

令和5年度産業保安等技術基準策定調査研究等事業
(高齢者向け製品の安全性規格等検討事業) 調査報告書

令和6年3月15日
国立研究開発法人 産業技術総合研究所

目次

1. 事業目的と概要	1
1.1 事業の目的	1
1.2 事業の内容と実施方法	1
2. 高齢者の身体関連データの計測	3
2.1 身体関連データの計測内容の検討	3
2.2 身体関連データの計測装置の製作	4
2.2.1 姿勢保持計測用テーブルの製作	5
2.2.2 姿勢保持計測用荷重センサの開発	5
2.2.3 座面圧荷重センサと足裏圧荷重センサ	7
2.2.4 計測環境の記録用カメラの概要	8
2.3 身体関連データの計測.....	9
2.4 身体関連の計測データの分析方法	10
2.4.1 計測終了後のアンケート調査	11
2.4.2 立ち座りに要した時間の机ごとの比較	12
2.4.3 身体保持力の計測結果.....	13
2.4.4 動作時の姿勢データの分析.....	14
2.4.5 筋発揮力の計算結果	15
3. 高齢者向け製品の開発促進に向けた企業連携による実証実験	17
3.1 車いす利用時の引戸の開閉に配慮した引手部品の実証実験（連携企業：YKK AP 株式会社）	17
3.1.1 目的.....	17
3.1.2 実施内容.....	18
3.1.3 結論.....	34
3.2 手すりにおける実証実験（連携企業：マツ六株式会社）	35
3.2.1 目的.....	35
3.2.2 実施内容.....	36
3.2.3 結論.....	45
3.3 虚弱～要介護高齢者の使用テーブル高の違いによる生活動作の安全性（連携企業：ピジョンタヒラ株式会社）	46
3.3.1 目的.....	46
3.3.2 実験内容及び実験方法.....	46
3.3.3 計測結果.....	50
3.3.4 データ分析結果・考察.....	52
3.3.5 結論と今後の課題.....	57

4. 身体保持機能に対する評価基準案の検討	58
5. 高齢者行動ライブラリの拡充	62
5.1 サイトイメージ	63
5.2 コンテンツ見直し、新規追加等	65
5.2.1 動画検索部の見直し	65
5.2.2 関節可動域データの掲載	67
5.2.3 セキュリティの脆弱性への対応	68
6. 今後の展望	69
6.1 高齢者に関わる製品安全分野の規格・基準の整備	69
6.2 今後の課題	69

1. 事業目的と概要

1.1 事業の目的

超高齢社会である我が国において、高齢者の製品事故対策は喫緊の課題となっている。重大製品事故の発生原因を分析すると、高齢者は誤使用・不注意に起因する事故の比率が他の年齢層より高く、これは加齢による身体・認知機能の低下が事故の発生に影響していると考えられる。製品設計側で意図していない使用について、同様の事例が多い場合には、単に高齢者側の「誤使用・不注意」と割り切るのではなく「想定される使用」と捉え、製品開発・設計の局面での対応を検討することが求められている。

また、消費行動や製品構造が多様化・複雑化する社会において、安全性を十分に確保するためには、「基本的指針」、「複数製品に共通する原則」、「個別製品規格」といった階層的構造の基準体系が重要である。子どもの製品安全分野、機械の安全分野ではこうした階層的な基準の整備が進んでいる一方で、高齢者に関わる製品安全分野では、共通規格等が十分に整備されていない。本事業では、高齢者が使用する可能性のある複数製品に共通して適用される JIS 規格を将来的に策定することを念頭に、差し当たっては令和元年度に策定した「高齢者の生活機能変化に配慮した安全に関するユニバーサルデザインの実現に向けて」の中で取り上げられた重点的な対策が必要な個別製品群のうち介護ベッドを除いたもの（車いす、手すり、椅子、脚立。以下、「重点品目」とする）及び除雪機について、高齢者の行動特性が十分に配慮された規格が整備されるよう、その基礎となる高齢者の身体関連データを取得・整備することを目的とする。

1.2 事業の内容と実施方法

① 高齢者の身体関連データの計測

高齢者の行動特性を十分に配慮した規格の策定を念頭に置き、本事業では、高齢者における身体保持特性に焦点を当て、必要な計測内容（計測項目、計測方法等）を検討した。

昨年度事業は、高齢者における姿勢保持動作の実態調査という位置づけで、日常生活の基本動作となる椅子からの立ち座りに着目した実験やアンケート等を実施した。本年度については、昨年度のデータ分析などから、立位時の安定性や立ちやすさ等、課題や対策の方向性を調査するための計測等を実施した。

計測項目については、椅子など高さのある面からの立ち上がり・座り等の計測で、姿勢を保持しやすいテーブルの形状に着目した。実施に当たっては、独立行政法人東京都健康長寿医療センター研究所の協力を仰ぎ、有識者にヒアリングを行いながら共同で進めた。

身体保持用の機器については、「令和4年度産業保安等技術基準策定調査研究等事業（高齢者向け製品の安全性規格等検討事業）」の成果物、及び新たな身体計測を行うために、本年度事業で新規機器を作製した。

② 高齢者向け製品の開発促進に向けた企業連携による実証実験

高齢者が日常的に利用する頻度が高い製品について、製品開発のベストプラクティス創出に繋がる実証実験を企業と連携して実施した。実証については、高齢者の生命・身体への危害防止の観点から、掴む・押すといったテーマについて実施した。当該案件の実施については、経済産業省と協議の上で決定した。また、連携企業の選定に当たっても、弊所ホームページで公募し提案書の精査を行うとともに、採択については経済産業省と協議の上、決定した。

③ 高齢者行動ライブラリのコンテンツ拡充

高齢者行動ライブラリでは、身体機能や認知機能の低下といった高齢者の特徴的な行動特性を知ることができる。令和元年度産業保安等技術基準策定研究開発等事業（高齢者行動データライブラリを活用したセイフティ・バイ・デザイン促進事業）にて高齢者行動ライブラリのインタフェースの改良等を実施し一定の評価を得てきたが、企業アンケートでは、同一人物や同種類の動画が多く存在し比較検討しにくいといった意見や高齢者の基本データ等を掲載して欲しいといった声が聞かれた。また、ユーザインタフェース部分に関して、コンテンツ閲覧方法の見直しや検索用タグの見直し、及びサイト全体の表示イメージの刷新等を実施した。さらに、初版から内部アプリケーション等のバージョンアップが未実施であり、情報セキュリティの観点から脆弱性を塞ぐためのアップデートを図ることにした。

今回、企業要望に沿う形で既存の登録動画を精査し閲覧し易くするとともに、高齢者の基礎データを新規コンテンツとして掲載することにした。当該案件の実施については、経済産業省と協議の上で決定した。

④ 身体保持機能に対する評価基準案の検討

加齢と共に、筋肉量及び筋力が低下し、立ち座りや移動等においては自身の身体を支えるために筆筒やテーブル、下駄箱などに手を添える高齢者の存在が分かっている。これらの行動は、高齢者行動ライブラリにも収められている。一方で、高齢者の多様なニーズに合った居室環境をデザインすることは、安全の確保、自立した生活の支援の観点から重要である。そのような身体保持機能を持つ家具などについて、評価項目や評価指標について、実験結果などを踏まえて検討を行った。また、日常生活空間での身体保持の実態把握や評価の検討のために、実生活環境でデータ取得と分析を行った。

2. 高齢者の身体関連データの計測

高齢者は身体機能の低下等から、思ったように足を前に出すことが難しいことや瞬間的にバランスを取ることが難しいことがあり、その結果、多くの場合で転倒に繋がってしまう。従って、躓いたり、バランスを崩さないために、身の回りの製品を「支え」に利用することで身体を保持することが多いと考えられる。実際、高齢者行動ライブラリにおいても、高齢者施設でのベッド周辺行動では、多くの高齢者がベッド柵（ベッドサイドール）を「支え」に歩行を行っていることが確認できた。

ここでは、「高齢者の身体保持特性」に焦点を当てて、計測内容の検討、計測用機材の製作、計測の結果及びデータ分析について報告する。

2.1 身体関連データの計測内容の検討

まず、高齢者の身体保持の計測内容を決めるにあたり、高齢者がどのような生活行動をしているのかを知るための事前検討として、高齢者行動ライブラリを参照した。映像から様々な生活行動を読み取れるが、テーブルを支えに立ち座りする、椅子の肘掛け部や笠木部（背もたれの上部）を支えに立ち座りする又は移動する、下駄箱を支えに玄関の框（かまち）部を上り下りする等の行動が見られた（図 1）。



テーブルや椅子を姿勢保持製品として利用（1）



テーブルや椅子を姿勢保持製品として利用（2）下駄箱を姿勢保持として利用

図 1 高齢者行動ライブラリから読み取れる身体保持状況

このような傾向を知見として、東京都健康長寿医療センター研究所の介護予防・フレイル予防¹の専門家に実際の計測を想定した観点から、倫理面、安全面、実験に参加する高齢者の肉体的負担などの要素を総合的に勘案した助言を頂き、高さのある面（椅子等）からの立ち上り及び座る動作に対し、テーブル形状や手を着く位置などを変化させた以下の計測を行った。

- （１） 自身の前方に両手をついて立ち座りする
 - （２） テーブルエッジ部が手すり状であり、それを掴んで立ち座りする
 - （３） テーブルエッジ部に窪みがある部分を掴んで立ち座りする
 - （４） 自身の肩幅より広い部分に両手を付いて立ち座りする
- これらの項目（動作）と身体保持で利用する製品の組み合わせ一覧を表１に示す。

表１ 高齢者の身体保持計測内容

	計測項目	試行回数
計測１	既存装置：通常の立ち座り動作	
	1-1 座った状態からテーブルに両手をついて立ち上がる	2回実施
	1-2（１度手を離して）両手をついて座る	〃
計測２	新規装置：手すりを掴んでの立ち座り動作	
	2-1 座った状態から両手で手すりを掴んで立ち上がる	〃
	2-2（１度手を離して）両手で手すりを掴んで座る	〃
計測３	新規装置：エッジに指を掛けて立ち座り動作	
	3-1 座った状態から両手指をエッジ掛けて立ち上がる	〃
	3-2（１度手を離して）両手をエッジに掛けて座る	〃
計測４	新規装置：肩幅以上に手を付いて立ち座り動作	
	4-1 座った状態から前傾になりつつ両手をついて立ち上がる	〃
	4-2（１度手を離して）両手をついて座る	〃

2.2 身体関連データの計測装置の製作

身体保持における力学的データ取得のため、計測用テーブルの製作、及び計測用センサの開発を実施した。計測用テーブルは、2.1の身体保持計測内容を鑑み、全体の高さや形状などを決定した。計測用力センサは、X方向、Y方向、Z方向の3軸の荷重を計測でき、計測用テーブルに組み込むことが可能なサイズ・形状で開発した。

¹ フレイル（虚弱）とは、健常から要介護に移行する段階の期間のことで、心や体の活力などが低下していく状態を言う。生活習慣改善や身体機能・認知機能の低下の予防、社会との交流等によって健常からフレイルにならないようにする、また、フレイルから健常に戻すといった研究が進められている。

2.2.1 姿勢保持計測用テーブルの製作

「令和4年度産業保安等技術基準策定研究開発等事業（高齢者向け製品の安全性規格等検討事業）」の計測実験で得られた計測データの分析結果から、テーブルに手を着いて立ち上がる、座るといった基本動作では、垂直方向（テーブルから床に向かう方向）に荷重がかかっている一方、若干ではあるが、テーブルと水平方向（左右方向）の荷重も認められた。これは、一連の動作中にバランスをとっているために発現した結果であるとも示唆される。今回、椅子からの立ち座りといった日常生活の中における基本動作をより安全に安心して行えるデザインに着目したテーブルを製作した。

昨年度の計測内容を踏まえた理学療法士との意見交換を行い、高齢者が立ち座り動作をする際に机にあると有用なデザインを検討した。最終的に図2（右）に示す姿勢保持計測用テーブルを製作した。各面に立ち座り時の身体保持に有用と考えられるデザインを取り入れている。具体的には、手すり状のデザインでは、立ち座り動作の際に手すりを握ることで、安定して身体保持ができることを期待したものである。手掛かりのデザインでは、指を掛けることができる形状となっており、指を掛けることで安定した身体保持ができることを期待したものである。体の前の部分が円形に窪み、手を着く位置が広くなることで、安定した立ち座りをサポートすることを期待したものである。



図2 令和4年度製作テーブル（左）と本年度製作したテーブル（右）

2.2.2 姿勢保持計測用荷重センサの開発

計測用荷重センサは、アルミ製で各軸方向のひずみを計測することで3方向の荷重をできる。令和4年度に製作したセンサよりも、さらに精度良く、安定して計測できるように改良を行った。図3に製作した姿勢保持計測用荷重センサを示す。

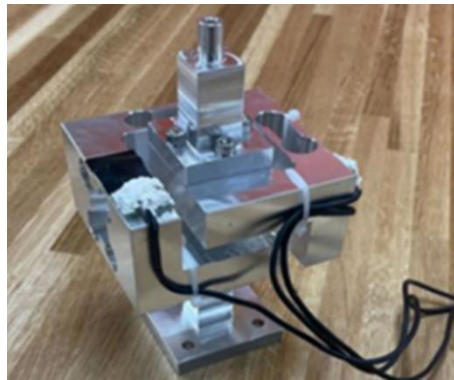


図 3 姿勢保持計測用荷重センサ

荷重センサの計測システムは、図 4 に示すように 3 軸荷重センサから荷重センサコントロール装置などを通して計算機でデータを取得する構成となっている。また、荷重センサのゼロ点補正やサンプリング時間の設定、データ収集開始・停止などの基本的な設定は、制御計算機からコマンドラインで設定できる機能を有している。制御計算機上で動作するソフトウェアを開発し、計測開始・終了の制御を行い、取得データをリアルタイムにグラフで可視化して確認できるようにした。

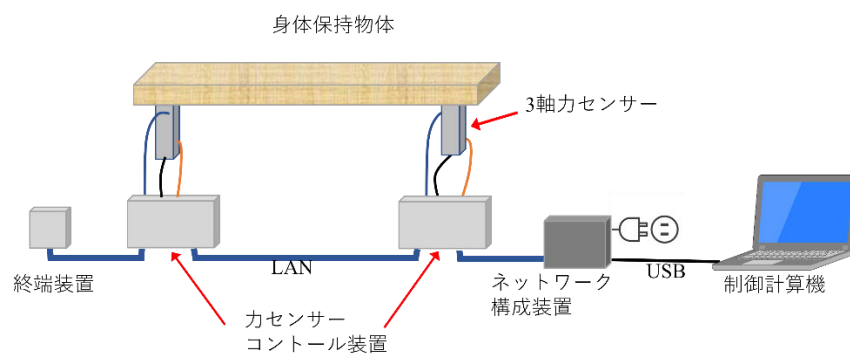


図 4 計測用荷重センサ全体システム構成概要図例

図 5 に、荷重センサで計測した荷重の時系列データをグラフで可視化した例を示す。グラフの青色はX軸方向（床と平行方向で上がプラス（押す）方向、下がマイナス（引く）方向）に荷重を掛けている様子であり、以下同様にオレンジ色はY軸方向、緑色はZ軸方向にそれぞれ 1 回ずつ荷重を掛けて得られたデータであり、3 軸ともに適切に計測できていることが確認できた。

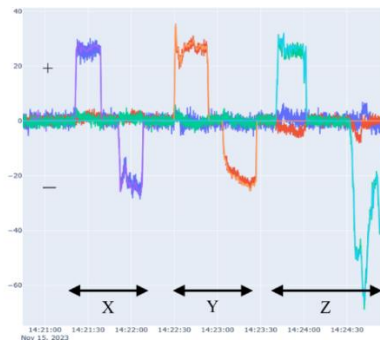
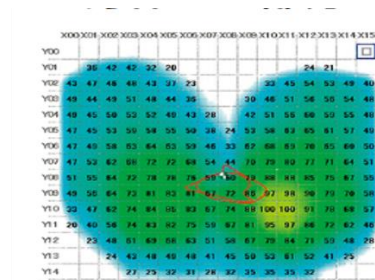
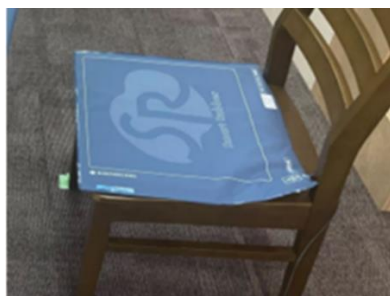


図5 荷重センサ取得データの確認用サンプル

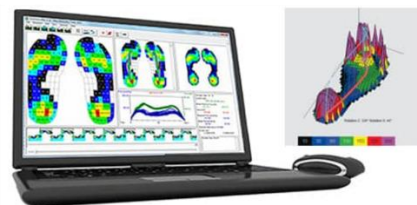
2.2.3 座面圧力センサと足裏圧力センサ

身体計測に関する計測部分として、テーブルのセンサ以外に以下の2つのセンサを利用した。1つ目は、着座時の臀部に掛かる力を計測する耐圧分散センサ（SR ソフトビジョン（数値版）、住友理工株式会社）である。図6に耐圧分散センサシートとビューワ表示例を示す。2つ目は、立ち座り動作の際に足にどのような力がかかっているのかを計測するための足圧センサ（Pedar、novel 社）である。図7に足裏圧センサとビューワ表示例を示す。



出典：住友理工（株）のホームページ

図6 耐圧分散センサシート（左）とビューワ表示例（右）



出典：（株）クレアクトのホームページ

図7 足圧センサ機材（左）とビューワ表示例（右）

2.2.4 計測環境の記録用カメラの概要

記録用のカメラはマイクロソフト社製の Azure Kinect を使用し、高齢者の動作中の姿勢データ（関節の3次元位置）を取得できる（図8）。当該カメラは、通常のカラー動画をフルハイビジョン（解像度：RGB3840×2160）で撮影可能であり、かつ深度センサ（解像度：D640×576、フレーム数 30fps）を用いて、環境の3次元形状データと人の姿勢データを同時に取得できる。データ記録には、これまでに開発したソフトウェア（「平成29年度 ビンテージソサエティの実現に向けた高齢者等の行動データ収集事業」で開発済）を利用することで、画像データと姿勢データを同時に記録する。姿勢データは、手、足、顔などの関節や特徴的な位置 32 か所の 3 次元位置データである。図9に Azure Kinect カメラの仕様、及び姿勢データで取得可能な 32 か所を示す。



図8 Azure Kinect カメラ例

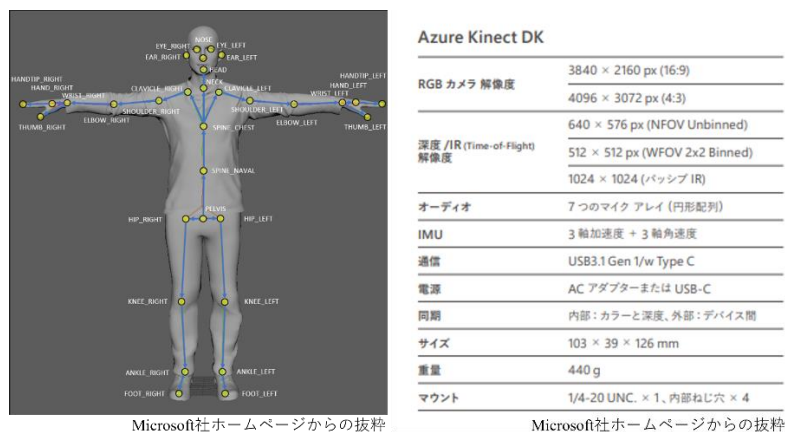


図9 Azure Kinect の仕様等

2.3 身体関連データの計測

60～80 代の高齢者 85 名を対象に、身体保持動作に関する計測を行った。実験協力者の身体機能別の人数について図 10 及び表 2 に示す。サルコペニアの判定は、AWGS2019²によって定義された、四肢骨格筋指数と握力もしくは歩行速度の基準値にもとづいて行った。全体で、健常高齢者 31 名、サルコペニアの方 51 名であり、残りの 3 名の方については、体内にペースメーカを装着されているためサルコペニア判定のための診断ができなかった。

表 1 に示す 8 条件について、対象動作を取った際に身体保持部に掛かる荷重の計測と記録用カメラによる RGBD データ及び姿勢データの記録を行った。図 11 に実際の実験時の様子を示す。

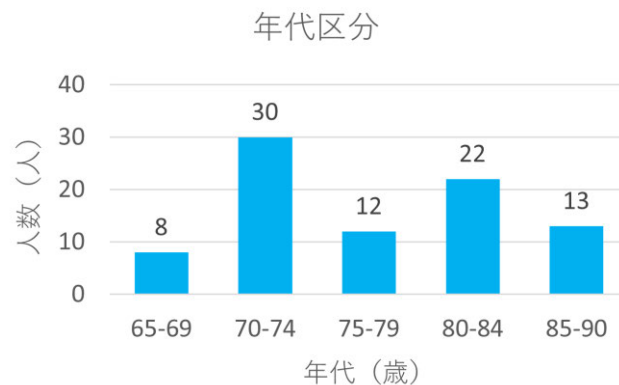


図 10 年代区分

表 2 計測対象高齢者の身体機能別人数

	健常高齢者	サルペニア診断	未診断(*)	計
男性	7	14	2	23
女性	24	37	1	62
計	31	51	3	85

(*) ペースメーカが体内に入っておりサルコペニア診断不可の方



図 11 実験時の様子

² Chen LK, Woo J, Assantachai P, Auyeung TW, et al. Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 Consensus Update on Sarcopenia Diagnosis and Treatment. J Am Med Dir Assoc. 2020 Feb 4. pii: S1525-8610(19)30872-2.

2.4 身体関連の計測データの分析方法

まず、定性評価として、①計測終了後のアンケート調査を実施した。計測終了後の被験者に口頭で「立ち上がりが容易だと感じた机形状の順番はどうであったか」等の聞き取り調査を行い、立ち上がりやすかった机形状について分析を行った。

次に行動計測センサによって計測した荷重データ及び姿勢データは、定量評価として主に4つの方法で分析を行った。

① 机ごとの立ち上がりに要した時間の比較

姿勢データから立ち上がりの開始点から終了点までの時間を算出し、身体保持形状の違いによって、立ち上がりに掛かる時間に与える影響について検証した。

② 立ち座り動作において机にかけた身体保持力の分析

立ち座り動作において各軸方向にかけた力の最大値を体重で除して正規化し（単位はN/kg）、身体保持形状によって机に掛かる力の大きさがどのように変化するのかを比較した。

③ 使用した机の種類ごと立ち座り動作の類似度の算出

RGB-Dカメラによって得られた立ち座り動作時の姿勢データを、動的時間伸縮法（Dynamic Time Warping, DTW）で類似度を計算し、この結果を用いて机形状ごとに動作の階層クラスタリングを行い、身体保持形状ごとで立ち上がりにどのような傾向が見られるかを検証した。

④ 筋骨格モデルソフトウェアを使用して逆動力学解析

筋骨格モデルソフトウェアは、関節力や関節トルク等を算出する際に用いられる剛体リンクモデルを発展させたものであり、個々の筋張力や腱の弾性エネルギーといった人体内部における様々な部分に生じる力を計算することができる。RGB-Dカメラで得られた姿勢データを入力と各力センサで取得した荷重データを入力することで、筋骨格モデルで筋活動量を計算した。

具体的には、下半身の筋肉として（1）大腿四頭筋、（2）大腿二頭筋、（3）大殿筋、そして机を支える際の上半身の筋肉として（4）上腕二頭筋、（5）三角筋、（6）広背筋、についての計算結果に基づいて評価を行った。各筋肉の身体における位置は図12に示すとおりである。

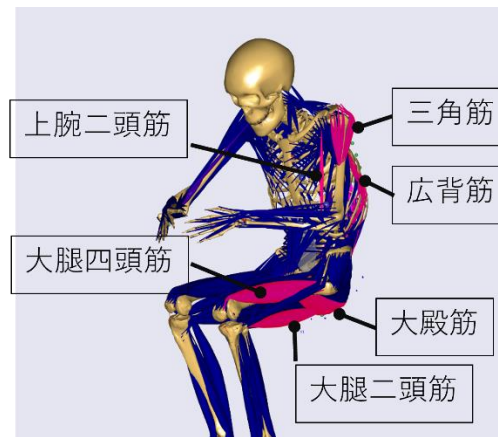


図 12 各筋肉の身体における位置

2.4.1 計測終了後のアンケート調査

計測終了後の各被験者にアンケートを実施し、その分析結果について示す。質問の一つにおいて、立ち上がりが容易だと感じた順番について質問をした。回答方法はそれぞれの机について1から4の順位を振るというもので、特に差が感じられなかった場合には同じ数字の回答となった。図 13 に結果を示す。

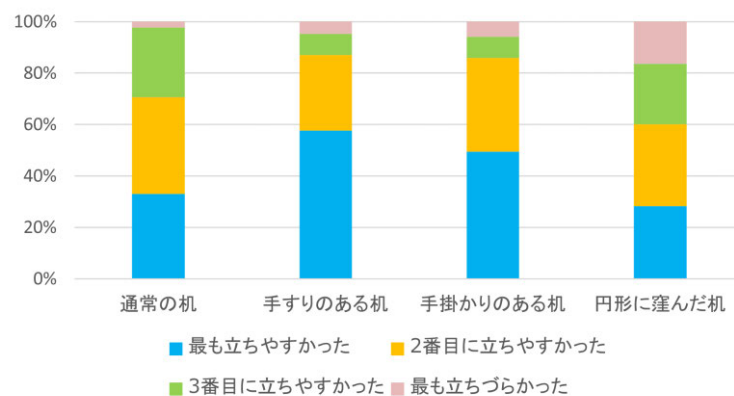


図 13 計測終了後のアンケート調査結果

「最も立ちやすかった」という回答の割合が最も高かったのは、手すりのある机で 57.6%であった。次点で手掛かりのある机で、「最も立ちやすかった」と「2番目に立ちやすかった」という回答が占める割合の合計は 85.9%であり、手すりのある机の 87.1%に近い値となった。以上のことから、手すりや手掛かりがあることで、主観としても立ち上がりやすく感じていることが分かった。

2.4.2 立ち座りに要した時間の机ごとの比較

立ち上がる動作と座る動作に要した時間を机ごとにまとめ、

箱ひげ図として示したものが図 14 及び図 15 である。それぞれ左から通常の机、手すりのある机、手掛かりのある机、円形に窪んだ机を使用した場合に動作に要した時間である。それぞれの場合で、サルコペニアと診断されていない健常な高齢者と、重度のサルコペニアと診断され特に筋力の衰えている高齢者とで分けて示している。

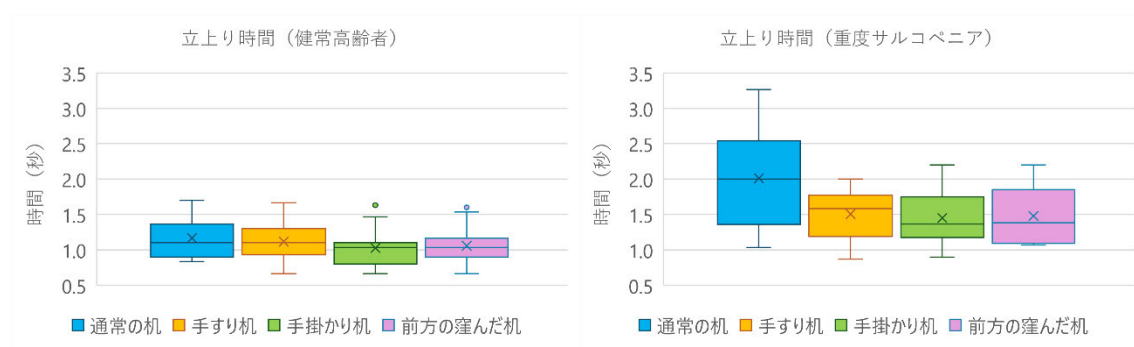


図 14 立ち座りに要した時間の机ごとの比較

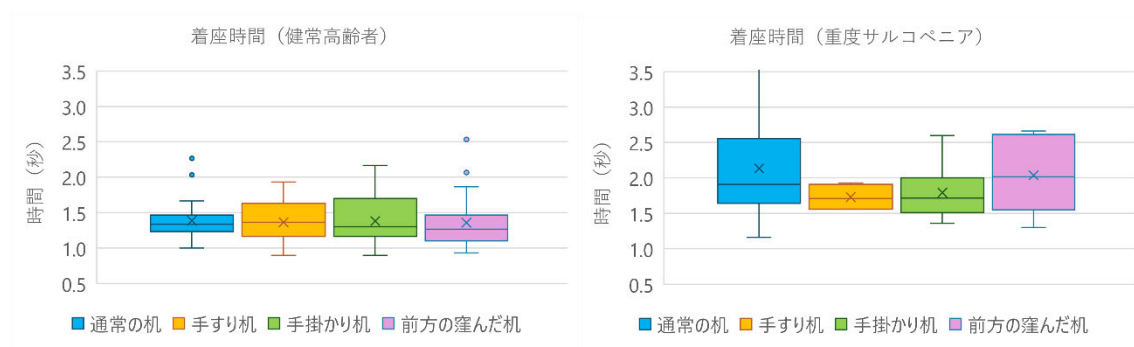


図 15 座りに要した時間の机ごとの比較

立ち上がり動作の結果より、今回参加した被験者の中でサルコペニアと診断されていない比較的健康な高齢者は、通常の机と形状の異なる各机を使用した場合の立ち上がる時間は、有意な差がないという結果が得られた。一方で重度のサルコペニアと診断されており被験者の中でも虚弱な高齢者では、通常の机と比較して手すりのある机と手掛かりのある机を使用した場合には立ち上がる時間に有意な差があり ($p < 0.05$)³、立ち上がりを素

³ 「p 値」とは、統計的仮説検定において、帰無仮説が正しいとしたときに、その仮説事象が発生する確率を表す。一般に帰無仮説は異なる条件での結果が同じであるという仮説を立て、その発生確率が 0.05 未満の場合、結果が同じであることは起きにくいと、結果には有意な差がある、と解釈する。

早く行えているという結果が得られた。同様に座る動作についても比較的健康な高齢者は机形状による動作の速さに有意な差は見られなかったが、重度のサルコペニアと診断されている高齢者は、手すりのある机と手掛かりのある机を使用した場合に通常の机を使用した場合と比較して動作に要した時間に有意差があり ($p < 0.05$)、スムーズに座ることができるという結果となった。円形に窪んだ机の場合には、個人によるばらつきはあるものの、健常者と重度のサルコペニア患者ともに通常の机を使用した場合との有意差は見られなかった。

2.4.3 身体保持力の計測結果

力計測センサによって取得した立ち座り動作の際に机に加えた身体保持力について、力の最大値を体重で除したものを、使用した机ごとに箱ひげ図にして図 16、図 17 に示す。Y 軸は机を手前に引く方向が正であり、Z 軸は鉛直下向きを正としている。各条件での荷重値の差が統計的に有意なものであるかを検定するため、机の種類ごとに有意差検定を行った。行った検定は統計量が対応のある群かつ非パラメトリックであったため、一方の机を使用した際の身体保持力の最大値と、異なる机を使用した場合の身体保持力の最大値の母集団順位平均値は異なるという対立仮説を立て、ウィルコクソン符号順位和検定⁴を行った。それぞれの検定結果についても図中に示す。

図 16 の Y 軸方向（前後方向）にかけた身体保持力では、有意差がほとんど見られなかったが、図 17 の Z 軸方向（鉛直方向）にかけた身体保持力では、有意水準 1% で有意な差が見られた。これらの結果から、身体保持形状が異なっても前後方向に掛かる身体保持力は変化せず、鉛直下向き方向に掛かる身体保持力は、身体保持形状によって増加することが確認できた。

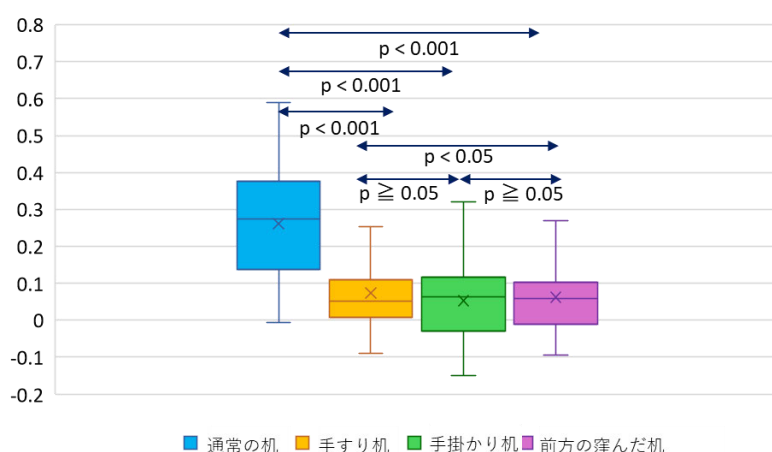


図 16 各条件での荷重データ（Y 軸（前後方向））の最大値の違い

⁴ ノンパラメトリック検定の 1 つで、対応のある 2 群の分布に差があるかを検定する際に用いる。

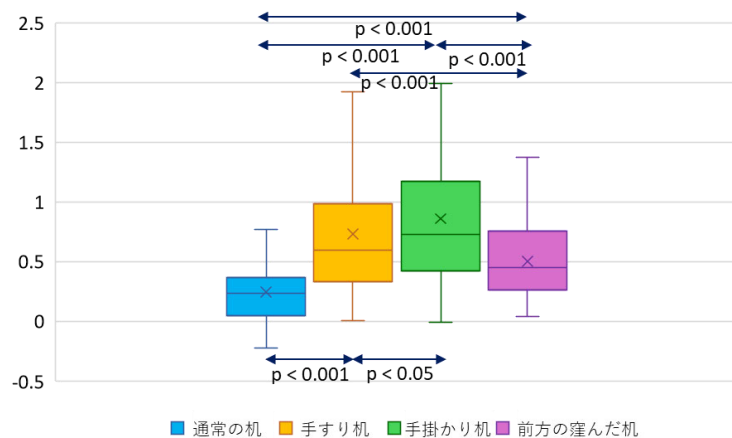


図 17 各条件での荷重データ (Z 軸 (鉛直方向)) の最大値の違い

2.4.4 動作時の姿勢データの分析

次に、RGB-D カメラによって得られた立ち座り動作の姿勢データについて、動的時間伸縮法 (Dynamic Time Warping, DTW) を用いて使用した机の種類ごとの立ち座り動作の類似度を算出した。DTW とは、時系列データ同士の類似度を算出する手法⁵である。この結果を用いて机形状ごとに動作を階層クラスタリングし、各机での立ち上がりについてどのような傾向が見られるかを検証した。

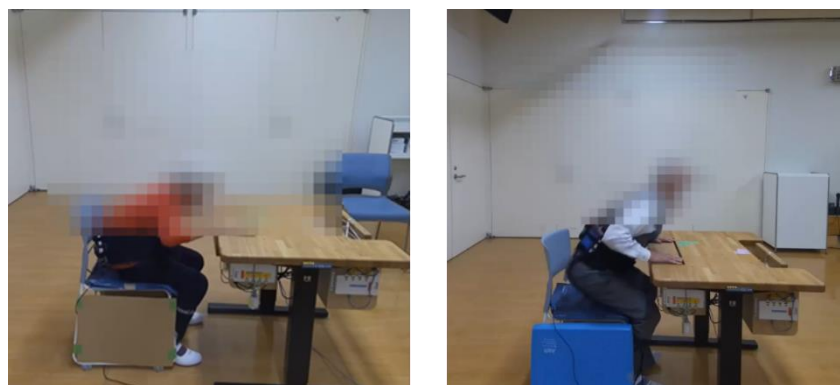


図 18 通常の机による立上り動作事例

通常の机と円形に窪んだ机では、図 18 で示すように重心を前に持っていくことができずに立ち上がりに苦勞する動作 (図 18 左) と、体を前に倒すことができる動作 (図 18 右) に大別された。一方で手すりのある机と手掛かりのある机では、体の前傾具合などによってクラスタリングの結果として分類されたが、立ち上がりに苦勞するような動作群

⁵ C. Myers, L. Rabiner, and A. Rosenberg, "Performance tradeoffs in dynamic time warping algorithms for isolated word recognition," *Acoustics, Speech, and Signal Processing, IEEE Transactions on*, vol. 28, no. 6, pp. 623-635, 1980.

は観測できなかった。このような立ち上がり動作時の姿勢変化は、階層クラスタリングによる分析に加え、被験者ごとの動画観察でも確認された。

2.4.5 筋発揮力の計算結果

次に、下半身の大腿四頭筋、大腿二頭筋、大殿筋、及び上半身の上腕二頭筋、三角筋、広背筋について筋骨格モデルソフトウェア（AnyBody, AnyBody Technology 社）を用いて、立ち座り動作時の筋活動の推定を行った。図 19 は、立ち座り動作中で最大となった筋活動量を机ごとに表している。

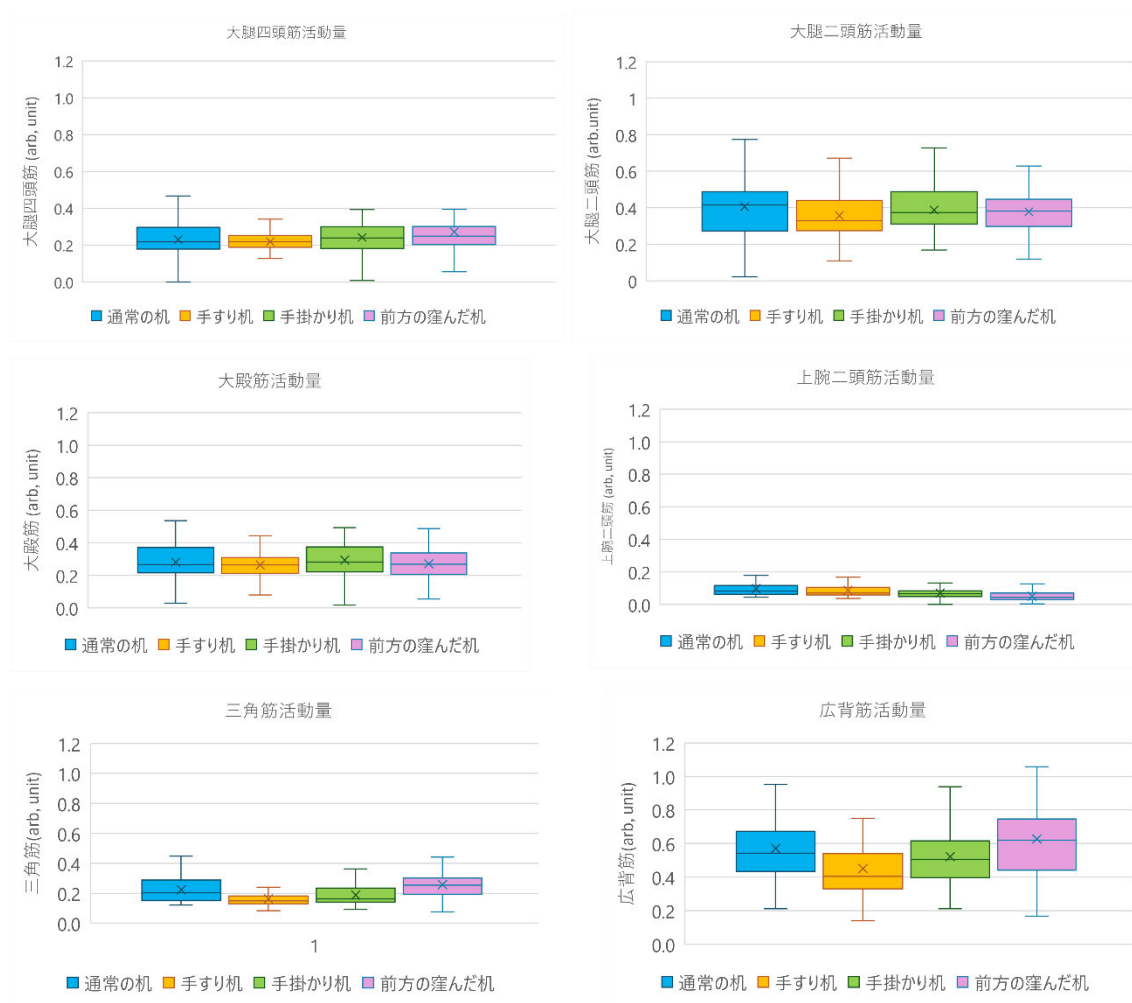


図 19 立ち座り動作時の筋活動

下半身の筋肉については、大腿四頭筋について手すりのある机を使用した場合の最大筋活動量が他の机を使用した場合の最大筋活動量より小さくなっていた。一方で、上半身については、上腕二頭筋の最大筋活動量に机形状による変化は見られなかった。三角筋と広背筋では通常の机と円形に窪んだ机に比べ、手掛かりのある机を使用した場合の最大筋活

動量が有意に抑えられており ($p < 0.05$)、手すりのある机を使用した場合は、さらにそれを下回るといった結果となった。つまり、手掛かりのある机や手すりのある机は、立上り時の身体への負担が少なくなるということを示唆している。

今回の実験結果に関する結果を以下に纏める。

計測に参加した高齢者に回答してもらったアンケート結果では、手すりや手掛かりのついた机は立ちやすかった机として選ばれた割合が、他の机と比較して高いという結果が得られ、定性的に手すりや手掛かりなどの形状変化は、サルコペニア高齢者の立ち座り動作を補助できるという知見を得た。

立ち座り動作に要した時間の結果として参加した高齢者のうち比較的軽微なサルコペニア高齢者の場合は、机ごとの有意差は見られなかった。一方、重度のサルコペニアと診断されているサルコペニア高齢者の場合には、通常の机を使用した場合と比較して手すりや手掛かりのある机を使用した場合に立ち上がりに要した時間が短縮されていた。このことから、より虚弱な高齢者ほど身体保持形状があることによってスムーズな立ち上がりが可能になると考えられる。身体保持力の比較より、手すりや手掛かりのような手でつかむ動作ができる形状を取り付けることによって、平坦な机より机に力をかけて立つことができているといえる。

一方、立ち座り動作に関連する筋肉について筋活動量を計算した結果では、通常の机及び円形に窪んだ机と比較して、手すりのある机と手掛かりのある机を使用した場合には、上腕二頭筋を除き上半身の筋肉について筋活動量が小さくなっていた。また、姿勢データの階層クラスタリングの結果としては、通常の机と円形に窪んだ机で見られた体を前に持つていくことができずに立ち上がりに失敗してしまうという動作が、手すりや手掛かりのある机では体を前に倒すことができ改善されており、身体保持できる形状の追加により重心を前に運ぶことができるようになったと考えられる。

以上の定量分析の結果から、手すりや手掛かりなどの身体保持形状があることで、机を強く引いたり押したりするのではなく、体を自然に倒し重心を前に移すことができるように姿勢を変化させ、筋力に頼らない立ち座り動作をサポートすることができると考えられる。

実験前の理学療法士との意見交換の中で、立ち座りがしにくくなってきたサルコペニア高齢者に対しては、体を前に倒して重心移動をさせることで安定して立ち座りを行えるように指導するものの、あまり定着しない、という話があった。その原因としてサルコペニア高齢者は体を前に倒す動作に対して無意識に転倒の不安を感じ、避けているのではないかとのことであった。今回の実験結果から、身体保持形状によって、適切な動きの立ち座りをサポート可能であることが示唆された。また、実験時の高齢者からの感想として、手すりや手掛かりがあることによって安心できた、という声が聞かれた。

本実験で明らかになった、机に身体保持形状を取り付けることによって自然とサルコペニア高齢者が体を前に倒せるようになるという示唆は、立上り時等において、荷重が手前（引く方向）や左右方向に掛かりにくくなり、垂直方向（机から床方向）に掛けやすくなり、ふらつきや転倒等のリスクが軽減され、サルコペニア高齢者の立ち座り動作改善に有用であることも示唆する結果である。

3. 高齢者向け製品の開発促進に向けた企業連携による実証実験

ここでは、高齢者の行動特性に配慮された規格が整備されるように高齢者に関わる基本データを取得し、高齢者にとって安全な製品の開発や改良につなげるために、企業と連携した実証実験を実施し、身体保持機能に対する評価基準案を検討した。企業からデータ取得や分析について、背景や目的を含めて実施提案書として応募してもらい3つのテーマを採択した。実施内容に応じて、産総研からはセンサシステムの提供やデータを取得する場の紹介、被験者公募の方法・紹介などを行い、企業が被験者の選定、データ取得や分析を実施した。

以下に採択した3社の実験について報告する。

3.1 車いす利用時の引戸の開閉に配慮した引手部品の実証実験（連携企業：YKK AP 株式会社）

3.1.1 目的

高齢者が自分で住まいから出入りをできることは、自立生活に活力を与え、QOLの向上に繋がると考えられる。加齢による筋力低下などを理由に車いすを利用し始めることもあるため、車いす利用時に住まいからの出入りがしやすいことは障がい者のみならず、高齢者の自立生活を豊かにし、生きがいにもなりうると考えられる。

車いす利用時の出入り口の建材には、一般的に引戸が使いやすいと言われている一方、車いす利用者が引戸を開閉する際に戸先に設けられた引手部品を使用すると姿勢が不安定になる状況が他実験等から確認できている。高齢者行動ライブラリでは、車いす利用者が引戸を開閉する際に縦桟や戸尻框を掴むなど、戸先の引手部品以外を使用する様子も確認できている。

これまでの実験や調査報告等から、扉の戸先から戸尻にかけて水平方向に設置したハンドルは開閉時の姿勢や入隅納まりでの操作性などに改善効果があることが分かっている。しかし、このようなハンドルは構造上の理由で扉の内動側の面に設けることが難しく、扉の表裏両面への設置が技術的な課題となっている。

本実験では出入り口の引戸について、引手部品と引戸の周りの空間状況を変化させ、車いす利用者が引戸を開閉、出入りする際の姿勢と車いすの動きのデータを取得し、車いす利用者の動作の実態を把握すると共に引手部品による違いを評価することで、引戸の開閉

操作を戸先以外でできる引手部品の効果と課題を実証実験で確認し、車いす利用時の引戸からの開閉、出入りにおいて、安全で使いやすい引手部品の製品案を提案する。

3.1.2 実施内容

3.1.2.1 実験部署・場所

YKK AP 商品開発本部価値検証センター 生活者品質推進室

3.1.2.2 実験方法

(A) 実験内容

引手部品と引戸周りの空間状況を変更できる実験空間を用意し、主に自走式車いす常用者を対象に実験を行った。実験条件ごとに引戸の開閉、出入りをしてもらい引戸部品の評価のヒアリングと被験者の姿勢および車いすの動きのデータを計測した。引戸での挟まれや転倒、転落などがないよう、安全を配慮して実験者を配置して実施した（図 20）。

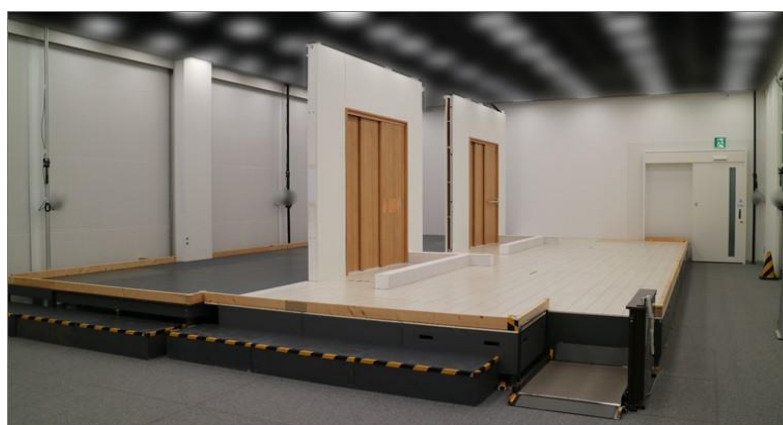


図 20 実験空間

(B) 被験者

自走式車いす常用者 7 名（内、高齢者 3 名）を主に実験を実施した。また、立位の高齢者及び高齢期になって車いすに乗り始めた方を想定した被験者群として、健常な高齢者 3 名での実験も行った。被験者の一覧を表 3 に示す。

なお、自走式車いす常用者には普段自身が使用している車いすで実験に参加してもらい、健常な高齢者には実験者側で用意したアクティブタイプの車いすで実験に参加してもらった。尚、参加者全員から同意書を得ている。

表 3 被験者一覧

被験者No.		年齢	性別	車いす利用歴	車いすのサイズ※1 幅×長さ(cm)	利き手	握力※2(kg)		スラローム路の 走破時間※3(秒)
自走式 車いす常用者	a	21	男	約20年	61×79	右	右手	53.5	5.3
	b	25	女	約10年	64×89	右	左手	9.5	12.4
	c	39	男	約12年	54×78	右		47.1	6.5
	d	56	女	約39年	54×87	右		27.3	7.9
	e	69	男	約50年	58×93	右		39.3	5.9
	f	74	男	約54年	58×84	右		42.8	6.2
	g	75	男	約55年	57×87	右		42.8	8.0
健常な 高齢者	h	67	男	利用経験なし	56×84 (実験者が用意)	右		39.0	12.9
	i	71	女	利用経験なし		右		25.4	17.2
	j	73	女	利用経験なし		右		28.1	14.2

※1: 実験者による実測値

※2: 「介護予防ガイド 実践・エビデンス編」の計測手法に沿って実施

※3: 既往研究を参考に実施。実験で使用したスラローム路は図7を参照

(C) 実験条件

(1) 引戸：室内用 3枚連動引戸（図 21）

戸先以外で引戸の操作ができることの効果を確認するために、比較的有効開口が広く、開閉が軽い引戸を選定した（有効開口：約 900mm、開閉重さ：約 4N）。

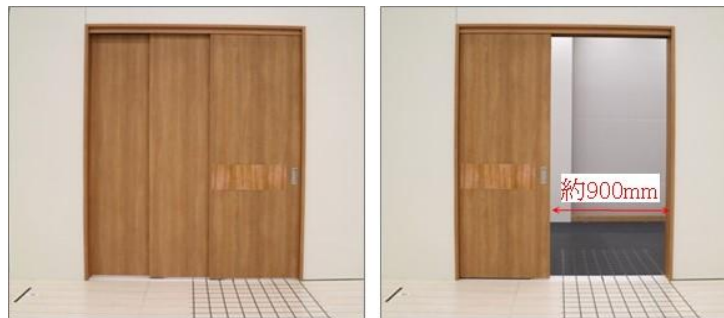


図 21 3枚連動引戸

(2) 引手部品：3条件（図 22）

以下の一般的な引手部品（ア）と、検討案（イ、ウ）を用意した。なお、いずれの引手部品も取付高さは床面から引手部品の中心で 836mm とした。

（ア）扉の戸先に設置した彫込引手（以降、戸先引手）

（イ）扉の戸先、幅方向中央、戸尻に設置した彫込引手（以降、複数引手）

（ウ）扉の戸先から戸尻にかけて水平方向に設置したハンドル（以降、水平ハンドル）

	開ける側(外動側)	閉める側(内動側)
(ア) 戸先 引手		
(イ) 複数 引手		
(ウ) 水平 ハンドル		

図 22 引手部品

(3) 引戸周りの空間状況：5 条件（図 23）

居室、通路などを想定して以下の条件を候補したが、事前検証などの結果から引手部品による違いが表れやすいと考えられる条件の（エ）、（オ）のみを実施した。なお、通路幅は一般的な 780mm に設定し、壁面の再現には被験者の足元程度の高さの角柱を用いた。

・居室間などの引戸を想定

- (ア) 空間の制約なし：引戸の正面方向からアプローチする
- (イ) 空間の制約なし：引戸の戸尻方向からアプローチする

・居室と通路間などの引戸を想定

- (ウ) 通路に垂直に納められた引戸（開き側：通路）
- (エ) 通路に平行に納められた引戸（開き側：通路）
- (オ) 通路に平行に納められた引戸（閉じ側：通路）

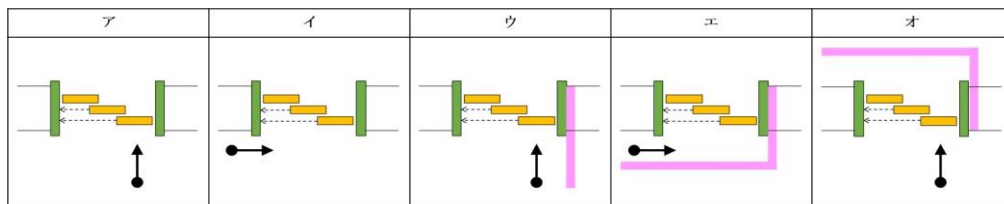


図 23 引戸周りの空間状況

(D) 実験方法

(1) 引戸の開閉、出入りに関する教示

実験者側で設定した位置から動作を開始してもらい、①引戸へのアプローチ、②引戸を開ける、③開口を通過する、④引戸を閉めるの一連の動作（以降、開閉及び出入り）を行ってもらった。開閉及び出入りに際しては、④引戸の開閉時は、最初から最後まで引手部品を使うこと、⑤引戸を閉める時は最後まで閉め切ること、⑥引戸の開閉時の車いすの位置、向きは自身が開閉しやすい向きにすることを教示。

(2) データの取得

実験条件毎に、引手部品の評価のヒアリングと開閉及び出入り時の被験者の姿勢、車いすの動きのデータを取得した。なお、開閉時及び出入り時の被験者の姿勢と車いすの動きは実験条件毎に有効データ 3 回分取得した。各データの取得方法を以下に示す。

・引手部品の評価

引戸開閉時の引手部品への手の届きやすさ、引手部品の総合的な使いやすさについて、主観評価（5 段階評価と理由）を確認した。

・開閉及び出入り時の姿勢

両肩峰点と両手首、車いすのハンドルに分析時の目印となるマーキングをした状態で開閉及び出入りをしてもらい、①開ける際に上体を前傾にする姿勢、②閉める際に手を動かす範囲について姿勢データを分析するための映像を取得した（図 24）。

・開閉及び出入り時の車いすの動き

車いすの幅方向中央付近に加速度センサを設置した状態で開閉及び出入りをしてもらい、開閉及び出入り時の車いすの回転方向の動き（角速度）を取得した。加速度センサは、株式会社 ATR-Promotions の TSND151 を用いた（図 25）。

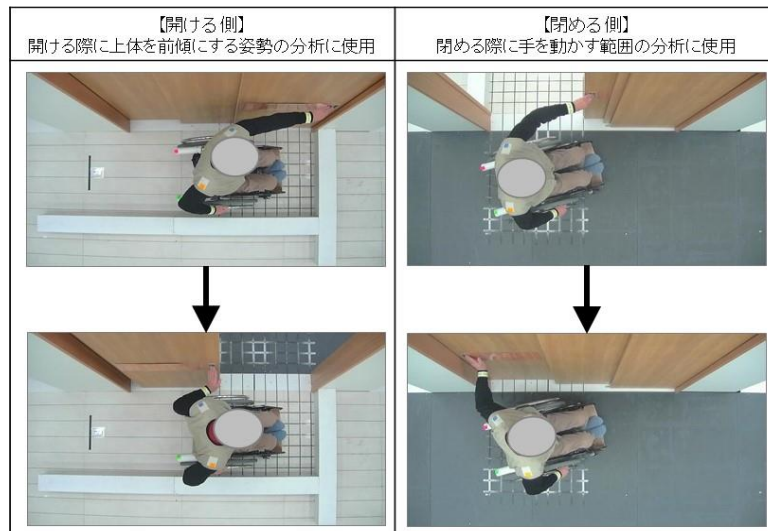


図 24 開閉及び出入り時の姿勢の映像（事例）

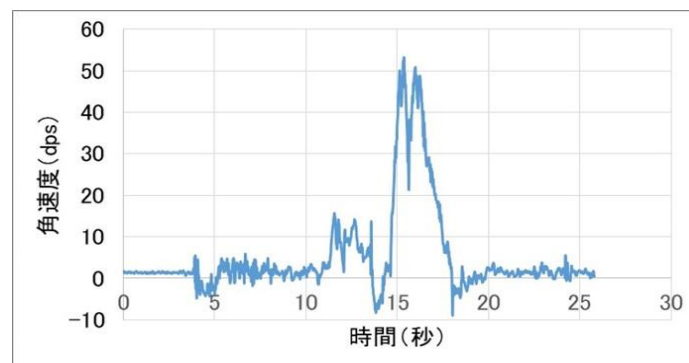


図 25 開閉及び出入り時の車いすの旋回方向の角速度（事例）

（E）実験手順

（1）自走式車いす常用者の場合

- ① 実験前に実験概要を説明し、同意頂ける方のみ参加いただく。
- ② 現在の体調、年齢、利き手、1日の過ごし方の事例、自宅の引戸の感想及び困り事、車いすの使用歴などをヒアリングで確認する。併せて、床面から頭頂部までの高さ、左右の上肢長、車いすの幅と長さを測定する。
- ③ 被験者の身体能力を簡易的に把握するために、左右の握力と独自 8 の字スラローム路の走破時間を計測する。
- ④ 姿勢のデータを取得するためのマーキング及び車いすの動きのデータを取得するための加速度センサを付ける。加速度センサは車いすの幅方向中央付近に固定した。マーキングの計測点及び取付手法は以下に示す（図 26）。

- 両肩峰点 : 被験者にベストを着用してもらう
 - 両手首 : 被験者にアームカバー、リストバンドを着用してもらう
 - 姿勢の基準点 : 車いすハンドルにスチロールパイプを固定する
- ⑤ 実験条件毎に有効データ 3 回分の開閉及び出入りをしてもらう。動作の完了後に引手部品の評価をヒアリングで確認し、次の実験条件に移行する



図 26 マーキング及び加速度センサの取付（実験者での再現）

（２） 健常な高齢者の場合

- ① 実験前に実験概要を説明し、同意頂ける方のみ参加いただく。
- ② 現在の体調、年齢、利き手、1 日の過ごし方の事例、自宅の引戸の感想及び困り事などをヒアリングで確認する。併せて、身長を測定する。
- ③ 被験者の身体能力を簡易的に把握するため、左右の握力と 5 回立ち上がりテストを実施する。
- ④ 空間状況を制限しない状態で、立位での開閉及び出入りをしてもらい、引手部品の評価をヒアリングで確認する。なお、引手部品の条件の順番は被験者毎にランダムとした。
- ⑤ 実験者側で用意したアクティブタイプの車いすで直進走行や旋回、各引手部品が付いた引戸の開閉及び出入りを通して車いすの操作に慣れてもらう。被験者に車いすに乗っての実験の可否を確認し以降の手順に進む
- ⑥ 自走式車いす常用者と同様の方法でマーキングと加速度センサを付ける
- ⑦ 自走式車椅子常用者と同様の方法で車いすに乗っての実験を実施する

3.1.2.3 データ分析

（１） 開閉及び出入り時の姿勢

取得した記録映像から、特定の動作時の映像を静止画にして CAD ソフトを用いて分析した。本実験で取得した 2 つの姿勢の分析方法を以下に示す。

（ア） 開ける際に上体を前傾にする姿勢（以降、前傾の程度）

事前検証などの結果から比較的前傾の程度が大きいと考えられる引戸を開ける際に

引手部品に手をかけた時と引手部品を放した時の2つの動作を分析対象とした。前記分析対象の動作の静止画からCADソフトで前傾の程度を導出した。なお、前傾の程度は有効データ毎に導出した。分析手順及び方法の詳細を以下に示す。

- ・被験者毎の基準値の数値化（平時の前傾の程度の確認）
 - ① 静止画から以下の値をCADソフトで数値化
 - 左肩峰点と左ハンドルのマーキング間を結んだ線分の長さ
 - 右肩峰点と右ハンドルのマーキング間を結んだ線分の長さ
 - ・前傾の程度の数値化
 - ② 引戸を開ける際に引手部品に手をかけた時及び引手部品から手を放した時の静止画から以下の値をCADソフトで数値化する
 - 左肩峰点と左ハンドルのマーキング間を結んだ線分の長さ
 - 右肩峰点と右ハンドルのマーキング間を結んだ線分の長さ
 - ・基準値による補正（平時の姿勢及びマーカ位置の差による影響の抑制）
 - ③ ②から①を除算する
 - ・分析対象の動作の中で、前傾の程度が最大となる動作の抽出
 - ④ ③の最大値を抽出する
 - ・前傾の程度を凡その距離に換算
 - ⑤ 実験空間の床に配置したグリッド線の間隔をCADソフトで数値化し、CAD上の線分長さを実際の距離に換算するための係数を導出する
 - ⑥ ⑤を用いて④の値を凡その距離に換算する
- 上記の値を前傾の程度として扱う（図27）

（イ） 閉める際に手を動かす範囲（以降、手を動かす範囲）

事前検証などの結果から比較的手を動かす範囲が大きいと考えられる、引戸を閉める際に引手部品に手をかけた時と引手部品を放した時及び引戸を閉め切った時の3つの動作を分析対象とした。前記分析対象の動作の静止画からCADソフトで手を動かす範囲を導出した。なお、手を動かす範囲は有効データごとに導出した。分析手順及び方法の詳細を以下に示す。

- ① 引戸を閉める際に引手部品に手をかけた時と引手部品を放した時及び引戸を閉め切った時の静止画から以下の値をCADソフトで計測する
 - 左右の肩峰点のマーキング間を結んだ線分と引手部品を操作している側の手の肩峰点と手首を結んだ線分のなす角度
- ② ①の最大値を手を動かす範囲として扱う（図28）



図 27 前傾程度の分析手法（事例）

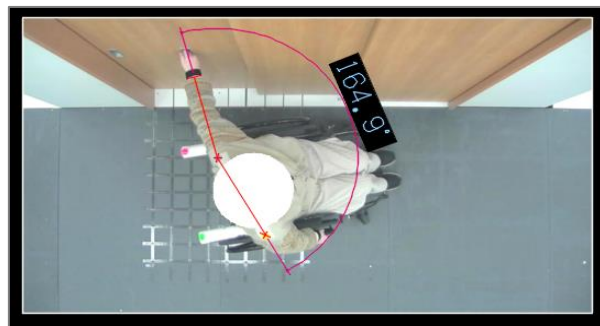


図 28 手を動かす範囲の分析手法（事例）

(2) 開閉及び出入り時の車いすの動き（以降、車いすの旋回量）

開閉及び出入り時の車いすの角速度を加速度計で計測し、そのデータから車いすの旋回量を導出した。なお、車いすの旋回量は有効データ毎に導出した。分析の手順及び方法の詳細を以下に示す。

- ・ 車いすの旋回量に関わる角速度データの抽出
 - ① 加速度センサのデータから、車いすの旋回方向の角速度を抽出する
 - ・ 0点補正
 - ② ①のデータ計測開始から行動開始間（静止時）の平均角速度を算出する
 - ③ ①から②を除算する
 - ・ 装置の振動などの影響を抑える
 - ④ ③を前後5点ずつの移動平均で丸める
 - ・ 角速度を角度に変換
 - ⑤ ④を積分する。なお、角速度は絶対値を使用する。
- 上記の値を車いすの旋回量として扱う（図 29）

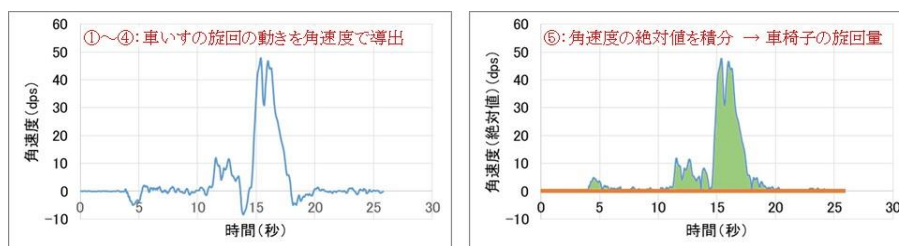


図 29 車いすの旋回量の分析手法

3.1.2.4 結果・考察

(1) 結果（自走式車いす常用者）

車いす常用者の引手部品の評価、開閉及び出入り時の姿勢、車いすの旋回量の結果を以下に示す。なお、結果は被験者 7 名の平均値で示している。被験者毎の結果は参考資料に添付する。

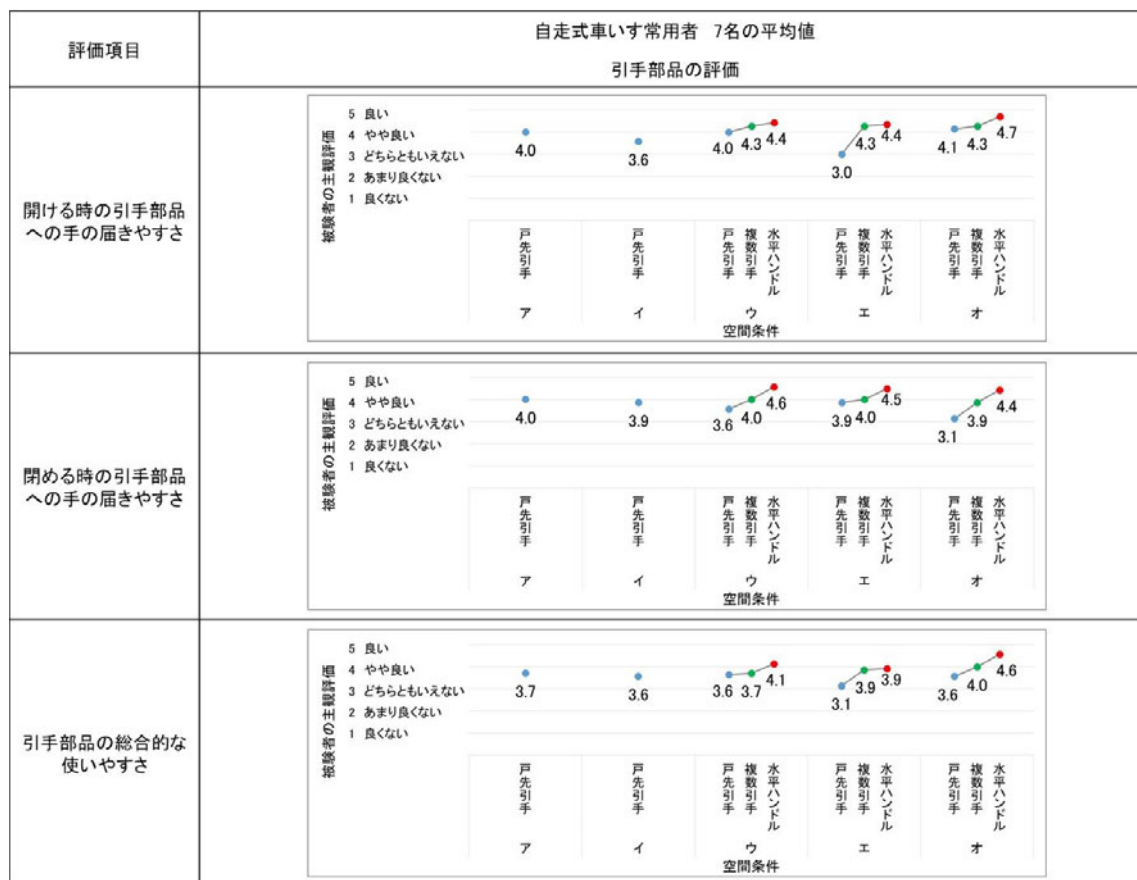
(ア) 引手部品の評価（図 30）

本実験で確認したいずれの引手部品も設定した引戸周りの空間状況（以降、空間条件）で、引手部品への手の届きやすさ、引手部品の総合的な使いやすさの平均点が 3 点（評価：どちらともいえない）以上となった。

引手部品間で比較すると全ての空間条件で戸先引手よりも複数引手、水平ハンドルの方が評価点は高い結果となった。特に通路に平行に納められた引戸を想定した空間条件（エ、オ）において、この傾向が顕著に見られた。これらの理由として

「扉の幅方向の操作の自由度が高く、楽な姿勢で開け閉めができる」や「扉の操作の許容範囲が広く、車いすの位置決めが楽」など、本実験の目的及び仮説である、引戸の開閉操作を戸先以外でできる引手部品の効果に関する意見も聞かれた。また、複数引手よりも水平ハンドルの方が評価点は高い傾向だった。これらの理由として「扉の幅方向のどこでも自由に操作できるので、好きなタイミングで持ち替えられる」や「ハンドル部に手を乗せるように操作ができるので姿勢が楽」、「ハンドル部を握れるのであまり力を入れずに操作ができる」などの好意的な意見が聞かれた。

一部の被験者からは「ハンドルが扉の開け閉めの方向に平行な向きなので、扉が重いと手が滑りやすいかも知れない」といった意見も聞かれた。



空間条件

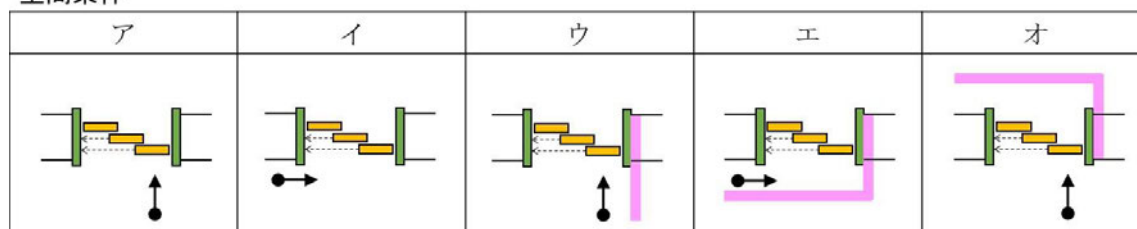


図 30 引手部品の評価（自走式車いす常用者）

（イ）開閉及び出入り時の姿勢

前傾の程度及び手を動かす範囲について、各引手部品で実験を実施した空間条件ウ、エ、オの結果について示す（図 31）。

① 前傾の程度

居室と通路間などの引戸を想定した空間条件ウ、エ、オでは、戸先引手よりも複数引手、水平ハンドルの方が前傾の程度が減少する傾向が見られた。特に通路に平行に設置された引戸を開けることを想定した空間条件エにおいて、この傾向が顕著に見られた。複数引手と水平ハンドルでは前傾の程度に差はあまり見られ

なかった。

② 手を動かす範囲

通路に平行に納められた引戸を想定した空間条件エ、オでは、戸先引手、複数引手よりも水平ハンドルの方が手を動かす範囲が減少する傾向が見られた。特に引戸を閉める側に通路があることを想定した空間条件オにおいて、この傾向が顕著に見られた。

戸先引手と複数引手では手を動かす範囲に差はあまり見られなかった。複数引手が付いた引戸を閉める際に、戸先側の引手だけを使って閉める様子が複数の被験者で見られており、「扉の閉め始めは中央部の引手が隠れているので戸先側の引手を使って閉める。中央の引手に持ち替えると姿勢が楽になるかもしれないが、途中で持ち替えるのは手間に感じるので、そのまま戸先側の引手を使って手を伸ばして閉めた」などと聞かれた。

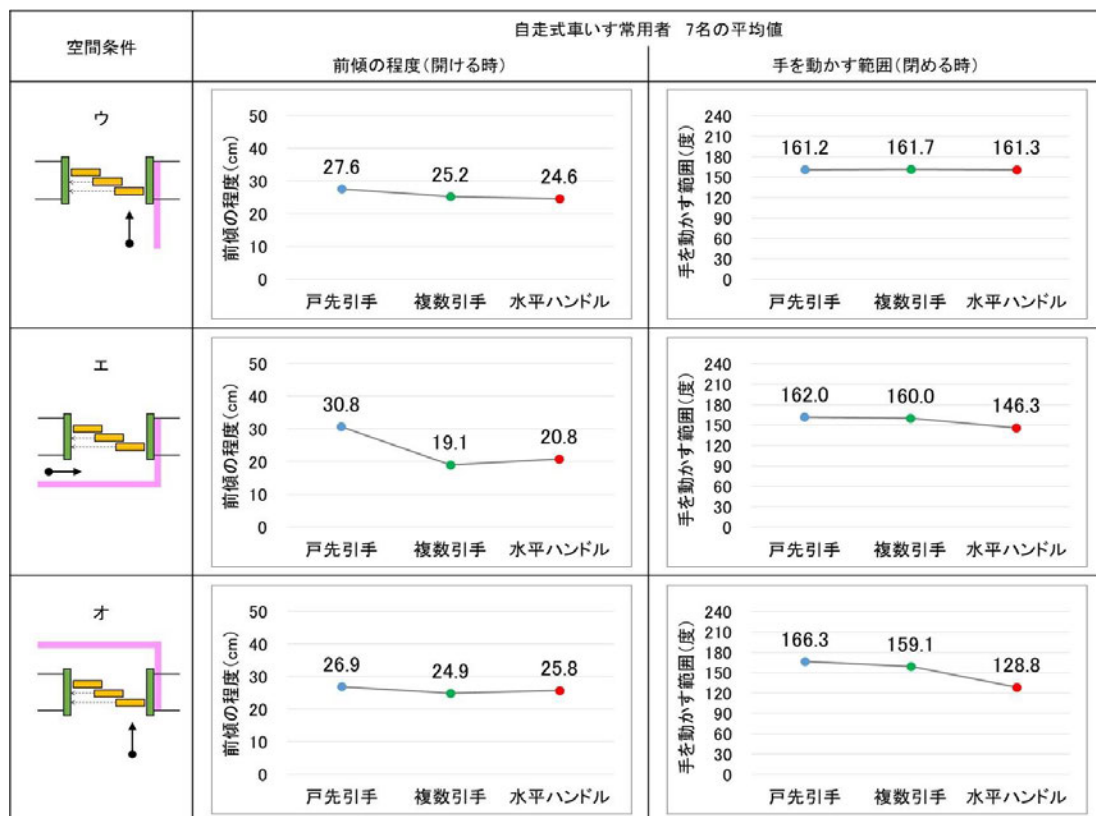


図 31 開閉及び出入り時の姿勢（自走式車いす常用者）

(ウ) 車いすの旋回量

各引手部品で実験を実施した空間条件ウ、エ、オの結果について示す（図 32）。閉じ側が通路の状況を想定した空間条件オでは、戸先引手よりも複数引手、

水平ハンドルの方が車いすの旋回量が減少する傾向が見られた。空間条件ウ、エでは、引手部品による車いすの旋回量の変化はあまり見られなかった。

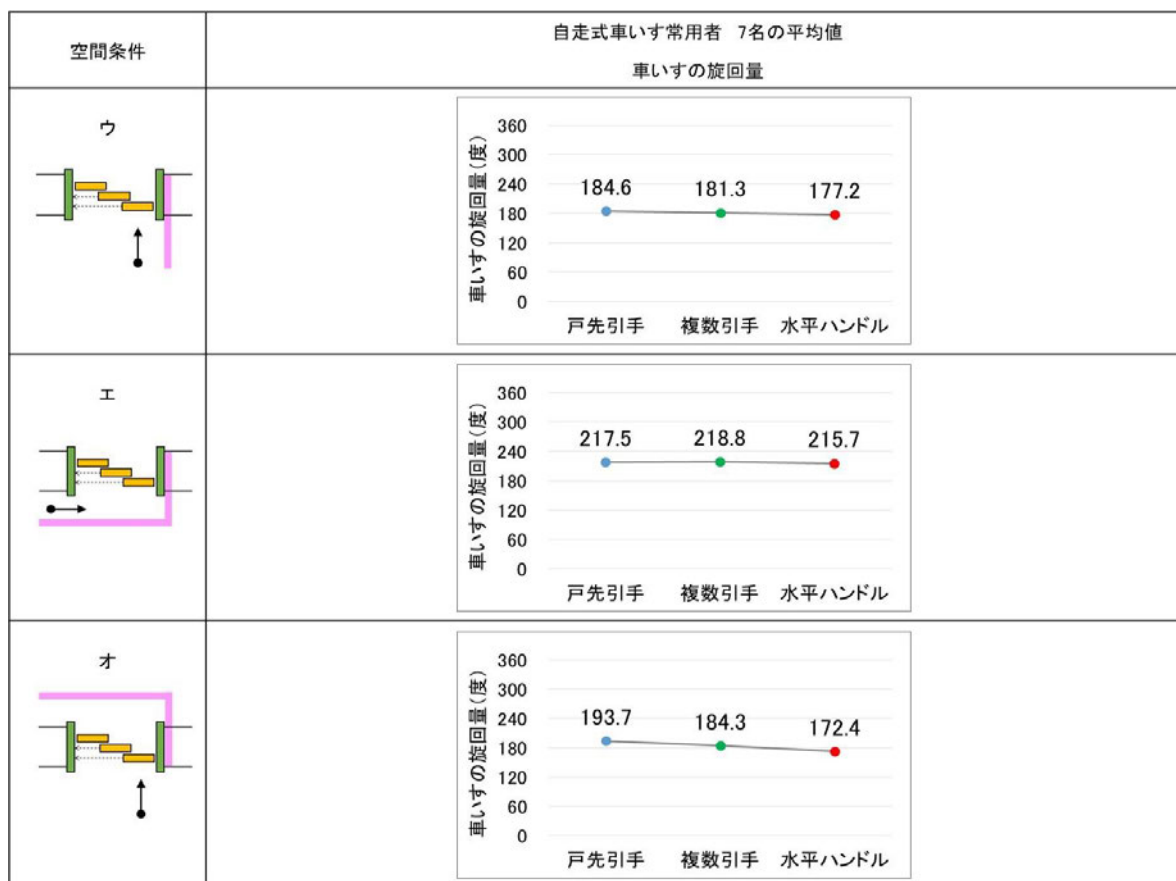


図 32 車椅子の旋回量（自走式車いす常用者）

（２） 考察（自走式車いす常用者）

引手部品の評価より、一般的な引手部品である戸先引手でも出入りがしにくいなどの感想は聞かれなかった。本実験の検討案である引戸の開閉操作を戸先以外でできる引手部品は、戸先引手よりも引手部品の総合的な使いやすさの評価が高いことから、車いす常用者の引戸からの出入りのしやすさの向上に有効だと考えられる。上記出入りのしやすさの向上において、戸先以外でも開閉操作ができることが重要なことは引手部品への手の届きやすさの評価や被験者の意見からも確認できる。

また、空間条件毎に確認すると、通路に平行に引戸が納められているような状況における配慮が特に有効であることが確認できる。

本実験では、引戸の開閉操作を戸先以外でできることの効果を主に確認するため

に比較的有効開口が広く、開閉が軽い引戸を選定している。（有効開口：約 900mm、開閉重さ：約 4N）本実験で用いた引戸よりも、有効開口が狭い、開閉が重い引戸の場合は引手部品の総合的な使いやすさの評価は全体的に低くなることが推測されるため引戸の開閉を戸先以外でできる引手部品の有効性は一層高まると考えられる。一方、水平ハンドルについては「扉が重いと手が滑りやすいかも知れない」という意見も聞かれており、開閉重さによっては把持性に課題が生じる可能性も考えられる。

開閉及び出入り時の姿勢と車いすの旋回量に示した結果からも、引戸の開閉を戸先以外でできる引手部品は戸先引手と比べて身体を前後に動かす程度や車いすを切り返す程度が減少する傾向が確認できる。また、通路に平行に引戸が納められたことを想定した状況で、より顕著にこの傾向が表れている。これらは被験者の主観評価である引手部品の評価を裏付ける結果となっている。

以上から、自走式車いす常用者の引戸からの出入りにおいて、開閉を戸先以外でできる引手部品は一般的な操作部品である戸先引手と比べて、操作部品に手が届きやすくなり、身体を前後に動かす程度や車いすを切り返す程度が減少するため、使いやすいと感じられると考えられる。

（３） 結果（健常な高齢者）

健常な高齢に立位で引戸から出入りをしてもらった場合は、いずれの引手部品に対してもネガティブな評価は聞かれず、引手部品の評価も被験者 3 名の平均点が 3 点（評価：どちらともいえない）以上となった。水平ハンドルに対して「今の自分には、ここまでの配慮は必要ない」といった意見も聞かれ、戸先引手と複数引手よりも評価が下がる傾向も見られた（図 33）。

また、一部の被験者から水平ハンドルに対して「見た目が手すりのように見えるのでハンドル部に体重をかけそう。戸先側 1 点での固定では強度面が不安」という意見も聞かれた。複数引手についても「指が引手と真ん中の扉との間で挟まれそう」との意見も聞かれた。

健常な高齢者が車いすに乗った場合の引手部品の評価、開閉及び出入り時の姿勢、車いすの旋回量の結果は以下に示す。

◆引手部品の評価（図 33）

健常な高齢者が車いすに乗った場合の引手部品の評価について、実験を実施した空間条件エ、オの結果を以下に示す。本実験で確認したいずれの引手部品も、引手部品への手の届きやすさ、引手部品の総合的な使いやすさの平均点が 3 点（評価：どちらともいえない）以上となった。

引手部品間で比較すると戸先引手と複数引手よりも水平ハンドルの方が評価点

は高い結果となった。また、水平ハンドルについて「立位で出入りした時は配慮の必要性が分からなかったが、車いすに乗って出入りするととても良い配慮だと分かった」などと聞かれた。

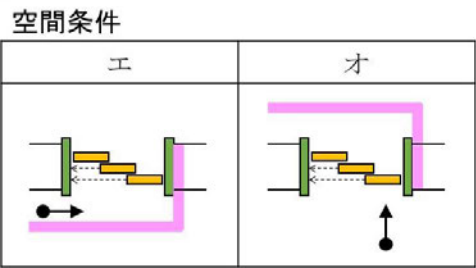
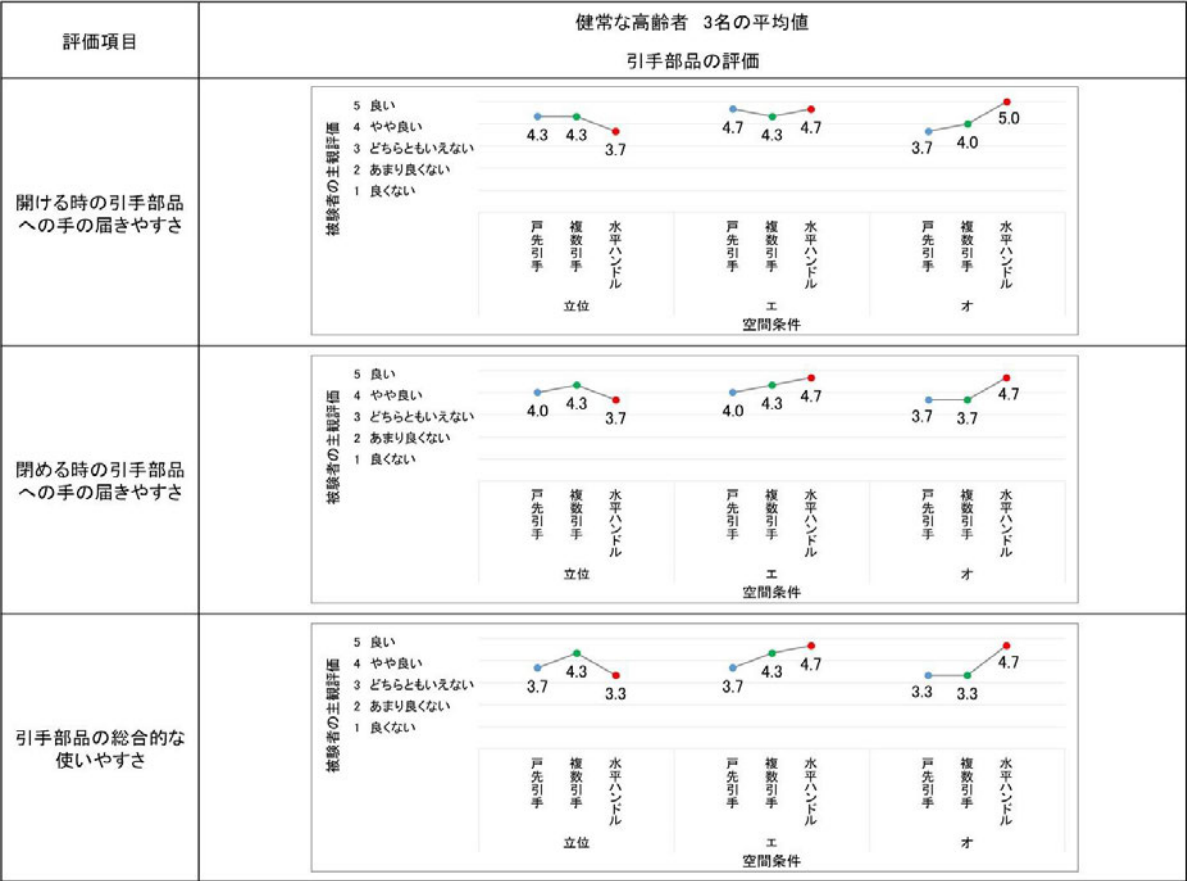


図 33 引手部品の評価（健常な高齢者）

◆開閉及び出入り時の姿勢（図 34）

健常な高齢者が車いすに乗った場合の前傾の程度及び手を動かす範囲について、実験を実施した空間条件エ、オの結果を以下に示す。

① 前傾の程度

戸先引手よりも複数引手、水平ハンドルの方が前傾の程度が減少する傾向が見られた。水平ハンドルで、より大きく減少している。

② 手を動かす範囲

戸先引手よりも複数引手、水平ハンドルの方が手を動かす範囲が減少する傾向が見られた。水平ハンドルで、より大きく減少している。

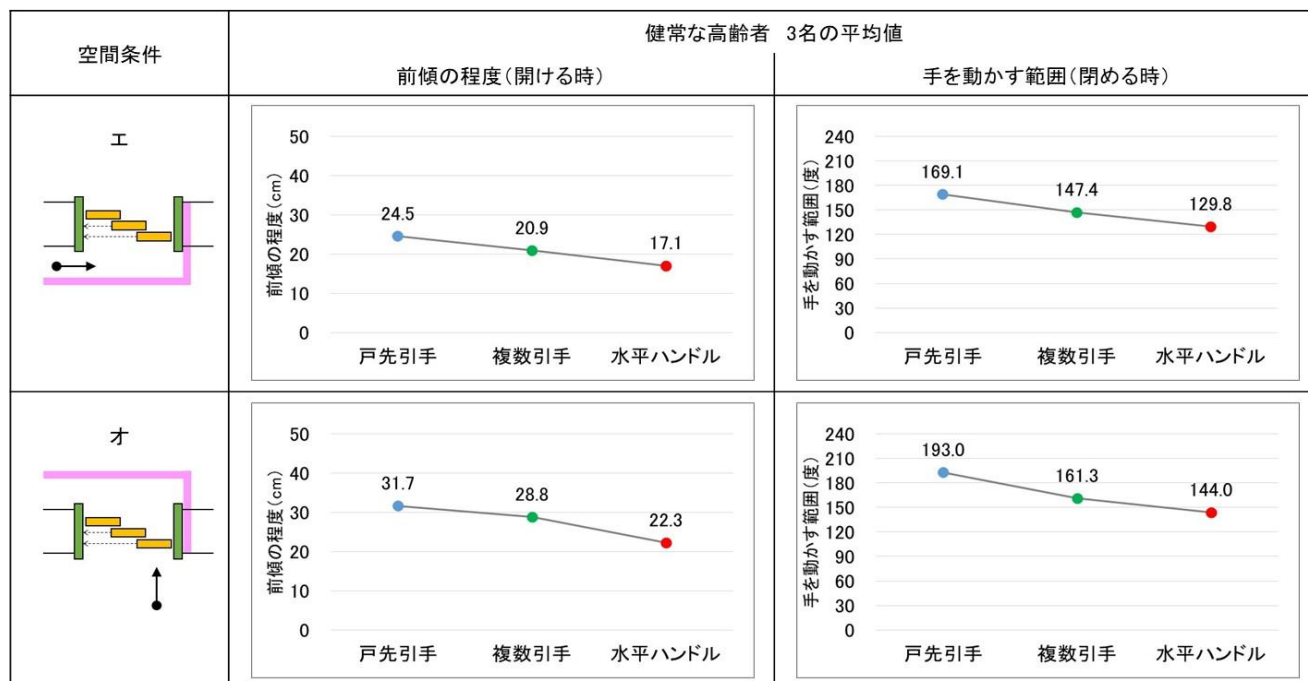


図 34 開閉及び出入り時の姿勢 (健常な高齢者)

◆車いすの旋回量 (図 35)

健常な高齢者が車いすに乗った場合の車いすの旋回量について、実験を実施した空間条件エ、オの結果を以下に示す。閉じ側が通路の状況を想定した空間条件オでは、戸先引手よりも複数引手、水平ハンドルの方が車いすの旋回量が減少する傾向が見られた。空間条件エでは、引手部品による差はあまり見られなかった。

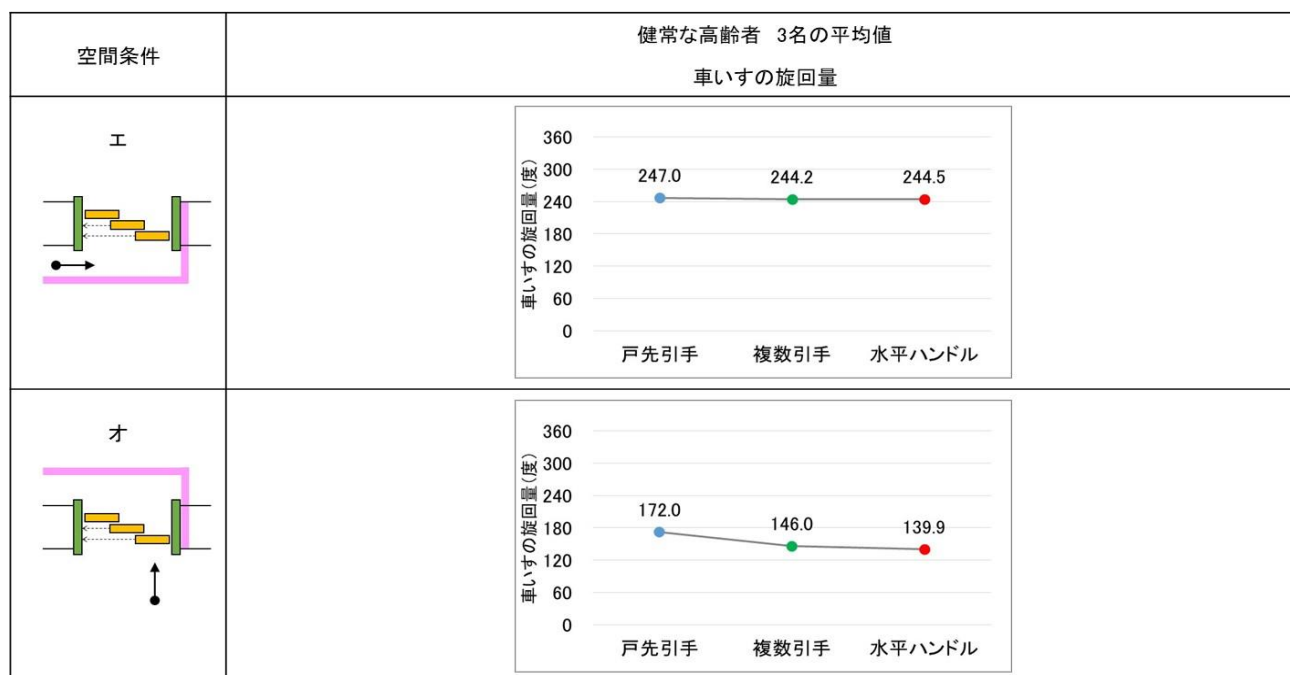


図 35 車椅子の旋回量（健常な高齢者）

（４） 考察（健常な高齢者）

本実験で確認した引手部品は、健常な高齢者の立位の操作時にネガティブな評価は聞かれなかったため、健常者も支障なく使用できると考えられる。

健常な高齢者が車いすに乗った場合の引手部品の評価では、一般的な引手部品である戸先引手でも出入りがしにくいなどの感想は聞かれなかった。自走式車いす常用者と比べると、他の引手部品よりも水平ハンドルの評価が高い傾向が見られた。車いす操作の熟練度が不十分なことに伴い扉開閉時の車いすの位置が安定しない影響で、引戸の幅方向の操作の自由度が高く、把持して操作できる水平ハンドルが評価されたと考えられる。また、自走式車いす常用者と同様に引手部品の総合的な使いやすさの評価が高い引手部品は、引手部品への手の届きやすさの評価も高い傾向があるため、車いす操作の熟練度に関わらず、戸先以外でも開閉操作ができることは重要な要素であると考えられる。

開閉及び出入り時の姿勢と車いすの旋回量に示した結果からも、引戸の開閉を戸先以外でできる引手部品は戸先引手と比べて身体を前後に動かす程度や車いすを切り返す程度が減少する傾向が確認できる。また、水平ハンドルでより顕著にこの傾向が表れている。これらは被験者の主観評価である引手部品の評価を裏付ける結果となっている。

以上より、車いすに乗り慣れていない方も自走式車いす常用者と同様に、開閉を戸先以外でできる引手部品は一般的な操作部品である戸先引手と比べて、操

作部品に手が届きやすくなり、身体を前後に動かす程度や車いすを切り返す程度が減少するため、使いやすいと感じられると考えられる。

また、車いすに乗り慣れていない方の場合は、扉の幅方向の操作の自由度が高く、把持して操作ができる水平ハンドルが特に有効だと考えられる。

ただし、水平ハンドルについて立位での引戸からの出入り時に「見た目が手すりのように見えるので、ハンドル部に手すりのように体重をかけそう。戸先側1点での固定では、強度面が不安」という意見も聞かれており、扉の内動側の面への取付に技術課題が残る。複数引手についても内動側の面の中央部の引手を持って開ける際に、「引手を操作する指が真ん中の扉との間で挟まれそう」との意見も聞かれており、水平ハンドルと同様に、扉の内動側への取付に技術課題が残る。

3.1.3 結論

本実験は、自走式車いす常用者を主に車いす利用時に使いやすい引戸の引手部品を明らかにする実験を行った。

主観評価の確認により、車いす利用時の引戸の開閉及び出入りにおいて、戸先以外で開閉操作ができる引手部品は一般的な戸先引手に比べて操作がしやすいことが分かった。併せて、引戸の開閉時に引手部品に手が届きやすいことは、重要な要素であることも分かった。

加えて、引手部品の形状だけでなく、より有効な引手部品の取付位置も確認することができた。具体には通路に平行に納められた引戸の通路側の面に設けることが特に有効であることが分かった。

また、開閉及び出入り時の姿勢と車いすの動きの分析から上記の主観評価の根拠に科学的にアプローチできた。

本実験では、車いす利用時の引戸からの出入りを配慮した場合、引戸の表裏面に戸先以外で操作できる引手部品を設けることが望ましいことが分かった。また、その引手部品の形状としては、扉の幅方向の操作の自由度が高く、把持性にも配慮された水平ハンドルが特に有効であることが分かった。一方で本実験の検討案として挙げた複数引手、水平ハンドルともに、扉の内動側の面への設置についての技術課題があることも改めて確認できた。複数引手を扉の内動側の面に設置する場合は、内動側の面の中央部の引手を持って扉を開ける際の非操作側の扉との間での指挟みへの配慮が必要であり、水平ハンドルを扉の内動側の面に設置する場合は、ハンドル部に手すりのように体重をかけても破損しないような取付強度の担保が必要である。

本実験を通して戸先以外で開閉操作ができる引手部品は引戸の通路側の面に設けることが特に有効であることが分かったため、扉の外動側の面を通路側に設定することで、上記の技術課題を回避しながらも車いす利用時の出入りのしやすさの向上に対して一定の効果が期待できる。

本実験で確認した引手部品は、立位での引戸からの出入りにおいてもネガティブな評価は聞かれていないため、健常者でも問題なく使用できると考えられる。将来的に車いすに乗ることも考慮して、新築やリフォームの段階から車いす利用時でも使いやすい引手部品や引戸の納まりの提案に繋がられると思われる。

なお、本実験では引戸の開閉操作を戸先以外でできることの効果を主に確認するために比較的有効開口が広く、開閉が軽い引戸を選定している。水平ハンドルについて「扉が重いと手が滑りやすいかも知れない」という意見が聞かれたように、引戸の特性に合わせた引手部品の検討も必要であると考えられる。今後も使用現場の実態に即した知見を深め、幅広い人に安全で使いやすい操作部品を追求していくことを期待する。

最後に、本実験からは、引手部品の形状だけでなく、より有効な引手部品の取付位置も確認することができたため、高齢者のみならず、車椅子利用者にとっての使いやすさという観点での製品評価基準が考えられる。このようなユーザ目線も考慮した製品開発を今後も継続していくことを期待したい。

3.2 手すりにおける実証実験（連携企業：マツ六株式会社）

3.2.1 目的

高齢者が自宅から屋外へ出る際、下肢筋力等の低下により靴の脱ぎ履き動作がしにくくなるため、留置型手すり（壁、床又は天井等につくって設置する意図で設計された手すり/以下、縦型手すりと呼ぶ）を設置し、安全を確保するケースが多い。本来の縦型手すりは、手すりを把持して立位姿勢などのバランスを保持することで安定性を確保するものである。しかし、高齢者や脳血管障害で片麻痺のある方は、手すりを把持せず手すりに身体をもたれながら靴の脱ぎ履きをしていると報告が上がっている。

手すりに身体をもたれる動作自体は、正しい使い方とは言えないが、そのような使い方をしている実態がある。縦型手すりに身体をもたれる場合、通常の把持以上に荷重が掛かることが想定される。

そこで、縦型手すりを把持した状態と縦型手すりにもたれかかった状態で、縦型手すりにかかる荷重量や姿勢の安定性等について実験を行い、荷重方向等を分析することで、もたれかかり動作等をしていても安全な縦型手すり製品の開発及び、縦型手すりの使い方の提案につなげる。また、高齢者が椅子から立ち上がる際、スムーズにお尻を持ち上げることができずに何度も反動をつけて立ち上がる姿を目にすることがある。膝関節や股関節に何らかの痛みを伴っている場合は、特に椅子からの立ち上がり動作が苦手になることが多い。安全な製品としての視点で手すりを制作するだけでなく、安全な動作を引き出せる手すりとして動作のユニバーサル化を目指して、立ち上がりに特化した手すりの制作している。

手すりのベースプレートに目印マーカを付けることで、誰もが安全に身体への負担を少なく立ち上がり動作ができるよう動作のユニバーサル化を目指した据置型手すりである。

高齢者が目印マーカールを見ることで安全に動作を行うことを目的として、手すりにかかる荷重量や椅子に加わる殿部の圧力を計測し、データ分析による安全な手すりの使い方の提案につなげる。

以上、2種類（縦型手すり、据置型手すり）の手すりに関する実験を実施した。

3.2.2 実施内容

3.2.2.1 実験協力者

実験協力者は、目黒区のシルバー人材センターに、65歳以上（65～77歳）の高齢者29名（男性14名、女性15名）を依頼した。

3.2.1.2 実験場所

国立大学法人東京工業大学工学院西田研究室

3.2.1.3 縦型手すりの実験

（1）実験方法

図36に実験装置に示す。縦型手すりの上下部に荷重センサを固定し、それぞれのセンサで3軸方向の荷重データを取得する。また、耐圧分散センサ足圧版（SR ソフトビジョン社製 / 以下、足圧センサと呼ぶ）を利用して、足裏の荷重及び重心動揺のデータを取得した。また、実験協力者の動作を記録するために、マイクロソフト社の Azure Kinect カメラを設置して、深度データを取得した。今回、プライバシーの観点からカラー動画の取得は行わない。

計測終了後には、縦型手すりにかかる荷重やバランスについて、計測結果と実験協力者被検者の感覚の差異を確認するために、簡単なインタビューを実施した。



図36 縦型手すり用の実験装置と軸方向の例

(2) 実験条件

実験は、3種類の条件を設定して実施した。

(ア) 条件1 縦型手すり把持なし (図 37 左図)

実験協力被検者は、靴を履いた状態で足圧荷重センサに乗り、縦型手すりを使わず右片足立ちになり、左足に履いている靴を脱ぐ動作を行った。その際、被検者の重心の軌跡を足圧荷重センサで計測した。

(イ) 条件2 縦型手すりを把持する (図 37 中央) (以下、手すり把持)

実験協力被検者は、靴を履いた状態で足圧荷重センサに乗り、右手で縦型手すりを把持して右片足立ちになり、左足に履いている靴を脱ぐ動作を行った。その際、実験協力被検者の重心の軌跡を足圧荷重センサで計測し、かつ右手が縦型手すりにかかる荷重量を荷重センサフォースゲージで計測した。手すり把持では手すりには何も巻かず手すりを把持できるようにした。

(ウ) 条件3 縦型手すりにもたれかかる (図 37 右図) (以下、手すりもたれ)

実験協力被検者は、靴を履いた状態で足圧荷重センサに乗り、右肩を縦型手すりにもたれかかるようにして右片足立ちになり、左足に履いている靴を脱ぐ動作を行った。その際、被検者の重心の軌跡を足圧センサで計測し、右肩の縦型手すりにかかる荷重量を荷重センサで計測した。当該実験では、安全を担保するため手すりもたれでは手すりに専用のクッションを巻いて実施した。

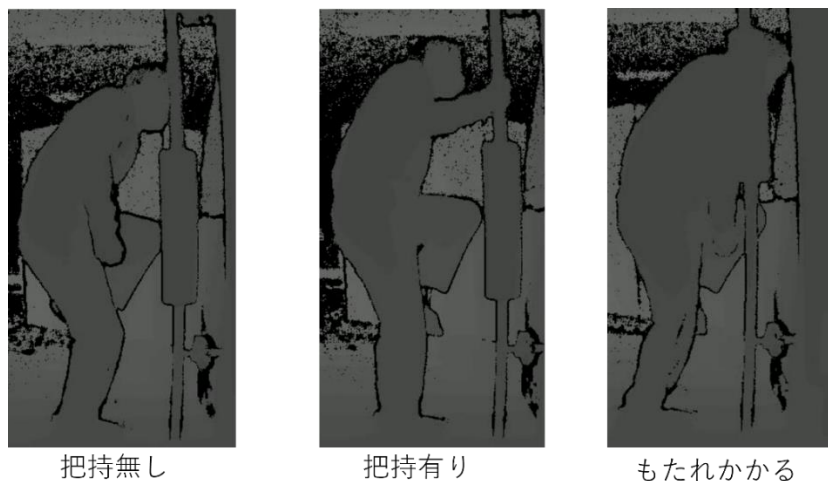


図 37 実験条件 (左：把持無し、中央：把持有り、右：もたれかかる) 事例

(3) データ分析

① 重心動揺

足圧センサで取得した重心動揺データから、手すり把持なしで靴を脱ぐ動作と手すり把持有り時で靴を脱ぐ動作の差分、及び手すり把持なしで靴を脱ぐ動作と手すりもたれ時の動作重心動揺との差分を分析した。

図 38 に重心動揺事例と移動幅の算出事例を示す。X 方向、Y 方向の移動幅の最大・最小値の差分を 3 つの条件全てで実験協力者毎に算出し、以下の式で箱ひげ図を作成して分析を行った。各条件についてそれぞれ 2 回ずつ計測しているため、数値は平均値を使用した。

- ・手すり把持有りデータ値 - 手すり把持無しデータ値 ①
- ・手すりもたれデータ値 - 手すり把持無しデータ値 ②

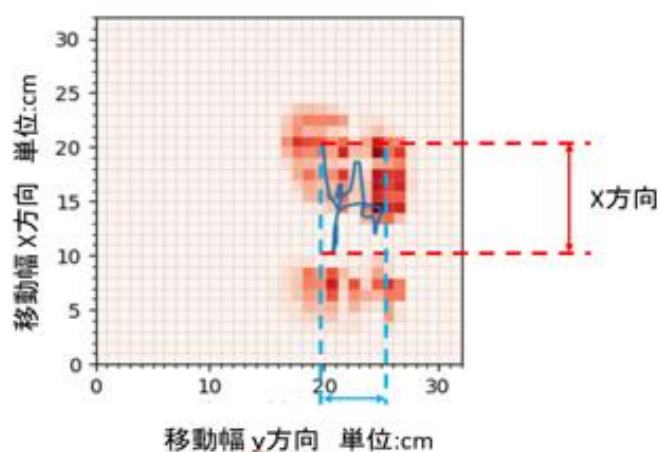


図 38 重心動揺事例と移動幅算出事例

図 39 左図は、①の式からグラフ化したものである。X 方向、Y 方向共にグラフの 75%以上がマイナス値であることから、手すり把持有りは、手すり把持無しの場合より移動幅が小さいことがわかる。

図 39 右図は、②の式からグラフ化したものである。X 方向に関しては、全体の 75%程度がマイナス値であり、手すりにもたれる場合は手すり把持無しの場合より移動幅が小さく、Y 方向は、ゼロ点付近で均衡しているため、移動幅はさほど変わらない。

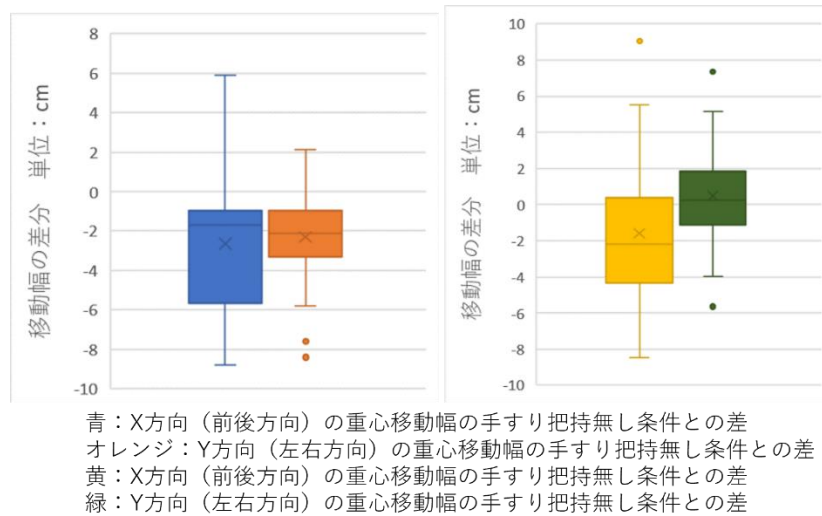


図 39 重心動揺データからの差分（右：手すり把持時、左：手すりもたれ）

② 荷重センサによる縦型手すりに掛かる荷重分析

荷重センサで取得したデータを分析した。図 40 に荷重センサの軸方向の事例を示す。実験協力者は、縦型手すりに対して、左手前の足圧センサ部に位置する。この場合の荷重センサの軸方向は、左右方向に X 軸（左がプラス方向）、上下方向に Y 軸（下がプラス方向）、前後方向（手前がプラス方向）が Z 軸である。

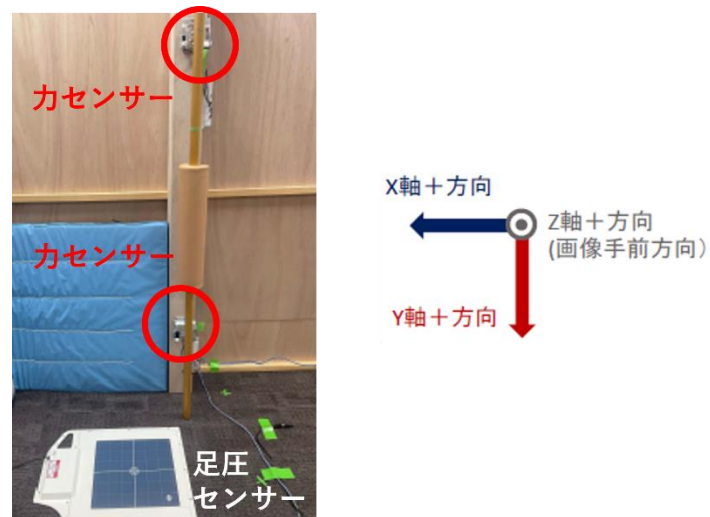


図 40 荷重センサの軸方向事例

それぞれの軸毎に縦型手すり把持時、縦型手すりもたれ時の荷重を整理し、箱ひげ図としてグラフ化したものが図 41 である。

手すり把持時は、Y 軸がプラス方向の傾向が少し強く、X 軸、Z 軸も少なからずプラ

ス方向の力が出ている。これは、実験協力者が動作中に自身の方向に引いていることを示唆していると考えられる。

手すりもたれ時には、Z軸がマイナスの力が計測されている。これは、もたれ時に肩等の手すりとの接触部で壁方向に押していることに示している。

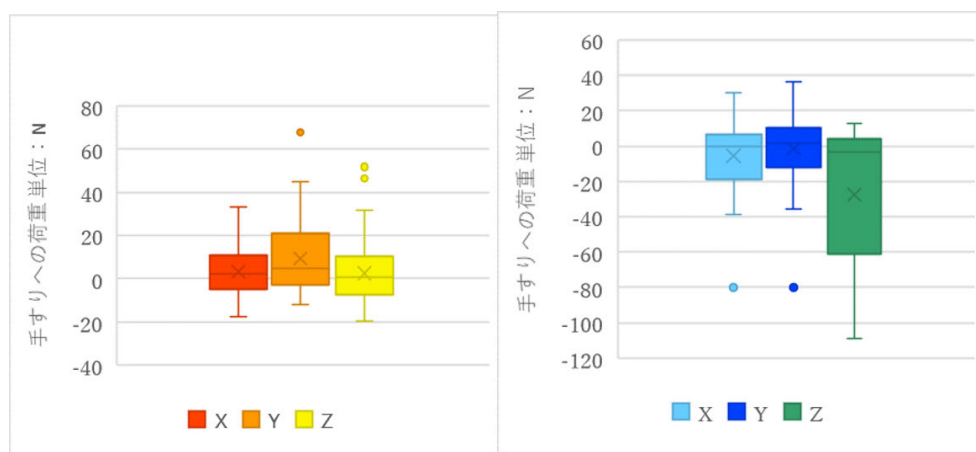


図 41 荷重センサの分析結果（左：手すり把持時、右：手すりもたれ時）

（４）結果

65 歳～77 歳の男女計 29 名を対象に、靴を脱ぐ動作を行うときに手すりを把持する場合、及び手すりにもたれかかる場合に、手すりの使用方法に関する動作を、荷重センサ等を利用して科学的に計測した。

縦型手すりに掴まることなく姿勢保持具なしで靴を脱ぐ際は、右足底部の中心より前足部で体重を支えることでつま先立ちに近い姿勢をとる傾向があることが分かった。

縦型手すりを把持する場合では、手すり把持なしとは異なり、右足底部の中心より踵部で姿勢バランスを保持することが重心動揺の結果から得られた。

縦型手すりにもたれた場合は、手すりを把持しない場合と類似した右足底部の中心より前足部で姿勢バランスを保持すること重心動揺の結果から得られた。

実験終了後のインタビューでは、通常使いの手すり把持の場合、感覚的ではあるが「支えているだけで押し引きしている感覚はない」、「押しても引いてもいない」、「手すりは押している感じ」といった回答が多く、「感覚的には引いている」という声も聞かれた。実際の実験では、自身の方向に引いている結果が得られており、実験協力者のイメージに差異が生じている。高齢者が転倒した際に原因がわからないと訴えるのは、不安定な姿勢や危険な動作と自身のイメージに差異が生じていることに気がつかないことによる可能性が高いと考えられる。また、手すりにもたれかかる場合においては、「もたれかかる

のは不安」、「もたれると体が傾く」といった声が聞かれた。これは、もたれかかる行為自体が日常生活の中で行われることは少なく、初めての方も多くおり、不安に感じたと推察される。

3.2.1.4 据置型手すりの実験

(1) 実験方法

図 42 に実験装置に示す。据置型手すりの両端ポール中央部付近に荷重センサを固定し、それぞれのセンサで 3 軸方向の荷重データを取得する。また、耐圧分散センサ数値版（SR ソフトビジョン社製 / 以下、体圧センサと呼ぶ）を利用して、臀部の荷重及び重心動揺のデータを取得した。また、実験協力者の動作を記録するために、マイクロソフト社の Azure Kinect カメラを設置して、動画を記録した。

計測終了後には、据置型手すりにかかる荷重やバランスについて、計測結果と実験協力者被検者の感覚の差異を確認するために、簡単なインタビューを実施した。



図 42 据置型手すりの実験装置例

(2) 実験条件

実験は、2 種類の条件を設定して実施した。

(ア) 条件 1 目印マーカークなし（以下、マーカークなし）

実験協力者は、両手で手すりを把持して、何も意識せずに普段通り立ち上がる。その際、殿部の圧力を体圧センサで計測し、かつ両手が手すりにかかる荷重を荷重センサで計測した。

(イ) 条件 2 縦型手すりを把持する目印マーカークあり（以下、マーカークあり）

実験協力者は、両手で手すりを把持して、手すりの間から目印マーカークを覗き込みながら立ち上がる。その際、被検者の殿部の圧力を体圧センサで計測し、両手が手すりに

かける荷重量を荷重センサで計測した。目印マーカ一例を図 43 左に示し、目印マーカを覗き込みながらの立ち上がり使い方事例を図 43 右に示す。



図 43 目印マーカ一例（左）と使い方事例（左）

（３）データ分析

① 姿勢分析

Azure kinect を使って取得したデータから、マーカなし時の動作を基準とし、マーカあり時の頭部位置の差分を分析した。

図 44 に頭部位置の差分分析例を示す。オレンジで示す範囲が下方方向の移動幅、青で示す範囲が前方方向の移動幅、緑が頭部の移動軌跡である。

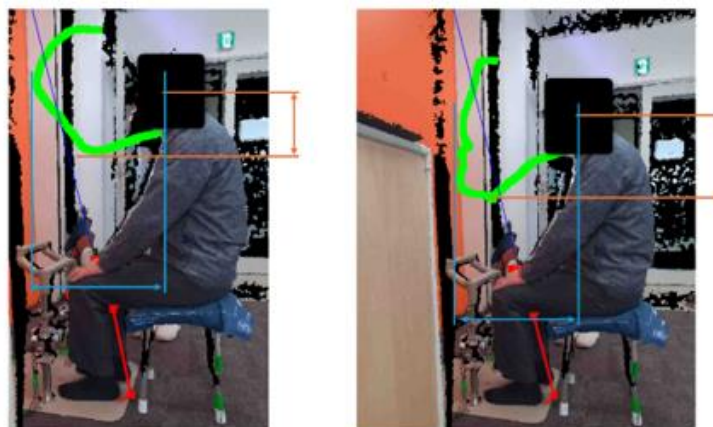


図 44 頭部の差分分析例

マーカなし時の動作を基準とし、マーカあり時の頭部の下方方向の移動幅の差分を分析した。図 45 に頭部位置の分析（下方方向）結果を示す。マーカなしとマーカありで、同程度の移動幅の場合は、図の青色点線上に位置する。青色点線上よりも上側はマーカありの方が頭を深く下げていることを示しており、多くの被験者が頭を深く下げている事が判明した。

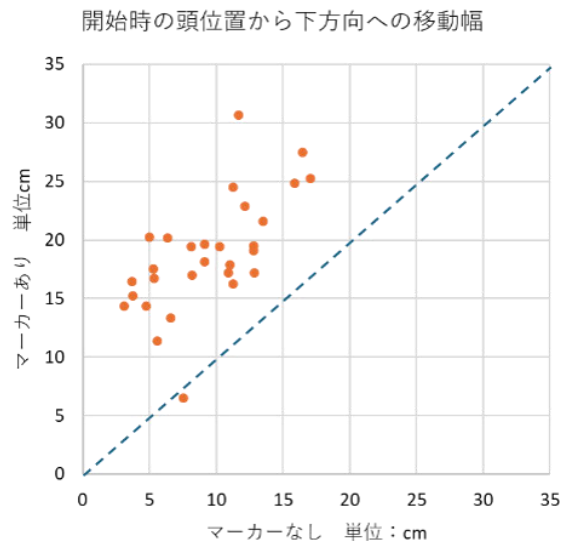


図 45 頭部位置の分析（下方向）

図 46 に前方向の頭部位置分析結果を示す。マーカーなし時の動作を基準とし、マーカーあり時の頭部の前方向の移動幅の差分を分析した。マーカーなしとマーカーありで、同程度の移動幅の場合は図の青色点線上に位置する。青色点線を中心とし、上下に同数程度分布しており、前方向への移動については大きな違いは見られなかった。

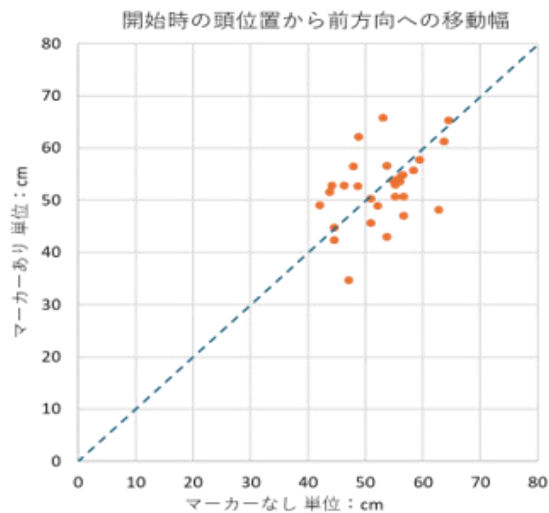


図 46 頭部位置の分析（前方向）

② 荷重センサによる据置型手すりに掛かる荷重分析

荷重センサで取得したデータを分析した。図 47 に荷重センサの軸方向説明図を示す。実験協力者は、据置型手すりを正面にして、手前の体圧センサが敷いてある高さ

40cm の椅子に壁に向かって座る。この状態から据置手すりを両手で持つので、荷重センサの軸方向は、左右方向に X 軸（右がプラス方向）、上下方向に Z 軸（上がプラス方向）、前後方向（奥側がプラス方向）が Y 軸である。



図 47 荷重センサの力の方向説明図

荷重センサで取得した荷重データを基に元に、鉛直下向きの荷重と前方への荷重の最大値について、マーカありのデータからマーカなしのデータを引いた差分をプロットした結果を図 48 に示す。

鉛直下向き及び前方への荷重がどちらも減少した被験者は 29 人中 8 人いた。鉛直下向き、もしくは前方への荷重が増加した被検者は 29 人中 21 人となり、その中でも鉛直下向きへの荷重が増加した被験者が 16 人と最も多い事がわかった。
以上の事から、マーカを見ることで据置型手すりに荷重をかけて立ち上がりすることができている結果となった。

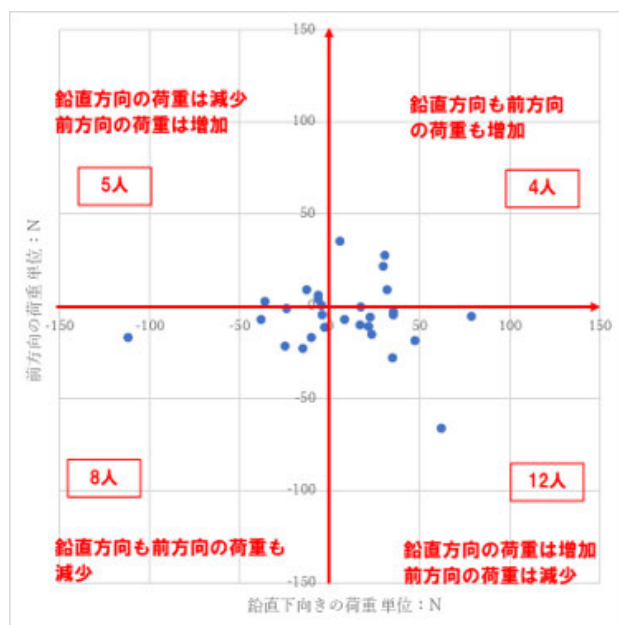


図 48 荷重センサによる荷重最大値

(4) 結果

椅子からの立ち上がり動作では、身体重心を前方へ移動させ殿部の荷重を足部に移行することが重要である。体圧センサの結果から、マーカーなしでは殿部に荷重されたままの状態から勢いで立ち上がる結果が得られた。マーカーありでは殿部の荷重がなくなった状態から立ち上がる結果が得られた。立ち上がりの動画からは、マーカーなしで立ち上がり動作を行うと、反動をつけて骨盤を前傾し立ち上がるのに対して、マーカーありでは分析結果から、目印マーカーを覗き込むことで頭部が下方向へ移動し、骨盤を前傾してから立ち上がる結果であった。前方向への荷重についても、マーカーなしに比べマーカーありでは荷重が減少している傾向が見られ、手前に引いて使用する動作が軽減されていた。

今回の実験協力者は、元気高齢者の方が殆どであったため、下肢筋力等の低下も殆ど見られない。そのため、日常の立上り方が一番楽に立てると回答された方が多かった。この点については、将来的に下肢筋力が低下している高齢者を対象に実施する等、更なる実験サンプル数を増やすことが望まれる。

目印マーカーなしでは、普段通りの立ち上がり方ができており、被検者自身は立ち上がりやすいという感覚であった。本来の立ち上がり動作では、殿部離床時の骨盤の前傾による前方への重心移動と重心の上方移動時の膝関節を伸ばす動作が重要となる。しかし実験結果からは、前方への重心移動が反動をつけて行われていることや手すりを引っ張ることで行われていることがわかった。これは、失敗すると尻もちをついて後方へ転倒することとなり、圧迫骨折などを引き起こす要因になりかねない。高齢者は、股関節や膝関節や足関節の可動性が低下することにより、反動をつけて立ち上がるのが習慣づいていることが考えられる。

目印マーカーありでは、普段通りの立ち上がりができず、被検者自身は立ちにくいと感じることや姿勢の前傾に抵抗を示すことも少なくなかった。しかし、実験結果からは、目印マーカーを覗き込むことで骨盤が前傾し殿部から足部への重心の前方移動が見られ、手すりを引っ張る力は減少し、手すりにしっかり荷重をかけて立上りが行われる結果となった。重心の前方移動が確保できたことにより殿部離床が容易になるとともに、下肢の支持性も得られやすくなることから重心の上方移動のための膝を伸ばす動作時にも手すりを利用した安定した立上りがおこなわれる結果となった。重心の前方移動の重要性について理解されている被検者は立ち上がりやすいと体感するとともに、膝関節や下肢の筋力への負担が減っていることを感じる事ができた。

3.2.3 結論

今回、実験協力者はシルバー人材センター登録者の方であり、基本的に元気な高齢者であった。高齢者は加齢と共にサルコペニアと呼ばれる筋力が低下していく状態に移行していくとされる。このように、身体機能が変化していく過程では、福祉製品もそれに合わせ

た選択をしていく必要があり、生活スタイルも多様化しているため、様々な福祉用具も製品化されているが、立位時の姿勢保持には、やはり手すりという選択がなされる可能性が高いことから、今回の実験結果から製品として手すりを制作するだけでなく、安全な手すりの使い方を探求することが必要であると示唆された。

据置型手すりについては、安全に手すりを使い続けてもらうためにつけたベースプレートが目印マーカの有効性が示唆された。この目印マーカを覗き込むことで、誰もが理想的な立ち上がり動作ができるようになり、動作のユニバーサル化による転倒防止を考えた手すりの製品化の取り組みを期待するとともに、立上り方をも含めた付加機能付き製品といった評価基準も新しい取り組みとして良いのではないか。また、高齢者には、正しい立上り方を学んでもらうと共に、広報活動も広く実施していくことも期待したい。

3.3 虚弱～要介護高齢者の使用テーブル高の違いによる生活動作の安全性（連携企業：ピジョンタヒラ株式会社）

3.3.1 目的

認知、身体機能が低下している高齢者で、高齢者施設等（以下、施設等という）を利用している方は、施設等に設置されている既製品のテーブルを使用されている。

しかし、人の身体に合った高さで使用されていないケースが多く見受けられている。テーブル高さが合わないと、身体機能が低下している高齢者は、立ち座りの時に下肢や腕などに力が入らない為、転倒事故を起こしたり、食事動作においては、上肢筋力や手指の巧緻性の低下、嚥下反射の遅延により、誤嚥発生リスクを高める可能性も示唆されている。

本実証実験では、高さを可変できる昇降テーブルを用い、身体特性とテーブルの高さ（椅子の座面からテーブルの天板までの高さ）の組み合わせによって、上下肢の関節可動域並びに動作がどの様に変化を生じるのかを、分析し高齢者にとって、安全なテーブルの高さ調整の在り方と有用性についてエビデンスを取得する事を目的とした。

3.3.2 実験内容及び実験方法

【実験内容】

高齢者の摂食嚥下動作や立ち座り動作などリビングテーブル（以下、テーブルと呼ぶ）が関係する動作に関して、高齢者の身長や円背（えんぱい）の有無などの身体特性によって動作しやすいテーブルの高さは、異なる。そのため、高さを変更可能な昇降テーブルを用いて、「起立動作」と「摂食嚥下動作」の2つの動作から、高齢者の身体的特性とテーブルの高さの関連性について実験を行った。

【実験方法】

I. 起立動作

- ① 実験協力者に普段利用している標準的な椅子に座ってもらい、座高を計測する。

- ② 次に、普段利用している既製品テーブルの平均の高さ 70 cm（以下では、標準高とする）と椅子（座面高 42 cm）に着座して、立ち座り動作を行なう。この時、椅子に座った状態から両手をテーブル上に乗せ、手を着きながら起立動作を行う。その様子を RGBD カメラで撮影する（図 49）。
- ③ 次に、テーブルを適切とされる差尺（テーブルの天板までの高さ、と、椅子の座面までの高さの差が座高の 1/3）に調整し、その環境で立ち座り動作を行なう。
- ④ ②と同様に起立動作を行い、同様に RGBD カメラで撮影する。
- ⑤ 円背等の高齢者では、適切とされる差尺が適用できない場合もあるため、実験協力者の身体状況に応じてテーブル高を計算して可変させ、③の動作を行う。

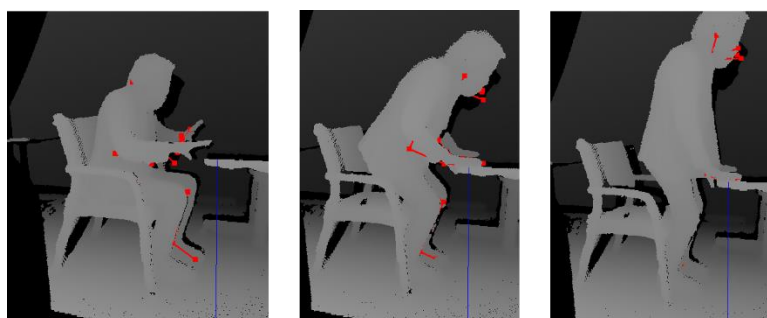


図 49 RGBD カメラで起立動作を撮影した様子

【測定項目】

I. 起立動作

テーブルの高さ条件ごとに、RGB-D カメラのデータを用いて、以下 4 つの項目を算出した。それぞれの距離については、図 50 に示す。

- A) 「立ち上がり時間」：座位から正立位になるまでの時間
- B) 「頭部移動距離」：頭部の移動軌跡に沿った移動距離
- C) 「前方方向への最大移動距離」：頭部の移動軌跡のうち前方方向への最大移動距離
- D) 「鉛直方向への沈み込み距離」：頭部の移動軌跡のうち鉛直方向への沈み込み距離

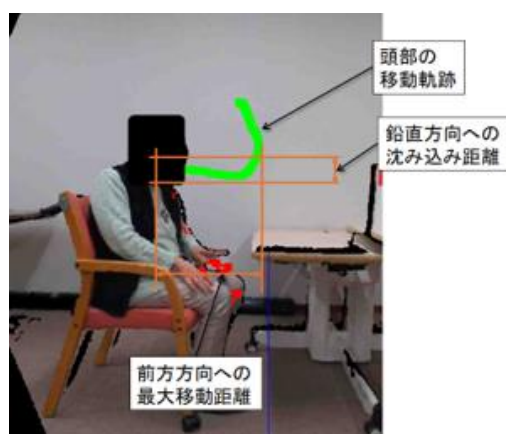


図 50 算出した頭部に関する各距離

II. 食事（摂食嚥下）動作

【実験方法】

- ① 実験協力者に普段利用している標準的な椅子に座ってもらい、座高を計測する。
- ② 次に、普段利用している既製品テーブルの平均の高さ 70 cm（以下では、標準高とする）と椅子（座面高 42 cm）に着座し、※試験食を用いて食事を行なう。
- ③ 次に、テーブルを適切とされる差尺（テーブルの天板までの高さと、椅子の座面までの高さの差が座高の $\frac{1}{3}$ ）に調整し、その環境で②同様に試験食を用いて食事を行ない（一般的なカメラと RGB-D カメラで記録する。（図 51））
- ④ 円背等の高齢者では、適切とされる差尺が適用できない場合もあるため、実験協力者の身体状況に応じてテーブル高を計算して可変させ、③の動作を行う。

※試験食具は、食事動作に差異が生じないよう、市販品のプリンを所定の小鉢に移し、所定の介護用スプーン（図 52）を使用した。

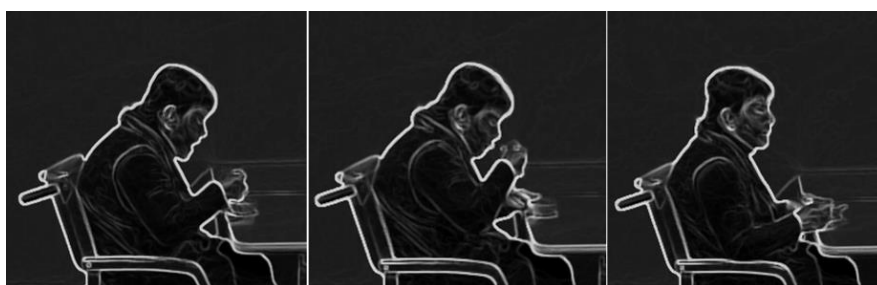


図 51 食事（摂食嚥下）動作の様子



図 52 試験食での食具

【測定項目】

① 摂食開始時の顔面の対地面角度

(スプーンがプリンに接触した時の顔面の地面に対する顔面角度)

② 摂食終了時の顔面の対地面角度

(スプーンを口中に捕食した瞬間の、顔面の地面に対する角度)

※顔面の平面は、「眉部」と「上唇」を結んだ面とする。キャプチャ画像にかき込んだ、「顔面」と「地面」の作る角を、1度範囲で読む。(図 53 では 43 度)

③ 捕食時間

小鉢を天板に置いたままの場合；1口目のスプーンがプリン接触から2口目捕食終わりまで。

小鉢を手を持つ場合；左手で小鉢に触れた時点から2口目捕食終わりまで。



図 53 カメラ画像から各角度を算出する例

【実験協力施設】

①特別養護老人ホーム うきま幸朋苑（東京都北区）12名

②社会福祉法人寿楽園 川崎事業所 ケアハウス青田風（神奈川県川崎市）5名

【実験協力者条件】

実験対象となる被験者は、介護施設に入居されている高齢者とした。被験者選定の条件として、（今回同意を得た高齢者は、要支援 1～要介護 4 まで）

- ・自身で立ち座り可能な方
- ・摂食嚥下機能に問題がない方
- ・意思疎通の可能な方

を対象とし、事前に施設担当者、施設長に実験趣旨、実験内容を説明した上で、実験に肉体的・精神的に協力可能な方を選定し、かつ、ご本人、ご家族（本人の意思確認に不安があるときのみ）への説明を行い、了承（同意書への署名）を得られた方とした。

【実験協力者情報】

予め実験に必要な被検者の身体的特性についてデータを聴取し円背・亀背などにより正確な身長が計算できない場合は、座面から頭頂部までの座高を実測し、適正な差尺（座高の1/3）を割り出し、テーブルの適正高を決定した（表4）。

平均年齢 89.64 歳・男性 2 名女性 15 名

表 4 協力者情報シート

ID No.	性別	年齢	推定身長	実測座高	実測差尺	適正高	標準高と適正高の差
U001	女	94	145.48	69	23	64	6
U002	女	89	148.63	71	24	65	5
U003	女	94	141.94	70	24	65	6
U004	女	90	147.65	69	23	64	6
U005	女	88	152.27	72	24	65	5
U006	女	95	147.15	69.5	23	64	6
U007	女	93	150.00	74	25	66	4
U008	女	90	145.88	70	24	65	6
U009	男	77	163.57	83	28	69	1
U0010	女	82	152.87	73	25	66	5
U0011	男	85	170.43	85	29	70	1
U0012	女	88	144.31	62	21	62	8
J001	女	80	150.42	74	25	66	4
J002	女	94	151.67	72.5	24	65	5
J003	女	93	144.69	63.5	21	62	8
J004	女	96	143.51	72	24	65	5
J005	女	96	146.16	69	23	64	6

推定身長の算出方法⁶

男性； $64.02 + \{ (\text{下腿長cm} \times 2.12) - (\text{年齢} \times 0.07) \}$

女性； $77.88 + \{ (\text{下腿長cm} \times 1.77) - (\text{年齢} \times 0.10) \}$

※160 cm以上の方は、テーブル高 70 cmが適正差尺の方もいた。70 が低すぎる（マイナス）方は居なかった。

3.3.3 計測結果

I. 立上り動作における実験

17 名を対象に実験を行ったが、立ち上がることができなかつたり、テーブルから手を離して自立することが難しかったりする方がいることが分かったため、10 名のデータを対象

⁶ 宮澤 靖、近森正幸、内山里美ほか、Knee-Height 法の方法と問題点、臨床栄養 107（4）：411-416、2005

に分析を行った。実験は各条件で2回ずつ実施した。2回のデータの平均値をまとめた結果を表5に示す。

表5 立上り動作実験の結果

ID	立ち上がり時間(秒)		頭部移動距離(cm)		前面方向への最大移動距離(cm)		鉛直方向への沈み込み距離(cm)	
	標準高 70cm	適正高	標準高 70cm	適正高	標準高 70cm	適正高	標準高 70cm	適正高
J004	2.4	1.8	31.1	36.3	12.1	20.3	0.2	0.4
J005	5.6	4.0	40.7	41.4	18.1	23.3	2.6	2.0
U001	2.3	3.1	47.9	53.1	24.3	35.5	3.7	0.3
U004	1.7	1.6	59.1	65.5	29.8	38.6	7.0	6.6
U006	3.6	3.0	77.2	70.7	41.1	34.8	10.9	10.0
U007	3.7	2.9	73.7	75.4	39.8	41.1	4.1	4.8
U008	2.1	2.2	45.1	47.6	25.5	34.8	0.8	1.0
U009	3.6	3.2	64.2	58.5	42.5	42.3	4.8	4.5
U010	3.1	3.1	65.2	70.0	36.5	39.1	4.3	6.3
U012	3.6	2.0	41.6	33.2	19.1	12.9	1.9	2.6

II. 食事動作における実験

摂食嚥下動作の実験では、17名分のデータを取得し、分析を行った。取得したデータを表6に示す。

表 6 摂食嚥下動作取得データ

	70cm天板高				座高1/3差尺天板高				差の差	座高	適合テーブル高	差尺	70	置/持	前傾動	適正	置/持	前傾動
	挿食始 角 度	挿食終 角 度	差	挿食始 角 度	70cm との差	挿食終 角 度	70cm との差	差										
J01	43	26	17	38	-5	26	0	12	5	74	66	24.667	20.08	持	－	22.17	持	－
J02	31	28	3	37	6	31	3	6	3	72.5	65	24.167	27.21	置	＋	35.12	置	＋
J03	17	10	7	33	16	18	8	15	8	63.5	62	21.167	14.1	持	－	22.24	持	－
J04	11	21	-10	21	10	23	2	-2	8	72	65	24	10.05	持	－	12.17	持	＋
J05	23	31	-8	29	6	31	0	-2	6	69	64	23	14.01	置	＋	20.2	持	－
U01	23	37	-14	25	2	39	2	-14	0	69	64	23	14.15	置	＋	15.27	置	＋
U02	35	13	22	40	5	5	-8	35	13	71	65.5	23.667	7.02	置	＋	12.22	置	＋
U03	23	10	13	30	7	5	-5	25	12	70	65	23.333	21.21	置	＋	21.09	置	＋
U04	37	46	-9	40	3	44	-2	-4	5	69	64	23	7.13	置	＋		持	－
U05	19	28	-9	23	4	39	11	-16	7	72	66	24		置	＋		置	＋
U06	34	33	1	45	11	49	16	-4	5	69.5	65	23.167	9.28	置	＋	9.02	置	＋
U07	30	33	-3	35	5	36	3	-1	2	74	66.5	24.667		置	＋		置	＋
U08	20	35	-15	27	7	38	3	-11	4	70	65	23.333	6.21	置	＋	7.01	置	＋
U09	40	36	4	41	1	34	-2	7	3	83	69	27.667	8.18	置	－	9.09	置	－
U10	23	10	13	27	4	16	6	11	2	73	66	24.333	11.03	置	＋	13.03	置	＋
U11	32	6	26	29	-3	21	-7	8	18	85	69	28.333	16.4	置	－	14.13	置	－
U12	19	9	10	35	16	17	8	18	8	62	62	20.667		置	－	29.26	置	＋

3.3.4 データ分析結果・考察

I. 立上り動作における実験

立ち上がり動作では、個人の身長や身体機能の状態による影響があるため、個人の中でテーブル高さの違いによる効果を分析した。具体的には、算出した4つの値について、標準高（70cm）の場合の結果から、個人に合わせた適正高の場合の結果を引いて差分を算出した。その結果を表7に示す。これにより、立ち上がり時間については、正の値（プラスの値）になっていれば、標準高の方が立ち上がりに長く時間が掛かっており、逆に負の値（マイナスの値）になっていれば、適正高の方が立ち上がりに長く時間が掛かっていることを示す。頭部移動距離、移動距離、沈み込み距離についても同様に、正の値（プラスの値）になっていれば、標準高の方が長く・深くなっており、逆に負の値（マイナスの値）になっていれば、適正高の方が長く・深くなっていることを示す。

表 7 個人別テーブルの高さごとの比較

ID	立ち上がり時間 (秒)	頭部移動距離 (cm)	前面方向への最大移動距離(cm)	鉛直方向への沈み込み距離(cm)
J004	0.57	-5.20	-8.22	-0.28
J005	1.57	-0.77	-5.15	0.53
U001	-0.80	-5.16	-11.16	3.33
U004	0.03	-6.48	-8.77	0.40
U006	0.65	6.48	6.27	0.89
U007	0.82	-1.69	-1.32	-0.68
U008	-0.12	-2.52	-9.32	-0.14
U009	0.43	5.72	0.23	0.25
U010	0.00	-4.79	-2.63	-1.94
U012	1.55	8.37	6.26	-0.68
平均値	0.47	-0.60	-3.38	0.17

※標準高と適正高の差分を算出し、値が（+）の場合は、黒字で表示し、値が（-）の場合は赤字にした。

結果をまとめると、以下の通りであった。

A) 「立ち上がり時間」

・適正高 < 標準高（時間の差異がマイナス 2 名）

・適正高 > 標準高（時間の差異がプラス 8 名）

（※差が 0.00 秒となっている 1 名については、RGB-D カメラのフレーム数から時間を算出し、小数点第二位までの表示としているため、0.00 秒となっているが、フレームの差があり、差は正の値であった。）

・適正高の方が、立ち上がりに掛かる時間が短くなる。

B) 「頭部移動距離」

・適正高 < 標準高（長さの差異がマイナス 7 名）

・適正高 > 標準高（長さの差異がプラス 3 名）

・適正高の方が、頭部の移動距離が長くなっている。

C) 「頭部の前方方向への最大移動距離」

・適正高 < 標準高（長さの差異がマイナス 7 名）

・適正高 > 標準高（長さの差異がプラス 3 名）

・適正高の方が、頭部を前方方向に大きく動かすことができている。

D) 「鉛直方向への沈み込み距離」

・適正高 < 標準高（長さの差異がマイナス 5 名）

・適正高 > 標準高（長さの差異がプラス 5 名）

・テーブル高さの違いでは、差が見られなかった。

【考察】

I. 立上り動作の分析結果について考察

高齢者の身体的特徴によって、個々にテーブル高を、座高の 1/3 の差尺に調整した際に生ずる項目の差異を確認検証した。

以下は、テーブルの高さを適正の高さにした際の評価である。

・立ち上がり時間が平均 0.47 秒早い

＝高さ調整した方が、スムーズに立ち上がり動作を行っている・・・80%

・頭部移動距離が平均 0.6cm 長い

＝高さを調整した方が大きく安定した動きで起立動作を行っている・・・70%

・前方方向への最大移動距離が平均 3.38cm 長い

＝高さを調整した方が大きな円弧を描くようにして体重移動を行っている・・・70%

・鉛直方向への沈み込み距離は差が認められず

＝今回の研究対象者では差異が見られなかった。立ち上がり時にテーブル天板に手を着いて支えなくても上がれる方や、天板に手を着かず、テーブルの縁を掴まないと立ち上がりが難しく、その場合にはテーブルを引き寄せるような動きになり、頭部が水平に移動する方もいるなど、身体機能の幅があることで、テーブル高さの条件による違いが明確にできなかったと考えられる。

下肢筋力の低下した高齢者が取りがちな頭部を垂直に引き上げる立ち上がり方は、身体機能的にも、バランス保持の上でも困難であり、転倒リスクを高める。安全に立ち上がり動作を行うためには、①支持基底面をできるだけ大きく取り、②お辞儀をするように頭部を下げ、③前方に重心を移しながら、④ゆっくりとおしりを浮かせ、⑤最後に頭部を鉛直方向に移動させることが重要で、転倒の防止に繋がり望ましいと言われている。

今回の実験においても、適正のテーブル高さにすることで、立ち上がり動作時に、大きく円を描く様に重心を移動させ（頭部の重心移動距離）、お辞儀姿勢の様に、頭を前方に動かしながら、下げるようにして円弧に動かしながら、安全な立ち上がりを可能にすることが示唆された。この事は、実験結果での項目 B と C の距離を示す数値が、テーブルの高さを適正值にして、手をテーブルに着き、支持基底面を前後方向に広げることで不安定になりがちな起立動作も安定した動きとなったと推測される。

また、動作時間については、本来ゆっくりとした動作が安定感をもたらすと考え、実験項目に加えたが、高さが合わないテーブルに腕をつくると立ち上がりの際に頭部を真上垂直方向に引き上げる不自然な動きとなり、バランスが失われる為、立ち上がりを複数回試みないと立ち上がれないといった状況が見受けられ、動作時間が長くなっていた。一方で適正なテーブル高では、安定したスムーズな立ち上がりに繋がっており、動作時間が短くな

ったと考えられる。

この事は、適正テーブル高の方が、総移動距離が長くなっているにも関わらず、動作時間は短くなっていることで示されるように、適正な高さのテーブルは立ち上がり動作においても自然な動きとなり、スムーズに動いている根拠とみなせる。

Ⅱ.摂食嚥下動作における実験データから得るテーブルの適正使用における食事（摂食）動作に与える影響についての考察

全体項目データでは、身体的特徴から大柄な方（適正高と標準高の差異が4 cm以下）には、大きな差は見られなかったが、小柄な方（適正高と標準高の差異が5 cm以上）には、各項目の差が大きくなることが見られた。このため、大柄な方と小柄な方の郡に分けその際を図表化し整理した（表8）。

表8 食事（摂食）動作における体格ごとの全体データ

	推定身長	ID	※顔面の対面角度											※挿食時間						
			70cm天板高			座高1/3差尺天板高					遷の遷	座高	適合テーブル高	遷尺	70cm天板高	置／持	前傾動	適正	置／持	前傾動
			挿食始角度	挿食終角度	遷	挿食始角度	70cmとの遷	挿食終角度	70cmとの遷	遷										
小柄な方	144.3	U12	19	9	10	35	16	17	8	18	8	62	62	20.6667		置	—	29.26	置	+
	141.9	J03	17	10	7	33	16	18	8	15	8	63.5	62	21.1667	14.1	持	—	22.24	持	—
	152.3	J05	23	31	-8	29	6	31	0	-2	6	69	64	23	14.01	置	+	20.2	持	—
	145.5	U01	23	37	-14	25	2	39	2	-14	0	69	64	23	14.15	置	+	15.27	置	+
	147.7	U04	37	46	-9	40	3	44	-2	-4	5	69	64	23	7.13	置	+		持	—
	147.2	U06	34	33	1	45	11	49	16	-4	-5	69.5	65	23.1667	9.28	置	+	9.02	置	+
	141.9	U03	23	10	13	30	7	5	-5	25	12	70	65	23.3333	21.21	置	+	21.09	置	+
	145.9	U08	20	35	-15	27	7	38	3	-11	4	70	65	23.3333	6.21	置	+	7.01	置	+
			24.5	26.375	-1.875	33	8.5	30.125	3.75	2.875	4.75			22.5833	12.2986			17.7271		
大柄な方	148.6	U02	35	13	22	40	5	5	-8	35	13	71	65.5	23.6667	7.02	置	+	12.22	置	+
	143.5	J04	11	21	-10	21	10	23	2	-2	8	72	65	24	10.05	持	—	12.17	持	+
	152.3	U05	19	28	-9	23	4	39	11	-16	-7	72	66	24		置	+		置	+
	151.7	J02	31	28	3	37	6	31	3	6	3	72.5	65	24.1667	27.21	置	+	35.12	置	+
	152.9	U10	23	10	13	27	4	16	6	11	-2	73	66	24.3333	11.03	置	+	13.03	置	+
	150.4	J01	43	26	17	38	-5	26	0	12	-5	74	66	24.6667	20.08	持	—	22.17	持	—
	150	U07	30	33	-3	35	5	36	3	-1	2	74	66.5	24.6667		置	+		置	+
	163.6	U09	40	36	4	41	1	34	-2	7	3	83	69	27.6667	8.18	置	—	9.09	置	—
	170.4	U11	32	6	26	29	-3	21	-7	8	-18	85	69	28.3333	16.4	置	—	14.13	置	—
		29.3333	22.3333	7	32.3333	3	25.6667	0.88889	6.66667	-0.3333			25.0556	14.2814			16.8471			

最も顕著にその結果を示した ID-U12 と ID-J03 のデータによれば、ID-U12（図 54）の場合、標準高では、摂食始時に顔面角度が19度となり摂食終了時は9度でその差は10度であるが、適正高では、摂食開始時35度、摂食終了時17度でその差は18度と、適正高の方が、摂食始時にしっかりと食べ物を確認し、摂食終了時には、体幹の前傾から重心前方移動ができています。

従って、口から試験食がこぼれることなく摂食し、嚥下においては、顎の角度が上がりにくい確度となっていることから、誤嚥のリスクも低減され安全な姿勢が取れていると判断できた。

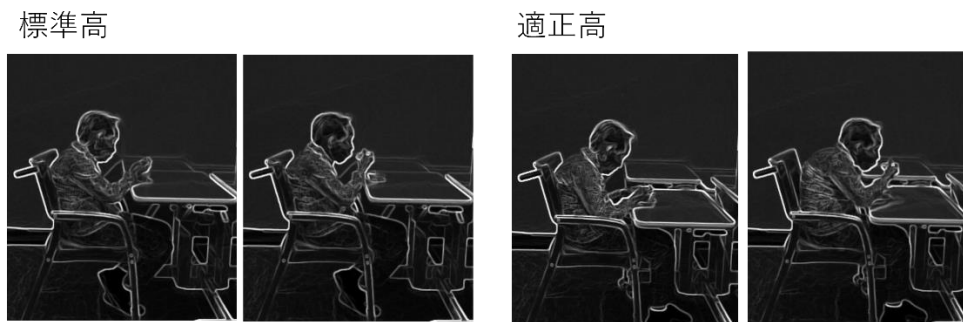


図 54 ID-U12 小柄な方での食事（摂食）動作比較

同じく小柄な ID-J03（図 55）においても器を自身で持ち上げて摂食開始される方であるが、標準高では、摂食開始時に顔面角度が 17 度、摂食終了時は 10 度でその差は 7 度であるが、適正高では、摂食開始時 33 度、摂食終了時は 18 度でその差 15 度となっていた。適正高での摂食開始時には、しっかりと試験食を確認し、摂食終了時には必要なだけ頭部を起こしており、疲れにくく、安定した姿勢を自力で調整できている。標準高の方が、摂食動作時の頭部運動が少なく一見楽そうに見えるが、前腕上腕を高く上げなくてはならず、嚥下時に飲み込む動作がしづらくなる傾向がうかがえた。

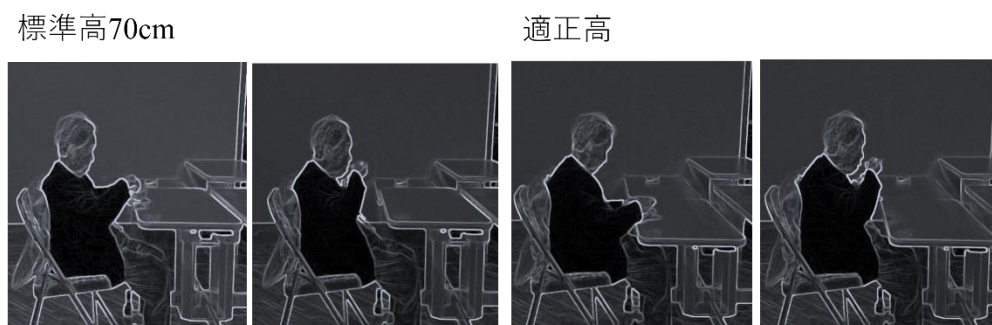


図 55 ID-J03 小柄な方の食事（摂食）動作比較

以上のことから、以下のことが分かった。

- ・各高さのテーブルを用い捕食開始と終了それぞれの顔面角度を測り、その差を比べると、大柄な方よりも、小柄の方の方がより顕著な開きが生じる。
- ・捕食終了時の顔面角度は、標準高よりも適正高の方が、顔面角度は下向きになる。
- ・捕食開始時の顔面角度と捕食終了時の顔面角度の差は、小柄な方ほど差が大きくなる。
- ・捕食開始時と終了時の顔面角度の差は、小柄な方では標準高に比べ、適正高の方が、角度差が大きく、大柄な方では、そもそも標準高と適正高に差がみられなかった。

以上のことから、テーブルの適正高と標準高の差が大きいほど、摂食動作に与える影響が大きい事がわかった。

3.3.5 結論と今後の課題

3.3.5.1 結論

今回の研究では、テーブル高の「標準高 70 cm」と「適正高さ（差尺が座高 1/3 高）」の違いについて検証を行った。立ち上がり動作においては、転倒事故の抑止力となることが判明した。一方で、食事動作や嚥下の機能に及ぼす影響については、「標準高」と「適正高」に差がない高身長の方や、器を手で持って食事をされる方等が見受けられ、テーブル高の違いによる顎角の差異を明確に示せるほど十分なデータを得ることができなかった。しかし、小柄な方では、標準高テーブルが高過ぎてしまう方（標準高と適正高に 5 cm 以上の差異が生じる方）や、上肢の筋力低下によって、器を持つことができない高齢者の場合はテーブル高の違いによって顔面の角度に大きな差異が生じ、捕食動作に大きな影響を与える可能性が示唆された。

テーブル高を変えるだけで全ての摂食嚥下障害が解消するものではないが、身体に合わないテーブルは、食事動作や嚥下動作に何らかの影響を与え、立ち上がり動作においては不安定な立ち上がり動作から転倒事故につながる可能性も示唆できた。

また、今回は、テーブル天板が高過ぎてしまう方は居ても、低過ぎてしまう方は見受けられなかった。低過ぎてしまう方に関しても、上肢の可動に何らかの影響をもたらす可能性も考えられるため、更に深掘りさせていくためにはサンプル数の増員と「顔面角度」に加え、飲み込む瞬間を捉えられる機器を使い、その時の体幹から頸部、頸部から頭蓋角度の測定データも併せて取得して分析する必要があると考えられる。

3.3.5.2 今後の製品開発への課題

厚生労働省健康局「国民健康・栄養調査」によれば 80 代の高齢者の平均身長は男性 161 cm、女性 146.6 cm となっている。一方、今回の実験に起用した個別昇降機構付きのテーブルと対比させた、日本の JIS 規格にあるダイニングテーブルの高さは、一般的に 700mm～720mm で、この高さは日本人の平均身長 167 センチに適応する高さであり、身体に合わない高齢者がいることとともに、テーブル高さを調整する必要性についての普及活動を期待したい。

近年、日本人の平均身長も少しずつ高くなってきてはいるものの高齢者施設で生活する方々の平均身長や円背や亀背等による身体的特徴から推測すれば、既製品の家具テーブルが日常生活動作に影響を及ぼしていると考えられる。そのため、身体に合った生活家具を選択することが QOL の向上にもつながると考える。学校の子どもの椅子やテーブルは、身長等に合わせて準備されており、家庭用子ども椅子といった製品も存在するが、高齢者の身長に合った製品というものは、ほぼ無い。このような背景から、高齢者なども対象にした家具の評価基準という在り方も検討していくことを期待したい。

4. 身体保持機能に対する評価基準案の検討

高齢者が身体を支えるために利用する製品の将来的な規格策定に向け、製品が有する身体保持機能に対する評価項目や評価基準案について、本年度実施した計測事業等を元に検討を行った。

東京都健康長寿医療センター研究所との連携による、立ち座り時の身体保持に関する実験では、鉛直方向と立ち座り動作時の前後方向への荷重を支えられることが重要であることが分かっており、動作時に掛かる荷重を支えられる必要がある。具体的には、前後方向に掛かる体重 1kg 当たりの最大荷重は約 0.59N/kg であった（図 16）。また、鉛直方向の荷重としては、図 17 から手掛がりのテーブルを利用した場合が最も大きく、体重 1kg 当たりの最大荷重は約 2.0N/kg であった。これらは、例えば、体重 60kg の人が身体保持した場合には、前後方向には 35.4N の荷重が掛かり、鉛直方向には 120N の荷重が掛かることになる。このような荷重が掛かった場合でも、破損しなかったり、身体を支える製品が倒れたり、動いてしまわない、といった製品の耐荷重やバランスの観点が重要である。また、今回は落ち着いた状態で立ち座りしているが、実際の生活場面ではバランスを崩してよろけそうになった際に咄嗟に掴まる、といった状況も考えられ、その場合は衝撃荷重が掛かることで瞬間的ではあるものの、もっとも大きな荷重が掛かる可能性がある。

また、身体を保持するために手で掴んだり、手を掛ける部位の形状などの条件も重要であることが分かった。今回の実験では、図 13 の結果から、手すり形状と手掛がり形状の 2 つが最も立ち上がりやすい条件であると回答する高齢者の割合が高く、鉛直方向の荷重も大きかった。これら 2 つの形状は、手でしっかり把持できる・掴めるため、安心感があり、鉛直方向に荷重をしっかりと掛けながら、立ち上がることができていた。しかし、高齢者の場合、握力が低下していたり、拘縮などでしっかりと掴むことができない、といった場合もあり、全ての高齢者にとって手すり形状と手掛がり形状が良いかは明らかではない。また、今回はテーブルように床面と水平な面で身体保持する構造であったが、別の構造での身体保持の場合は支えやすい形状が異なると考えられる。このことから、高齢者が身体保持しやすい形状や構造の観点も重要である。

企業と連携した実験では、身体の高さや身体機能の違いに合わせて、身体保持する場所の高さが調整できることで、適切な立ち上がりを支援できることがわかった。高齢者施設などでは、全体で共通したテーブルを使用している場合が多く、身体の高さや円背などの身体機能によって、個人に合わせたテーブルの高さとなっていない場合がある。つまり、身体の高さや身体機能に合わせて、身体保持するための場所の高さが調節できたり、様々な高さに身体保持するための場所が存在する、といった観点も重要である。また、製品に身体保持機能が組み込まれた際に、身長や身体機能に関して、どのような条件の人を対象としたものかを提示することも重要であると考えられる。

手すりに関する企業実験では、縦型手すりに寄りかかるという新しい使い方に関して、実験を実施した。手すりを使わない状態に比べて、寄りかかるだけでも身体が安定する結

果が得られた。このような手で掴む以外の方法で、バランスが安定するという知見は、理学療法などの分野で、ライトタッチと呼ばれる、片足立ち等の際に何かに軽く触れるだけでバランスが安定する、という知見がある。ライトタッチでは手で触れることによる効果が確認できている段階であり、手で触れる以外の方法での効果や、どの程度の身体機能の方まで効果があるのかもはっきりしていない。今回の実験では、手すりを掴むような身体保持方法とライトタッチの中間に位置するような身体保持方法であり、どのような条件であれば身体保持に有効かを明らかにした上で評価法や評価指標を検討する必要がある。例えば、想定される動作を取った際に生じる重心移動が発生した場合でも、身体保持する物体と身体の間で滑りやズレが生じないかといった、評価が必要になると考えられる。

実験では、身体保持を行うための製品として、テーブルや手すりを対象としてデータを取得して分析を行った。これらは、一般に身体保持をよくしている場面で使用される製品を対象にしたものであるが、実際の日常生活では、他の製品でも身体保持をしていると考えられる。そのため、高齢者施設の協力の元、高齢者の日常生活状況のデータを取得し、分析を行った。

高齢者は、下肢筋力の低下と共にバランスを取ることが難しくなり、立ち座り時や移動時には、身体を支えるために周辺にある製品を支えとして利用していることが分かっている。こういった実態は事実としてあるものの、時空間で捉えたデータを分析することで、高齢者の活動範囲や居住環境の整備の必要性などが見えてくる。養護老人ホームの高齢者3名の住環境にデータ取得用カメラ（Microsoft社のAzure Kinect）を設置し（図56 エラー! 参照元が見つかりません。）、深度データ、姿勢データを取得し分析を行った。分析では、深度データから環境の3次元情報（点群データ）を取得し、姿勢データと合わせて分析を行った。具体的には、姿勢データの手の位置情報と点群データを用いて、高齢者が触れた場所を抽出し、抽出された結果をクラスタ分析によって、空間的に分類した。さらに、接触した際に取っていた動作の時系列の姿勢データを用いてクラスタ分析を行うことで、空間と動作で分類を行った。



図 56 モニタリング用カメラの設置例

環境の点群データのクラスタ分析では、空間的に近いものをグルーピングするように、k-means 法を用いてクラスタ分析を行った。図 57 エラー！ 参照元が見つかりません。、図 58 エラー！ 参照元が見つかりません。、図 59 エラー！ 参照元が見つかりません。に深度画像、点群(a)、及びクラスタリング結果(b)例を示す。(a)は、左手または右手が居室内の物体に接触した場所を黒色の点群で可視化したものである。(b)は、クラスタリング結果、空間的にグルーピングされた結果を可視化したものである。これらの結果から、各製品や環境の特定の場所だけを触れているのではなく、様々な場所を触れて生活していることが分かる。

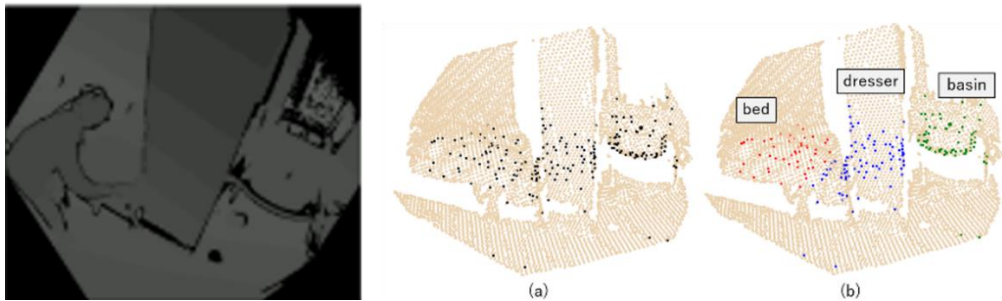


図 57 深度画像例（左）と点群例(a)及びクラスタリング例（b）【利用者 A】

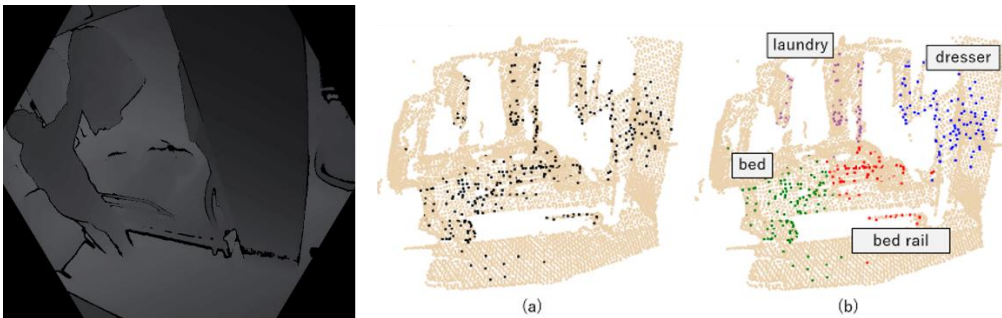


図 58 深度画像例（左）と点群例(a)及びクラスタリング例（b）【利用者 B】

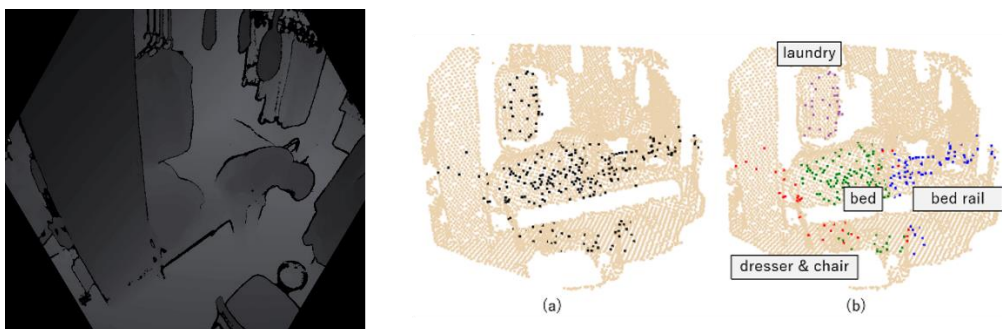


図 59 深度画像例（左）と点群例(a)及びクラスタリング例（b）【利用者 C】

次に、姿勢データを用いて、動作のクラスタ分析を行った。動作のクラスタ分析では、時系列の姿勢データを用いて、姿勢や動作の類似性から分類を行っている。結果の 1 例を図 60 に示す。例えば、Cluster D は、ベッドのフットボードを持って身体を引き寄せながら歩く動作であり、フットボードで身体保持をしていることが分かった。フットボードは、垂直に立ち上がった板状になっており、手を着きやすい高さであると考えられる。例えば、フットボードの上面が平面ではなく湾曲していたり、ヘッドボード自体の形状がベッドの中心からサイドに掛けて湾曲していたりすると、荷重の掛け方によっては手が滑るなどして十分な身体保持ができない可能性がある。また、フットボードで身体保持する動作は、夜中に多く発生していることが分かり、薄暗い中で手を着いて身体保持している場合もあることが分かった。つまり、はっきりとは見にくい状況でも、身体保持し易い形状という観点も重要であることが分かる。

同様の分析を他の高齢者でも行ったところ、例えば、ベッド柵とフットボードを持ちながらベッド横に置かれた椅子を避ける動作が見られた。つまり、身体保持をする際に、周囲で一緒に使われる製品と組み合わせて使用するケースも考慮が必要であることが分かる。また、別の高齢者では、ベッド柵を持って立ち上がろうとしてバランスを崩し、後ろに倒れる様子が見られた。ベッド柵は身体保持するための製品ではないが、手すりのように掴みやすく、身体保持し易いとも考えられるが、ベッドとの位置関係による動きの制約や高さの関係などによってバランスを崩すことも考えられる。このように、身体保持する際の姿勢や状況によっても必要な身体保持機能が異なると考えられる。

以上のように、身体保持の実態を日常生活空間で把握することで、身体保持機能の評価をする上で、明るさや周囲に置かれた製品との関係なども重要であることが分かった。

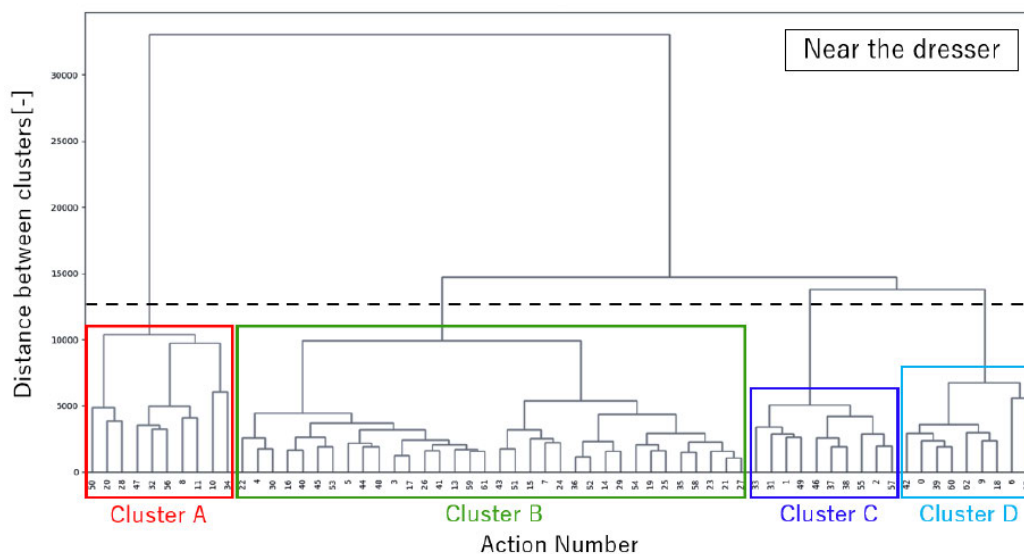


図 60 動作のクラスタ分析の結果

ここまで、身体保持機能付きテーブルを使った実験、企業との連携による実験、及び独自の身体保持に関する実態理解について示した。これらの結果を踏まえて、身体保持機能に対する評価基準や評価項目案としては、以下の点が挙げられる。

- ① 垂直方向及び前後方向の耐荷重（今回の実験データでは、立上り時の体重 1kg あたりの荷重は、床面と垂直方向：2.0N/kg、前後方向：0.59N/kg）。衝撃荷重が掛かることも想定した耐荷重の基準が必要。
- ② 荷重が掛かった際の製品の安定性に関する基準。
- ③ 身体保持部に関する握りやすい（持ちやすい）形状や寸法
- ④ 身体の高さや身体機能に合わせた身体保持部の高さ
- ⑤ 掴んだり、手を着く以外での身体保持時の保持力
- ⑥ 身体保持部を使用する際の場所、動作、明るさを考慮した機能や構造に関する基準
- ⑦ 身体保持機能を持つ製品と一緒に使われることが想定される製品との使用場面を考慮した基準

また、姿勢保持に関する実態理解の応用として、将来的に長期評価の可能性も考えられる。例えば、様々な家具にセンサを取付け、いつ、どこに、どんな力で保持したか等のデータを取得できる可能性もある。これらのデータを分析すること、知らずに身体保持をしている製品を見付け出し、事業者としても新たな発見になり、新規製品開発に繋げることも可能と考えられる。

5. 高齢者行動ライブラリの拡充

高齢者行動ライブラリ⁷は、製品開発事業者に高齢者の日常生活行動から製品の使い方やその実態、操作等から改善となるヒントや学びを得てもらうツールとして公開・利用してもらっていたが、同一人物や同種類の動画多く存在する、タグが多くて分かりにくいといった要望があることから、コンテンツ閲覧方法の見直しや検索用タグの見直しを行い、高齢者関節可動域などの計測データ等も掲載し、製品開発の元データとしても利用できるようにした。また、当該ホームページを公開して7年余り経過する中で、セキュリティの脆弱性を塞ぐためのアップデートを図ると共に、今まで以上に親しみやすいデザインとなるような改修・拡充を実施した。尚、内容等に関しては、経済産業省と協議の上で進めた。

5.1 サイトイメージ

図 61 に高齢者行動ライブラリのトップページイメージを示す。



図 61 高齢者行動ライブラリのトップページイメージ

全体を暖色系に統一し、中心にログインボタン、及びサイト外から閲覧可能なコンテンツボタンを配置し、周囲に高齢者に関するイラストを配したトップページとしている。

従来、ボタン類は画面周辺に配置されており分かりにくい上、フォントサイズが小さく見にくかったため、中央に集約した（図 62）。上から、①当該ページに関する要約サイトにリンクする「高齢者行動ライブラリについて」、②「利用規約」に続き、製品開発事業が製品の使い方やその実態、操作等から改善となるヒントや学びを得て、実証実験等を行った当該サイト活用事例を紹介したボタン③「高齢者行動ライブラリ活用事例紹介」を配している。④「高齢者製品安全について」では、これまでに実施した当該類似事業で製作

⁷ 高齢者の行動特性の理解をサポートするものとして構築した、動画を含むライブラリです。高齢者施設や一般家庭の 60～100 歳代までの様々な身体機能と認知機能の高齢者を対象に、日常生活行動を記録・収集し、高齢者の年齢、性別、身体・認知機能、使用している製品や環境の情報等と紐づけてデータベースとして構築しており、これらの情報で検索できるシステムを平成 29 年度にウェブ上で公開しています。

したハンドブックや冊子等の資料を纏めて紹介、及び pdf としてダウンロードできるページにリンクしている。

当該サイトは原則登録制となっており、ログイン時に ID 及びパスワードが必要であるが、①～④は未登録者でも閲覧可能としている。



図 62 トップページのボタン類

図 63 にログイン後のホーム画面を示す。上から、動画データ、ダウンロード、資料、当サイトについて、の 4 つのメニューとなっており、画面上部のメニューとリンクしている。

動画データには、動画検索、認知・身体機能検査値、お気に入り動画、及び「高齢者安全 UD」掲載動画の計 4 つのサブメニューがある。これらの機能は、従来から存在しボタン等として配置されていたが、動画に関する関連情報として纏めることにした。



図 63 ホーム画面

5.2 コンテンツ見直し、新規追加等

今回の改訂では、関節可動域データ、姿勢データの活用等を新規追加し、過去の事業者の要望などを反映し検索部分の見直しを実施した。また、当該ソフトウェア開発におけるミドルウェアのバージョンが古く、セキュリティの脆弱性の可能性もあることから、最新バージョンへの更新も実施した。

5.2.1 動画検索部の見直し

当該ウェブサイトのメインコンテンツである動画検索部分については、タグが多いといった声や、同一人物や同種類の動画が複数あり区別が付きにくいといった声も聞かれたため、動画、カテゴリ、タグを全て見直し整理することにした。図 64 に動画検索メニュー事例を示す。従来まで、4つのカテゴリ（人に関する情報、場所、シーン、製品・動作）であったが、5つ（製品、ヒヤリハット、日常生活行動・介助有無、場所・時間帯、人に関する情報）のカテゴリとした。また、カテゴリの並び順を入れ替えた。見直しの理由と

しては、カテゴリ内のタグが多すぎて選択しにくいといったユーザ要望やカテゴリとタグの適切性等を検討した結果、これらの改善をする上で現状では最善であると判断した結果である。また、各ユーザは、自身の開発製品はほぼ決まっているため、検索時もターゲット製品を速やかに選択したいと言った要望があったため、カテゴリを並び替えることにした。さらに、従来までは全てのタグが見られるように全カテゴリを開いた状態が初期画面であったが、ノートPC等で閲覧するにはスクロールする必要があるため、ユーザが必要に応じてカテゴリをオープンしてもらう方式に変更した。検索後の操作は、従来通りである。

これらの見直しに伴い、カテゴリ名、タグ名の見直しも行った。図 65 に製品カテゴリの事例を示す。また、カテゴリ名等が登録された csv ファイルの読み込み部分の見直しやサブカテゴリの見直し等も合わせて行った。

高齢者行動ライブラリ

AIIST管理者 ログアウト English

ホーム 動画データ ダウンロード 資料 当サイトについて システム管理

2243件ヒットしました
(2243 登録動画数)

ワード検索

動画を見る リセット

動画検索

以下の項目から検索条件を設定して、ページ上部にある「動画を見る」ボタンを押して下さい。
「人に関する情報」以外のタグについては、ワード検索も可能です。検索ワードは、スペースで区切ることで、複数のワードを指定可能です。

検索条件を複数入力した場合は、項目間はAND検索になり、項目内はOR検索になります。
例えば、性別を「男性」、要介護度を「要介護1」と「要介護2」を入力すると、「男性で、要介護度が1が2」という条件で検索されます。

製品 (介護用品、家具、家電など) ▼

ヒヤリハット、リスク要因 ▼

日常生活行動、介助有無 ▼

場所・時間帯 ▼

人に関する情報 ▼

図 64 動画検索メニュー

製品（介護用品、家具、家電など）
介護用品 ☐ 車椅子 ☐ 歩行器 ☐ 杖 ☐ ポータブルトイレ ☐ ベッド柵 ☐ 介助バー
家具・寝具 ☐ 棚 ☐ テーブル ☐ 椅子 ☐ ソファ ☐ こたつ ☐ ベッド ☐ 布団 ☐ 神棚
建具・設備 ☐ ドア（扉） ☐ 窓 ☐ カーテン ☐ ブラインド ☐ 手すり ☐ 段差 ☐ スロープ
冷暖房器具 ☐ ストーブ ☐ ヒーター ☐ 湯たんぽ
調理器具 ☐ 冷蔵庫 ☐ 炊飯器 ☐ コンロ ☐ シンク ☐ レンジ・トースター ☐ 鍋 ☐ やかん ☐ 電気ポット ☐ 包丁
掃除用具 ☐ 掃除機 ☐ ほうき ☐ はたき ☐ フローリングワイパー ☐ 粘着クリーナー ☐ 雑巾 ☐ 台ふきん
その他の道具など ☐ 踏み台 ☐ 着火道具 ☐ はさみ

図 65 製品カテゴリの事例

5.2.2 関節可動域データの掲載

関節可動域データの掲載の背景は、事業者から、高齢者行動ライブラリは高齢者の生活行動等の実態が理解できる反面、製品開発側からすると高齢者に関わるデータが少ないため、どのような基準で製品を開発すべきか思考しており、子どものような基本データがコンテンツとしてあると便利であるという声があった。高齢者に関する身体計測データを纏めたデータベースサイト⁸などは存在するが、データを取得してから長い年月が経過している等、再取得の必要性も指摘されていたため、地方独立行政法人東京都健康長寿医療センター研究所の協力のもと、110名の各種関節可動域データを取得すると共に、当該サイトへの掲載を決定した。内容は、肩関節、体幹、肘関節、股関節など合わせて24種類であ

⁸ 一般社団法人 人間生活工学研究センター(HQL) : <https://www.hql.jp/database/cat/senior/funcdb>

る。取得した計測内容に関しては、HQL のウェブサイトを参考にした。図 66 に関節可動域掲載事例を示す。関節可動域データは、当該サイトから zip 形式ファイルをダウンロード可能で、男女別の各関節データの csv ファイル及び、イラスト付きの pdf ファイルが一式となっている。

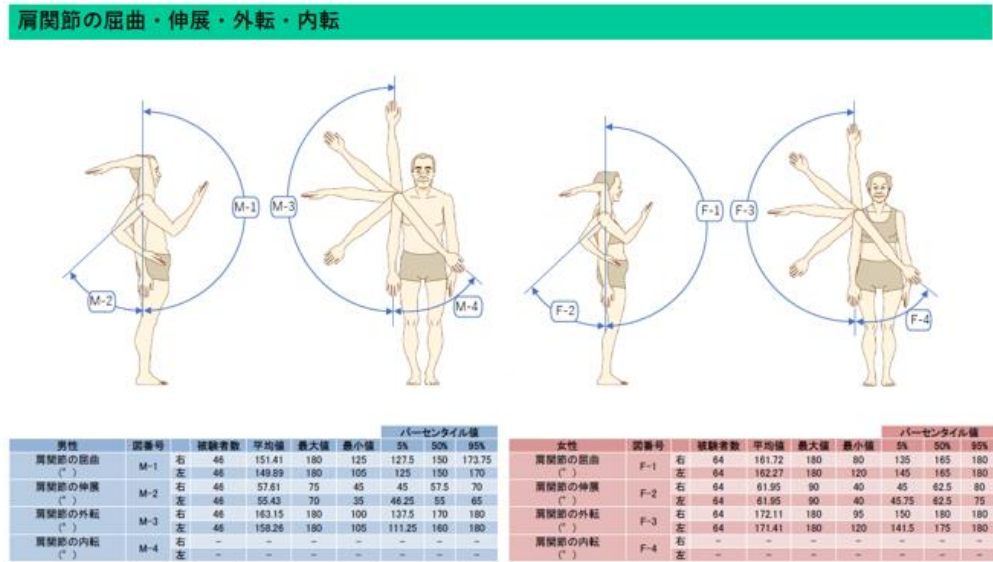


図 66 関節可動域の事例

5.2.3 セキュリティの脆弱性への対応

セキュリティの脆弱性については、当該サイトは「平成 29 年度商取引適正化・製品安全に係る事業（ビンテージソサエティの実現に向けた高齢者等の行動データ取得事業）」にて構築しており、ミドルウェアのバージョンなどは開発当初のバージョンによって更新可能なバージョンに限りがある。対応可能なバージョンが古くなり、セキュリティ面での脆弱性が懸念されることから、最新版のバージョンのフレームワークを用いて構築しなおすこととした。将来的な拡張も想定し、柔軟性が高いフレームワークに移行して開発を進めた。

その他、ダウンロードメニューには、ソフトウェア、計測結果、姿勢データ活用事例の 3 つのサブメニューとして纏めた。このうち、計測結果、姿勢データ活用事例は、今回新たに拡充した機能である。資料メニューには、高齢者行動ライブラリ活用事例紹介、高齢者製品安全について紹介している。

今年度は、以上の拡充を実施した。今後も高齢者に関わる新たなコンテンツの追加やデータ類の更新を引き続き実施していくとともに、当該ライブラリを今以上に事業者を活用してもらえるように周知を行う予定である。

6. 今後の展望

6.1 高齢者に関わる製品安全分野の規格・基準の整備

子どもの製品安全分野・機械の安全分野では、製品の安全性を十分に確保するために、「基本的指針」、「複数製品に共通する原則」、「個別製品規格」といった階層的構造の基準体系の整備が進んでいる。一方で、高齢者に関わる製品安全分野では、共通規格等が十分に整備されていない。一部製品では安全を確保するための取り組みとして JIS 規格の改訂が実施されているが、個別製品の規格・基準留まっている場合が多い。今後、さらに高齢化が進む我が国において、高齢者の身体・認知機能の変化に対応した安全性は重要な課題である。個別の製品が安全性を高めるアプローチだけでなく、製品群や製品分野で共通的に安全性を確保するアプローチも重要で、そのためには、先に挙げた階層的構造の基準体系の構築が重要である。そのような体系的な基準・規格整備のためには、高齢者の生活安全に関する課題を明らかにするとともに、高齢者に配慮した製品開発を支援するための高齢者の特性データや評価法を整備することも重要である。本事業で実施したデータ取得や分析は、基準作りにも、製品開発にも有用なデータであると考えられる。

しかし、基準や規格作りは、製造メーカーや業界団体との連携が必要であるが、高齢者の身体機能や認知機能の変化に配慮した製品はまだ多くないため、連携体制を構築することが難しい。そのため、そのような製品開発にメーカーが取り組む土壌の形成も重要であり、身体機能や認知機能の変化による事故の課題を広く普及していくことも重要である。また、そのような製品が適切に評価され、社会に普及していくことを支援する仕組みづくりも重要である。それらを通して、連携体制を構築しながら、基準や規格作りへとつなげていく必要がある。

そのような流れを促進するためには、製品使用時の事故の課題をデータにもとづいて提示していく仕組みづくり、課題を解決するための製品開発を支援する仕組みづくり、安全性が高い製品を高齢者やそのケアラーが容易に判断可能で導入しやすくする仕組みづくりも重要である。

6.2 今後の課題

今年度は、JIS 規格を将来的に策定することを念頭に、高齢者の行動特性が十分に配慮された規格の整備に不可欠な高齢者の身体関連データを取得するための整備を進めた。具体的には、高齢者による立ち座り時の身体保持計測を行い、立ち座りしやすいテーブルの形状に関するデータを取得した。データ分析から、身体保持に有用なデザインの方向性が明らかになった。しかし、実際に製品化するためには、設計に必要な高齢者の特性データなどが不足している。例えば、高齢者が掴みやすい形状やサイズに関するデータは十分になく、製品化を考えたときに特定のデザインによって高齢者のどの程度をカバー可能なのか、といったことが検討できない。そのような製品開発を支援するデータ整備は重要な課題である。さらに、例えば、高齢者行動ライブラリで提供している関節可動域データは、

東京都内の限られたエリアの方のみのデータとなっており、偏りのあるデータとなっている懸念もある。また、時代によって高齢者の平均身長などの特性も変化しているため、継続的にデータを拡充できることも重要である。

また、日常生活で使用する製品は、高齢者の身体機能や生活スタイル、生活環境等、周囲に置かれる製品との関係などによって、その効果や安全性が変化する可能性がある。そのため、日常生活の中で製品の使われ方や製品が発揮可能な機能を、定量的に評価できることも重要である。また、そのような日常生活を定量的に理解可能なデータを取得できる仕組みの重要である。「4. 身体保持機能に対する評価基準案の検討」で述べた、身体保持の実態理解で使用した分析手法は、生活実態の把握、課題の把握、対策された製品による効果評価などに活用可能である。

今年度の実験では、実験装置としてテーブルを製作したため、センサを埋め込んだ構造にできたため、テーブルに掛かる荷重を計測でき、有用な分析が可能であった。今後、製品を評価する場合は、センサを組み込むことが難しい場合もあるため、製品として完成している状態で、効果を評価可能な方法の開発も重要な課題である。

以上のように、高齢者に配慮した製品開発が促進されるように、データを整備したり、適切に評価可能な方法を整備することが重要である。また、それらを通して、実態に即した評価基準や基準値を検討し、基準や規格作りへとつなげていく必要がある。