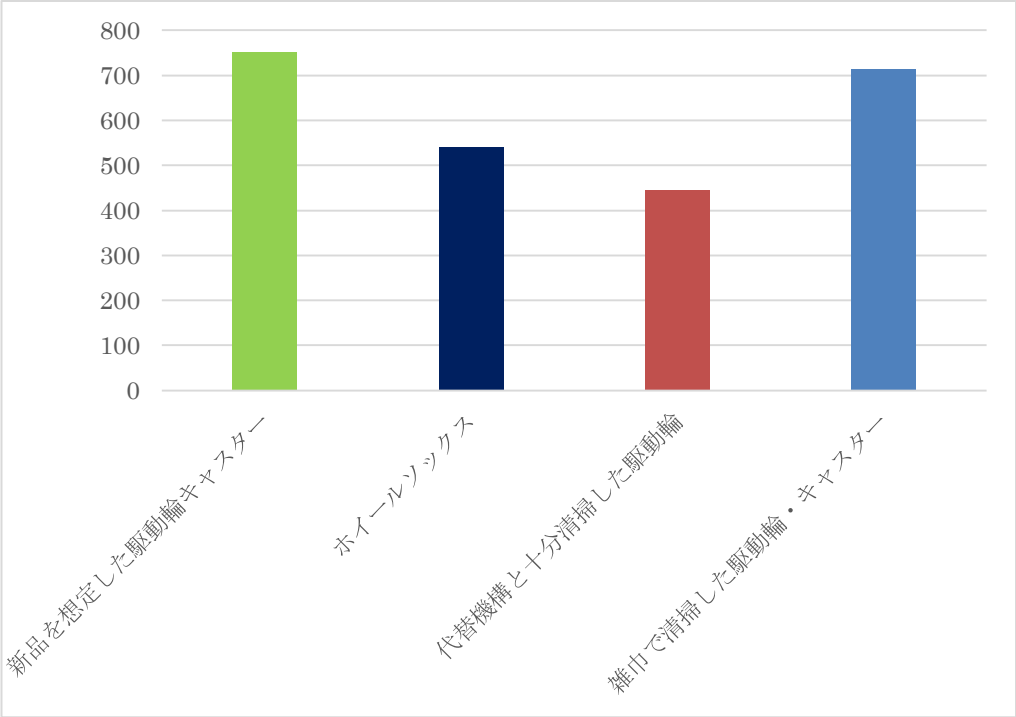


図 65. 駆動輪・キャスター及びキャスター代替機構などの模造紙に付着する汚れの左右平均値

－車椅子利用者アンケート－

－目的－

実際の車椅子利用者の室内における利用状況と意識を確認する．
また本実験 1 の模擬環境下での作業時間の計測の結果と比較し，本研究で提案する機構が実際の車椅子利用者求める機能を有しているかの検証を行うための指標とする．

－方法－

車椅子を使用する二分脊椎の方に協力を得てアンケートを実施した．実際のアンケート用紙を次ページ P43 に示す．

以下のアンケートにお答えください

・年齢　　歳　　・性別　　男　／　女　　・車椅子の使用経験年数　　年

1．現在，外出時に使用している車椅子は，室内でも使用していますか．　Yes　/　No

＊Yes と答えた方は以下の①～④にお答えください＊

＊No と答えた方は以下の⑤,⑥にお答えください＊

①駆動輪やキャスターの汚れへの対処については，どなた(ご自身，介助者等)がどのように行っていますか．

②駆動輪やキャスターの汚れの対処へ掛ける時間はどれくらいですか．以下からお選びください．

□１分以内　　□１分～３分程度　　□３分～５分程度

□５分～７分程度　　□７分～１０分程度　　□１０分以上

③汚れの対処に掛かる時間はどれくらいが望ましいと考えますか．以下からお選びください．

□１分以内　　□１分～３分程度　　□３分～５分程度

□５分～７分程度　　□７分～１０分程度　　□１０分以上

④室内で使用しない理由は何ですか．

⑤室内でも使用可能な環境ならば，外出用の車椅子を室内で使用してみたいと考えますか．Yes　/　No

＊⑤で Yes と答えた方は清掃を含め，室内に入るための時間としてはどれくらいを望みますか．

□１分以内　　□１分～３分程度　　□３分～５分程度

□５分～７分程度　　□７分～１０分程度　　□１０分以上

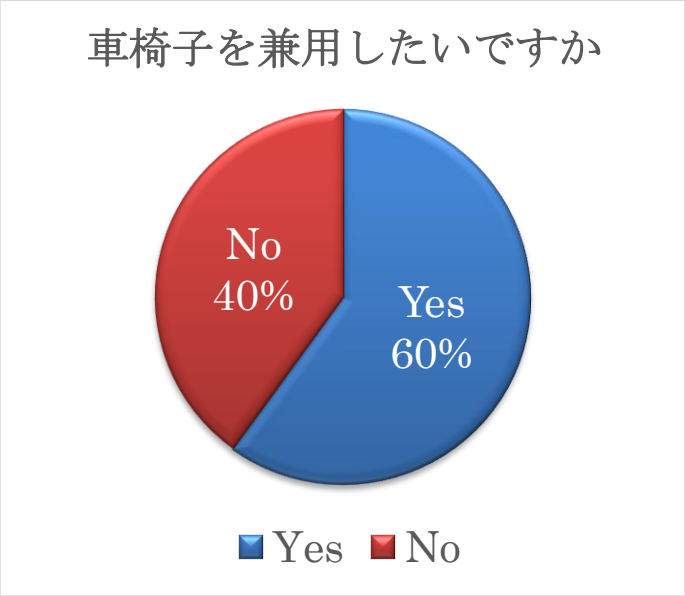
ご協力ありがとうございました

－結果－

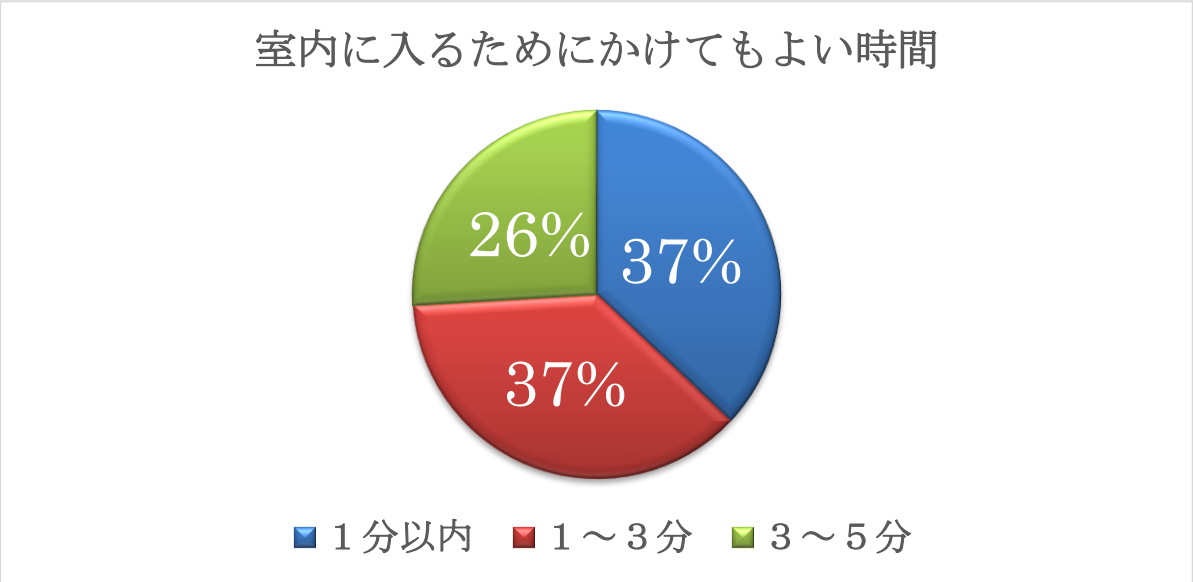
実際の利用者の意見　（有効回答人数，５名）

- 車椅子を兼用していますか？・・・NO　５人中５人
- 兼用したいですか？　　・・・YES　５人中３人

実際の利用者の意見（有効回答５名）



- 室内に入るためにかけても良い時間は？



兼用しない理由は？

- 外出用，室内用と２台持っているから・・・・・・・・・・１名
- 家に段差があり，車椅子で上がれない構造だから・・・・３名
- 室内用・室外用と２台持っているわけではないから・・・１名

－被験者アンケート－

－目的－

本研究で提案する機構使用時の使用感の調査と使用者から見た利点・欠点の把握を行う.

－方法－

本研究の実験が終了後，協力を得た被験者に対してアンケートを行った．実際のアンケート用紙を下記に示す.

車椅子昇降機およびキャスター代替機構のフィードバックアンケート

1. 今回体験した操作の安全性についてはどう感じましたか？　(悪い) １・２・３・４・５ (良い)

【理由もあれば記入してください】

2. 今回体験した操作の難易度についてはどう感じましたか？　(難しい) １・２・３・４・５ (簡単)

【理由もあれば記入してください】

3. 自身が車椅子使用者であった場合，今回体験したような製品を実際に使用したいと感じますか？

(利用したくない) １・２・３・４・５ (利用したい)

【理由もあれば記入してください】

4. その他のご意見・ご感想があれば記入してください.

1. キャスター代替機構について，1 つ選び〇を付けてください

1. 必要だと思う
2. どちらかといえば必要だと思う
3. どちらかといえば必要ではないと思う
4. 必要ではない

使用感の感想があればご記入ください

【良かったところ】

【悪かったところ】

2. 車椅子昇降機について，1 つ選び〇を付けてください

1. 必要だと思う
2. どちらかといえば必要だと思う
3. どちらかといえば必要ではないと思う
4. 必要ではない

使用感の感想があればご記入ください

【良かったところ】

【悪かったところ】

3.その他，ご意見ご要望がございましたらご記入ください

ご協力ありがとうございました

被験者　A

1. 今回体験した操作の安全性についてはどう感じましたか？　(悪い) 1・2・3・4・5 (良い)

【理由もあれば記入してください】
ジャッキや移乗に特に不安定を感じた.
上昇した際にふらつきが多かった.

2. 今回体験した操作の難易度についてはどう感じましたか？　(難しい) 1・2・3・4・5 (簡単)

【理由もあれば記入してください】
ジャッキの差し込み位置が特に分かりづらかった.
微調整が重要だがその微調整が難しい.

3. 自身が車椅子使用者であった場合，今回体験したような製品を実際に使用したいと感じますか？
(利用したくない) 1・2・3・4・5 (利用したい)

【理由もあれば記入してください】
不安定になることが多く，逆に危険なところもあった.
キャスター代替機構を装着するのも，本人の目安をまず見つけなければならず，使用時に安定しない.

4. その他のご意見・ご感想があれば記入してください.

1. キャスター代替機構について，1 つ選び〇を付けてください

1. 必要だと思う
2. どちらかといえば必要だと思う
3. どちらかといえば必要ではないと思う
4. 必要ではない

使用感の感想があればご記入ください

【良かったところ】

キャスターを装着してしまえば，安定しつつスムーズに進める

【悪かったところ】

装着するまでの時間がかかることと，外した後のキャスターアップが危ない．

2. 車椅子昇降機について，1 つ選び〇を付けてください

1. 必要だと思う
2. どちらかといえば必要だと思う
3. どちらかといえば必要ではないと思う
4. 必要ではない

使用感の感想があればご記入ください

【良かったところ】

空間は必要だが，とても楽に交換できる．

【悪かったところ】

片手では重く，大変だと感じた．

3.その他，ご意見ご要望がございましたらご記入ください

ご協力ありがとうございました

被験者　B

1. 今回体験した操作の安全性についてはどう感じましたか？　(悪い) １・２・３・４・５ (良い)

【理由もあれば記入してください】

キャスターアップが慣れないうちは，装着に冷やりとすることがあった.

2. 今回体験した操作の難易度についてはどう感じましたか？　(難しい) １・２・３・４・５ (簡単)

【理由もあれば記入してください】

キャスター代替機構の装着に慣れが必要と感じた.

3. 自身が車椅子使用者であった場合, 今回体験したような製品を実際に使用したいと感じますか？
(利用したくない) １・２・３・４・５ (利用したい)

【理由もあれば記入してください】

タイヤを変えることで床の清潔が保てるため.

4. その他のご意見・ご感想があれば記入してください.

1. キャスター代替機構について，1 つ選び〇を付けてください

1. 必要だと思う
2. どちらかといえば必要だと思う
3. どちらかといえば必要ではないと思う
4. 必要ではない

使用感の感想があればご記入ください

【良かったところ】

走りやすかった

【悪かったところ】

装着に慣れが必要

2. 車椅子昇降機について，1 つ選び〇を付けてください

1. 必要だと思う
2. どちらかといえば必要だと思う
3. どちらかといえば必要ではないと思う
4. 必要ではない

使用感の感想があればご記入ください

【良かったところ】

使い方がシンプルで分かりやすい

【悪かったところ】

下が見えず合わせるのが難しかった

3.その他，ご意見ご要望がございましたらご記入ください

ご協力ありがとうございました

被験者　C

1. 今回体験した操作の安全性についてはどう感じましたか？　（悪い）１・２・３・４・５（良い）

【理由もあれば記入してください】

転倒のリスクがあった

2. 今回体験した操作の難易度についてはどう感じましたか？　（難しい）１・２・３・４・５（簡単）

【理由もあれば記入してください】

うまくキャスターがはまらない時があった

3. 自身が車椅子使用者であった場合，今回体験したような製品を実際に使用したいと感じますか？
（利用したくない）１・２・３・４・５（利用したい）

【理由もあれば記入してください】

普通に拭く方が手間も時間もかからないように感じた

4. その他のご意見・ご感想があれば記入してください．

1. キャスター代替機構について，1 つ選び〇を付けてください

1. 必要だと思う
2. どちらかといえば必要だと思う
3. どちらかといえば必要ではないと思う
4. 必要ではない

使用感の感想があればご記入ください

【良かったところ】

自分自身は気にならないが，繊細な人は絶対汚れないこっちの方が良いと思う

【悪かったところ】

後方へ転びそうになる

2. 車椅子昇降機について，1 つ選び〇を付けてください

1. 必要だと思う
2. どちらかといえば必要だと思う
3. どちらかといえば必要ではないと思う
4. 必要ではない

使用感の感想があればご記入ください

【良かったところ】

特になし

【悪かったところ】

転倒リスク，時間がかかる，音が大きい

3.その他，ご意見ご要望がございましたらご記入ください

着脱方法とリスク面に問題があると感じました

ご協力ありがとうございました

６．考察

「キャスター代替機構の変更」の実験結果から製作したキャスター代替機構の性能は自宅で使用するには十分であることが明らかとなり，床に汚れが付かない方法の一つとして本研究で使用することとした．車椅子昇降機においては，早期から昇降が可能であることが証明され，昇降機の上縁の工夫により，耐久性と昇降時のズレの軽減を行った．その結果として「キャスター代替機構（5 号機）ならびに車椅子昇降機の安全性・耐久性の検証」の実験から，施行回数は少ないものの，ある程度の耐久性があることが明らかとなった．

「キャスター代替機構の装着可否」および「設定した模擬環境下での作業時間の計測」の実験から，本研究が提案する機構が自宅でも使用可能であること，被験者（健常者）が僅かな練習時間でキャスター代替機構の装着成功率が 60%，取り外し成功率が 90%であり利用者自身のみでの使用が可能であることも結果として記録された．

「設定した模擬環境下での作業時間の計測」,「ホイールソックスとの装着時間の比較」,「雑巾を使用した駆動輪・キャスターの平均時間の計測」の実験結果を比較してみると，帰宅時は代替機構と車椅子昇降機使用時の方がホイールソックスと比べ 31.7 秒早く，外出時はホイールソックスの方が 76.5 秒早かった．しかし，清掃や換装だけで考えた場合は雑巾を使用し清掃したものが，72.3 秒，ホイールソックス使用時は 159.9 秒, 車椅子昇降機と代替機構使用時は 185.1 秒となり, 雑巾で清掃した場合は, 車椅子昇降機と代替機構使用時と比べ 112.8 秒早く，ホイールソックスと比べた場合は 87.6 秒早かった．

「キャスターならびに駆動輪汚れの計測」の実験では，本体の清潔さではホイールソックス，床に付着する汚れでは代替機構及び室内用として清掃した駆動輪の方が数値は低く，雑巾で清掃した場合はその両者よりも数値が高いことが明らかとなった．これらの結果から雑巾を使用した場合は，玄関から廊下へ入る時間は最も早いが，清潔性は低いことがわかり，ホイールソックスと代替機構及び車椅子昇降機を併用した場合の違いについては，両者ともに優れた特性があることが明らかとなった．

以上の実験結果から研究の目的である外出先から自宅内に簡単かつ清潔に車椅子で入室が可能であることや自身での汚れへの対処が可能であることから介助量軽減の可能性が示唆された．そのことによって室内での車椅子利用の増加・同居者の車椅子の受け入れの向上や利用者の気負いの軽減などの効果が見込めると予測する．

そして利用者アンケートによって望ましい帰宅時の汚れに対する作業時間を調査したところ，作業時間は 3 分までが望ましいという方が 63%であることが分かった．ここで，本研究で提案する方法での平均作業時間は 3 分 12.2 秒であったため，望ましい時間には届かないものの近似値であるので，利用者の求めるものに近い性能を備えていると考える．

しかし，被験者アンケートから，車椅子昇降機では昇降時のふらつきと重量，キャスター代替機構では装着の危険性についての問題点が指摘されたため，改良点の提案をいくつか挙げることとした．

7. 改善点の提案

車椅子昇降機においては昇降機構を油圧式などに変更する．このことで昇降機構を小型化することが可能となり，全体の軽量化，消音性の向上，昇降動作の滑らかさの向上，ふらつきの軽減が見込める．さらに，昇降機の底面を広くし，支持基底面を増やすことで昇降機自体の安定性向上を図る．キャスター代替機構においては，装着方法をガイド付き小スロープに変更，また本体自体にストッパーの機能を組み込むことで，脱着の簡易性が向上し，より安全性が増すと考える．またそれによって取り付け治具が不要になり，より使用し易くなる．そして実用化を目指すのであれば，支持部に関しても横幅に対応する幅調節機能や，支持部自体を簡易的に交換可能な機構にするなどの方法が挙げられ，各コード類は極力無線化する．

これらのことで安全性，重量，汎用性，操作性の向上が見込め，利用者の住宅環境が整えば，本研究で提案する機構が自宅で車椅子を清潔に使用する方法としてより実現性が増すと考える．

8. まとめ

本研究で行った実験より，本機構を使用することで，車椅子一台で衛生的に自宅への入室や外出することが可能であることが明らかとなった．現在車椅子利用者が行っている他の汚れ対策と比較しても作業時間，清潔性においては大きな差は見られなかったため，室内外で車椅子を併用する場合の方法の一つとなり得ることが示唆された．しかし，どのような方法を選択するにしても，大前提にあるのは利用者の住宅環境や身体状況，そして性格であることは忘れてはならない．

9. 引用・参考文献

1) 沖川悦三，安藤徳彦：車いすのニーズと今後求められる車いすの方向.日本義肢装具学会誌.1993,Vol.9,No.2, p121-127.

2) Fausto Orsi Medola1, Valeria Meirelles Carril Elui, Carla da Silva Santana, Carlos Alberto Fortulan. Aspects of Manual Wheelchair Configuration Affecting Mobility: A Review. Journal of Physical Therapy Science
Vol. 26 (2014) No. 2 February p. 313-318,

3) 田村春雄：日本式生活様式におけるADLをめぐって. 第4回日本リハビリテーション医学会総会. 1968, ５巻, １号, p25-35.

4) Kiyotaka Hao, Satoshi Yasuda: Urbanization, Life Style Changes and the Incidence/In-Hospital Mortality of Acute Myocardial Infarction in Japan.2012,Vol. 76, No. 5, p1137-1141.

5) 但野 茂：電動車椅子の雪路性能評価と走行シュミレーション.日本機械学会論文集.1997,No96-1080, p73-80.

6) Byung Chang Son1, Sung Heon Shin：A Basic Study on Wheelchair Design Based on the Type of Handicap. 人間工学. 2008, Vol. 44, No. Supplement P 430-434.

7) Erman AKYOL, Algirdas PASKEVICIUS：A STUDY ON UNDERSTANDING OF WHEELCHAIR TRANSFERRING ACTION Comparison of Transferring Action Between Manual and Electric Wheelchair Users.デザイン学研.2014,Vol. 61 , No. 1 p. 11-16.

8) 松尾清美，小林博光：大車輪着脱のための補助輪の開発. 第12回リハ工学カンファレンス講演論文集. 12巻, 27-32頁.

9) 森 善一，勝村 薫 他：自走用車椅子使用者のための段差移動補助機の開発. 日本機械学会論文集. 2014, Vol. 80, No. 820, p1-13.

10) 橋野 賢：クロール型移動機構を用いた階段昇降可能な電動車椅子の開発.計測自動制御学会論文集.2002,Vol. 38, No. 12, p1030-1031.

11) 有限会社北野製作所・セブンヒルズ株式会社. 車輪用汚れ除去装置. 特願2006-186495. 2006-7-6.

12) 広和株式会社. 中村 良夫. タイヤ洗浄ブラシ及びタイヤ洗浄装置、ならびに車椅子のタイヤ洗浄装置. PCT/JP2012/006080. 2012-9-15.

13) “電動ジャッキ2ｔ.” 価格. com. http://store.shopping.yahoo.co.jp/ai-mshop/sct-ej20.html?sc_e=afvc_shp_2327384. 参照(2015-2-15).

14) “縞鋼板.” 鉄板市場. http://teppan-ichiba.com/steel/checker.html. 参照(2015-2-23)

15) “鉄板SPHC-P.” 鉄板市場. http://teppan-ichiba.com/steel/sphc-p.html. 参照(2015-2-23)

16) “アクティブユーザー.” PAMUK. http://www.pamuk.co.jp/sell/type_active_user/. 参照(2015-2-15).

17) “MINOURA.” 楽天. http://item.rakuten.co.jp/bicyclelab/cyrs0019/.参照(2015-2-15).

18) “自転車のある書斎.” 住宅デザイン. http://juutakudesign.com/2012/02/post_291.html.参照(2015-2-15).

19) “ホイールブレード.” Otto bock. http://www.ms.ottobock.jp/awc/wheelblades.html. 参照(2015-2-15).

20) 川角 博:ヤモリはフッ素樹脂加工のフライパン上で滑るか. 東京芸術大学ポジトリヒ. 2010. 東京学芸大学附属学校 研究紀要, 第 37 集, p137-145.

21) Kirby RL, McLean AD, Eastwood BJ. Influence of caster diameter on the static and dynamic forward stability of occupied wheelchairs. Arch Phys Med Rehabil. 1992 Jan;73(1):73-7

22) “Flashroller.” フラッシュローラー 公式サイト. http://www.rangsjapan.co.jp/flashroller/. 参照(2015-2-15).

23) 藤 家馨, 井手 将文 他：車いすを使用する脊髄損傷者にとって使いやすい通路の寸法. 人間工学. 1996, Vol. 32, No. 3, p131-137.

24) “ATP+AMP 検査.” キッコーマンバイオケミフェア株式会社. http://biochemifa.kikkoman.co.jp/. (参照2015-2-16).

10. 研究費用　（円）

No	名称	金額	消費税	数	送料	小計	備考
1	電動ジャッキ SCT-EJ20	7,100	込み	1	450	7,550	Yahoo ショッピングで購入
2	セルスター DRC-300 バッテリー充電器12V 専用	3,300	込み	1	0	3,300	バッテリー充電用/アマゾンで購入
3	Panasonic 40B19L/SB	2,760	込み	1	0	2,760	電動ジャッキ用電源/楽天で購入
4	キャスター420G	534	42	6	0	576	キャスター代替機構の 独立と操作性検証用
5	小ねじ皿 M4×20	312	25	3	0	337	キャスター代替機構の 独立と操作性検証用
6	ユニクロ一文字継手4個入り	196	15	1	0	211	キャスター代替機構の 独立と操作性検証用
7	鉄板 SPHC-P 400×400×2.3	4,565	込み	1	0	4,565	ジャッキの上縁・下縁溶接用 鉄板市場で購入
8	ホイールブレード貸出品	0	0	1	980	980	Ottobock.社からレンタル
9	ホイールブレード	25,500	2,040	1	0	27,540	Ottobock.社.から購入
10	ゴムキャスター 420A-R50	1,788	143	4	0	1,931	キャスター代替機構用
11	ステン長極低頭小ねじ　6	600	48	3	0	648	キャスター代替機構用
12	車いす用タイヤカバー（後輪）	2,850	込み	1	0	2,850	駆動輪汚れ比較用/アマゾンで購入
13	車いす用タイヤカバー（前輪）	1,512	込み	1	0	1,512	駆動輪汚れ比較用/アマゾンで購入
14	結束バンド	129	10	1	0	139	キャスター代替機構取り付け治具
15	SPF（板材），1820m	249	30	1	0	279	交換用駆動輪用スタンド
16	巾広金折(L 字金もの)	438	35	2	0	473	交換用駆動輪用スタンド
17	鉄板(プレート)溶接代	2,000	160	1	0	2,160	電動ジャッキと鉄板の結合のための溶接
18	歯ブラシ	85	7	1	0	92	駆動輪・キャスターの洗浄用
19	ジョイ	159	12	1	0	171	駆動輪・キャスターの洗浄用
20	黒セルスポンジ5×500×500	761	61	1	0	822	ジャッキ上部鉄板の滑り止め用
21	ルシパック pen　40本入り	12,799	込み	40	0	12,799	汚れ検出用
22	ルミテスターPD-20	0	0	1	980	980	DEMO 機貸出　3ヶ月間
23	クリーンチェックライト，	0	0	1	764	764	NCC 株式会社，「クオンタム」，DEMO 機
24	タオルぞうきん	379	30	1	0	409	駆動輪・キャスターの清掃用
25	方眼紙	0	0	4	0	0	キャスターの汚れによる 床の汚れの比較用，学校用備品
26	アルミ板	0	0	1	0	0	キャスター代替機構用 学校用備品
27	EVA	0	0	1	0	0	キャスター代替機構取り付け治具 学校用備品
28	スーパーシート	0	0	0	0	0	キャスター代替機構取り付け治具 学校用備品
29	ワイヤーネット	0	0	2	0	0	キャスター代替機構取り付け治具 持ち込み
合計		68,016	2,658	84点	3,174	73,848	