

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) 報告書

令和5年3月17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	6
2.2.1 計測用力センサー	6
2.2.2 計測装置構造物の製作とセンサーの改修	8
2.2.3 計測環境の記録用カメラの概要	11
2.3 身体関連データの計測	12
2.4 身体関連の計測データの分析	15
2.4.1 身体保持時の最大荷重に関する分析	15
2.4.2 身体保持時の 3 軸方向の荷重に関する分析	23
2.4.3 身体保持動作の動作時間に関する分析	29
2.4.4 身体保持動作に関する計測データ分析のまとめ	34
3. 除雪機の安全装置を想定したハンドルの握り込み動作の計測	35
3.1 デッドマンクラッチの機種タイプによる設置位置の違い	36
3.2 安全装置（デッドマンクラッチ）の握る力の計測調査	38
3.2.1 調査方法	38
3.2.2 データ分析	39
3.3 除雪機に関わる聞き取り調査	43
3.4 誤使用に関わる実態	47
3.5 事故に対する当事者意識	48
4. 高齢者行動ライブラリの拡充	48
4.1 検索画面の改修	49
4.2 高齢者身体データの掲載	51
5. 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	54
5.1 開閉重さ・操作部品に着目した出入り口引戸の開閉実験（連携企業：YKK AP 株式会社）	54
5.1.1 目的	54
5.1.2 実施内容	54
5.1.3 分析方法	59
5.1.4 結果・考察	60
5.1.5 結論	68

5.2	生活家電品に関わる操作特性等の評価（連携企業：パナソニック株式会社）	69
5.2.1	目的	69
5.2.2	方法	69
5.2.3	結果	71
5.2.4	結論	78
5.3	高齢者の指に加わる力の計測実験（連携企業：株式会社カイン電器）	79
5.3.1	目的	79
5.3.2	内容	79
5.3.3	結果	81
5.3.4	結論	83
6.	川崎市との製品安全に関わる連携	84
7.	今後の展望	86
7.1	高齢者に関わる製品安全分野の規格・基準の整備	86
7.2	今後の課題	86

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。2020年には、高齢者が被害に遭う重大製品事故の割合は3割以上を占め、その人的被害は高齢になるほど重篤になる傾向にある。また、事故の原因を分析すると不注意・誤使用に起因する事故の比率が高く、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「不注意・誤使用」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。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、床面からの立ち上がり・座り、段差の昇降などの計測を行うことを前提に検討を進めた。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2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）」の成果物を活用した。成果物については、一部改良を加えた。

② 除雪機の安全装置を想定したハンドルの握り込み動作の計測

高齢者における除雪機の事故が毎年のように発生しており、死亡・重篤事故も多く、

事故の低減が求められている。事故要因の1つとして取り上げられているのが、安全装置（デッドマンクラッチ）を無効にして操作することで、その機能が動作せずに事故が発生している可能性があるというものである。具体的には、安全装置を握り続けることで手に負担がかかることを避けるために、安全装置を固定して操作するという仮説である。このような背景から、安全装置に関わる調査や除雪機操作に関する課題等の実態を調査することにした。実態調査エリア等については、経済産業省と協力し東北・北陸地方から各1エリアを選定した。

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ーフェースの改良等を実施し一定の評価を得てきたが、ユーザーアンケートでは同人同類の動画が数多く存在し区別がつかない、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。

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。

④ 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。連携企業の選定に当たっては、弊所HP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。

⑤ 川崎市との製品安全に関わる連携

当該事業と時を同じくして、神奈川県川崎市では、市内の中小企業等を対象として福祉製品・サービスのリスク要因や安全性、性能の評価を行うなど、福祉製品等の開発・改良に向けた伴走支援を実施しており、製品安全の観点から共通するものがある。将来的に国と地方自治体との協業等も視野仕入れた取組も必要と考え、経済産業省と協議した結果、「製品評価を通じた製品安全の面での製品導入時の調査」という観点で連携することとした。

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（ベッドサイドレール）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、令和2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）で実施した計測内容の検討、計測用機材の製作を振り返り、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、最終的に以下に示した項目（動作）を高齢者身体保持動作としての計測内容として決定した。

- （１） 床面からの立ち上り、及び床面へ座る動作
- （２） 高さのある面（椅子等）からの立ち上り、及び高さのある面へ座る動作
- （３） 段差を上の動作、及び段差を下りる動作

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例

身体保持物体	動作	No	動作					
			床面からの立ち上り	床面へ座る	高さのある面からの立ち上り	高さのある面へ座る	段差を上る	段差を下りる
テーブル・棚（ローテーブル） （ダイニングテーブル） （ロータンス）	40cm程度	1	○	○				
	70cm程度	2			○	○		
	100cm程度	3			○	○		
椅子（ひじ掛け部） （笠木部）	70cm程度	4			○	○		
	80cm程度	5			○	○		
段差（玄関-下駄箱）	段差+90cm程度	6					○	○
	段差+110cm程度	7					○	○

（１）は一般的な座卓やローテーブル、こたつ（床面から約 40cm 程度）等、座る位置が床面を前提とした製品であり、座卓やローテーブル等に手をついて床面からの立ち上がり動作や床面に座る動作を想定した計測とすることとした（表 1（No1））。図 2 に床面からの立ち座り動作の計測イメージを示す。

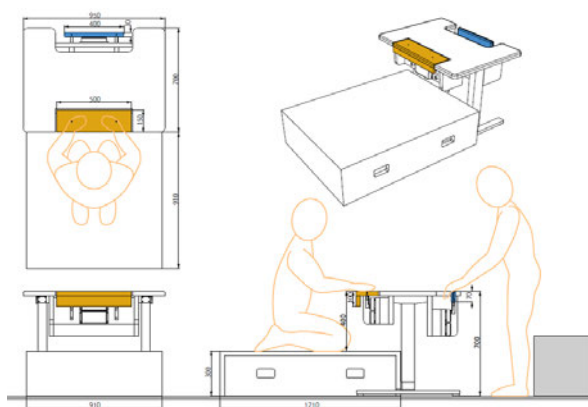


図 2 計測実験イメージ（１）

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) は一般的な椅子などを想定し、一定の高さがある面を前提とした製品であるが、対象製品のカテゴリを3つに分けている。1つ目は、椅子などに座った状態から、70 cm 程度のダイニングテーブルを想定した製品に手をついて立ち上がり動作や椅子等に座る動作を行う実験(表 1 (No2))。2つ目は、椅子などに座った状態から、70 cm 程度の椅子の肘掛部を想定した製品を掴んで立ち上がる動作や座る動作を行う実験(表 1 (No4))。ここでは同様に、80 cm 程度の椅子の笠木部を想定した製品を掴んで立ち上がり動作や座る動作を行う実験(表 1 (No5)) も想定した。椅子はテーブルと異なり掴まる(握る)動作となること、高さが増すこと、また肘掛部や笠木部は、椅子に付随する部分であることから、テーブルと比較すると少し不安定である製品と言える。さらに3つ目は、椅子などに座った状態から、100 cm 程度の箆笥の側面等を想定した製品を支えに立ち上がり動作や座る動作を行う実験(表 1 (No3)) とした。この実験は、必ずしも、椅子はテーブルとセットで使うものではなく、椅子単独で利用する場合を想定しており、かつ利用する椅子の近傍に箆笥などの家具や壁などの構造体を有する設定としている。図 3 に高さのある面からの立ち座り動作計測のイメージを示す。

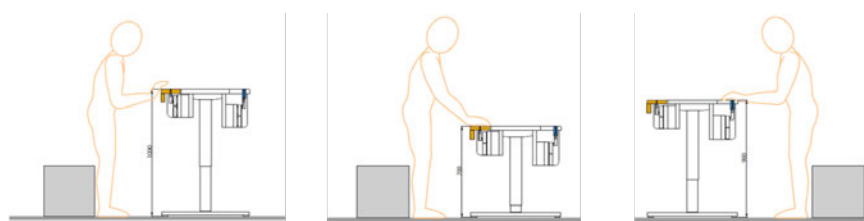


図 3 計測実験イメージ (2)

(3) は何らかの構造物等を支えに段差の上がり下がりを行う動作を想定している。今回、安全面を考慮して一般家庭の玄関かまちを想定した1段のみの段差で実験することにした。この実験では、支えとなる構造物を下駄箱と想定した上で、その高さを90 cm 程度(表 1 (No6))、110 cm 程度(表 1 (No7)) の2種類とした。図 4 に段差等の上り下り動作の計測イメージを示す。

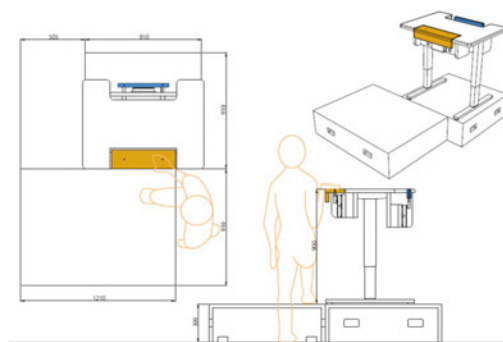


図 4 計測実験イメージ (3)

2.2 身体関連データの計測装置の製作

力学的データ取得のための計測用力センサーの開発等は、「令和2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）」の成果物である姿勢保持用の計測装置を利用することにした。

計測用力センサーは、クランク状のアルミ棒にX方向、Y方向、及びZ方向の3軸それぞれの歪値を取得できる歪ゲージで構成され、軸方向への荷重による微小なたわみを歪ゲージで計測し、電気信号として検出できるセンサーとし、計測装置は、電動昇降式テーブルに身体保持動作に必要な構造物を合体させることにより1つのテーブルで多種実験を可能としている。

2.2.1 計測用力センサー

計測用センサーは、クランク形状にしたアルミの棒に歪ゲージを固定することで実現している。図5に歪ゲージの概要図を示す。クランク状に折れ曲がった青色部分がアルミ棒、黄色、緑色、及び赤色部分にそれぞれX方向、Y方向、Z方向の歪を検出する歪ゲージが固定されている。黒い丸部分は、アルミ棒が伸縮しやすいように設置した穴である。

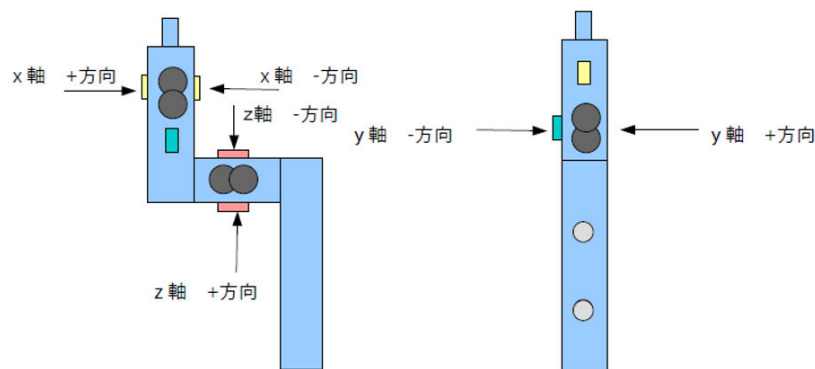


図5 歪ゲージ概要図

この歪ゲージに電気信号を取り出すための配線を接続し、アルミ棒の上部にある円柱状のねじ切り箇所を身体保持物体を固定することで、身体保持物体に荷重を掛けたときの力の大きさ及び力の方向を計測することができる。実際に利用する計測用力センサーとセンサーの固定イメージを図6に示す。

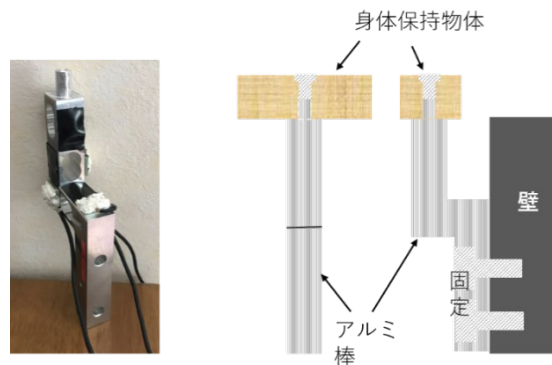


図 6 計測用力センサー（左）とセンサー固定イメージ

力センサーの計測システムは、図 7 に示すように 3 軸力センサーから得られた各々のデータを力センサー毎に設置した力センサーコントロール装置に収集し、さらに力センサーコントロール装置全体を制御するネットワーク構成装置で全データを収集後に制御計算機に転送する構成となっている。

また、力センサー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発行できる機能を有している。

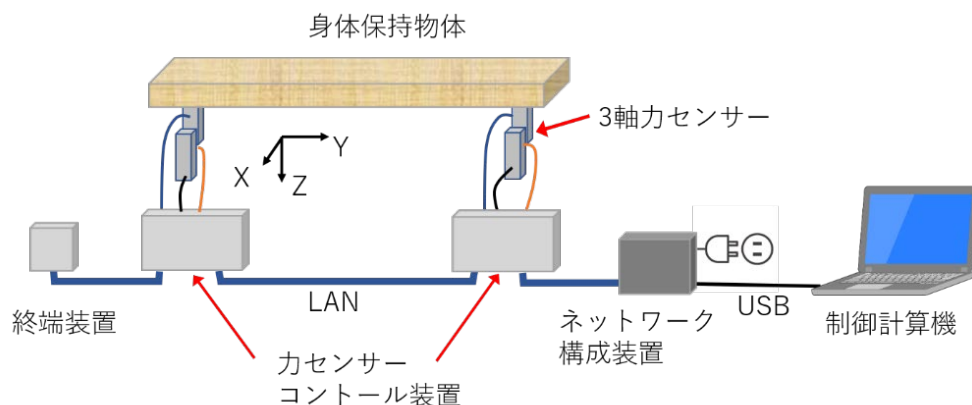


図 7 計測用力センサー全体システム構成概要図

制御計算機側は、ネットワーク構成装置から出力されたデータをシリアルポートから受け取って内部処理する。アプリケーションソフトは、実験開始・終了に合わせて、スタート・ストップボタンを配置した GUI（グラフィックユーザインターフェース）上で力センサー値を視覚的にモニタリングできるように 3 軸データを 1 つのグラフ上に表示するプログラムを作成した。

図 8 は、身体保持物体に荷重を掛けて力センサーから得られたデータを制御計算機に取り込み、内部処理した結果をグラフに表示させたものである。このデータは、各軸の出力確認用で取得したものであり、意図的に軸方向にのみ荷重を掛けている。図のオ

レンジ色はX軸方向（マイナス方向に荷重）、紫色はY軸方向（プラス方向に荷重）、青色はZ軸方向（マイナス方向に荷重）にそれぞれ複数回の荷重を掛けて得られたデータである。Y軸方向については、床と水平方向であり身体保持物体の構造上、荷重を掛けづらいため、出力値としては少し低めな値となっているが、3軸ともにおおむね良好な結果を得られていることが確認できた。

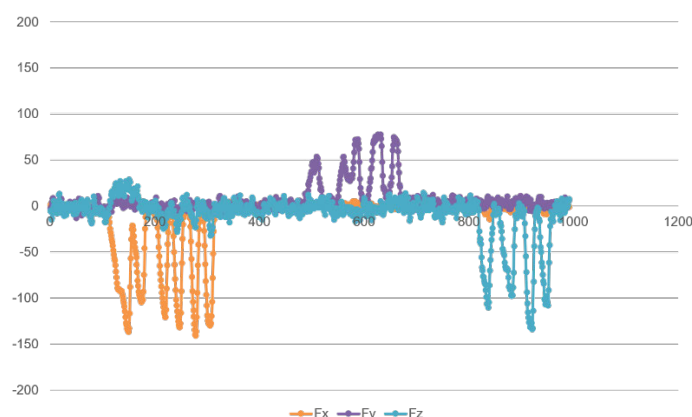


図 8 カセンサー取得データの確認用サンプル

2.2.2 計測装置構造物の製作とセンサーの改修

高齢者の身体保持計測内容は、表 1 に示したように、想定する環境や身体保持物体の高さなどが異なるバラエティに富んだ計測環境となることから、身体保持物体毎に構造物を製作することを前提に検討していたがコスト増大や使用上の煩雑さ等の課題があったため、一躯体で複数実験条件が可能な構造物の工夫の検討を進め、「令和 2 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）」の成果物である昇降式テーブルを採用した。この昇降式テーブルと力センサーを含む計測部分を一体化することで多種類の身体保持計測機を実現した。

図 9 に電動昇降式テーブルと身体保持センサーを一体化した実験環境の概要図（平面図と全体イメージ（右上））を示す。

手をつく動作（表 1（No. 1, No. 2, No. 6, No. 7））を計測する環境と手で掴む動作（表 1（No. 3, No. 4, No. 5））を計測する環境を、それぞれ昇降式テーブルの左右 2 つに分け、それぞれの計測実験にふさわしい構造物となっている。

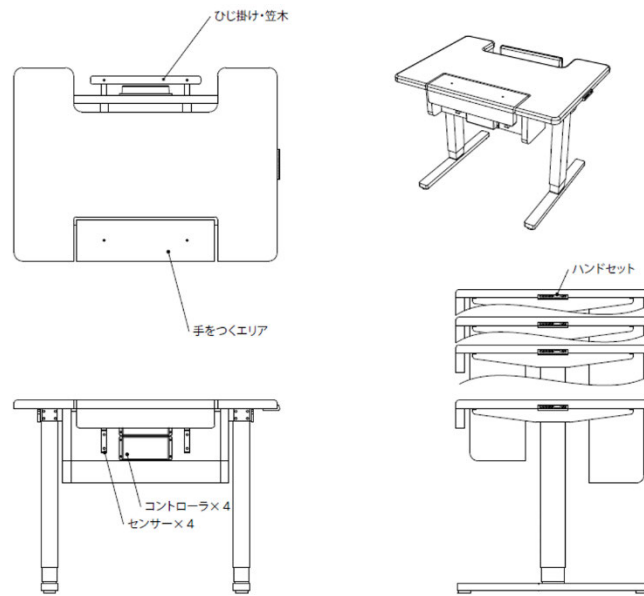


図 9 実験環境概要図

今回の事業で身体保持計測機を利用することが決定後、当該機材での計測準備を進めて行く中で、若干の課題が発生した。身体保持計測機は、両サイドで異なる計測が可能なように製作したが、手をつく動作を計測する構造物側は、手の付く場所によって若干のモーメント²が発生してしまい、各軸にその影響が発現することが判明した。具体的には、図 10（右）のように手をつく場所がセンサーの真上周辺であればモーメント発生の影響は最小限に抑えられるが、手を付く場所がエッジに近い部分やテーブルに近い部分になるほどモーメントの影響が大きくなる。

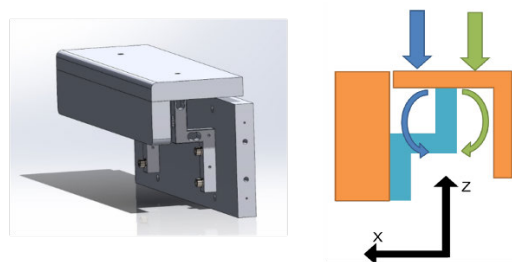


図 10 改良前のイメージ（右）とモーメント発生イメージ（左）

このような課題があったため、このモーメントの影響を極力小さくするための改修を実施した。図 11 に示すように、現状は手をつく場所をクランク状のアルミ棒 2 本で支える構造となっているためモーメントが発生してしまうことから、クランク状のアルミ棒の本

² モーメント：物体を回転させる力を力のモーメントという。「回す力」、「ねじる力」等ともいう。

数を増やすことでその影響を最小限にすることを考えた。各アルミ棒には3軸のセンサーが設置されており、そのコントロール装置も構造物内に設置させるため、設置可能本数の検討を重ねた結果、4本とすることに決定した。

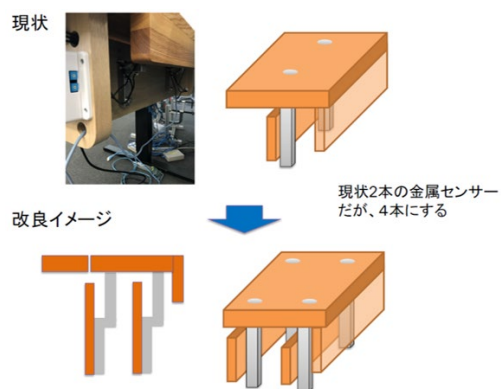


図 11 モーメント軽減のための改修

実際に作製した電動昇降テーブル一体式の身体保持構造物を図 12 に示す。上部 2 枚は、手を付く動作（テーブル・ダイニングテーブルを想定）を計測する側の正面及び斜めから見た図、下部 2 枚は、手で掴む動作（椅子の肘掛・笠木部を想定）を計測する側の正面及び斜めから見た図である。



図 12 電動昇降テーブル一体式 身体保持構造物

また、床からの立ち上り動作及び座る動作時に利用する平台と段差を構成する平台も作製した。図 13 にそれぞれの作製物を示す。

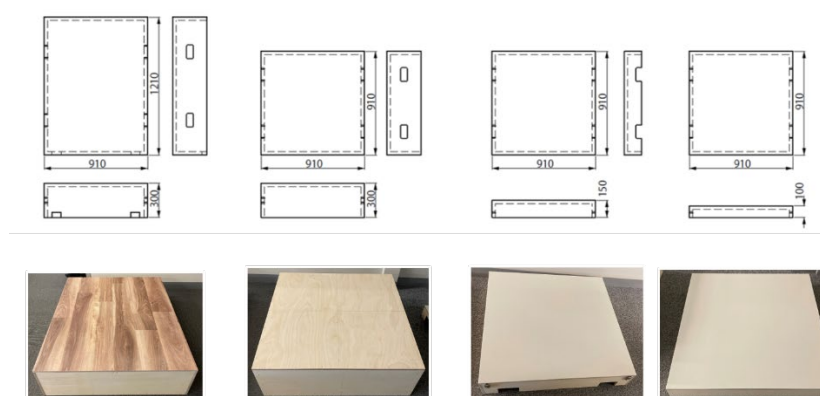


図 13 床として利用する平台（左）と段差として利用する平台（3 台）

2.2.3 計測環境の記録用カメラの概要

このような身体保持計測によって、荷重の量や方向を力学的に評価すると共に、高齢者自身の動作中の姿勢の状態（姿勢データ）について記録することで、高齢者の動作に関わる特徴や傾向を分析できると推察される。そこで、過去に実施した一般家庭での高齢者日常生活モニタリングのデータ収集で利用したカメラを利用することが可能である。

カメラについては、マイクロソフト社製の Azure Kinect カメラ（図 14）を選定した。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、かつ赤外線深度センサー機能（解像度：D640×576，フレーム数 30fps を用いて、画像データと姿勢データを同時に取得できる。

当該カメラは、人体検知機能を有しており、映し出された映像から、人間の頭部を検出し、そこを起点に関節を認識することが可能で、そのような仕様の下でのソフトウェア（「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取得することが可能となっている。

前述した人体検知機能における人体関節の認識可能数は、手、足、顔など 25 か所に及ぶ。図 15 に Azur Kinect カメラの仕様、及び認識可能関節モデルを示す。



図 14 Azure Kinect カメラ例

特徴量	Type	Azure Kinect DK
オーディオ	詳細	7 つのマイクの循環配列
モーション センサー	詳細	3 軸加速度計 3 軸ジャイロ
RGB カメラ	解像度	3840 x 2160 px @30 fps
深度カメラ	方式	Time-of-Flight
	解像度	640 x 576 px @30 fps
		512 x 512 px @30 fps
		1024x1024 px @15 fps
接続	端子	タイプが USB-C の USB3.1 Gen 1
	電源	外付けの PSU または USB-C
	同期	RGB & 深度内部、外部デバイスからデバイス
筐体仕様	寸法	103 x 39 x 126 mm
	質量	440 g
	取り付け穴	1/4-20 UNC 1 つ、4 つの内 部スクリュー ポイント

図 15 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 110 名を対象に、身体保持動作に関する計測を行った。実験協力者の年齢区分と身体機能別の人数について表 2 に示す。サルコペニア、重症サルコペニアの判定は、AWGS2019³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、健常者 75 名、サルコペニアの方 33 名、重度サルコペニアの方 2 名であった。重度サルコペニアに方が 2 名であったため、以降の分析では、サルコペニアと重度サルコペニアの方をまとめてサルコペニア群とし、健常者を健常群として分析を行った。

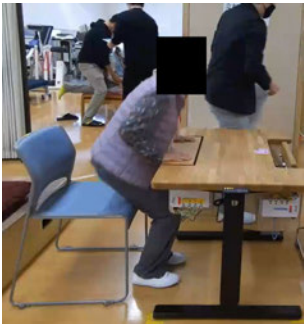
表 2 計測対象高齢者の年齢区分および身体機能別人数

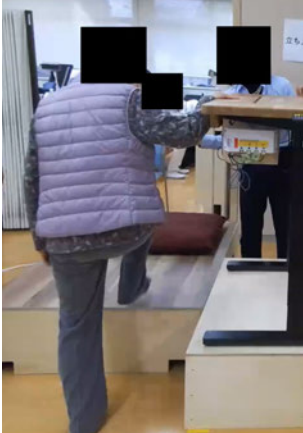
	年代区分						合計	
	60代		70代		80代			
	人	%	人	%	人	%	人	%
健常	29	82.9%	27	61.4%	19	61.3%	75	68.2%
サルコペニア	5	14.3%	17	38.6%	11	35.5%	33	30.0%
重症サルコペニア	1	2.9%	0	0.0%	1	3.2%	2	1.8%

³ 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.

実験条件は、2.1 の検討にもとづき、表 3 に示す 7 条件とした。各条件について、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。

表 3 実験条件と実験の様子

No	想定状況と動作	実験の様子
①	ローテーブルに手を着いての床面からの立ち上がり・床面への座り動作	
②	ダイニングテーブルに手を着いての椅子からの立ち上がり・椅子への座り動作	
③	低めのタンス・棚に手を着いての椅子からの立ち上がり・椅子への座り動作	

④	高さ 120cm の下駄箱や棚に手を着いて玄関の段差の上り下り動作	
⑤	高さ 140cm の下駄箱や棚に手を着いて玄関の段差の上り下り動作	
⑥	椅子のひじ掛けを掴んでの椅子からの立ち上がり・椅子への座り動作	

⑦	隣の椅子の背もたれに掴んでの椅子からの立ち上がり・椅子への座り動作	
---	-----------------------------------	--

2.4 身体関連の計測データの分析

計測したデータを用いて、各条件に関して、(1)身体保持時に保持物体に掛かる最大荷重に関する分析、(2)身体保持時に保持物体に掛かる荷重に関する分析、(3)身体保持動作に掛かる時間に関する分析の3種類の分析を行った。

2.4.1 身体保持時の最大荷重に関する分析

①～⑦の条件の動作ごとに、身体保持動作時に物体に掛かった荷重について、3軸方向別の最大荷重の分析を行った。個人ごとにそれぞれの動作中に掛かった最大荷重を算出し、その結果を箱ひげ図で示す。箱ひげ図では、ひげの最大値は四分位範囲の1.5倍として示す。結果は、高齢者全体、健常群、サルコペニア群について示し、健常群とサルコペニア群での違いの有無について述べ、その後、平均値を用いて①～⑦の条件での比較について述べる。

① ローテーブル

ローテーブルに手を着いての床面からの立ち上がり動作時の最大荷重の結果を図16に、床面への座り動作時の最大荷重の結果を図17に示す。立ち上がり動作に関しては、全体として鉛直方向（Z軸方向）と左右方向（Y軸方向）に同程度の荷重が掛かっており、前後方向（X軸方向）の荷重はそれらに比べると小さい。また、健常群とサルコペニア群とを比較すると、鉛直方向（Z軸方向）に差があり、健常群の方が鉛直方向に大きな荷重を掛けて、身体を支えながら立ち上がっていることが分かる。座り動作時も同様の傾向が見られるとともに、左右方向（Y軸方向）においてもサルコペニア群の方が、最大荷重が小さいことが分かる。これらから、ローテーブルを支えにして立ち座りする際には、健常群は腕の力も使って身体を支えながら動いているのに対し、サルコペニア群では、健常群に比べると、腕で支えている力が弱いことが分かる。

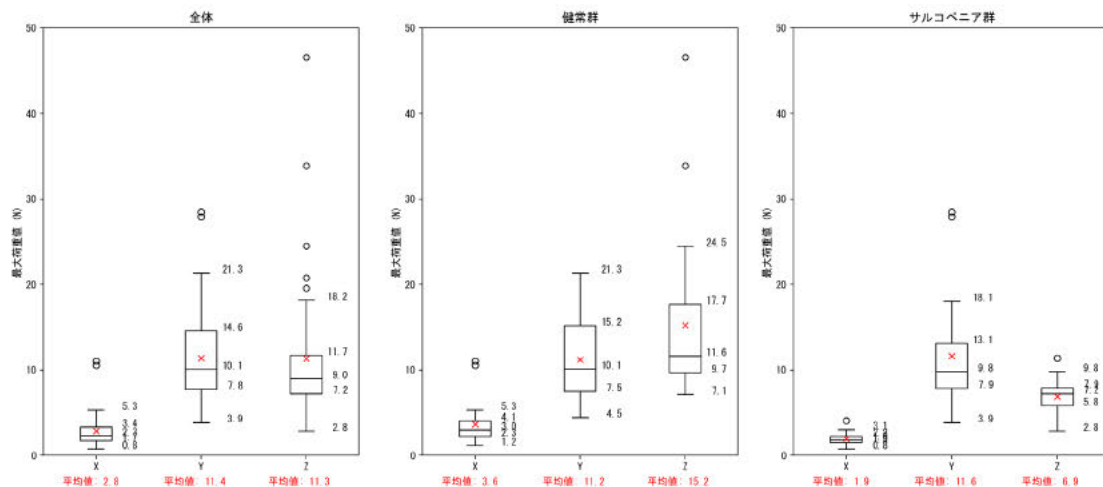


図 16 ①ローテーブル：立ち上がり動作時の最大荷重(単位：N)

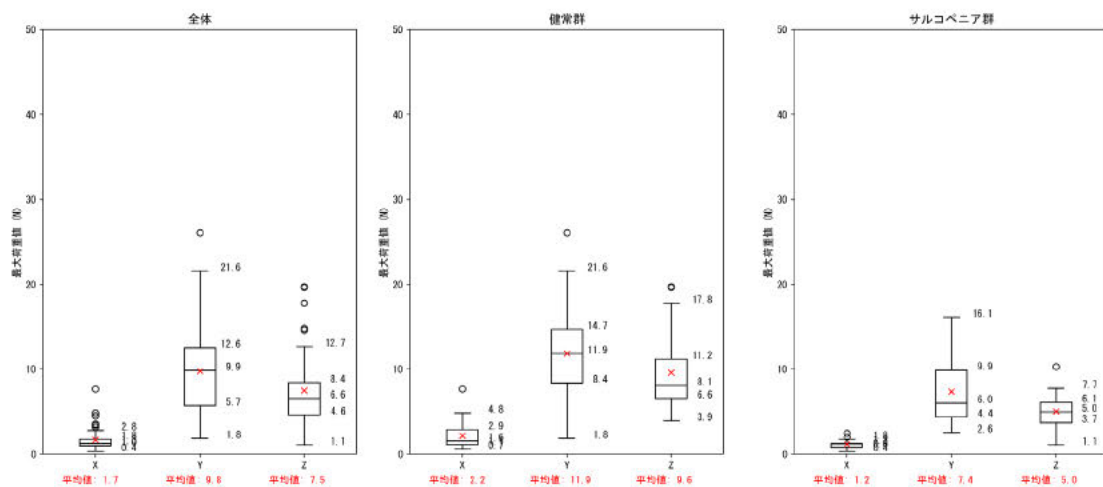


図 17 ①ローテーブル：座り動作時の最大荷重(単位：N)

② ダイニングテーブル

ダイニングテーブルに手を着いての椅子からの立ち上がり動作時の最大荷重の結果を図 18 に、椅子への座り動作時の最大荷重の結果を図 19 に示す。立ち上がり動作に関しては、健常群とサルコペニア群で、ややサルコペニア群の方が、荷重が小さいものの、大きな差は見られなかった。座り動作についても同様の傾向が見られた。しかし、箱ひげ図の最大値を超える荷重を示した高齢者は、いずれも健常群であった。椅子からの立ち・座り

では、床面からの立ち・座りに比べて、腰の移動距離が短いこと、テーブルと椅子で前後を挟まれており、テーブルに体重をかけて身体を保持するような動作が取りにくいといった状況から、健常群とサルコペニア群であまり差が見られなかったと考えられる。

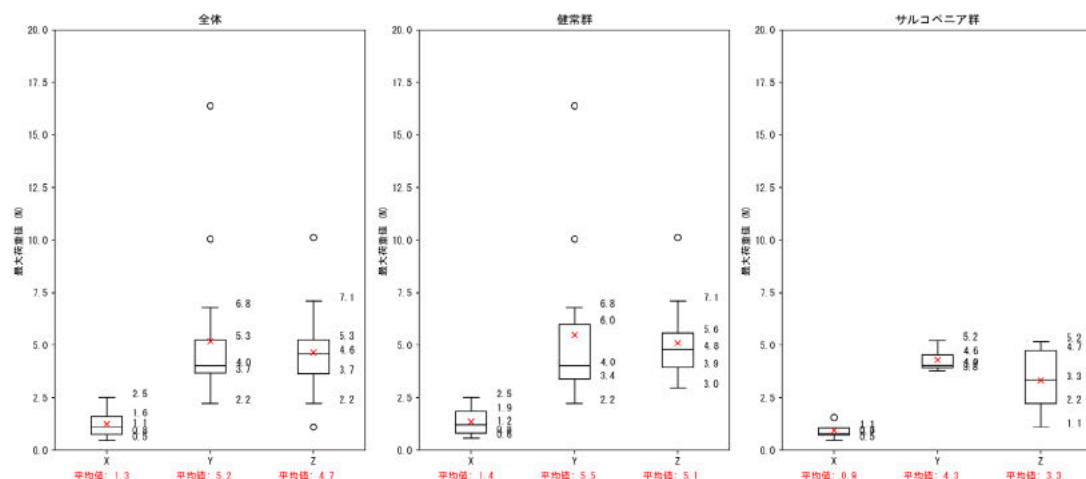


図 18 ②ダイニングテーブル：立ち上がり動作時の最大荷重(単位：N)

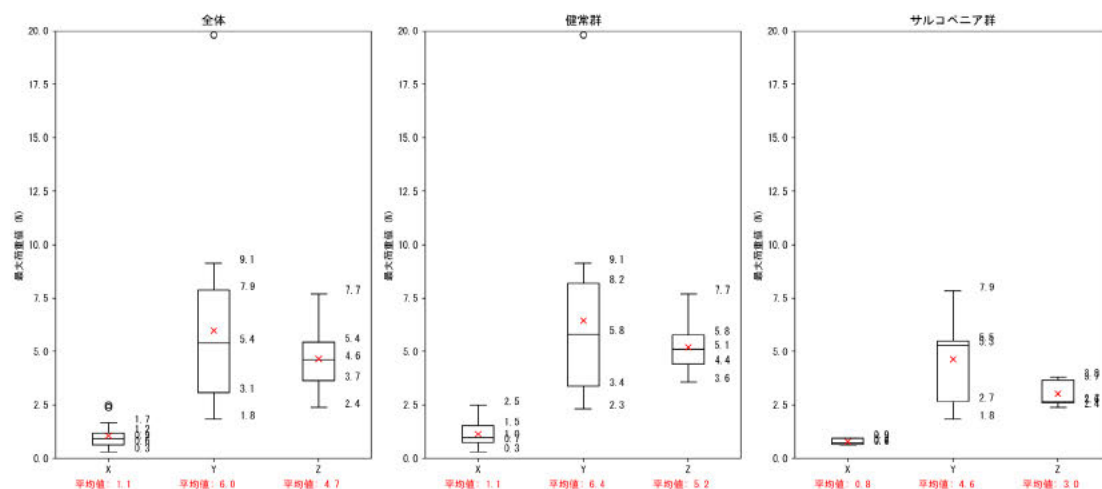


図 19 ②ダイニングテーブル：座り動作時の最大荷重(単位：N)

③ 低めのタンス・棚

低めのタンス・棚に手を着いての椅子からの立ち上がり動作時の最大荷重の結果を図 20 に、椅子への座り動作時の最大荷重の結果を図 21 に示す。立ち上がり動作・座り動作いずれに関しても、鉛直方向 (Z 軸方向) に関してややサルコペニア群の方が、荷重が小さいものの、大きな差は見られなかった。しかし、箱ひげ図の最大値を超える荷重を示した高齢者は、いずれも健常群であった。低めのタンス・棚は、椅子に座った時の肩の高さと

同程度の高さであるため、体重を掛ける状況にはならないことから、健常群とサルコペニア群であまり差が見られなかったと考えられる。

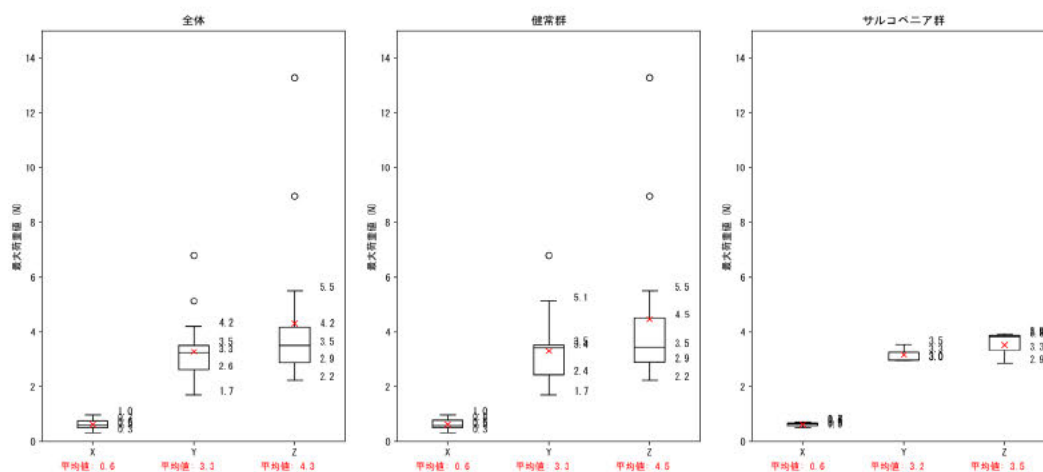


図 20 ③低めのタンス・棚：立ち上がり動作時の最大荷重(単位：N)

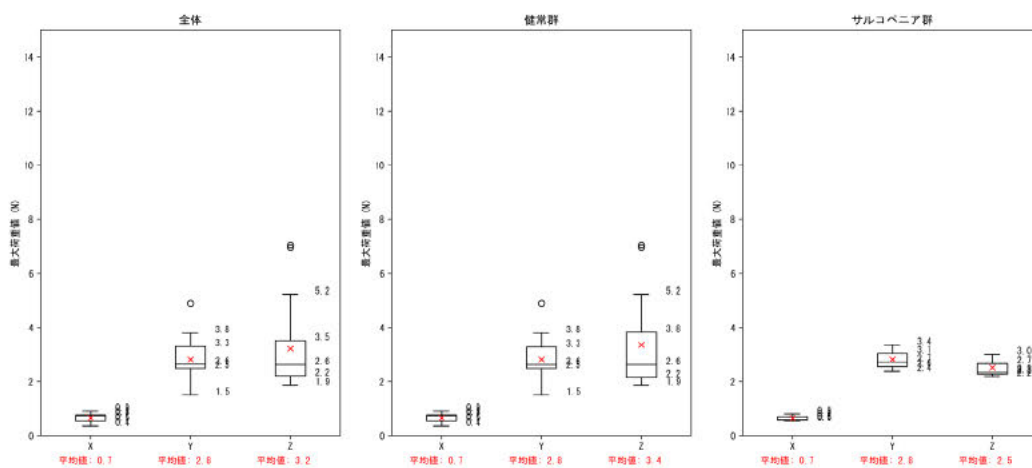


図 21 ③低めのタンス・棚：座り動作時の最大荷重(単位：N)

④ 高さ 120cm の下駄箱や棚

高さ 120cm の下駄箱や棚に手を着いての段差の上り動作時の最大荷重の結果を図 22 に、段差の下り動作時の最大荷重の結果を図 23 に示す。段差の上り動作に関しては、鉛直方向 (Z 軸方向) に関してはサルコペニア群の方がやや大きく、進行方向 (Y 軸方向) に関しては、健常群の方がやや大きい結果であったが、いずれも顕著な違いではなかつ

た。段差の下り動作に関しては、進行方向（Y 軸方向）に関して、サルコペニア群の方がやや大きい、という結果であったが、顕著な違いではなかった。

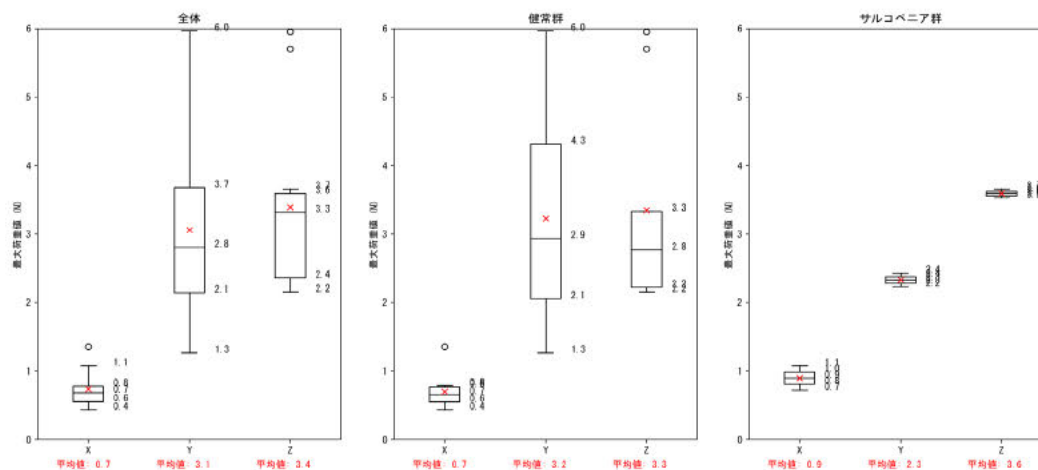


図 22 ④高さ 120cm の下駄箱や棚：段差の上り動作時の最大荷重(単位：N)

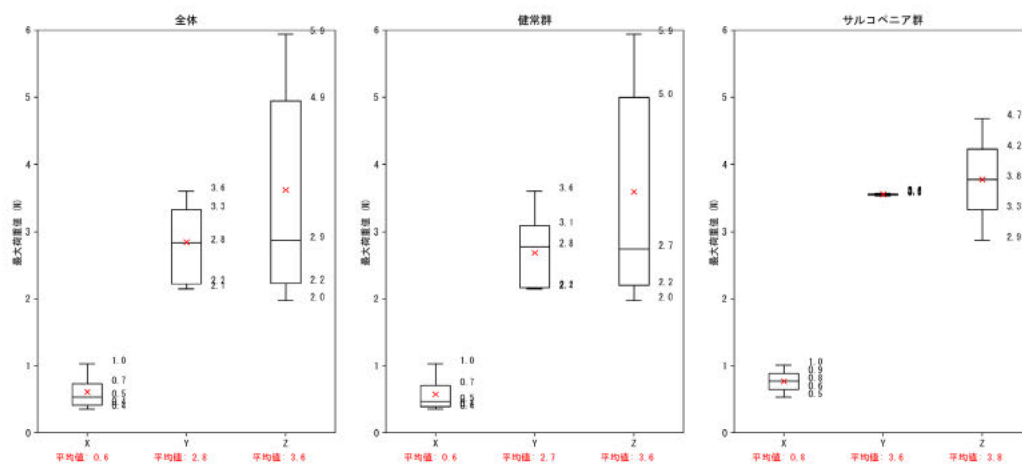


図 23 ④高さ 120cm の下駄箱や棚：段差の下り動作時の最大荷重(単位：N)

⑤ 高さ 140cm の下駄箱や棚

高さ 140cm の下駄箱や棚に手を着いての段差の上り動作時の最大荷重の結果を図 24 に、段差の下り動作時の最大荷重の結果を図 25 に示す。段差の上り動作に関しては、鉛直方向（Z 軸方向）に関しては健常群の方がやや大きく、進行方向（Y 軸方向）に関しては、サルコペニア群の方がやや大きい結果であったが、顕著な違いは見られなかった。段

差の下り動作に関しては、進行方向（Y 軸方向）も鉛直方向（Z 軸方向）も、サルコペニア群の方がやや大きい、という結果であったが、顕著な違いは見られなかった。

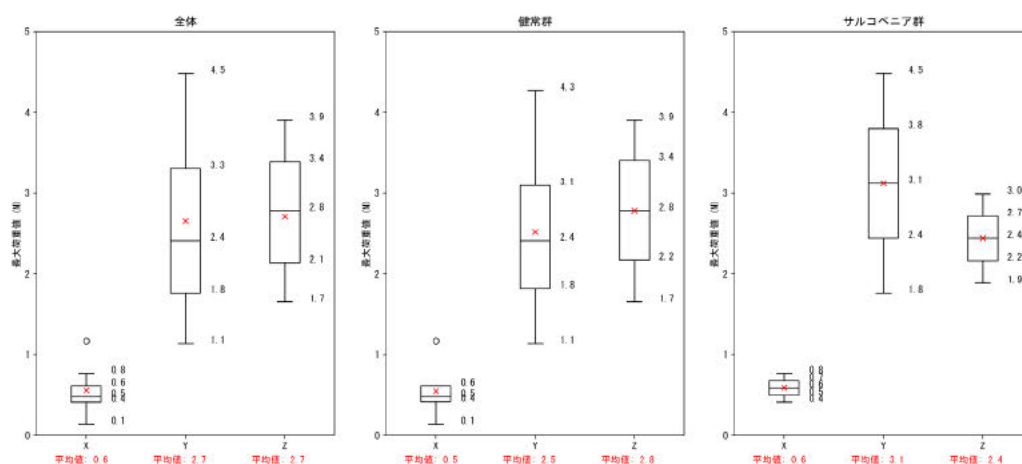


図 24 ⑤高さ 140cm の下駄箱や棚：段差の上り動作時の最大荷重(単位：N)

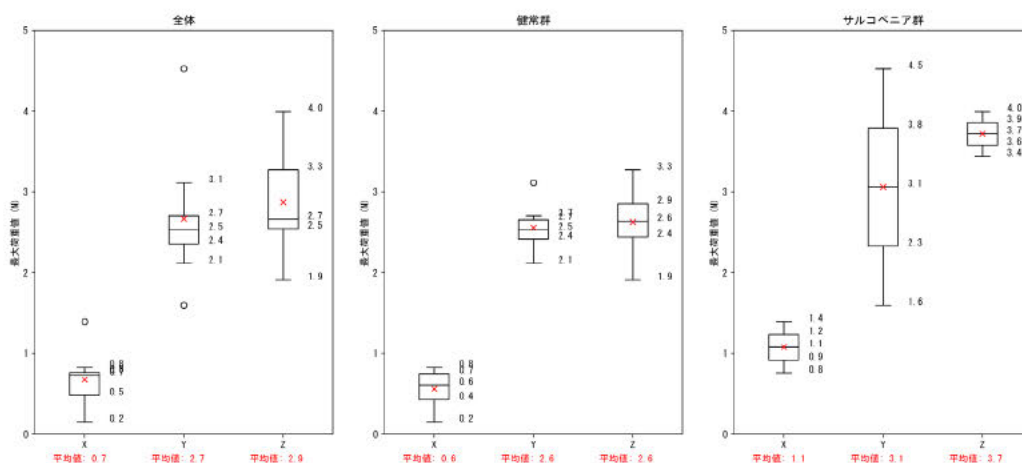


図 25 ⑤高さ 140cm の下駄箱や棚：段差の下り動作時の最大荷重(単位：N)

⑥ 椅子のひじ掛け

椅子のひじ掛けに手を着いての椅子からの立ち上がり動作時の最大荷重の結果を図 26 に、椅子への座り動作時の最大荷重の結果を図 27 に示す。立ち上がり動作に関しては、鉛直方向（Z 軸方向）に関して、健常群の方が大きいという結果であった。座り動作についても同様に、鉛直方向（Z 軸方向）に関して、健常群の方が大きいという結果であっ

た。

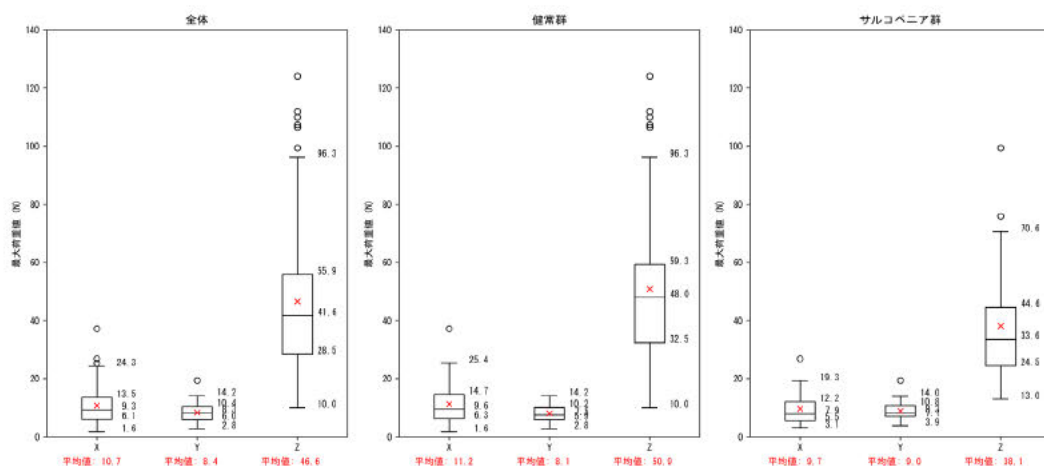


図 26 ⑥椅子のひじ掛け：立ち上がり動作時の最大荷重(単位：N)

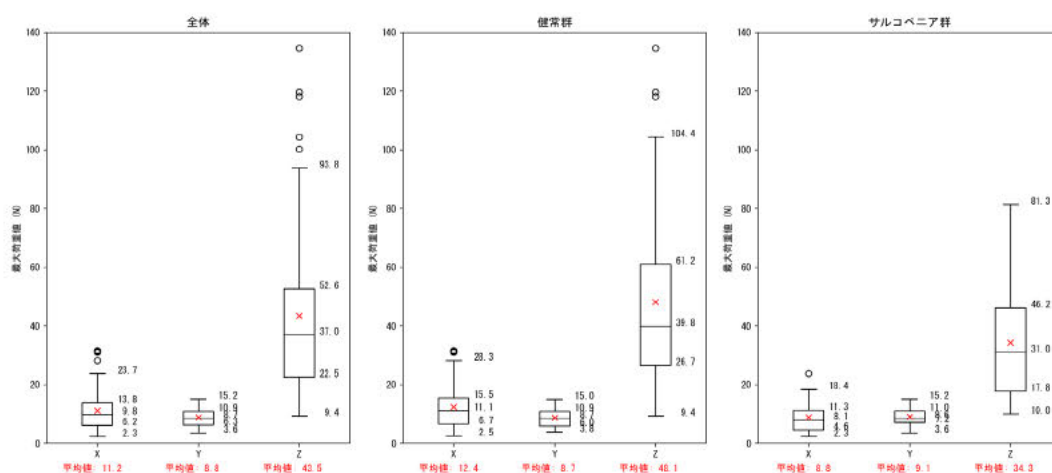


図 27 ⑥椅子のひじ掛け：座り動作時の最大荷重(単位：N)

⑦ 隣の椅子の背もたれ

隣の椅子の背もたれに手を着いての椅子からの立ち上がり動作時の最大荷重の結果を図 28 に、椅子への座り動作時の最大荷重の結果を図 29 に示す。立ち上がり動作に関しては、鉛直方向 (Z 軸方向) と前後方向 (X 軸方向) に関して健常群の方が大きいという結果であった。

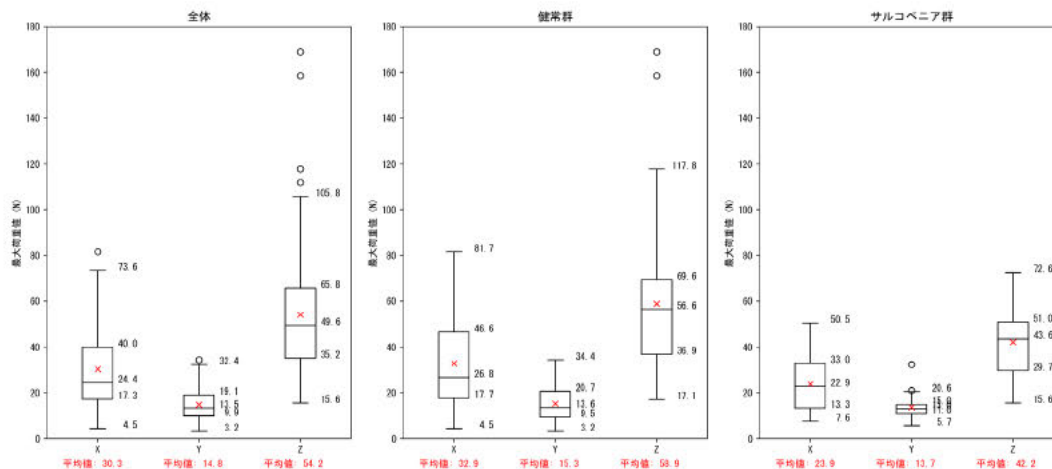


図 28 ⑦隣の椅子の背もたれ：立ち上がり動作時の最大荷重(単位：N)

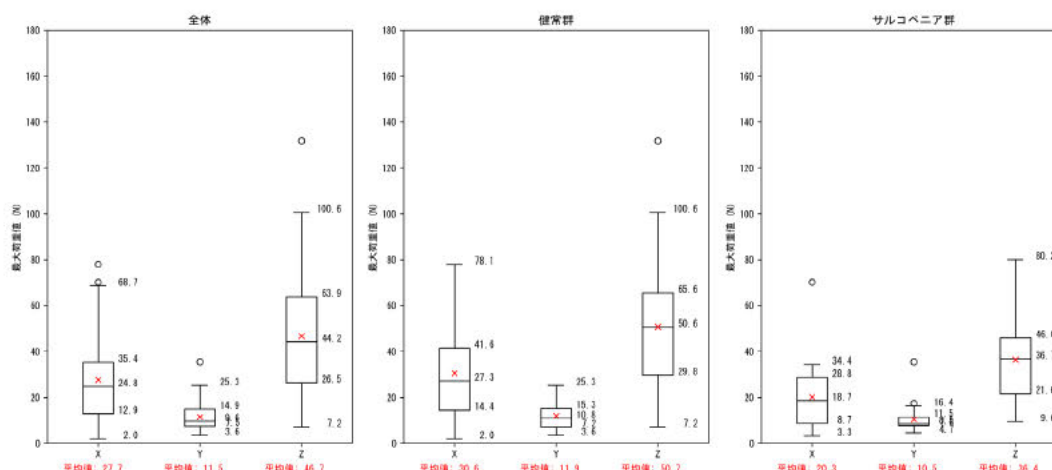


図 29 ⑦隣の椅子の背もたれ：座り動作時の最大荷重(単位：N)

ここまでの結果から、身体保持時に物体に掛かる最大荷重は、健常群とサルコペニア群で大きな差が見られない場合が多く、差が見られた条件ではいずれも健常群の方が、最大荷重が大きいという結果であった。このことから、健常群に比べるとサルコペニア群では、最大荷重という観点でみると、勢いよく力を掛けて立ったり、座ったりする動作をしておらず、ゆっくりと立ち座りしていると考えられる。サルコペニア群では、足腰の身体機能の低下が見られることから、慎重に動作を取っていることが考えられる。

次に、各条件の保持物体や動作の違いによる最大荷重値への影響を確認するために、表 4 に各条件での最大荷重値の平均値を示す。まず、大きな荷重となっているのは条件⑥、

⑦であり、①～⑤との違いは、身体保持物体をしっかりと掴んで動作をできるかどうかである。条件⑥、⑦はひじ掛けや背もたれのように掴みやすい形状となっており、それによって荷重を掛けて身体保持ができていると考えられる。条件③、④、⑤については、身体に対して手を掛ける部分が高い位置にあるため、それ以外の条件に比べると体重を掛けた身体保持が難しく、荷重値が小さくなっていると考えられる。以上のように、身体保持物体の形状や高さによって、物体に掛かる荷重が異なることから、計上や使用場面に応じて強度や設計を検討する必要があると考えられる。

表 4 各条件での最大荷重値の平均値 (単位 N)

条件	立ち上がり動作・段差上り動作			座り動作・段差下り動作		
	X	Y	Z	X	Y	Z
①ローテーブル	2.8 (前後方向)	11.4 (左右方向)	11.3 (鉛直方向)	1.7 (前後方向)	9.8 (左右方向)	7.5 (鉛直方向)
②ダイニング テーブル	1.3 (前後方向)	5.2 (左右方向)	4.7 (鉛直方向)	1.1 (前後方向)	6.0 (左右方向)	4.7 (鉛直方向)
③低めのタンス・ 棚	0.6 (左右方向)	3.3 (前後方向)	4.5 (鉛直方向)	0.7 (左右方向)	2.8 (前後方向)	3.2 (鉛直方向)
④高さ 120cm の 下駄箱や棚	0.7 (左右方向)	3.1 (前後方向)	3.4 (鉛直方向)	0.6 (左右方向)	2.8 (前後方向)	3.6 (鉛直方向)
⑤高さ 140cm の 下駄箱や棚	0.6 (左右方向)	2.7 (前後方向)	2.7 (鉛直方向)	0.7 (左右方向)	2.7 (前後) 方向	2.9 (鉛直方向)
⑥椅子のひじ掛け	10.7 (左右方向)	8.4 (前後方向)	46.6 (鉛直方向)	11.2 (左右方向)	8.8 (前後方向)	43.5 (鉛直方向)
⑦隣の椅子の背も たれ	30.3 (前後方向)	14.8 (左右方向)	54.2 (鉛直方向)	27.7 (前後方向)	11.5 (左右方向)	46.7 (鉛直方向)

2.4.2 身体保持時の 3 軸方向の荷重に関する分析

身体保持動作を行っている際に、身体のぶれが生じていないかを確認するために、物体に対して掛かる荷重の分散を算出した。荷重には体重の影響が出ることから、鉛直方向の荷重の最大値で正規化した上で分散を算出した

① ローテーブル

ローテーブルに手を着いての床面からの立ち上がり動作と座り動作時の各軸方向の分散を算出した結果を図 30 に示す。立ち上がり動作時も座り動作時も、いずれの方向につい

でもサルコペニア群の方が、分散が大きいことが分かる。サルコペニア群については、特に左右方向への分散が大きい。このことから、サルコペニアの場合、立ち上がった時、座った時に左右方向へ身体が揺れ動いていることが分かる。左右方向への身体の動きを保持しやすくする必要性が示唆される。

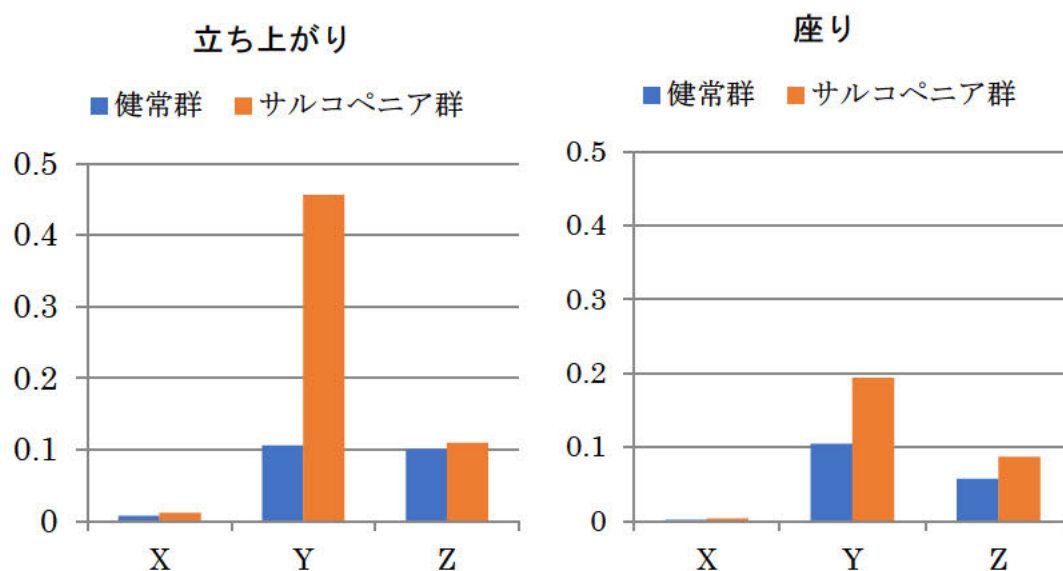


図 30 ①ローテーブル: 立ち上がり・座り動作時の荷重値の分散

② ダイニングテーブル

ダイニングテーブルに手を着いての椅子からの立ち上がり動作と座り動作時の各軸方向の分散を算出した結果を図 31 に示す。立ち上がり動作時も座り動作時も、いずれの方向についてもサルコペニア群の方が、分散が大きいことが分かる。特に、座り動作時のサルコペニア群の左右方向への荷重の分散が大きい。このことから、サルコペニアの場合、左右方向へ身体が揺れ動いており、特に座る際に揺れ幅が大きいことが分かる。左右方向への身体の動きを保持しやすくする必要性が示唆される。

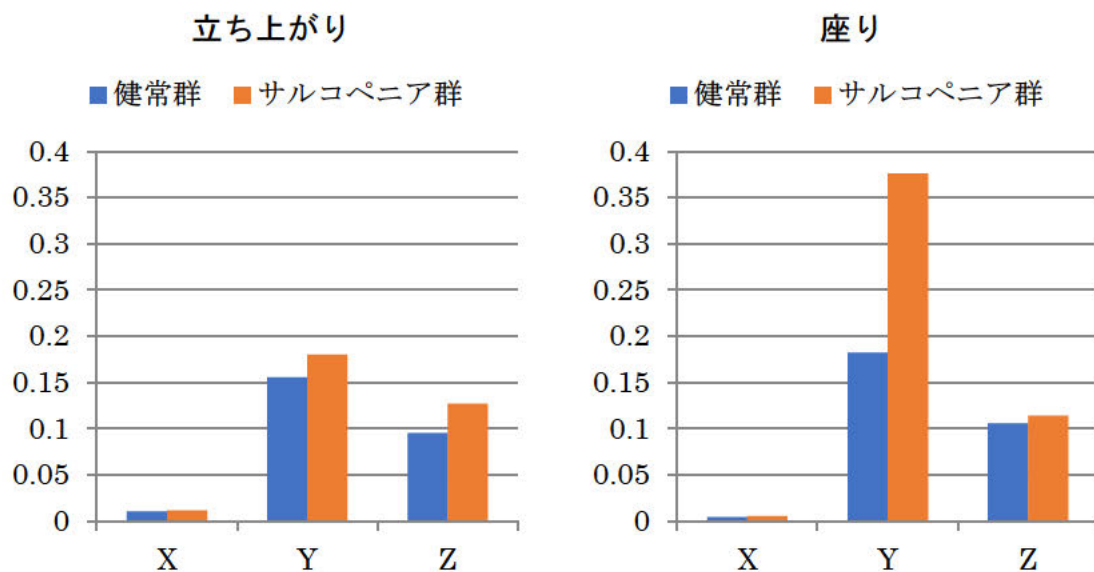


図 31 ②ダイニングテーブル：立ち上がり・座り動作時の荷重値の分散

③ 低めのタンス・棚

低めのタンス・棚に手を着いての椅子からの立ち上がり動作と座り動作時の各軸方向の分散を算出した結果を図 32 に示す。いずれの値も、健常群とサルコペニア群で同程度となっており、大きな差は見られない。低めのタンス・棚に手を着いての立ち座りの際は、手を着く高さが、体重を掛けて身体を押し上げることができるほど低くは無く、一方で身体を引き上げることができるほど高くはないため、軽く手を添えるような状況になったことで、健常群とサルコペニア群であまり差が見られなかったと思われる。

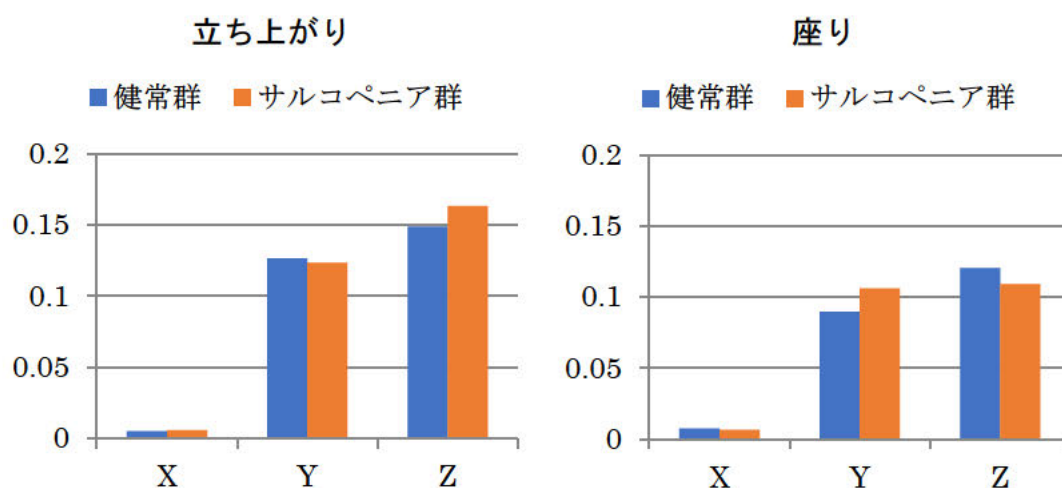


図 32 ③低めのタンス・棚：立ち上がり・座り動作時の荷重値の分散

④ 高さ 120cm の下駄箱や棚

高さ 120cm の下駄箱や棚に手を着いての段差の上り下り動作時の各軸方向の分散を算出した結果を図 33 に示す。いずれについても、健常群の方がサルコペニア群よりも分散が大きい結果であった。特に、段差を登る時の前後方向（Y 軸方向）、段差を下る時の鉛直方向（Z 軸方向）の健常群の分散が大きい。このことから、健常群はサルコペニア群に比べて、勢いよくダイナミックな動きで段差を上り下りしていると思われる。

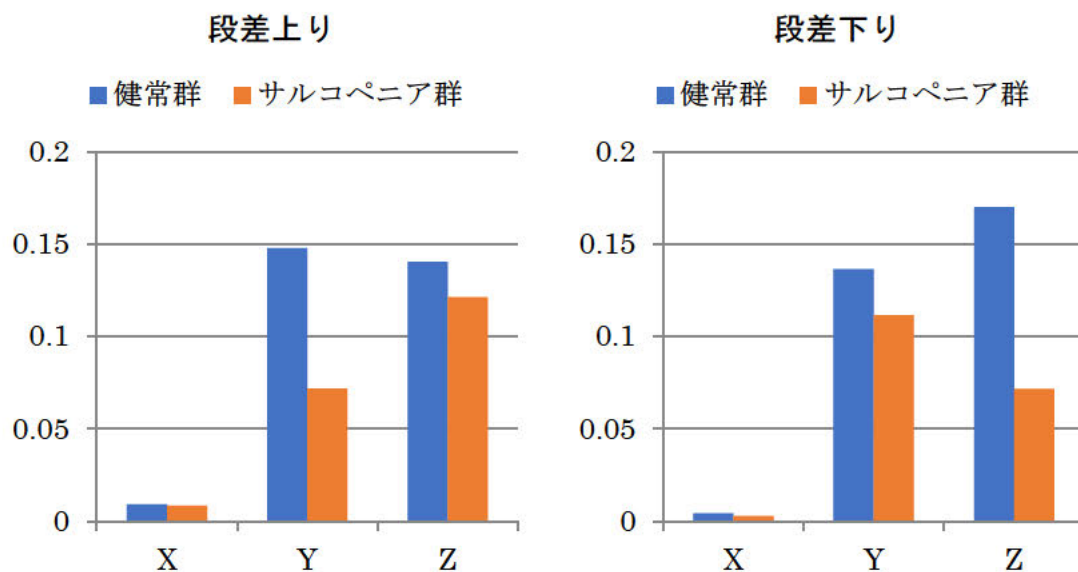


図 33 ④高さ 120cm の下駄箱や棚：段差上り下り動作時の荷重値の分散

⑤ 高さ 140cm の下駄箱や棚

高さ 140cm の下駄箱や棚に手を着いての段差の上り下り動作時の各軸方向の分散を算出した結果を図 34 に示す。段差を下る時の左右方向（X 軸方向）以外については、健常群の方がサルコペニア群よりも分散が大きい結果であった。特に、前後方向（Y 軸方向）、鉛直方向（Z 軸方向）について、健常群がサルコペニア群よりも分散が大きくなっており、健常群の方が、しっかりと荷重を掛けながら身体を支えて勢いよくダイナミックな動きで段差を上り下りしていると思われる。

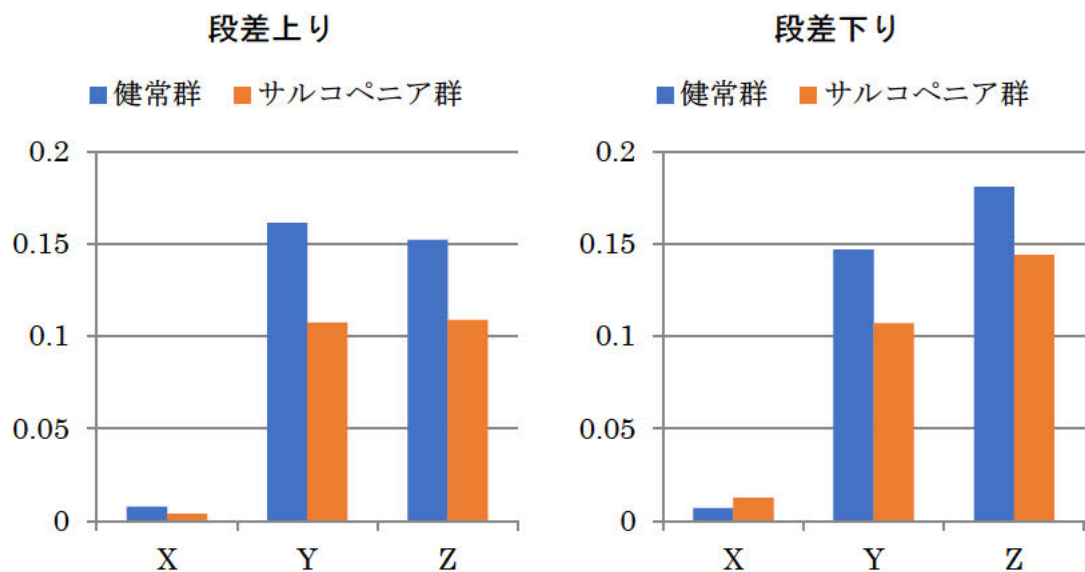


図 34 ⑤高さ 140cm の下駄箱や棚：段差上り下り動作時の荷重値の分散

⑥ 椅子のひじ掛け

椅子のひじ掛けに手を着いての椅子からの立ち上がり動作と座り動作時の各軸方向の分散を算出した結果を図 35 に示す。いずれの値も、健常群とサルコペニア群で同程度であるが、立ち上がり時の左右方向（X 軸方向）と前後方向（Y 軸方向）、座り時の前後方向（Y 軸方向）と鉛直方向（Z 引く方向）において、微小ではあるもののサルコペニア群の方が、分散が大きい。分散は小さいものの、鉛直方向以外にも身体が揺れながら保持動作を取っていると思われる。

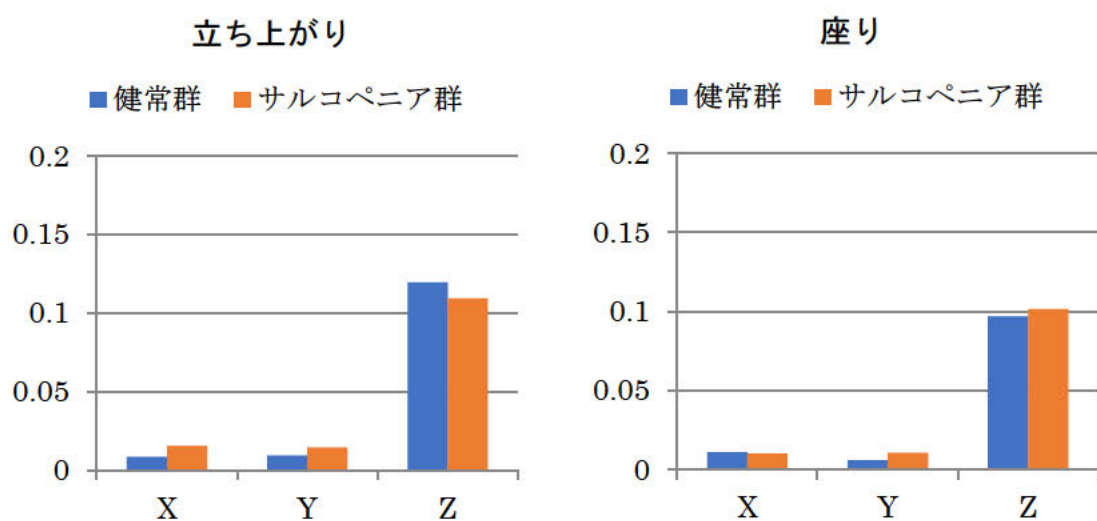


図 35 ⑥椅子のひじ掛け：立ち上がり・座り動作時の荷重値の分散

⑦ 隣の椅子の背もたれ

隣の椅子の背もたれに手を着いての椅子からの立ち上がり動作と座り動作時の各軸方向の分散を算出した結果を図 36 に示す。いずれの値も、健常群とサルコペニア群で同程度であった。微小ではあるものの、サルコペニア群の方が、左右方向（Y 軸方向）の分散が大きい。隣の椅子の背もたれに手を掛けるといふ、身体から左右方向に少し離れた位置で身体を保持する場合、左右方向に身体が揺れながら保持動作を取っていると思われる。

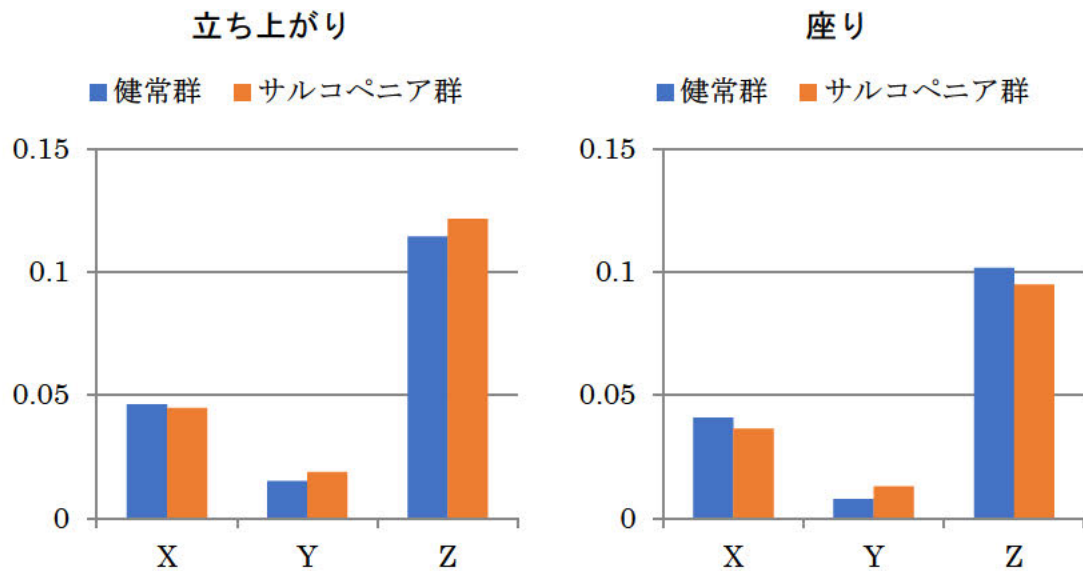


図 36 ⑦隣の椅子の背もたれ: 立ち上がり・座り動作時の荷重値の分散

動作時の荷重の分散の分析結果を、健常群とサルコペニア群で、差が見られない場合は×、健常群の方が分散が大きい差が見られた場合を□、サルコペニア群の方が分散が大きい差が見られた場合は○として表 5 にまとめた。この結果から、物体によって姿勢を保持しにくい状況ではサルコペニア群の方が分散が大きくなり、特に左右方向の分散が大きい結果であった。また、姿勢を保持しにくい状況でも、段差の上り下りのように鉛直方向以外にも動きのある動作の場合、サルコペニア群では慎重にゆっくり動作していると思われる、健常群の方が分散が大きい結果となった。一方で、しっかりと掴んで姿勢を保持できる状況では、健常群とサルコペニア群では分散に大きな差は見られなかった。このように、身体保持の状況や動作によって、荷重のぶれの傾向が異なることが分かった。

表 5 荷重の分散に関する健常群とサルコペニア群の差の有無

条件	健常群とサルコペニア群の差の有無	
	立ち上がり・段差上り	座り・段差下り
①ローテーブル	○	○
②ダイニングテーブル	○	○
③低めのタンス・棚	×	×
④高さ 120cm の下駄箱や棚	□	□
⑤高さ 140cm の下駄箱や棚	□	□
⑥椅子のひじ掛け	×	×
⑦隣の椅子の背もたれ	×	×

2.4.3 身体保持動作の動作時間に関する分析

健常群とサルコペニア群に関して、動作に掛かった時間について分析することで、スムーズに動作を取れているか、ゆっくりと時間を掛けて動作しているのかについて整理を行った。

① ローテーブル

ローテーブルに手を着いての床面からの立ち上がり動作と座り動作に掛かった時間について、健常群とサルコペニア群の結果を図 37 に示す。立ち上がり動作も座り動作も、サルコペニア群の方が約 1 秒長い結果となった。このことから、サルコペニア群の方がゆっくりと立ち座りしていることが分かる。

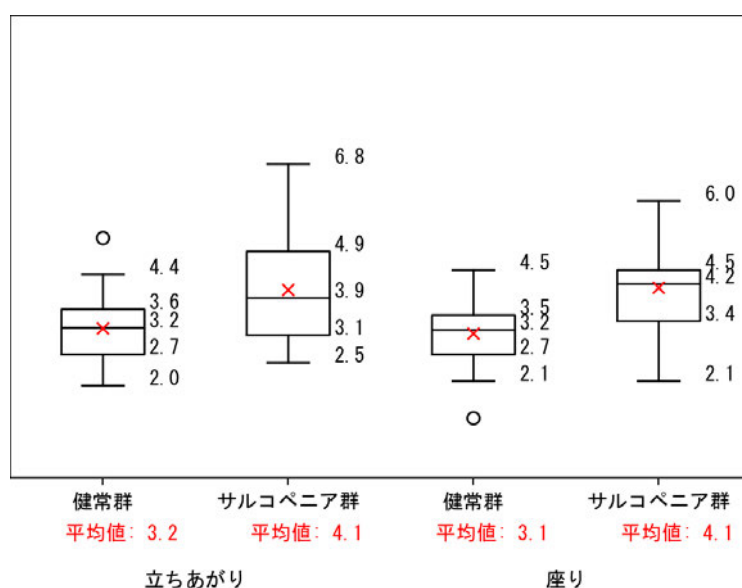


図 37 ①ローテーブル：動作時間（単位：秒）

② ダイニングテーブル

ダイニングテーブルに手を着いての椅子からの立ち上がり動作と座り動作に掛かった時間について、健常群とサルコペニア群の結果を図 38 に示す。立ち上がり動作も座り動作も、サルコペニア群の方が、動作時間が長い結果となり、特に立ち上がり動作の方がより差が大きい結果であった。立ち上がり動作の際にはゆっくりと立ち上がっており、座るときはテーブルでは背面方向への力を支えにくいことから、ゆっくり座ることが難しいため、動作時間にあまり差が見られなかったと思われる。

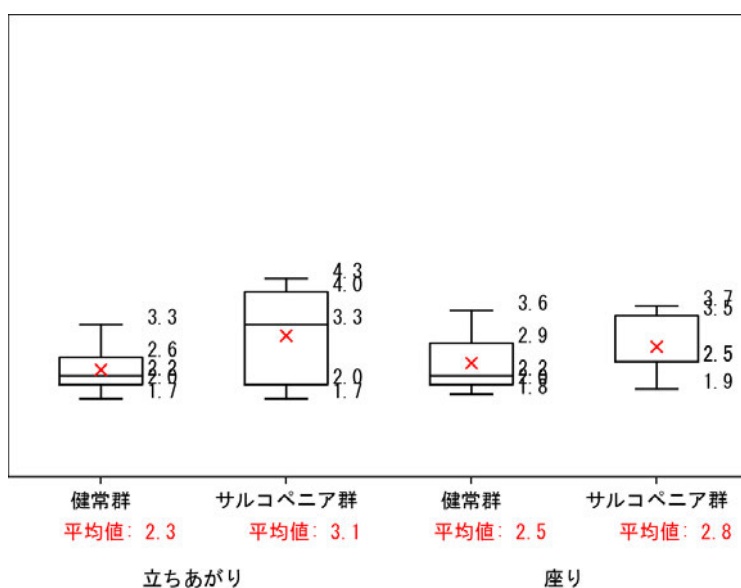


図 38 ②ダイニングテーブル：動作時間（単位：秒）

③ 低めのタンス・棚

低めのタンス・棚に手を着いての椅子からの立ち上がり動作と座り動作に掛かった時間について、健常群とサルコペニア群の結果を図 39 に示す。立ち上がり動作も座り動作も、サルコペニア群の方が、動作時間が長い結果となり、特に立ち上がり動作の方がより差が大きい結果であった。ダイニングテーブルと同様に、立ち上がり動作の際にはゆっくりと立ち上がっており、座るときはテーブルでは背面方向への力を支えにくいことから、ゆっくり座ることが難しいため、動作時間にあまり差が見られなかったと思われる。

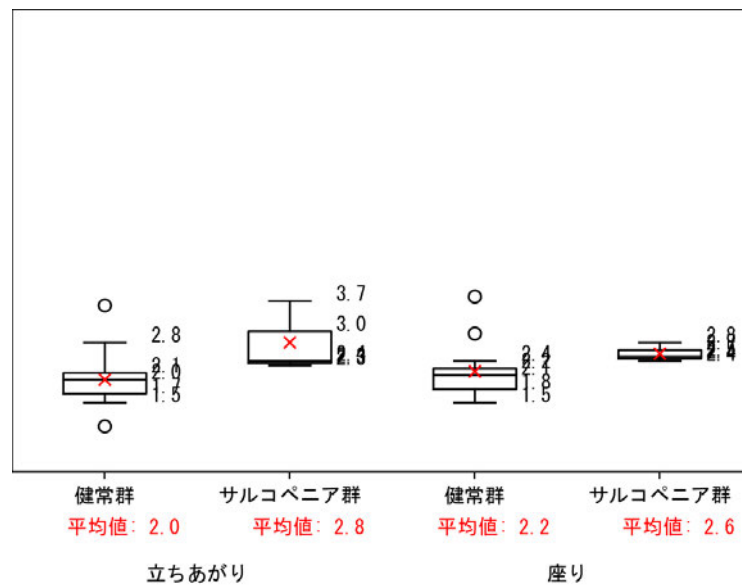


図 39 ③低めのタンス・棚：動作時間（単位：秒）

④ 高さ 120cm の下駄箱や棚

高さ 120cm の下駄箱や棚に手を着いての段差の上り下り動作に掛かった時間について、健常群とサルコペニア群の結果を図 40 に示す。段差の上り下り動作とも、サルコペニア群の方が、動作時間が長い結果となり、特に段差の上り動作では、1 秒以上の差が見られた。段差の上り動作の際にはゆっくりと段差を上っており、段差を下りるときはゆっくり動作するには足腰で身体を支える必要があるが、サルコペニア群では足腰の身体機能が低下しているため、健常群とサルコペニア群で動作時間にあまり差が見られなかったと思われる。

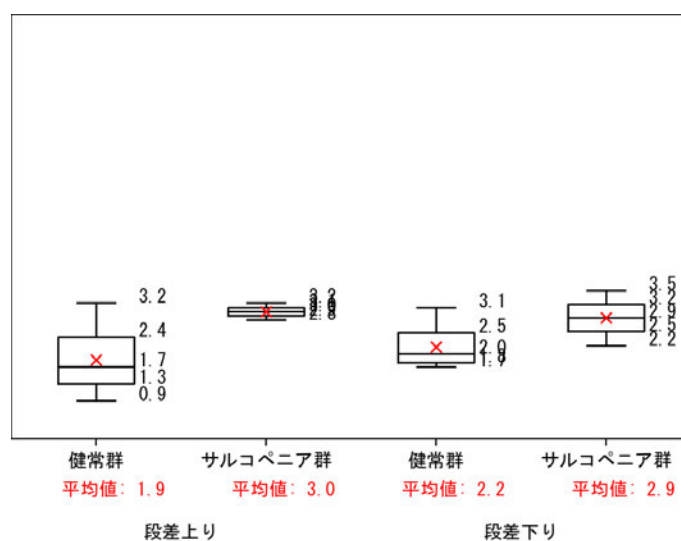


図 40 ④高さ 120cm の下駄箱や棚：動作時間（単位：秒）

⑤ 高さ 140cm の下駄箱や棚

高さ 140cm の下駄箱や棚に手を着いての段差の上り下り動作に掛かった時間について、健常群とサルコペニア群の結果を図 41 に示す。段差の上り下り動作とも、サルコペニア群の方が、動作時間が長く、健常群の動作時間の約 2 倍の時間が掛かっていた。高さ 120cm の下駄箱や棚の場合と同様の状況であり、保持物体の高さがさらに高くなったことで、さらに保持をしにくい状況になり、特に注意を払ってゆっくりと動作したことが考えられる。また、最大荷重の結果により、健常群とサルコペニア群で大きな違いは見られなかったことから、身体保持状態の違いではなく、慎重にゆっくり上り下りしたことが示唆される。

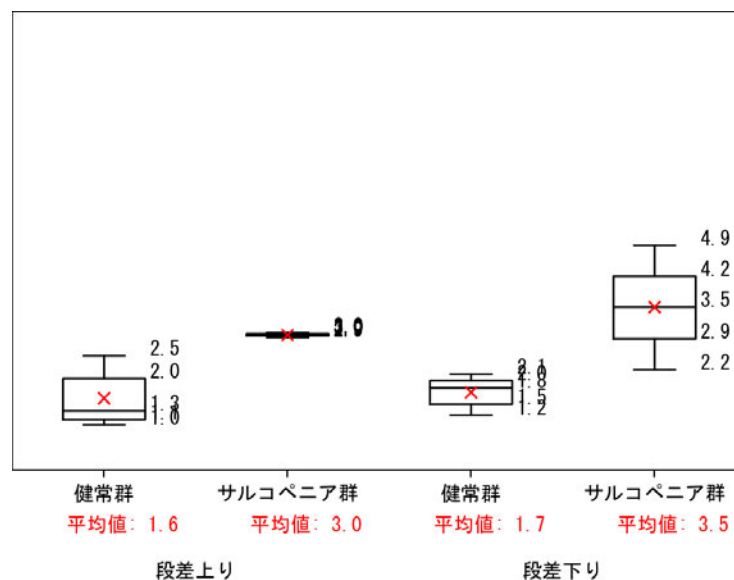


図 41 ⑤高さ 140cm の下駄箱や棚：動作時間（単位：秒）

⑥ 椅子のひじ掛け

椅子のひじ掛けに手を着いての椅子からの立ち上がり動作や座り動作時に掛かった時間について、健常群とサルコペニア群の結果を図 42 に示す。立ち上がり動作も座り動作も、サルコペニア群の方が、動作時間が長い結果となり、特に立ち上がり動作の方が 1 秒以上の差が見られた。座り動作についても 0.6 秒の差が出ており、ダイニングテーブルなどとは異なり、ひじ掛け部をしっかり掴めることから、座り動作時の背面方向への力もある程度支えられることから、座り動作についても動作時間に差が見られたと思われる。

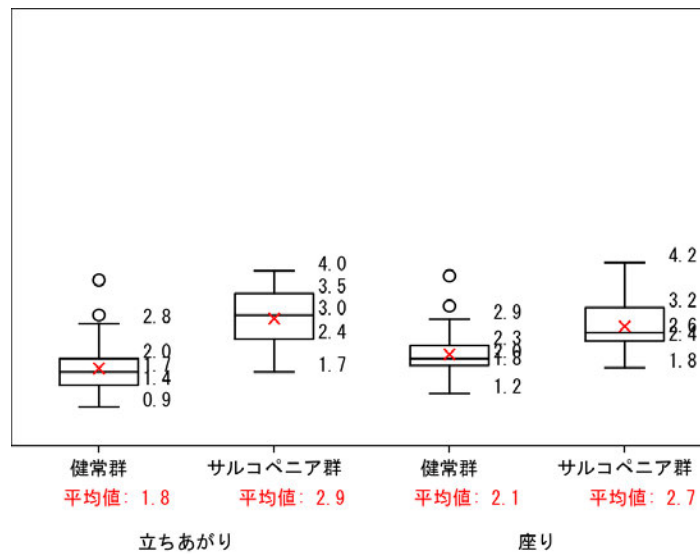


図 42 ⑥椅子のひじ掛け：動作時間（単位：秒）

⑦ 隣の椅子の背もたれ

隣の椅子の背もたれに手を着いての椅子からの立ち上がり動作や座り動作時に掛かった時間について、健常群とサルコペニア群の結果を図 43 に示す。立ち上がり動作も座り動作も、サルコペニア群の方が、動作時間が長い結果となり、立ち上がり動作では 0.9 秒、座り動作では 0.8 秒の差が見られた。ひじ掛け部の場合と同様に、背もたれ部を掴めることと、保持する位置が背面側のため、座り動作時の背面方向への力もある程度支えられることから、座り動作についても動作時間に差が見られたと思われる。

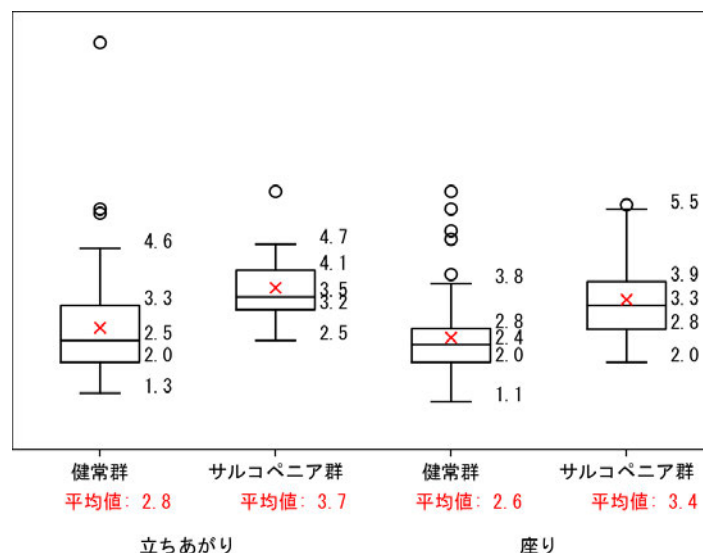


図 43 ⑦隣の椅子の背もたれ：動作時間（単位：秒）

動作時間の違いについて、健常群とサルコペニア群で 0.5 秒以上の違いが見られたものは○、1.0 秒以上の違いが見られたものは◎、0.5 秒未満の違いだったものは×として、表 6 に結果をまとめた。多くの場合で 0.5 秒以上の差が見られ、特に身体の保持がしにくい状況で 1 秒以上の差が見られた。また身体の保持がしにくくても、ゆっくりと動作することが難しい状況では動作時間の差が見られなかった。

表 6 健常群とサルコペニア群の動作時間の差の有無

条件	健常群とサルコペニア群の差の有無	
	立ち上がり・段差上り	座り・段差下り
①ローテーブル	○	◎
②ダイニングテーブル	○	×
③低めのタンス・棚	○	×
④高さ 120cm の下駄箱や棚	◎	○
⑤高さ 140cm の下駄箱や棚	◎	◎
⑥椅子のひじ掛け	◎	○
⑦隣の椅子の背もたれ	○	○

2.4.4 身体保持動作に関する計測データ分析のまとめ

ここまでの最大荷重の分析、荷重の分散の分析、動作時間の分析から、身体保持物体の形状、動作の種類や状態などによって、傾向が異なることが分かった。各条件での傾向について、以下に述べる。

①ローテーブルでは、最大荷重が比較的大きいことから身体をしっかりと保持しながら動作することができているものの、左右方向の荷重のブレがあり、最大荷重も鉛直方向と同程度であることから、面で身体を支える際に鉛直方向の保持はしやすいものの、左右方向の保持をしやすくする必要性が示唆される。

②ダイニングテーブルでは、最大荷重は①ローテーブルよりも小さいものの、分散の傾向は類似しており、同様に左右方向の保持をしやすくする必要性が示唆される。動作時間については、立ち上がる際には健常群とサルコペニア群で差が見られるが、座る際には差が見られないことから、身体の保持に限界があり、ゆっくりと座る動作がしにくいことが示唆される。椅子への座り動作では、背面方向への荷重を支える必要があるが、テーブルの面では支えることが難しいためであると考えられる。

③低めのタンス・棚では、②ダイニングテーブルと同様の傾向であり、面で身体を保持する限界があることがうかがえ、特に座り動作では保持が十分にできていないことが示唆される。

④高さ 120cm の下駄箱や棚、⑤高さ 140cm の下駄箱や棚では、最大荷重は比較的小さく、分散は健常群の方が大きく、動作時間はサルコペニア群の方が長い、という結果か

ら、健常群では段差の上り下りを素早くダイナミックに動いてできているが、サルコペニア群では慎重にゆっくりと動作していることが分かる。このことから、段差の上り下りは、高さのある面で身体保持することはサルコペニアの方には難しく、ゆっくりとした動作を取らざるを得ないことが示唆される。手すりなどのようにしっかりと掴める身体保持物があれば、スムーズに上り下りをしやすくなる可能性があると考えられる。

⑥椅子のひじ掛けでは、鉛直方向の最大荷重が大きく、前後左右への荷重のぶれに関して、健常群とサルコペニア群で差がないことから、サルコペニアの方でも、しっかりと握ることで鉛直方向へ荷重を掛けて身体を保持できるため、安定した動作ができていると考えられる。そのため、動作時間に関して一定の違いが見られ、身体を保持しながら、ゆっくりと動作できていることが示唆される。

⑦隣の椅子の背もたれでは、⑥椅子のひじ掛けと同様に鉛直方向の最大荷重が大きく、前後左右への荷重のぶれに関して、健常群とサルコペニア群で差がないことから、サルコペニアの方でも、しっかりと握ることで鉛直方向へ荷重を掛けて身体を保持できるため、安定した動作ができていると考えられる。その一方で、身体保持位置が背面にあるため、前後方向への最大荷重が大きくなっているため、身体と身体保持位置の関係によって、身体を保持する物に求め得られる強度が異なると示唆される。

以上の通り、身体保持をする際に、面で支えるか・掴むことができるか、立ち・座り動作か・段差の上り下りか、身体と保持位置の位置関係によって、保持物体に求められる検討点が異なることが分かった。これらの結果から、身体保持が必要な状況やそこでの動作に応じて、身体保持物体の形状・位置・各方向に対する強度を考慮した設計をする必要性が示唆された。

3. 除雪機の安全装置を想定したハンドルの握り込み動作の計測

高齢者の除雪機による事故が毎年発生している。図 44 に 2011 年から 2020 年までの 10 年間で、除雪機による死亡事故及びけがを負った事故は 40 件発生しており、主に豪雪地帯で 60 歳以上の高齢者による事故が多くなっていることがわかる。

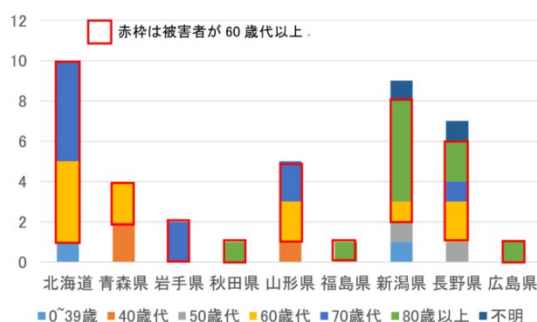


図 44 除雪機による事故状況（出典：経済産業省）

事故事例としては、（１）除雪機が自動で停止する緊急停止クリップを身体に取り付けておらず、その状態で除雪機を後進中に転倒したため、除雪機が使用者に乗り上げて下敷きとなったもの、（２）使用者が後進中に背面の鉄パイプとの間に挟まれた際、走行クラッチレバーの上に覆いかぶさる状態となったため、走行クラッチレバーが「入」の位置に固定され、除雪機が後進を継続したことにより、使用者を圧迫したもの、（３）除雪機のエンジンをかけた状態でデッドマンクラッチ機構のクラッチレバーをロープで固定したため、何らかの理由で使用者が前方のオーガ部に移動した際に誤ってオーガに巻き込まれ、事故に至ったもの等が挙げられる。何れの事故も痛ましい事故であり、使用者は死亡している。このような事故事例を良く見ると、製品側の不具合というわけではなく、使用者の誤使用や不注意などが要因で事故が発生していることが分かってきた。

今回、上記のような痛ましい除雪機事故を低減させるべく、除雪機利用の実態をはじめ、安全装置（デッドマンクラッチ）の誤使用をする要因の仮説を立てて、東北地方（山形県寒河江市及び周辺エリア）及び北陸地方（福井県大野市エリア）で聞き取り調査及び実験等を実施した。

3.1 デッドマンクラッチの機種タイプによる設置位置の違い

デッドマンクラッチは、2004年4月以降に販売された除雪機に安全装置機能として装備されており、製品によって装備される位置等が異なる。図45にデッドマンクラッチの代表的なタイプとして、角型といわれるデッドマンクラッチ例を示す。角型タイプは、ハンドル上部にツノのように上方を向いて設置されていることから、このように呼ばれている。このツノ部分をハンドルと一体となるまで上から抑え込むと動き出し、離すと即座に停止するようになっている。



図 45 角型デッドマンクラッチ例（利用者提供）

もう1つの代表的なタイプは、図46に示すループ型と呼ばれる構造のデッドマンクラッチである。ハンドル自体が左右に独立しておらず、輪状（ループ）の構造をしており、デッドマンクラッチもそのハンドルと一体となるようなループ構造をしているタイプであ

る。通常は、上部の赤いループクラッチが1つであるが、メーカーや製品によって下部の黒い安全装置（後進非常停止装置）も装着しているものもある。この後進非常停止装置は、後進時に利用者が挟まれそうになった場合や緊急停止する場合などに脚部分が当たると自動的に停止する機能であり、転倒時の巻き込みなどを防止するものとして効果を発揮する。

後進非常停止装置は、角型デッドマンクラッチを採用している機種でもメーカー・製品によっては装着されている場合がある。サイズの的には中型・大型機に採用されているケースが多いとされている。

図 47 に手元と足元の両方に安全装置が装着されている例を示す。この事例は、中型の除雪機とされるタイプであるが、中型機以上になると本体重量も **500kg** を超える製品となっているため、万一に備えて除雪機に巻き込まれない安全装置を装備していると思われる。

製品によっては、上記に示した安全装置以外に図 48⁴に示すような安全機能が装備されている。



図 46 ループ型デッドマンクラッチ例（利用者提供）



図 47 手元及び足元の両方にある安全装置例（利用者提供）

⁴ 除雪機安全協議会のリーフレットに掲載されている事例をレイアウトを変えて掲載
<http://www.jfmma.or.jp/data/jyoankyo-leaflet-2022.pdf>



図 48 その他の安全装置（出典：除雪機安全協議会リーフレット）

3.2 安全装置（デッドマンクラッチ）の握る力の計測調査

除雪機の誤使用としては、デッドマンクラッチを無効にして除雪機を操作してしまい事故に遭遇又はヒヤリハットに合ったということが良く言われている。今回、この要因として、長時間、寒い中でデッドマンクラッチを握り続ける事で手の握力がなくなり疲れてしまうという仮説を持って、デッドマンクラッチの握る力の調査を実施した。

3.2.1 調査方法

除雪機を握る力を計測する装置は、アメリカ PPS 社の接触センサー（FingerTPS）を利用した。この接触センサーを除雪機使用者の指や手のひらに装着し、センサーに加わる力を電気信号に変換しデータとして取得する。

様々な製品の握り方は人それぞれであるため、同じ個所に接触センサーを装着しても同様のデータが取得できるとは限らないが、条件を同じにするために手のひらに 1 か所、中指、薬指、小指の各基節部（第 2．第 3 関節の間）に 1 か所ずつ装着し、握る力の計測を行った。握り方も、普段と同じ握り方で操作してもらうように依頼した。図 49 に接触センサーの装着例を示す。

また、角型デッドマンクラッチは、殆どの製品で左手側に装着されているため、利き手に関係なく左手に接触センサーを装着して調査を行った。



図 49 接触センサーの装着例

接触センサーからデータを取得する全体システム構成は、図 50 のように、利用者の手首に各接触センサーからの情報を収集するリストモジュールを介し、Bluetooth によって

計算機に送信される。計算機には専用のソフトウェアをインストールすることで、接触センサーのデータをリアルタイムに表示・計測することが可能となっている。



図 50 接触センサーの全体概要図

上記のように接触センサーを装着後、実際の除雪機によるデッドマンクラッチの操作時の手に掛かる力の計測を実施した。

3.2.2 データ分析

今回、高齢者7名を対象にデッドマンクラッチ操作時の手に掛かる力の計測を行った。この計測では、デッドマンクラッチを通常操作している方法で操作依頼しているため、握る力や握り方による個人差が生じて、その影響が計測データにも反映されるため、参考データとして掲載する。調査した7名の所有タイプは、小型角（ツノ）型、小型ループ型、中型の3タイプであり、握る力の分析に関してはこのタイプ毎に分析を進めた。小型角（ツノ）型は、5名、小型ループ型は1名、中型は1名であった。

（1）角（ツノ）型のデッドマンクラッチ

図 51 は、角型のデッドマンクラッチを利用している方の前進操作3回分、後進操作3回分の手指の力の計測データである。計測開始から各回終了時にデッドマンクラッチから手を離してもらった動作を3回継続して計測した。前進操作時には、一番力が掛かっているのは手のひらであり、その平均は概ね30Nであった。後進操作時には、回数毎に力が掛かる手指の部位が異なっているが、最も力が掛かっている部分の平均値は概ね12Nであった。

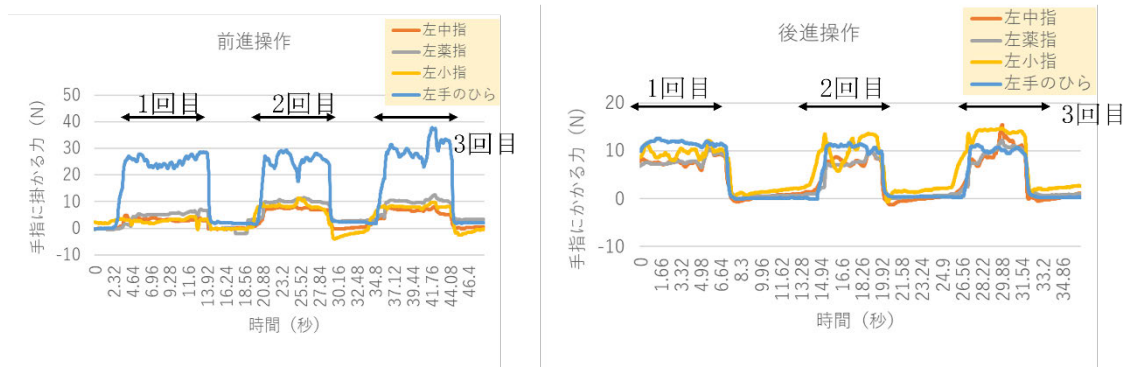


図 51 角（ツノ）型デッドマンクラッチでの前進、後退操作による手指の力

次に、旋回操作時の力を計測した。図 52 に計測結果を示す。一番力が掛かっているのは手のひらであり、その平均は概ね 15N であった。

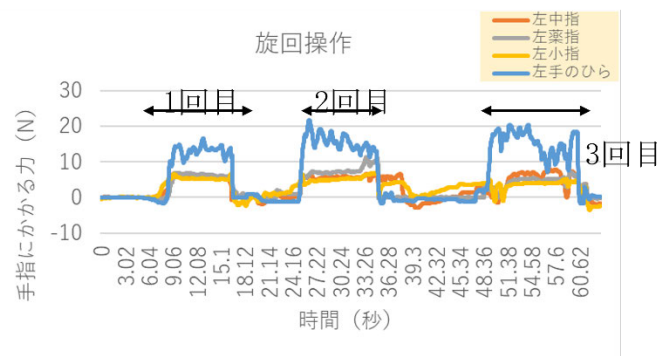


図 52 角（ツノ）型デッドマンクラッチでの旋回操作による手指の力

（2）ループ型のデッドマンクラッチ

図 53 は、ループ型のデッドマンクラッチを利用している方の前進操作 3 回分、後進操作 3 回分の手指の力の計測データである。計測開始から各回終了時にデッドマンクラッチから手を離してもらう動作を 3 回継続して計測した。当該ループ型除雪機は、角（ツノ）型よりも、ループハンドル及びデッドマンクラッチの持ち手部分が細い形状になっているため、持ち手部とセンサー部が密着しづらい状態になっていると推察されること、また、ループ型では両手でデッドマンクラッチを握れるため、どちらの手で握っても良いという習慣と普段の握り方で操作するという意識から、利き手の右手のほうが握る力が勝っていた可能性も否定できず、センサーを装着した左手の計測の再現性はあまり良くなかった。計測は 3 回実施したが、前進操作については 1 回目のみを有効データとして、後進操作では 2 回目、3 回目を有効データとしてとして扱う。

前進操作時には、一番力が掛かっているのは手のひらであり、その平均値は概ね 43N であった。後進操作時には、一番力が掛かっているのは手のひらであり、その平均値は概ね 30N であった。

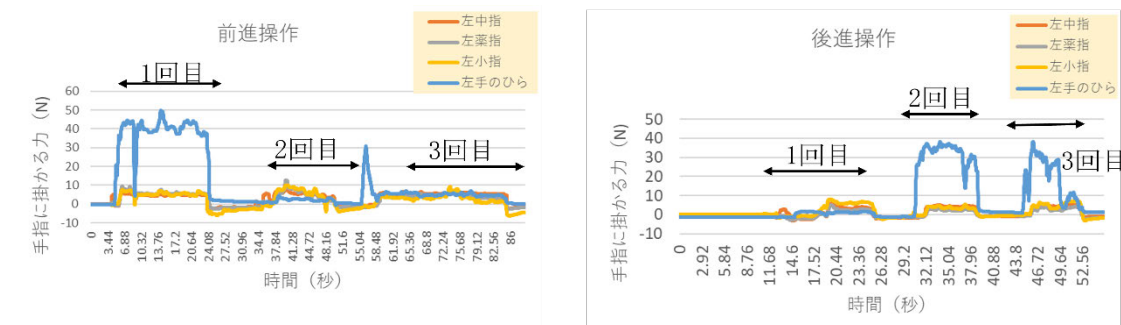


図 53 ループ型デッドマンクラッチでの前進、後退操作による手指の力

次に、旋回操作時の力を計測した。図 54 に計測結果を示す。こちらの計測も再現性はあまりよくないが、一番力が掛かっているのは手のひらであり、概ね平均値は 15N であった。

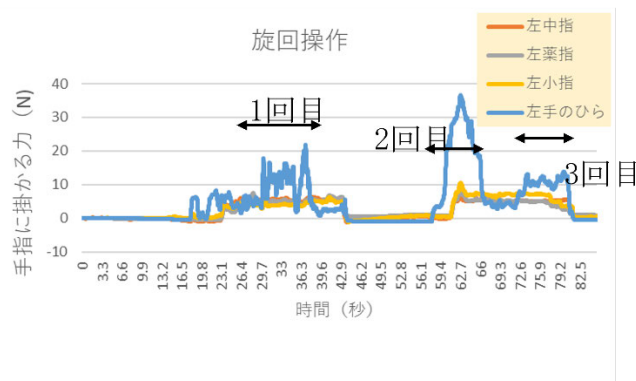


図 54 ループ型デッドマンクラッチでの旋回操作による手指の力

(3) 中型機のデッドマンクラッチ

中型機は、本体重量が 500kg を超える製品が多く安全面では小・中型機以上に配慮されている。図 47 は、利用者が普段使用している中型機であり、前面パネル前にループ型のデッドマンクラッチ（オレンジ色のバー）と足部に緊急安全装置、及び変速機レバーの上にもう 1 つのデッドマンクラッチ（オレンジ色レバー）が装備されている。普段通りの操作で計測を実施したところ、この方は、変速機レバー部のデッドマンクラッチを利用しており、角型デッドマンクラッチとは別の握り方となる。

図 55 は、中型機を利用している方の前進操作 3 回分、後進操作 3 回分の手指の力の計測データである。計測方法は角型等と同じである。前進操作時で一番力が掛かっているのは、回数毎に変わっているが、最大に掛かっている手指の力の平均値は概ね 38N あった。後進操作時は、右中指と手のひらに力が掛かっており、最大に掛かっている手指の力の平均値は概ね 45N あった。

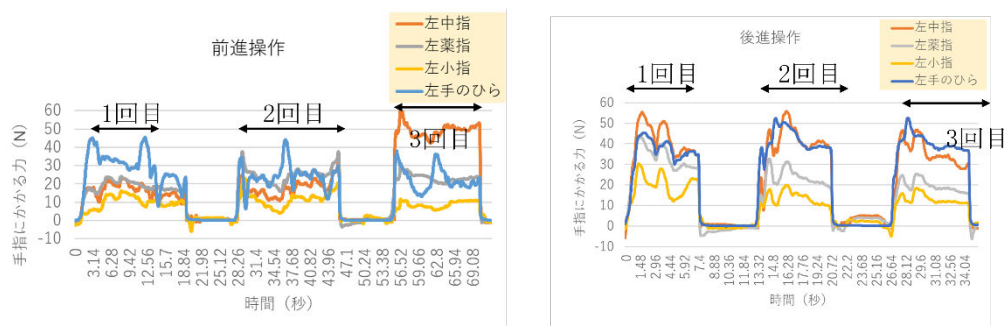


図 55 中型機デッドマンクラッチでの前進、後退操作による手指の力

次に、旋回操作時の力を計測した。図 56 に計測結果を示す。2 回目と 3 回目は、瞬間的に握り替える操作をしたため区別が付きにくいですが、3 回を通しての最大に掛かっている手指の力の平均値は概ね 45N 程度であった。

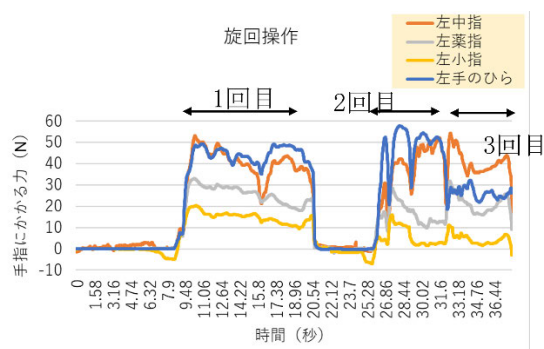


図 56 中型機デッドマンクラッチでの旋回操作による手指の力

表 7 に機種の違いによる手指に掛かる力の纏めを示す。全体的に前進操作を行う場合の力が高い傾向が見て取れる。この要因の一つとしては、各機種自走式ではあるが自走に任せず操作者が除雪機を自身の力で押しているため、手指に力が掛かっているものと推察される。また、中型機においては全体的に高い数値となっている。小型機よりも自重が重く本体も大きいため、慎重な操作を要求されることにより、知らずに力が入っている可能性も否定できない。

表 7 デッドマンクラッチの違いによる手指に掛かる力の差異

タイプ	前進操作時 Avg. (N)	後進操作時 Avg. (N)	旋回操作時 Avg. (N)
角型	30	12	15
ループ型	43	30	15

中型機	38	45	45
-----	----	----	----

これらの結果から、除雪機のデッドマンクラッチの握る力に関しては、操作者の力量や機種の違いはあるが、最大でも概ね 45N（4.4kg）程度の力であれば良いことが分かった。

3.3 除雪機に関わる聞き取り調査

除雪機の事故を低減させるためには、事故の発生原因や実際の使用実態を把握することが重要である。今回、高齢者 15 名に除雪機に関わるアンケート調査を実施した。利用者の年代、居住エリア（市区町村）、デッドマンクラッチタイプ、1 回の除雪機利用時間、安全装置無効での利用有無、ヒヤリハット等、22 項目の調査を実施した。

まず、アンケートを実施した高齢者の年代、所有除雪機のデッドマンクラッチの装着有無、及びデッドマンクラッチのタイプについての結果を図 57 に示す。

年代は、60 代が 3 名、70 代が 10 名、80 代が 2 名（何れも男性）であった。デッドマンクラッチの装着に関しては、全員が所有している除雪機に当該機能が装着されていた。デッドマンクラッチのタイプは、角（ツノ）型が 13 名、ループ型が 2 名であった。

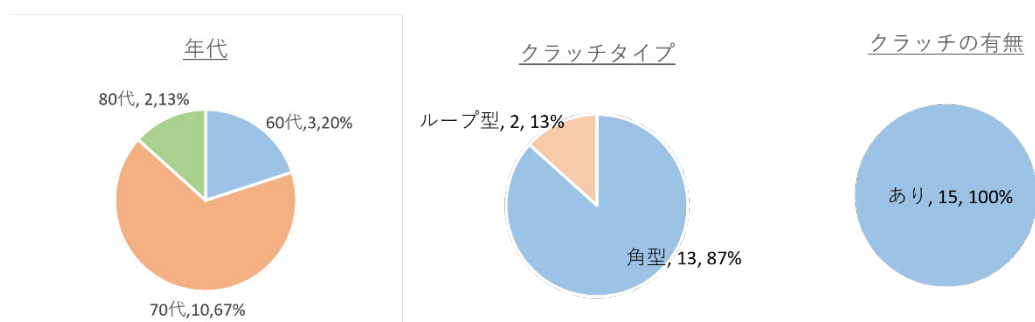


図 57 （左）年代、（中央）デッドマンクラッチタイプ、（右）デッドマンクラッチの有無

続いて、1 回の作業時にかかる時間、デッドマンクラッチを握り続けることが大変か否か、デッドマンクラッチを無効にして作業した経験有無についての結果を図 58 に示す。

1 回にかかる時間については、自宅敷地の広さ、除雪エリア、除雪機の排気量などに左右されるため、60 分未満から 240 分以上と大きな差となった。除雪する場所は、車庫（殆ど家庭には、カーポートや鉄筋車庫がある）から市道等に出るまでのスロープ、自宅前の道路や役所等が早朝に除雪した雪の除雪、屋根からの落雪の除雪などが主な除雪対象であった。また、近所の高齢者独居宅をボランティアで除雪している方もおられた。将来的には、身体機能の低下等で自宅を除雪できない事態も想定される。デッドマンクラッチを継続して握ることの負担については、大変であるが 5 名、大変ではないが 10 名であった。

また、デッドマンクラッチを無効にして作業した経験の有無については、有るが1名（実際には2名で作業していた）、無いが14名であった。

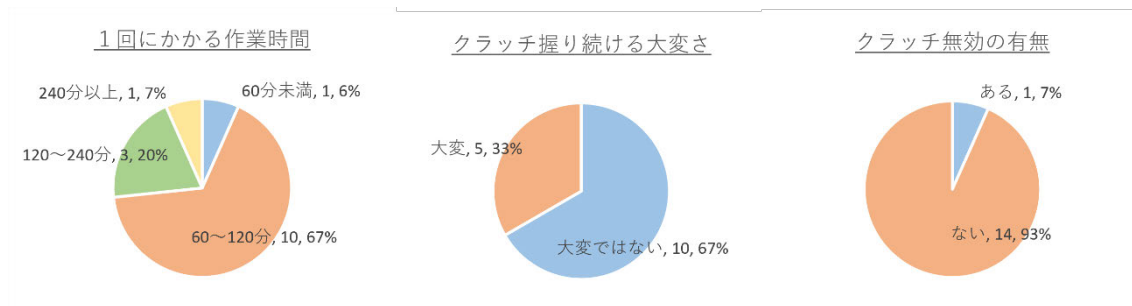


図 58 (左) 除雪機利用する間、(中央) クラッチを握り続ける大変さ、(右) クラッチを無効にした経験有無

除雪機全面の操作レバー類の多さについては、全員が多くはない・妥当との回答だった。また過去にヒヤリハットをした経験について聞いたところ、あったが8名、なかったが7名であった（図 59）。内容については、「固い雪に乗り上げ転倒しそうになった」、「バックして建物にはさまれそうになった」、「路面凍結して転倒しそうになった」、「キャタピラにつま先を挟まれて転倒しそうになった」、「バック時、スローバックのつもりが高速バックモードだったので転倒した」などの回答であった。中でも、バック時にヒヤリハットが多いことがわかった。「バック時に除雪機と壁の間に挟まれそうになる」といった経験が多く聞かれ、そのときに手を離せばデッドマンクラッチが有効になり停止するが、「いざ自分が遭遇するとハンドルを握ったままになってしまう」と言った話も聞くことができた。咄嗟の判断時に正常な行動を行えず、パニックになってしまうことが想定される（自動車のアクセルとブレーキを踏み間違えるという事象と同類と推察される）。

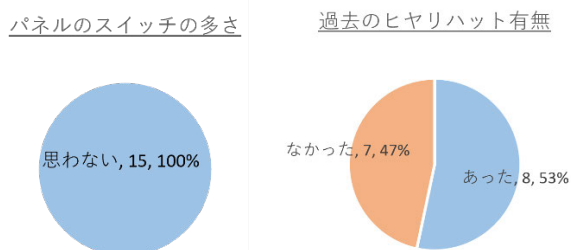


図 59 (左) 操作パネルのレバー等の多さ、(右) ヒヤリハット経験有無

次に、デッドマンクラッチを継続して握りながら行う作業で大変と思う作業、負荷がか

かる作業について自由回答してもらった結果を表 8 に示す。

表 8 デッドマンクラッチを継続して握りながら行う大変と思われる作業（複数回答）

1	本体が重いため、方向転換や旋回操作で体に負荷がかかる。
2	オーガやシューターなどの角度調整、方向調整などが大変

多くの方が、本体が重いため方向転換などが大変であると回答した。実際の操作を見ると、除雪機に旋回機能が付いている機種であっても作業者が身体を使って旋回させている挙動が見て取れた。このような動作は早く旋回させたいという理由からであると推察されるが、身体（腕、腰等）へ負荷がかかることは予想される。また、オーガやシューター⁵（図 60）の操作をする必要があるため、その角度、方向調整する作業が大変という回答も得た。除雪路面によってオーガを微調整するとか、近隣や道路、通行人へ雪を撒かないようにシューター調整をする必要があるため、周辺に注意を払いながらの作業になるため心労になると推察される。



図 60 オーガとシューター

次に、除雪機作業全般で大変と思う作業について自由回答してもらった結果を表 9 に示す（複数回答）。

表 9 除雪機作業で大変と感じる作業（複数回答）

1	オーガ、シューターの調整作業
2	固い雪、水分が多い雪の除雪作業
3	市等の自治体が除雪した雪をのける作業

⁵ オーガ：らせん状の回転刃で積もった雪を掻き取る集雪装置。シューター（シュート）：掻き集めた雪を一方向に飛ばす整流装置。

4	屋根から落下した重い雪の除雪作業
5	ピンの交換作業
6	オーガ内の着雪除去作業

ここでも、オーガやシューターの調整作業が大変と感じる回答があった。この作業は、「デッドマンクラッチを継続して握りながら行う作業で大変な作業」と重複するが、周辺に注意を払いながらの作業になるためだと推察される。

3の市等の自治体が除雪した雪や4の屋根から落下した重い雪については、2の固い雪、水分が多い雪と同じ解釈と考えられる。除雪機は一般的には自走式が多いが、自身で力を入れて押して行かないと雪がオーガ内に入ってこないため、大変な作業ということであると推察される。

5のピン⁶の交換作業については、早朝の除雪作業などで手がかじかんでピンがうまく取り付けられない、暗くてネジ位置が確認できない等の理由で大変であると感じていると推察される。

6のオーガ内の着雪除去作業では雪落とし棒が標準装備されているが、雪がオーガ内で固まってしまう、着雪除去時に棒が折れてしまい役に立たない等の回答もあった。また、特に気温が低い時などは、除雪の都度着雪除去を実施しないとオーガ内で雪が氷になってしまうこともあることから、着雪しにくい工夫をしてほしいといった要望も聞かれた。

使いにくい部分があり改善して欲しい、こんな機能があると良い等といった要望などについて自由回答してもらった。結果を表 10 に示す。

表 10 メーカーへの要望等

1	車に近い感覚で操作できる除雪機
2	ドローンのような遠隔操作
3	除雪後のオーガの着雪を容易に落とす方策
4	シューターを通らずに左右に雪を出す機能（山間部の道路で左右に飛ばすだけ）
5	ハンドルを温める機能
6	ハンドルの高さ調整
7	ワンタッチでオーガが水平になる機能
8	旋回が容易になる機能
9	雪がベタベタでもはける除雪機
10	屋根が欲しい

⁶ シャーボルトと呼ばれる。オーガはオーガハウジング内の中心部分にあるオーガミッションという装置から動力を受け取り回転し、このオーガとオーガミッションを繋いでいるのがシャーボルト。シャーボルトはオーガに石などの固い物を巻き込んだ場合など、ワザと折れる事でオーガとオーガミッションの接続を遮断し空転させオーガミッションやエンジン、オーガ自体の損傷を防ぐ役目がある。

耕運機の自動運転、ドローンによる農薬散布などの実用化が進んでいることを承知している方などは、1や2の回答をしていた。3、8、9などは、既に一部のメーカーでは対応している機種もあるが、「除雪作業中に大変な作業」としても挙げられているため、改善に期待したい。5、6、7、10等は全員が必要とまでは言えないことから、オプション設定等で対応できるようにすると、ユーザーも購入機種の選択肢を広げられると考えられることから、製品開発事業者には、このような要望に応えられる製品作りを期待したい。

3.4 誤使用に関わる実態

今回の当初調査としては、デッドマンクラッチを固定して作業することは誤使用となるが、その理由を「手指が痛くなるために固定する」という仮説をもって臨んだ。実際の調査を進めてみると、「除雪機操作中に手指が痛くなる」という指摘が3割程度あるものの、それ以外の方は特に気にならないという結果であった。また、1名を除き、固定して作業した経験は無いという結果であった。デッドマンクラッチ固定経験有りの方は、「除雪機サイドの雪をオーガ内に掻き入れて早く除雪を終わらせたいため」とい理由であり、効率化を目的とした行動と推察される。また、効率化以外にも調査の中では、角型のデッドマンクラッチ機種の場合、デッドマンクラッチは左ハンドル側で握るため左回転時は左ハンドルと共に回転レバーを左手で操作でき、右手でオーガやシューターの操作が可能であるが、右回転時は、右手で回転操作、左手はデッドマンクラッチを離せたいため、両手が塞がりパネルレバー等の操作ができなくなる。この場合でもシューターの操作は周辺環境に合わせて調整する必要があるため、このような状況下では、左手（デッドマンクラッチ）ハンドルを固定して作業せざるを得ない状況になるのではないかと、といった話を聞いた。

また、現役で仕事をしている方や家族の中で仕事をしている方がいる世帯では、毎朝通勤で車を利用するため、早朝（5時、6時）から除雪をすることが普通であり、通常よりも多い積雪の場合、デッドマンクラッチを固定しスコップ等で周囲の雪をオーガ内に入れることで少しでも時間短縮を図っている可能性もあるのではないかと、といった話も聞くことができた。

このような話の状況から、デッドマンクラッチを固定することで操作性の向上、効率性の向上を図っている可能性が示唆された。また、特に効率性を上げる操作等では、雪に足を取られて転倒、バランスを崩して転倒という事故の2次的被害としてオーガに巻き込まれるといった事案が発生するのではないかと推察される。

一方で、「除雪機操作中に手指が痛くなる」という指摘が3割程度あるという面にも目を向ける必要があると考える。除雪機自体が重たい中で回転時に力を必要とする機種もあ

るという実態があるため、このような機種の改善も期待したい。

3.5 事故に対する当事者意識

毎年、除雪機による死亡・重篤事故等が発生していることについては、殆どの方が新聞等で知っているという話をされていた。また、殆ど方は「デッドマンクラッチを固定して作業するのは危険である」ということは認識しており、除雪機に関わる様々な注意喚起・取組み等は一定程度の効果を発揮していると示唆される。

今回、1名の方が除雪機操作中（前進）に用水路に除雪機が転落し、自身も転落したという話を聞いた。幸い大事には至らなかったようだが、当時を振り返ると、右手側に用水路があり、用水路ぎりぎりを除雪中、右手でシューター等のパネル操作をやりながら左手1本で前進させているうちに、知らずのうちにやや右方向に除雪機が進んでいたために用水路に転落したとのことであった。翌年以降は慎重に操作するようになったという。

この方以外は、過去の事故経験はなかったが、やはり事故には会いたくないという意識は高い。特にバック時における危険性は皆持っているようであった。きれいに除雪したいという思いがあるようで、バック時には壁や建物ぎりぎりまでバックするという話を聞いた。その際、雪に足が取られて滑りそうになった、壁と除雪機に挟まりそうになった等の話をされ、いざ自分がそのような境遇になるとパニックになりデッドマンクラッチを離せないこともあったとの話も聞いた。このような場合、大型の除雪機には高い確率で装着されている足腿部にある後進時安全装置を全機種装備するなどの対策も必要ではないかと感じた。

今回の調査に協力頂いた高齢者に関しては、除雪機事故に対しての意識は皆高く持っていると感じた。除雪機を利用する多くの方は、正しい使い方をしてしていると想定されるが、「自然」を相手に行う作業であるため、除雪時の積雪量、雪質、風、気温、更には自身の体調等によって、予期せず転倒やバランスを崩してしまうケースもあると考えられる。

製品開発事業におかれては、利用者の不注意とされる行動を不注意と捉えずに想定内の行動として捉え、そのための必要な安全機構は何かを考え、新たな技術革新により安全・安心な除雪機を市場に投入して頂くことを切に期待したい。

4. 高齢者行動ライブラリの拡充

本事業では、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、身体保持計測を実施するとともに、関節可動域の計測も実施し、高齢者の基礎となる身体関連データを取得することとした。また、経済産業省と協議の上、当該取得データを高齢者行動ライブラリにアップロードし公開することで、製品開発事業者に利活用してもらうこととした。一方で、過去のアンケート等では、検索条件のタグが多い、どのタグを選択した良いか分からない、同類の動画も多く差が分からない、といった改善要望もあったため、検索

カテゴリの検討・改善、各種タグ名の検討・改善、同類動画の取捨選択、及びこれらに付随する細かな修正等を実施した。

4.1 検索画面の改修

図 61 に高齢者行動ライブラリの検索トップ画面サンプルを示す。



図 61 高齢者行動ライブラリ検索トップ画面サンプル

高齢者行動ライブラリのメイン機能である検索画面は、従来はカテゴリが4つ（人に関する情報、場所、シーン、製品・動作）であったが、6つ（人に関する情報、製品、インシデント、リスク要因、日常生活行動、場所・時間帯）とした。「インシデント」、「リスク要因」をカテゴリ化した理由は、製品開発事業者が安心安全な製品を開発するためには、どのような部分にリスク等が潜んでいるか等を容易に検索できるためである。「リスク要因」カテゴリの中は、図 62 に示すように、更に3つ（環境、対象物、行動）にサブカテゴリ化されており、状況に合わせたタグを配置させて選択し易くしている。

リスク要因									
環境									
狭い	薄暗い	真つ暗							
対象物									
重い物	熱い物	刃物							
行動									
高さのある物に乗る	高い所に手を伸ばす	低い所に手を伸ばす	離れた所に手を伸ばす	足を使った作業	片脚立ち	またぐ	よりかかる	移乗	

図 62 リスク要因カテゴリ内のサブカテゴリ例

また、従来の「場所」、「シーン」、「動作」カテゴリを統廃合して、「日常生活行動・介助有無」と「場所・時間」カテゴリを新たに作成した（図 63）。このカテゴリ内にもまた、「介助有無」、「生活行動」、「移動行動」、「対物行動」、「体勢変化」の5つのサブカテゴリに分かれており、行動別にタグを選択できるように工夫している。以前のカテゴリ名は、少し抽象的でイメージしにくい面もあったが、今回の拡充によって、少し具体的なカテゴリ名に変更したことで、利用者にとって直感的に理解し易い GUI になったと考えている。

図 64 には、「場所・時間帯」カテゴリ例を示す。このカテゴリは3つ（住居、エリア、時間帯）のサブカテゴリが配置され、「住居」では、「施設」又は「在宅」を選択できるようにした。「エリア」は、「住居」内の場所を指しており、具体的には「リビング」や「キッチン」といった場所を選択する。

動画数については、同類の動画が多く差異が不明といった意見がアンケート結果から明らかになったため、取捨選択して掲載することにした。

日常生活行動、介助有無

介助有無

介助あり

生活行動

飲食

服薬

調理

掃除

洗濯

着替え

寝起き

運動

歯磨き

移動行動

歩行

後進

小走り

昇り降り

出入り

方向転換

対物行動

物を取る

運ぶ

落とす

拾う

投げる

よける

ぶつかる

開け閉め

体勢変化

立つ

座る

かがむ

横になる

起き上がる

手をつく

膝をつく

振り返る

図 63 「日常生活行動、介助有無」カテゴリ例

場所・時間帯

住居

高齢者施設

在宅

エリア

リビング

ダイニング

キッチン

居室

廊下

階段

トイレ

洗面所

玄関

庭など敷地内

時間帯

早朝

朝

昼

夕方

夜

深夜

図 64 「場所・時間帯」カテゴリ例

4.2 高齢者身体データの掲載

高齢者の身体特性に関わるデータの取得について「2. 高齢者の身体関連データの計測内容」で示したが、これとは別の身体特性として関節可動域計測（関節がどの程度可動するか等、角度計などを利用して計測）も実施した。加齢による身体機能等の低下に伴い、関

節を動かせる範囲が若年層と比較すると、手が届く範囲や足腰の関節の曲げられる範囲などが狭くなることで、日常生活品の取扱いにも支障が出てくるといふ高齢者の特徴でもある。当該測定については、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いで理学療法士の指導のもとで実施した。計測内容は、両手・両足の関節をはじめ、腰、股関節など計 46 箇所の関節可動域計測を実施した。図 65 に高齢者の関節可動域の掲載事例を示す。

からだに関するデータにおいては、子どもの基礎データは整備されつつある⁷が、高齢者のデータについては、まだ少ないと言わざるを得ない。今回、高齢者行動ライブラリに当該データを掲載、公開及びダウンロードを可能とするような拡充を図り、製品開発事業者が当該データを参考に高齢者にやさしく、安心安全な製品を開発するための一助として活用してもらうことを目的とした。

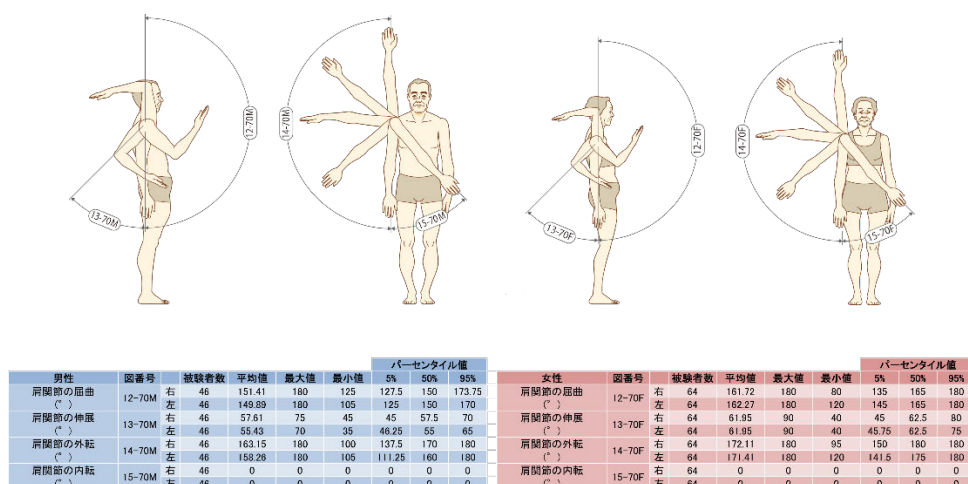


図 65 高齢者の関節可動域掲載事例

関節可動域データは、図 66 の高齢者行動ライブラリトップ画面の左図赤枠に示すように、左フレームに新規作成した Measured data アイコンをクリックすると、計測結果ダウンロードページに遷移するので、そこから利用が可能となる。当該ページの上部画面で当該データのサンプル図を示し、下部にあるダウンロードボタン（図 67 右図）をクリックするとファイルをダウンロードできる。ダウンロードファイルは zip 形式であり解凍すると、各関節可動部分を表した男女別の人体図とそれに紐づいた最大値、最小値、平均値、パーセンタイル（3 パターン）の一覧表 pdf と、男女別の各関節可動データ(csv)の 3 つが表示される⁸。csv ファイルに関しては、製品開発事業者等において、高齢者に配慮した製品設計等で利用して頂くことを想定している。

⁷ 子どものからだ図鑑 <https://www.borndigital.co.jp/book/7291.html>

⁸ ファイル内容は、予告なく変更される場合がある



図 66 関節可動域閲覧アイコン

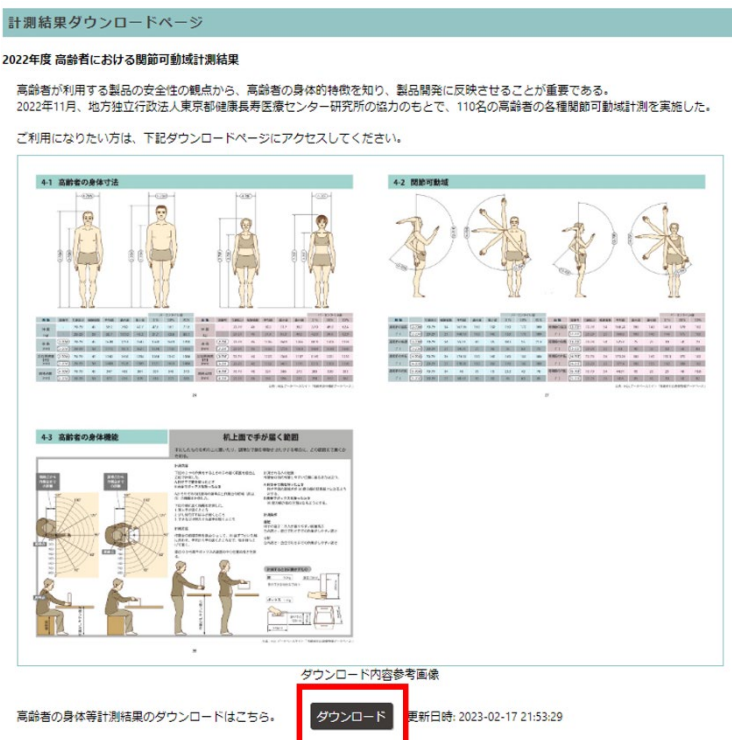


図 67 関節可動域データ利用法

高齢者行動ライブラリに関しては、将来的に高齢者に関わる様々なデータ発信のポータルサイトとしての機能を持ち合わせたデータベースも想定しており、コンテンツの充実を図っていく予定である。

5. 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。

5.1 開閉重さ・操作部品に着目した出入り口引戸の開閉実験（連携企業：YKK AP 株式会社）

5.1.1 目的

高齢者が自分で住まいから出入りができることは、自立した生活の伸長、QOLの向上に繋がると考えられる。高齢者は身体能力の低下に伴い、出入り口引戸の開閉が重く負担を感じる事が確認されている。また、引戸の開閉操作時に力む、引手から手が滑りそうになる様子も見られる。一方で、建材製品は断熱性の向上や大型化により、開閉に必要な力は増大傾向にある。

出入り口の引戸について、高齢者が窓を開けるときにかけられる力と日常的な引戸を開ける動作の実態を把握する。結果から、高齢者にとって安全で使いやすい出入り口引戸の操作部品の提案に繋げる。

5.1.2 実施内容

5.1.2.1 実験場所

YKK AP 開発本部価値検証センター 品質・生活者検証グループ 生活者視点推進室

5.1.2.2 実験方法

開閉力と操作部品を変更できる出入り口引戸を用意した実験空間で、実験A、実験Bの2つの実験を行った。操作時の出入口引戸での挟まれや転倒などがないよう、安全を配慮して実験者を配置して実験を実施した（図 68）。

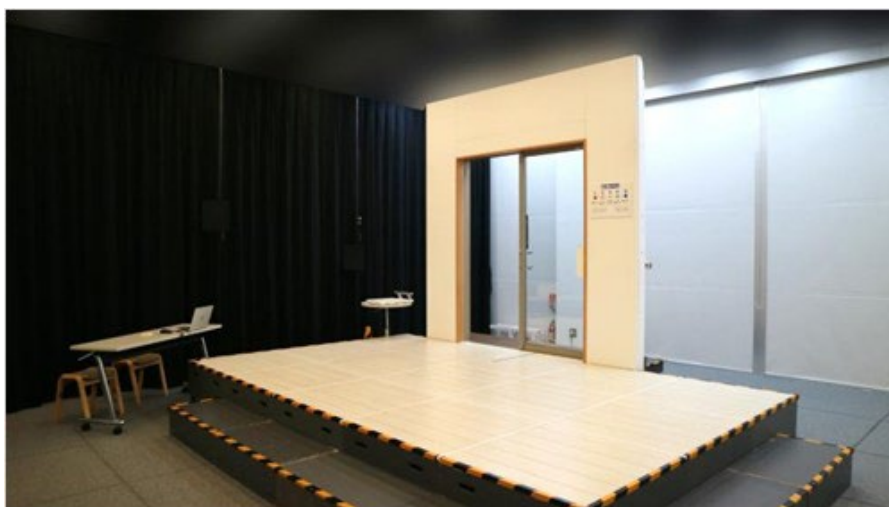


図 68 実験環境例

5.1.2.3 被験者

65 歳以上の男女 14 名（表 1）※64 歳男性 1 名を含む

表 11 被験者一覧

No.	性別	年齢	利き手	握力(右手) (kg)	立ち上がり テスト(秒)
a	男性	64	右	39.3	7.18
b	男性	66	右	38.0	9.39
c	男性	68	右	40.7	8.33
d	男性	72	右	40.0	7.23
e	男性	75	右	41.1	9.13
f	女性	69	右	15.8	8.39
g	女性	71	右	36.6	8.25
h	女性	72	右	27.8	7.92
i	女性	74	右	22.5	8.85
j	女性	74	右	16.2	8.46
k	女性	74	右	19.9	9.23
l	女性	74	右	17.7	8.13
m	女性	76	右	20.1	6.92
n	女性	79	右	27.4	10.14

5.1.2.4 実験条件

(A) 実験 A

引戸の操作部品を変えながら、被験者に開き方向に出せるだけの力をかけてもらう実験

を行った。その際、被験者が発揮した力のピーク値をフォースゲージで計測した。

(1) 実験空間

実験 A の実験空間の事例を図 69 に示す。開閉力と操作部品を変更できる出入り口引戸を用意した。引戸は住宅で使われる一般的なサイズ (W1650mm×H2000mm) のものを使用した。(実験 A・B 共通)

引戸の戸尻側にフォースゲージを設置した (h=910mm)。フォースゲージは、株式会社イマダの ZT シリーズ ZTA-DPU (ZTS-DPU) eZT を用いた。

(2) 操作部品

操作部品を図 70 に、掘込み引手深さ事例を図 71 に示す。以下の 5 条件で実施した。取付高さはセンターが床高さ+900mm となるようにした。

- (ア) 掘込み引手 深さ 4mm
- (イ) 掘込み引手 深さ 8mm
- (ウ) 掘込み引手 深さ 12mm
- (エ) 掘込み引手 深さ 20mm
- (オ) ハンドル

(3) 条件数、操作回数

操作部品 (ア) ～ (オ) の 5 条件で有効データ 3 回分を取得した。

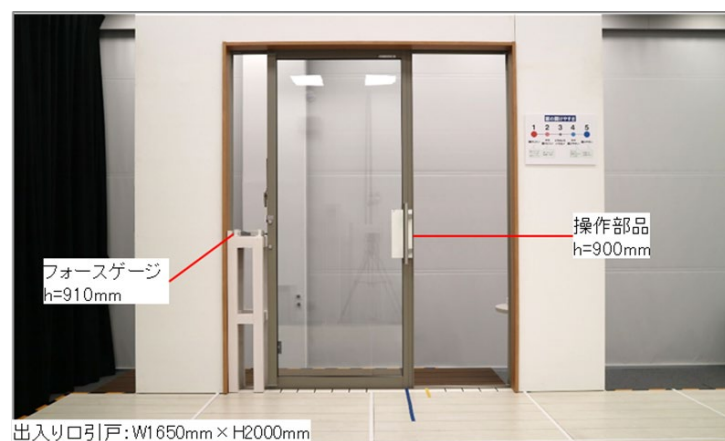


図 69 実験空間 (実験 A)



図 70 操作部品（左から、掘込み引手：4mm, 8mm, 12mm, 20mm、ハンドル）

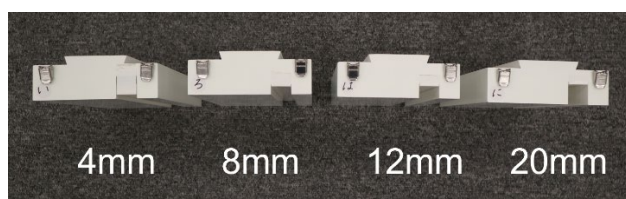


図 71 掘込み引手の深さ事例

(B) 実験 B

引戸の開閉力と操作部品を変えながら、普段自宅で引戸を開ける操作を想定して（以下、「普段どおりに」とする）引戸を開けてもらう実験を行った。その際、引戸に取り付けた加速度センサーで引戸の加速度の計測を行った。操作後に、引戸の開けやすさに関する主観評価を確認した。

1 実験空間

実験 B の実験空間の事例を図 72 に示す。開閉力と操作部品を変更できる出入り口引戸を用意した。引戸は住宅で使われる一般的なサイズ（W1650mm×H2000mm）のものを使用した。（実験 A・B 共通）

引戸の戸先框に加速度計設置した（h=1000mm）。加速度計は、株式会社 ATR-Promotions の TSND151 を用いた。

引戸の室外側には、重りと滑車により開閉力調整装置を設置した。

2 開閉力

以下の 3 条件で実施した。

2.1 20N

2.2 30N

2.3 50N JIS 基準

3 操作部品 (図 70)

以下の 5 条件で実施した。取付高さはセンターが床高さ+900mm となるようにした。

- 3.1 掘込み引手 深さ 4mm
- 3.2 掘込み引手 深さ 8mm
- 3.3 掘込み引手 深さ 12mm
- 3.4 掘込み引手 深さ 20mm
- 3.5 ハンドル

4 条件数、操作回数

開閉力 3 条件×操作部品 5 条件=計 15 条件ごとに有効データ 3 回を取得した。

5 主観評価

以下の 5 段階評価でヒアリングを実施した。

- 1 開けにくい
- 2 やや開けにくい
- 3 どちらともいえない
- 4 やや開けやすい
- 5 開けやすい



図 72 実験空間 (実験 B)

5.1.2 実験手順

実験前に実験概要を説明し同意を取得し、被験者の年齢、利き手、手指や足腰を中心とした健康状態の気づき、外出状況や出入りの際に使用している建材などをヒアリングで確認する。併せて身長測定等を実施後に実験を開始した。実験は実験 B から実施した。

①【実験 B】

- ・引戸の開閉力（20N、30N、50N）と操作部品（掘込み引手：4mm, 8mm, 12mm, 20mm、ハンドル）を変えながら、普段どおりに引戸を開けてもらう
- ・引戸に取り付けた加速度計で加速度データを計測する
- ・引戸の開けやすさについての主観評価（5段階評価）を確認する
- ・加速度データは、条件ごとに有効データ 3 回分を取得する
- ・被験者には右手で操作をすることと、開口幅 500mm 程度まで開けるよう教示した実験条件の順番は被験者ごとにランダムにした

②【実験 A】

- ・引戸の操作部品（掘込み引手：4mm, 8mm, 12mm, 20mm、ハンドル）を変えながら、操作部品を使って引戸の開き方向に思いきり力をかけてもらう
- ・戸尻側に設置したフォースゲージで最大の力を計測する
- ・操作部品 5 条件について、有効データ 3 回分を取得する。
- ・被験者には右手で操作をすることと、右足を操作部品の正面に合わせるよう教示した
- ・加力とインターバルについては、出せるだけの力を出せたら手を離すよう教示し、“加力→インターバル（約 10 秒）→加力→インターバル（約 10 秒）→加力”のパターンで行った
- ・実験条件の順番は、被験者ごとにランダムにした

5.1.3 分析方法

5.1.3.1 実験 A

フォースゲージの最大値に引戸の開閉力を加算した値を算出。

5.1.3.2 実験 B

①加速度データのピーク値から引戸に加えられた最大の力を算出する。

- ・加速度のピーク値は、計測した加速度データの波形の移動平均（10 個）をとった波形から抽出した。
 - ・引戸の操作時に引戸に加えられた最大の力については、実験体において事前に確認した以下の関係式から算出した（図 73）。
- (1) 20N : $y=0.0334x+12.705$ 、 $R^2=0.9820$ （相関係数 0.991）
 - (2) 30N : $y=0.0331x+24.817$ 、 $R^2=0.9736$ （相関係数 0.987）
 - (3) 50N : $y=0.0355x+44.524$ 、 $R^2=0.9627$ （相関係数 0.981）
- ・関係式の確認は、開閉力ごとに以下の手順で実施した。

- (1) 加速度計を取り付けた引戸の操作部にフォースゲージをかけ、フォースゲージに手をかけて開ける（成人 5 名）
- (2) フォースゲージのピーク値と引戸の加速度データから近似式を求める

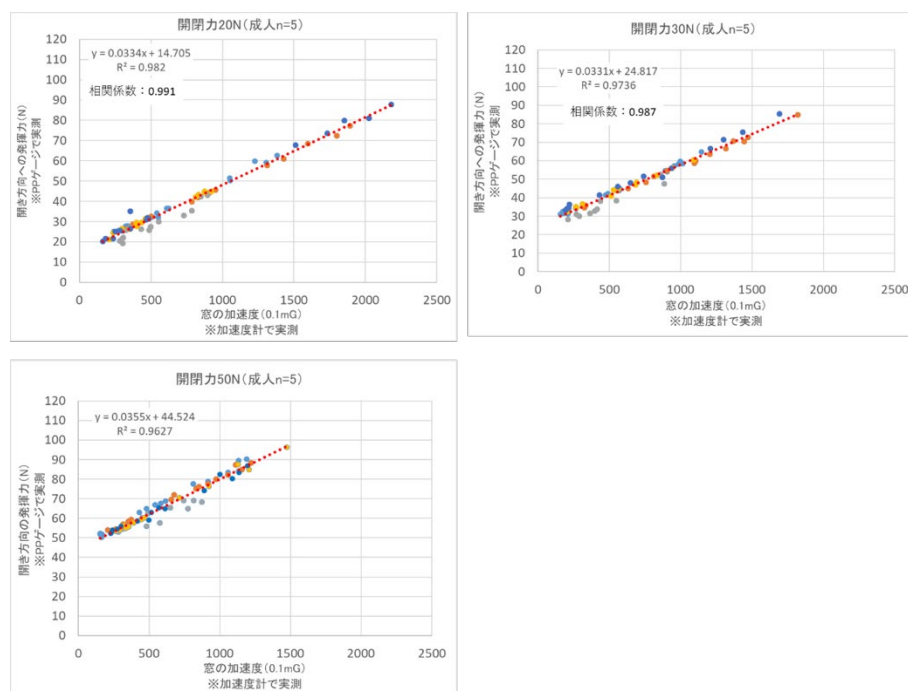


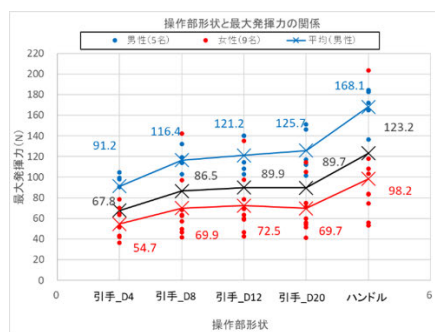
図 73 実験体における加速度と発揮力の関係式（各開閉力）

②記録映像から、引戸を開けるときの姿勢や指のかけ方を観察する。

5.1.4 結果・考察

5.1.4.1 実験 A

操作部品ごとの被験者が引戸の開き方向にかけられる最大発揮力の関係を図 74 に示す。男性平均、女性平均のいずれも引手が深くなると最大発揮力は上がる傾向がみられた。深さ 4mm から深さ 8mm になると最大発揮力が大きくなり、深さ 8mm、12mm、20mm はあまり変わらない傾向がみられた。さらに引手よりもハンドルの方が最大発揮力は上がる傾向にあった。また、図 75 に操作部品ごとの最大発揮力を、本実験の被験者で握力計測の結果が「介護予防ガイド※」の評価基準の平均よりも低いグループと平均以上のグループで分けて示す。いずれのグループでも、全体平均と同様の傾向がみられた。握力が平均未満のグループは、握力が平均以上のグループと比べて、引戸に加えることができる力が小さい傾向がみられた。



《操作部品》

引手_D4：引手深さ4mm

引手_D8：引手深さ8mm

引手_D12：引手深さ12mm

引手_D20：引手深さ20mm

図 74 最大発揮力

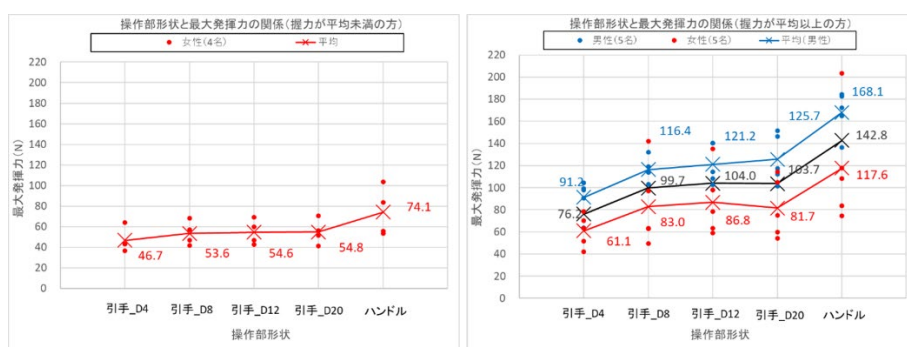


図 75 最大発揮力 握力の評価別の結果

以上より、性別や握力などの体力にかかわらず、引手深さを深くすることや操作部をハンドルなどの、握って操作ができる形状のものにすることは、高齢者が引戸を開けるときに力を入れやすくなることに有効であると考えられる。また、発揮できる力の大きさから、より多くの方に使いやすい引戸の提案にはハンドルを操作部品とすることが望ましいと考えられる。

5.1.4.2 実験 B

実験 B において、開閉力と操作部品形状の条件ごとに開けられなかった人数を表 12 に示す。開閉力 20N、30N の場合は、いずれの操作部品でも全員が開けられたが、開閉力 50N になると開けられない被験者もいた。開閉力 50N について操作部品形状ごとにみると、引手深さが深くなるほど開けられない被験者が少なくなり、さらに引手よりもハンドルの方が開けられない被験者が少ない結果となった。

表 12 操作部品・開閉力ごとの開けられなかった人数

操作部品	開閉力		
	20N	30N	50N
引手_深さ4mm	0名	0名	4名
引手_深さ8mm	0名	0名	4名
引手_深さ12mm	0名	0名	3名
引手_深さ20mm	0名	0名	2名
ハンドル	0名	0名	1名

各操作部品における、被験者が普段どおりに引戸を開ける際の発揮力を開閉力ごとに表したものの図 76 に示す。いずれの開閉力、操作部品においても、引戸を開ける際に、引戸の開閉力よりも大きな力を加えていることが明らかになった。また、引手の深さが深くなると日常操作での発揮力は大きくなり、引手よりもハンドルの方がより発揮力が大きくなることが分かった。

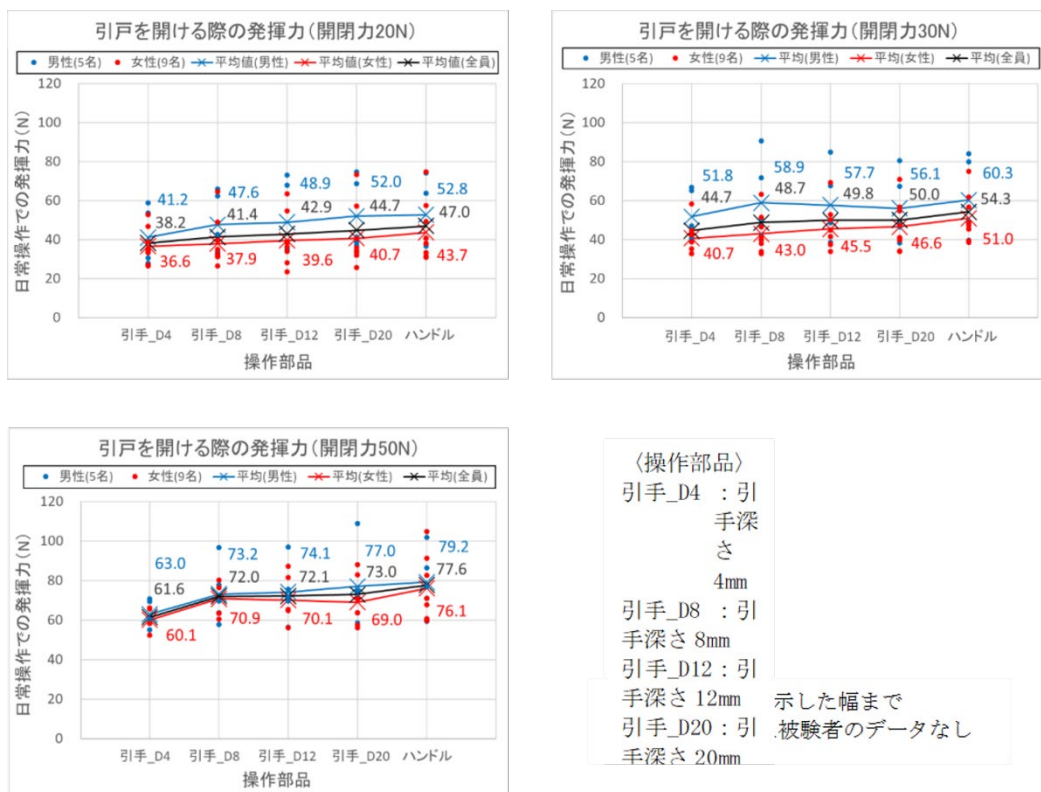


図 76 引戸を開ける際の発揮力（開閉力別）

また、図 77 に被験者が普段どおりに引戸を開けたときの引戸に加えている力と操作部品形状との関係を、握力計測の結果が「介護予防ガイド 1※」の評価基準の平均よりも低い

被験者と平均以上の被験者で分けて示す。いずれの開閉力でも握力が平均未満の被験者は、握力が平均以上の被験者と比べて引戸に加えている力が小さい傾向がみられた。全被験者が開けられた（開けられない被験者がいなかった）開閉力 20N や 30N の場合は、引手よりもハンドルの方が発揮している力は大きい結果となった。

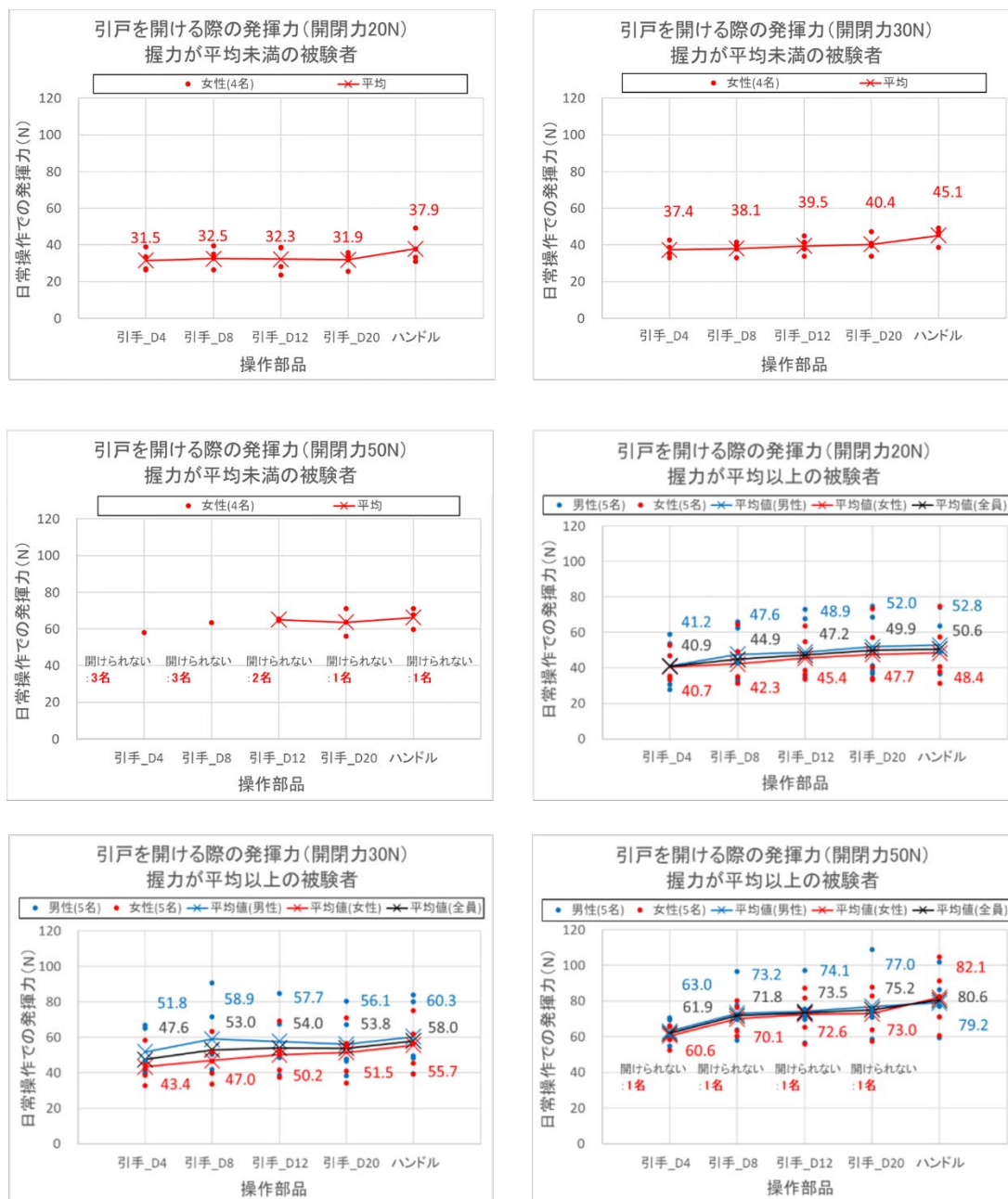


図 77 引戸を開ける際の発揮力（開閉力別）

握力の評価別（握力が平均未満の被験者/平均以上の被験者）の結果

実験時は、全員が全条件で教示した開口幅まで手指を途中で放すことなく、操作部品に手

指を添えて操作する様子がみられた。操作時の操作部品への指のかけ方や姿勢を図 78、図 79 に示す。引手では、多くの被験者が指を 3～4 本かけて開ける様子がみられた。その他に、人差し指の側面を引手に添わせるようにして開ける様子もみられた。ハンドルでは、開ける際にしっかりと握って操作する様子がみられ、被験者からも「ハンドルは力を入れやすく開けやすい」などの感想も聞かれた（図 78）。操作時の姿勢では、開閉力が大きくなるにつれて開き方向に体を傾けるなど、左足に重心をかけて全身を使って開ける様子がみられた。また、足の開き幅を大きくし下肢でふんばるようにして開ける様子や、指先に力を入れて操作する様子もみられた（図 79）。これらは握力の平均以上、平均未満にかかわらず、同様の傾向がみられた。



図 78 手指のかけ方（引手深さ 12mm、ハンドル、開閉力 20N）



図 79 引戸を開ける操作（引手深さ 8mm、左から開閉力 20N、30N、50N）

引戸の開閉力と操作部品ごとの引戸の開けやすさに対する主観評価の関係を図 80 に示す。

開閉力 20N では、引手深さ 4mm だと開けにくい 4 名、やや開けにくい 5 名と合計 9 名が

ネガティブな評価をした。引手深さ 8mm、12mm、20mm でも 4～5 名はネガティブな評価をした。ハンドルでは、開けやすい 5 名、やや開けやすい 5 名と合計 10 名がポジティブな評価をした。開閉力 30N では、引手深さ 4mm、8mm は全員が開けにくい、やや開けにくいという評価をしており、引手深さ 12mm、20mm においても多くの被験者がどちらともいえないネガティブな評価をした。ハンドルでは、開けやすい 2 名、やや開けやすい 6 名とポジティブな評価をする人が増加する傾向があった。開閉力 50N では、いずれの操作部品でも多くの人が開けにくい、やや開けにくいといったネガティブな評価をした。

開閉力 20N の場合でも、引手を使った操作では一定数開けにくさを感じられているためハンドルなどの大型操作部品を推奨することが望ましいと考えられる。開閉力 30N の場合は、ハンドルなどの大型操作部品をより強く推奨することや開閉力の低減のための工夫や機構の検討などでの対応が望ましい。開閉力 50N の場合は、開閉力の低減のための工夫や機構の検討が必要だと考えられる。

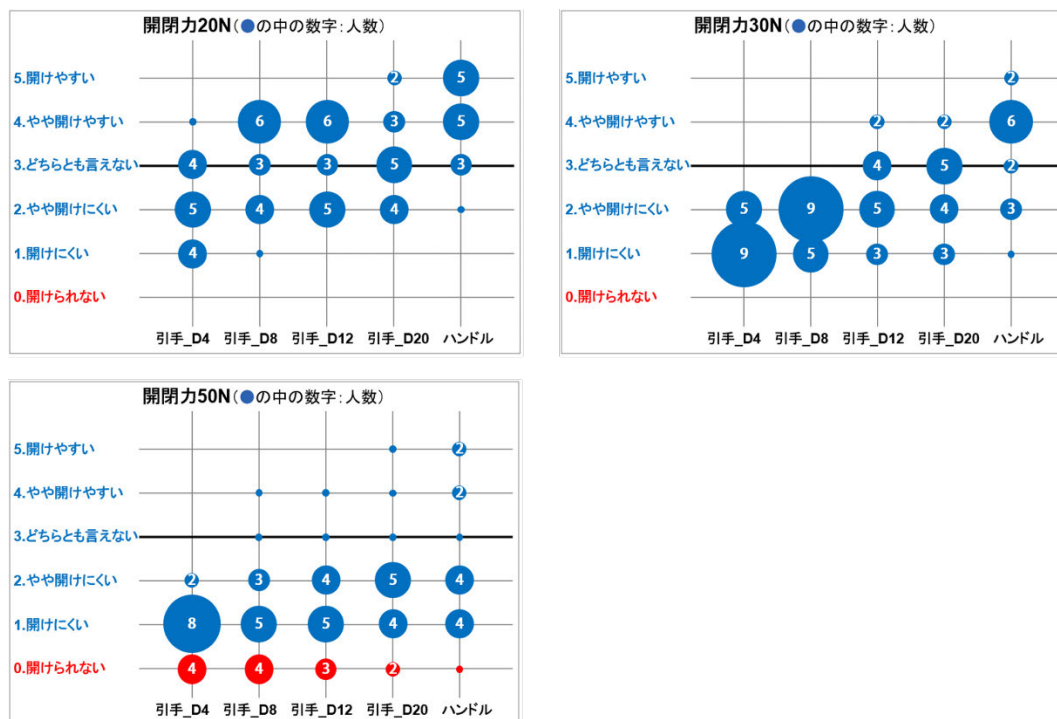


図 80 操作部形状と開けやすさ（主観評価）の関係（開閉力別）

また、図 81 に引戸の開閉力と操作部品ごとの引戸の開けやすさに対する主観評価の結果を、握力計測の結果が「介護予防ガイド 1※」の評価基準の平均よりも低い被験者と平均以上の被験者で分けて示す。握力が平均未満の被験者は、握力が平均以上の被験者に比べて、開けられない人が多くなる傾向がみられた。

握力が平均未満の被験者では、開閉力 20N だとハンドルでは開けにくい、やや開けにくいという評価をする人はいない結果となり、「ハンドルは力を入れやすく、開けやすい」

などの感想が聞かれた。開閉力 30N、50N では多くの人がネガティブな評価をする、もしくは開けられなかったが、ハンドルでは開けやすい、やや開けやすいと答える人もいた。

握力が平均以上の被験者では、開閉力 20N だと引手深さが深くなると開けやすい、やや開けやすいと答える人が多くなり、さらにハンドルではより多くの人がポジティブな評価をする結果となった。引手深さ 20mm では被験者から、「指の背が引手の角に当たってやや痛い」といった感想が聞かれ、評価がやや下がる結果となった。開閉力 30N では、握力が平均未満の被験者と比較して引手深さ 12mm、20mm になると開けにくい、やや開けにくいと答える人が少なくなる傾向がみられ、ハンドルでは半数の人は開けやすい、やや開けやすいと答えた。開閉力 50N では、握力が平均以上の被験者でもいずれの操作部品でも大多数に開けにくい、やや開けにくいと。の回答であった。

握力が平均未満の被験者は、握力が平均以上の被験者よりも全体的にネガティブな（開けにくいという）評価をする傾向がみられたが、ハンドルではいずれの開閉力でも評価が上がる傾向がみられた。また、握力が平均以上の被験者においても、引手と比較するとハンドルの方がよりポジティブな（開けやすいという）評価結果であった。

以上の結果から、日常的な引戸を開ける操作においては引戸の静止摩擦係数に相当する開閉力よりも大きな力を発揮していることが明らかになった。

開閉力が 20N や 30N の場合においても一定数で開けにくさを感じられることあり、本実験では握力が平均未満の被験者の方が、平均以上の被験者よりもより開けにくさを感じられた。加齢による体力の低下などを考慮すると、開閉力にかかわらずハンドルなどの力を加えやすい操作部品を使用することが望ましいと考えられる。開閉力が 50N については、引戸を開けられない被験者もみられた。引戸を開けられた場合でも、握力の大小にかかわらずいずれの操作部品でも大多数の方が開けにくさを感じる結果となったため、開閉力低減のための工夫や機構の検討での対応が必要だと考えられる。

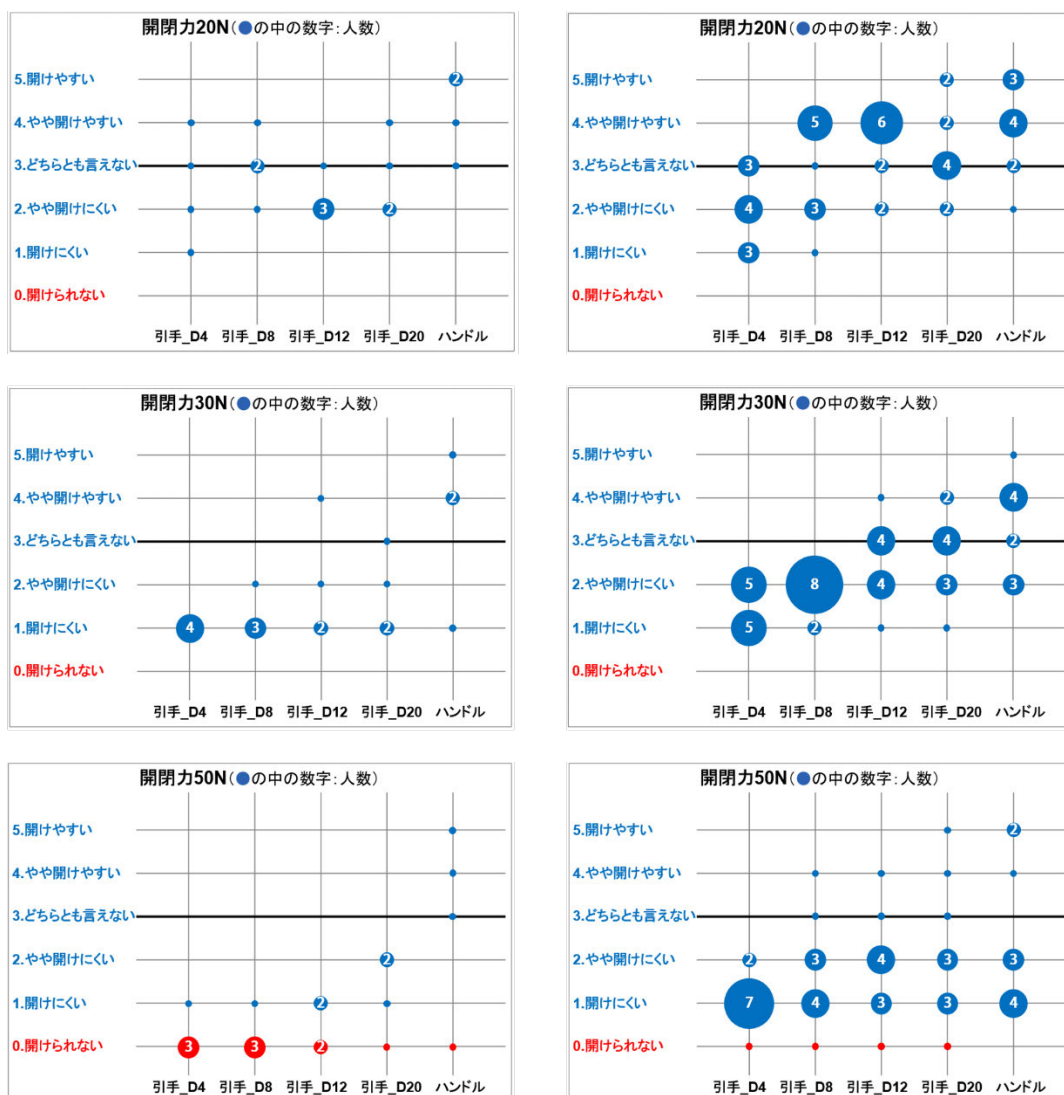


図 81 操作部品ごとの開けやすさの主観評価（開閉力別）
握力の評価別（握力が平均未満の被験者/平均以上の被験者）の結果

実験 A・B の結果より、最大発揮力に対する普段の窓の操作で加えている力の割合（以下、「最大発揮力に対する発揮力の割合」と表記する。）と開けやすさの主観評価との関係について引手 12mm を事例として、図 82 に示す。最大発揮力に対する発揮力の割合が高くなるにつれて、開けやすさの評価が下がる傾向がみられた。同じように、他の操作部品で確認して相関係数を表 13 に示す。引手深さ 8mm、20mm については、引手 12mm と同様の傾向がみられた。相関がみられなかった操作部品については、引手深さ 4mm は引手深さの浅さから最大発揮力に対する発揮力の割合が低い場合においても開けにくさを感じられたと考えられる。ハンドルは、握って操作をして思った通りに加力できるため最大発揮力に対する発揮力の割合が高い場合においても開けやすさを感じられたと考えられる。

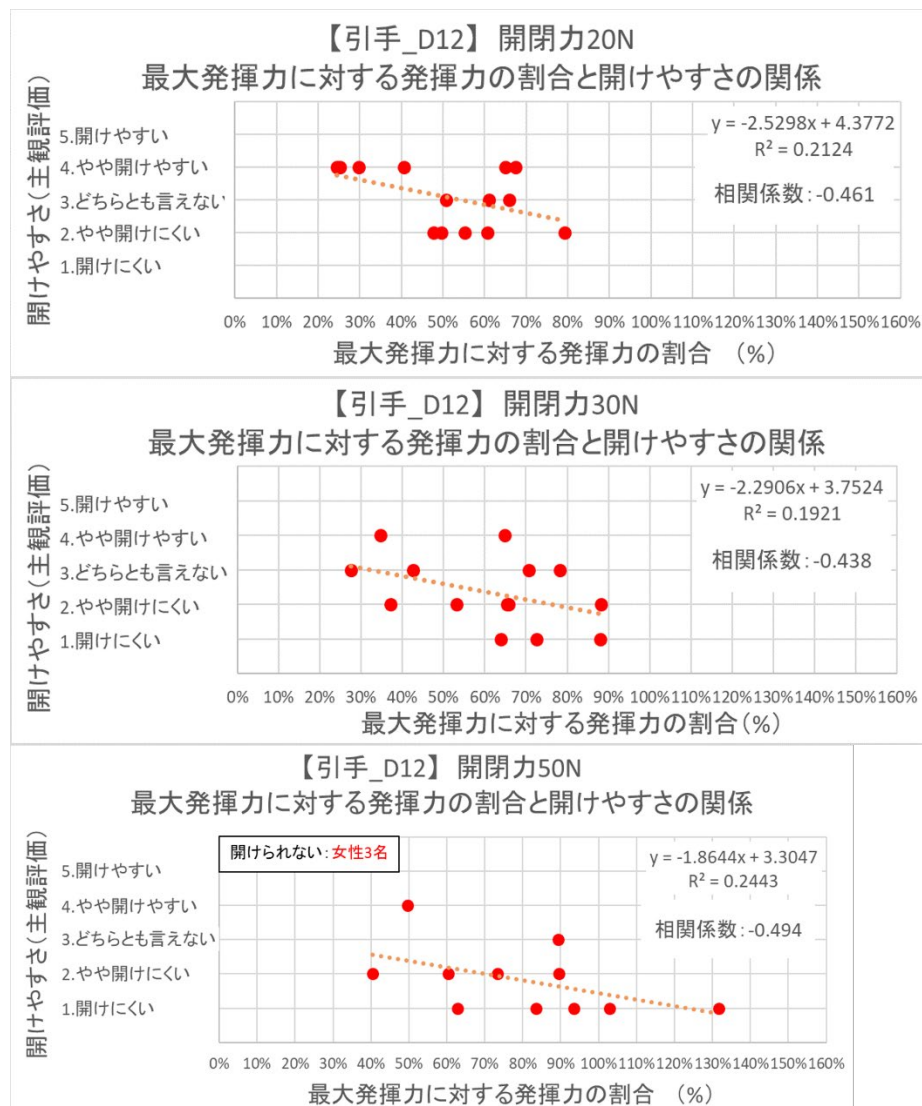


図 82 最大発揮力に対する日常操作時の発揮力の割合（開閉力別）

表 13 開けやすさと最大発揮力に対する日常操作時の発揮力の割合の相関係数

		引手深さ 4mm	引手深さ 8mm	引手深さ 12mm	引手深さ 20mm	ハンドル
開 閉 力	20N	0.049	-0.650	-0.461	-0.250	-0.157
	30N	0.147	-0.449	-0.439	-0.592	-0.171
	50N	-0.079	-0.439	-0.494	-0.500	-0.253

5.1.5 結論

本実験は、65 歳～79 歳の男女（64 歳男性 1 名を含む）を対象に、力を加えやすい操作

部品や日常的な引戸を開ける操作の実態を確認する検証をした。

引戸の操作部品形状ごとに引戸に加えられる力を確認することにより、引手深さが深いほど引戸に加えられる力は大きくなることが分かった。引手と比較してハンドルはより力を加えやすいことが確認できた。また、握力の評価基準別にみると握力が平均未満のグループは、握力が平均以上のグループに比べて発揮できる力が小さいことが確認できた。

日常的な引戸を開ける操作での発揮力を引戸の開閉力や操作部品形状ごとに確認することにより、日常操作では引戸の開閉力よりも大きな力を加えて開け閉めしている実態が明らかになった。また、引戸の開閉力が同じでも引手深さが深い引手やハンドルを使用することで引戸の開けやすさに対する主観評価が高くなる傾向があることが分かった。

本実験より、引戸の開き方向にかけられる最大発揮力や日常的な引戸を開ける操作での発揮力、引戸の開けやすさの主観評価の関係を科学的アプローチで立証できた。高齢者が在宅で永く安全に出入り口引戸の開閉をするためには、今回の開閉力条件の 20N や 30N でも力を入れやすい操作部品を使用すること望ましいと考えられる。加齢による握力などの体力の低下なども見据えて、高齢期はもちろん、高齢期以前の新築やリフォームでハンドルなどの大型操作部品を採用してもらえるような提案に繋げる取り組みを期待したい。

5.2 生活家電品に関わる操作特性等の評価（連携企業：パナソニック株式会社）

パナソニック株式会社くらしアプライアンス社ランドリー・クリーナー事業部において、生活家電品となる洗濯機、及び掃除機における高齢者の製品操作の特性等を評価するために製品操作時の手指に掛かる力、及び関節可動域を計測した。

5.2.1 目的

高齢者社会を迎えている日本において、高齢者の製品事故が多い。事故の中でも「誤使用・誤操作」等、製品起因ではない事故も多い。加齢による身体機能・認知機能の低下による事故発生も要因の 1 つと推察される。このような背景の中、誤使用等の事故を防止するため、高齢者を対象とした生活家電製品（洗濯機・掃除機）の使用時における身体負荷（関節角度・荷重）の実験と使用実態の観察を行うことを目的として、実製品における製品操作によって身体的負荷、身体姿勢を計測し、データ分析による定量化にて製品化へのきっかけに繋げる。

5.2.2 方法

(1) 計測協力者

70～81 歳の男性・女性 16 名

計測協力者の基本データ（平均）を表 14 に示す。

表 14 計測協力者の基本データ

被験者データ (Avg.)	女性	男性
身長	151.3cm	167.7 cm
体重	59.4kg	63.9 kg
長座体前屈(cm) 2 回測定平均	330.3cm	235.6 cm
股関節角度 2 回測定平均	44.1°	24.4°

(2) 計測場所

Panasonic (株) くらしアプライアンス社構内エオリアハウス (製品評価施設)

(3) 計測方法

- ・手指に掛かる力の計測については、触覚センサーPPS 社製 FingerTPS を使用
洗濯機については、重さの異なる洗濯物 (洗濯物に見立てた重り) を手指で取り出す時の手指に掛かる力の計測、及びボタン操作時の手指に掛かる力を計測した。
掃除機については、段差を持ち上げる時の手指に掛かる力を計測した。。
- ・関節可動域は、ゴニオメータを利用
洗濯機については、ドラム式及び縦型洗濯機について、普段の洗濯物の取り出す姿勢時の膝、腰、肘などの関節可動角度を計測した。
掃除機については、前後にブラシをかける時の姿勢について、膝、腰、肘などの関節可動角度を計測した。

図 83 に手指に掛かる力の計測時に利用した接触センサーと関節可動域計測時に利用したゴニオメータを示す。

接触センサーは、手指にセンサー付きの機器を装着し、各センサーからの情報を有線で手首に巻いたアダプタに接続し、そのアダプタからは Bluetooth によって制御計算機にデータ送信され、専用のアプリケーションで処理されデータ保存される仕組みである。

関節可動域計測にはゴニオメータを利用した。東大ゴニオメータは、1 度単位を目盛りが振られているため、より正確に計測できる特徴がある。また、計測は関節可動域の計測などの人体の様々な計測に実績がある専門員によって計測した。



図 83 接触センサーとゴニオメータ

(4) 実験に利用した製品一覧

表 15 に実験で利用した洗濯機、及び掃除機の製品一覧を示す。

表 15 利用した洗濯機及び掃除機の機種一覧

洗濯機		掃除機	
□ドラム式洗濯乾燥機	特 徴	□掃除機	特 徴
LX シリーズ NA-LX129A(VX タイプ液晶)	・カラータッチパネル(LX129Aのみ) ・誰でも見やすい操作部 操作部の角度は約 30°。様々なユーザーの使いやすさに配慮。 ・本体寸法(幅×高さ×奥行)604×1011×722mm ・同タイプであるが、パネル部が異なる	MC-JP850K	業界最高水準*4)の軽量モデル *4)2022 年 7 月 20 日現在、家庭用床移動形掃除機において。 髪の毛もペットの毛もほとんどからまない「からまないブラシ」でお掃除ラクラク ・本体質量(標準質量)2.0 kg(3.5kg) (標準質量)は本体・ホース・延長管・床用ノズルの合計質量です。
NA-LX125A(VX タイプ押し釦)		MC-SB53K	軽くてスムーズ、サッとお掃除。「からまないブラシ」でノズルのお手入れがラク 人間工学に基づき採用されたハンドル角度や形状、本体重心のバランスによりスムーズな操作性を実現。 ・本体質量 1.5 kg(スティック時) ・幅 213×奥行き 178×高さ 1102mm
NA-VG2600(VG タイプ押し釦)		MC-SB85K	小型・軽量ハイパワーモーターで安定した高い吸引力を実現 ・用途にあわせた付属アタッチメントのスムーズ脱着 ・サッと使える壁掛け充電 ・本体質量2.0 kg(スティック時) ・幅 253×奥行き 193×高さ 1130mm
□全自動洗濯機	特 徴	MC-NS10K	掃除の始まりから終わりまで、ラクに使えるセパレートコードレス掃除機 ・さっと取り出し手軽に掃除 ・収納しながら充電、ゴミを自動収集 ・「からまないブラシ」でお手入れの負担を軽減 ・本体質量1.5 kg(スティック時) ・幅213×奥行き 130×高さ 1,030 mm
JFA シリーズ NA-SJFA808(JFA タイプ液晶)			
NA-FA10K(FA タイプ押し釦)	・洗濯槽が浅く、衣類をラクに取り出しやすい「すぐソコスタイル」 外形寸法(幅×高さ×奥行) 599×1017×626mm		
	すっきりフロント 身体に負担をかけにくい設計で出し入れしやすい 投入口が広くて出し入れしやすい 外形寸法(幅×高さ×奥行) 599×1089×664mm		

5.2.3 結果

(1) 関節可動域計測の結果

表 16 及び表 17 に洗濯機と掃除機の関節可動域計測結果を示す。尚、掃除機のマイナス表示(赤字部分)は、関節角度計測の計測定義によるものである。また、計測環境の事例を図 84 に示す。

最初に洗濯機に関して、当初仮説としては、従来からある縦型の全自動洗濯機については、すでに配慮されている点もあることから、衣類の取り出しや各関節の屈曲に対する負荷は高齢者においても限度を超えないと推察。ドラム式洗濯乾燥機は、水槽の高さが直立した姿勢から膝、腰を深く曲げる必要があり、姿勢を維持できない可能性も否めないとしていた。計測結果からは、洗濯機使用時に想定される衣類の取り出し姿勢については、被験者身体の関節角度には男女間の顕著な差はなく、懸念点である腰、膝関節が深く折れ曲がる状態もほぼ見られず、自重を支えることが出来ていた。ドラム式と縦型式の開口部の向きで股関節の大きな曲がりとは上腕の開きで吸収していると推察される。自重を支える箇所をヒアリングした結果、ドラム式洗濯乾燥機は水槽の縁や本体の角に手を当てて姿勢を保持するなどの回答が半数以上あった。縦型の全自動洗濯機については、特に身長が低いとされる女性の場合は、洗濯機本体の手前の淵部分に自身の腹部辺りを密着させて、前傾になり本体に身を預けて手を伸ば

して洗濯物を取りだすといった回答があった。

掃除機についての当初仮説は、日常の掃除動作で階段や段差での引っ掛かりなどのリスクが潜み、また実重量や操作性での違和感があると思われる製品はMC-NS10K と考えた。一関節可動域の結果からは、洗濯機同様に男女間の顕著な差はなく、想定内の身体動作であり、聞き取り調査からも特筆すべき回答はなかった。

表 16 洗濯機衣類取り出し姿勢での関節角度測定 (Avg.)

機種	測定関節位置	女性	男性
ドラム洗 VX タイプ	上腕角度	100.0	88.8
	股関節角度	80.7	84.4
	膝角度	110.7	94.4
縦洗 SJFA タイプ	上腕角度	83.8	78.8
	股関節角度	118.8	109.4
	膝角度	168.1	152.5
ドラム洗 VG タイプ	上腕角度	95.7	91.3
	股関節角度	83.6	76.9
	膝角度	125.0	100.0
縦洗 FA タイプ	上腕角度	82.5	80.0
	股関節角度	118.1	105.6
	膝角度	168.1	158.8

表 17 掃除機操作時の関節角度調査 (Avg.)

機種	測定関節位置	女性	男性
JB850K	上腕角度(伸ばした時)	2.5	9.4
	肘角度(伸ばした時)	123.1	130.6
	手首角度(伸ばした時)	-27.5	-26.9
	上腕角度(縮めた時)	-54.4	-45.6
	肘角度(縮めた時)	114.4	110.0
	手首角度(縮めた時)	-16.9	-16.9
SB53K	上腕角度(伸ばした時)	12.5	21.9
	肘角度(伸ばした時)	151.3	144.4
	手首角度(伸ばした時)	-23.1	-29.4
	上腕角度(縮めた時)	-47.5	-35.0
	肘角度(縮めた時)	122.5	125.6
	手首角度(縮めた時)	-17.5	-23.8
SB85K	上腕角度(伸ばした時)	15.0	24.4
	肘角度(伸ばした時)	143.8	143.8
	手首角度(伸ばした時)	-16.9	-21.3
	上腕角度(縮めた時)	-45.6	-35.6
	肘角度(縮めた時)	122.5	121.3
	手首角度(縮めた時)	-17.5	-17.5
NS10K	上腕角度(伸ばした時)	22.7	30.6
	肘角度(伸ばした時)	150.0	147.5
	手首角度(伸ばした時)	-23.8	-25.6
	上腕角度(縮めた時)	-43.1	-32.5
	肘角度(縮めた時)	123.1	132.5
	手首角度(縮めた時)	-23.1	-23.1



図 84 関節可動域計測の風景例

(2) 接触センサーによる手指の力の計測結果（洗濯衣類の取り出し）

0.5kg から 2.2kg まで数種類の重りを準備し 1 つずつ巾着袋に入れて、これらを脱水後の洗濯物と見立てて洗濯槽内に投入し、1 つずつ取り出してもらう動作を実施し、その時の手指に掛かる力の計測を実施した。図 85 に洗濯衣類の取り出し結果を示す。0.5kg、1.0kg、1.4kg、1.8kg、及び 2.2kg までを 1 人 1 回ずつ計測した。

洗濯機からの衣類取り出しの事前想定は、親指、人差し指、中指を中心に力が掛かると推測したが、ドラム式は横方向から疑似おもりにアプローチする為、指の長い中指が接触し挟み込むように親指が重なり、引き出す際には掌で握り、引き出す動作であった。縦型はアプローチが異なり、上方から垂直に接触するが、ドラム洗同様に一番長い中指が最初に接触し挟み込むように親指が重なり、引き出す際には掌で握り引き出す動作であった。男女差の視点では、ドラム式の男女差の比較はほぼ同等、縦型は小指の関与が男性では高かった。これらは、握る習慣（力の入れ方）の差が出たと推測される。

全体的には、男性の方が強い力で握っていることが見て取れる。男性の力感が作用していると思われ、握力の差が出たものと推測される。

洗濯衣類の取り出す力としては、ドラム式では、男女共に最大 15N 程度の力で取り出せることが分かった。また、縦型の場合でも 14N～18N 前後の力で取り出せることが分かった。

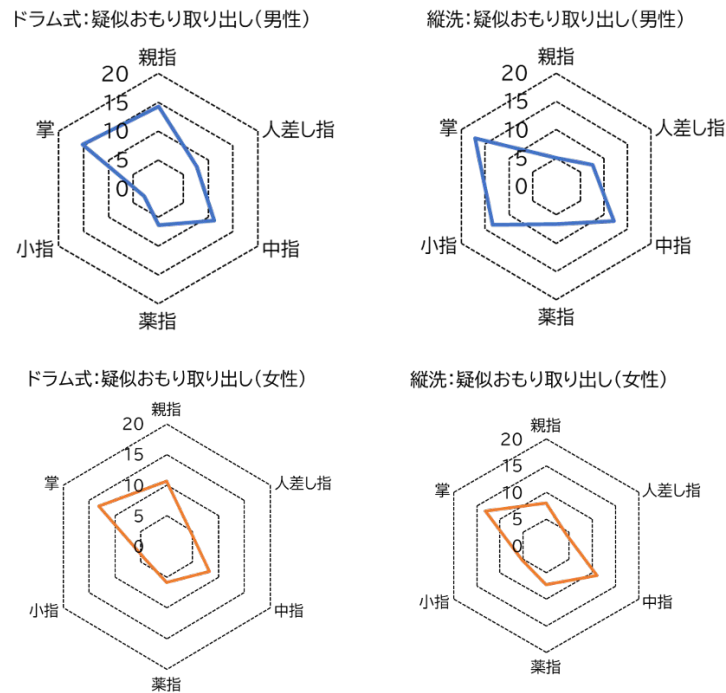


図 85 洗濯衣類の引き上げ結果

(3) 接触センサーによる手指の力の計測結果（洗濯機ボタンの押す力、時間計測）

5 種類のタイプの異なる洗濯機の操作ボタンを同数回指定し、その時の指等での押し力と指定された操作のスタートから完了時間を測定し、認知反応を調査した。

図 86 に今回の調査で使用した洗濯機の操作パネル例を示す。今回の調査では、ドラム式が 3 タイプ、縦型を 2 タイプとした。ドラム式 VX 液晶タイプは、カラータッチパネルを採用し誰もが見やすい操作部で、操作部の角度は約 30° として様々なユーザーの使いやすさに配慮しているが特徴である。同じ VX タイプであるが、パネル部が異なるタイプを 1 台準備した。ドラム式 VG タイプは、デザイン性と使いやすさの両立させており、洗濯槽が高い位置にあるため、楽な姿勢で衣類を取り出せるメリットがある。縦型（従来型）は、FA タイプを調査対象としており、すっきりとしたフロントで、身体に負担をかけにくく、投入口が広くて出し入れしやすい設計となっている。縦型（液晶）は、SJFA タイプであり、FA タイプと比較して、洗濯槽が浅く衣類を容易に取り出しやすいことが特徴である。これらの特徴を踏まえ、操作ボタンの調査を実施した。

最初に担当者が説明を行ったあとに練習を 1 度行ってもらい、計測するという流れで実施した。操作の順番はドラム式と縦型を交互に実施した。

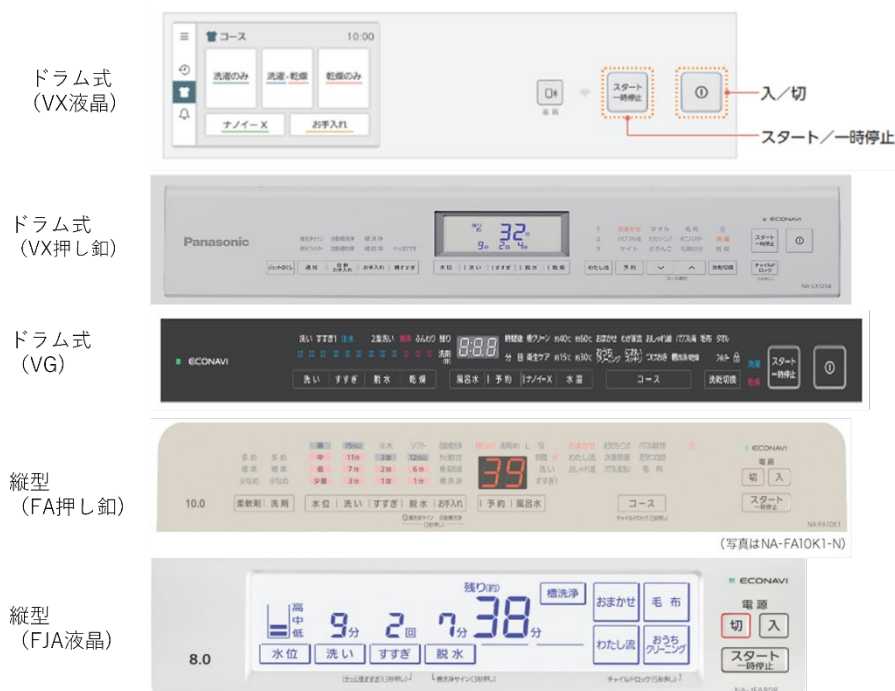


図 86 調査で利用した操作パネル例

図 87 に 5 機種における操作パネルのボタンの押す力全体平均を示す。また、図 88 に機種別の操作ボタン時の押す力（平均）を示す。

全体平均では、男性では 9N 程度、女性では 6N 程度の力が加わることが判明した。一部中指に力覚として反応しているが、人差し指で押す際に中指で押してしまった、又は手を開いた状態で人差し指でボタンを押す際に近傍を中指で同時に押してしまったことが理由である。

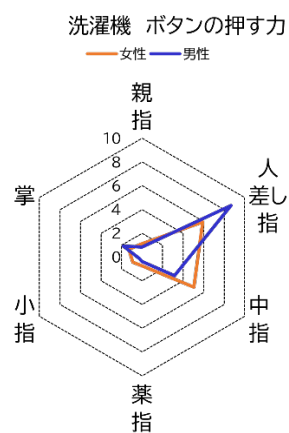


図 87 操作パネルの押し力調査（全体平均値）

機種別では、ドラム式（液晶）のタイプの静電式タッチ式パネルは、特に女性に関しては、クリック感が認識しにくい傾向にあり押し込む操作をする方が多かった。男性は機種間における大きな変化は顕著に表れなかった。

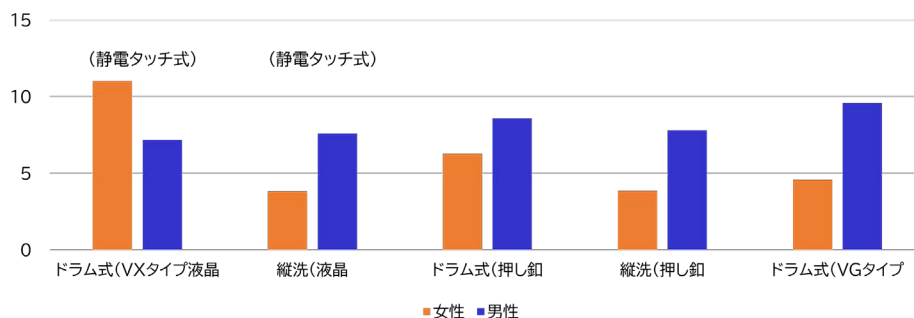


図 88 機種別の人差し指でのボタンを押す力（平均）

指に掛かる力計測と同時に指定されたボタンを順番に押し、その操作時間も計測した。機種別の押しボタン操作時間結果を図 89 に示す。結果としては、ドラム式液晶のタッチパネル方式に時間を要した。縦型式は液晶パネルと機械式の押しボタンの機種を比較すると、液晶タッチ操作の機種が時間を要する結果となった。男女間の視点では、男性の方がおおむね時間を要す傾向であった。これは女性と比較して洗濯機を使い慣れていないことが一因であると示唆される。

今回は時間経過を調査したが、操作時間が長いということは視認性にも関わってくると考えており、今回の実態調査を元に、従来以上に見やすく、操作がしやすいといった観点から製品開発をしていく必要性を感じた。

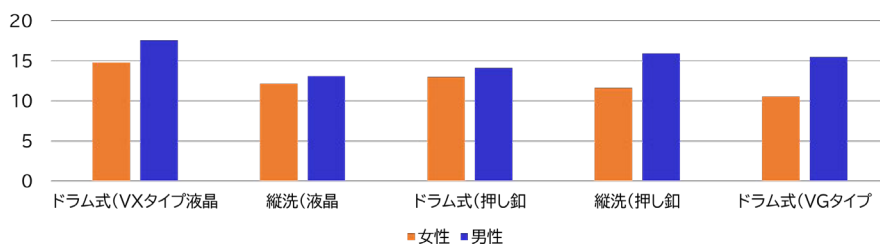


図 89 押しボタンの操作時間

(4) 接触センサーによる手指の力の計測結果（掃除機の持ち上げ力）

4 種類のタイプが異なる掃除機を利用して、1 段分の階段を想定して掃除機を持ち上げる時の手に掛かる力を計測した。掃除機はキャニスター型 1 台とスティック型 3 台とした。キャニスター型は業界最軽量を実現している。スティック型の違いは、MC-SB53K は、

持ち手部分よりやや前方にモーター部が設置されているタイプで、MC-SB85K は、持ち手部分直下にモーター部が設置されているタイプである。MS-NS10K は、ストレートタイプであり、かつモーターはブラシ側近くに設置されているタイプである。階段代替品として踏み台を利用した。図 90 に掃除機の機体持ち上げ時の手に掛かる力の全体平均と調査時の風景を示す。

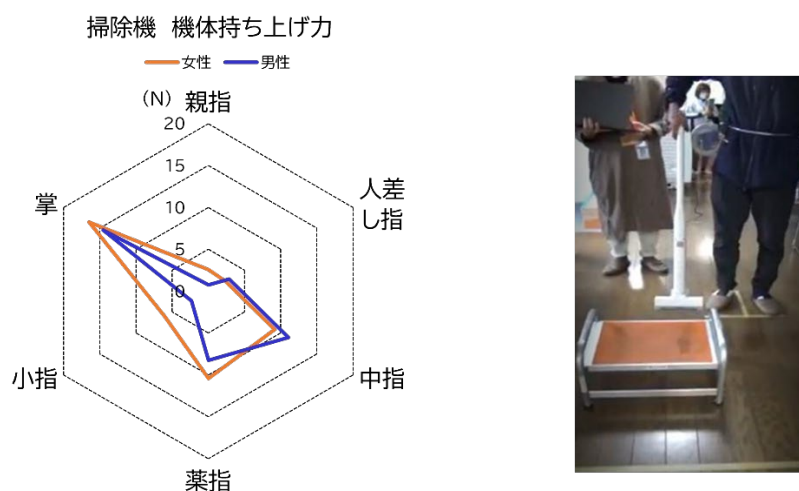


図 90 掃除機の持ち上げ力

掃除機の柄の部分を持って持ち上げるため、掌を中心に支え、中指・薬指で握る傾向が見て取れた。男女間では顕著な違いは確認できなかった。概ね 18N 程度の力で支えていることが分かった。

図 91 に機種別・男女別の持ち上げ力の結果を示す。最大で 20N 程度の力であれば持ち上げられることが分かった。4 台共に女性の方が大きい力が必要であることが分かるが、これは男性が女性よりも前腕の筋力を持ち上げる支えに使っていると推察される。

調査前の仮説としては、操作性、重量感 (1.5kg) に関して否定的な意見が出る機種はストレートな持ち手が特徴の MC-NS10K と推測していた。調査後のヒアリングでは、MC-NS10K が重く感じる方は 2 名のみとなり、想定より肯定的な意見が多くなった。一方で、今回の比較機種の中では一番重量が重い (2.0kg) MC-SB85K は、重さに関する評価が良くなかった。力覚センサーでの持ち上げ力の傾向を見ると、特に女性が持ち上げの力感が強く感じられている。同構造の MC-SB53K との比較をすると、500g の差であるものの、顕著に重さを感じやすくなっている新たな知見が得られた。重心位置など他の要因もあるため 500g という単なる重さだけでの判定は難しいが、高齢者においては、重さが操作性を制約させる一因となることが示唆されると考える。

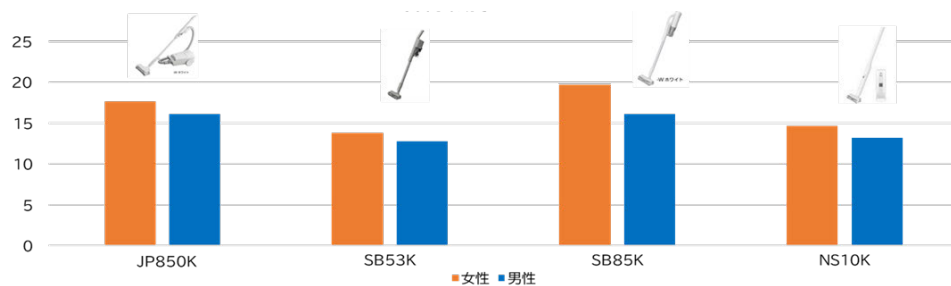


図 91 掃除機の機種別、男女別持ち上げ力 (平均)

5.2.4 結論

70～81 歳の男女計 16 名を対象に洗濯機、及び掃除機における高齢者の製品操作の特性等を評価するための製品操作時の手指に掛かる力等の実証、及び関節可動域を計測した。

洗濯槽からの衣類取り出しについては、ドラム式で男女共に最大 15N 程度の力で取り出せることが分かった。また、縦型の場合でも 14N～18N 前後の力で取り出せることが分かった。掃除機の柄部分持ち上げ時に必要な力は、全体平均で 18N 程度であることが分かった。また、洗濯機のパネルボタンの押し込み時は、全体平均として、男性では 9N 程度、女性では 6N 程度の力で押すことが分かった。

洗濯機のドラム式においては、当初は、水槽の高さが直立した姿勢から膝、腰を深く曲げる必要があり、姿勢を維持できない可能性があるかと推察されたが、腰、膝関節が深く折れ曲がる状態ではなく、自重を支えることが出来ていた。ドラム式と縦型式の開口部の向きで股関節の大きな曲がり、上腕の開きで吸収していることが確認できた。自重を支える箇所をヒアリングした結果、ドラム式は水槽の縁、本体の角に手を当てるなどの回答が半数以上挙がった。縦型の全洗濯機は本体に寄りかかる、手前の角等の本体へ身を預けるとの回答が多かった。これらの結果を元に、水槽からの取り出し動作は身体の支えが必要となるため、手を滑らせない加工や持ち手を上手くデザインすることが安全性を高める知見として得られた。また、パネル操作時間結果は視認性にも影響すると考えられることから、高齢者においては、多機能、高機能よりもシンプル性を追求した操作パネルが求められており、また、シンプルにすることにより誤操作の防止につながると考えらる。

掃除機においては、軽量化は進んでいるが、想定される持ち手や持ち手の位置と重量感との関係など、更なる設計思想の転換が必要と考えられる。

洗濯機や掃除機は、既に成熟した製品であるがために、操作性や使いやすさの差別化を求めるために多機能・高機能を付加した製品が多い傾向にあると思われる。今回の検証結果から、身体・認知機能の低下は避けられない高齢者においては、軽量であり、分かり易さ、使いやすさが優先されることが示唆されるため、今後の製品開発におかれては、多機能・高機能と並行して、社会的弱者にも使いたいと思ってもらえる技術、工夫を重ねた製品作りを期待したい。

5.3 高齢者の指に加わる力の計測実験（連携企業：株式会社カイン電器）

5.3.1 目的

高齢者住宅を訪問する中で、高齢者のリモコンやスイッチ操作時のトラブルが報告されている。具体的には、リモコンやスイッチなどの「誤操作や押し間違い」、「二重押しや二度押し」、「スイッチやボタンの故障や摩耗」が見られ、「エアコンの暖房と冷房の押し違い」、「二度押しによる電源 ON のつもりが OFF」などに繋がっている。これらの要因としては、高齢者の指の変形、筋力低下等による「指趾の力」が原因にあるのではないかと推察され、今後さらなる高齢化が進む中、日常生活で使うスイッチ等の操作に支障を来たすと考えられ、現状の指の押す力を計測し、高齢者が押し易い力を把握する目的で指の力を計測した。

今回、「リモコン押下時の指に掛かる力」と「ボタン・スイッチ押込み時の指に掛かる力」を対象として調査を行った。

5.3.2 内容

（1）協力者

- ・ 65 歳以上の高齢者 36 名（男性 19 名、女性 17 名）（障害がある方を含む）
- ・ 30 代から 64 歳までの様々な健常者 9 名（サンプリング用、男性 7 名、女性 2 名）

（2）実験場所

- ・ カイン電器店舗及び協力者宅

（3）実験機材

（ア）力を計測する計測センサー

図 92 に手指に掛かる力の計測時に利用した接触センサーを示す。接触センサーは、センサーが内蔵された専用指サックを指に装着し、各センサーからの情報を有線で手首に巻いたアダプタに接続し、そのアダプタからは Bluetooth によって制御計算機にデータ送信され、専用のアプリケーションで処理されデータ保存される仕組みである。



図 92 接触センサーの事例

(イ) リモコンに見立てた計測機材

図 93 にリモコン押下時の指に掛かる力を計測するために製作した模造リモコンを示す。図の黒色部がボタンで、ボタン下には押し込みトルクがそれぞれ異なるスイッチが組み込まれている。左のボタンからトルクがそれぞれ 5.1N、2.55N、0.98N となっている（スイッチは市販品）。また、それぞれのボタンを押すと赤い LED が光る仕組みとなっている。実験は、親指と人差し指でそれぞれ押してもらい、指先力のデータを収集した。

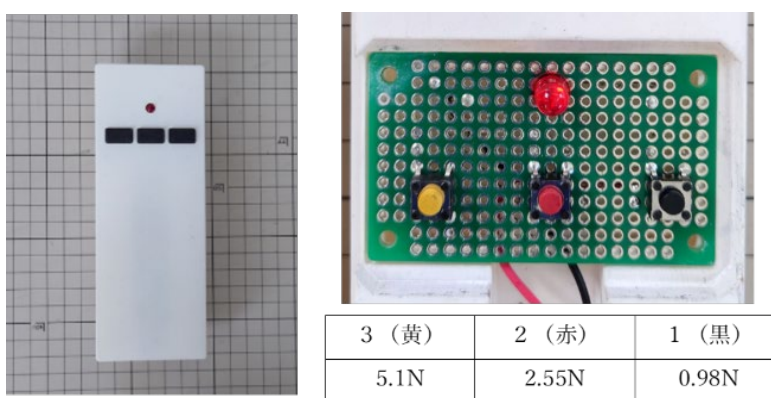


図 93 リモコンを模した模造リモコン (左) と内部構造 (右)

(ウ) ガスコンロボタンに見立てた計測機材

図 94 に操作スイッチを押す時に指に加わる力の計測するために製作した模造ガスコンロスイッチを示す。このスイッチには、ばね強さ調整ノブ、クリックカムバネ強さ調整ノブ、及びストローク調整ノブの 3 種類のノブがあり、操作力測定点の力を細かく調整することが可能となっている。

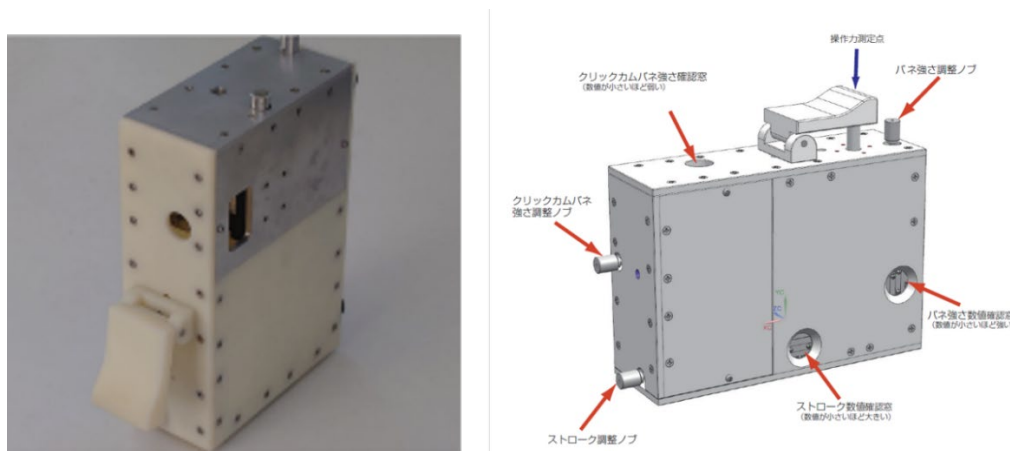


図 94 コンロボタンを模した模造コンロスイッチ

(4) 測定内容

① 模造リモコンを使った計測

リモコンを見立てた器具を使い、人差指で右ボタンを3回押し、次に中ボタンを3回、最後に左ボタンを3回押す。次に親指で同じ操作を実施する。その時指にかかる圧力を接触センサーにて測定した。押し慣れないリモコンであることから、初めの2回は練習として、各々の3回目のデータを有効データとして利用した。

② 模造ガスコンロスイッチを使った計測

ガスコンロボタンに見立てた器具を使い、トルクを3回変えながら、それぞれのトルクで3回押す。利き腕の親指で3回、人差指で3回、中指で3回の順でスイッチを押す。

5.3.3 結果

リモコン操作の実験についての計測グラフを図 95 に示す。また、データ分析結果を図 96 に示す。人差指に比べて親指の力がかかなり高いことがわかる。横軸は年齢であるが、年齢に関係なく親指の力が人差指よりも大きいことがわかった。

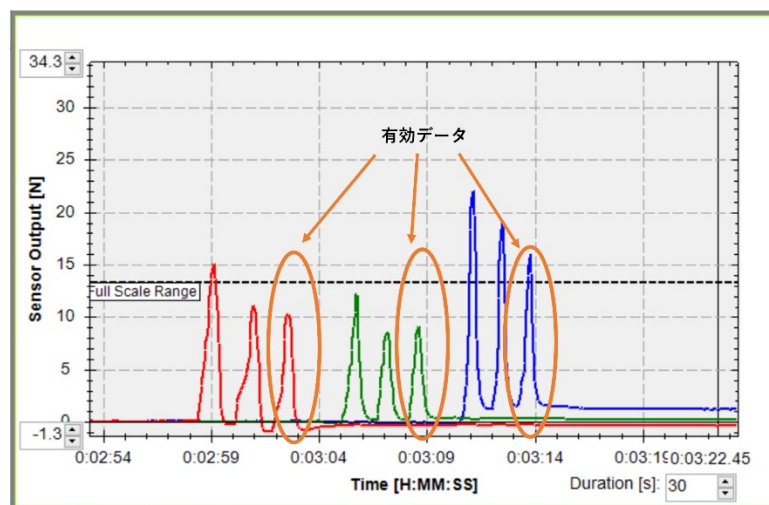


図 95 リモコンスイッチ押下時の指に掛かる力計測グラフ例



図 96 リモコン操作時の指に掛かる力

ガスコンロに見立てたスイッチに関しては、ノブを調整して 3 種類の力で実験を行った。3 種類の負荷は以下とした。

α : 負荷は、一般的な市販ガスコンロのスイッチ程度の押し具合（モメンタリ機能あり）。

β : α よりも重い設定（モメンタリ機能あり）

γ : α より軽い、スイッチの入り切りは保持型（非モメンタリ）であり、連続で押せない設定。

それぞれのスイッチタイプで、親指、人差し指、中指の 3 回目のデータ平均を分析した結果を図 97、図 98、図 99 にそれぞれ示す。高齢者の力は、30 代から 50 代と同程度に強い力で押していることが分かった。 α より β のほうが、負荷が強いため全体的に β の押す力のほうが強い傾向にあり、当初は、 β タイプは全員が押せないと想定していたが、力の加減差はあるが全員が押すことができた。 γ パターンのスイッチの場合は、非モメンタリ（戻りがない設定）であるため、 α や β に比べて、全体的に軽い力で押し込めていることが分かった。

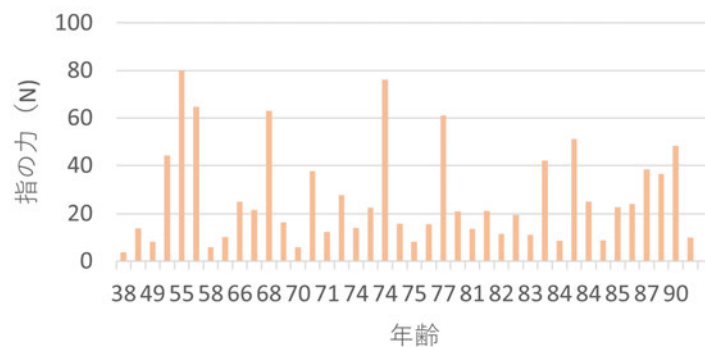


図 97 α タイプの平均

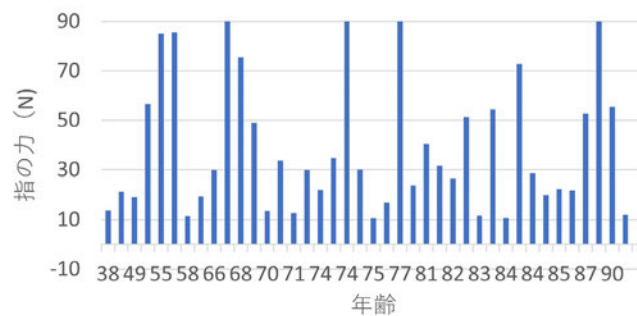


図 98 β タイプの平均

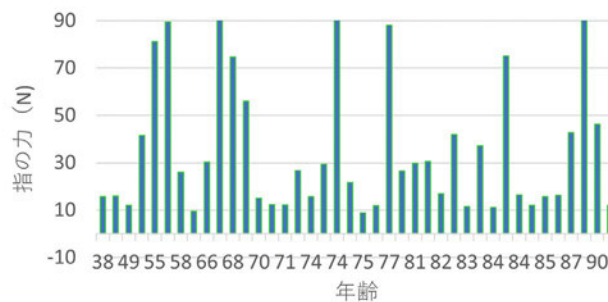


図 99 γ タイプの平均

5.3.4 結論

実験前は、高齢者は指の力は若年健常者と比較してもあまり強くないと想定したが、分析結果を見る限りでは、同等の力でボタンやスイッチを押していることがわかった。

推測ではあるが、ボタンやスイッチの反応を感じ取る触感的なものが加齢により衰え、あるいは、身体的障害、病気などの原因で弱くなっており、「このぐらいの力で押せば十分」という感覚はなく、「とにかく押して動作させる」ことを優先しているように思われる。製品納入等のため、各家庭に伺う際に見て取れることは、通常利用している家電品などの器具のボタンやスイッチ類は、若い世代が使うものより摩耗や破損が激しい。このような背景もあり、器具の故障や変形が発生し、誤動作や誤操作などの繋がるのではないかと推察できる。

また、この実験の中で、指が変形したり、ばね指という障害を持ったり、押す力がなく、腕や体全体で押すような協力者もいた。正常なボタン操作ができない人にとっては、小さいボタンやスイッチ、また押した反応を返さない機器は、このような方々にとってはストレスになる可能性があると思われる。

今回の実験では、高齢者を対象にしたスイッチやボタン類の押す力を、センサーを使って計測した。分析では、押す力に着目して若年健常者等と同等の力を有していることが分かったが、操作時間や製品取扱いなどの観点から分析ができると、若年健常者との違いや故障発生の一因などが分かってくる可能性もあると考える。

今回の実験を機会として、製品を使うエンドユーザに一番近い目線という観点から、高齢者に優しい製品は何かを更に探求して、メーカーへの提言等として製品化の実現に向けた取り組みを期待したい。

6. 川崎市との製品安全に関わる連携

神奈川県川崎市は、令和3年8月に、川崎市複合福祉センター「ふくふく」1階に「Kawasaki Welfare Technology Lab」（通称：ウェルテック）を開設しており、ここでは、製品安全の観点から、事業者の開発品などの性能、安全、リスクなどを評価することを目的に

、福祉製品・サービスの開発・改良を支援しており、さらに、それらの製品の普及・導入支援を行うことで、製品の利用者の自立支援や福祉現場の介護負担軽減に繋げる取り組みを行っている。川崎市の取り組みは、当該事業のコアとなる製品安全と重なる部分が多く、将来的に自治体との連携等も視野に入れた取り組みの一助となることもあり、経済産業省と協議し、本年度は、製品評価を通じた製品安全の面での製品導入時の調査といった観点で連携することとした。

川崎市の本年度の支援としては、見守りセンサー製品がメインであり、製品開発事業者との製品評価打合せや評価現場に立ち会い、性能・安全・リスク等の評価チェック等を進めた。具体的製品としては、マットセンサーやマイクロ波センサー、赤外線カメラによるベッド上の見守センサー等4製品を対象とした。

今回、これらの4製品の製品評価と平行して、今後の製品評価指標のルール化を目指すことを視野に入れており、川崎市独自のKIS認証制度⁹にも適用することを想定して、品質実証のチェックシートを作成した。このチェックシート作成は、当該事業の中核である製品安全に深く関わる部分であり、現状、高齢者見守りセンサーの国内の規格・基準が整備されていないこともあり、今後、川崎市と連携した取り組み成果を昇華・活用することも考えている。図100に連携して作成した製品実証チェックシート例を示す。このチェックシートは、高齢者施設等で見守りセンサーを導入することを前提としており、一般家庭とは環境が異なることから配慮しなければならないことが多く、安全面以外にも配慮面に

⁹ Kawasaki innovation standard の略。かわさき基準とは、優れた福祉製品のあり方を示した、独自の基準であり、「自立支援」を中心とした8つの理念により構成されています。ここでいう「自立」とは、すべてを自分でできることを意味するのではなく、「自らが望む」、「主体的に選択、自己決定できる」ことであり、家族や地域が協力することも含めて実行、実現できることを指します。（<https://www.city.kawasaki.jp/jigyoku/category/79-31-3-0-0-0-0-0-0-0.html>）

関しても記載していることが特徴と言える。現状は一部製品を対象にしているが、今後は幅広い製品も評価しつつ、このチェックシートを充実させて行く予定である。

製品実証チェックリスト (1/2)

v1.0

No	分類	チェック項目	確認	備考（対応など）
1	設置 （見守り）	設置した見守りセンサーの位置ずれ防止対応 （位置・角度ずれが問題になる場合、固定あるいは位置マーキング）		
2	設置 （見守り）	ベッドマット下に設置するセンサーの場合、リクライニングしても問題ないか （リクライニングでセンサー位置がずれる場合は固定必要）		
3	設置 （見守り）	ベッドマット下のセンサーは使用するマットレスに合わせた対応は不要か （マットレスの厚さ・素材により感度調整が必要になる場合がある）		
4	設置 （見守り）	本体からのコード類の配線長に余裕はあるか（施設等での清掃時にベッド移動にも対応できる配線長が必要）		
5	製品仕様 （見守り）	センサー本体に操作スイッチ等がある場合、容易に操作できないよう配慮 （利用者が不用意に触った場合の誤動作を防ぐ）		
6	製品仕様 （見守り）	センサー本体が防水仕様になっているか		
7	製品仕様 （見守り）	壁固定等の製品の場合、LEDランプ等の配置が利用者に影響を与えないよう配慮がされているか（ベッド向きの場合、明るくて就寝に影響がある）		
8	取扱説明 （一般）	製品が動作しない時間帯があることの説明 （定期的な機器のリポート等がある場合は取説への記載が必要）		
9	製品仕様 （一般）	製品の突起、鋭利なエッジによる外傷、挟み込みリスクはないか （板金・ダイカスト部品等のバリ処理、エッジ処理、可動部の確認）		
10	製品仕様 （一般）	製品強度は確認されているか （使用状況を想定した強度試験、単体・梱包での衝撃・振動試験）		
11	製品仕様 （一般）	製品の耐久性は確認されているか （可動部・抜き差し部品の繰り返し試験、高低温動作、耐候性試験等）		
12	製品仕様 （一般）	漏電・EMC・静電対策など電気安全確認がされているか （感電・火災等危険リスク対応のため販売国の安全規格・規制の準拠）		
13	製品仕様 （一般）	有害物質の不使用、金属アレルギーに配慮しているか （水銀・鉛・カドミウム等RoHS指令の特定有害物質の不使用）		
14	製品仕様 （一般）	外れやすい部品はないか （コネクタキャップ、ボタン電池など小型部品の誤飲・誤嚥リスク）		
15	製品仕様 （一般）	操作パネルのスイッチ等が誤操作・誤認識されないか （操作ミスに繋がるスイッチの近接、誤解されやすい表記などが無いこと）		
16	製品仕様 （一般）	製品の電源・信号・空気圧チューブ等プラグの抜け防止 （居室清掃時、製品移動等の際に容易に外れないような対応）		
17	製品仕様 （一般）	電波法などに抵触する機器ではないこと （特に海外製品・部品取扱い事業者）		

図 100 製品チェックリスト例

7. 今後の展望

7.1 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、今後、さらなる高齢化が加速する我が国において、新たな福祉製品が開発されることが予想される中、その安全性を確保するためには、先に挙げた階層的構造の基準体系の構築が早急に求められると考えられる。今年度実施した高齢者の身体関連データを取得するための整備もその一環であり、今後、様々な製品に関する個別データの取得が期待される。

高齢者は身体機能や認知機能の変化によって行動の特性が変わったり、できることが変わるため、子どもとは異なり年齢軸だけで事故の要因を整理することが難しい。身体機能や認知機能など、生活機能の変化などによって、それまでできていたことができなくなったり、製品の想定された使い方とは異なる使い方をすることで発生する事故があり、現状では「誤使用・不注意」といった扱いになっている。これらは高齢者の生活機能の変化を考慮した製品開発によって予防が可能であると考えられる。このような生活機能の変化に起因する事故の発生割合が多くなっている傾向があるため、生活機能の状態によって分類し、様々な身体データや動作時姿勢データ等を取得した上で、例えば身体機能や認知機能に応じた共通規格や個別製品規格などを整備していくことが重要であると考えられる。

7.2 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、「令和 2 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）」の成果物の一部である身体関連データの計測装置の改良を実施すると共に、高齢者行動ライブラリからは、高齢者の多くに見られる自身の身体を支える際に保持物体の必要性が観察されたことから、実際に高齢者を対象に身体保持に関わる行動特性データを取得した。今後、更なる多様なデータを取得できる環境整備を実施し、JIS 規格策定の実現に向けた取り組みが重要である。

除雪機については、重症・死亡事故が毎年のように発生していることが分かっており、事故予防などを目的として除雪機操作の実態調査を実施した。これまでは、除雪機操作中はデッドマンクラッチを握り続けるため、手指や上腕等の疲れや痛みを避けるためにデッドマンクラッチを固定して作業することによる事故が多いとされてきたが、調査の結果、多くの場合、デッドマンクラッチを固定し、周囲の雪をオーガに掻き入れるなどの作業効率向上が 1 つの目的であることが分かってきた。また、バック操作時にインシデントが発生

していることが少なくないことも分かってきた。その際、デッドマンクラッチをすぐに放せば停止することは理解できているものの、実際にそのよう状況に遭遇するとパニックに近い状態となり、正しい行動が取れないことも分かってきた。このような実態調査をもとに、高齢者の行動特性に合わせて、安全性が担保されるやり方や仕組みを持つ除雪機の開発による安全対策が必要である。