

ユニバーサルデザインを考慮した  
背負形動力散布機の改良

Improvement of Backpack Type Power Duster  
using Universal Design

2014

岩手大学大学院  
連合農学研究科  
生物環境科学専攻  
(岩手大学)

菊池 豊

## 目次

第1章 緒論	1
1.1 はじめに	2
1.2 背景	5
1.2.1 日本国内での農業機械使用者の動向	5
1.2.2 動力散布機について	5
1.2.3 ユニバーサルデザイン（UD）とは	9
1.2.4 日常生活用品におけるUDの背景	9
1.2.5 UD商品開発のメリット	10
1.2.6 農業機械にUDを適用する意義	10
1.3 既往の研究	13
1.4 本論文の目的と構成	14
第2章 市販機のユーザビリティ評価	15
2.1 はじめに	16
2.2 方法	16
2.3 結果と考察	22
2.4 まとめ	35
第3章 使用者の感覚および認知・判断機能に配慮した表示類の改良	37
3.1 はじめに	38
3.2 表示類の視認性向上	39
3.2.1 はじめに	39
3.2.2 方法	40
3.2.3 結果と考察	43

3. 2. 4	まとめ	56
3. 3	認知・判断機能に配慮した情報提示方法の改良	57
3. 3. 1	はじめに	57
3. 3. 2	方法	58
3. 3. 3	結果と考察	62
3. 3. 4	まとめ	88
3. 4	まとめ	89
第4章	使用者の身体機能および体格に配慮した操作具などの改良	91
4. 1	はじめに	92
4. 2	薬剤シャッタ調節操作の取扱性向上	93
4. 2. 1	はじめに	93
4. 2. 2	方法	93
4. 2. 3	結果と考察	96
4. 2. 4	まとめ	102
4. 3	薄形背当てフレームによる重心接近	103
4. 3. 1	はじめに	103
4. 3. 2	方法	104
4. 3. 3	結果と考察	106
4. 3. 4	まとめ	109
4. 4	肩ベルト長さ調節モデルによる引き力低減	110
4. 4. 1	はじめに	110
4. 4. 2	方法	110
4. 4. 3	結果と考察	113
4. 4. 4	まとめ	115
4. 5	身長別体格モデルによる機体寸法検討	116

4. 5. 1	はじめに	116
4. 5. 2	方法	118
4. 5. 3	結果と考察	128
4. 5. 4	まとめ	156
4. 6	まとめ	157
第5章	総括	158
5. 1	市販機のユーザビリティ評価（第2章）	159
5. 2	使用者の感覚および認知・判断機能に配慮した表示類の改良（第3章）	159
5. 3	使用者の身体機能および体格に配慮した操作具などの改良（第4章）	160
謝辞		162
参考文献		164
Summary		170
附録		173

## 第 1 章

### 緒 論

## 第1章 緒 論

### 1. 1 はじめに

日本農業において、1990年から2014年の約25年間で、耕地面積は1割減となり（図1-1）、農業就業人口は半減した（図1-2）（新農林社, 2013.）。年齢も65歳以上が過半数を占めている（図1-3）（新農林社, 2013.）。当面、日本全体でも人口が減少するとの予測もあり、産業間での担い手の奪い合いなども危惧され、農業分野での担い手の確保が急務となっている。そのため、定年でUターンする者などが就農したり、農業法人がアルバイトなどとして雇用したりするために、労働条件を整備する中で農作業に不慣れな者もスムーズに農作業をできるよう、身体負担が少なく、安全で簡単に使用できる一連の農作業体系の構築も必要である。

ここで、農業機械の中で刈払機、動力散布機などの携帯形や背負形農業機械は、安価で幅広い条件で使用できることから、日本国内で年間100万台以上生産され、幅広く普及している（新農林社, 2013.）。しかし、性能やコスト以外の取扱性について課題が残されている（日本農業機械工業会, 2000.）。特に、背負形動力散布機は、機体と資材の質量合計が25kgを超えるものがある。この対策として材質を金属からプラスチック樹脂へ転換し、若干の軽量化が行われたものの、背当て、ショルダールベルトといった人と機械の接する部分は、不十分なものが多く見受けられる。また、日本国内では農作業事故が多発しており、大きな社会問題となっている（小林, 2010.; 菊池, 2014a.）。その原因として操作ミスなどヒューマンエラーが数多く報告され、その対策強化が望まれている（全国農業機械士協議会, 2012.; 全国農業機械士協議会, 2013.; 農林水産省, 2013.; 生研センター, 2013a.）。

一方、日用品やOA機器などでは、従来品よりも小さい体格や視力の低下した使用者などに配慮したユニバーサルデザイン（以下、UDという）商品が普及している（古瀬, 1998.; 日本人間工学会, 2003.）。さらに、設計時の配慮点に関するISOやJIS規格が作成されたため改良が促進され（JIS Z 8071: 2003.; JIS S 0101:2000.など）、

2007年の国内UD商品市場規模は3兆円になっている（日本人間工学会，2003.）。すでに，農業機械業界では高齢者や女性向け市場は重要となっている。乗用トラクタ，田植機，コンバインといった水田作における主要な乗用形機械については，筆者の先行研究文献を基に，運転席の周囲スペース見直し，表示文字の大型化，操作レバーの色分けなどUD視点から改良されつつある（菊池豊ら，2007a）。しかし，それ以外の機械については，このような視点からの改良が遅れており，研究着手の要望が出されている（日本農業機械工業会，2000.；菊池豊ら，2007a）。そのため，UD視点から改良を促進する必要がある。

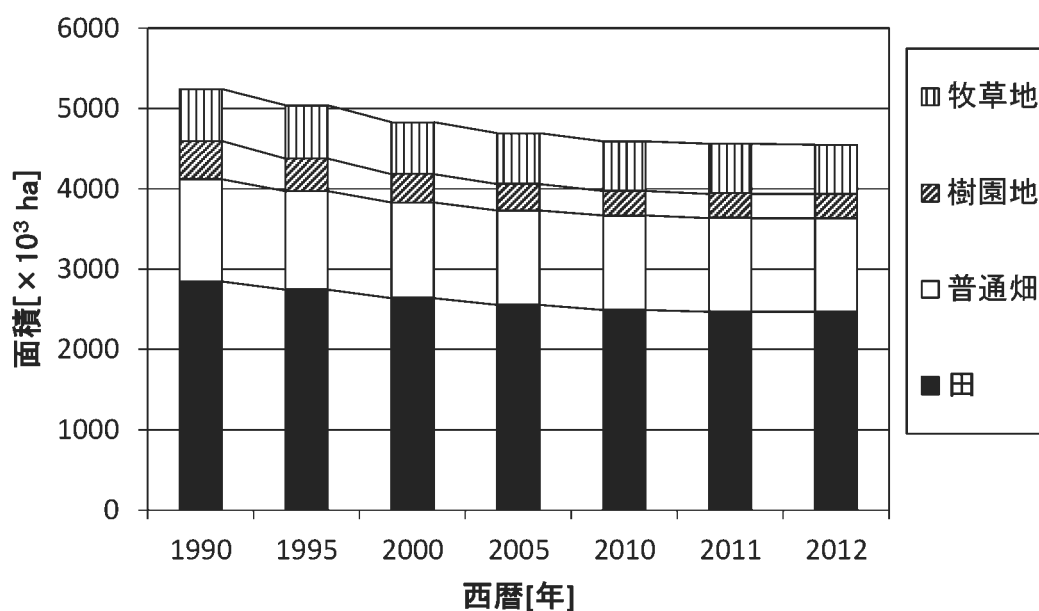


図 1 - 1 耕地面積の変化

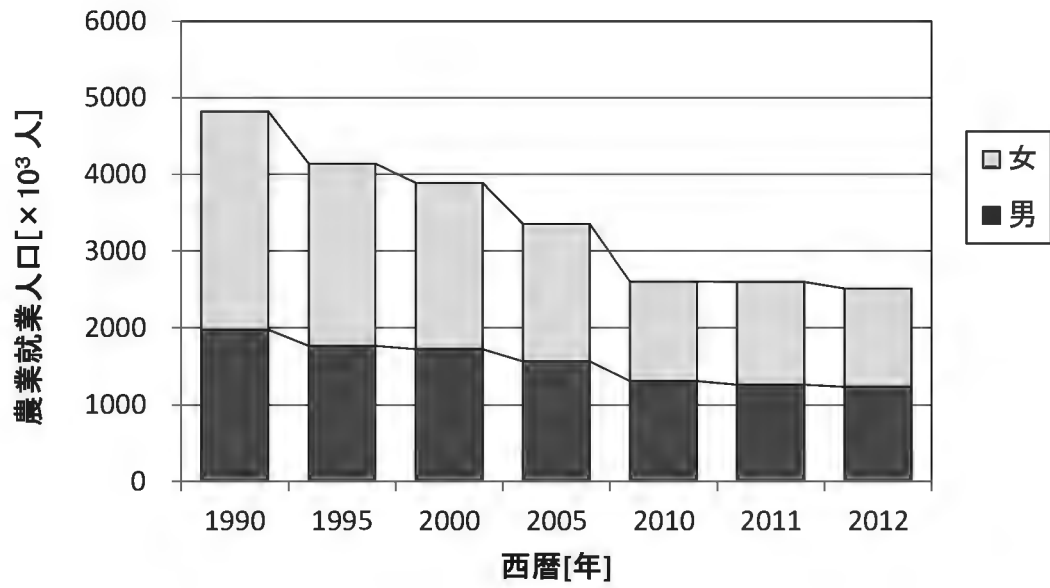


図 1 - 2 農業就業者人口の変化

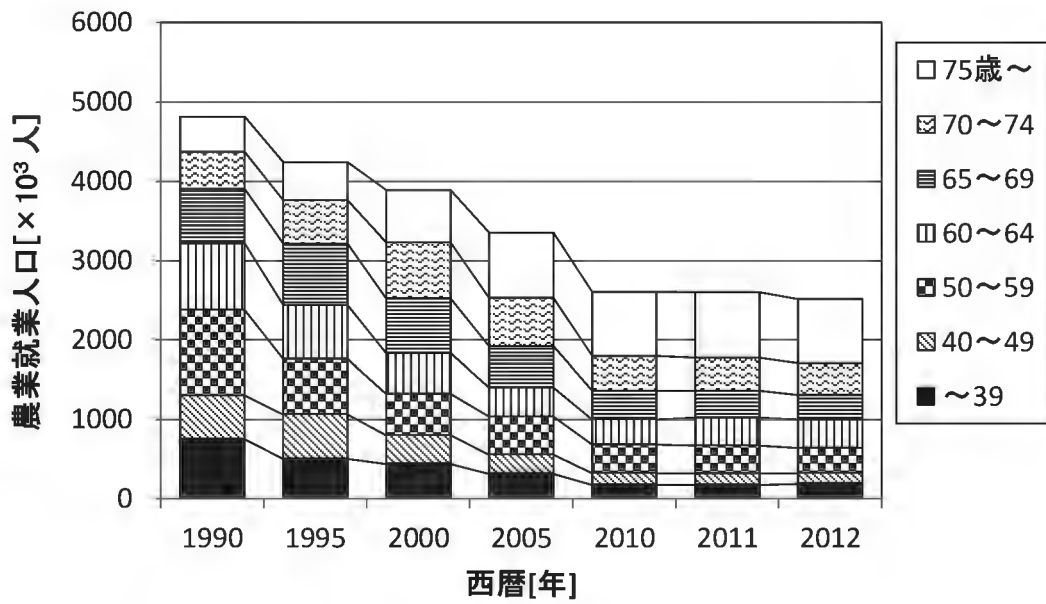


図 1 - 3 年齢別農業就業者人口の変化



## 1. 2 背景

### 1. 2. 1 日本国内での農業機械使用者の動向

我が国の2012年（平成24年）の農業就業人口は約250万人で、その半数以上を女性と高齢者が占めている（新農林社, 2013.）。また、新規就農者は年間約5.6万人といわれている。

一方、本格的な就農の前提として、農業機械の公道走行のためには小型特殊自動車免許などが必要であるが、警察庁によれば2012（平成24）年度の運転免許保有者は、原付免許を除いて約7,985万人である（警察庁, 2014.）。また、これら運転免許保有者は、女性の割合が増加しており、同年の男女比は、男1.3：女1である。

### 1. 2. 2 動力散布機について

動力散布機は、エンジンやモータによって駆動する送風機（ファン）の風の勢いで、粉状や粒状の農薬や肥料を散布する機械であり、動力散粉機や動力散粒機ともいわれている（武田ら, 1984.; 石原ら, 1996.）。この機械は、薬剤タンク、送風機、シャッタ、噴管、エンジン（原動機）、肩ベルト、背当てフレーム、クッション、噴頭などから構成される（図1-4, 1-5）。

動力散布機を使用するメリットは、面積当たりの散布量は液剤に比べて少ないので労力が少なくすむこと、水の運搬車やタンクが不要であること、薬剤調整の手間が要らないこと、高圧力が不要であるので軽合金や樹脂などで製作することができること、安価であること、安全性が高いこと、水利の悪いところでも使用が可能であること、構造が簡単で安価であることなどである。反面、デメリットは、粒形はさほど均一でないこと、風に影響されやすいこと、ベントナイトなど粘土系の増量剤を必要とするのでやや高価であること、散粉機の吐出し性能と散布噴頭がうまく一致しないと均一散布が難しいこと、粉剤の凝集性、粉体間の摩擦、密度、流動性などのため、薬剤の付着性、拡散性が劣り、散布効果が落ちることなどが挙げられる（平松, 1978.; 武田ら, 1984.）。日本では本来の農薬散布用に加えて農業機械

の清掃や広場の落葉収集用としても使用されている。また、水稻栽培の中で、防除、除草、施肥などの管理作業は、出勤前の早朝や休日などに行うことも多い。これらが背景となって、軽い機械、機械操作の熟練や複雑な点検、整備を必要としない機械が好まれるといわれている。欧米ではガーデニングやアウトドア向けとして一般家庭にも普及している。

ここで、背負形動力散布機の開発の歴史は、平松によれば、1951年（昭和26年）に、当時原動機付き自転車の小形2サイクルエンジンで人力散粉機の送風機軸をベルト駆動して背負形にし、日本からブラジルに輸出したものが最初といわれている（図1-6）（平松, 1978.）。その後、水田用の背負動力散粉機として使われ、さらに1953年（昭和28年）には送風機の駆動と同時に送液用ポンプを駆動した液剤散布用の背負ミスト機が出現した。1955年（昭和30年）には散粉機とミスト機を兼用形にした背負形の散粉、ミスト兼用機が誕生した。その後、質量軽減、散布性能向上、材質は金属から樹脂への転換などによって軽量化、耐腐食性、低コスト化などの改良が行なわれている。

2012年における日本国内での動力散布機の生産台数は4.5万台であり、防除機全体の生産台数が17.5万台であることから約25%を占めており、このうち海外に1.4万台（約3割）が輸出されている。普及台数は明確ではないが、日本国内に120万台程度普及していると推定される。乗用トラクタの生産台数が年間15.2万台で普及台数が約168万台であることから、かなりの普及率と考えられる（図1-7）（新農林社, 2013.）。

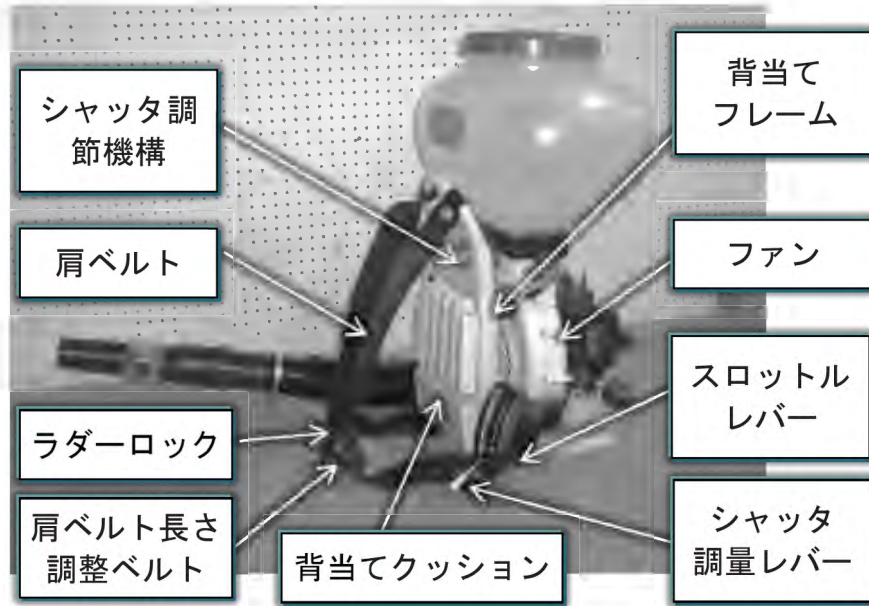


図 1 - 4 背負形動力散布機概要 (1)

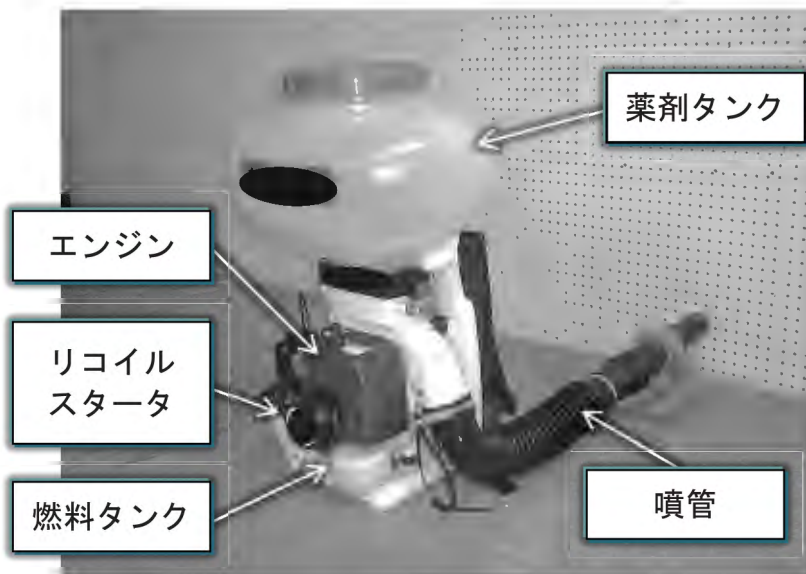


図 1 - 5 背負形動力散布機概要 (2)



図 1 - 6 昭和 20~30 年代の背負形動力散布機  
(とちぎ農機具歴史館所蔵)

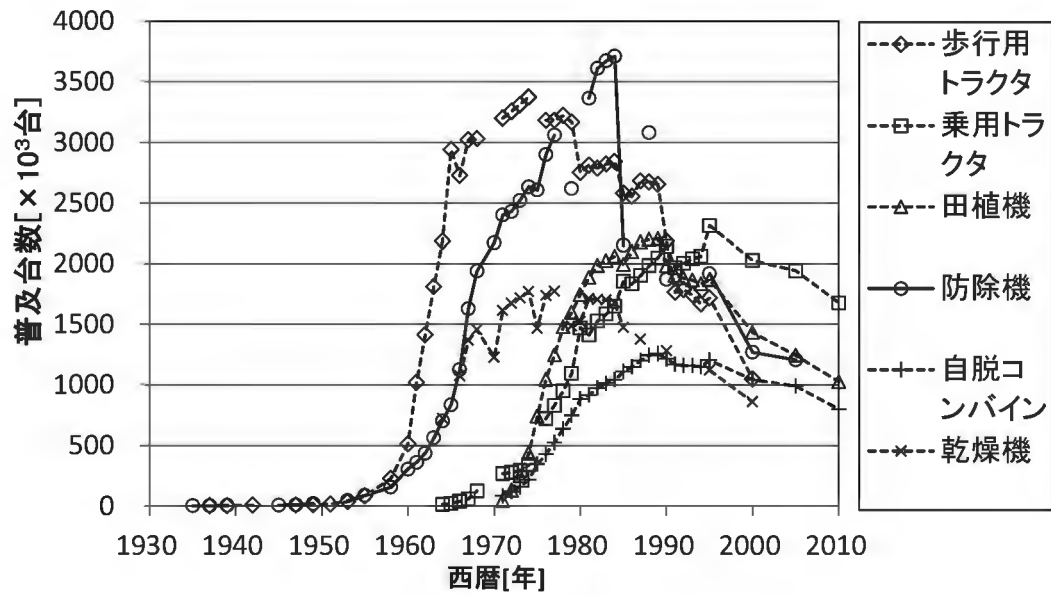


図 1 - 7 日本における農業機械の普及台数の変化

### 1. 2. 3 ユニバーサルデザイン（UD）とは

UDの定義は、「あらゆる年齢、背格好、能力の人が利用可能なように、製品、建物、空間やその構成要素の対応可能な範囲をできる限り拡張するデザイン」といわれ、1980年代後半にアメリカ合衆国ノースカロライナ州立大学のロナルド・メイスによって提唱された（ノースカロライナ州立大学, 2007.）。これについて具体的に7つの原則が提案されている（表1—1）。具体的な例として、「駅や病院の入り口へスロープや手すりを設置し、脚腰が衰えた人でも通行しやすくする。」「シャンプー容器側面や電話機の数字キー“5”へ突起を設置し、物が見えにくい状態でも触っただけで対象物が判別できるようにする。」など数多く取り組まれている。日本国内でも類似の「共用品」という言葉は従来からあり取り組まれていたが明確な定義がなかった。

表1—1 ユニバーサルデザイン（UD）の7原則

- 
1. どんな人でも公平に使えること
  2. 使う上で自由度が高いこと
  3. 使い方が簡単で、すぐに分かること
  4. 必要な情報がすぐに分かること
  5. うっかりミスが危険につながらないこと
  6. 身体への負担が少ないこと（弱い力でも使えること）
  7. 接近や利用するための十分な大きさと空間を確保すること
- 

### 1. 2. 4 日常生活用品におけるUDの背景

日常生活用品におけるUDの普及は、①日本国民の年齢構成が急速に高齢化し、シニア向け商品市場が拡大していること、②商品が多機能化、高度化する中、性能第一から安全、快適、環境重視など消費者の要求が多様化してきていること、③核

家族化によって高齢者の生活自立が社会的に必要なになってきたこと、④男女共同参画社会の推進により、これまで男社会であった分野にも女性が進出するようになったこと、⑤体格寸法の基礎データや規格、法令が整備され、設計者が利用しやすくなってきたことなどが背景となっているといわれている。これにより、各企業が積極的に取り組み UD ブームとなっている（日本人間工学会, 2003.）。

さらに、設計時の配慮点に関する ISO や JIS 規格が作成されたため改良が促進され、2007 年の日本国内 UD 商品市場規模は 3 兆円になっている（日本人間工学会, 2003.）。同時に、高齢化が進んでいる日本が、この分野の ISO や JIS 規格を主導して提案を行っている。

#### 1. 2. 5 UD商品開発のメリット

UD 商品を開発した企業にとって、①商品価値が向上すること、②クレーム解消・顧客満足度が向上すること、③使用を断念していた人も使用できるため市場が拡大すること、④温水洗浄便座のように新規の商品を創出すること、⑤仕様数の削減、設計変更の減少による企業全体のコストダウンできること、⑥企業の社会的貢献、イメージアップできることなどといったメリットがあるといわれている（日本人間工学会, 2003.）。

#### 1. 2. 6 農業機械にUDを適用する意義

一般的に、産業機械は、運転免許または技能講習資格などを取得した知識や技能を持った者のみが使用し、機械も定期点検の義務がある。

しかし、農業機械は産業用機械の一つであるが、①使用者の性別や年齢層が幅広いこと、②公道走行以外は運転免許または技能講習資格などが不要であること、③長年使用すること、④家族や法人内で共同使用することがあること、⑤使用する期間が作業シーズンに偏ることがあること、⑥高齢者などの事故が多発していること、⑦ホームセンターやネットショッピングなどで一般の者も手軽に購入できるよう

になり、使用者が多様になってきたこと、⑧農業機械は不整地など過酷な環境で大型の機械を取り扱うことも多いことなど、他の産業機械にない使用実態となっている（表1-2）（菊池ら, 2006.）。

以上のように、使用者の知識や技能、身体能力や使用環境特定するか難しいところであるが、UDの原則を考慮して、さらに使いやすい機械を開発することが必要である。

本研究により、普及台数が多く取扱性向上の改良が遅れている背負形農業機械について、改良ポイントを明らかにすることは、波及効果大きい。これにより、農作業に不慣れな者に対しても身体負担が少なく、安全で簡単に使用できるUDな作業化体系が構築され、担い手の確保が容易になるなどの効果が期待される。さらに、設計データや改良手法などは、運搬器具など農業分野以外にも適用可能で、技術の発展に大きく貢献するものであり、研究に取り組む意義は大きい。

表 1—2 各種機械の使用範囲

	農業機械	建設機械	自動車	家庭用電機製品
使用年齢	16～80 歳代	18～60 歳代	18～80 歳代	1～90 歳代～
運転資格	不要（公道走行時のみ必要）	必要	必要	不要
使用期間	数～20 年	数～15 年	数～10 年	数～10 年
使用範囲	家族で共用，法人内で共用	資格者のみ	資格者のみ，家族で共用	家族で共用
使用頻度	農繁期のみ～毎日	時々～毎日	時々～毎日	時々～毎日
その他	女性や高齢者就業者過半数，事故が多い，一人で複数使用することもある	60 歳以下の男性就業者が多い，リース契約などで使用者が交代することがある，事故が多い	事故が多い	



### 1. 3 既往の研究

背負形の農具、民具については、河原は、背負子の背当てと使用者体格との関係性を分析したが、詳細な指標特定には至っていない（河原, 1999.）。

農業機械分野では、背負形機械の研究について、Ghugare らは、農薬噴霧器使用時の身体負担を分析し、不適切なパッドのためレバー操作する左肩付近に強い違和感が生じていることを明らかにしている（Ghugare ら, 1991.）。横山らは、掃除用エンジンブロワについて機体重心を体に近づけ、背中にかかる圧力を低減し負担軽減しているが、女性などの体格差に配慮した検討は行われていない（横山ら, 2009.）。

動力散布機に関する人間工学的研究は、三浦らや石原が動力散布機による農薬散布時の粉塵濃度を測定したり、背当てを通じて人体へ伝播する振動について分析したりしている（三浦ら, 1981.; 石原, 1960.）。作業性能については、川村, 増田らによって送風特性（川村ら, 1968.; 増田ら, 1972.; 増田ら, 1975.）が、今井らによって散布性能が解明されている（今井ら, 1955.; 今井ら, 1956.; 今井ら, 1959.）。

なお、エンジン式携帯形刈払機について、筆者らによって、質量増加を最小限にして取扱性を損なうことなく、国内最低レベルまでハンドル振動と騒音低減機構を組み込んだ低振動・低騒音形刈払機を開発し、商品化された。また、筆者らによって、前述の乗用トラクタのUD化技術の研究で、性別・年代による体格差への対応手法、身体負担の評価法などが明らかにされ、乗用トラクタ、田植機、コンバインなどが改良された（菊池ら, 2003.; 菊池ら, 2004.; 菊池ら, 2005.; 菊池ら, 2006.; 菊池ら, 2007a.; 菊池ら, 2007b.）。これらの知見を活かし、筆者らによって労働負担や作業姿勢評価などの ISO が策定されている（ISO11228-1:2003.）。具体的な人間工学的な改善を促進するツールも ILO 国際プロジェクトで開発されている（菊池ら, 2011.）。

背負形農業機械について、身体負担軽減と操作性向上を両立させる研究や、女性、高齢者を含む使用者の体格や、身体能力、感覚能力、認知能力などの範囲に対応する技術的要件を総合的に明らかにする研究は、本研究のみである。

## 1. 4 本論文の目的と構成

以上の背景から本研究では、普及台数が多く、取扱性向上の改良が遅れている背負形動力散布機を供試して、UD視点から現実的な手法で背負形農業機械の取扱性を向上させることを目的とする。本論文は、背負形動力散布機を供試して、UDを考慮した取扱性向上技術の確立をねらいとする試験研究をまとめたものである。

本論文は、以下の5章から構成される（図1-8）。

第1章は、本章であり、本研究の背景として、就業人口の動向、動力散布機の発達とUDの動向および、本研究に至るまでの既往研究について述べ、本研究の目的と各章の概要について示す。第2章では、市販機のユーザビリティ評価などから、現状で改良すべき範囲について述べた。第3章では、使用者の感覚機能の中で視覚に配慮して見やすい表示類および、認知・判断機能に配慮して操作方法の分かりやすい提示方法について述べた。第4章では、使用者の身体機能に配慮してシャッタ調節、重心移動、肩ベルト調節の改良および、体格範囲に配慮して機械を設計できるように体格モデルを作成し、指標となる寸法データについて述べた。最後の第5章では、本研究により得られた成果を総括した。

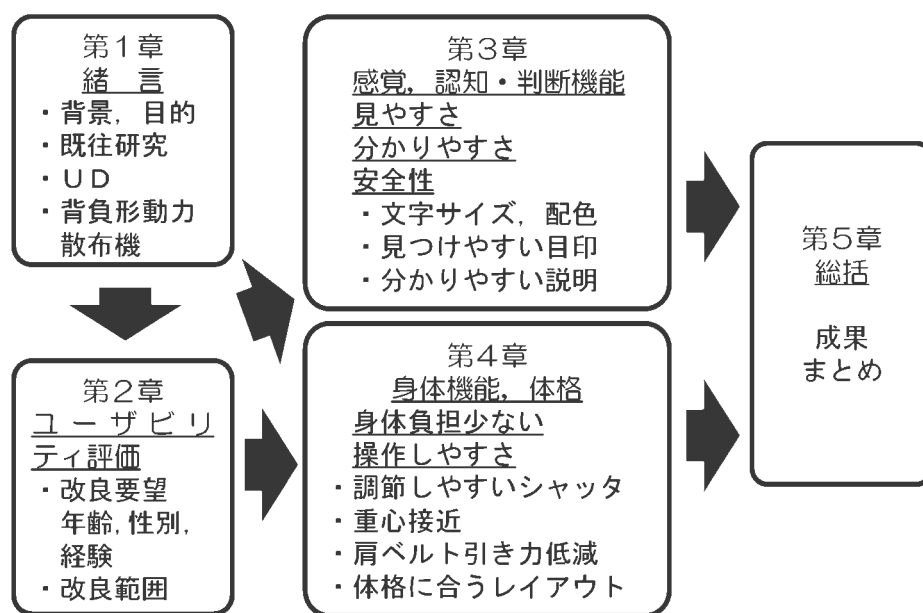


図1-8 論文構成と研究フロー

## 第2章

### 市販機のユーザビリティ評価

## 第2章 市販機のユーザビリティ評価

### 2. 1 はじめに

UD視点からの取扱性向上が期待されるものの、UDの定義や7原則は抽象的であり、具現化する設計作業には困難が伴う。また、経済性や環境性、安全性、商品性など制約がある中で改良されてきた商品に対し、これまでより多様な心身諸機能の者や使用環境などに対応して改良することは、容易なことではない。多様な心身諸機能の者や使用環境に対応したために、どっちつかずになるおそれもある。また、熟練者も日常から取扱性を意識しながら機械を使用することはまれである。初心者はさらに問題点を認識しにくいと考えられる。

そのために、いきなり改良にとりかかる前に、操作手順毎に操作具などの感触を確かめながら操作してもらうことで、通常使用者が認識していない潜在的なニーズや問題点を抽出し整理する必要がある。

そこで、本章では、背負形動力散布機の市販機4台を供試して、20～60歳代の男女で経験や体格の幅広い範囲の被験者に、「エンジン始動」、「薬剤散布」、「エンジン停止」、「シャッタ調節」の模擬操作を操作手順毎に感触を確かめながら取扱性を調査するとともに、改良すべき範囲を検討した結果を述べる。

### 2. 2 方法

#### 1) 取扱性調査

背負形動力散布機の市販機4台を供試して、「エンジン始動」、「散布」、「エンジン停止」、「シャッタ調節」の模擬操作を、16名の被験者に行ってもらい、操作手順毎に取扱性を調査した。

供試機は、小型から中型クラス4台であった（表2-1、図2-1～2-4）。なお、被験者の安全性配慮や質量のみによる意見の片寄りをなくすために、全ての供試機について薬剤タンクへ薬剤を入れて機体全体の質量を20kgに調整した状態

で調査を実施した。

被験者は、関節などに障害の無い20～60歳代の男女16名にお願いした。被験者には、防塵マスク、手袋、作業服を着用してもらった(表2-2)。

模擬操作は、軽トラックの荷台に機械を載せてエンジン始動や機械を背負って散布作業する場面を想定した。供試機の取扱説明書を参考にして所定の手順で行ってもらった(表2-3)。手順毎に各操作具の感触や改良要望などを聞き取り調査した。軽トラックの荷台と同等な高さ65cmの作業台に載せて実施した。なお、模擬動作の前に、全機種 of 操作方法を、被験者へ説明してから実施した。実験時の風景を図2-5～2-8に示す。

## 2) 改良研究の方向性、改良範囲の検討

取扱性調査結果を分析し、改良すべき範囲を検討した。

表2-1 供試機諸元

供試機	A	B	C	D
長さ [mm]	430	390	420	410
幅 [mm]	535	430	540	470
高さ [mm]	705	600	600	710
薬剤タンク [l]	15	13	13	23
乾燥質量 [kg]	10.3	8.1	8.3	8.8
装備質量 [kg]	26.8	21.6	22.1	32.4
吐出量粒剤 [kg/min]	18	10	1(1kg 剤)	18
吐出量粉剤 [kg/min]	5	3	3	5
機関排気量 [cm <sup>3</sup> ]	48.6	30.8	35.1	35.1

注 \*1:諸元はカタログ値。

\*2:装備質量は、オイル混合燃料の密度0.75[g/cm<sup>3</sup>], 肥料かさ密度1.0[g/cm<sup>3</sup>]として計算。

表 2 - 2 実験条件

---

1.被験者(16名)

- 1)年齢 平均  $49.3 \pm 13.3$  標準偏差[歳] [20~62[歳]],  
60歳未満 12[名], 60歳以上 4[名]
- 2)性別 男 10[名], 女 6[名]
- 3)体格 身長  $163.6 \pm 6.2$ [cm], 体重  $65.1 \pm 11.9$ [kg]  
身長 165cm 未満 10[名], 165cm 以上 6[名]  
体重 70kg 未満 10 [名], 70kg 以上 6[名]  
BMI 25 未満 10 [名], 25 以上 6[名]
- 4)健康状態 関節などに障害の無い者
- 5)経験 類似機械使用経験 有 9[名], 無 7[名]
- 6)服装 作業服, 防塵マスク, ゴム手袋, 保護メガネ着用
- 

2.供試機

- 1)質量 20[kg] (全て同じ質量に調整)
- 

3.作業台

- 1)外形 長さ 600[mm]×幅 390 [mm]×高さ 650[mm]
- 

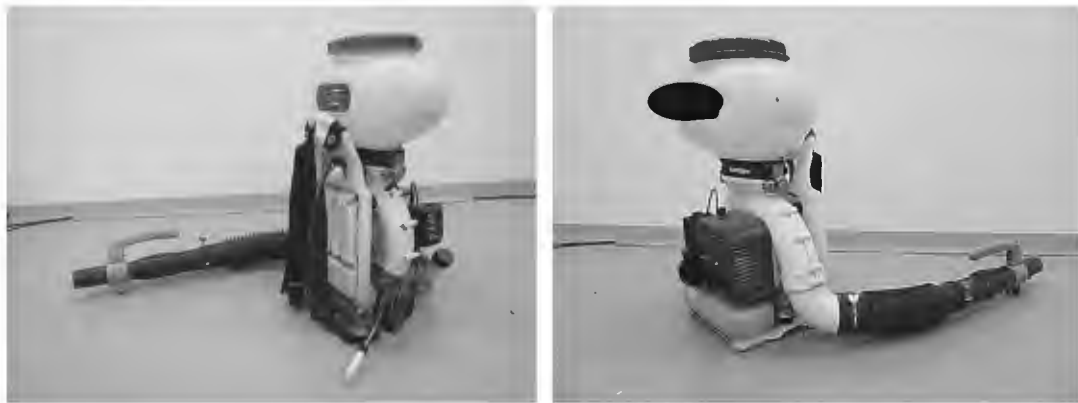


図 2 - 1 供試機 (A)

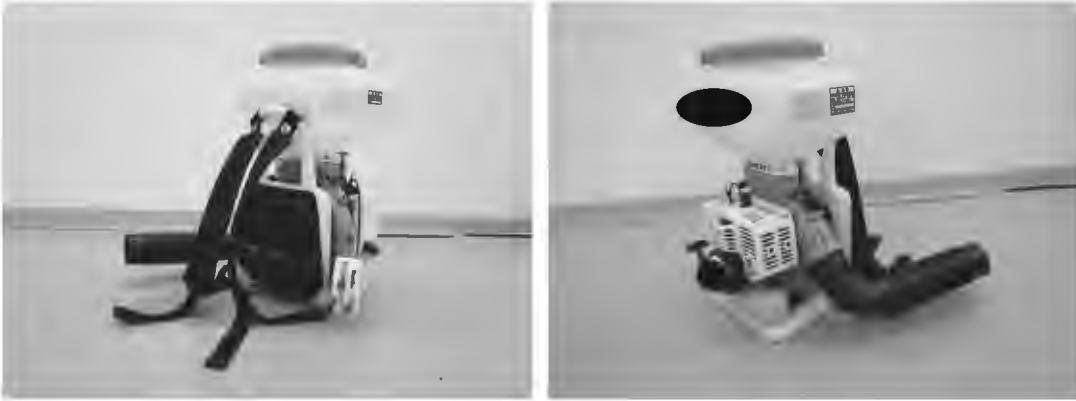


図 2 - 2 供試機 (B)

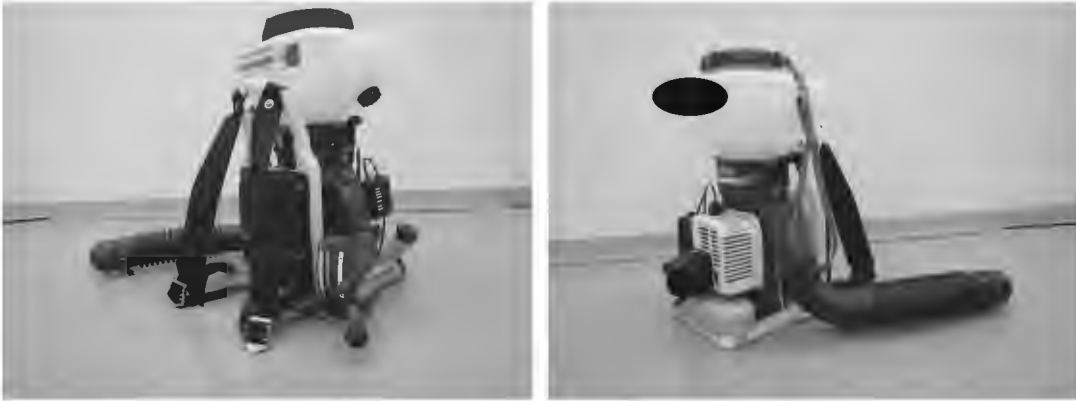


図 2 - 3 供試機 (C)



図 2 - 4 供試機 (D)

表 2-3 模擬操作手順

手順	エンジン始動	散布	エンジン停止	シャッタ調節
①	シャッタ調量レバーを「閉」位置にする	機械を背負う	シャッタ調量レバーを「閉」位置にする	シャッタ調量レバーを「閉」位置にする
②	薬剤を投入する	スロットルレバー、シャッタ調量レバー散布量を調節する	スロットルレバーを停止位置へ下げる (エンジンストップスイッチを押す)	ストッパを外し、連結棒などの金具を入れ替える(機種によって入れ替え方法が異なる)
③	燃料を確認する	噴頭を持って散布する		
④	スロットルレバーを2～3にする			
⑤	プライマリポンプを数回押す			
⑥	チョークを閉じる			
⑦	リコイルスタータを引く (エンジンがかかる)			
⑧	チョークを徐々に開く			





図 2 - 5 実験風景  
(燃料確認)



図 2 - 6 実験風景  
(背負う前にバンド長さ調整)



図 2 - 7 実験風景  
(散布)



図 2 - 8 実験風景  
(背負い始め)

## 2. 3 結果と考察

### 1) 取扱性調査

#### (1) 被験者全体の傾向

「エンジン始動」について、改良要望の多いものは、「リコイルスタータの引き操作に力がある (30 件)」、「オイルの混合比が分からない (12 件)」、「字が見にくい (12 件)」であった (図 2-9)。

「散布」について、「機械が重い (26 件)」、「後ろに倒れそう (12 件)」、「肩ベルトに腕を通しにくい (15 件)」、「レバー操作しにくい位置にある (14 件)」といった改良要望が多かった (図 2-17)。「重い」、「後ろに倒れそう」については、今回供試機全ての質量を 20kg に調整していたためと考えられた。なお、I S01228-1

(I S01228-1:2003.) での荷物取扱の上限が 25kg であるが、供試機の薬剤タンクへ資材を満量投入すると質量が 25kg 超えるものがあることから、実際の作業では肉体的負担がかなり大きいと考えられた (図 4-10)。「肩ベルトに腕を通しにくい」については、被験者は機械に対して背中を向けて接近し肩ベルトへ腕を通そうとするものの、肩ベルトが下に垂れて背当てクッションとの間に腕を通すスペースがないためと考えられた。「レバー操作しにくい位置にある」については、シャッタ調量レバーやスロットルレバーを操作するとき、肘を後ろや横方向に著しく突き出す動作が観察され、詳細な検証が必要と考えられた。

「エンジン停止」について、特段の改良要望はなかった (図 2-17)。これは、操作がごく短時間で、操作時の違和感や不具合などを認識しづらいためと考えられた。

「シャッタ調節」について、供試機毎に大きく機構が異なるので、問題点が明確ではないが、「金具扱いにくい (50 件)」、「表示が見づらい (17 件)」といった改良要望が多かった (図 2-17)。これについて、第 4 章で詳しく述べるが、狭いスペースで細かい操作する必要があるためと考えられた。

## (2) 経験の有無，性別による傾向

「エンジン始動」について、「リコイルスタータの引き操作に力がいる（経験有 9 件，無 21 件）」、「（シャッタ，チョークなどの）レバーが分からない（有 1 件，無 7 件）」は，経験無の者の方がやや多かった。「シャッタレバーが分からない（3 件）」、「スロットルレバー操作に力が要る（3 件）」、「チョークレバーの調節位置が分からない（2 件）」は，経験無の者のみからの意見であった（図 2-10）。逆に「薬剤を入れにくい，こぼれる（4 件）」、「レバー操作しにくい位置にある（2 件）」、「リコイルスタータを引く時に機械を押さえる所が分からない（2 件）」は，経験有の者のみからの意見であった（図 2-10）。

経験無の者からの意見については，予備知識がないためにレバーを見つけられないことや，スロットルレバーが振動でずれないように突起が付いていることを認識しておらず強引に操作しようとしたためと考えられた。経験有の者からの意見については，メーカー毎に操作方法が異なるなど予備知識があっても分かりにくい部位があると考えられた。

「散布作業」について、「機械が重い（有 12 件，無 14 件）」、「肩ベルトに腕を通しにくい（有 2 件，無 13 件）」、「後ろに倒れそう（有 2 件，無 10 件）」、「レバー操作しにくい位置にある（有 6 件，無 8 件）」といった改良要望が多かった（図 2-18）。これらより，機体の重さについては，前述したように経験によらず共通的に身体負担が大きいと感じていると考えられた。レバー操作位置については詳細な検討が必要と考えられた。

「シャッタ調節」について，供試機毎に機構が異なるので，問題点が明確ではないが，「金具扱いにくい（有 24 件，無 26 件）」、「説明文，表示が見つらい（有 11 件，無 6 件）」、「スペース狭い（有 1 件，無 8 件）」といった改良要望が多かった（図 2-18）。これらについて，巧緻性が必要な操作であり，今後も詳細な検討が必要と考えられた。

性別については，経験有の者がほとんど男性であるために，経験の有無と同様な

傾向であった（図 2-11, 2-18）。

### (3) 年齢層, 体格による傾向

「エンジン始動」について, 60 歳以上の者が 4 名と少ないことや全て経験有で男性であることから年齢層による差異は明確ではないが, 人数割合以上に 60 歳未満の方が多く要望が寄せられた（図 2-13）。体格については, 身長 165cm 未満 体重 70kg 未満, BMI25 未満といった比較的小柄な者の要望が多かった（図 2-14, 図 2-15, 図 2-16）。これらについて, 小柄な者は, 筋力が小さいためと考えられた。なお, BMI (Body Mass Index) とは, ボディマス指数ともいわれている。体重と身長の関係から算出され, ヒトの肥満度を表す体格指数の一つである（首都大学東京体力標準値研究会編, 2007.）。

「散布」と「シャッタ調節」について, 「エンジン始動」と同様に, 年齢については, 人数割合以上に 60 歳未満の方が多く要望が寄せられた（図 2-19）。体格については, 身長 165cm 未満 体重 70kg 未満, BMI25 未満といった比較的小柄な者の要望が多かった（図 2-22, 図 2-23, 図 2-24）。

### (4) 供試機による傾向

「エンジン始動」について, 「リコイルスタータの引き操作に力がある (A 機 12 件, B 機 8 件, C 機 8 件, D 機 2 件)」に対し, 操作力はそれぞれ A 機 132N, B 機 56N, C 機 84N, D 機 57N であり, 要望数と操作力の大きさとおおよそ比例していた。「(シャッタ, チョークなどの) レバーが分からない (A 機 2 件, B 機 2 件, C 機 3 件, D 機 2 件)」、「オイルの混合比が分からない (A 機 1 件, B 機 11 件, C 機 0 件, D 機 0 件)」は, 表示がなかったり, 対象の操作具から離れた位置に表示されていたり, 機体の陰になっている表示について要望が多かった（図 2-12）。

「散布作業」について, 「機械が重い (A 機 8 件, B 機 6 件, C 機 5 件, D 機 7 件)」、「後ろに倒れそう (A 機 2 件, B 機 5 件, C 機 4 件, D 機 1 件)」、「肩ベルト

に腕を通しにくい (A 機 4 件, B 機 5 件, C 機 3 件, D 機 3 件)」、 「レバー操作しにくい位置にある (A 機 4 件, B 機 3 件, C 機 3 件, D 機 4 件)」については、 前述したように、機種に共通して同程度身体の負担感や操作の違和感を感じており (図 2-20)、 詳細な分析が必要と考えられた。

「シャッタ調節」について、「金具扱いにくい (A 機 14 件, B 機 9 件, C 機 8 件, D 機 19 件)」と、 供試機毎に機構が異なるので、問題点が明確ではないが、巧緻性が必要な操作であり、 詳細な分析が必要と考えられた。「説明文、表示が見つらい (A 機 5 件, B 機 7 件, C 機 1 件, D 機 4 件)」については、表示が機体の陰になっている機種について要望が多かった (図 2-20)。

#### (5) 模擬操作の観察、感想など聞き取り結果

聞き取り調査では、「一度、操作を覚えれば、操作できる」という意見の反面、 事前に操作手順を説明しても操作を飛ばしたり、レバーを見つけられないことがあった。 操作説明時に「スロットル」を「アクセル」のように用語を言い換えないと被験者に通じないこともあった。

また、「この手の機械はこんなもの」、「実際にはエンジンをかけられないかもしれない」という意見もあった。チョークレバーを知っているものの、いつ、「開」、 「閉」どちらにするか迷うといった意見も多くよせられた。

右手でリコイルスタータを引く時に、機械を押さえるためにエアクリーナやエンジンカバーを左手でつかむことがあった。高温部接触による火傷やプラグコード接触による感電が危惧された。背負った状態ではレバーや表示が見えないとの意見があった。左利きなので、レバーや噴管が左右反対にならないかとの意見もあった。背負う場面では、「片側の肩で担いでから、もう片方の腕を肩ベルトに通す」、「両腕を後ろに回して、同時に両肩ベルトへ通しながら背負う」といった2通りの方法で行っていた。この時に、後から通す腕を肩ベルトに通しにくそうにしていることが多くあった。また、地面に置いた状態から背負う場合では後ろによろける場面も

見受けられた。肩ベルトの長さ調整は、背負ったままでは困難であるため、台に機械を置いた状態で行っていた。長さ調整が不十分なまま背負い、機械が後傾していることもあった。

また、使用経験者から騒音が大きいとの意見があり、耳元騒音を測定すると100dB 近いレベルであった。これについて、現段階では、対策が難しく別途改良研究の必要があった。

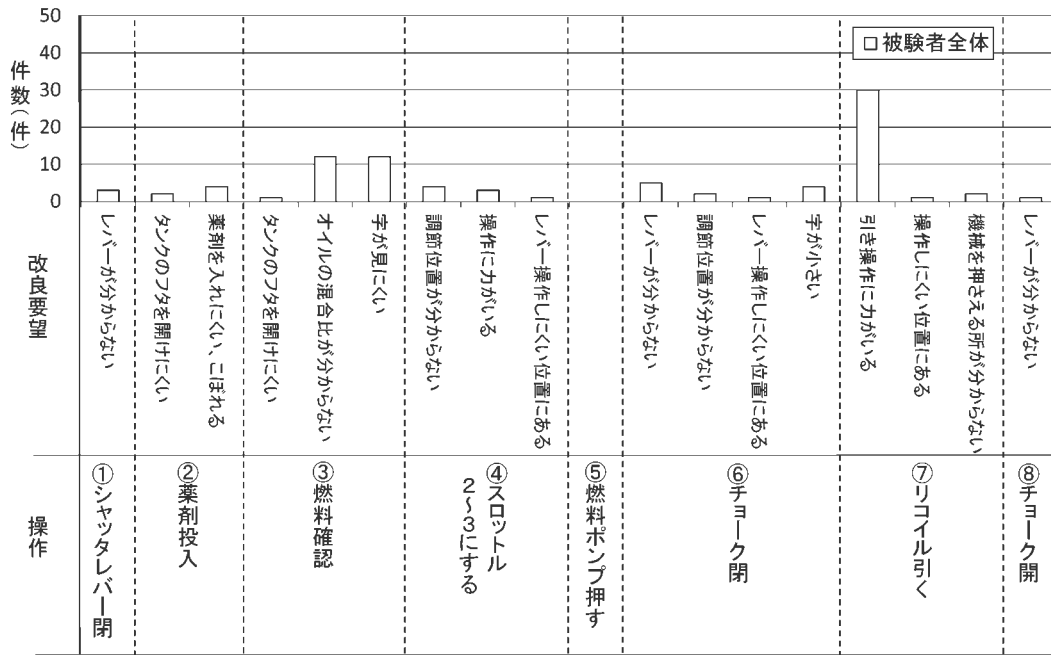


図 2-9 操作手順ごとの改良要望 (エンジン始動, 被験者全体)

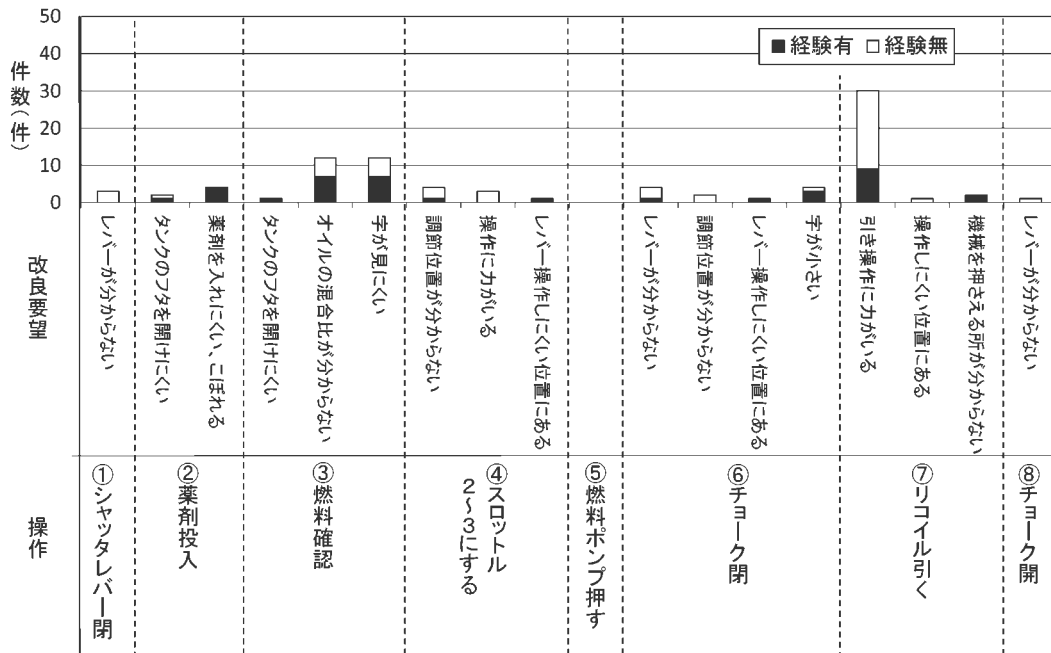


図 2-10 操作手順ごとの改良要望 (エンジン始動, 経験層毎)

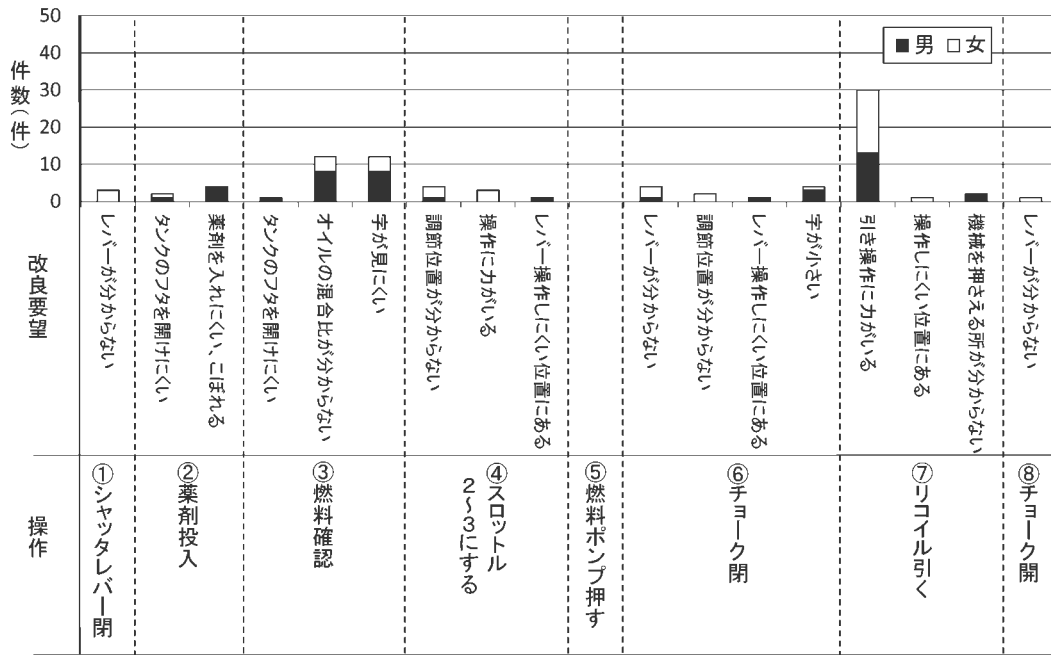


図 2-11 操作手順ごとの改良要望（エンジン始動，性別毎）

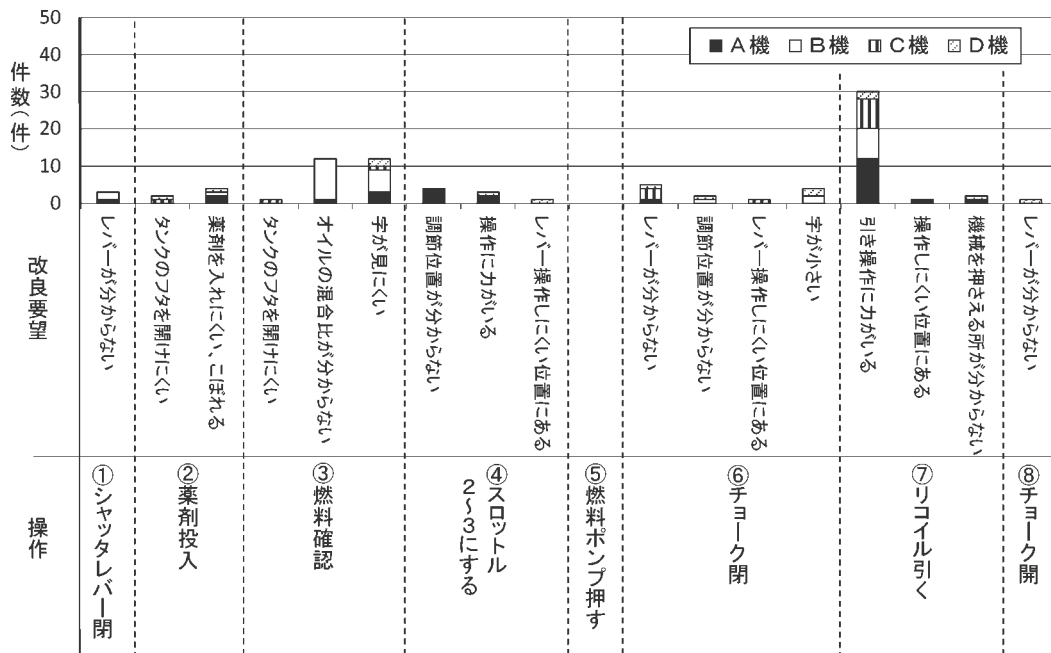


図 2-12 操作手順ごとの改良要望（エンジン始動，機種毎）



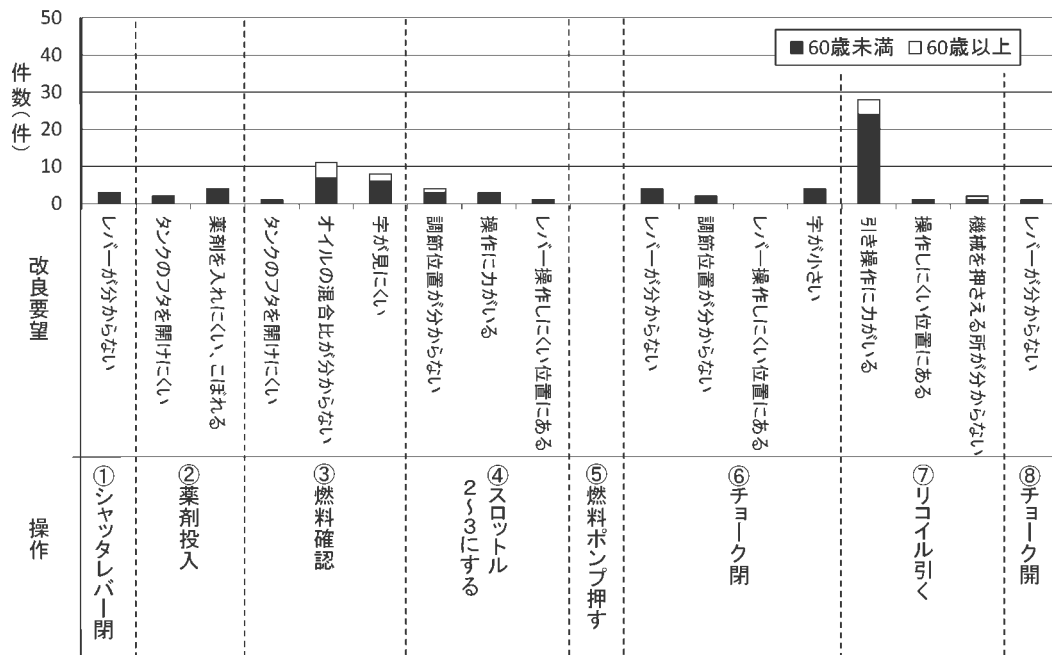


図 2-13 操作手順ごとの改良要望（エンジン始動，年齢層毎）

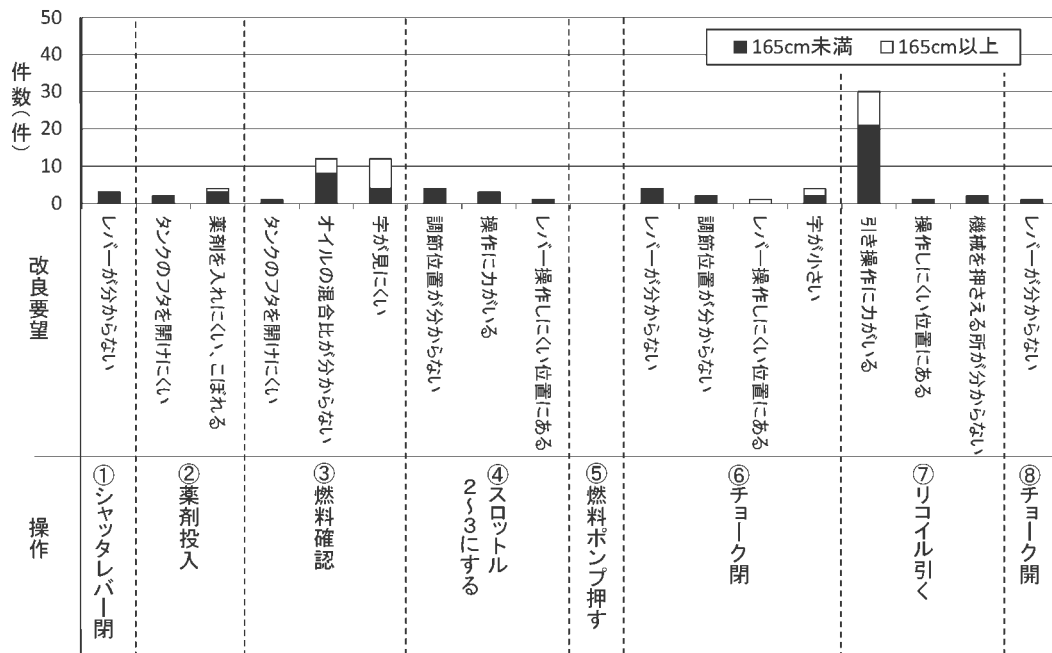


図 2-14 操作手順ごとの改良要望（エンジン始動，身長層毎）

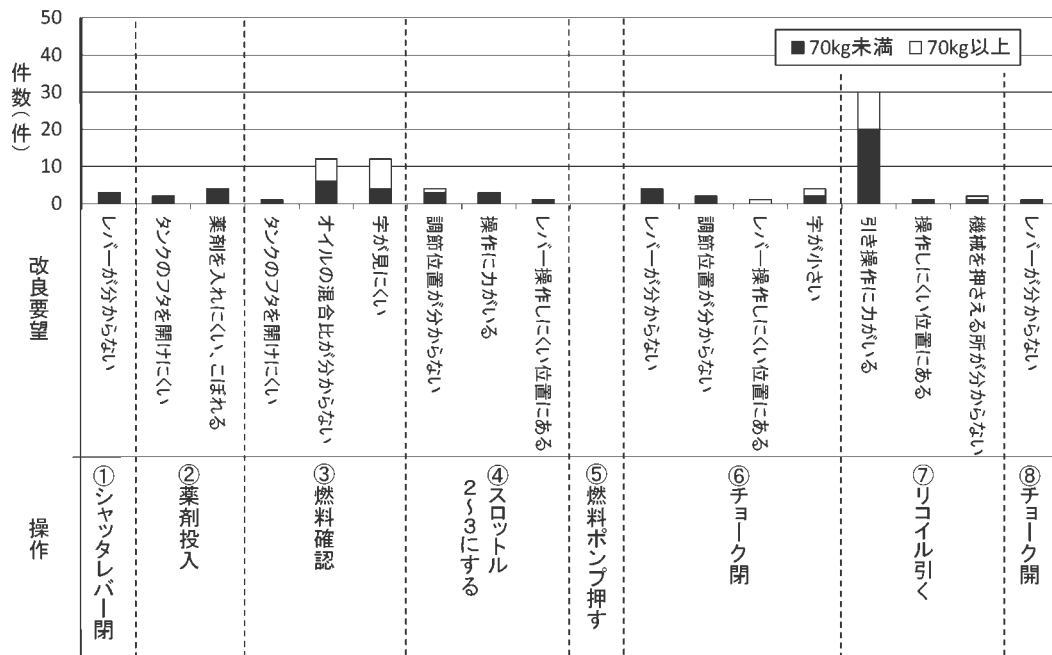


図 2-15 操作手順ごとの改良要望（エンジン始動，体重層毎）

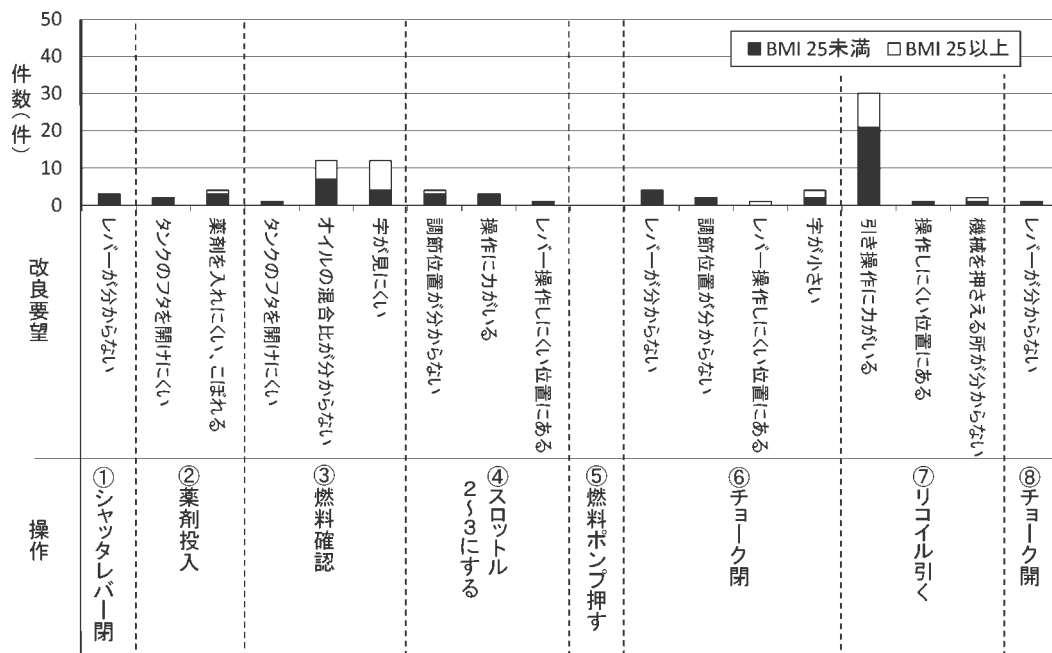


図 2-16 操作手順ごとの改良要望（エンジン始動，BMI 層毎）

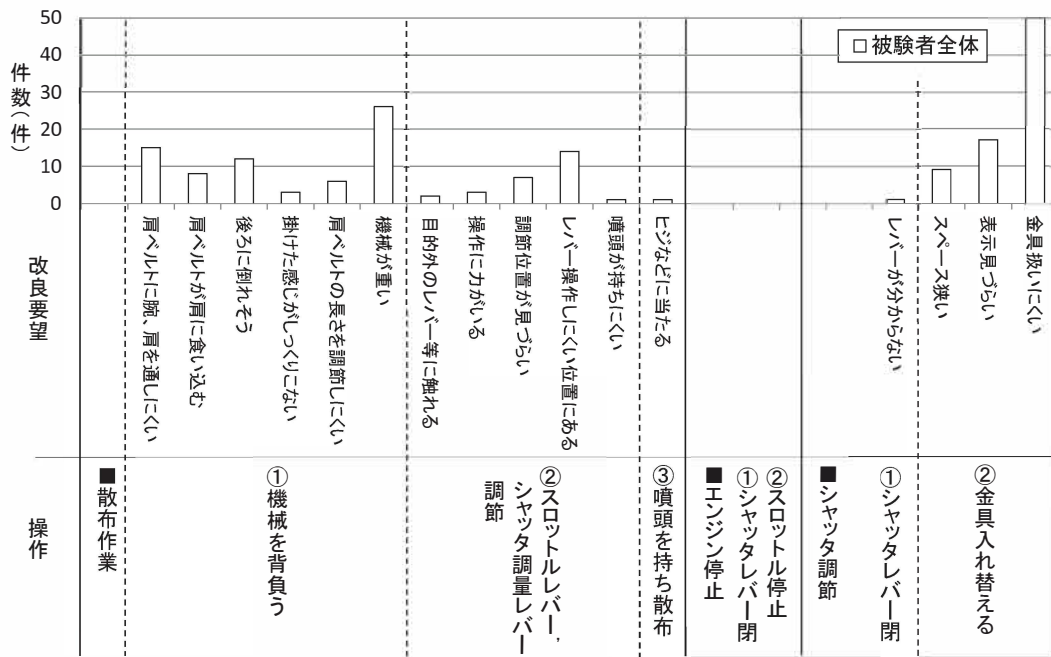


図2-17 操作手順ごとの改良要望  
(散布, エンジン停止, シャッタ調節, 被験者全体)

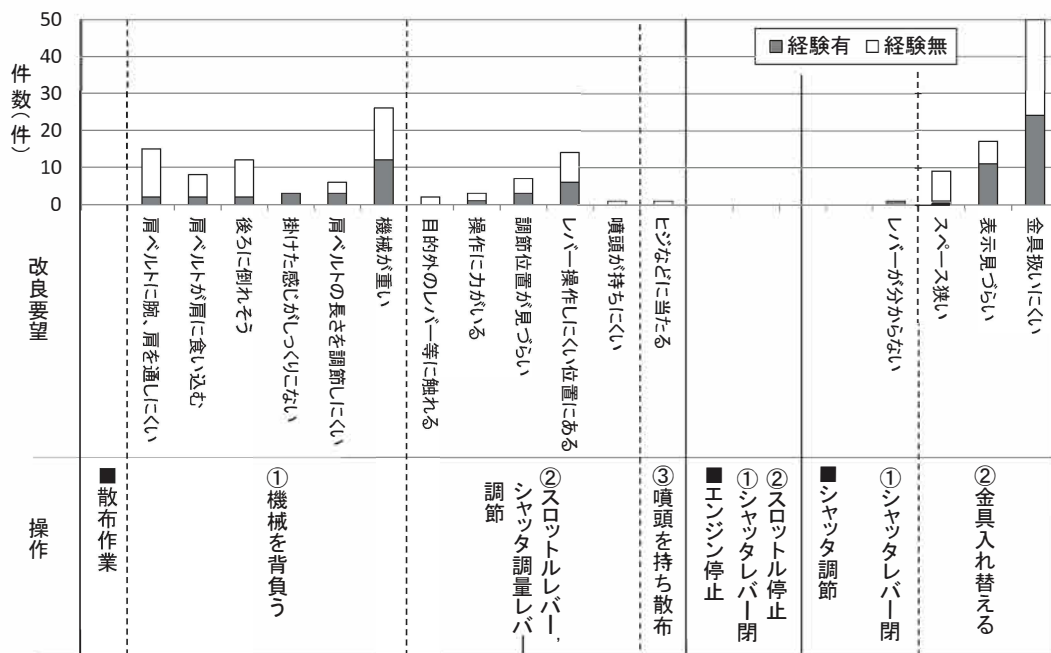


図2-18 操作手順ごとの改良要望  
(散布, エンジン停止, シャッタ調節, 経験層毎)

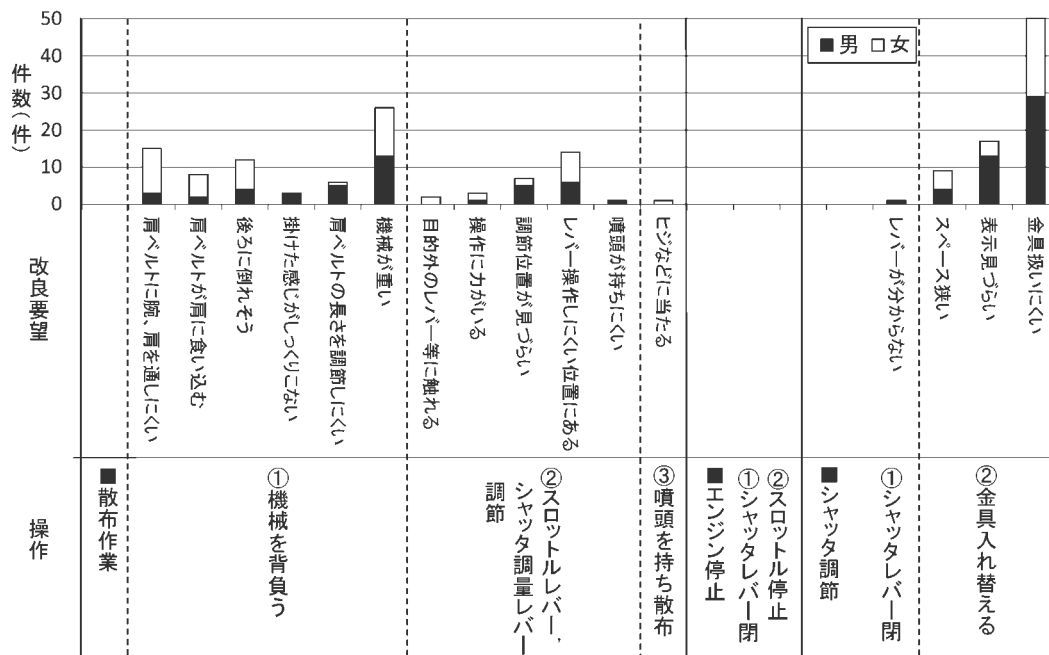


図2-19 操作手順ごとの改良要望  
(散布, エンジン停止, シャッタ調節, 性別毎)

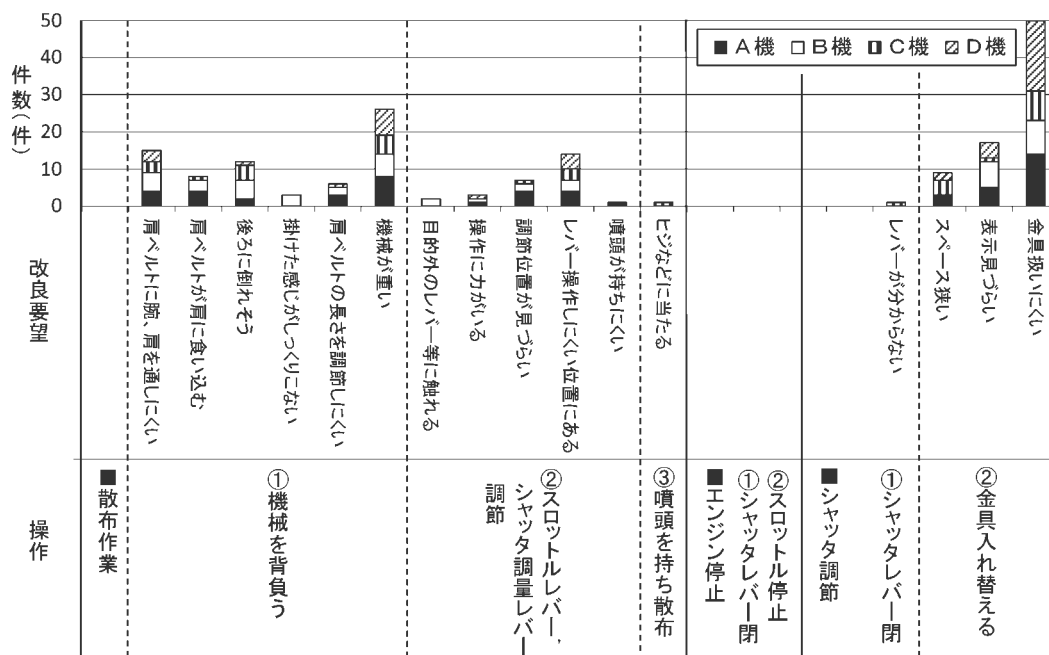


図2-20 操作手順ごとの改良要望  
(散布, エンジン停止, シャッタ調節, 機種毎)

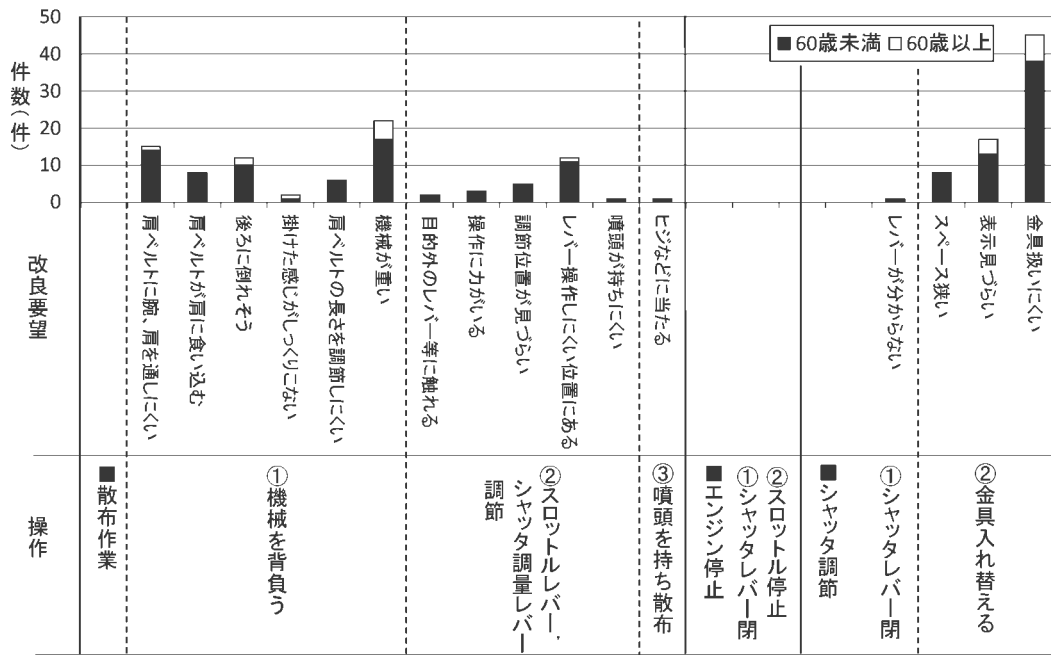


図2-21 操作手順ごとの改良要望  
(散布, エンジン停止, シャッタ調節, 年齢層毎)

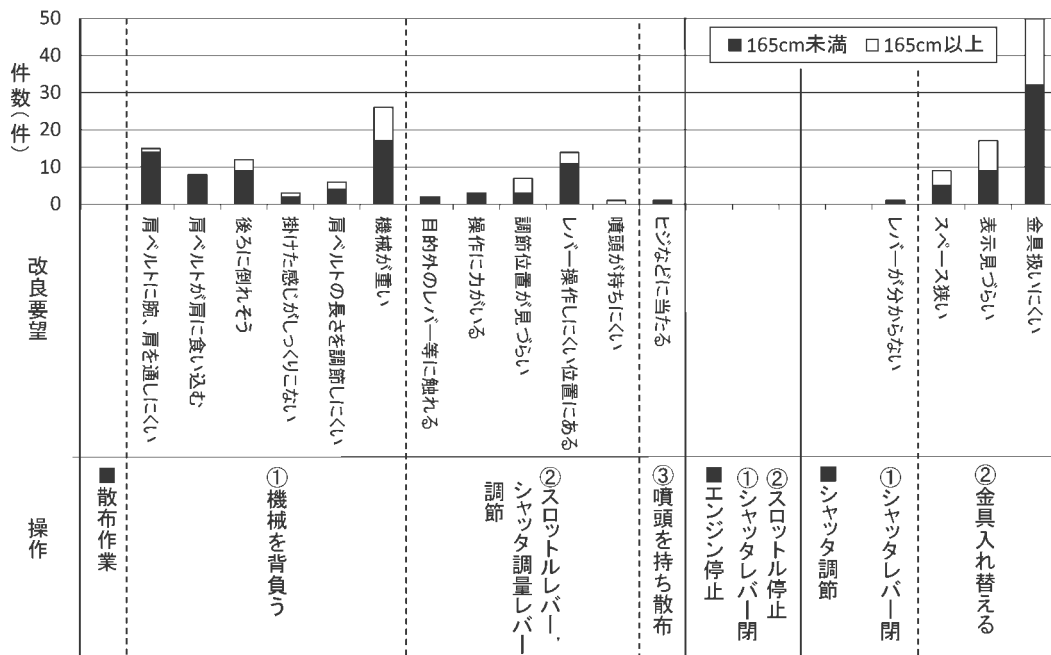


図2-22 操作手順ごとの改良要望  
(散布, エンジン停止, シャッタ調節, 身長層毎)

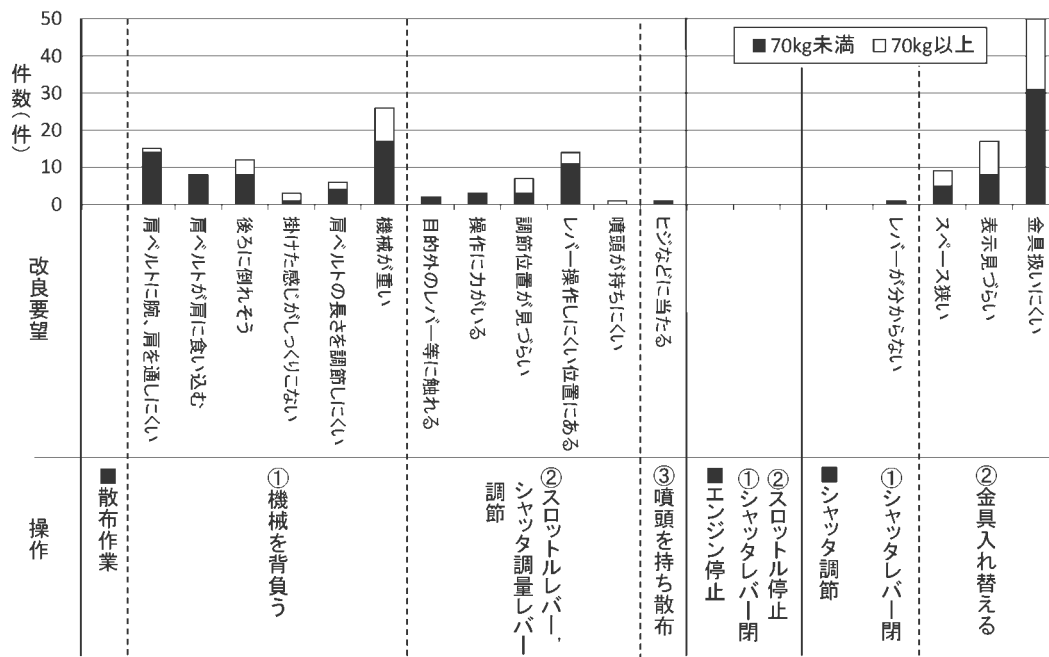


図2-23 操作手順ごとの改良要望  
(散布, エンジン停止, シャッタ調節, 体重層毎)

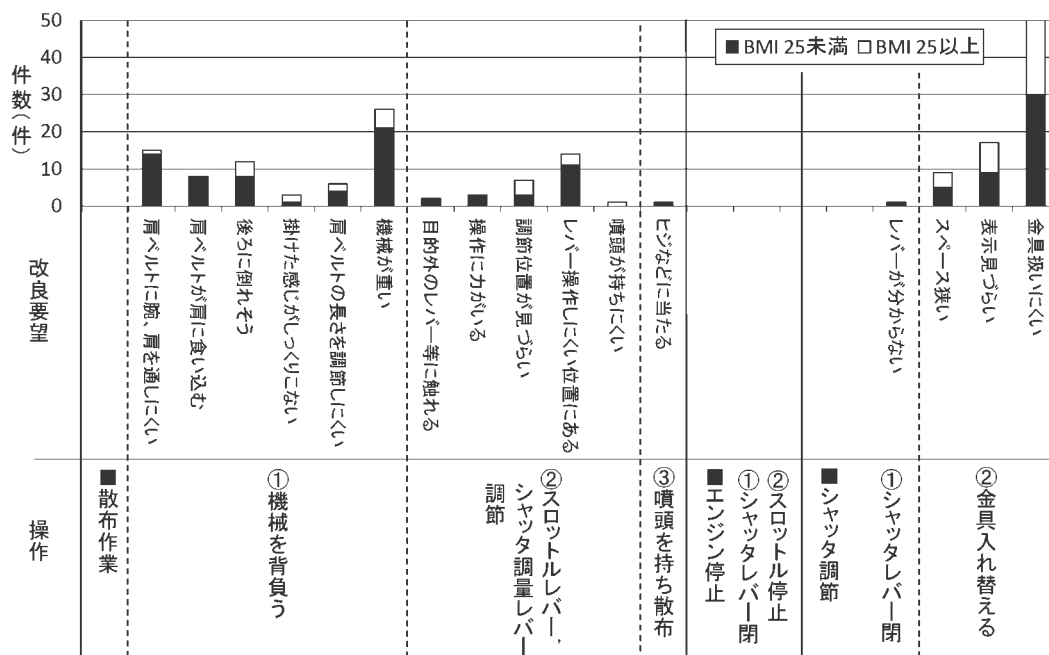


図2-24 操作手順ごとの改良要望  
(散布, エンジン停止, シャッタ調節, BMI 層毎)

## 2) 改良研究の方向性, 改良範囲

ユーザビリティ評価で得られた改良要望などの意見を手掛かりとして, 背負形動力散布機の各要素と人間の心身諸機能との関係性を詳細に分析し, UD 視点を考慮しながら改良することが必要と考えられた。ユーザビリティの中でも, 表示の「見やすさ」は, 表示と人間の視覚機能との関係性である。操作する時の「なにを, どこで, どのように」といった操作方法の「分かりやすさ」は, 操作具アレンジや使用上の情報の提示方法と知識や経験などの人間の認知判断機能との関係性である。「操作しやすさ」は, 操作具そのものの寸法や配置, 反応のフィードバックと身体機能や体格との関係性である。

次章以降で, 具体的な改良テーマとして, 「見やすさ」, 「分かりやすさ」, 「安全性」を向上させるために, 表示類の文字サイズや配色, 提示方法を検討する。また, 「身体負担軽減」や「操作しやすさ」を向上させるために, 薬剤シャッタ調節部の取扱性向上, 機械重心移動による身体負担軽減, 肩ベルトの引き力の低減および, レバー配置と関節角度といった機械主要寸法と体格との関係性などを検討することとした。

## 2. 4 まとめ

背負形動力散布機の市販機 4 台を供試して, 「エンジン始動」, 「薬剤散布」, 「エンジン停止」, 「シャッタ調節」の模擬操作を, 20~60 歳代の男女 16 名の被験者に行ってもらい, 操作手順毎に取扱性を調査した。

1) 取扱性調査の結果, 「エンジン始動」について, 改良要望の多いものは, 「リコイルスタータの引き操作に力がある」, 「オイルの混合比が分からない」, 「字が見にくい」であった。「散布」について, 「機械が重い」, 「肩ベルトに腕を通しにくい」, 「レバー操作しにくい位置にある」, 「後ろに倒れそう」といった改良要望が多かった。「シャッタ調節」について, 「金具扱いにくい」, 「説明文, 表示が見づらい」といった改良要望が多く寄せられた。これらの中には, 経験の有無, 性

別，年齢層で差がある内容があった。

2) 取扱性調査結果を分析し，改良すべき範囲を検討した結果，具体的な改良テーマとして，使用者の視機能と表示類の文字サイズや配色について，認知・判断機能と使用上の情報の提示方法について，動作や筋力と薬剤シャッタ調節部の取扱性向上，機械重心移動による身体負担軽減，肩ベルトの引き力の低減および，日本人の体格に対応したレバー配置などについて取り組む必要性があると考えられた。



## 第3章

使用者の感覚および認知・判断機能に配慮した表示類の改良

## 第3章 使用者の感覚および認知・判断機能に配慮した表示類の改良

### 3. 1 はじめに

農業機械では見にくい表示や操作の分かりづらさが指摘されている(菊池豊ら, 2007a.; 生研センター, 2011.; 日本農業機械工業会, 2000.)。農作業事故の原因として操作ミスなどヒューマンエラーが数多く報告され, その対策強化も望まれている(小林, 2010; 菊池, 2014a.; 全国農業機械士協議会, 2012.; 全国農業機械士協議会, 2013.; 農林水産省, 2013.; 生研センター, 2013a)。

実際に第2章のユーザビリティ評価でも「字が見にくい」, 「どこにあるか分からない」, 「どのレバーか分からない」, 「調節位置が分からない」など改良要望が多く寄せられた。これに対し, UD7原則では, 主に「3. 使い方が簡単で, すぐに分かること」, 「4. 必要な情報がすぐに分かること」が提唱されている。

そこで, 本章の前半では, 「字が見にくい」という感覚機能の一つである視機能に関する課題について, 農業機械の操作表示や注意ラベルなど表示類の実態を調査するとともに, 文字サンプルを使用して配色, 照度, 年齢層と判読可能な文字サイズとの関係を定量的に調査した結果を述べる(菊池豊ら, 2014b.)。

後半では, 「どこにあるか分からない」, 「どのレバーか分からない」, 「調節位置が分からない」という認知・判断機能に関する課題について意見を基に市販機の操作具および操作方法の提示状況を分析するとともに, 「操作方法の分かりやすさ」を向上させる提示方法を検討した結果を述べる。

## 3. 2 表示類の視認性向上

### 3. 2. 1 はじめに

農業機械では見にくい表示が多数見受けられ、農業者からも視認性向上の要望があがっている(菊池豊ら, 2007a.; 生研センター, 2011.; 日本農業機械工業会, 2000.)。また、農作業事故の原因として操作ミスなどヒューマンエラーが数多く報告され、その対策強化も望まれている(全国農業機械士協議会, 2012.; 全国農業機械士協議会, 2013.; 農林水産省, 2013.; 生研センター, 2013a.; 小林, 2010.; 菊池ら, 2014a.)。

しかし、農業機械の表示に関する規格(JIS B 9100, 2012.)や安全鑑定基準(生研センター, 2013b)には、表示類の視認性について明確な設計指標が提示されていない。一方、日用品やOA機器などの分野では、高齢者や障害者などを含む幅広い人間の心身諸機能に関する研究や、ユーザビリティの研究を基に機械規格が体系的に整備され、それらに対応した商品が広く普及している。視覚特性や文字の視認性に関する研究は、ランドルト環による視力データの収集(人間生活工学研究センター, 2014.)がある他、判別できる色(JIS S 0033: 2006.; JIS TR S 0005:2010.)、輝度による判読可能な文字サイズ(JIS S 0032:2003.)、安全標識の高さ(ISO 3864-1:2011.)などの規格があるものの、実験条件が提示されていなかったり、農業機械への適用は困難なものがほとんどである。

他方で、農業機械は、産業機械の一つであるが、一日中、屋内外で、青年から高齢者によって使用される可能性があり、光環境や使用者層は日用品並に多様である。このような使用条件を考慮した実用的な文字の視認性に関する報告はみられない。

そこで、本節では、農業機械の操作表示や注意ラベルなど表示類の実態および、配色、照度、年齢層と判読可能な文字サイズとの関係を定量的に調査した結果を報告する。なお、今回は液晶モニタに表示される文字の視認性については対象外とした。

### 3. 2. 2 方法

#### 1) 市販機の実態調査

動力散布機など 16 台の操作パネルおよび注意ラベルなどの表示類，延べ 804 カ所の文字サイズ，配色，光沢などの実態を調査した。

#### 2) 文字サンプルによる基礎実験

##### (1)文字サンプル

前述の実態調査結果を参考に，文字サンプル 58 種類を作成した（表 3-1）。まず，3~40 ポイント(以下，pt)のゴシック体で漢字，ひらがな，カタカナ，アルファベットを印字した紙片をサンプルの 1 単位とした。配色は，白，灰，黒，赤，黄赤，黄，緑，青，銀を基本色として，地（背景）と文字の色組み合わせ 29 通りとした（表 3-2）。その 29 通りのサンプルを表面光沢有・無（2 種類）の写真用印画紙に染料インクで印刷し，合計で 58 種類とした。なお，これらの配色は，若干色の濃淡の差はあるものの結果として実態調査の約 9 割を網羅していた。

##### (2)被験者

20~80 歳代の男女 42 名(54±13 歳)に被験者をお願いした。年齢層別には，60 歳未満(以下，「60 未満」)，60 歳以上(以下，「60 以上」)ともに 21 名であった。今回の被験者は眼鏡使用者が含まれるものの，日常生活に著しい支障がない程度の視力，色覚であった（表 3-1）。

##### (3)実験条件

照度は，薄暮から炎天下の屋外作業を想定して，照度「低(照度 10 lx)」，「中(500 lx)」，「高(10,000 lx 以上)」の 3 段階とした（表 3-1）。文字サンプル付近の照度を確認しながら，照度「低」，「中」では天井に設置した太陽光に近い蛍光灯(D65) (JIS Z 8723:2000.) で調光し，照度「高」では目標照度以上の時に屋外で行った。運転席周

囲にある表示類の確認動作を想定して、被験者は椅座位で視距離 60 cm とした。これらの条件下で、文字サンプルの判読可能な文字サイズなどを被験者に回答してもらった。この時、サンプルの順序効果を考慮し、被験者によってサンプルの提示する順序を変えて行った。測定データについて、t 検定や正規性の検定などを行った。

表 3 - 1 視認性基礎実験条件

1.文字サンプル(58 種類)	
1)文字種	漢字, ひらがな, カタカナ, アルファベット }1 単位
2)字体/サイズ	MS ゴシック/3~40 pt
3)基本色([ ]内記号は JIS Z 8721:1993.準拠)	白[N9.5], 灰[N5.5], 黒[N1], 赤[7.5R 4/14], 黄赤[2.5YR6/14], 黄[2.5Y8/14], 緑[10G4/10], 青[2.5PB3.5/10], 銀[-]
4)配色(地/字)(29 種類)	白/灰, 白/黒, 白/赤, 白/黄赤, 白/黄, 白/緑, 白/青, 灰/白, 灰/黒, 黒/白, 黒/灰, 黒/赤, 黒/黄赤, 黒/黄, 黒/緑, 黒/青, 赤/白, 赤/黒, 黄赤/白, 黄赤/黒, 黄/白, 黄/黒, 緑/白, 緑/黒, 青/白, 青/黒, 銀/黒, 銀/赤, 黒/銀
5)表面光沢	有, 無(2 種類)
2.照度(3 段階)	
1)低	10 lx (薄明所, 薄暮や薄暗い屋内を想定)
2)中	500 lx (明所, 曇天や作業場内を想定)
3)高	10,000 lx 以上 (明所, 炎天下の屋外を想定)
3.被験者(42 名)	
1)年齢	全体 平均 54.4±標準偏差 13.3 歳 [20~80 歳], 60 未満 43.4±9.8 歳(21 名), 60 以上 65.0±5.3 歳(21 名)
2)視力 (5m)	0.9±0.4, 色弱者無

表 3-2 文字サンプルの配色

地\字	白	灰	黒	赤	黄赤	黄	緑	青	銀
白		○	○	○	○	○	○	○	
灰	○		○						
黒	○	○		○	○	○	○	○	○
赤	○		○						
黄赤	○		○						
黄	○		○						
緑	○		○						
青	○		○						
銀			○	○					

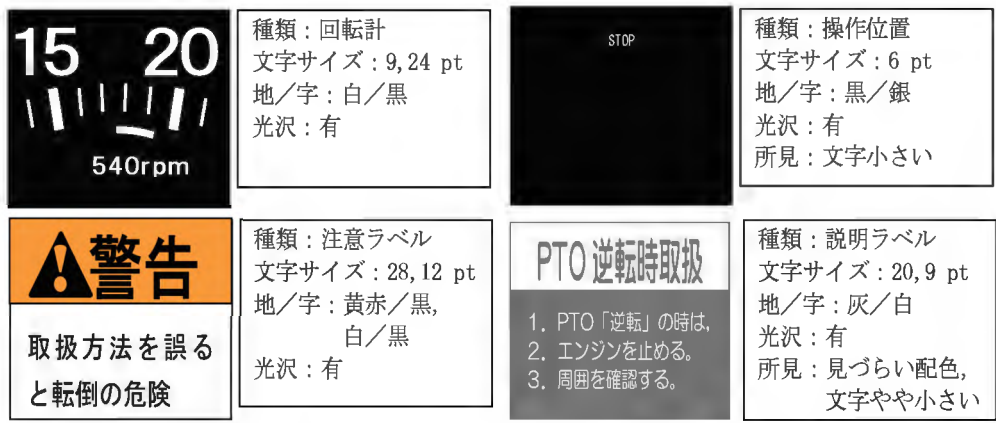
### 3. 2. 3 結果と考察

#### 1) 市販機の実態調査

表示類の例を図3-1, 表示類の文字サイズの分布を図3-2, 上位20位までの配色割合を図3-3, 配色全体割合を図3-4にそれぞれ示す。農業機械の表示類の文字サイズは, 6~80 pt の範囲で, 平均値19.3 pt, 標準偏差9.7 pt, 最頻値12.0 ptであった(図3-2)。新聞で広く使われている10.5 ptより小さいものが1割程度あった。

字体は, ゴシック体かそれに類するものがほとんどで, ごく一部に教科書体もあった。配色は, デザインによって色に若干の濃淡があるものの, 「黒/白〔地/字〕(22%)」, 「白/黒(19%)」, 「黄/黒(10%)」, 「黄赤/黒(9%)」, 「灰/白(7%)」, 「赤/白(3%)」が多かった(図3-3, 図3-4)。なお, 地と字の色が同じものは, 文字部分を盛り上げたり, 掘り下げた状態の表示であり, 5%程度あった。用途について, 「黒/白」, 「白/黒」は回転計目盛やラベル説明本文, 「黄/黒」, 「黄赤/黒」, 「赤/白」は注意ラベルのタイトルに, 多く使用されていた。光沢については, 「有」76%, 「半」または「無」24%であった。

これらは, 調査者の目視では, 図3-1右上のように文字が小さいもの, 図3-1右下のように視認性の低い色の組み合わせのものや地と字の色が同じものなどは見づらい表示があった。その他, 重要な情報が目立たないもの, 内容が重複しているもの, 使用者の操作位置からは見づらい位置や向きにあるものや, 内容が実際の取扱方法と整合性のとれていないもの, 外来語を多用しているものなどがあり, 改良が必要と考えられた。



[標準的な表示例]

[見づらい表示例]

図 3 - 1 表示例

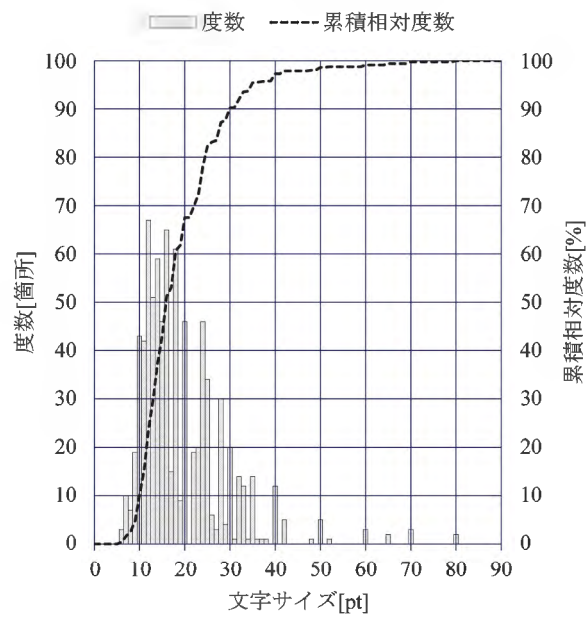


図 3 - 2 表示の文字サイズ



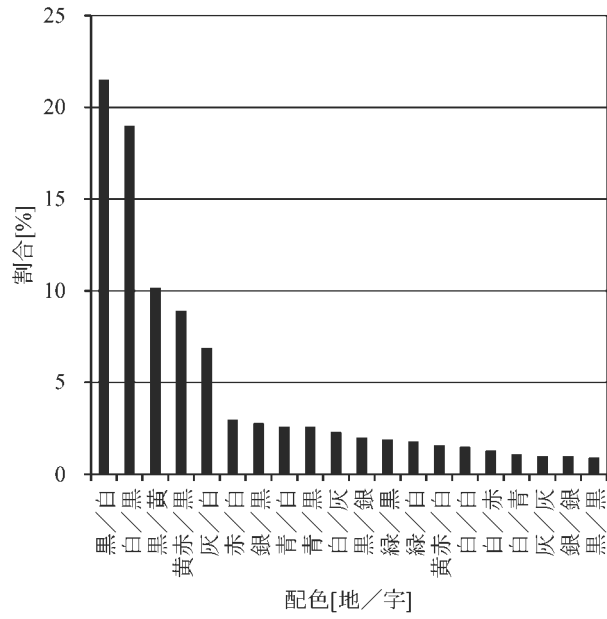


図3-3 表示の主な配色割合

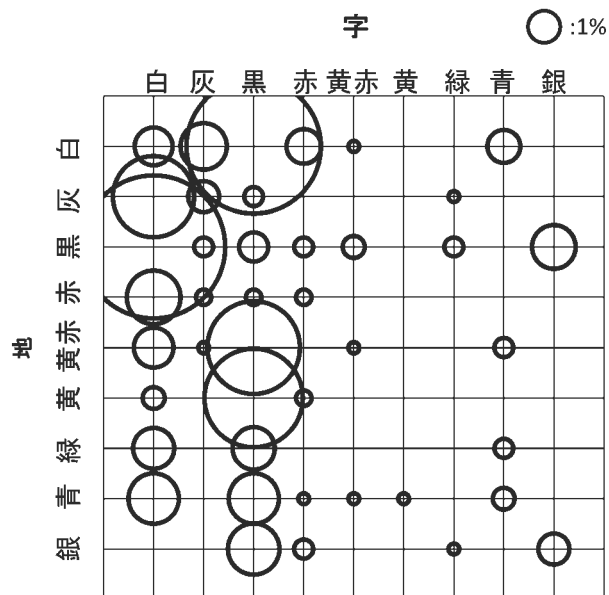


図3-4 表示の配色割合

## 2) 文字サンプルによる基礎実験

### (1) 判読可能な最小文字サイズ

被験者全体の判読可能な最小文字サイズの平均値と標準偏差を図3-5, 図3-6に示す。平均値と標準偏差と関係を図3-13, 平均値と変動係数との関係を図3-14に示す。さらに, 本研究成果の利活用のために, 図3-5~3-10, 図3-15~3-16グラフの具体的な数値データを, 附録の附表1~8に示す。

#### a. 被験者全体の傾向

被験者全体の傾向は, 照度「低」では平均値11~19 pt, 標準偏差5~9 ptで, 「中」・「高」では平均値6~11 pt, 標準偏差3~6 ptと, 照度によって1.4~2.4倍変化していた。照度については, 照度「低」と「中」・「高」とでは, ほとんどの配色で有意な差があった。平均値と標準偏差とは, ほぼ比例する傾向があり, 変動係数は, 0.3~0.7であった(図3-13, 図3-14)。これは, 悪条件への適応能力は個人差が大きくなるためと考えられた。

配色については, 「白/黄」, 「黄/白」, 「黒/青」は他のものに比べて1~8 pt大きく, 有意な差があった。これは, 他よりも文字と地とのコントラストが小さいためと考えられた。光沢については, 「有」・「無」による差は0~3 ptで, 有意な差はなかった。

#### b. 年齢層

60歳未満の判読可能な最小文字サイズの平均値と標準偏差を図3-7, 3-9, 60歳以上の判読可能な最小文字サイズの平均値と標準偏差を図3-8, 3-10, 60歳未満と60歳以上との差を図3-11, 図3-12に示す。

「60歳未満」では, 照度「低」で平均値9~16 pt, 標準偏差4~10 ptで, 「中」・「高」で平均値6~11 pt, 標準偏差2~9 ptであった。「60歳以上」では, 照度「低」で平均値11~23 pt, 標準偏差4~9 ptで, 「中」・「高」で平均値6~14 pt, 標準偏差2~7 ptと, 年齢層によって0.7~1.7倍変化していた。配色については, 照度「低」

でほとんどの配色，照度「中」・「高」で「白／黄」，「黒／青」に，年齢層間に有意な差があった。なお，「銀／黒」，「銀／赤」，「黒／銀」はデータがばらつくことあった。これは，サンプルへ周囲風景の映り込みで見え方が変化したり，グレア適応能力の個人差のためと考えられた。



図 3 - 5 光沢有における判読可能な最小文字サイズ（被験者全体）

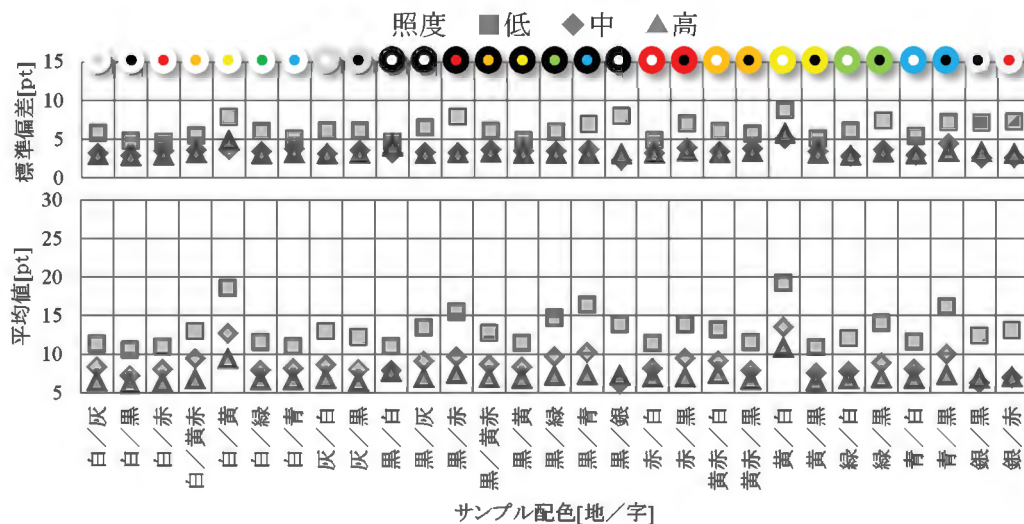


図 3 - 6 光沢無における判読可能な最小文字サイズ（被験者全体）



図 3-7 光沢有における判読可能な最小文字サイズ (60 歳未満)

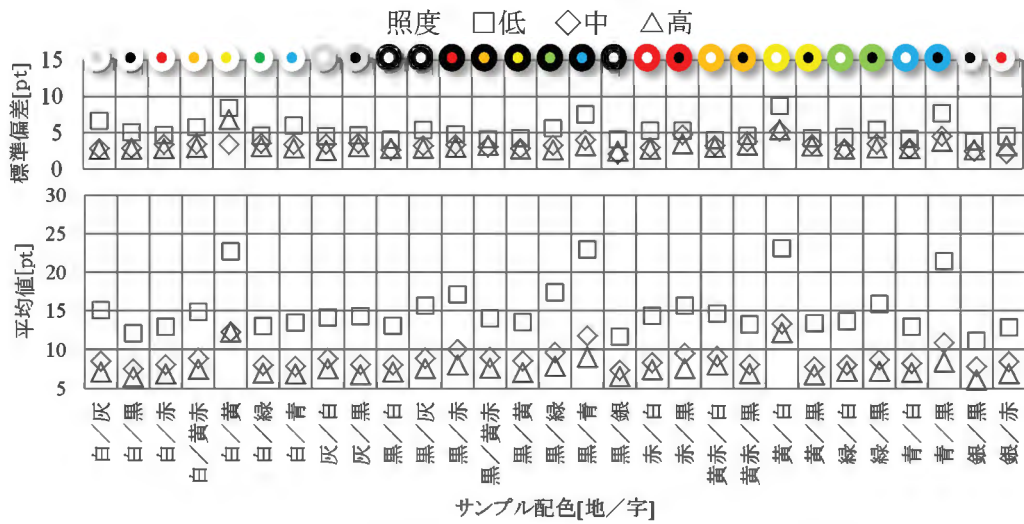


図 3-8 光沢有における判読可能な最小文字サイズ (60 歳以上)



図 3-9 光沢無における判読可能な最小文字サイズ (60 歳未満)



図 3-10 光沢無における判読可能な最小文字サイズ (60 歳以上)

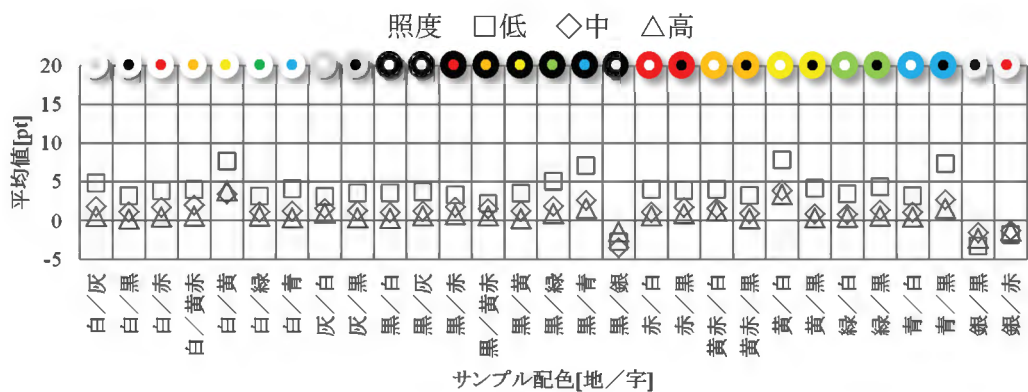


図3-11 光沢有における判読可能な最小文字サイズの年齢差  
(60歳以上-60歳未満)

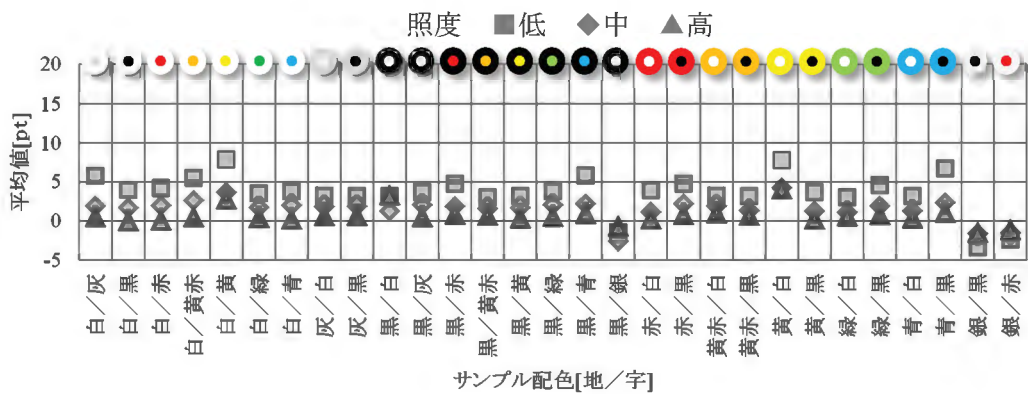


図3-12 光沢無における判読可能な最小文字サイズの年齢差  
(60歳以上-60歳未満)

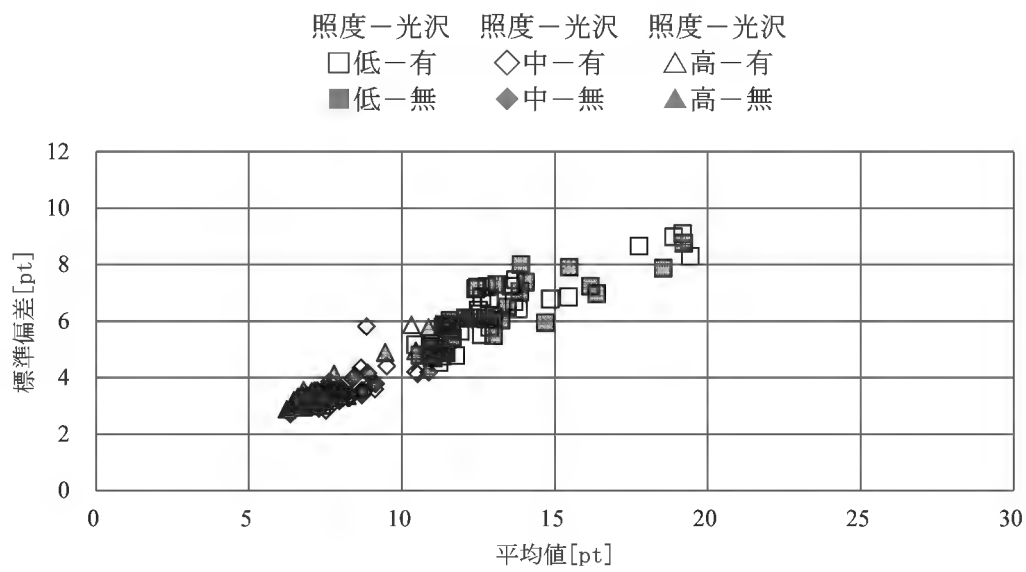


図 3-13 判読可能な最小文字サイズの平均値と標準偏差 (被験者全体)

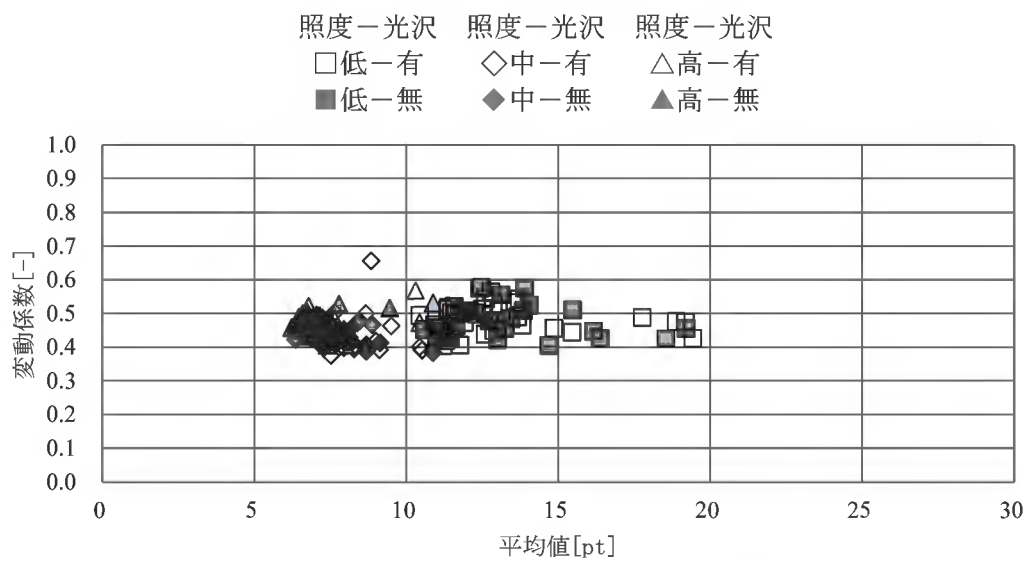


図 3-14 判読可能な最小文字サイズの平均値と変動係数 (被験者全体)

## (2)読みやすい文字サイズ

読みやすい文字サイズの平均値と標準偏差を図3-15, 図3-16に示す。平均値と標準偏差との関係を図3-17, 平均値と変動係数との関係を図3-18に示す。

照度「低」では平均値18~26 pt, 標準偏差6~9 ptで, 「中」・「高」では平均値15~20 pt, 標準偏差3~8 ptであった。これらは, 判読可能な最小サイズの1.3~2.6倍であった。なお, 光沢の有無, 配色間や年齢層間にはほとんど有意な差はなく, 被験者の習慣や好みなどによると考えられた。また, 判読可能な最小文字サイズと同様に, 平均値と標準偏差とは, ほぼ比例する傾向があった(図3-17)。変動係数は, 0.2~0.5であった(図3-18)。



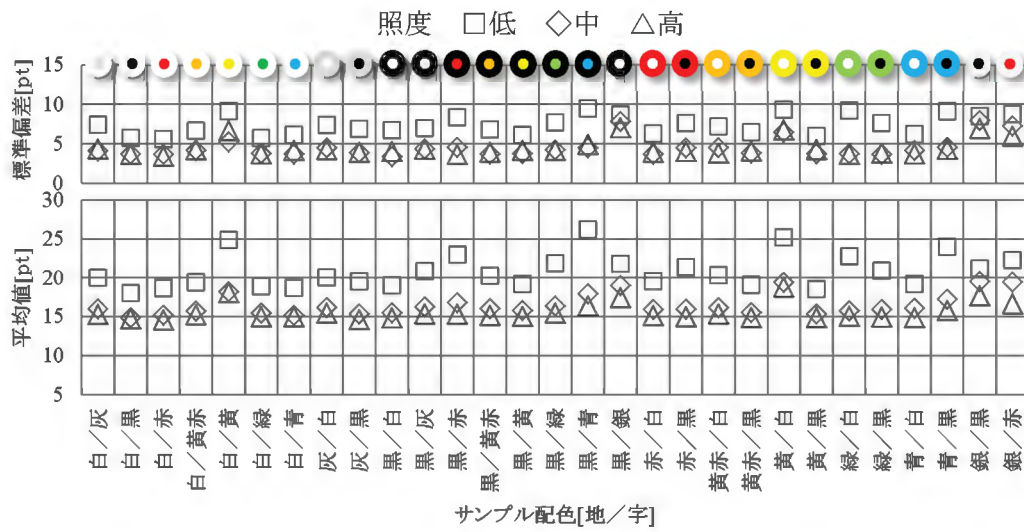


図3-15 光沢有における読み易い文字サイズ（被験者全体）

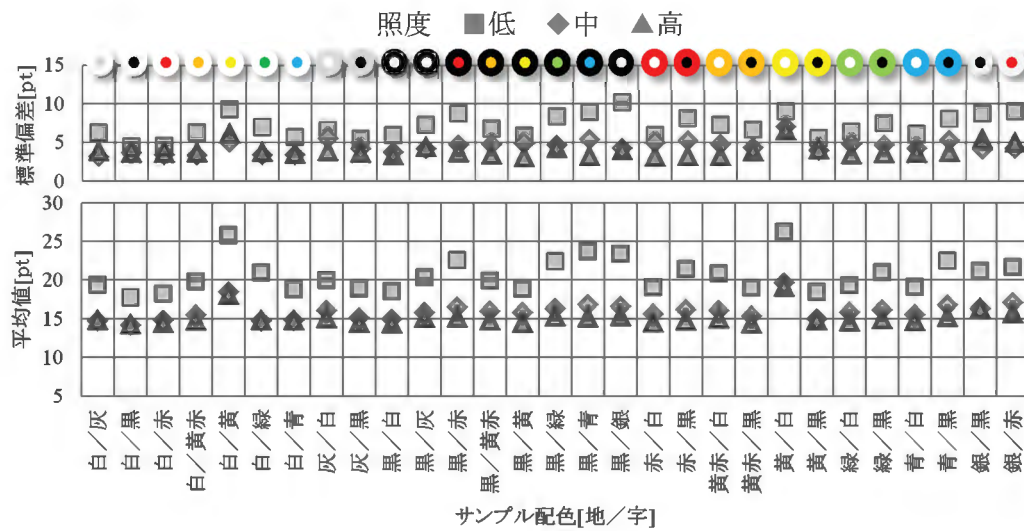


図3-16 光沢無における読み易い文字サイズ（被験者全体）

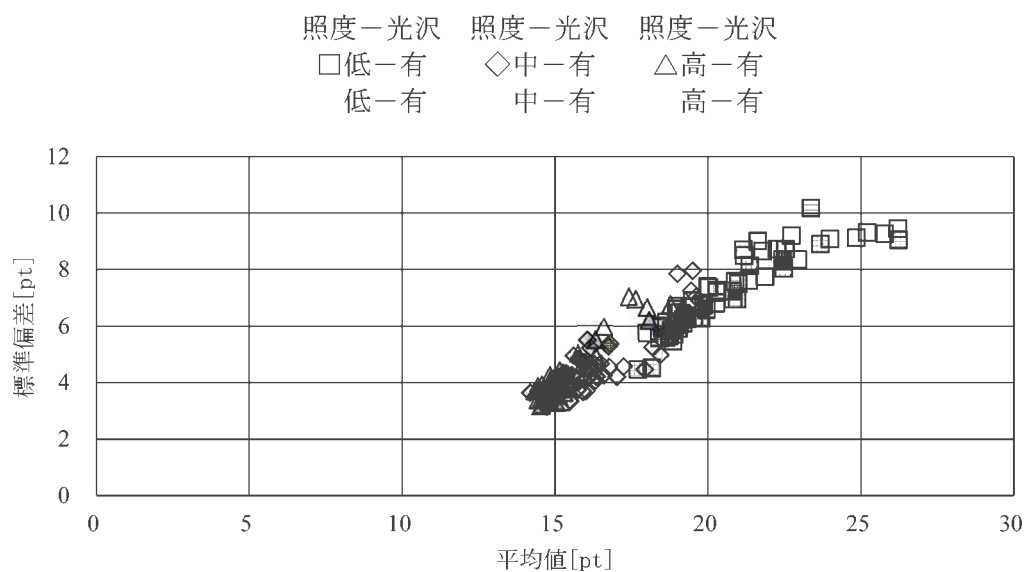


図 3－17 読み易い文字サイズの平均値と標準偏差（被験者全体）

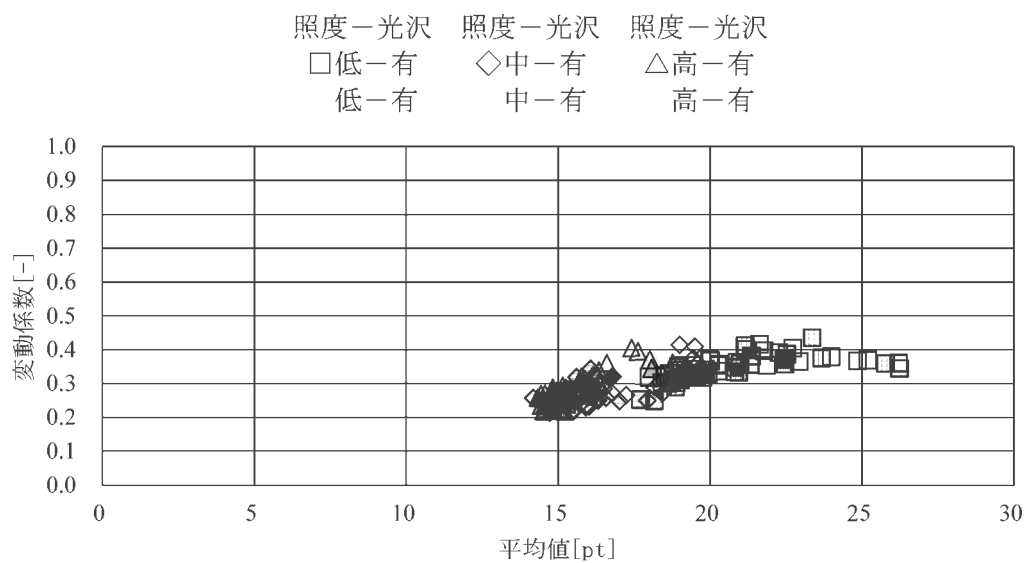


図 3－18 読み易い文字サイズの平均値と変動係数（被験者全体）

### (3) 設計指標としての活用および今後の課題

本研究で、表示類の実態を調査するとともに、使用者や照度、配色毎に判読可能な最小文字サイズおよび、読みやすい文字サイズを定量的に明らかにした。よって、表示類の設計に当たっては、想定される使用者属性、使用環境を考慮しながら図3-5～図3-10に示した判読可能な最小サイズ以上にすることが望まれる。さらに、判読可能な最小文字サイズについて年齢層別には概ね正規分布に従う傾向であった。これより、大まかな推定であるが、図3-7～図3-10に示した平均値のサイズで約半数が、そのサイズに標準偏差分を拡大すると約7割の範囲がカバーされるようになると考えられる。

なお、他の配色より見にくいと判断された「白／黄」、「黄／白」、「黒／青」は、実態調査では1%程度あったが、「赤」や「黄赤」が「黄」になるなどの経年変化を想定すると6%程度の表示が見にくくなると予想された。また、見る角度や光環境により見え方のばらつきが大きいと判断された「銀」を含む配色と、地と字の色が同じ表示類は、実態調査ではそれぞれ6%、5%程度存在し、配色変更などの改良が望まれる。

### 3. 2. 4 まとめ

第2章のユーザビリティ評価で指摘のあった、「字が見にくい」という感覚機能の一つである視機能に関係する意見を基に、農業機械の操作表示や注意ラベルなど表示類の実態を調査した。

- 1) 農業機械における表示類の文字サイズは、平均値 19 pt, 最頻値 12 pt であった。配色は、「黒／白」や「白／黒」などの組み合わせが多かった。一部に文字サイズが小さかったり、視認性の低い色の組み合わせで見づらいなど要改善点もあった。
- 2) 文字サンプルを使用して配色, 照度, 年齢層と判読可能な文字サイズとの関係を定量的に調査した。その結果, 視距離 60 cm における判読可能な最小文字サイズの平均値について, 全体的な傾向は, 照度「中」・「高」では 6~11 pt で, 「低」では 11~19 pt で 1.4~2.4 倍の差があった。平均値と標準偏差とはほぼ比例し, 悪条件への適応能力は個人差が大きくなると考えられた。
- 3) 判読可能な最小文字サイズについて, 年齢比較では, 60 歳未満は 6~16 pt, 60 歳以上は 6~23 pt で 0.7~1.7 倍の差があった。特に照度「低」で有意な差があった。
- 4) 読みやすいサイズの平均値は, 15~26 pt で, 判読可能な最小サイズの 1.3~2.6 倍であった。配色, 年齢層についてほとんど有意な差はなかった。
- 5) 表示類の設計に当たっては, 想定される使用者属性, 使用環境を考慮しながら判読可能な最小サイズ以上にすることが望まれる。大まかであるが, 年齢層別に配色, 照度, 文字サイズから判読可能な使用者の範囲を推定可能であった。

### 3. 3 認知・判断機能に配慮した情報提示方法の改良

#### 3. 3. 1 はじめに

農業機械では操作方法の分かりづらさが多数見受けられ、農業者からも改良の要望があがっている（菊池豊ら, 2007a.; 生研センター, 2011.; 日本農業機械工業会, 2000.）。また、農作業事故の原因として操作ミスなどヒューマンエラーが数多く報告され、その対策強化も望まれている（全国農業機械士協議会, 2012.; 全国農業機械士協議会, 2013.; 農林水産省, 2013.; 生研センター, 2013a; 小林, 2010; 菊池ら, 2014a.）。

しかし、農業機械の表示に関する規格(JIS B 9100, 2012.)や安全鑑定基準(生研センター, 2013b)には、主要な操作具について大まか配置範囲や操作方向、安全標識の色などが提示されているのみで、操作具の名称、操作手順はばらばらなことが多く、結果的に、操作方法の分かりづらさとなっていると考えられる。

そこで、本節では、第2章のユーザビリティ評価で指摘のあった「どこにあるか分からない」、「どのレバーか分からない」、「調節位置が分からない」という認知・判断機能に関する意見を基に「操作方法の分かりやすさ」を向上させる情報の提示方法について検討した結果を述べる。

UD7原則からは、主に「1. どんな人でも公平に使えること」、「3. 使い方が簡単で、すぐに分かること」、「4. 必要な情報がすぐに分かること」、「5. うっかりミスが危険につながらないこと」に対応する。

### 3. 3. 2 方法

#### 1) 市販機の分析

第2章のユーザビリティ評価で指摘のあった「どこにあるか分からない」、「どのレバーか分からない」、「調節位置が分からない」という意見と供試機の操作具を分析して、分かりやすさの向上策を検討した。

#### 2) 操作モデルの試作

前項の検討結果も参考に、UD視点も踏まえ、現実的に使用上の情報を分かりやすく提示するラベルモデルおよび、操作モデル（F機、G機、H機）を試作した（表3-4）。

E機は、対照機（市販機、第2章のD機と同じ）であった（図3-19）。F機は、対照機の各操作具近傍へエンジン始動操作順序とイラストを記載したエンジン始動操作ラベル（1）（図3-23）を貼付したものである（図3-20）。G機は、対照機の薬剤タンク右側面一カ所にエンジン始動操作順序とイラストを記載したエンジン始動操作ラベル（2）（図3-24）を貼付したものである（図3-21）。H機は、薬剤タンク右側面にエンジン始動操作順序とイラスト、操作系を色分けしたエンジン始動操作ラベル（3）（図3-25）、レバーパネル（2）（図3-26）、エンジン取扱説明ラベル（1）（図3-27）、手の押さえ位置ラベル（図3-28）を貼付したものである（図3-22）。

#### 3) 操作モデルの評価

対照機（E機）と操作モデル（F機、G機、H機）について、被験者15名に「エンジン始動操作」などの模擬操作を行ってもらい取扱性を主観評価した。

被験者は、関節などに障害の無い45～64歳の男女15名にお願いした（表3-3）。

模擬操作は、軽トラックの荷台に機械を載せてエンジン始動や機械を背負って散布作業する場面を想定した（表3-4）。対照機の取扱説明書を一読した後に行っ

てもらった。なお、試行順序による習熟の影響を減らすために、被験者毎に供試機の取扱順序を変えた。軽トラックの荷台と同等な高さ 65cm の作業台に載せて実施した。

主観評価の評価項目は、「表示見つけやすさ」、「表示見やすさ」、「操作手順分かりやすさ」など 18 項目とした。各項目について、非常に悪い[1]－かなり悪い[2]－やや悪い[3]－いずれでもない[4]－やや良い[5]－かなり良い[6]－非常に良い[7]の 7 段階の評点で回答してもらい (表 3－4)、取扱性調査結果を分析した。さらに、参考のために、調査票様式を、附録の附図 1 に示す。

表 3－3 被験者条件

---

1.被験者(15 名)

1)年齢	全体 平均 55.8±標準偏差 6.6[歳] [45～64 歳] 60 歳未満 6[名], 60 歳以上 9[名]
2)性別	男 7[名], 女 8[名]
3)体格	身長 159.7±8.0[cm], 体重 58.9±10.8[kg]
4)健康状態	関節などに障害の無い者
5)経験	類似機械使用経験 有 6[名], 無 9[名]
6)服装	作業服等着用

---

表 3 - 4 実験条件

1. 供試機(4 台)

- 1)特徴 E機：対照機（市販機，第2章のD機と同じ）  
F機：各操作具近傍にに図記号と操作手順追加  
G機：薬剤タンク左側面に全体図と操作手順の図記号追加  
H機：各操作具色分け，薬剤タンク左側面に全体図と操作手順の説明文追加

2)質量 20[kg]（全て同じ質量に調整）

2. 模擬操作 エンジン始動，散布

3. 作業台 長さ 600[mm]×390 幅[mm]×高さ 650[mm]

4. 評価項目(18 項目)

表示見つけやすさ，表示見やすさ，表示位置・向き，表示文字サイズ，表示配色，表示内容分かりやすさ，レバー・スイッチ見つけやすさ，レバー・スイッチのサイズ，レバー・スイッチの形，レバー・スイッチの力，レバー・スイッチの位置，レバー・スイッチの操作方向，レバー・スイッチ周りスペース，レバー・スイッチ調節しやすさ，操作のスムーズさ，調節位置の分かりやすさ，操作手順分かりやすさ

5. 評点 非常に悪い[1]－かなり悪い[2]－やや悪い[3]－いづれでもない[4]－やや良い[5]－かなり良い[6]－非常に良い[7]の7段階



図 3 - 19 供試機（E機）



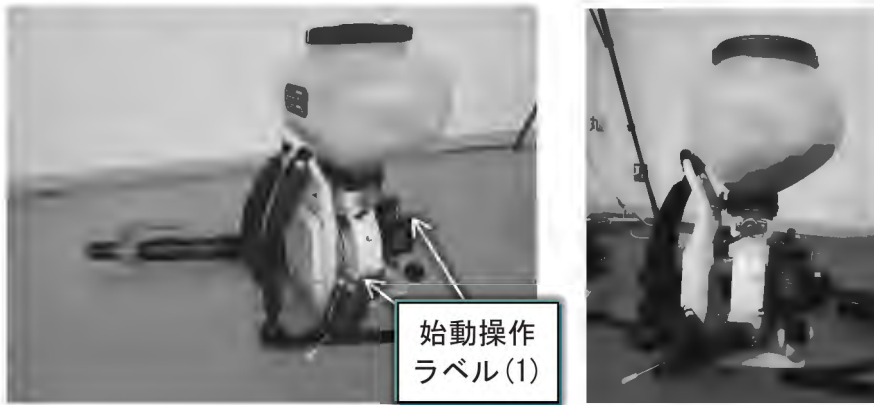


図 3 - 20 供試機 (F機)



図 3 - 21 供試機 (G機)

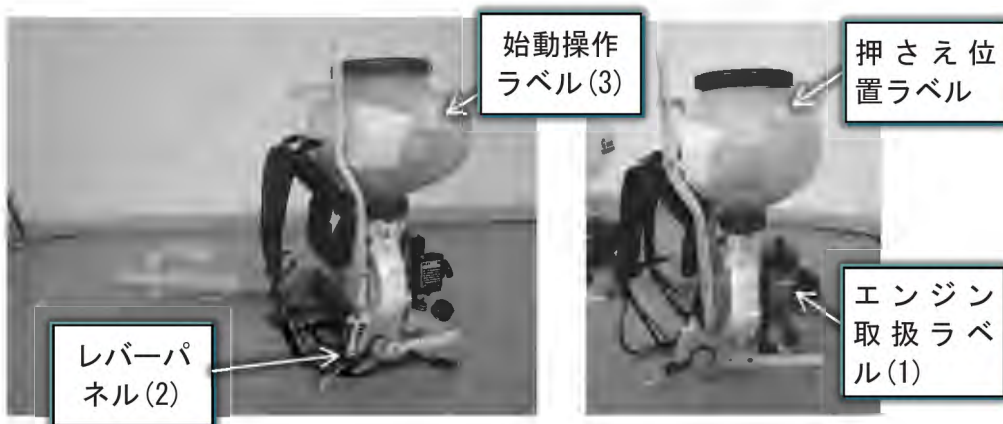


図 3 - 22 供試機 (H機)

### 3. 3. 3 結果と考察

#### 1) 市販機の分析

第2章のユーザビリティ評価において、被験者からは「レバーがどれか分からない」など、使用経験有の者からも認知判断機能に関する意見が多くあった。

各操作具の分析結果と考察を以下に示す。

##### (1) スロットルレバー

「スロットル」、「アクセル」、「エンジン回転」といった類似名称がある。市販機は全てスロットルレバーとシャッタ調量レバーとが隣同士並んで配置されていたが、同じグリップを使用しているものがあつた。操作方向を規定している JIS にある「上げて増加する」と一致していた (JIS B 9706-3:2001.)。しかし、対照機には調節位置の目盛がないものがあつた。また、「エンジン停止」機能も有しているものと、別にスイッチがあるものがある。ユーザビリティ評価での「スロットルレバー操作に力がある」については、予備知識がないために、スロットルレバーが振動でずれないように突起が付いていることを認識しておらず強引に上下に操作しようとしたためと考えられた。取扱説明書にはレバーを左に開きながら上下させる旨の記載があるが、レバーパネルは黒色のため見づらい状態であつた。

レバー位置については、第4章でも述べるが、ユーザビリティ評価での「レバー操作しにくい位置にある」といった意見が多くあつた。また、背負った状態では表示が見えないので何らかの対策が必要と考えられた。

##### (2) シャッタ調量レバー

市販機は全てスロットルレバーとシャッタ調量レバーとが隣同士並んで配置されていたが、同じグリップを使用しているものがあつた。操作方向を規定している JIS にある「上げて増加する」と一致していた (JIS B 9706-3:2001.)。市販機の中には機械を台上に置いた状態では、レバーが開度 0 (全閉) にならないものがあつ

た。吐出流量の上限を規制するストッパをシャッタ調節レバーパネルに取り付けたり、開度「0」位置に吊りフック形の形状でロック機能をもつものがあった。

レバー調節位置を選択するためには、散布薬剤に対応した散布流量の計算は、多種類の剤に対応するため検量線などによる計算が必要であった。取扱説明書に掲載されているが、機械が小さく取扱説明書を収納する場所がないこと、薬剤で取扱説明書が汚れることなどから、分かりやすさを向上させるために今後とも検討が必要と考えられた。

レバー位置については、第4章でも述べるが、スロットルレバーと同様にユーザビリティ評価での「レバー操作しにくい位置にある」といった意見が多くあった。また、背負った状態では表示が見えないのでレバーを伸ばすなど対策の検討が必要と考えられた。

### (3) リコイルスタータ

リコイルスタータは、小形エンジンで広く装備されている。グリップはT字形が多く、形から引くことが認識でき、位置も確認しやすい。ユーザビリティ評価では、右手でリコイルスタータを引く時に、機械を押さえる左手をエアクリーナやエンジンカバーを押さえることが多く、高温部接触による火傷やプラグコード接触による感電事故が危惧された。うまく押さえられなければ機械が落下して負傷する危険性もある。取扱説明書では、注意欄に薬剤タンクを押さえる旨の指示があったが、これら部分を適切にカバーすることと、機体本体にも警告や押さえる位置の指示マークなど対策が必要と考えられた。

地面に機械を置いて引く時の足をかける位置の表示も望ましいと考えられた。

さらに、ヒモを引ききらない旨の警告マークがあったが、掃除機の電源コードのように、ヒモの最後に赤印を取り付けるのもよいと考えられた。操作力低減と同時に上死点の位置が分かりにくくなっているものもあった。

引き力については、セルスタータ仕様も市販化されているが、質量増加、コスト

増加を考慮して一部の大型のみに装備されている。押さえる力はリコイル引き力から床の摩擦力を引いた値となるので、安全性の面からも重要である。現在は、操作力低減機構によって以前より操作力は半減しており、一定の効果があると考えられた。さらに、「ヒモを引いてエンジンをかける」タイプと「引いたヒモをもどしながらエンジンをかける」タイプがある。従来から前者の方が普及しており、習慣的には分かりやすい。後者は、勢いよく引かなくてよく、筋負担が少ないなどのメリットがある。メーカー間で特許許諾の都合もあるが、普及が期待される。

#### (4) チョークレバー

チョーク弁は、ガソリンエンジン特有の操作具である。自動車では「引いて閉じる、押して開く」操作であったが、最近では自動化され操作されなくなった操作具である。ガソリンエンジンを搭載している刈払機や動力噴霧機、小形発電機ではほとんど「上げて閉じる、下げて開く」操作で、一部の小形発電機では「左で運転（開）」「右で「始動（閉）」のものがあつた。動力散布機では、1機種が「引いて閉じる、押して開く」で、ほとんどが「上げて閉じる、下げて開く」操作であった。操作方向を規定している JIS では、バルブ開閉操作について「上げて開く、下げて閉じる」とあり、チョークレバーと逆方向であった（JIS B 9706-3:2001.）。しかし、エンジン稼働中に振動などでレバーが下がっても、異常回転にならないために「上げて閉じる、下げて開く」が適切と考えられた。

調節位置の表示は、「開」、「閉」や図記号がほとんどであったが、「開 OPEN←」のみがキャブの浮き出し文字として表示されているものがあつた。

ユーザビリティ評価では、「チョークレバー操作に迷う」という意見があつた。これは、レバー自体が小さく目立たなかったり、どのタイミングで「開」か「閉」にするか分かりにくかったりするためと考えられた。そのため、「始動」、「運転」などの説明を追加することや、バネなどで自動的に「開」になることも考えられる。

## (5) 燃料ポンプ

「プライマリポンプ」、「プライミングポンプ」、「プライマポンプ」などと呼ばれている。ここで、小形ガソリンエンジンのキャブレターは、「フロート式」、「ダイヤフラム式」に大別される。フロート式では燃料タンクからキャブレターとの間にコック（弁）がついている。「ダイヤフラム式」にはプライマリポンプがついている。ポンプはキャブレターの下部または後部にある。下部にある場合はポンプを破損しにくいが見つけにくくなったり、人差し指を屈曲させて押すので指関節の負担が大きくなる。後部にある場合には、見つけやすくなったり、親指で押すので負担がやや少なくなったりするが、破損するおそれがある。また、ユーザビリティ評価では、何回押せばよいか分からないなどの意見があった。これらより、操作具の目印および、操作方法などを分かりやすく表示する必要があると考えられた。

## (6) 燃料キャップ，タンク

農業機械に使用されているエンジンはガソリンエンジンとディーゼルエンジンがある。背負形や携帯形機械に使用される小形エンジンは全てガソリンエンジンである。ガソリンエンジンは、4サイクルエンジンと2サイクルエンジンがある。燃料は、一般的にガソリン、軽油、灯油がある。最近では燃料の間違った給油によるエンジントラブルが時々起きている（日本自動車連盟，2014.; 丸山製作所，2014.）。さらに、2サイクルエンジンは、オイルとガソリンを混合する必要がある。オイルとガソリンの混合方法については、エンジンによって混合比が異なる。それぞれのタンクへ別々に投入する方式と混合燃料をタンクに投入する方式とがある。最近では、混合済み燃料も販売されている。混合比はエンジンによって異なる。混合燃料は、変質しやすいためその都度使い切るか使用後に燃料をタンクから抜いておく必要がある。このことを初心者へ注意喚起する必要がある。

オイル混合の有無，燃料種類，燃料混合比の表示は，エアクリーナ側面カバーや燃料キャップに，図記号や英語などで表示されていた。これらの情報は，2カ所に

分かれて表示されたり、黒色で浮き出し文字のために見づらかったり、図記号が分かりにくいものがあった。第2章のユーザビリティ評価でも「オイルの混合比が分からない」、「字が見にくい」との意見が多くあった。また、全て右ネジであったが、キャップへ「→OPEN」表示があるとさらに良いと考えられた。

一方、背負った状態では、薬剤タンクや燃料タンクの中身を直接見ることはできない。現状では、使用者は、機械を揺らして音で推測するか、圃場1区画毎に機械を降ろして確認することが多い。混合燃料は劣化が早く、長期間使用しない場合には、エンジン内から燃料を抜き取る必要がある。しかし、自動車などでは、そのような指示がないため、初心者は必要性を認識していないことが多い。これらより、「燃料の種類」、「オイル混合比」、「燃料抜き取り説明」を分かりやすく表示することや、キャップをひねる時の操作力は低い方が良いが、燃料の漏れ防止のための密閉性の両立も必要と考えられた。

#### (7) 薬剤タンクキャップ

20kg入り肥料袋のサイズは、縦42×横61×厚さ13cm程度、1kg剤袋のサイズは、縦12×横17×厚さ6cm程度、3kg剤袋のサイズは縦15×横19×厚さ10cm程度であった。容量10L程度のバケツの直径は、30cm程度であった。第2章のユーザビリティ評価でも「薬剤を入れにくい、こぼれる」との意見が多くあった。薬剤投入時こぼれないために、薬剤タンクの口は、同程度のサイズが望ましい。また、全て右ネジであったが「→OPEN」表示があるとさらに良いと考えられた。キャップをひねる時の操作力は低い方が良いが、薬剤の漏れ防止のための密閉性も重要であるので、操作力低減と確実な固定の両立は検討も必要と考えられた。一方、背負った状態では、タンクの中身を直接見ることはできない。オプションで残量メータ付があるが精度が低い。現状では、使用者は、機械を揺らして音で推測するか、圃場1区画毎に機械を降ろして確認することが多い。背負った状態での残量確認方法の検討も必要と考えられた。

#### (8) シャッタ調節部

詳しくは、第4章で述べるが、シャッタ調節部は、背当てフレームとファンとの間に配置されている。そのため、狭い隙間に手を入れて調節しなければならない。シャッタアームの調節位置、表示も大半が背当てフレームに隠れているため、機械側面から表示をのぞき込む必要がある。薬剤タンクに調節方法や目安などの説明があるがこれも背当てフレームに隠れているものがある。また、シャッタ調量レバーと同様に流量調節の計算は複雑である。

これらより、狭い隙間に手を入れないですむ方法、見やすい表示位置、分かりやすい説明など改良する必要があると考えられた。

#### (9) 警告ラベル，取扱説明ラベル

ユーザビリティ評価では、安全対策について、直接的な意見はなかった。しかし、動力散布機に関わる事故は、農林水産省の事故調査結果には、「転倒」、「中毒」事故があった（全国農業機械士協議会, 2012；農林水産省, 2013；生研センター, 2013a）。製品評価技術基盤機構（nite）の事故データベース（製品評価技術基盤機構, 2014.）にはなかった。噴霧機や発電機など類似機械の事故は、「火災」、「火傷」、「酸欠」、「農薬中毒」「圧力容器の破裂」などであった。「転倒」は、地面の凹凸へのつまずき、雑草の濡れた地面によるスリップ、法面傾斜によるスリップ、作物などへの引っかかり、周辺環境の状況確認不足によるものであった。「火災」は、燃料補給時のこぼれ、燃料キャップゆるみ、タバコなど周囲での火気使用などによる引火であった。「中毒」は、閉所での長時間作業、保護具の未着用状態で調合時に薬剤が目に入った、稼働中の薬剤タンクフタの脱落などであった。「火傷」は、高温部、保護具の未着用であった。「圧力容器の破裂」については、動力散布機には圧力容器はないので検討しないこととした。

これら事故に対し、機械本体に警告ラベルが表示されている内容は、「取扱説明書熟読」、「保護具着用」、「火気厳禁」、「感電注意」、「排気ガス注意」、「高温注意」、「薬剤噴出注意」などであった。危険レベル毎に表示しているものや、図記号とタイトルのみ表示しているものがあった。ただし、表示が見つらかったり、使用者の操作場所から見づらい所にあるものもあった。ホームセンターやネットショッピングでも購入可能な状況において、本質安全設計と合わせて、内容を精査して、初心者にも分かりやすい適切な注意喚起も必要と考えられた。

## 2) ラベルモデル検討

前項の検討結果も参考に、UD 視点から、現実的に使用上の情報を分かりやすく提示するラベルモデルを検討した結果を以下に述べる。

### (1) 見つけやすい目印

まず、操作位置から使用者が各操作具の位置が目につきやすいことが重要と考えられた。具体的な対策として、①各操作具の目印を表示すること、②一カ所に操作具の位置などをイラスト表示すること、③両者を組み合わせることなどである。ただし、①は、貼付スペースの確保と使用者の目に付きやすい場所に貼付したり、読みやすい向きに貼付する必要がある。また、②は全体の中の位置関係が分かるが、実際の操作具の配置が分かるようにイラストをリアルに描画することや型式毎に個別のイラストが必要となる。

配色については、背景色と対象物を色分けして見つけやすくしたり、警告ラベルの危険レベルなど情報のカテゴリを区別するには便利な手法である。安全規格などで提案されている色と機能を、表3-5に示す。しかし、薄暗い環境で色を判別しづらかったり、色弱者が使用する場合に誤操作しないよう、文字色でなく囲み線を使うなどの配慮も必要である。

一方で、使用経験のある者は、予備知識があるので、丁寧な説明より、配置や操



作方向が使用経験のあるものと同じものを好むことがある。異なる場合には、手がかりとなる目印や相違部分が必要になる。表示などの視覚情報に加えて、グリップの形状を変えたり、レバーの長さを変えるなど触覚情報も提供することが望ましいと考えられた。

## (2) 分かりやすい内容

調節位置については、目盛などを明記することとした。操作手順を表示するのが望ましい。説明文については、文章は極力短く、定量的な指標を含む表現にした。たとえば、「早めに」を「シーズンの始めに」、「時々」を「週1回」とした。

文字サイズについては、重要度によって2段階に設定することとした。3.2節の成果を活用して、「重要な部分」は、夜明け前の薄暗い照度低でも60歳以上の90%の者が読むことができるサイズとした。このサイズは、薄暗くても読み易いサイズの平均値とほぼ同等であった。「その他の部分」は、照明のある室内などの照度中で90%程度読むことができるサイズで、かつ、薄暗くても50%程度が読むことができるサイズとした（表3-6）。

さらに、操作方法をイメージしやすい図記号も有望である。ただし、国内外で異なることがあったり、産業機械に使用されている図記号は、一般に広く認識されていないことがある。

表 3-5 安全規格などで提案されている色と機能のカテゴリ

引用規格	安全色	農業機械表示	農業機械一操作装置の識別記号	農業機械安全鑑定基準:	米国規格	小形汎用ガソリンエンジン警告表示ガイドライン,陸内協:2008	携帯発電機警告表示ガイドライン,陸内協:2009	機械類の安全性一非常停止	消費者用警告図記号	複写機能色ガイドライン
	JISZ9103:2005	JISB9100:2012	JISB9126:1997	2013	ASAE EP443.1 FEB04			JISB9703:2000	JISS0101:2000	JBMA-TR-3-:2001
赤	防火, 禁止, 停止, 危険, 緊急	危険	機能停止, 重大故障の注意, 危険, 暖房	ランプ危険, 非常状態(点滅, 警報音併用) 電動機械スイッチ入	エンジン停止位置のみ, エンジン回転と停止併用の操作具	危険	危険	非常停止機器	禁止	ストップ
黄赤(橙)	危険, 明示	警告			エンジン回転, 速度変速, 駐車ブレーキロック	警告	警告			ストップ
黄	警告, 明示, 注意	注意	・通常の使用限界超え	ランプ注意状態	機能制御 (PTO, 流量制御など)	注意	注意	非常停止機器の地推奨色	注意	リセット
緑	安全状態, 進行	安全	・通常運転状態 ・方向指示	ランプ通常状態						スタート, 保守, 補給
青	指示, 誘導		前照灯前向き, 上向き, 冷房						指示	
白	通路	説明書きの文字または地	メモ (注意マーク)							
黒		説明書きの地または文字			ステアリング制御は黒か赤, 黄以外					
備考		白黒逆転可能	白黒逆転可能	非常停止ボタンが機体色と同じ場合には縁取り	黒または他の濃い色 操作具位置, 調節機能, 昇降など	文字サイズ: タイトル 16 以上, 説明 10pt 以上	文字サイズ: タイトル 16pt 以上, 説明 10pt 以上			

注: 引用文献 JIS Z 9103:2005.; JIS B 9100: 2012.; JIS B 9126:1997.; 生研センター, 2013b.; ASABE EP443.1 FEB04:2004.; 日本陸用内燃機関協会, 2008.; 日本陸用内燃機関協会, 2009.; JIS B 9703:2000.; JIS S 0101:2000.; JBMA-TR-3-:2001.

表 3-6 判読可能な範囲と文字サイズ 単位 pt

配色 地/字	赤/白	赤/黒	黄赤/黒	黄/黒	黒/白	白/黒	白/赤
使用カテゴリ	警告ラベル タイト ル(危険)	警告ラベル タイト ル(危険)	警告ラベル タイト ル(警告)	警告ラベル タイト ル(注意)	説明本文	説明本文	説明本文
60歳以上の 90%判読可能 サイズ (照度低)	20	22	19	18	18	18	19
60歳以上の読 みやすいサイ ズ (照度低)	20	23	19	19	19	19	19
60歳以上の 50%判読可能 サイズ (照度低)	14	16	13	13	13	12	13
60歳以上の 90%判読可能 サイズ (照度中)	12	16	13	12	12	12	12

注：3. 2節の結果より，算出

### 3) ラベルモデルの試作

前述の検討結果を参考に、エンジン始動操作ラベル、レバーパネルラベル、エンジン取扱ラベル、手の押さえ位置ラベルの各ラベルモデルを試作した。

#### (1) エンジン始動操作ラベル

試作したエンジン始動操作ラベルを図3-23、図3-24、図3-25、ラベルの特徴を表3-7に示す。

ラベル(1)は、操作手順と操作方法の模式図を個別に記載しており、囲み毎に切り離して操作具近傍に貼付するものである。ラベル(2)は、機械の全体図と操作手順と操作方法の模式図を記載しており、一カ所に貼付するものである。ラベル

(3)は、機械の全体図と操作手順と操作方法の指示文を記載しており、一カ所に貼付するものである。

なお、表3-6を参考に視認性や重要度に配慮して、文字は、字体MSゴシック体、サイズ13pt以上とした。

本研究では、これらラベルを対照機に貼付し、操作モデルE機、F機、G機、H機を試作した。

表 3-7 エンジン始動操作ラベルの特徴

ラベル	特徴	メリット	デメリット
対照機	・操作手順の説明無し		<ul style="list-style-type: none"> <li>・初心者が使用する時やシーズン初めにエンジン始動できないなどのトラブルが生じる恐れがある。</li> <li>・機体内に取扱説明書の保管場所がないのでトラブルの原因究明できなくなりクレームとなる恐れがある。</li> </ul>
1	・操作手順と操作方法の模式図を個別に記載しており、囲み毎に切り離して操作具近傍に貼付する。	・操作具を探しやすい。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・貼る場所、スペース、向きに制約があることがある。</li> <li>・全体デザインとの調和が難しいことがある。</li> <li>・製作に手間がかかる。</li> </ul>
2	・機械の全体図と操作手順と操作方法の模式図を記載しており、一カ所に貼付する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機械全体中で操作具の位置関係が分かる。</li> <li>・図記号のため言語に拘わらず使用可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・図記号には慣れが必要となる。</li> <li>・貼る場所、スペース、向きに制約があることがある。</li> </ul>
3	・機械の全体図と操作手順と操作方法の指示文を記載しており、一カ所に貼付する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機械全体中で操作具の位置関係が分かる。</li> <li>・日本語のため、日本人には分かりやすい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日本語の分からない人には分からない。</li> <li>・貼る場所、スペース、向きに制約があることがある。</li> </ul>

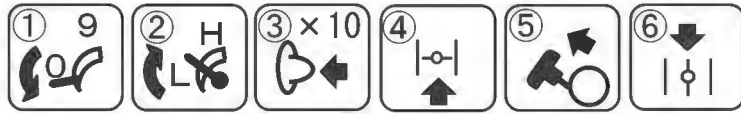


図 3 - 23 エンジン始動操作ラベル ( 1 )



図 3 - 24 エンジン始動操作ラベル ( 2 ) ( 図記号 )



図 3 - 25 エンジン始動操作ラベル ( 3 ) ( 説明文 )

## (2) レバーパネルラベル

試作したスロットルレバーとシャッタ調量レバーのレバーパネルラベルを図3-26, レバーパネルの特徴を表3-8に示す。パネル(1)は, 目盛が手の陰にならないように目盛をレバーの左側へ記載した。スロットルレバー操作イメージに合わせL字形の矢印を記載した。エンジン始動手順を調節位置近傍へ丸囲みで記載した。表3-5を参考に「STOP」位置には赤囲み文字を記載した。

パネル(2)は, 目盛が手の陰にならないように目盛をレバーの左側に記載した。スロットルレバーの操作イメージに合わせボリュームを記載した。エンジン始動手順を調節位置近傍へ丸囲みで記載した。表3-5を参考に「STOP」位置には赤囲み文字を記載した。

なお, 表3-6を参考に視認性や重要度に配慮して, 文字は, 字体ゴシック体, サイズ13pt以上とした。

本研究ではパネル(2)を, 操作モデルH機に貼付し試作した。

表 3-8 レバーパネルの特徴

パネル	特徴	メリット	デメリット
対照機	<ul style="list-style-type: none"> <li>レバー名称記載無し</li> <li>スロットルレバー調節目盛無し</li> <li>シャッタ調量レバーの目盛がレバー右側に記載</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>レバー名称ないため、スロットルレバーと間違えおそれがある</li> <li>取扱説明書に調節位置の記述があるが機体に目盛がないために操作に迷う</li> <li>シャッタ調量レバーの目盛が手の陰になる</li> </ul>
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>レバー名称記載</li> <li>目盛をレバーの左側記載</li> <li>文字拡大</li> <li>スロットルレバー操作イメージに合わせL字矢印, 目盛記載</li> <li>STOP 赤囲み</li> <li>エンジン始動手順を調節位置近傍へ丸囲みで記載</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>見やすい</li> <li>分かりやすい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>全体デザインとの調和</li> <li>2色印刷コスト</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>レバー名称記載</li> <li>数字をレバー左側記載</li> <li>文字拡大</li> <li>スロットルレバー操作イメージに合わせボリューム目盛記載</li> <li>STOP 赤囲み</li> <li>エンジン始動手順を調節位置近傍へ丸囲みで記載</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>見やすい</li> <li>分かりやすい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>全体デザインとの調和</li> <li>2色印刷コスト</li> </ul>



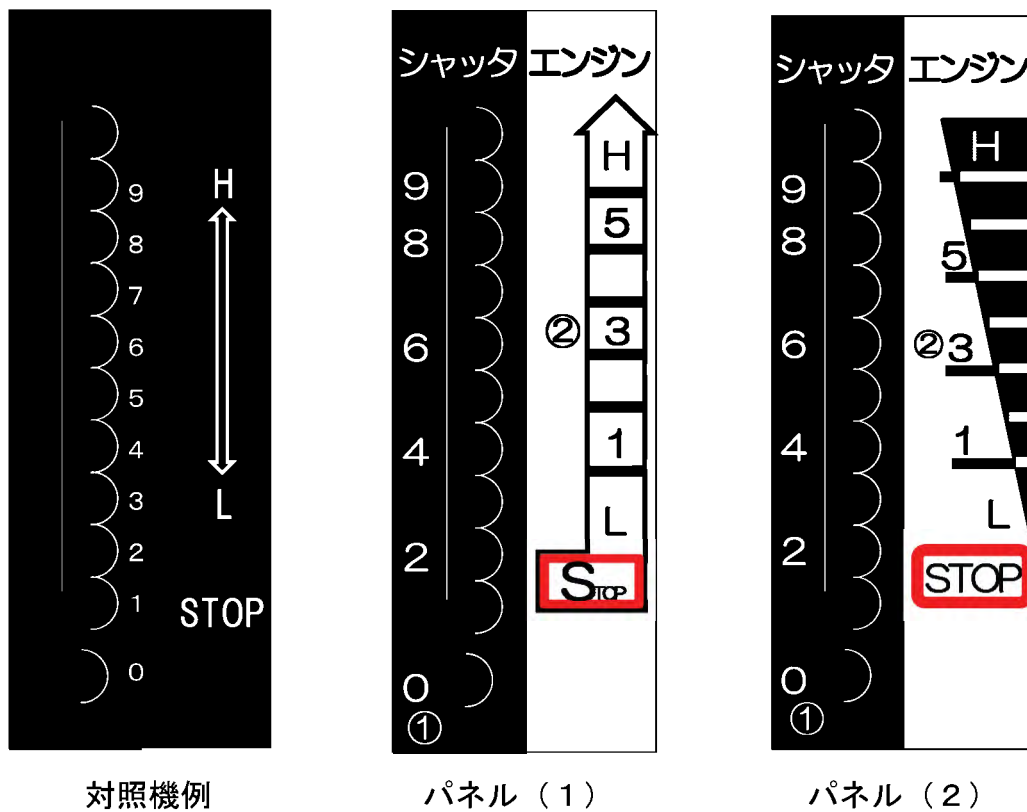


図 3-26 レバーパネルモデル

### (3) エンジン取扱ラベル

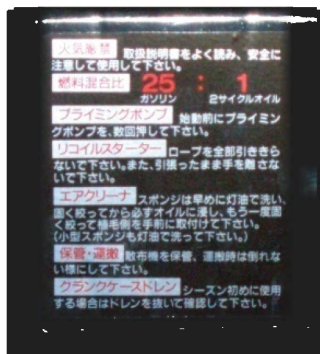
試作したエンジン取扱ラベルを図 3-27, ラベルの特徴を表 3-9 に示す。ラベル (1) は, 内容を精査して, 文字を拡大した。また, 定量的な表現にして初心者にも分かりやすくした。オイルの混合比のみに赤線で囲み, 目立つようにした。ラベル (2) は, 内容を精査して, 文字を拡大した。また, 定量的な表現にして初心者にも分かりやすくした。オイルの混合比のみに赤線で囲み, 目立つようにした。表 3-5 を参考にラベルタイトルを「指示」を意味する青色にした。

なお, 表 3-6 を参考に視認性や重要度に配慮して, 文字は, 字体ゴシック体, サイズ 13pt 以上とした。

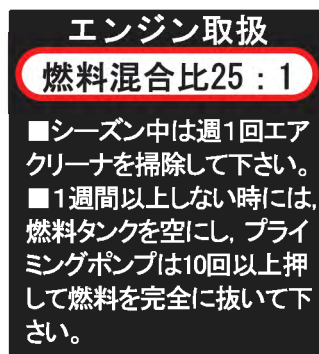
本研究ではパネル (1) を, 操作モデル H 機に貼付し試作した。

表3-9 エンジン取扱ラベル特徴

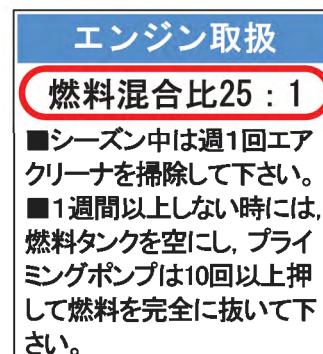
ラベル	特徴	メリット	デメリット
対照機	<ul style="list-style-type: none"> <li>文字が小さい、見づらい</li> <li>機体と説明文とで食い違っている記述がある</li> <li>注意喚起以外の重要度の低い部分も赤字で記載されている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>複数の機種で共用しているので低コスト</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>分かりにくい</li> <li>見づらい</li> </ul>
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>内容を精査 現物との整合性 取扱説明書との内容分担 警告ラベルとの内容分担</li> <li>文字拡大</li> <li>定量的な表現 数回→10回以上</li> <li>混合比赤囲み</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>見やすい</li> <li>分かりやすい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>全体デザインとの調和</li> <li>2色印刷コスト</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>タイトル青色意味：指示</li> <li>内容を精査 現物との整合性 取扱説明書との内容分担 警告ラベルとの内容分担</li> <li>文字拡大</li> <li>定量的な表現 数回→10回以上</li> <li>混合比赤囲み</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>見やすい</li> <li>分かりやすい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>全体デザインとの調和</li> <li>2色印刷コスト</li> </ul>



対照機表示例



ラベル (1)



ラベル (2)

図3-27 エンジン取扱説明ラベルモデル

#### (4) 手の押さえ位置ラベル

試作した手の押さえ位置ラベルを図3-28、ラベルの特徴を表3-10に示す。薬剤タンクへ直接指示するために、エアクリーナを掴んで機体を押さえて火傷などの危険性が減ると考えられた。

表3-10 手の押さえ位置ラベルの特徴

ラベル	特徴	メリット	デメリット
対照機	<ul style="list-style-type: none"><li>・機体に指示無し</li><li>・取扱説明書には注意欄に指示記載</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>・エアクリーナを掴んで機体を押さえて火傷などのおそれがある</li></ul>
1	<ul style="list-style-type: none"><li>・機体に直接指示</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・火傷などの危険性が減る</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・全体デザインとの調和</li></ul>



スタータ引き時  
機械押さえ位置

図3-28 手の押さえ位置ラベル

#### 4) モデル評価

##### (1) 被験者全体の傾向

被験者全体の主観評価評点の平均値は、F機が4.0から4.7 H機が4.3から4.7と全て4以上でやや良好な評価であった。これに対し、E機が3.5から4.5 G機3.5から4.2と、ほとんどの項目で4を下回りやや不良な評価であった(図3-29)。これは、F機、H機は、各レバー、スイッチなどの近傍に、図記号や色分けといった目印があるため、それらを見つけやすくなっていること、操作の初期段階におけるレバー、スイッチの見つけやすさが操作の分かりやすさにも影響を与えているためと考えられた。変動係数は、0.1~0.3の範囲であった(図3-30)。平均値と変動係数は反比例する傾向があった(図3-31)。評点のばらつきは被験者の個人差と関係しており、評価が良好な項目は使用経験や好みなど個人差に左右されずに、操作できるためと考えられた。

主観評価に顕著な差があるE機とH機のCS分析(Customer Satisfaction分析、顧客満足度分析)(菅民郎, 2001.)結果について、満足度は、すべての項目でH機の方が高かった。重要度は、「表示見つけやすさ」、「レバー、スイッチ見つけやすさ」、「レバー、スイッチのサイズ」、「レバー、スイッチの形」、「レバー、スイッチの力」、「レバー、スイッチの位置」、「レバー、スイッチ周りスペース」、「レバー、スイッチ調節しやすさ」はH機の方が高く、「表示の見やすさ」、「レバー、スイッチの操作方向」、「操作のスムーズさ」はほぼ同じ、それ以外の「表示位置、向き」、「表示文字サイズ」「表示配色」「表示内容分かりやすさ」、「調節位置分かりやすさ」、「操作手順分かりやすさ」についてはH機の方が低かった(図3-32)。これは、試作機の方がスムーズに操作できるため、ゆっくり確かめられない感覚について相対的に重要度が下がったのではないかと推量された。

##### (2) 経験の有無

使用経験有の者の主観評価の平均値は、H機が4.0から4.8とやや良好な評価で

あり、それ以外は、3.2 から 4.5 とほぼ同様な評価であった（図 3-33, 図 3-35）。これに対し、使用経験無の者は、レバー、スイッチのサイズ、形、操作方向はほとんど同じ評価であったが、それ以外の項目は、F機、H機がやや良好で、E機、G機がやや不良であった（図 3-34, 図 3-35）。レバーの配置などのレイアウトは全供試機同じであるため、表示の見やすさなどに評価の差が生じたと考えられた。逆に、使用経験有の者は、使用経験無の者に比べて供試機間に評価の差は少なかった。これは、主に経験や知識を基に操作しているため表示の見やすさなどに左右されにくいためと考えられた。なお、性別については、使用経験無の者はほとんど女性であったため、経験無の者と同様な傾向であった。

### (3) 年齢層

60歳未満の者の主観評価の平均値は、F機が 4.1 から 5.0, H機が 4.6 から 5.1 とやや良好で、すべての項目で 4 以上であった。E機が 3.3 から 4.6, G機が 3.4 から 4.4 と、ほとんどの項目で 4 を下回った（図 3-36）。一方、60歳以上の者では、F機が 3.3 から 4.2, H機が 3.8 から 4.5, E機が 3.3 から 4.2, G機が 3.2 から 4.0 であり、表示の見つけやすさ、見やすさなどにH機がやや良好な評価であり、それ以外はほぼ同様な評価であった（図 3-37）。これは、60歳以上では視機能が低下するため、表示の見やすさについて敏感になるためと考えられた。

### (4) 模擬動作の観察、感想など聞き取り結果

「日本語表示は分かりやすい」、「文字が多いと読むのが苦痛である」、「マークは慣れれば、直感的に分かる」との意見があった。取扱説明書について、「分かりにくい」、「読むのが苦痛」、「通常読まない」、「必要な時は詳しい人に聞く」などの意見もあった。

### (5) 操作の分かりやすさを向上させるために

取扱説明書を読みやすくするとともに、読まなくても分かりやすさを向上させることも望ましいと考えられた。操作の分かりやすさを向上させるために、まず、操作具の近傍に目印を設置し見つけやすくし、操作手順を提示することが有効と考えられた。

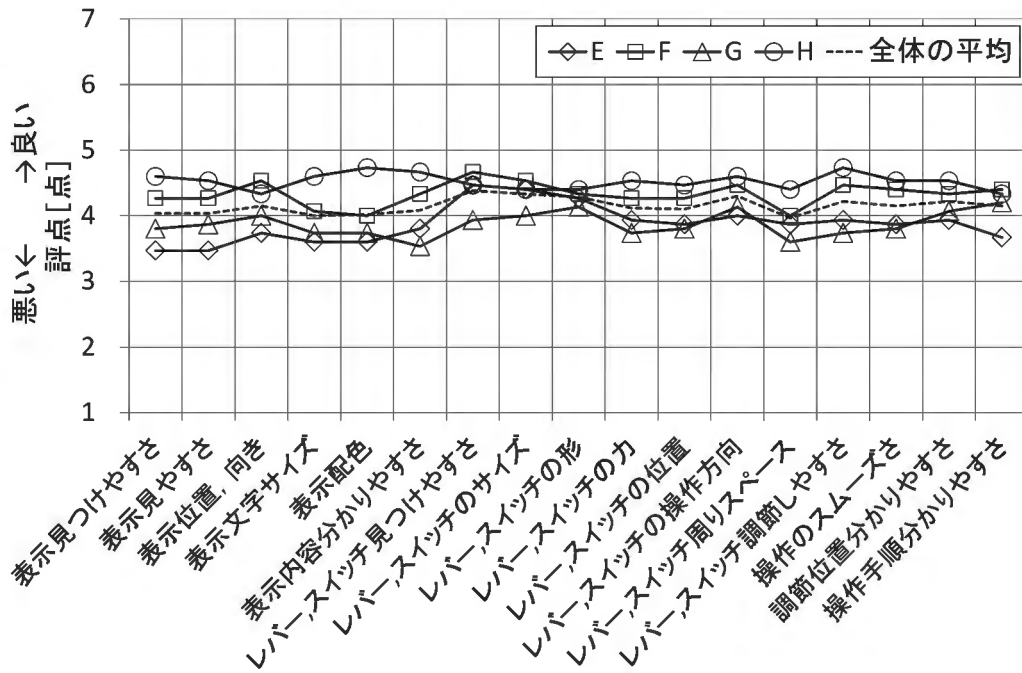


図 3-29 主観評価結果 (平均値, 被験者全体)

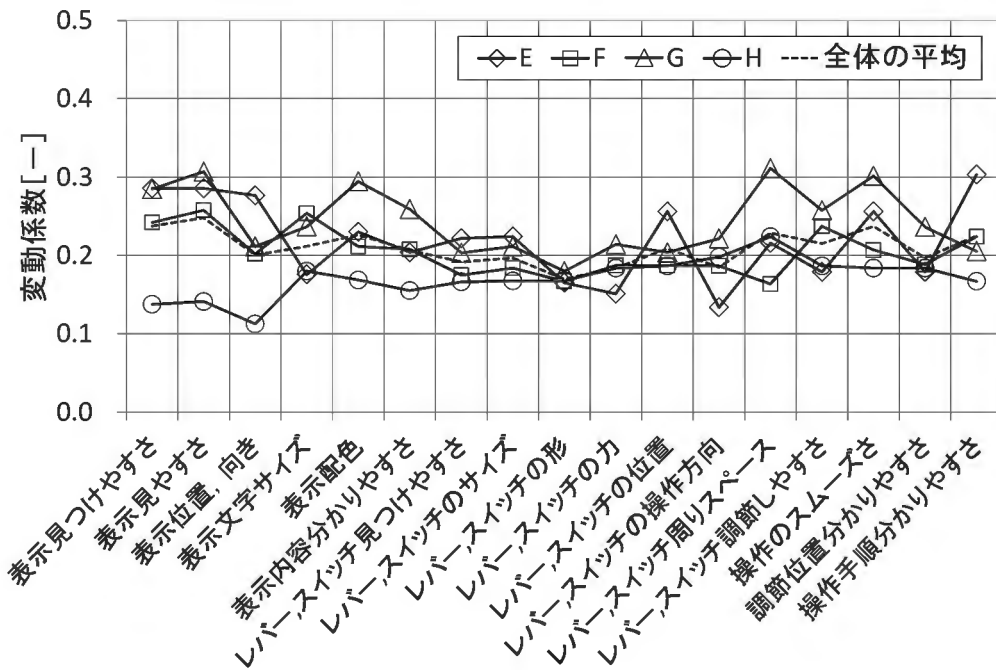


図 3-30 主観評価結果 (変動係数, 被験者全体)

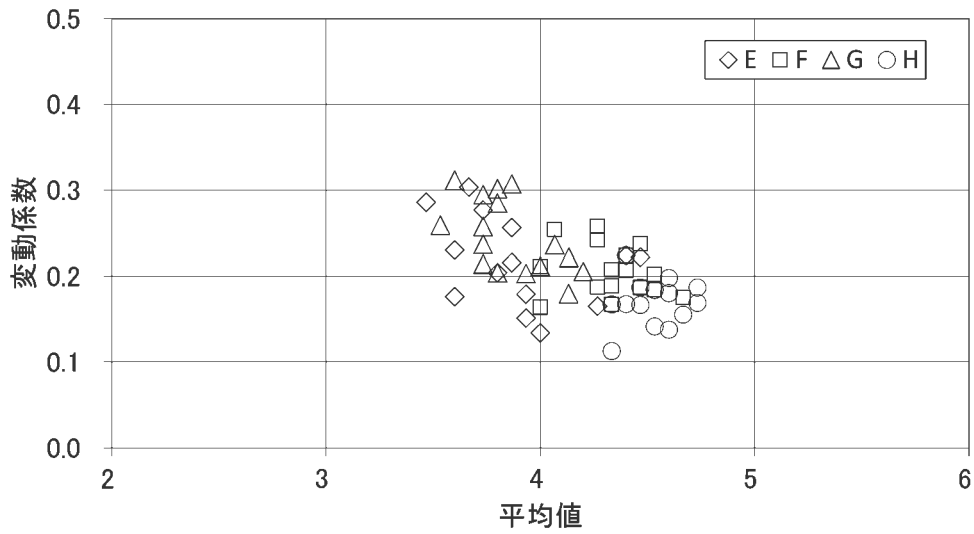


図 3 - 31 主観評価結果（平均値と変動係数の関係，被験者全体）

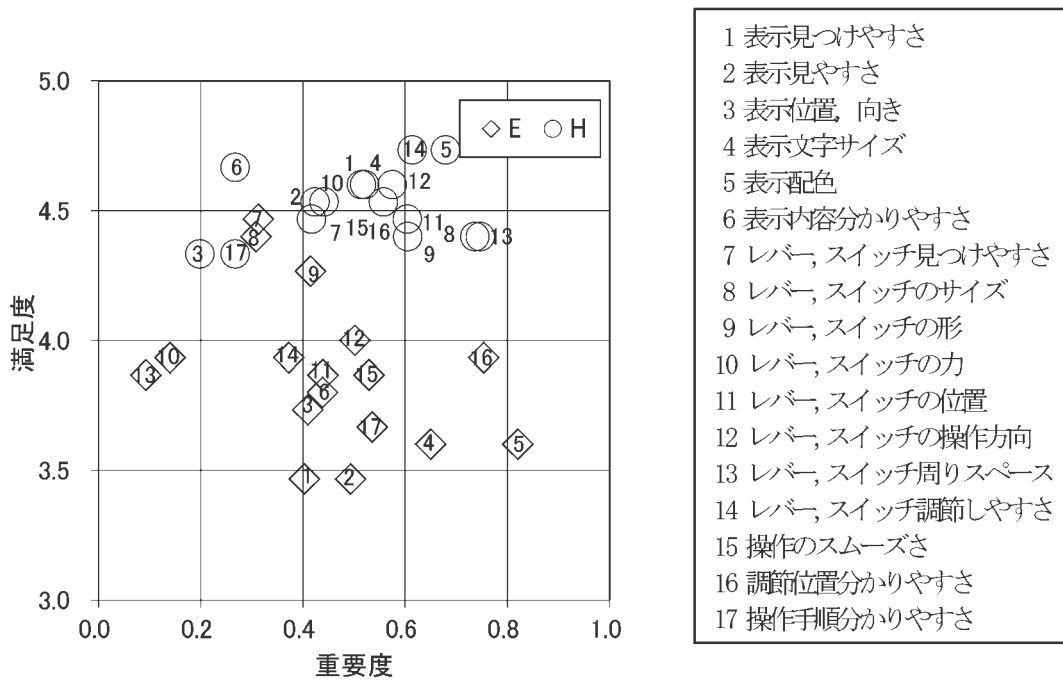


図 3 - 32 主観評価の CS 分析結果



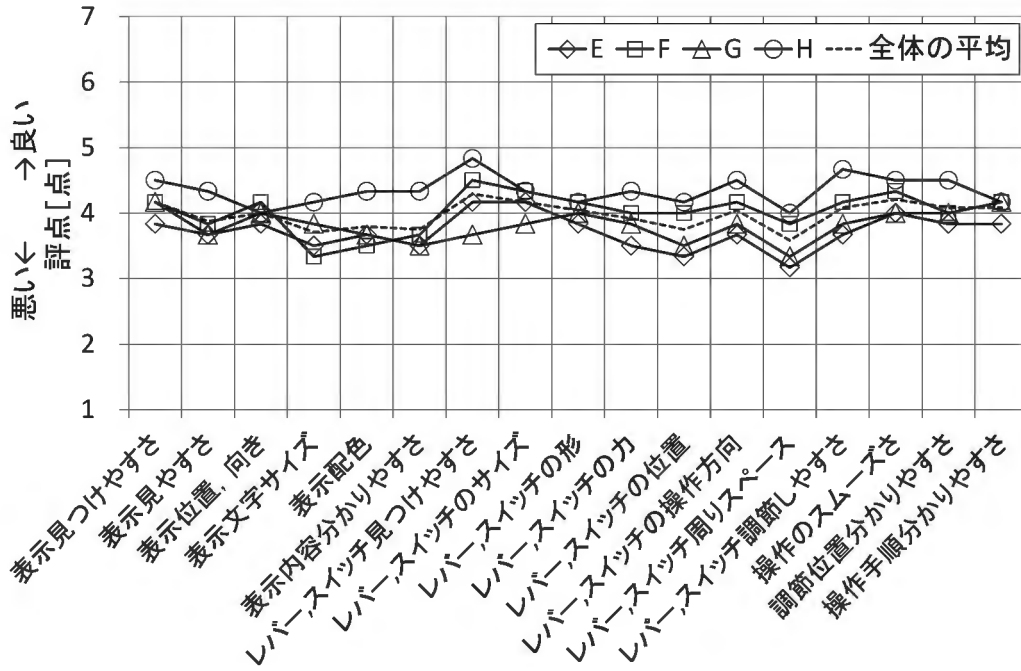


図 3 - 33 主観評価結果 (平均値, 経験有)

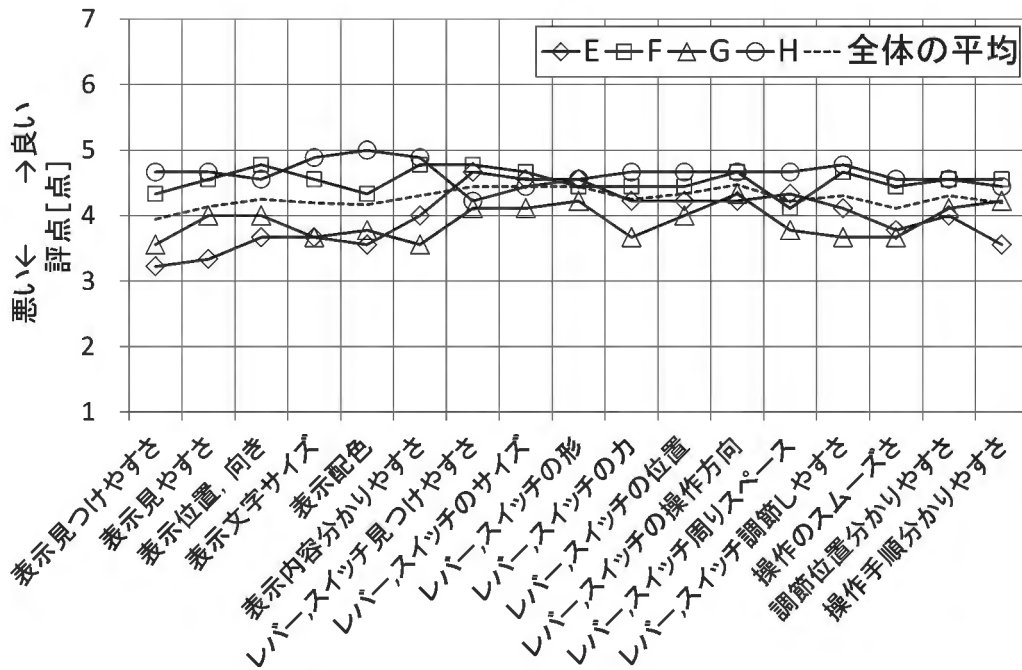


図 3 - 34 主観評価結果 (平均値, 経験無)

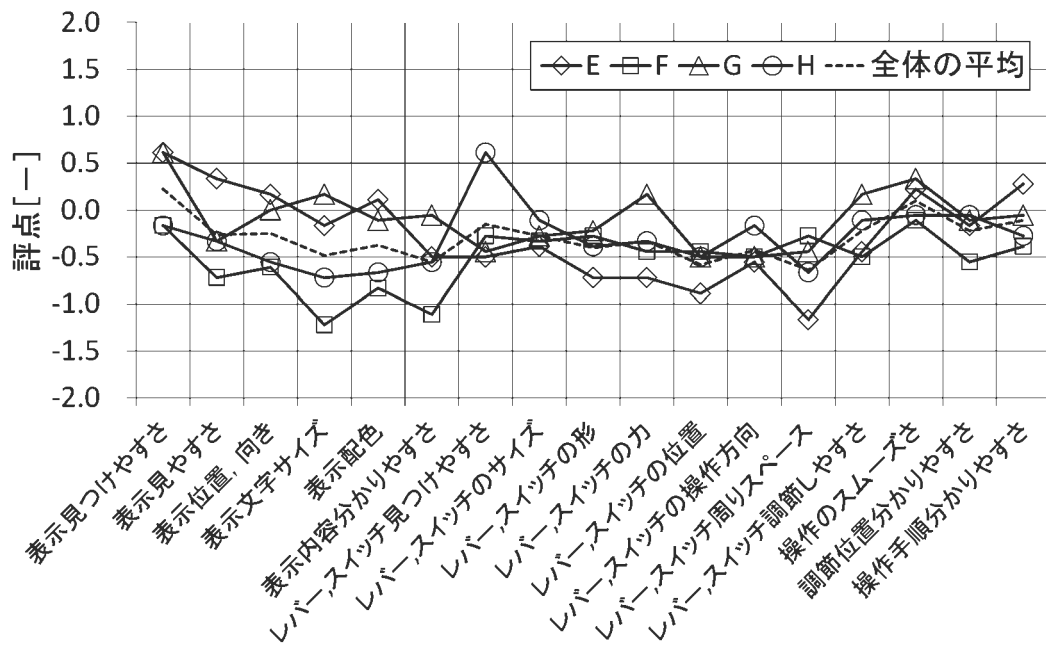


図 3 - 35 主観評価結果 (平均値, 経験差)

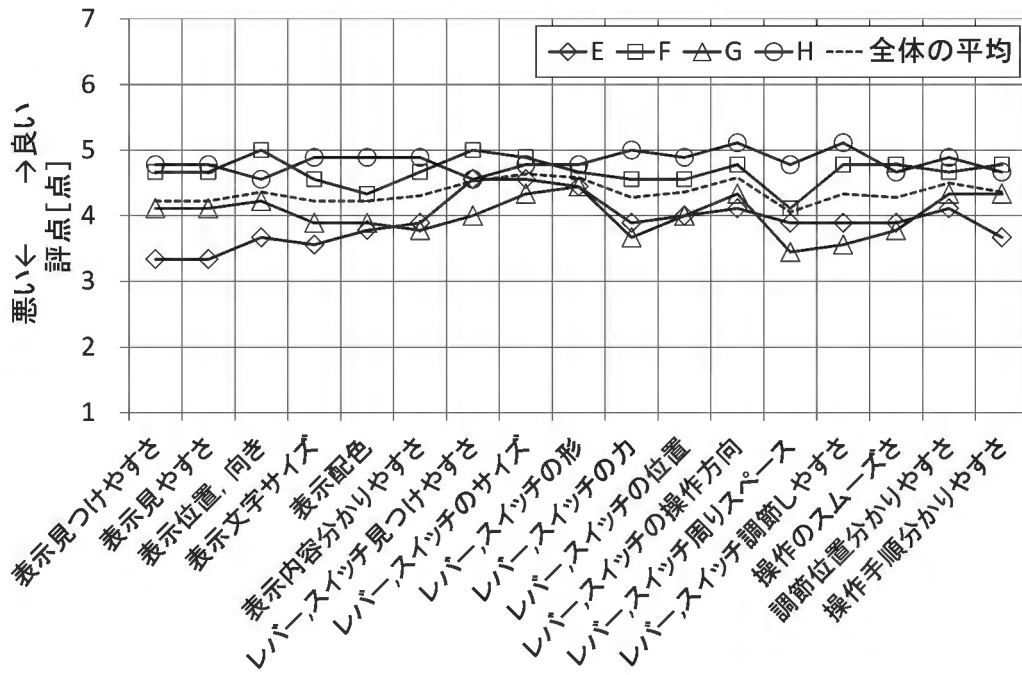


図 3-36 主観評価結果（平均値，60 歳未満）

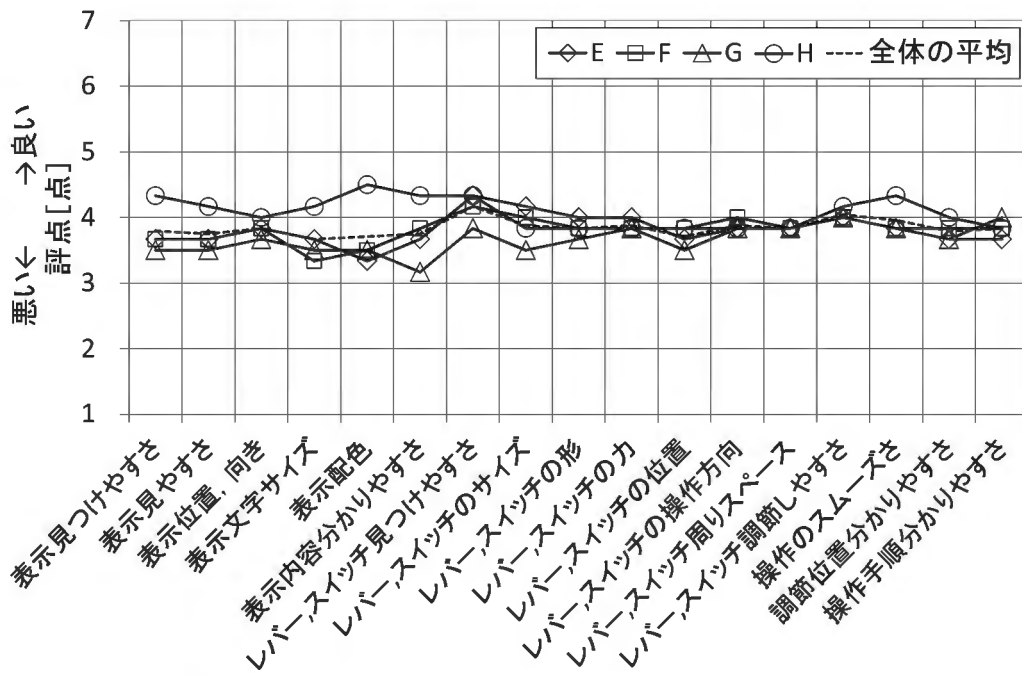


図 3-37 主観評価結果（平均値，60 歳以上）

### 3. 3. 4 まとめ

第2章のユーザビリティ評価で指摘のあった「どこにあるか分からない」、「どのレバーか分からない」、「調節位置が分からない」という認知・判断機能に関する意見を基に、市販機の操作具および操作方法の提示状況を分析した。

- 1) 操作具が目立たなかったり、調節位置の目盛がなかったり、予備知識が必要な操作があるものの説明が無かったり、説明内容が分かりにくいものがあった。
- 2) 操作具の見つけやすさ、内容の分かりやすさを向上させる情報の提示方法について検討した結果、操作具に見つけやすい目印を貼付すること、操作手順を貼付すること、説明内容も精査し定量的な表現とすることとした。エンジン始動操作ラベル、レバーパネルラベル、エンジン取扱ラベル、手の押さえ位置ラベルのモデルを試作した。さらに、これら貼付した操作モデルを4種類試作した。
- 3) 操作モデルを被験者15名にエンジン始動操作などの模擬動作を行ってもらい主観評価してもらった。使用経験などで評価に差がある項目もあったが、ほとんどの項目で薬剤タンク右側面にエンジン始動操作順序とイラスト、操作系を色分けしたラベルを貼付した操作モデルの評価が最も良好であった。

### 3. 4 まとめ

本章の前半では、第2章のユーザビリティ評価で指摘のあった「字が見にくい」などという意見を基に「表示の見やすさ」を向上させることについて検討した。後半では、「どこにあるか分からない」、「どのレバーか分からない」、「調節位置が分からない」などという意見を基に「操作方法の分かりやすさ」を向上させることについて検討した。

- 1) 農業機械の操作表示や注意ラベルなど表示類の実態を調査した。その結果、農業機械における表示類の文字サイズは、平均値 19 pt, 最頻値 12 pt であった。配色は、「黒／白」や「白／黒」などの組み合わせが多かった。一部に文字サイズが小さかったり、視認性の低い色の組み合わせで見づらいなど要改善点もあった。
- 2) 文字サンプルを使用して配色、照度、年齢層と判読可能な文字サイズとの関係を定量的に調査した。その結果、視距離 60 cm における判読可能な最小文字サイズの平均値について、全体的な傾向は、照度「中」・「高」では 6～11 pt で、「低」では 11～19 pt で 1.4～2.4 倍の差があった。平均値と標準偏差とはほぼ比例し悪条件への適応能力は個人差が大きくなると考えられた。
- 3) 判読可能な最小文字サイズについて、年齢層間の比較では 60 歳未満は 6～16 pt, 60 歳以上は 6～23 pt で 0.7～1.7 倍の差があった。特に照度「低」で有意な差があった。
- 4) 読みやすいサイズの平均値は、15～26 pt で、判読可能な最小サイズの 1.3～2.6 倍であった。配色、年齢層についてほとんど有意な差はなかった。
- 5) 表示類の設計に当たっては、想定される使用者属性、使用環境を考慮しながら判読可能な最小サイズ以上にすることが望まれる。大まかであるが、年齢層別に配色、照度、文字サイズから判読可能な使用者の範囲を推定可能であった。
- 6) 「操作方法の分かりやすさ」に関して、市販機における操作方法の提示状況を分析した。その結果、操作具そのものが目立たなかったり、調節位置の目盛がなかったり、予備知識が必要な操作があるものの説明が無かったり、説明内容が分

かりにくいものがあった。

7) 操作具の見つけやすさ、内容の分かりやすさを向上させる情報の提示方法について検討した結果、操作具に見つけやすい目印を貼付すること、操作手順を貼付すること、説明内容も精査し定量的な表現とすることとした。エンジン始動操作ラベル、レバーパネルラベル、エンジン取扱ラベル、手の押さえ位置ラベルのモデルを試作した。さらに、これら貼付した操作モデルを4種類試作した。

8) 操作モデルを被験者15名にエンジン始動操作などの模擬動作を行ってもらい主観評価してもらった。使用経験などで評価に差がある項目もあったが、ほとんどの項目で薬剤タンク右側面にエンジン始動操作順序とイラスト、操作系を色分けしたラベルを貼付した操作モデルの評価が最も良好であった。

## 第4章

使用者の身体機能および体格に配慮した操作具などの改良

## 第4章 使用者の身体機能および体格に配慮した操作具などの改良

### 4.1 はじめに

農作業では、重量物取扱やきつい作業姿勢を伴うことがあり、これが背景となって農業者の腰痛など筋骨格系疾患の問題が指摘されている（菊池豊, 2010.）。

また、農業機械業界では、就農人口の多い高齢者や女性向け市場は重要となっているものの、座席の調節範囲や操作力などの問題点も指摘されている（菊池豊ら, 2007a.; 生研センター, 2011.; 日本農業機械工業会, 2000.）。

実際に第2章のユーザビリティ評価でも「薬剤シャッタを調節しにくい」、「機械が重い」、「操作に力が要る」、「レバー操作しにくい位置にある」など改良要望が多く寄せられた。これに対し、UD7原則では、主に「6. 身体への負担が少ないこと」、「7. 接近や利用するための十分な大きさと空間を確保すること」が提唱されている。

そこで、本章では、ユーザビリティ評価での改良意見を受けて、身体負担軽減や巧緻性など手の動きの自由さ、筋力などの身体機能および体格差などに配慮した改良点の検討、モデル試作、評価を行った。具体的には、手の巧緻性を必要とする薬剤シャッタ調節における操作性向上、薄形の背当てフレームで機体重心を使用者に近付けることによる身体負担軽減、肩ベルト長さ調節時の引き力低減、身長別体格モデルによるシミュレーションにより、レバー配置寸法を検討した結果について述べる。



## 4. 2 薬剤シャッタ調節操作の取扱性向上

### 4. 2. 1 はじめに

動力散布機の薬剤シャッタ調節は、連結棒を差し込むシャッタ連結アームの穴位置を替えることで、シャッタの傾斜角度範囲を調節することである。薬剤シャッタ調節は、大きな力を必要としないこと、主要な操作ではないことから問題点が見過ごされがちである。しかし、背当てフレームと薬剤タンクとの隙間に手を入れながら行う必要があるため手の巧緻性を必要とする。一方で一般的に高齢者は、手指の巧緻性が低下する傾向があり（人間生活工学研究センター(HQL), 2014.），手袋を着用している場合にはさらに操作しにくくなる。調節操作しやすくするために背当てフレームと薬剤タンクの隙間を広くすると、機体重心から使用者までの距離が遠くなり、背負った時の身体負担が増大する問題点も生じる。

そこで、本節では、市販機の薬剤シャッタ調節操作のタスクを分析するとともに、改良したシャッタ調節モデルを試作し、評価した結果について述べる。

### 4. 2. 2 方法

#### 1) 対照機の分析

第2章のユーザビリティ評価で指摘のあった「金具扱いにくい」、「スペース狭い」といったという意見と対照機（市販機、第2章のD機と同じ）の薬剤シャッタ調節操作時のタスクと構造を分析した。

#### 2) シャッタ調節モデル試作

シャッタ調節部について、改良手法を検討し、シャッタ調節モデルを試作した。

#### 3) シャッタ調節モデル評価

対照機とシャッタ調節モデル試作機について、シャッタ調節模擬動作を被験者男

女4名に行ってもらい取扱性を主観評価してもらった（表4-1，表4-2）。同時に各タスクの時間を分析した。被験者は，一般職業適性検査[事業所用]用手腕作業検査盤（竹井機器工業株式会社 T.K.K.1306，以下，ペグボード）（厚生労働省職業安定局，1987.）による検査点数平均 148±標準偏差 15 点の者であった。なお，ペグボードとは，約 326（W）×238（D）×19（H）mm の板に直径 13.5mm の穴が 96 個あり，直径 7.5×30mm の丸棒（ペグ）と一緒に使用するものである（図4-1）。最初に差し込んでいる穴から別の穴に差し替える M 部検査，ペグの上下の向きを反転させて同じ穴へ差し替える N 部検査がある。厚生労働省編一般職業適性検査（General Aptitude Test Battery: GATB）（厚生労働省職業安定局，1987.）の一部として使用されている。シャッタ調節模擬動作は，供試機の取扱説明書を参考に，表4-2の①から④の手順で行ってもらった。実験風景を図4-2に示す。

主観評価は，「金具つかみやすさ」，「穴出し入れしやすさ」などの9項目について，非常に悪い[1]—かなり悪い[2]—やや悪い[3]—いずれでもない[4]—やや良い[5]—かなり良い[6]—非常に良い[7]の7段階の評点で回答してもらった。主観評価データについて，マン・ホイットニーのU検定を行った。さらに，本研究成果の利活用のために，調査票様式を附録の附図2に示す。

表4-1 被験者条件

1.被験者(4名)	
1)年齢	平均 46.5±標準偏差 6.2[歳] [39～54 歳]，
2)性別	男 2[名]，女 2[名]
3)体格	身長 163.0±8.0[cm]，体重 72.3±16.1[kg]
4)健康状態	手などに障害の無い者
5)ペグボード検査	平均 148±標準偏差 15[点]

表 4 - 2 実験条件

- 
1. 供試機(2台) 対照機, 試作機
  2. 操作手順
    - ①シャッター右側にあるギヤのノブ奥に押す。(バネで反時計方向へ自動的に回転する。)
    - ②掛け金を上げ, 連結棒を把持してシャッターアームの穴「少」から「多」へ差し替える。掛け金を掛ける。
    - ③掛け金を上げ, 連結棒を把持してシャッターアームの穴「多」から「少」へ差し替える。掛け金を掛ける。
    - ④ギヤのノブをバネの力に抗しながら時計方向に回転させ, 左右ギヤのかみ合う位置で手前に引く。
  3. 評価項目(18項目)  
表示見やすさ, ノブ・レバーつかみやすさ, 金具つかみやすさ, 穴出し入れしやすさ, 必要な力の大きさ, すき間の大きさ, 調節位置合わせやすさ, 操作スムーズさ, 総合評価 (操作しやすさ)
  4. 評点 非常に悪い[1]-かなり悪い[2]-やや悪い[3]-いずれでもない[4]-やや良い[5] -かなり良い[6]-非常に良い[7]の7段階
- 

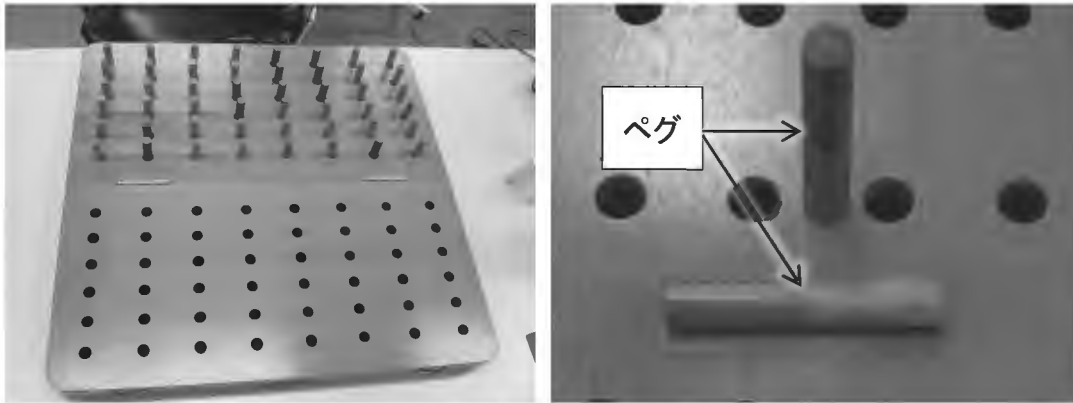


図 4 - 1 ペグボード



図 4 - 2 実験風景

### 4. 2. 3 結果と考察

#### 1) 対照機の分析

対照機のシャッタ調節操作は、①幅 20mm 程度の狭い隙間の奥へ手を入れる必要があること、②狭い隙間の中で直径 6mm、逆 L 字形の連結棒の向きを保持しつつシャッタ連結アームの穴へ抜き挿しする必要があること、③掛け金を開きながらシャッタ連結アームを保持しなければならないこと、④無理に掛け金を開くとバネが伸びてしまうこと、⑤右側のノブは、指先だけで保持しながら引き出すにはトルクが大きいこと、など問題点が挙げられた (図 4-3)。

対照機の操作時間は、27~87s であった。そのほとんどは、「連結棒を把持してアームの穴へ差し替える」動作であった。これは、狭いすき間の奥に手を入れなければならないので指を動かすにくいこと、クルクル回る連結棒を保持しにくいことなどが原因と考えられた。

#### 2) シャッタ調節モデル試作

前項の問題点を解決するコンセプトは、以下のとおりである。①フレームとタンクのすき間は 20mm 以下で狭いところに手を入れる必要性を減らすこと、②連結棒などを安定して保持できるようにすること、③Rピンなど着脱部品は、落下や紛失の恐れがあるので使用しないこと、④操作が分かりやすいこと、⑤操作レバーを上下に激しく動かしても耐久性があること、⑥機構連結部にながたつきがなく散布流量の精度が確保されること、⑦掛け金をかけ忘れないように掛け金が開いた状態で保持できないようにすること、⑧連結棒の固定状態が確認しやすいこと、⑨操作しない時には、防除衣や周囲作物などに引っかからないことと考えられた。

これらを踏まえた改良点は、以下のとおりである。①機体右外側から連結棒を保持できるよう、連結棒右側に 50mm 程度の取っ手を取り付けた。②シャッタ右側アームを長くした。連結棒を固定する掛け金の支点を左側に移動し、アームと一緒に握った状態で、掛け金が開くようにした。③ノブの直径を 24mm から 30mm にして、

トルクは同じもののノブの保持に必要な力を下げるとともに、手前に引きだしやすいように前端部に段差を付けた（図4-4）。

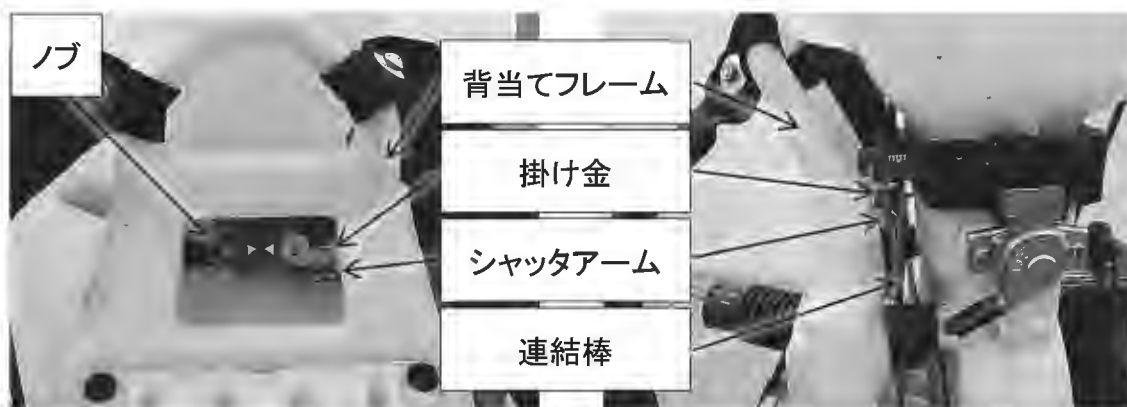


図4-3 対照機

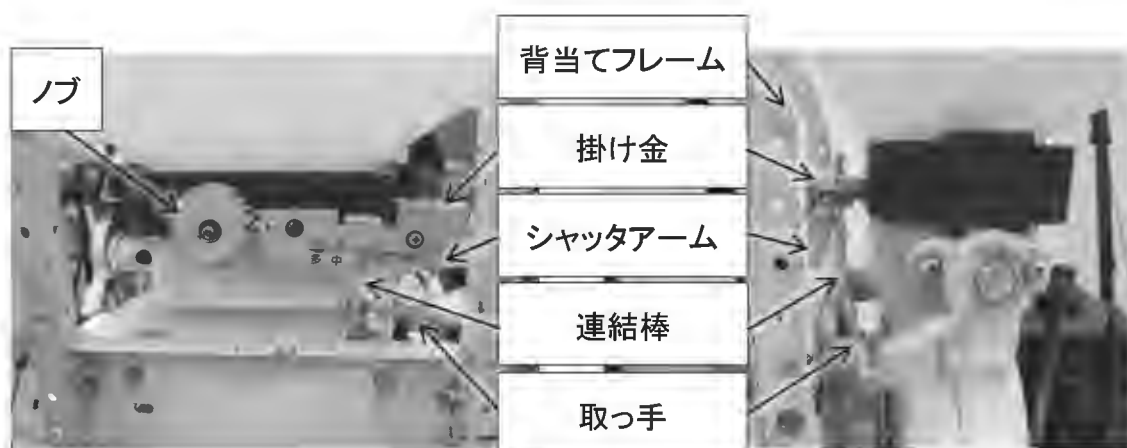


図4-4 試作機

### 3) シャッタ調節モデル評価

操作時間は、対照機が 27 から 87 秒、試作機が 16～34 秒であり、被験者毎には対照機より試作機の方が 3～6 割短縮された (図 4-5)。特に、連結棒をアームの穴へ差し替える時間が短縮された。シャッタ調節時間とペグボード検査点数とは反比例しており、手の器用さに比例していた (図 4-6)。主観評価評点の平均値は、対照機が 2.0 から 4.0 とやや不良で、試作機が 4.0 から 5.8 と良好であった。特に「表示見やすさ」、「穴出し入れしやすさ」の差が 3 点程度向上した (図 4-7)。これは、シャッタ操作モデルは、連結棒の取っ手を確実に保持できるため、シャッタ連結アームの穴へ連結棒を差し替える時に手から棒が外れるミスが削減されたためと考えられた。変動係数は、0.1～0.8 の範囲で、平均値と変動係数とは反比例する傾向があった (図 4-8)。評点のばらつきは被験者の個人差と関係しており、評価が良好な項目は使用経験や好みなど個人差に左右されずに、操作できるためと考えられた。特に、「表示見やすさ」、「穴出し入れしやすさ」、「総合評価」は有意であった。CS 分析 (菅民郎, 2001.) 結果について、満足度は、すべての項目で試作機の方が高かったが、重要度は、「必要な力の大きさ」、「操作スムーズさ」は試作機の方が高く、「表示見やすさ」、「総合評価」はほぼ同じ、それ以外の項目は試作機の方が低かった (図 4-9)。これは、試作機の方が短時間でスムーズに操作できるため、ゆっくり確かめられない感覚について相対的に重要度が下がったのではないかと推量された。ノブの回転に必要な接線方向の力は対照機より 2 割程度低減した。

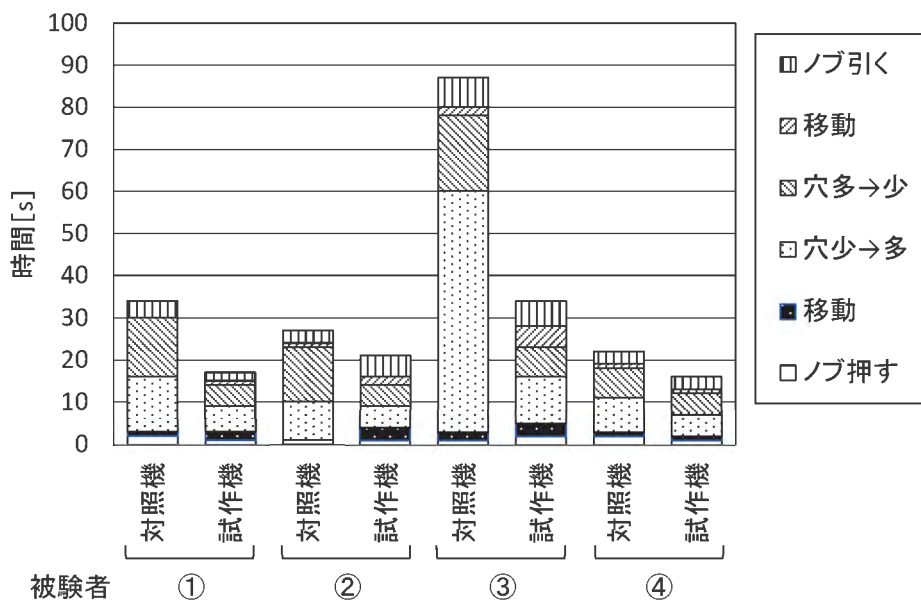


図 4-5 シャッタ調節時間分析結果

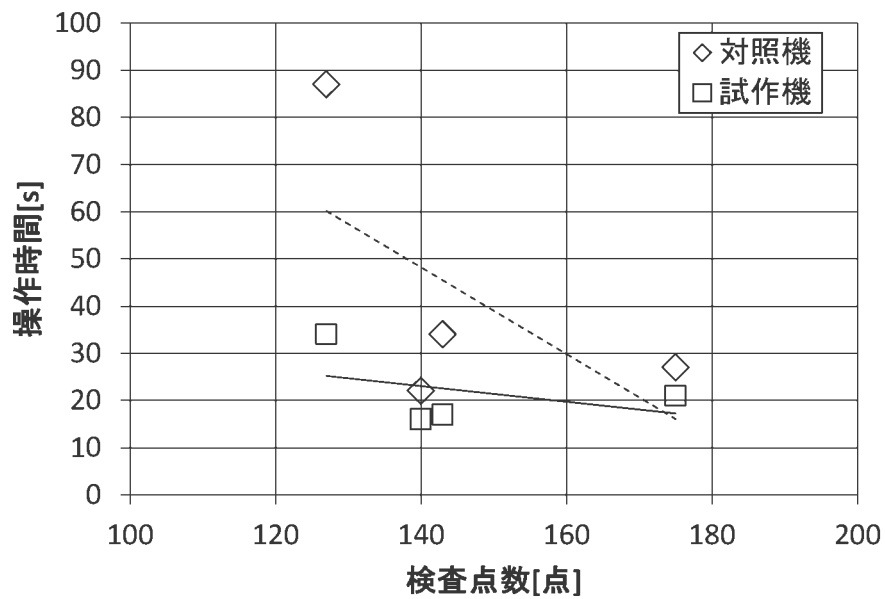


図 4-6 ペグボード検査点数とシャッタ調節時間

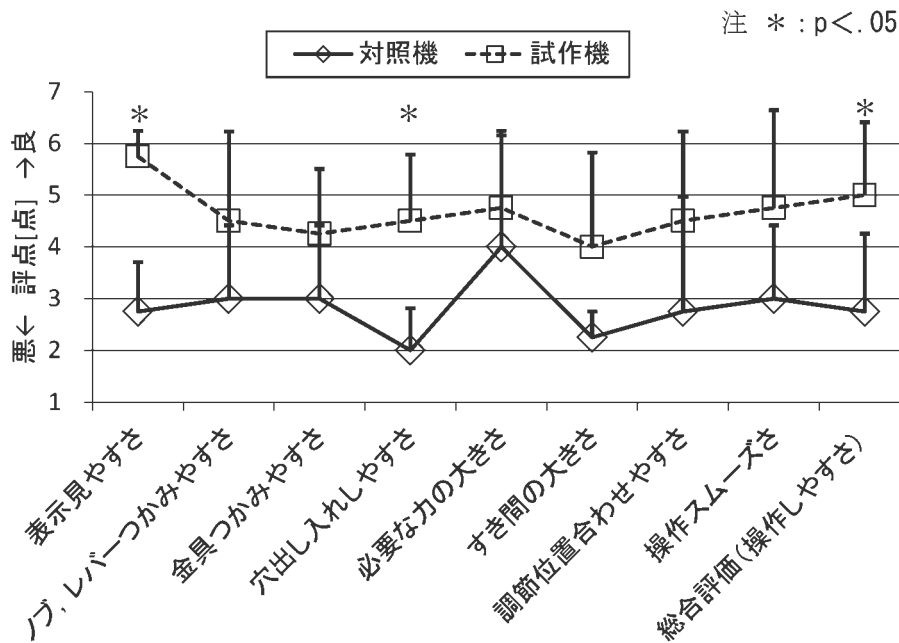


図 4-7 シャッタ調節主観評価

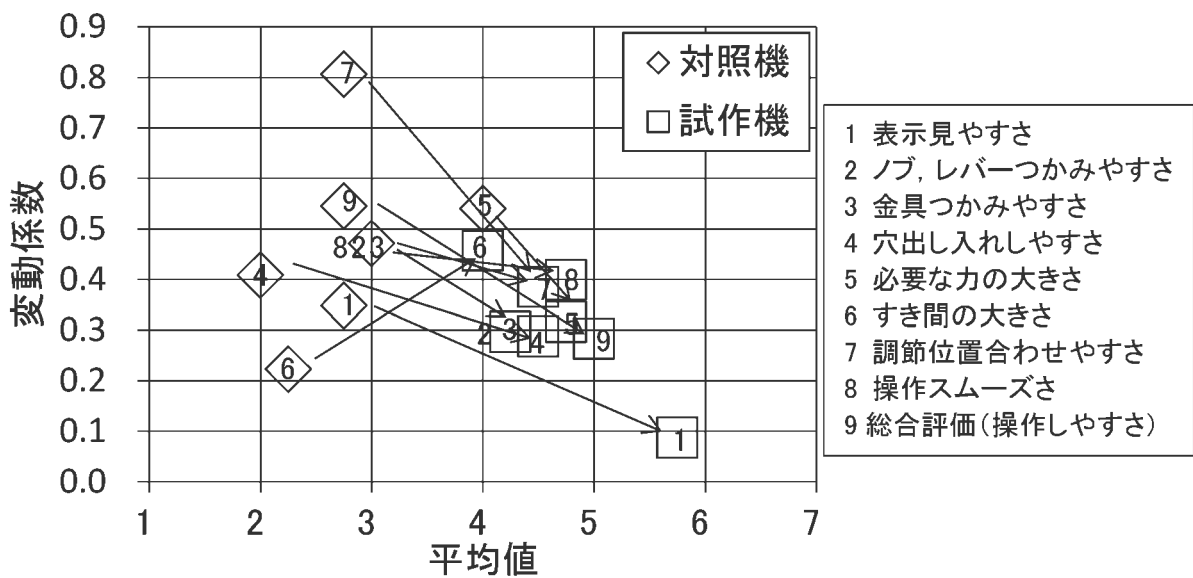


図 4-8 シャッタ調節主観評価 (平均-変動係数)



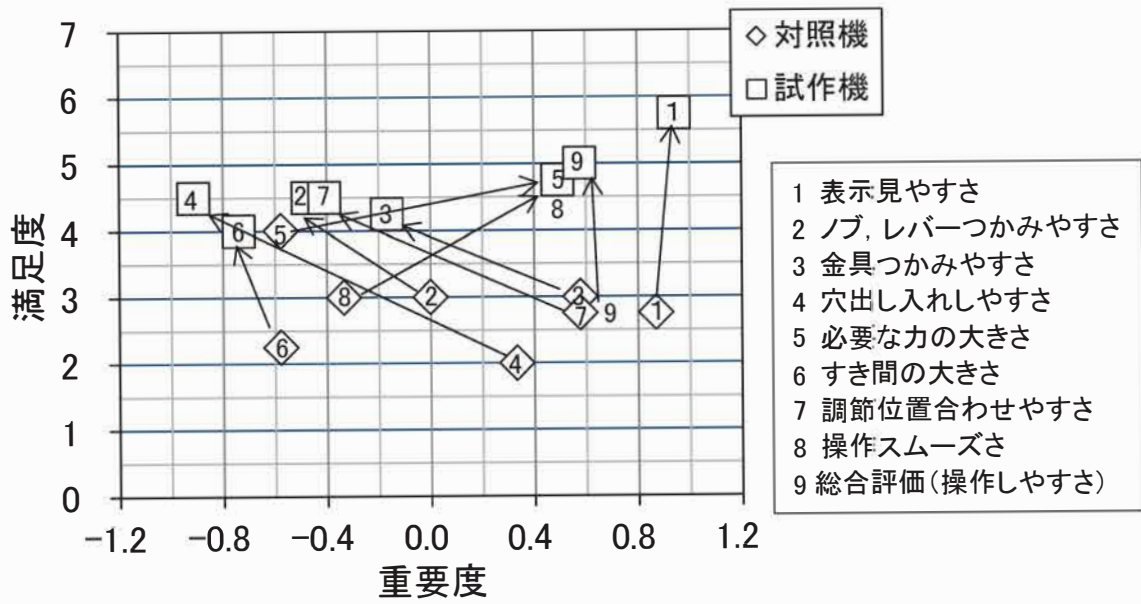


図4-9 シャッタ調節主観評価分析 (CS分析)

#### 4. 2. 4 まとめ

第2章のユーザビリティ評価で指摘のあった「薬剤シャッタを調節しにくい」という手の巧緻性と関係する意見を基に市販機の薬剤シャッタ調節操作のタスクを分析した。

- 1) その結果、狭い隙間の奥へ手を入れる必要があること、狭い隙間の中で連結棒の向きを保持しつつシャッタ連結アームの穴へ抜き挿しする必要があること、掛け金を開きながらシャッタ連結アームを保持しなければならないこと、無理に掛け金を開くとバネが伸びてしまうこと、右側のノブは、指先だけで保持しながら引き出すにはトルクが大きいこと、など問題点が挙げられた。
- 2) これらの問題点を解決するためにシャッタ調節モデルを試作した。モデルを評価したところ、操作時間は、16～34秒と対照機より3～6割短縮された。主観評価は、試作機の方が全ての項目で評価が高かった。特に「表示見やすさ」、「穴出し入れしやすさ」が高かった。

## 4. 3 薄形背当てフレームによる重心接近

### 4. 3. 1 はじめに

第2章のユーザビリティ評価で指摘のあった「機械が重い」、「後ろに倒れそう」という機体質量による身体負担を少しでも軽減する改良手法を検討した。

市販機の乾燥質量は、10kg程度であるが、タンク満量では、25kgを超えるものがあり、腰痛など健康障害も危惧される（ISO11228-1:2003.; 菊池豊, 2010.）（図4-10）。薬剤を少なくしたり、運搬車に積載して作業することも考えられるが、補給のための移動の作業効率や運搬車の走行できる場所の制約など課題も多い。一般的に、登山用のバックパックでは、身体負担が少なくするために荷物の質量が小さく重心位置が使用者に近くなるように荷物の詰め方など推奨している（堀田弘司, 1990.; 石井スポーツ, 2012.）。しかし、現在の動力散布機では、すでに主要な部品がほとんど樹脂製で大幅な軽量化が困難なこと、薬剤タンク、シャッタ、ファンを通して粉粒体の流れを制御するために、これらのレイアウトの大幅な変更が困難なことなど制約が多い。

そこで、本節では、このような制約がある中で、機体質量による身体負担を少しでも軽減するために背当てフレームなどを薄くした背当てフレームモデルを試作し、重心位置を測定して評価した結果について述べる。

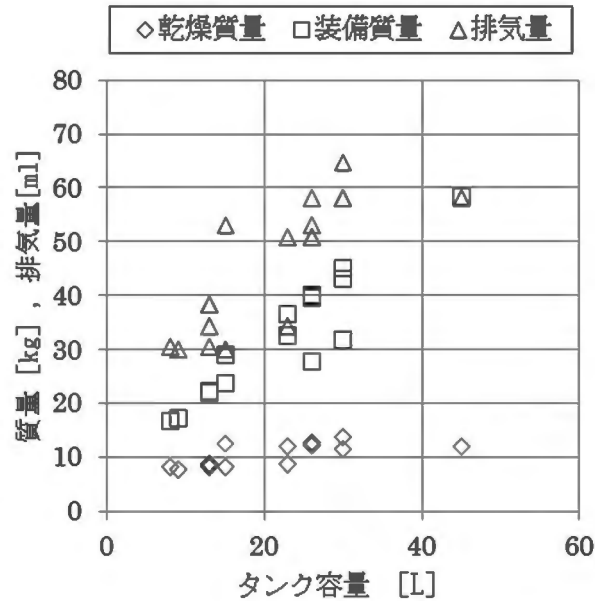


図4-10 薬剤タンク容量と機体質量，機関排気量

#### 4. 3. 2 方法

##### 1) 薄形背当てフレームモデル試作

重心位置を使用者に近づけるために、背当てフレーム、シャッタ調節機構などを薄くした背当てフレームモデルを試作した。

##### 2) 重心位置測定

対照機（市販機，第2章のD機と同じ）と背当てフレームモデルを組み込んだ試作機について，上下，左右，前後方向それぞれの重心を，フォースプレート（(株)テック技販製 TF-4060-B）で測定した（表4-4，図4-11）。装備状態は，蛇腹ホース付きとした。燃料と肥料とも空状態（乾燥状態），燃料のみ満量時，肥料と燃料ともに満量時の3条件とした（表4-3）。

##### 3) 前傾背当てフレームモデル検討

背負った状態以外に，機械を背負う動作，降ろす動作について，背当てフレームの改良点について検討した。

表 4 - 3 供試機条件

1. 供試機(2台)	対照機 (市販機, 第2章のD機と同じ), 試作機
2. 充填資材	
1)燃料	レギュラーガソリン, 2サイクルエンジン用オイル混合 密度 0.75 [g/cm <sup>3</sup> ]
2)肥料	名称 くみあい化成3号 区分 普通化成, 登録番号第3793号 かさ密度 1.0 [g/cm <sup>3</sup> ] (実測)

表 4 - 4 重心位置測定装置 (フォースプレート) 仕様

1. 型式名	(株)テック技販 TF-4060-B		
2. 外形寸法 [mm]	400×600×77		
3. 測定レンジ	1	2	3
Fx, FY [N]	±1000	±2000	±3000
Fz [N]	+3000	+6000	+10000
Mx [N・m]	±600	±1200	±2000
My [N・m]	±450	±900	±1500
Mz [N・m]	±200	±400	±600



図 4 - 11 重心位置測定風景

### 4. 3. 3 結果と考察

#### 1) 薄形背当てフレームモデル試作

背当てフレームの厚さを薄くしたフレームおよび、それに組み込み可能なシャッタ調節機構を試作した結果、高さ 260mm（ファンケースとフレーム上側取付け防振ゴム中心高さ）におけるファンケース継ぎ目から背当てパッド前面までの距離は約 147mm から 134mm に短くなった（図 4-12）。

#### 2) 重心位置測定

重心位置の測定結果を表 4-5 に示す。なお、基準位置と座標方向は、前後は、位置が明確なファンケース継ぎ目を 0 とし、前側を正方向とした。左右は、背当て中心を 0 とし、右側を正とした。上下は、下端を 0 とし、上側を正方向とした。

対照機と試作機を比較すると、燃料と肥料とも空状態（乾燥状態）では、前側に 24mm、右側に 21mm、上側に 4mm 重心位置が変化した。肥料と燃料ともに満量時では、前側に 5mm、右側に 5mm、下側に 21mm 重心位置が変化した（表 4-5、図 4-12）。さらに、背当てフレーム、パッド厚さの短縮を合わせると、肥料と燃料ともに満量時では、重心位置が前側に 18mm 変化し、作業者に近づいたことになる。

表 4-5 重心位置測定結果 単位[mm]

状態	燃料空・肥料空			燃料満・肥料空			燃料満・肥料満量		
	前後	左右	上下	前後	左右	上下	前後	左右	上下
試作機	3	9	245	-3	4	239	-26	8	419
対照機	-21	-12	241	-29	-6	221	-31	3	440

注 基準・方向 前後：ファンケース継ぎ目・前側正  
 左右：背当て中心・右側正  
 上下：下端・上側正  
 装備 蛇腹ホース付き

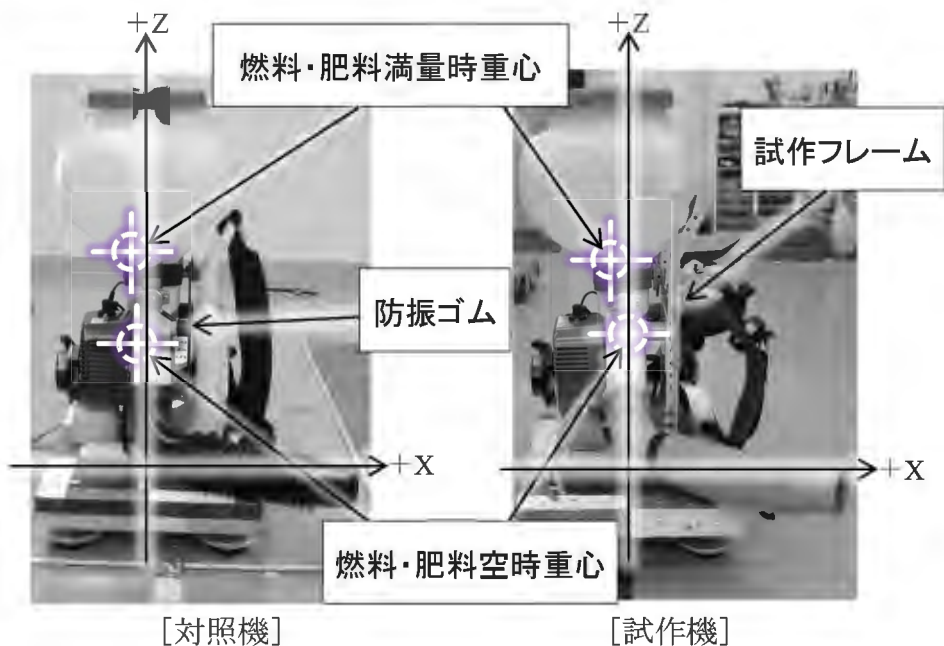


図 4-12 重心位置の模式図（右側面図）

### 3) 前傾背当てフレームモデル検討

模式図を図 4-13 に示す。モデルでは背当てフレームを前傾させていることを特徴とした。これにより、図 4-13 の①のように台などに機械を静置した時に背当てフレームと肩ベルトの間にすき間ができて腕を通しやすくなること、②のように肩ベルト上側の取付け部が台前端より前側になるため、機械を台の端に置いて使用者が背負う時に、体幹が後傾よりも直立に近くなって腹筋の負担が低減されること、③のように背負った状態では重心は同程度となること、④のように機械を降ろす時に、フレーム後端が早めに台へ着地するので、腹筋や膝の負担が若干軽減できる可能性があると考えられた。

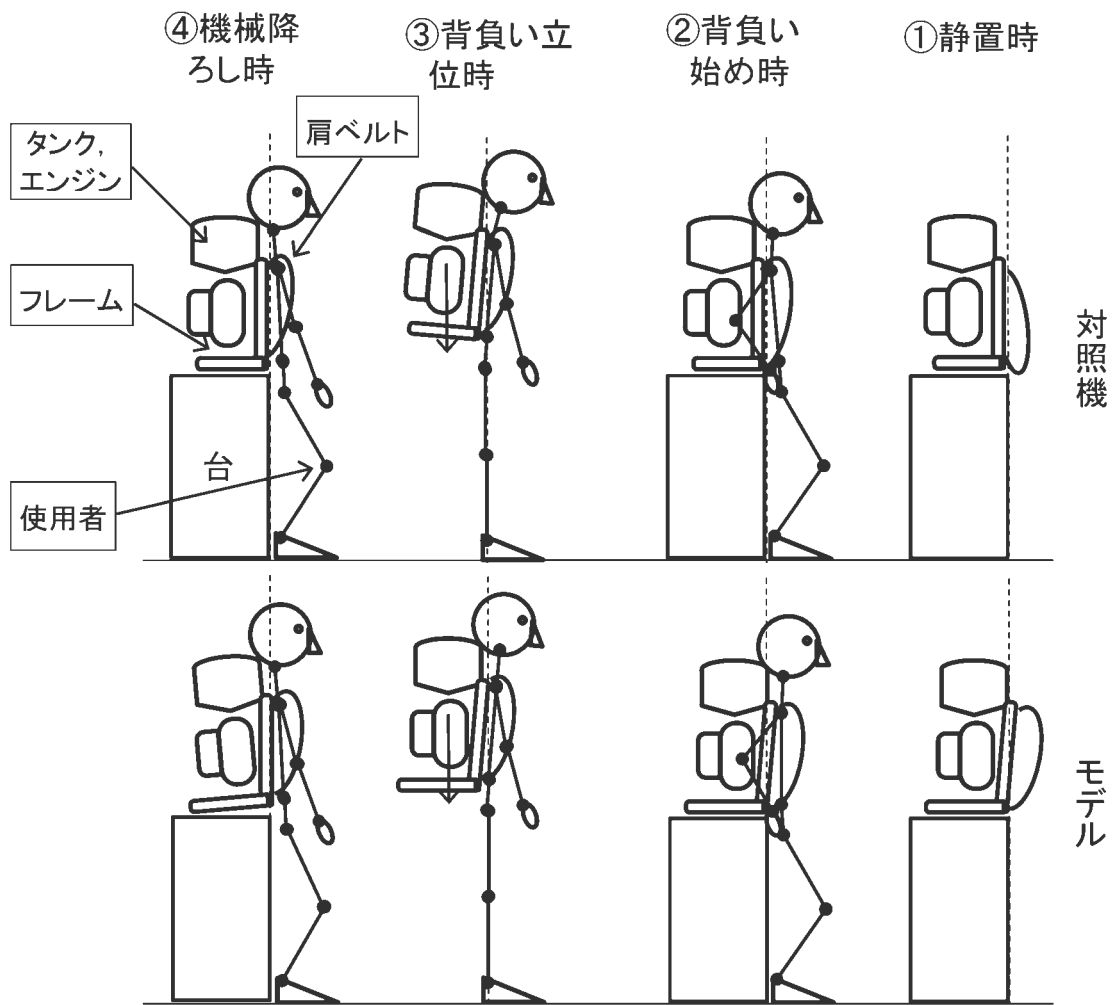


図4-13 前傾背当てフレームモデル模式図



#### 4. 3. 4 まとめ

第2章のユーザビリティ評価で指摘のあった「機械が重い」、「後ろに倒れそう」という機体質量による身体負担を少しでも軽減するために背当てフレーム、シヤッタ調節機構などを薄くした背当てフレームモデルを検討した。

- 1) 対照機と背当てフレームモデルを組み込んだ試作機について、重心位置を測定した結果、肥料と燃料ともに満量時で、作業者に18mm近づいた。
- 2) 背負った状態以外に、機械を背負う動作、降ろす動作について、背当てフレームの改良点について検討した。モデルでは背当てフレームを前傾させていることを特徴とした。背当てフレームと肩ベルトの間にすき間ができて腕を通しやすくなること、肩ベルト上側の取付け部が台前端より前側になるため機械を台の端に置いて使用者が背負う時に体幹が後傾よりも直立に近くなって腹筋の負担が低減されること、機械を降ろす時にフレーム後端が早めに台へ着地するので、腹筋や膝の負担が若干軽減できる可能性があると考えられた。

## 4. 4 肩ベルト長さ調節モデルによる引き力低減

### 4. 4. 1 はじめに

肩ベルトの長さ調節は、人と機械との密着性を高めて、機械の質量を支えるために非常に重要である。しかし、肩ベルトを締めすぎると首、肩の血管や神経を圧迫したり（河原雅典, 1999.; 堀田弘司, 1990.），背負う時に腕を通しにくくなる。逆に緩いと機械が後傾して、人と機械の重心が離れて機械の揺れが大きくなりそれを抑えるために身体負担が大きくなったり、転倒の危険性もある。また、肩ベルトの長さ調節時の引き力は、ラダーロックの保持力に比例すると考えられるが、作業中の機械落下を防止するためにラダーロックの保持力は重要である。

地面やトラックの荷台へ機械を置いた状態では、引き力は少なく調節できるものの、人と機械との密着性が低く適正な長さに調節できない恐れがある。よって、ラダーロックの保持力を維持しつつ、背負ったまま調整ベルトを引くことができることが必要である。

そこで、本節では、肩ベルトの長さ調節するために長さ調整ベルトを引く力を調査するとともに、肩ベルトの引き力低減機構を試作し、評価した結果について述べる。

### 4. 4. 2 方法

#### 1) 対照機の調査

対照機の肩ベルトの長さ調節するために長さ調整ベルトを引く力を調査した。対照機の質量は 10, 20kg, 引き角度は、肩ベルト下側と平行を  $0^\circ$  として、 $0, 30, 45, 60, 90^\circ$  を、デジタルフォースゲージ（IMADA 製 ZPS-DPU-500N）で測定した。

測定方法は、まず、被験者に合うように肩ベルト全体長さを調整する。その長さを基準とし、片側の肩ベルト長さ調整ベルトを約 100mm 緩めて伸ばし、元の長さになるまで、調整ベルト下端を所定の角度を保持しながら引いた。この時の最大値

を引き力とした。この実験は各測定条件で5回反復測定した(図4-14, 図4-15)。

## 2) 肩ベルト調節モデル試作

肩ベルトの引き力低減機構を検討し, 肩ベルト調節モデルを試作した(図4-16)。

## 3) 肩ベルト調節モデル評価

試作モデルを供試して, 引き力を測定した。測定方法は, 対照機の調査と同じにした(表4-6, 表4-7)。測定データについて, マン・ホイットニーのU検定を行った。

表4-6 被験者条件

1.被験者(4名)	
1)年齢	平均 56±標準偏差 5.3[歳]
2)体格	身長 163.8±7.9[cm], 体重 61.5±10.5[kg]
3)性別	男 2[名], 女 2[名]

表4-7 実験条件

1.供試機		対照機, 試作機
1)肩ベルト	材質: ポリプロピレン,	平織り, 幅 23.5[mm] (公称 25[mm]), 厚さ 1.9[mm]
2)留め具 (ラダーロック)	材質: ナイロン,	適用テープ幅最大 25[mm]
3)機体質量	10, 20[kg]	
2. ベルト引き角度		0{長さ調整ベルトと平行}, 30, 45, 60, 90[°]



図4-14 肩ベルト引き力調査風景

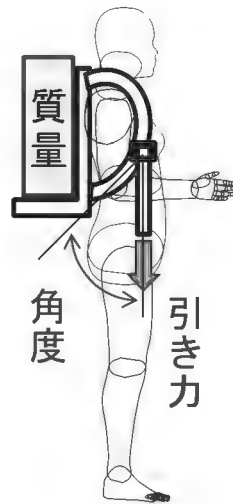


図4-15 引き力測定模式図

### 4. 4. 3 結果と考察

#### 1) 対照機の調査

引き力は、片側 70~120N で、機体質量が大きいほど、角度が大きいほど力が大きい傾向であった。質量によって 1.1~1.7 倍となった。これは、角度が大きくなると分力が大きくなるとともに、ラダーロック端面の溝へベルトが引っかかるためと考えられた。ほとんどの供試機の取扱説明書では、60°程度で引く旨のイラストが掲載されているが、被験者が引くには困難なレベルであった。90°では、500N を越え引くことができなかった。これは、ラダーロックに調整ベルトを折り返しながら通し、互いの摩擦力で機体質量を保持していることに起因する。供試機の機体質量は、燃料、薬剤満量では最大 35kg 程度になることもある。片側のベルトのみで担ぐ場面も想定されるため、ベルト 1 本当たり 350N(35kg)程度の保持力が必要で、その反力としてこのように大きな引き力が必要となるものと考えられた。

なお、バックパックは、腰と胸ベルトなどで支持する荷重を分散させるタイプがあるが、動力散布機では、水田内での転倒時における緊急離脱の必要性から腰と胸ベルトの装備は困難であるという制約がある。

#### 2) 肩ベルト調節モデル試作

肩ベルトの長さ調整部分に、定滑車と動滑車を組み合わせた複滑車（ふくかつしや）を利用した機構を考案し、試作した（図 4-16）。この機構により、摩擦を無視すれば引き力を 1/2 にできる可能性があると考えられた。また、ベルトやラダーロックにかかる張力も低減されるので、コスト削減にもなる。長さ調整ベルトの終端は、ループ上にして指を引っかけられるようにした。これにより、握力が小さい者でも容易に引くことができると考えられた。

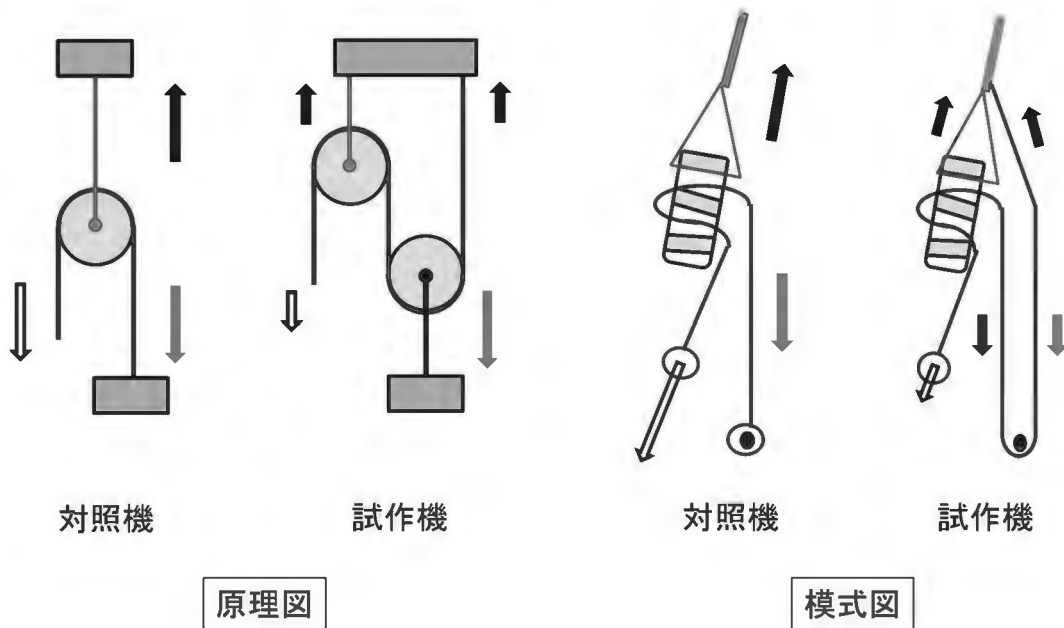


図 4-16 肩ベルト引き力低減機構

### 3) 肩ベルト調節モデル試作機評価

試作機の肩ベルトの引き力は、ややばらつくことがあったが、対照機に比べ 10kg では 27~33%、20kg では 14~30%低減された。試作機と対照機との引き力はほとんど 5%水準で有意であった。引く角度と肩ベルトの引き力は、比例していた (図 4-17)。

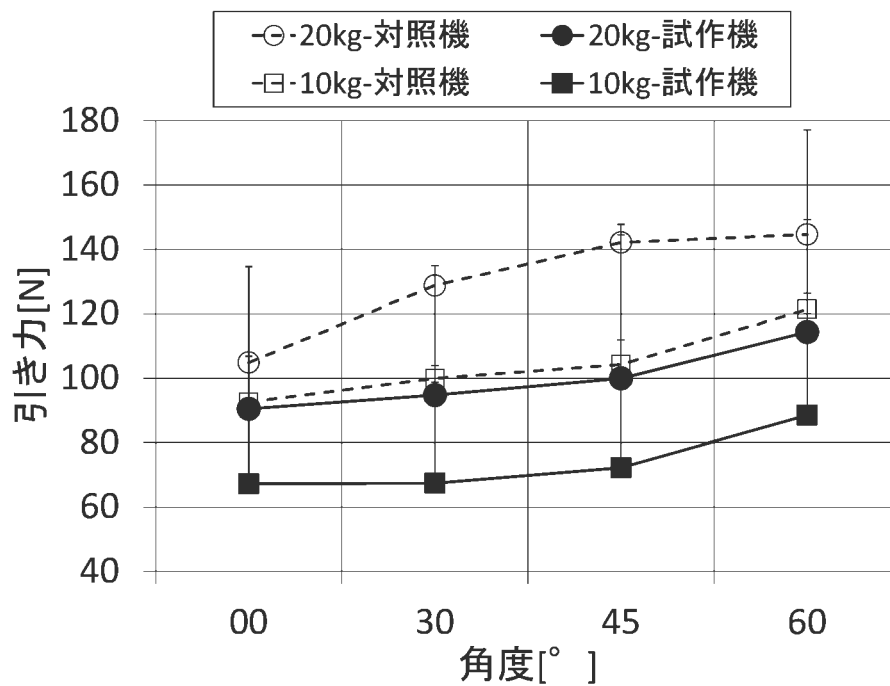


図4-17 肩ベルト引き力調査結果

#### 4.4.4 まとめ

第2章のユーザビリティ評価で指摘のあった「肩ベルトの長さを調節しにく」という意見を受けて、対照機の肩ベルトの長さ調節するために長さ調整ベルトを検討した。

肩ベルトの引き力低減機構を検討し、肩ベルトモデルを試作した。試作モデルを供試して、引き力を測定した。試作肩ベルトの引き力は、対照機に比べ14~33%低減された。引く角度と肩ベルトの引き力は、比例していた。

## 4. 5 身長別体格モデルによる機体寸法検討

### 4. 5. 1 はじめに

農家調査で、体格が大きな者は天井に頭が当たる、小さな者にはシートに座布団やペダルにエクステンションが必要といった改良要望を聞くことがある。実際に日本農業機械工業会や生研センターの調査でも乗用トラクタのレバー、ペダル配置が小柄な体格に不十分なことが報告されていた（日本農業機械工業会, 2000.; 菊池豊ら, 2007a.）。本研究でも第2章のユーザビリティ評価でも、「レバー操作しにくい位置にある」など改良要望が多く寄せられ、体格への適合性の検討が必要である。

このような状況に対し、日本人の体格データを使用してコンピュータマネキンによるシミュレーションや基礎試験結果を基に、世代間や性別間の体格差に配慮した設計する必要がある。これにより、体格に合わせた調節範囲などを適切に設けることが可能となる。さらに、図4-18に示すように適応する身長や「女性向け」、「高齢者向け」など購入時に選択できるようになるメリットも考えられる（菊池豊ら, 2007a.）。

そこで、本節では、日本人の体格統計データを使用して、身長別体格モデルを試作した。主な関節の中心間距離と各部寸法、主な関節の可動範囲と各部寸法の3次元座標を推定するとともに、保護具着用にもなう加算寸法の調査、スロットルレバーとシャッタ調量レバーのグリップを手で握って、レバー上げ、下げ時の肩、肘、手関節位置と掌中心位置の座標および、肩と肘関節の角度を推定した結果を報告する。



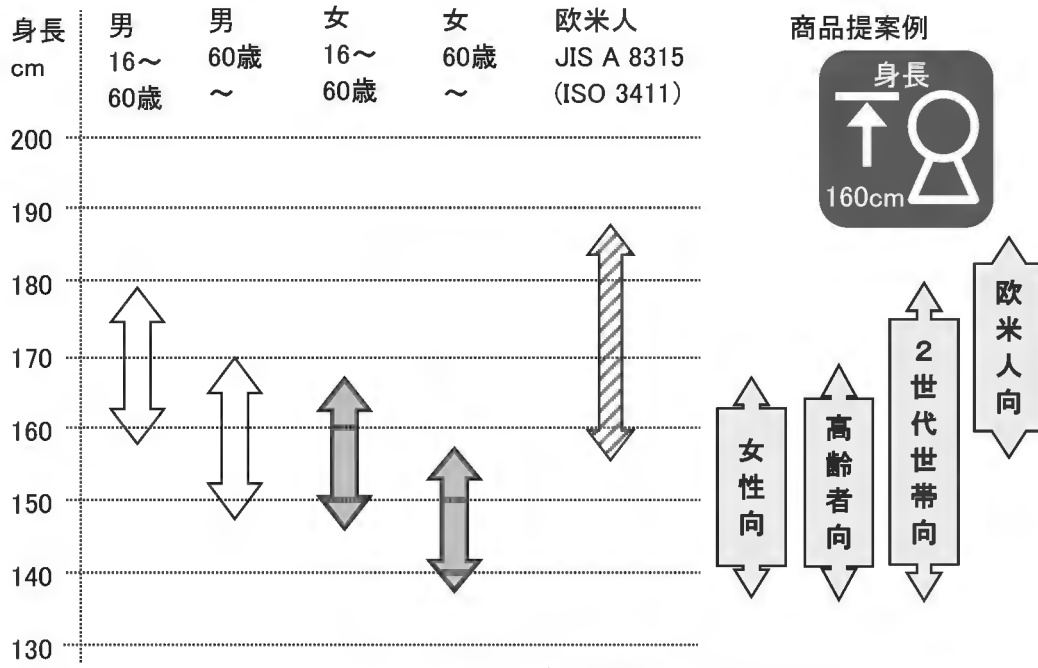


図 4 - 18 使用者毎の身長範囲と商品提案例

## 4. 5. 2 方法

### 1) 身長別体格モデル試作, 主要寸法推定

最近は, いろいろな体格データベースが整備され, これらを直接利用できるようなっている。しかし, 農業機械は, 個人の農家内では親子, 夫婦, 法人内ではオペレータ間で共用されることがあるため, 世代間, 男女間でも共通的に使用できるモデルが有効と考えられる。また, カタログに対応する身長が記載されていると, 購入前に使用者が確認できるなどのメリットがあると考えられ, 身長別体格モデルを提案することとした。

#### (1) 使用した体格データベース

身長別体格モデルを合成するために用いた体格寸法データベースは, 以下の①～④の条件を満たしているものとした。

- ①日本人の体格データである。
- ②データ数が多い。
- ③3次元データで表現され各部寸法や特徴となる点などが推定可能である。
- ④既に他分野でも活用されている。

現段階では, 社団法人人間生活工学研究センター(略称 HQL)の1992～1994年の統計データ(日本人被験者 34,000 人)が適当と考えられる(人間生活工学研究センター(HQL), 2003.; 通商産業省工業技術院生命工学工業技術研究所, 1996.)。今回, 具体的な検討ツールとしてコンピュータマネキン body shape designer (以下, BSD, (株) アイヴィス製, HQL の統計データ使用)を使用した。なお, 産業技術総合研究所の推計によれば, このまま環境が変わらなければ, 1980 年以後に生まれた世代では日本人の平均身長の伸びが止まり, 世代間の身長差がなくなるといわれているため, 今回の体格データを当面利用できると思われる。

## (2) 身長別体格モデルの合成

以下の①～③の手順で身長別体格モデルを合成した。

①年齢層，性別層毎の身長，胴囲，体重，年齢データ（表4—8）から，コンピュータマネキンで身長に対する胴囲，体重，年齢の回帰式を算出した。この時，胴囲は中間値（50%tile 値）を採用した。

②身長，年齢，胴囲，体重から，男女別の身長モデルをBSDで合成した。

③同じ身長の男女モデルの各部寸法を平均し，モデルを再度BSDで合成した。

また，主要な関節可動範囲は，統計データから，性別，年齢毎に上限値，下限値の平均値とした（人間生活工学研究センター(HQL), 2003.; 日本リハビリテーション医学会, 1995.）。

本論文で使用している体格モデル起立時と着座時の運転者の姿勢および基準点の定義は，JIS A 8315:2001., JIS A 8318: 2001., JIS A 8407: 2000., ISO4252: 1992., ISO4253: 1993., ISO4254-1: 2005., ISO4254-3: 1992.を参考にした。

表4—8 身長別モデルの合成に使用した統計データ 単位[mm]

項目	16～19 歳	18～60 歳	60～75 歳
身長	男：1692 (1599～1787) 女：1574 (1491～1668)	男：1688 (1582～1794) 女：1568 (1464～1664)	男：1590 (1480～1697) 女：1472 (1362～1570)
胴囲	男：703 (700～703) 女：639 (639～641)	男：778 (779～780) 女：648 (649～649)	男：815 (816～819) 女：753 (754～757)
体重	男：60 (56～63) 女：51 (47～56)	男：65 (58～72) 女：51 (46～56)	男：58 (52～65) 女：51 (46～56)

注：表中の（ ）外の値は50%tile 値，（ ）内の値は5～95%tile 値を示す。

身長を基準にモデルを選定したため，胴囲など逆転している数値がある。

## 2) 保護具などによる体格加算寸法

### (1) 文献調査

多くの体格データは裸状態の寸法であるが、ヘルメット、靴、防寒着などによる加算寸法について文献調査した。

### (2) 保護具，作業服による加算寸法調査

ほとんどのコンピュータマネキンは、裸状態である。しかし、実際には、保護具や作業服などを着用して機械を操作している。そのため、シミュレーション時にはそれらの寸法を考慮する必要がある。自動車分野などではこれらの数値が提案されているが（JIS A 8315: 2001.; 山海堂, 1980.; 山岡俊樹ら, 1990.; Henry Dreyfuss, 1966.）, 農業機械分野では提案されていない。

そこで、ヘルメット、手袋、作業靴、防寒着について着用前後の寸法差を測定した。測定方法は、人間生活工学研究センター「設計のための人体計測マニュアル」に準拠した（通商産業省工業技術院生命工学工業技術研究所, 1994.; JIS Z 8500:2002.）。本調査で供試したヘルメット、手袋、作業靴、防寒着の概要を表4-9, それらの写真を図4-19～4-40, 被験者概要を表4-10, 体格の測定項目を表4-11, 測定風景を図4-42に示す。

表 4 - 9 供試保護具概要

1.ヘルメット(4種類)

飛来物落下用 (H1,H2,H3), 電気用 (H1,H2), 墜落時用 (H2), 不明 (H4)

2.手袋(8種類)

綿手 (G1,G2), 滑り止め加工手袋 (G3,G4,G5), ゴム張り手袋 (G6),  
防振手袋 (G7), 皮手袋 (G8)

軽作業用, 一般作業用, 機械運転用, 重作業用, 振動工用具用

3.靴(6種類)

安全靴 (S1,S3), 長靴 (S4,S5), 運動靴 (S2,S6)

4.防寒着(4種類)

防寒用 (C1,C2,C3,C4)



図 4 - 19 ヘルメット (H1)



図 4 - 20 ヘルメット (H2)

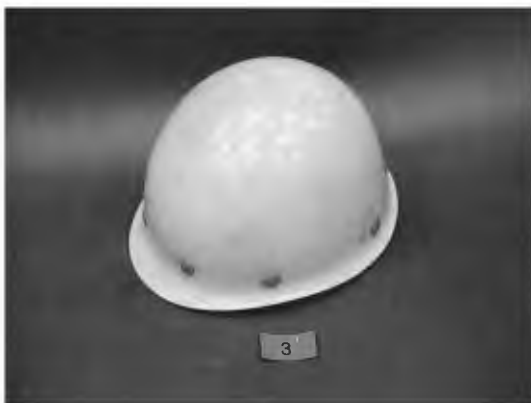


図 4 - 21 ヘルメット (H3)

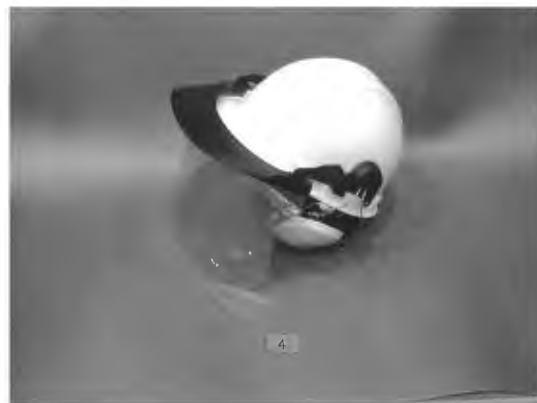


図 4 - 22 ヘルメット (H4)



图 4-23 手袋(G1)



图 4-24 手袋(G2)



图 4-25 手袋(G3)



图 4-26 手袋(G4)



图 4-27 手袋(G5)



图 4-28 手袋(G6)



图 4-29 手袋(G7)

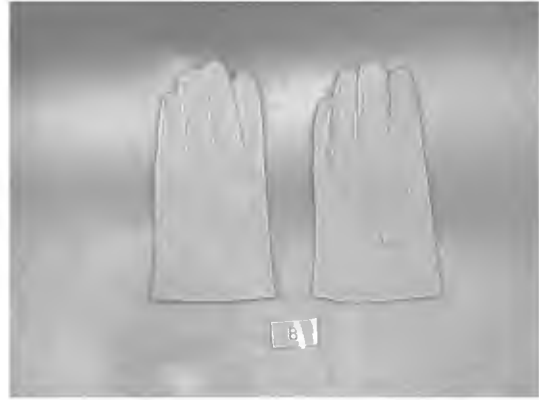


图 4-30 手袋(G8)



图 4-31 靴(S1)



图 4-32 靴(S2)



图 4-33 靴(S3)



图 4-34 靴(S4)



图 4-35 靴(S5)



图 4-36 靴(S6)



图 4-37 防寒着(C1)



图 4-38 防寒着(C2)



图 4-39 防寒着(C3)



图 4-40 防寒着(C4)



表 4-10 被験者条件

1.被験者(5名)	
1)年齢	平均 29.8±標準偏差 13.5[歳] [20~42歳],
2)性別	男 3[名], 女 2[名]
3)体格	身長 平均 164.9±標準偏差 9.7[cm]

表 4-11 体格測定項目

着用品	測定項目
1. ヘルメット	身長 (B1)
2. 手袋	握り最大経 (L19), 握り内径 (示指) (L18), 第一指遠位関節幅 (-), 第二指遠位関節幅 (L15), 手厚 (L16), 手幅 (L10)
3. 作業靴	身長 (B1), 踵部分厚さ(-), 土踏まず部分厚さ(-), 靴全長(-)
4. 防寒着	肩幅 (D2), 臍位腹部厚径 (E4)

注：表中の ( ) 内の記号は，人間生活工学研究センター発行「設計のための人体計測マニュアル」での計測項目記号を表す。

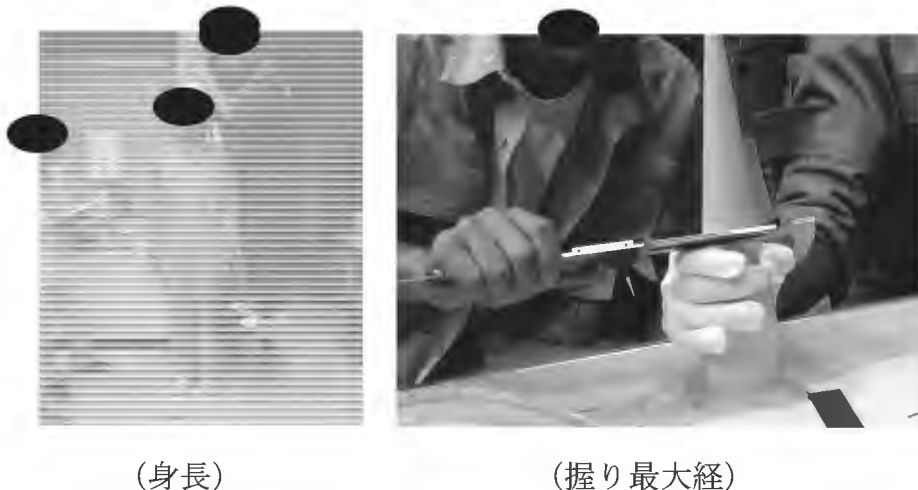


図 4-41 測定風景

### 3) 上肢の関節角度とレバー位置の検討

対照機の各レバーグリップ配置の3次元座標を定規、下げ振りなどを使用して測定した。座標は、背当てフレームの下端で、左右の肩ベルト下側取付け部間の中心を原点0として、前後方向はX軸で前側を正、左右方向はY軸で右側を正、上下方向はZ軸で上側を正とした。シミュレーションでは、動力散布機を背負って、スロットルレバーおよびシャッタ調量レバーの各グリップを手で握って、操作する場面を想定した。

身長別モデルでシミュレーションして、各レバー上限、下限位置における肩(S)、肘(E)、手首(W)の関節中心位置と、掌(Gr)位置の座標および、肩( $\alpha_{SHOL}$ )と肘関節( $\alpha_{ELBO}$ )の角度を推定した。手関節の角度( $\alpha_{WRIST}$ ,  $\beta_{WRIST}$ )は、ともに180°(中立位置)とした。図4-42に示す2次元モデルとすると肘と肩の関節角度は余弦定理から以下の式(1)、(2)で求められる。

身長別モデルの身長は、100mm毎に1500~1800mmとし、モデルと背当てフレームとの相対位置は、体幹と背当てフレームは平行で、上下5段階(-100, -50, 0, +50, +100)、前後4段階(0, +50, +100, +150)とした(図4-42)。なお、上下位置0mmとは、体格モデルの股関節(SIP)が背当てフレーム原点0と同じ高さであること、+50mmとは、体格モデルの股関節(SIP)が背当てフレーム原点0より50mm高い位置にあることを示す。さらに、前後位置0mmとは、体格モデルの股関節(SIP)が背当てフレーム原点0と同じ前後位置であること、+50mmとは、体格モデルの股関節(SIP)が背当てフレーム原点0より50mm前方にあることを示す。なお、今回は、モデルに対する作業服などの加算値は0mmとした。ここで、モデル身長について、1500mmは高齢女性、1600mmは高齢男性、青年女性、1700mmは青年男性の平均値に近く、1800mmは青年男性の95%tile値に近い値である。

$$\text{肘関節角度 } \alpha_{ELBO} = \cos^{-1} \left( \frac{SE^2 + (EW + WGr)^2 - SGr^2}{2SE \cdot (EW + WGr)} \right) \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{肩関節角度 } \alpha_{\text{SHOL}} = \cos^{-1} \left( \frac{SE^2 + (EW + WGr)^2 - SGr^2}{2SE \cdot (EW + WGr)} \right) - \cos^{-1} \left( \frac{SF^2 + SGr^2 - FGr^2}{2SF \cdot SGr} \right)$$

..... (2)

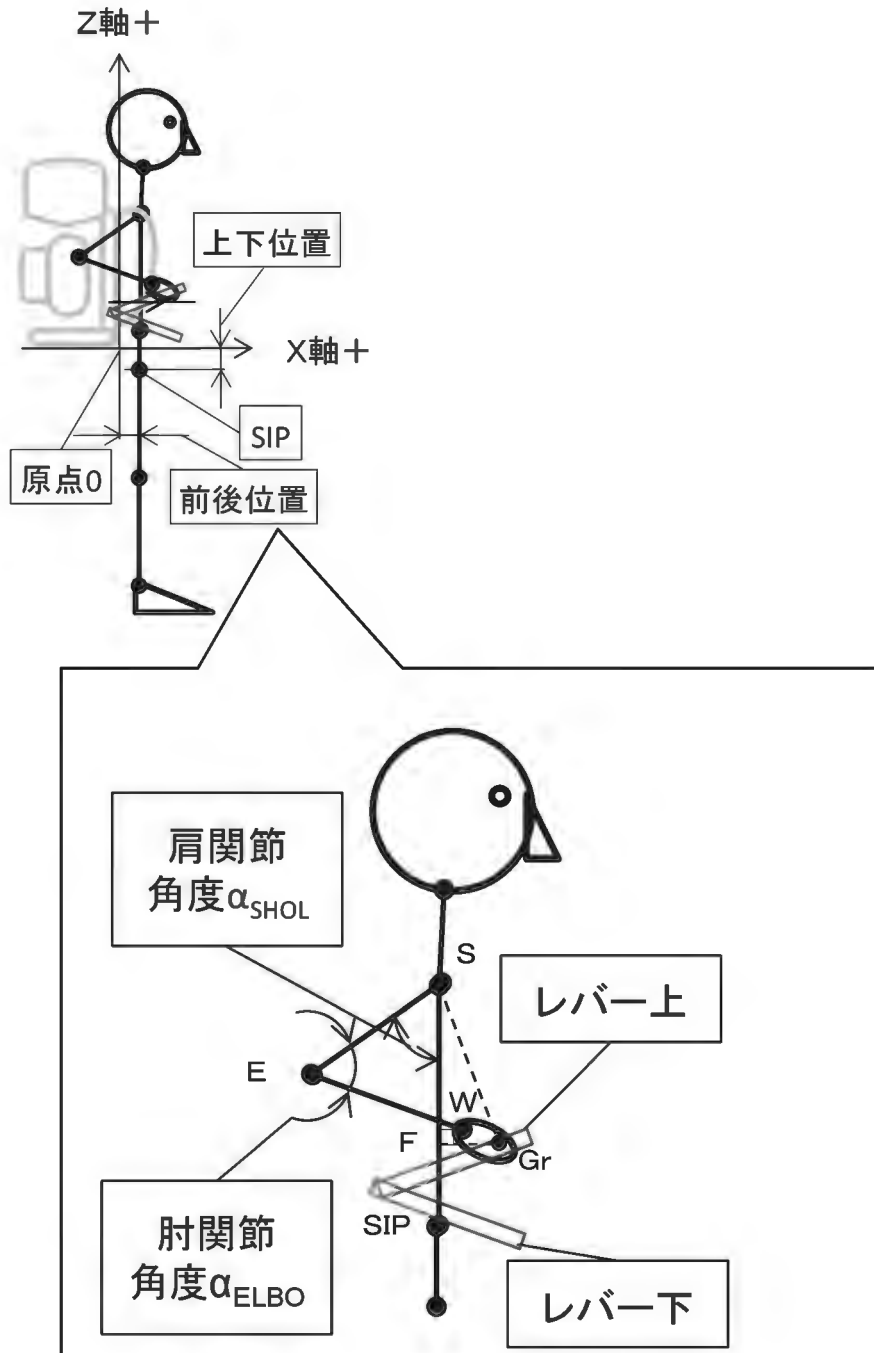


図4-42 上肢の関節角度シミュレーションの模式図

### 4. 5. 3 結果と考察

#### 1) 身長別体格モデル試作, 主要寸法推定

試作した身長別体格モデルを図4-43, 起立時の体格モデルを図4-44, その各部寸法を表4-12に示す。着座時の体格モデルを図4-45, その各部寸法を表4-13と表4-14に示す。主な関節の中心位置を図4-46, レバーの握り中心を図4-47, 主な関節の中心間距離を表4-15, 主な関節の可動範囲を表4-16, 模式図を図4-48に示す。ここで, レバーなどの握り部分(グリップ)を手全体で握って操作する操作具の中心となる点(図4-47の○の中心, 表4-15のGr, 以下, 握り中心という)を, 手の第三中手指節関節(中指の付け根の関節)中心にある掌側の体表面の位置とした。なお, 同じ身長でも胴囲(ウエスト囲)や体重が異なると, 腹部の厚さや肩幅などに差があるので, 座席とハンドルの距離の設計などで配慮する必要がある。使用者グループ毎の胸部, 腹部, 大腿(もも)の厚さの5~95%tile値を表4-17に示す。これらの寸法は, 汎用的にも活用可能である。たとえば, 乗用機械の座席の上下調節範囲は, 3Eから300~496mmの範囲に設計が可能となる。動力散布機の背当てフレーム幅は, 4Cを考慮して300mm程度にすることも考えられた。図4-49の機体幅は4A, 機体高さは3A考慮することも考えられる。動力散布機レバー配置への適用については, 次項の3)で述べる。

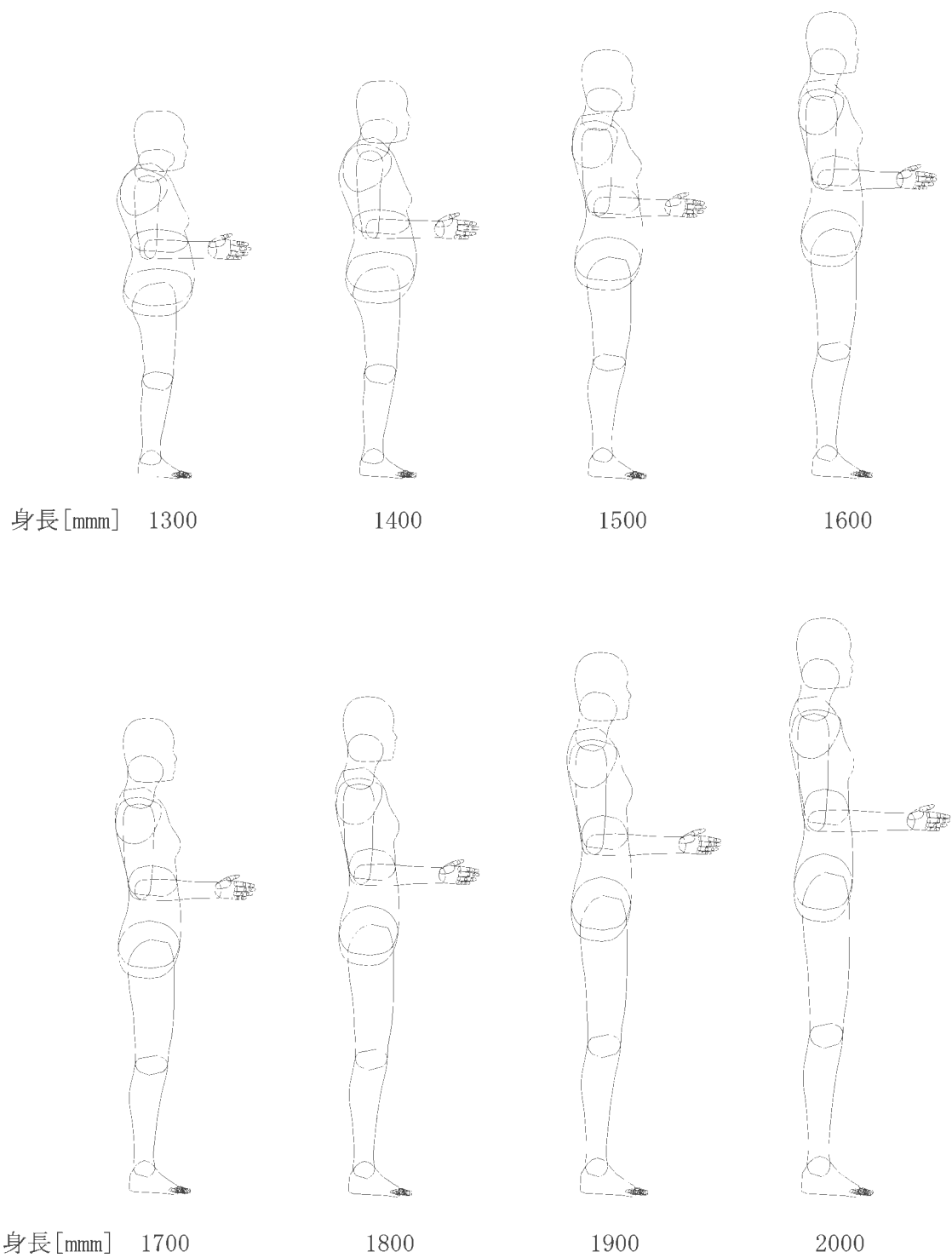


図 4-43 身長別体格モデル (側面図)

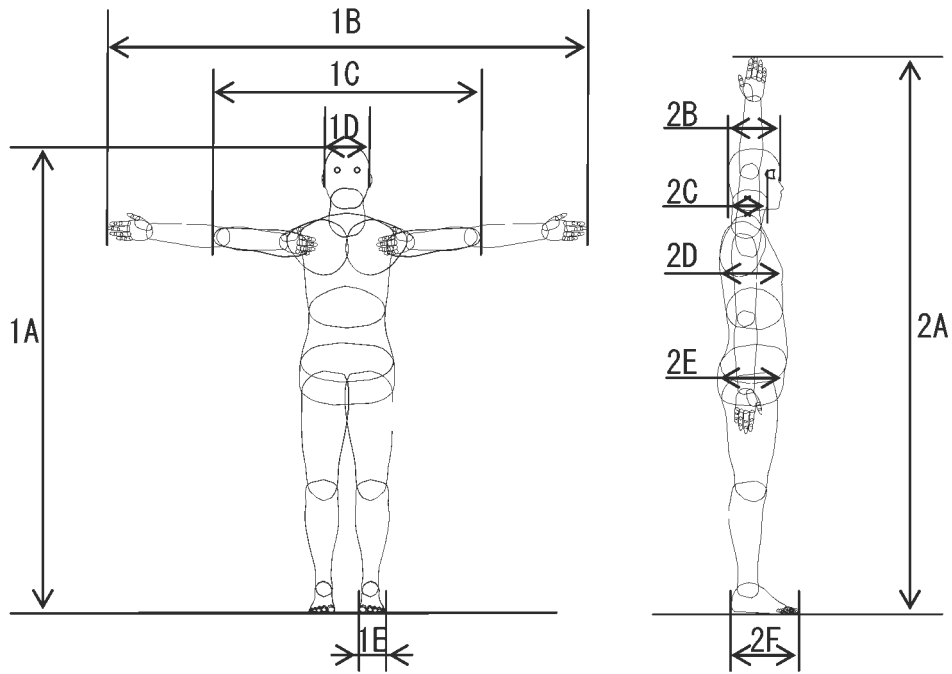


図 4—44 起立時の体格モデルと各部寸法の記号

表4—12 起立時の体格寸法

単位[mm] (体重のみ[kg])

記号	項目	体格寸法							備考
1A	身長	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
1B	両手間隔	1459 (1.12)	1524 (1.09)	1551 (1.03)	1622 (1.01)	1711 (1.01)	1792 (1.00)	1872 (0.99)	1956 (0.98)
1C	両ひじ(肘) 間隔	812 (0.62)	853 (0.61)	869 (0.58)	907 (0.57)	961 (0.57)	1010 (0.56)	1058 (0.56)	1107 (0.55)
1D	頭部幅	150 (0.12)	151 (0.11)	153 (0.10)	156 (0.10)	157 (0.09)	157 (0.09)	158 (0.08)	158 (0.08)
1E	足の幅	86 (0.07)	88 (0.06)	90 (0.06)	92 (0.06)	93 (0.05)	96 (0.05)	98 (0.05)	100 (0.05)
2A	挙手時全 高	1643 (1.26)	1750 (1.25)	1852 (1.23)	1973 (1.23)	2101 (1.24)	2230 (1.24)	2358 (1.24)	2487 (1.24)
2B	頭部奥行	181 (0.14)	181 (0.13)	181 (0.12)	183 (0.11)	184 (0.11)	186 (0.10)	187 (0.10)	189 (0.09)
2C	眼の背面 距離	133 (0.10)	133 (0.10)	145 (0.10)	146 (0.09)	147 (0.09)	149 (0.08)	150 (0.08)	151 (0.08)
2D	胸部の厚 さ	238 (0.18)	235 (0.17)	234 (0.16)	228 (0.14)	224 (0.13)	220 (0.12)	216 (0.11)	212 (0.11)
2E	腹部の厚 さ	262 (0.20)	253 (0.18)	237 (0.16)	222 (0.14)	212 (0.12)	204 (0.11)	195 (0.10)	186 (0.09)
2F	足の長さ	204 (0.16)	214 (0.15)	223 (0.15)	233 (0.15)	245 (0.14)	258 (0.14)	271 (0.14)	284 (0.14)
—	体重[kg]	43 (-)	47 (-)	52 (-)	56 (-)	60 (-)	65 (-)	69 (-)	74 (-)

注：( )内の数字は身長比

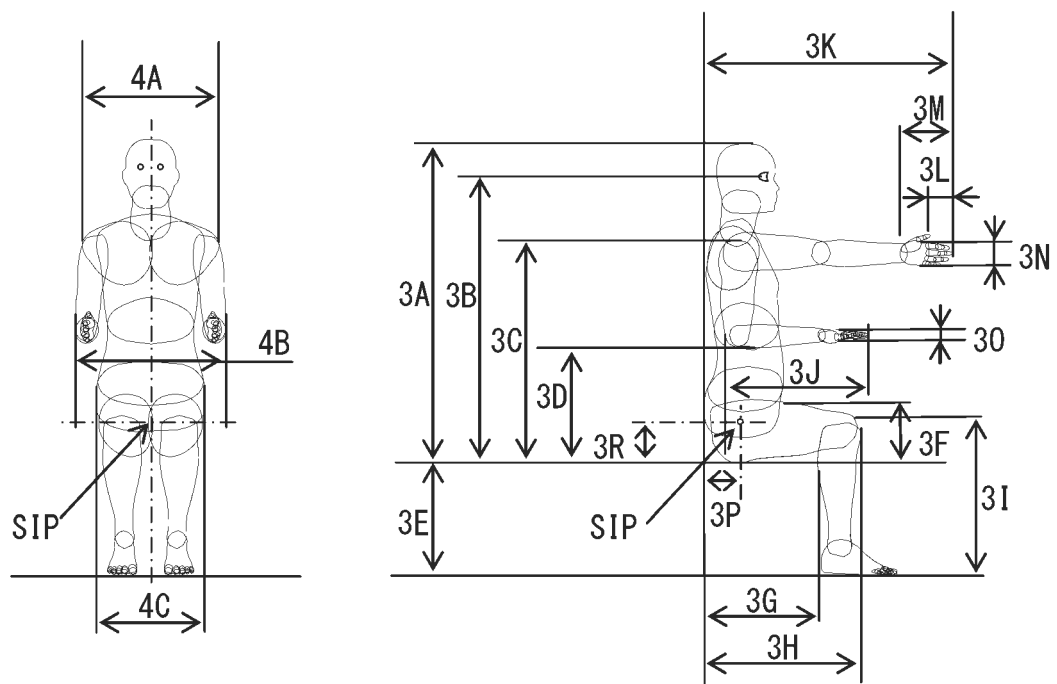


図 4—45 着座時の体格モデルと各部寸法の記号



表4—13 着座時の体格寸法 単位[mm]

記号	項目	体格寸法								備考
1A	身長	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	
3A	座高	683 (0.53)	746 (0.53)	811 (0.54)	867 (0.54)	911 (0.54)	955 (0.53)	998 (0.53)	1041 (0.52)	
3B	着座時眼 の高さ	590 (0.45)	642 (0.46)	700 (0.47)	750 (0.47)	789 (0.46)	828 (0.46)	866 (0.46)	905 (0.45)	
3C	肩の高さ	449 (0.35)	490 (0.35)	534 (0.36)	568 (0.36)	601 (0.35)	634 (0.35)	666 (0.35)	699 (0.35)	
3D	ひじの高 さ	186 (0.14)	209 (0.15)	237 (0.16)	258 (0.16)	270 (0.16)	284 (0.16)	297 (0.16)	310 (0.16)	
3E	座面高さ	300 (0.23)	326 (0.23)	347 (0.23)	367 (0.23)	401 (0.24)	433 (0.24)	464 (0.24)	496 (0.25)	
3F	ももの高 さ	120 (0.09)	120 (0.09)	125 (0.08)	133 (0.08)	132 (0.08)	132 (0.07)	132 (0.07)	133 (0.07)	
3G	ふくらは ぎから背 面距離	397 (0.31)	409 (0.29)	420 (0.28)	437 (0.27)	460 (0.27)	481 (0.27)	502 (0.26)	523 (0.26)	
3H	ひざから 背面距離	485 (0.37)	499 (0.36)	514 (0.34)	534 (0.33)	560 (0.33)	584 (0.32)	607 (0.32)	630 (0.32)	
3I	ひざの高 さ	332 (0.26)	354 (0.25)	376 (0.25)	399 (0.25)	427 (0.25)	457 (0.25)	487 (0.26)	517 (0.26)	立位 でひ ざ頭 上縁 高さ 近似

注：( )内の数字は身長比

表4—14 着座時の体格寸法

単位[mm]

記号	項目	体格寸法								備考
1A	身長	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	
3J	指先から肘までの距離	372	387	398	414	438	462	486	510	
		(0.29)	(0.28)	(0.27)	(0.26)	(0.26)	(0.26)	(0.26)	(0.26)	
3K	指先から背面距離	742	752	756	773	808	844	880	916	
		(0.57)	(0.54)	(0.50)	(0.48)	(0.48)	(0.47)	(0.46)	(0.46)	
3L	にぎりによる減少長さ	70	72	73	75	79	83	87	91	
		(0.05)	(0.05)	(0.05)	(0.05)	(0.05)	(0.05)	(0.05)	(0.05)	
3M	指先から手首までの距離	160	165	167	172	181	189	197	206	
		(0.12)	(0.12)	(0.11)	(0.11)	(0.11)	(0.11)	(0.10)	(0.10)	
3N	手のひらの幅	72	72	73	75	76	78	80	81	親指含まない
		(0.06)	(0.05)	(0.05)	(0.05)	(0.04)	(0.04)	(0.04)	(0.04)	
3O	手のひらの厚さ	24	24	25	25	25	25	25	25	
		(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)	
3P	股関節中心から背面までの距離	116	117	119	119	116	121	131	140	SIP: 130mm
		(0.09)	(0.08)	(0.08)	(0.07)	(0.07)	(0.07)	(0.07)	(0.07)	
3R	股関節中心から座面までの高さ	91	91	76	81	81	81	80	80	SIP: 97mm
		(0.07)	(0.07)	(0.05)	(0.05)	(0.05)	(0.05)	(0.04)	(0.04)	
4A	肩幅	375	383	401	421	426	431	436	441	
		(0.29)	(0.27)	(0.27)	(0.26)	(0.25)	(0.24)	(0.23)	(0.22)	
4B	両ひじ幅	403	403	406	411	402	394	386	379	
		(0.31)	(0.29)	(0.27)	(0.26)	(0.24)	(0.22)	(0.20)	(0.19)	
4C	着座時腰の幅	300	326	347	367	401	433	464	496	
		(0.23)	(0.23)	(0.23)	(0.23)	(0.24)	(0.24)	(0.24)	(0.25)	

注：( )内の数字は身長比

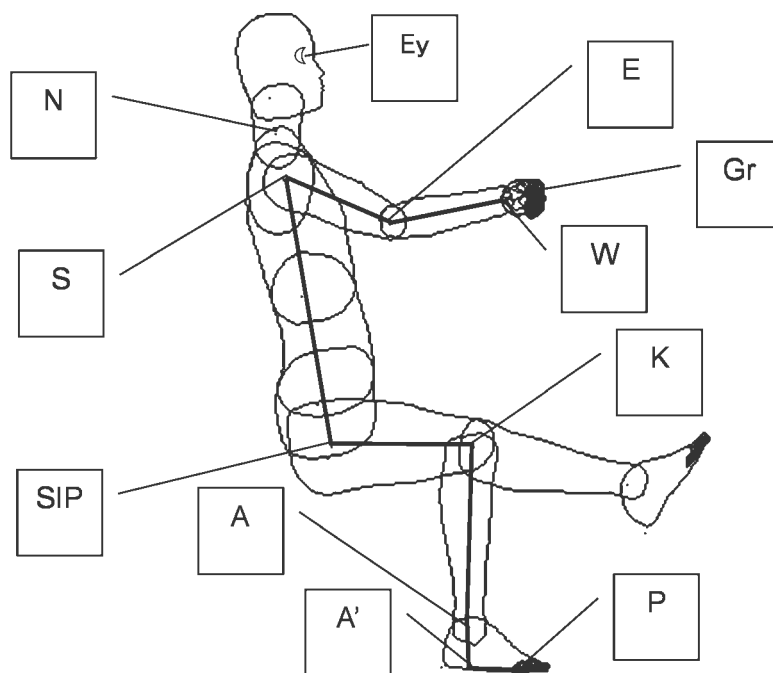


図4-46 主要な関節中心位置

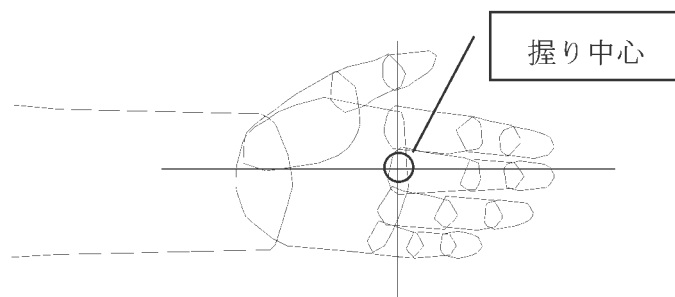


図4-47 レバーの握り中心

表4—15 主な関節の中心間距離

単位[mm]

記号	項目	体格寸法								備考
1A	身長	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	
E <sub>y</sub> -N	目—首 (上下距離)	108	115	129	139	146	151	156	161	
		(0.08)	(0.08)	(0.09)	(0.09)	(0.09)	(0.08)	(0.08)	(0.08)	
	目—肩 (前後距離)	80	81	81	82	83	84	84	85	
		(0.06)	(0.06)	(0.05)	(0.05)	(0.05)	(0.05)	(0.04)	(0.04)	
	首—腰	511	548	590	622	650	681	712	743	
		(0.39)	(0.39)	(0.39)	(0.39)	(0.38)	(0.38)	(0.37)	(0.37)	
S-SIP	肩—腰	438	470	508	533	559	587	614	641	
		(0.34)	(0.34)	(0.34)	(0.33)	(0.33)	(0.33)	(0.32)	(0.32)	
S-E	肩—ひじ	221	233	241	249	267	285	303	321	
		(0.17)	(0.17)	(0.16)	(0.16)	(0.16)	(0.16)	(0.16)	(0.16)	
E-W	ひじ—手首	210	223	236	253	271	289	306	324	
		(0.16)	(0.16)	(0.16)	(0.16)	(0.16)	(0.16)	(0.16)	(0.16)	
W-G <sub>r</sub>	手首—手の 握り	85	85	71	71	71	71	71	71	
		(0.07)	(0.06)	(0.05)	(0.04)	(0.04)	(0.04)	(0.04)	(0.04)	(0.04)
SIP-K	腰—ひざ	241	261	278	307	338	367	396	425	
		(0.19)	(0.19)	(0.19)	(0.19)	(0.20)	(0.20)	(0.21)	(0.21)	
K-A	ひざ(膝)— 足首	286	304	324	345	371	399	426	454	
		(0.22)	(0.22)	(0.22)	(0.22)	(0.22)	(0.22)	(0.22)	(0.22)	(0.23)
A-A'	足首—足底	86	91	93	96	100	105	109	113	
		(0.07)	(0.07)	(0.06)	(0.06)	(0.06)	(0.06)	(0.06)	(0.06)	
A'-P	足首—足底	105	111	115	120	127	134	142	149	
		(0.08)	(0.08)	(0.08)	(0.08)	(0.07)	(0.07)	(0.07)	(0.07)	
	左右肩関節 (左右距離)	297	309	326	344	357	365	373	381	
		(0.23)	(0.22)	(0.22)	(0.22)	(0.21)	(0.20)	(0.20)	(0.19)	
	左右股関節 (左右距離)	161	162	164	166	169	171	174	176	
		(0.12)	(0.12)	(0.11)	(0.10)	(0.10)	(0.10)	(0.09)	(0.09)	

注：( )内の数字は身長比

表 4—16 性別，年齢毎の主な関節の可動範囲（右側関節） 単位[°]

記号	関節	動き	男性 (16~59 歳)	女性 (16~59 歳)	男女 (60 歳以上)	備考
$\alpha_{SHOL}$	肩関節	屈曲	-55~+170	-50~+165	-45~+160	前側：正 後側：負
$\beta_{SHOL}$	肩関節	内転	0~+55	0~+50	0~+45	
$\gamma_{SHOL}$	肩関節	外転	0~+175	0~+170	0~+165	
$\delta_{SHOL}$	肩関節	捻転	-90~+60	-90~+65	-90~+55	外旋側：正 内旋側：負
$\alpha_{ELBO}$	肘関節	屈曲	45~+180	40~+180	45~+180	
$\alpha_{WRIST}$	手関節	屈曲	140~203	142~202	143~201	橈骨側：180< 尺骨側：180>
$\beta_{WRIST}$	手関節	屈曲	115~245	113~247	121~241	掌側：180< 背側：180>
$\alpha_{SIP}$	股関節	屈曲	+75~+210	+80~+210	+85~+210	
$\beta_{SIP}$	股関節	内転	0~+35	0~+40	0~+35	
$\gamma_{SIP}$	股関節	外転	0~+60	0~+55	0~+40	
$\alpha_{KNEE}$	膝関節	屈曲	+62~+180	+75~+180	+72~+180	
$\alpha_{ANKL}$	足関節(足首)	屈曲	+80~+125	+75~+130	+80~+125	
$\alpha_{BACK}$	座席後傾角	屈曲	—	—	—	

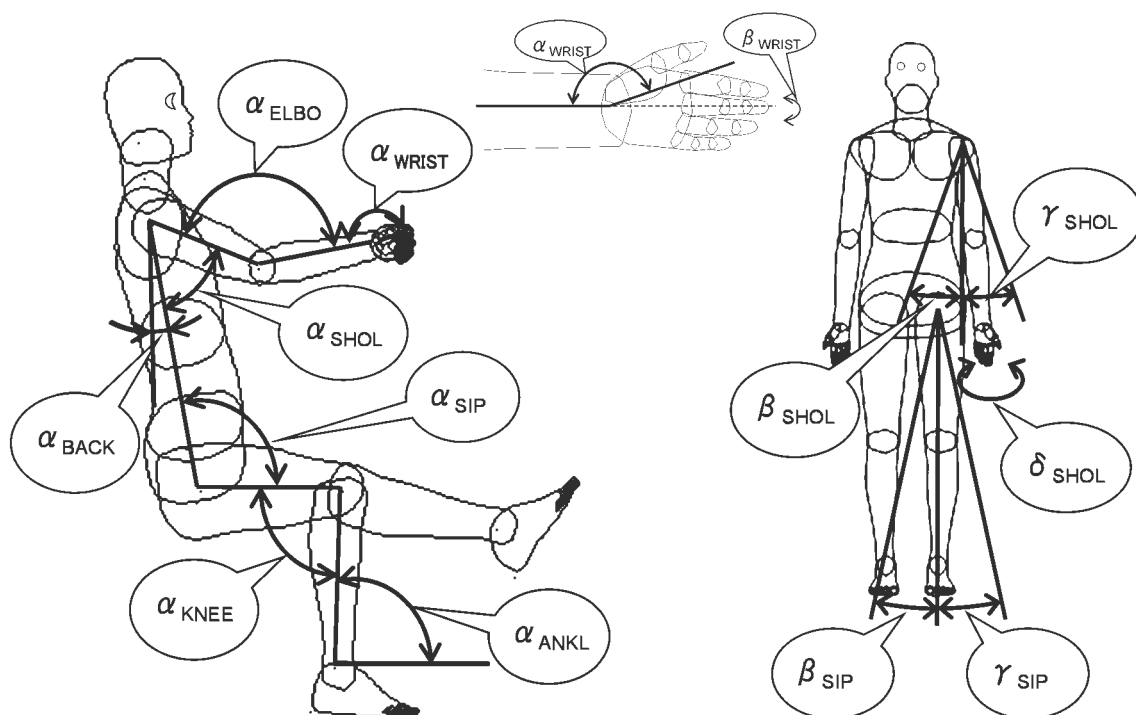


図 4—48 主要な関節角度

表4-17 体形による胸部厚さなどの範囲 (5-95%tile 値) 単位[mm]

記 項目 号	男			女		
	16~19 歳	18~60 歳	60~75 歳	16~19 歳	18~60 歳	60~75 歳
2D 胸部の厚さ	200~258	209~265	204~265	205~256	204~262	205~293
2E 腹部の厚さ	195~250	202~276	205~298	180~234	186~271	213~323
3F ももの高さ	126~159	129~158	113~146	114~142	114~141	104~139
4A 肩幅	403~480	416~493	385~460	368~438	369~449	344~438
4C 着座時腰の幅	309~386	317~390	301~394	317~383	316~376	294~385

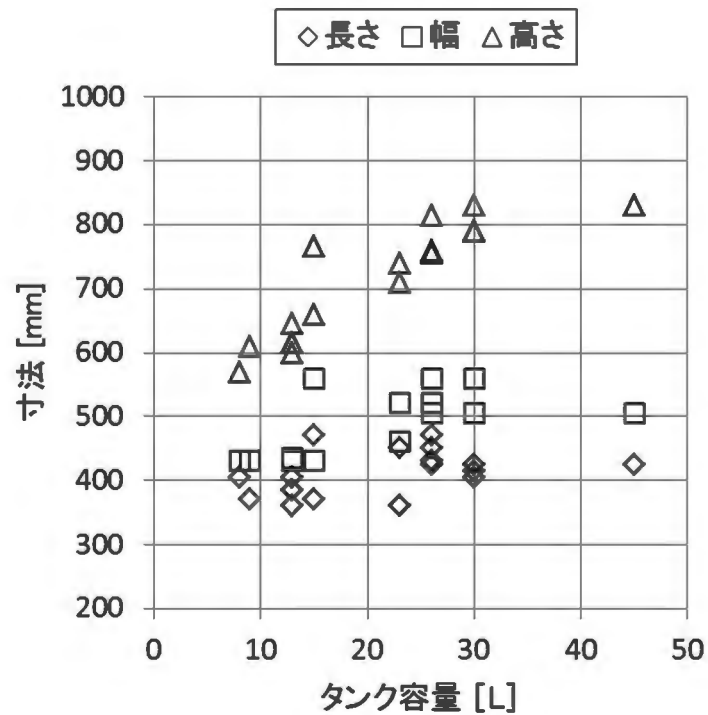


図4-49 薬剤タンク容量と機体サイズ

## 2) 保護具などによる体格加算寸法

### (1) 文献調査

機械規格などの文献で提案されている加算寸法を表4-18に示す。これらによれば、ヘルメットによる高さは50~64mm、踵部分の靴底厚さは25~32mm、厚手の防寒着の厚さは9~20mmであった。

表4-18 文献で提案されているヘルメットなどによる加算寸法 単位[mm]

	文献1	文献2	文献3	文献4
ヘルメット高さ	50	-	-	64
靴底(踵)厚さ	-	25	25	25-32
厚手の防寒着厚さ	20	-	-	9-15
厚手の手袋厚さ	5	-	-	5-10

注： 文献1；JIS A 8315：2001. 2；山海堂，1980. 3；山岡俊樹ら，1990.，  
4；Henry Dreyfuss，1966.

### (2) 保護具などによる加算寸法調査

保護具などによる加算寸法の測定値の平均値と標準偏差を図4-50~53、保護具などによる体格加算寸法の比較を表4-19に示す。

実測値の平均値は、ヘルメットでは44mm、踵部分の靴底厚さでは22mm、手袋では3mm、防寒着では13mmであった。これらは、文献での提案値より若干小さい値になることが多かった。実際の設計で加算値を活用する場合には、作業の効率を考慮し、表4-19の右列の指針提案値にある切りの良い数字を使用するのが望ましいと考えられた。

また、重ね着が想定される場合には、枚数分を加算する必要もあると考えられた。

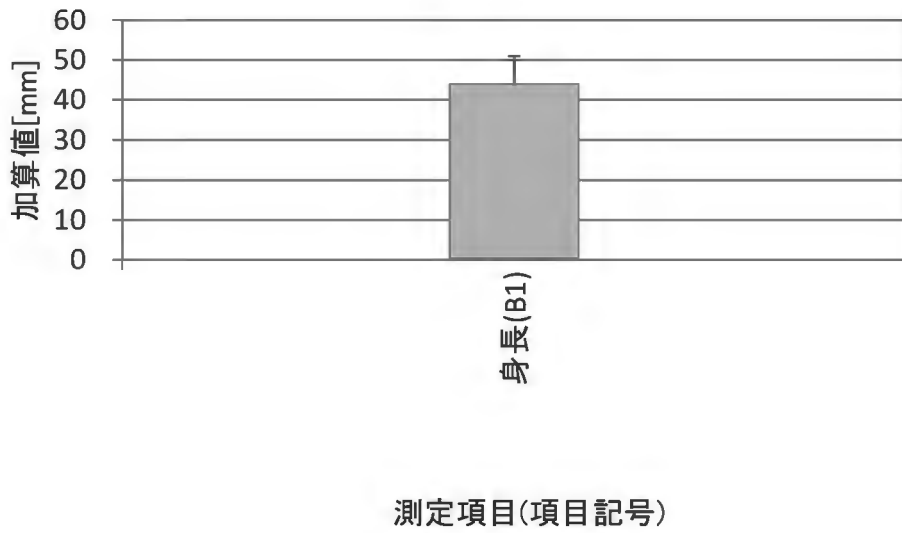


図4-50 ヘルメットによる加算寸法（平均値と標準偏差）

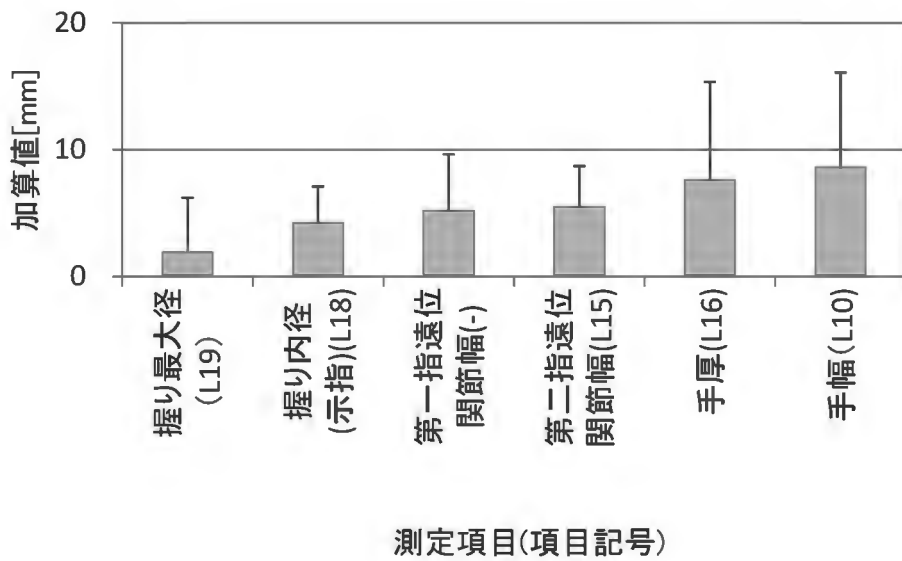


図4-51 手袋による加算寸法（平均値と標準偏差）



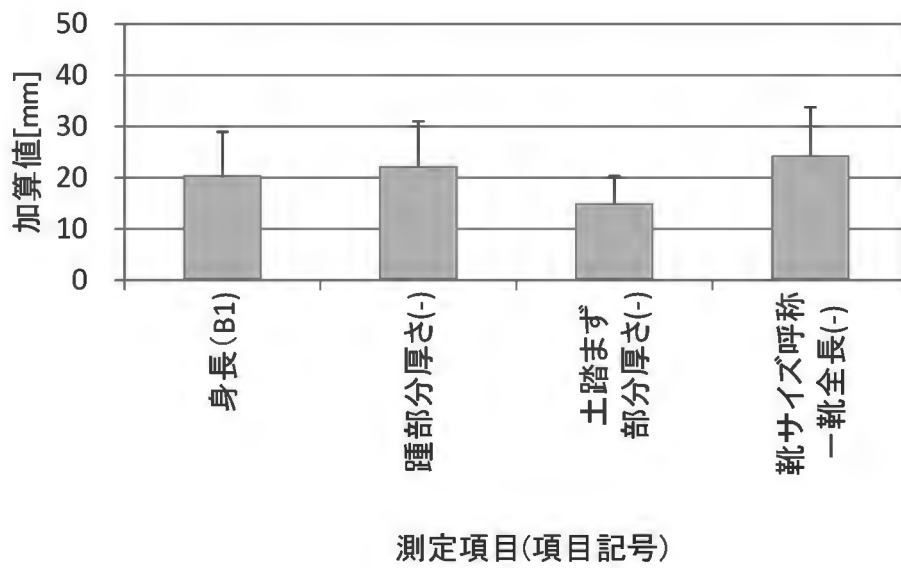


図 4-52 靴による加算寸法 (平均値と標準偏差)

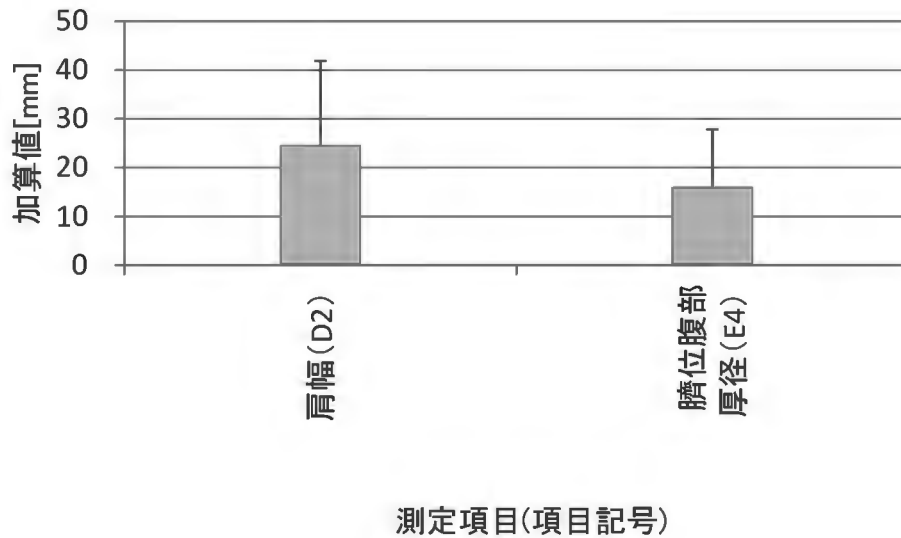


図 4-53 防寒着による加算寸法 (平均値と標準偏差)

表4—19 保護具などによる体格加算寸法の比較（注1）

単位[mm]

保護具	文献での提案値注2	実測値平均値	指針提案値
ヘルメット高さ		44	50
	(50-64)	(31-57)	
靴底（踵）厚さ		22	25
	(25-32)	(12-39)	
靴底（つま先～土踏まず）厚さ		15	15
		(9-30)	
靴長さ		24	25
		(12-35)	
手袋厚さ		3	3
	(5-10)	(0-17)	
厚手の防寒着		13	15
	(9-20)	(2-30)	

注1：表中の上段の値は，平均値，下段の値は最小値-最大値を示す。

注2：参考文献 JIS A 8315: 2001.; 山海堂, 1980.; 山岡俊樹ら, 1990.; Henry Dreyfuss, 1966.

### 3) レバー位置の検討

主な操作具の座標を図4-54、身長1700mmにおけるレバー位置と上肢の姿勢を図4-55～4-59、レバー前後位置と肩・肘の関節角度を図4-60～4-64、レバー上下位置と肩・肘の関節角度を図4-65～4-68、身長と肩・肘の関節角度を図4-69～4-73に示す。さらに、本研究成果の利活用のために、身長1500から1800mmにおけるレバー位置と上肢の姿勢を附録の附図3～22、レバー前後位置と肩・肘の関節角度を附図23～42、レバー上下位置と肩・肘の関節角度を附図43～58、身長と肩・肘の関節角度を附図59～67に示す。

レバーグリップの座標は、スロットルレバー(図4-54の①, ②)では、前後X46～50mm、左右Y-239～-238mm、上下Z72～139mmで、シャッタ調量レバー(図4-54の③, ④)では、前後X78～102mm、左右Y-227mm、上下Z44～191mmであった(図4-54)。シミュレーションによれば、前後位置によって肩関節角度と肘関節角度はほとんど変化しなかった(図4-60～4-64, 図4-65～4-68)。一方、上下位置が上がる(機械を持ち上げて背負う)ほど、肩関節角度と肘関節角度は小さくなる傾向であった。これは、上下位置が上がると肩とレバーの相対距離が短くなって、スペースが窮屈となり肘を後方へ突き出す必要性が生じるためと考えられた。

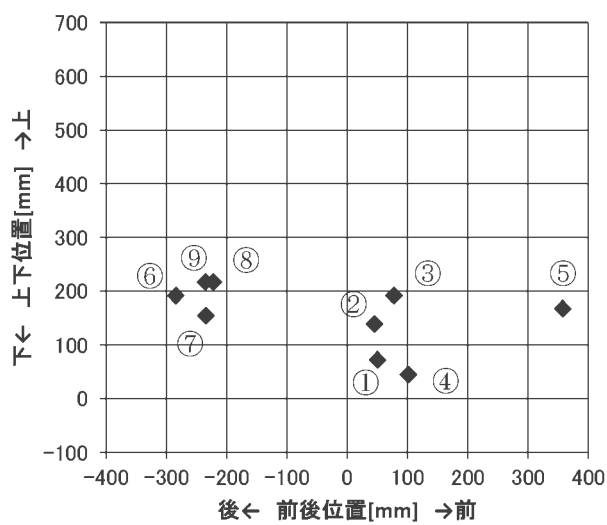
一方、身長によって、肩関節角度と肘関節角度はほとんど変化なく、むしろ上下位置によって変化していた(図4-69～4-73)。これは、身長と腕の長さは、比例しているためと考えられた。肩関節角度は、 $-45^{\circ}$ ～ $-90^{\circ}$ と表4-16の関節可動範囲の下限を下回ることも多かった。姿勢評価法のRULA(Lynnら, 1993.)の指標では $-45^{\circ}$ ～ $-90^{\circ}$ は負担レベル2で、 $-90^{\circ}$ 以上は負担レベル3といわれており現状ではかなり大きいレベルと推定された。さらに、対照機では、スロットルレバーを外側に開きながら上下するために、腕を外転しながら伸転・屈曲するのでさらに負担が加算されると考えられた。

肘関節角度は、 $50^{\circ}$ ～ $180^{\circ}$ となった。この角度は、表4-16の関節可動範囲のほぼ

全域を使っている。また、姿勢評価法の RULA の指標では、60～100°は負担レベル 2 となりやや負担が大きいと推定された。さらに、対照機では、スロットルレバーを外側に開きながら上下するために、腕を外転させながら伸転・屈曲させるのでさらに負担が増加すると考えられた。これは、ユーザビリティ評価で「レバーが操作しにくい位置にある。」という意見とも一致した。

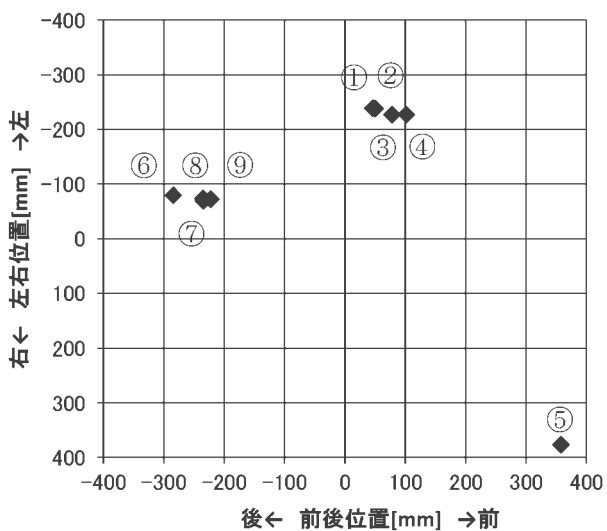
現状では、肩ベルトを緩めて機械を下げて背負えば肩関節角度が緩くなるが、機体が後傾して、機体重心が使用者の体から遠くなる。逆に、肩ベルトを強く締めると、機械が少し上がり機体重心が使用者の体に近くなるが、肩関節が小さくなって負担が大きくなる。肩ベルトで肩と首の周辺が圧迫される。リュックサック麻痺を発症する(河原雅典, 1999.), 肩ベルトに腕を通しにくくなるなどといったデメリットも生じる。レバーグリップの配置のみを下げると、床に置いた時にグリップが床に当たってシャッターが閉まらなくなったり、全高が高くなったり、前に移動すると背負う時に引っかかりやすくなったり、周囲の作物などにレバーが引っかかるなど問題点が想定された。

これに対し、背当てフレームの肩バンド取付け位置を上げること、連結棒からワイヤ式にしてレバーパネルと本体の間にフレキシブルパイプを取り付けること、伸縮式レバーへ変更することなどの対策も考えられる。



[右側面]

- ①スロットルレバー (上)
- ②スロットルレバー (下)
- ③シャッタ調量レバー (上)
- ④シャッタ調量レバー (下)
- ⑤噴管取っ手
- ⑥リコイルスタータ
- ⑦プライマリポンプ
- ⑧チョークレバー (上)
- ⑨ チョークレバー (下)



[上 面]

図 4 - 54 主な操作具の配置 (対照機)

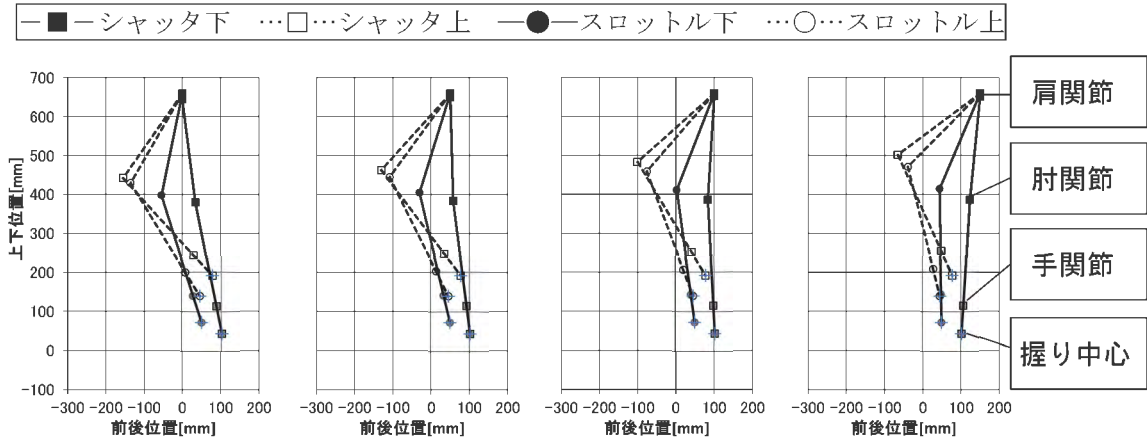


図4-55 レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1700mm, フレーム位置上下+100mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)

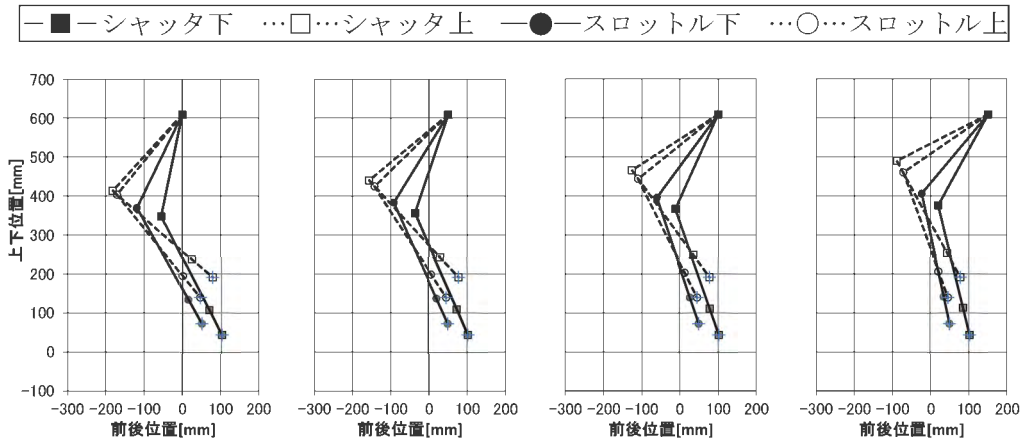


図4-56 レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1700mm, フレーム位置上下+50mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)

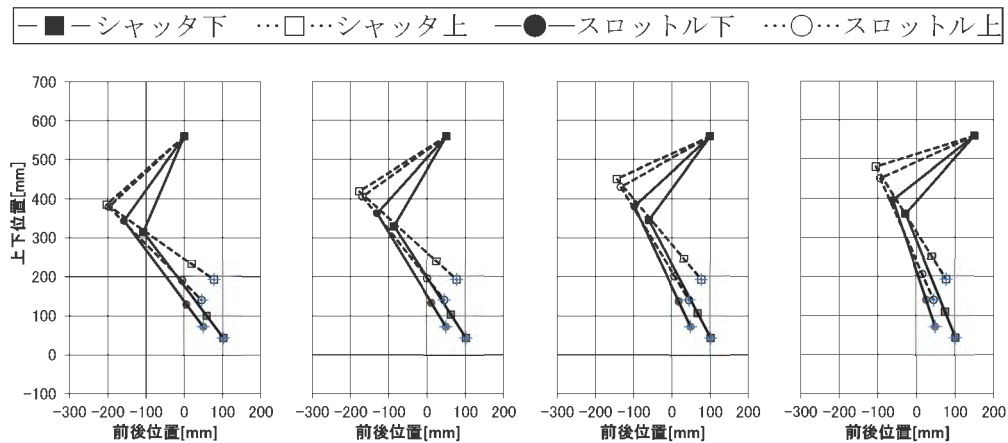


図4-57 レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1700mm, フレーム位置上下 0mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)

—■—シャッタ下 …□…シャッタ上 —●—スロットル下 …○…スロットル上

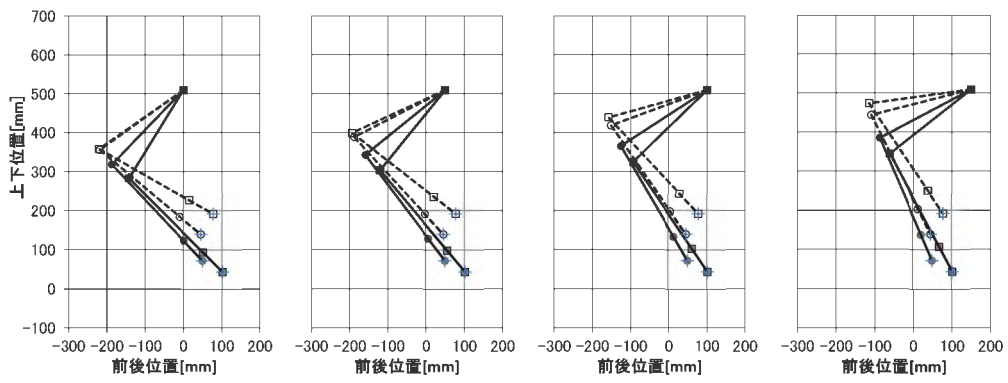


図4-58 レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1700mm, フレーム位置上下-50mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)

—■—シャッタ下 …□…シャッタ上 —●—スロットル下 …○…スロットル上

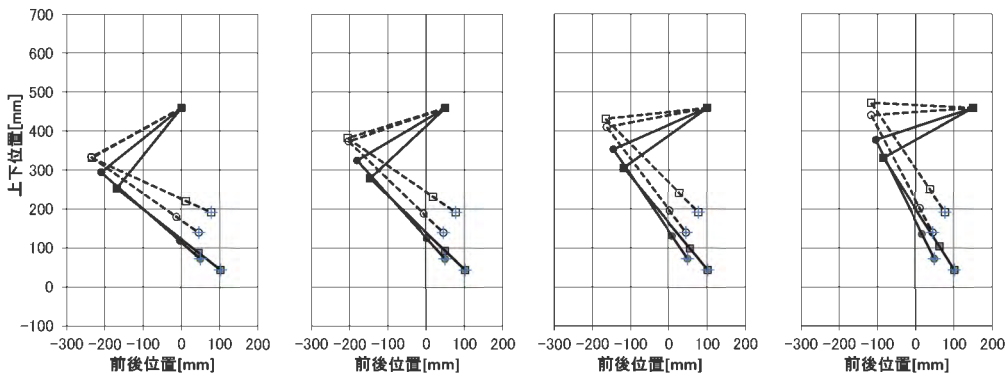


図4-59 レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1700mm, フレーム位置上下-100mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)

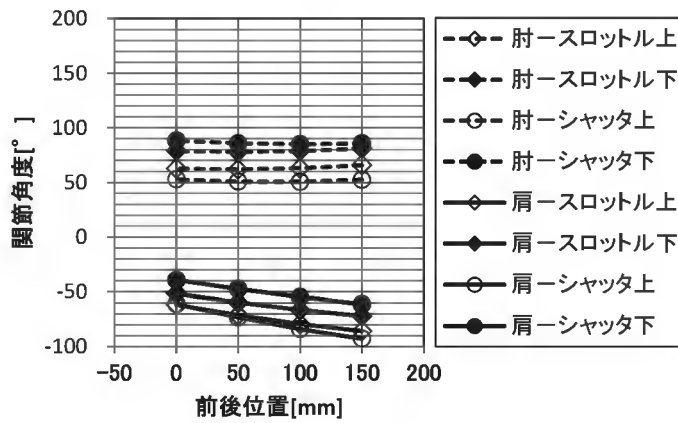


図4-60 レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1700mm, フレーム位置: 上下+100mm, 前後 0, +50, +100, +150mm)

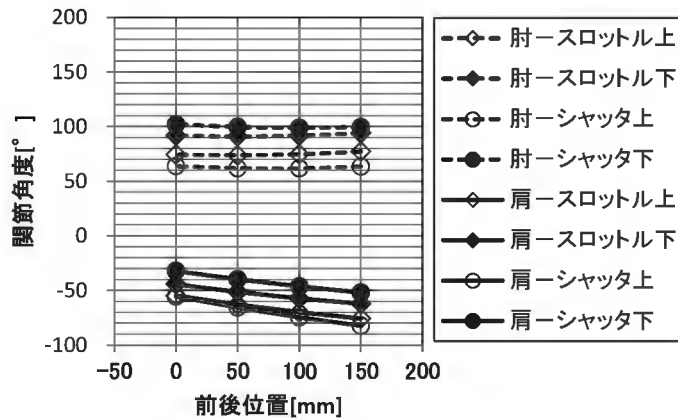


図4-61 レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1700mm, フレーム位置: 上下+50mm, 前後 0, +50, +100, +150mm)

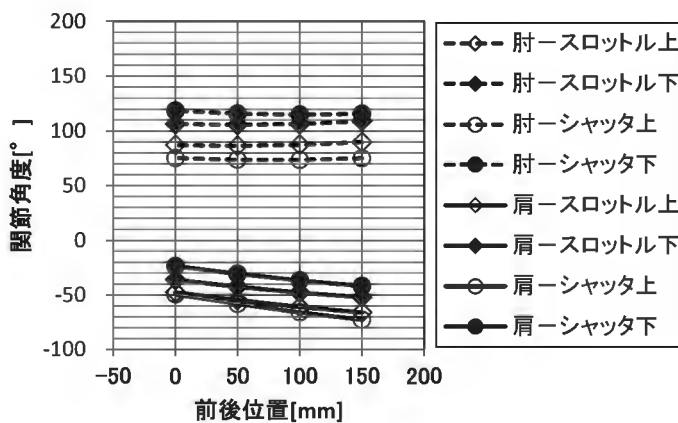


図4-62 レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1700mm, フレーム位置: 上下0mm, 前後 0, +50, +100, +150mm)



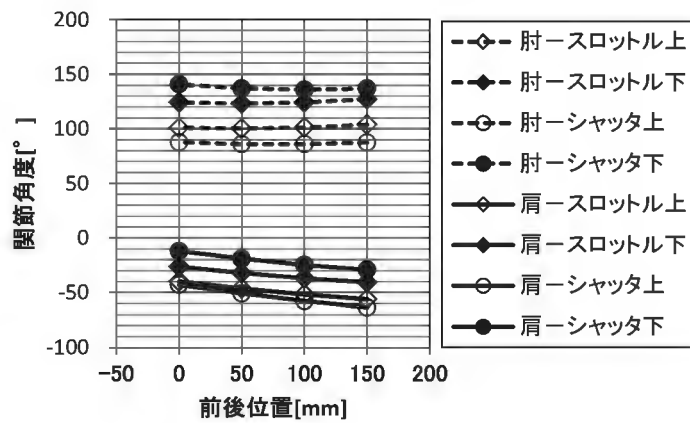


図4-63 レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1700mm, フレーム位置: 上下-50mm, 前後 0, +50, +100, +150mm)

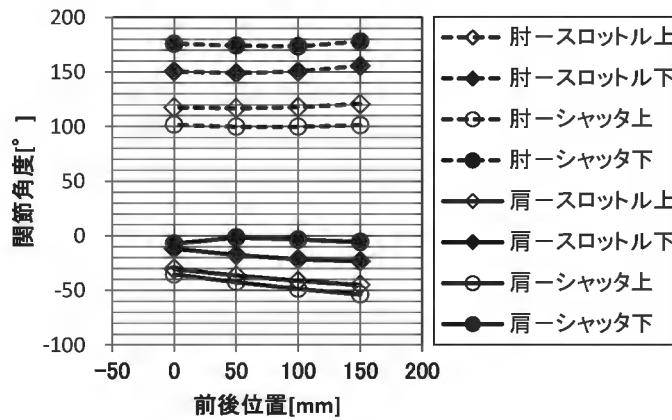


図4-64 レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1700mm, フレーム位置: 上下-100mm, 前後 0, +50, +100, +150mm)

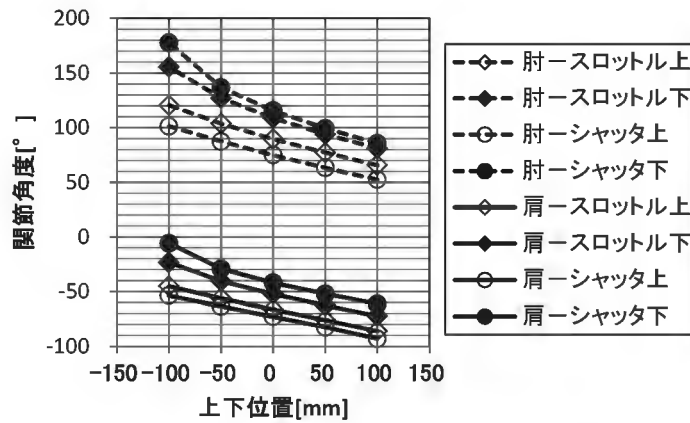


図4-65 レバー上下位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1700mm, フレーム位置: 上下-100, -50, 0, +50, +100mm, 前後+150mm)

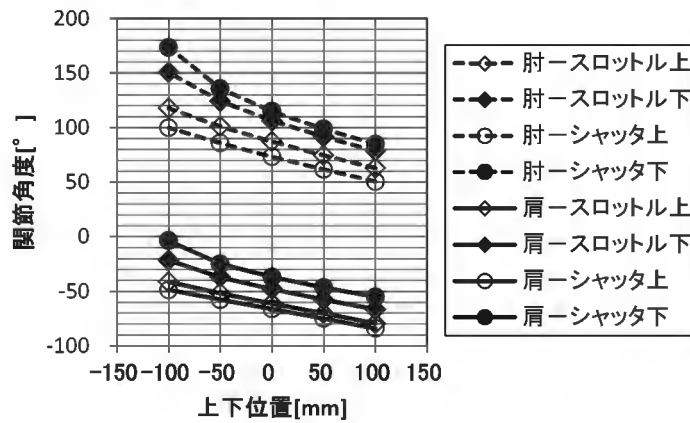


図4-66 レバー上下位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1700mm, フレーム位置: 上下-100, -50, 0, +50, +100mm, 前後+100mm)

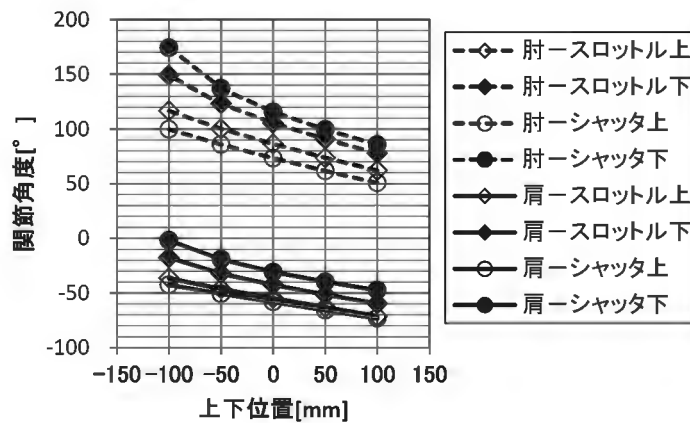


図4-67 レバー上下位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1700mm, フレーム位置: 上下-100, -50, 0, +50, +100mm, 前後+50mm)

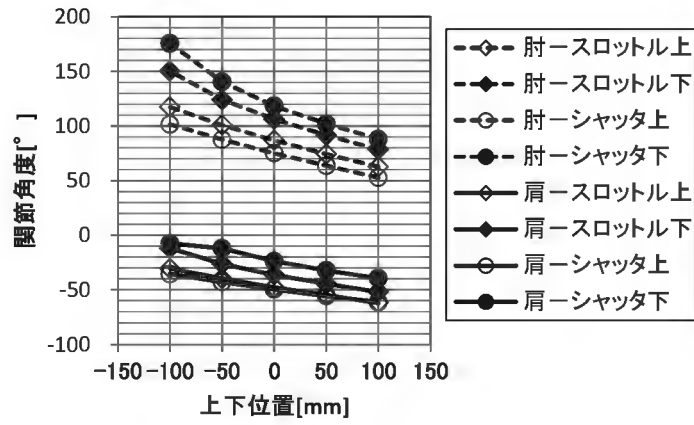


図4-68 レバー上下位置と肩・肘の関節角度  
 (身長 1700mm, フレーム位置: 上下-100, -50, 0, +50, +100mm, 前後 0mm)

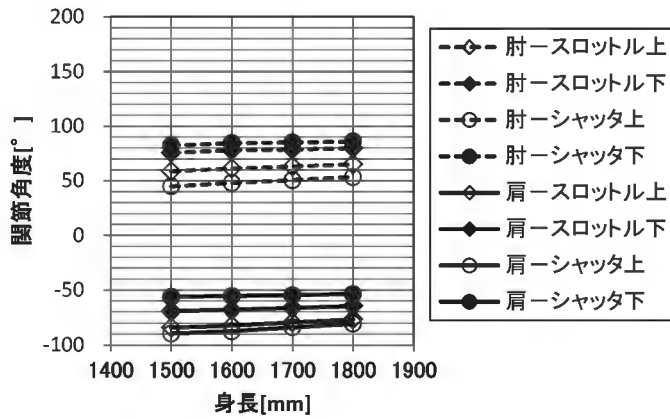


図4-69 身長と肩・肘の関節角度  
(身長 1500-1800mm, フレーム位置: 上下+100mm, 前後+100mm)

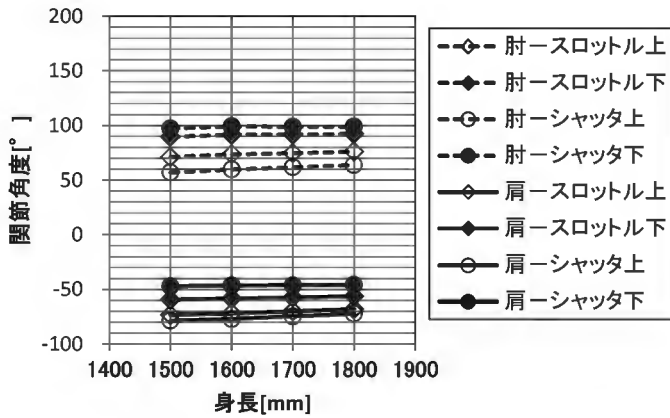


図4-70 身長と肩・肘の関節角度  
(身長 1500-1800mm, フレーム位置: 上下+50mm, 前後+100mm)

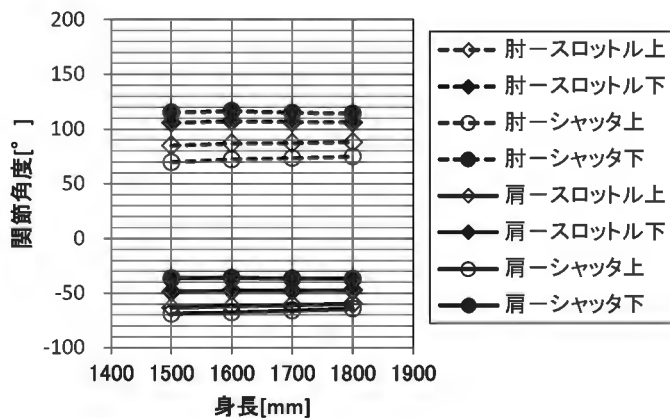


図4-71 身長と肩・肘の関節角度  
(身長 1500-1800mm, フレーム位置: 上下+0mm, 前後+100mm)

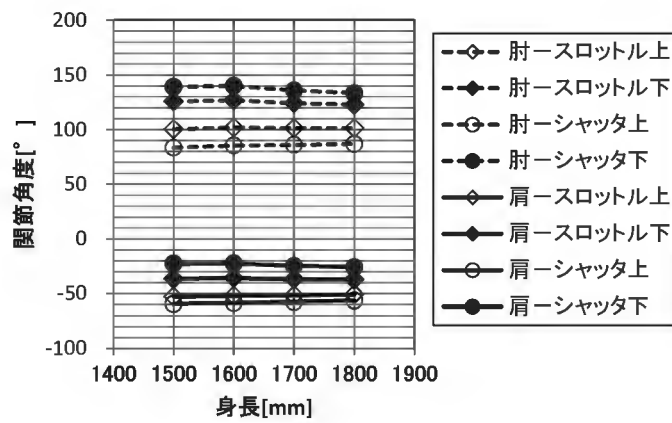


図4-72 身長と肩・肘の関節角度  
(身長 1500-1800mm, フレーム位置: 上下-50mm, 前後+100mm)

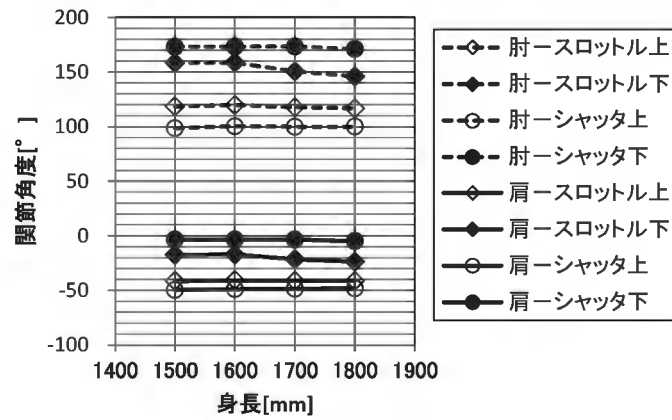


図4-73 身長と肩・肘の関節角度  
(身長 1500-1800mm, フレーム位置: 上下-100mm, 前後+100mm)

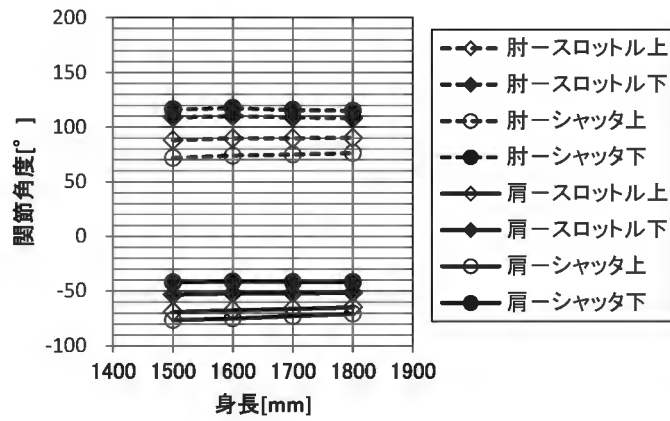


図4-74 身長と肩・肘の関節角度  
(身長 1500-1800mm, フレーム位置: 上下 0mm, 前後+150mm)

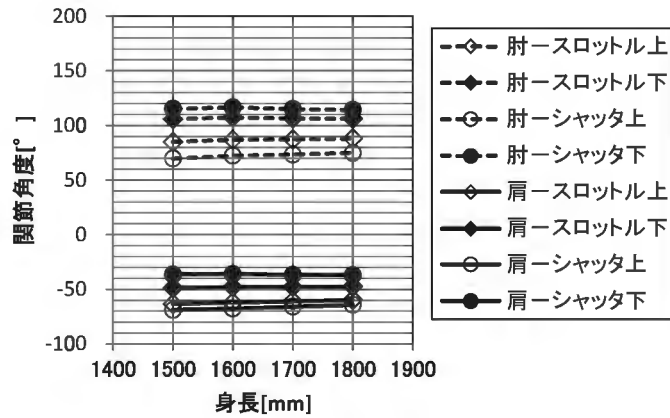


図4-75 身長と肩・肘の関節角度  
(身長 1500-1800mm, フレーム位置: 上下 0mm, 前後+100mm)

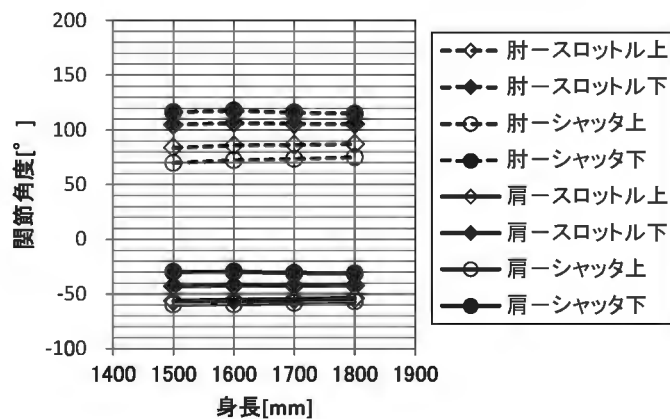


図4-76 身長と肩・肘の関節角度  
(身長 1500-1800mm, フレーム位置: 上下 0mm, 前後+50mm)

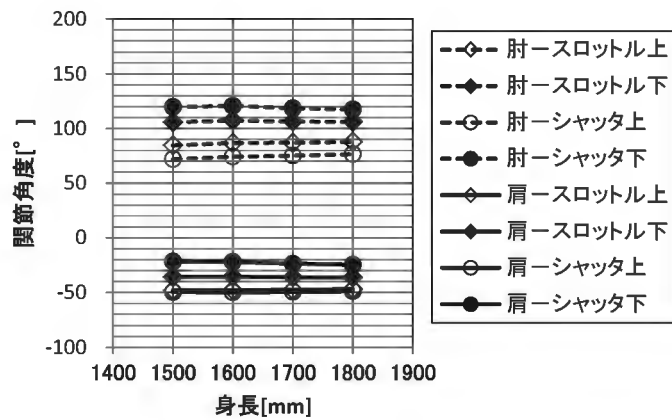


図4-77 身長と肩・肘の関節角度  
(身長 1500-1800mm, フレーム位置: 上下 0mm, 前後 0mm)

#### 4. 5. 4 まとめ

第2章のユーザビリティ評価で指摘のあった「レバー操作しにくい位置にある」という体格と機械寸法との適合性に関する意見を基に分析した。

- 1) 日本人の体格統計データを使用して、身長別体格モデルを試作した。主な関節の中心間距離と各部寸法、主な関節の可動範囲と各部寸法の3次元座標を明らかにした。
- 2) 裸状態の体格モデルに、保護具や作業服などによる体格の加算寸法について調査した結果、平均値は、ヘルメットでは44mm、踵部分の靴底厚さでは22mm、手袋では3mm、防寒着では13mmであった。
- 3) 対照機の主なレバーグリップ配置の3次元座標を測定した。動力散布機を背負って、スロットルレバーとシャッタ調量レバーのグリップを手で握って、操作する時のレバー上げ、下げ時の肩、肘、手関節位置と掌中心位置の座標および、肩と肘関節の角度を推定した。その結果、特に肩関節に負担が大きいことが検証された。レバー位置を現状位置から下方または前方へ移動することが必要と考えられた。



#### 4. 6 まとめ

第2章のユーザビリティ評価で、「薬剤シャッタを調節しにくい」、「機械が重い」、「操作に力が要る」などの改良意見を受けて、手の動きの自由さや筋力などの身体機能および体格差などに配慮した改良点の検討、モデル試作、評価を行った。具体的には、手の巧緻性を必要とする薬剤シャッタ調節における操作性向上、背当てフレームを薄くすることで機体重心を使用者に近付けて身体負担を軽減、肩ベルト長さ調節時の引き力低減、身長別体格モデルによるシミュレーションにより、レバー配置寸法を検討した。

- 1) 薬剤シャッタ調節をタスク分析し、シャッタ調節モデルを試作した。その結果、主観評価は、対照機より試作モデルは、全ての項目で向上した。特に「表示見やすさ」、「穴出し入れしやすさ」は3点程度向上した。操作時間は、16～34秒と対照機より3～6割短縮された。連結棒の取っ手を確実に保持できるため、シャッタ連結アームの穴へ連結棒を差し替える時に手から棒が外れるミスが削減されたためと考えられた。
- 2) 機体重心を使用者に近づけるために、薄形の背当てフレームを試作した。それぞれの重心を、フォースプレートで測定した。その結果、重心位置が18mm作業者に近づいた。
- 3) 肩ベルトの引き力低減機構を検討し、肩ベルトモデルを試作した。対照機に比べ被験者Aでは57～94%、被験者Bでは63～93%に低減された。特に、肩ベルトと肩ベルト長さ調整ベルトとなす角度が小さい方が効果的であった。
- 4) 日本人の体格統計データを使用して、身長別体格モデルを試作した。モデルをシミュレーションし起立時、着座時の3次元座標を明らかにした。さらに、裸状態の体格モデルに、保護具や作業服などによる体格の加算寸法について調査した。その結果、平均値はヘルメットでは44mm、踵部分の靴底厚さでは22mm、手袋では3mm、防寒着では13mmであった。

## 第5章

### 総括

## 第5章 総括

本研究は、ユニバーサルデザインを考慮した背負形動力散布機の取扱性向上技術の確立をねらいとする一連の試験研究についてとりまとめたものである。

第1章では、緒論として、本研究の背景、既往研究などを述べた。第2章では、市販機のユーザビリティ評価から改良すべき範囲を明らかにした。第3章では、使用者の感覚機能の中で視覚に配慮した表示の文字視認性および、認知・判断機能に配慮した分かりやすい操作手順の提示方法を検討した。第4章では、使用者の身体機能に配慮したシャッタ調節部、背当てフレーム、肩ベルト調節部などの改良および、体格に配慮した機械を設計できるように統計データから体格モデルを作成し、特徴となる寸法データを明らかにした。

### 5.1 市販機のユーザビリティ評価（第2章）

背負形動力散布機の市販機4台を供試して、「エンジン始動」、「薬剤散布」、「エンジン停止」、「シャッタ調節」の模擬操作を、20～60歳代の男女16名の被験者に行ってもらい、操作手順毎に取扱性を調査し、改良要望が多数寄せられた。これら意見を分析し、UD視点から、改良すべきテーマを検討した。その結果、使用者の視機能と表示類の文字サイズや配色について、認知・判断機能と使用上の情報の提示方法について、動作や筋力と薬剤シャッタ調節部の取扱性向上、機械重心移動による身体負担軽減、肩ベルトの引き力の低減および、日本人の体格範囲に対応した機械寸法について取り組むこととした。

### 5.2 使用者の感覚および認知・判断機能に配慮した表示類の改良（第3章）

農業機械の操作表示や注意ラベルなど表示類における文字の視認性に着目し、設計指標となる実用的な指標を得ることを目的とした。表示類の実態を調査するとともに、配色、照度、年齢層と判読可能な文字サイズとの関係を定量的に調査した。

その結果、トラクタなどにおける表示類の文字サイズは、平均値 19 pt, 最頻値 12 pt であった。配色は、「黒／白」や「白／黒」などの組み合わせが多かった。一部に文字サイズが小さかったり、視認性の低い色の組み合わせで見づらいなど要改善点もみとめられた。視距離 60 cm における判読可能な最小文字サイズの平均値について、全体的な傾向は、照度「中」・「高」では 6～11 pt で、「低」では 11～19 pt で 1.4～2.4 倍の差があった。平均値と標準偏差とはほぼ比例し悪条件への適応能力は個人差が大きくなると考えられた。判読可能な最小文字サイズについて、年齢比較では、60 歳未満は 6～16 pt, 60 歳以上は 6～23 pt で 0.7～1.7 倍の差があった。特に照度「低」で有意な差がみとめられた。読みやすいサイズの平均値は、15～26 pt で、判読可能な最小サイズの 1.3～2.6 倍であった。配色、年齢層についてほとんど有意な差はなかった。表示類の設計に当たっては、想定される使用者属性、使用環境を考慮しながら判読可能な最小サイズ以上にすることが望まれる。大まかであるが、年齢層別に配色、照度、文字サイズから判読可能な使用者の範囲を推定可能である。

「どのレバーか分からない」、「調節位置が分からない」などという意見を基に「操作方法の分かりやすさ」について市販機の操作具を分析した。操作具の見つけやすさ、内容の分かりやすさを向上させる情報の提示方法について検討し、操作具や操作手順を記載したラベルモデルを試作した。さらに、これら貼付した操作モデルを 4 種類試作した。操作モデルを被験者 15 名にエンジン始動操作などの模擬動作を行ってもらい主観評価してもらった。使用経験などで評価に差がある項目もあったが、薬剤タンク右側面にエンジン始動操作順序とイラスト、操作系を色分けしたラベルを貼付したモデルの評価が最も良好であった。

### 5. 3 使用者の身体機能および体格に配慮した操作具などの改良（第 4 章）

ユーザビリティ評価で、「薬剤シャッターを調節しにくい」、「機械が重い」、「操作に力が要る」などの改良意見を受けて、身体機能および、体格差などに配慮した改

良点の検討、モデル試作、評価を行った。薬剤シャッタ調節をタスク分析し、シャッタ調節モデルを試作した。その結果、主観評価は、対照機より試作モデルは、全ての項目で向上した。特に「表示見やすさ」、「穴出し入れしやすさ」の差が3点程度向上した。操作時間は、16～34秒と対照機より3～6割短縮された。連結棒の取っ手を確実に保持できるため、シャッタ連結アームの穴へ連結棒を差し替える時に手から棒が外れるミスが削減されたためと考えられた。

機体重心を使用者に近づけるために、薄形の背当てフレームを試作した。それぞれの重心を、フォースプレートで測定した。その結果、重心位置が18mm作業者に近づいた。

肩ベルトの引き力低減機構を検討し、肩ベルトモデルを試作した。対照機に比べ60～90%に低減された。特に、角度が小さい方が効果的なことが明らかとなった。

日本人の体格統計データを使用して、身長別体格モデルを試作した。モデルをシミュレーションし起立時、着座時の3次元座標を明らかにした。さらに、裸状態の体格モデルに、保護具などによる体格の加算寸法について調査した。その結果、平均値はヘルメットでは44mm、踵部分の靴底厚さでは22mm、手袋では3mm、防寒着では13mmであった。

本研究では、背負形農業機械として、動力散布機を供試しUD視点から取扱性向上を検討した。同様な改良が必要な機械が依然として多数存在する。今後とも、高齢化、人口減対策及び男女共同参画社会実現に向けて取扱性向上技術開発が期待される。本論文で示した技術、知見がその一助となれば幸である。

## 謝 辞

本研究は、著者が、主に独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター作業技術研究領域（旧高度作業システム研究チーム）で実施し、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター（旧生物系特定産業技術研究推進機構）で一部を実施したものです。

同時に、岩手大学大学院連合農学研究科博士課程在学中に、主査として同大学農学部武田純一教授および、副査として同大学小出章二准教授、帯広畜産大学畜産学部佐藤禎稔教授、弘前大学農学生命科学部張樹槐教授、佐賀大学農学部（元岩手大学農学部）廣間達夫教授の懇切丁寧なご指導のもとに、とりまとめを行ったものです。

元中央農業総合研究センター作業技術研究領域の小林恭氏には、研究構想からとりまとめに至るまでご指導いただきました。

中央農業総合研究センター作業技術研究領域の細川寿領域長、玉城勝彦プロジェクトリーダーを始めとした作業技術研究領域の同僚の皆様には日頃よりご協力と叱咤激励いただきました。中央農業総合研究センター業務科の皆様には、貴重な意見をいただいたり、装置を試作したりしていただきました。中央農業総合研究センター作業技術研究領域パートの山村可奈子氏、村田正美氏に多数の実験補助やデータ整理などしていただきました。

共同研究を通じて、公立大学法人首都大学東京システムデザイン学部瀬尾明彦教授には、人体の筋肉骨格や身体負担などについて、株式会社丸山製作所千葉工場松田一郎取締役、湯浅一康課長、宮本武緒課長、青山良平課員には防除機についてご教示いただきました。

中央農業総合研究センター統計相談チーム光永貴之氏には、測定データの統計処理について懇切丁寧にご指導いただきました。

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援セン

ター生産システム研究部および、基礎技術研究部の皆様には、実験機器をご提供いただきました。

元独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター基礎技術研究部主任研究員石川文武氏には、本研究の前段階で研究経験の少ない時期に人間工学全般について折に触れてご指導いただきました。

弘前大学医学部松本光比古名誉教授と奥様様には、人生のいろいろな節目に、示唆に富んだお言葉で私を導いていただきました。また、愛する妻と息子には、日頃から支えていただきました。

本研究の遂行にあたり、名前を挙げきれないほど多くの被験者の皆様にご協力いただきました。深く感謝申し上げます。

最後に、日頃から多くの期待と忌憚のないご意見をいただいた農家の皆様にご礼申し上げます。

本研究の一部は JSPS 科研費(22580292)の助成を受けたものです。

## 参考文献

- 1) ASABE EP443.1 FEB04:2004. Color coding hand controls
- 2) Ghugare, Adhaoo, Gite, Pandya, Patel, 1991. Ergonomic evaluation of a lever-operated knapsack sprayer, Applied ergonomics. 22(4), 241-250.
- 3) Henry Dreyfuss, 1966. The measure of human factors in design, Whitney library of design, USA, 1-49.
- 4) 平松献三, 1978. 最近の背負動力散布機について, 農業機械学会誌. 40(3), 466-468.
- 5) 堀田弘司, 1990. 山への挑戦, 岩波新書, 東京, 1-220.
- 6) 今井正信, 田辺一, 武長孝, 平田孝三, 中川西弘之, 1955. 送風散布動力防除機械の散布性能に就て (第3報), 農業機械学会誌. 16(3,4), 107-111.
- 7) 今井正信, 田辺一, 武長孝, 平田孝三, 中川西弘之, 1956. 送風散布動力防除機械の散布性能に就て (第4報), 農業機械学会誌. 17(3), 112-114.
- 8) 今井正信, 田辺一, 1959. 送風散布式防除機具の研究 (第5報), 農業機械学会誌. 20(4), 152-158.
- 9) 石井スポーツ, 2012. スタータブックバックパック, 東京, 1-2.
- 10) 石原昂, 1960. 背負式ミスト機の振動特性に関する実験的研究, 農業機械学会誌. 21(4), 149-152.
- 11) 石原昂, 臼井恵治, 浦元信, 藤木徳美, 御手洗正文, 毛利建太郎, 守田伸六, 1996. 防除機. 農業機械学会編 生物生産機械ハンドブック, コロナ社, 東京, 531-568.
- 12) ISO11228-1:2003. Ergonomics - Manual handling Part 1:Lifting and carrying.
- 13) ISO3864-1: 2011. Graphical symbols- safety colours and safety signs-.
- 14) ISO4252: 1992. Agricultural tractors – Operator’s workplace, access and exit – Dimensions.



- 15) ISO4253: 1993. Agricultural tractors – Operator’s seating accommodation – Dimensions.
- 16) ISO4254-1: 2005. Agricultural machinery –Safety Part 1: General requirements.
- 17) ISO4254-3: 1992. Tractors and machinery for agriculture and forestry –Technical means for ensuring safety- Part 3: Tractors.
- 18) JBMA-TR-3-:2001. 複写機機能色ガイドライン, 日本事務機械工業会.  
<http://hyojunka.jbmia.or.jp/hyojun2/upload-v3.2/archive/TR-03.pdf>. Accessed May. 1<sup>st</sup> 2014.
- 19) JIS A 8315: 2001. 土工機械－運転員の身体寸法及び運転員周囲の最小空間.  
(ISO3411: 1995. Earth-moving machinery – Human physical dimensions of operators and minimum space envelope. と一致規格)
- 20) JIS A 8318: 2001. 土工機械－座席基準点(SIP). (ISO5353: 1995. Earth-moving machinery, and tractors and machinery for agriculture and forestry – Seat index point. と一致規格)
- 21) JIS A 8407: 2000. 土工機械－操縦装置の操作範囲及び位置. (ISO6682: 1986. Earth-moving machinery - Zones of comfort and reach for controls. と一致規格)
- 22) JIS B 9100: 2012. 農業機械－安全標識及び危険図－一般原則.
- 23) JIS B 9126:1997. 農業機械－操作装置の識別記号.
- 24) JIS B 9703:2000. 機械類の安全性－非常停止－設計原則.
- 25) JIS B 9706-3:2001. 機械の安全性－表示, マーキング及び作動－第3部: アクチュエータの配置及び操作に関する要求事項. (IEC 61310: 1999. Safety of machinery – indication, marking and actuation – part3:requirements for the location and operation of actuators. と一致規格)
- 26) JIS S 0101:2000. 消費者用警告図記号.
- 27) JIS S 0032: 2003. 高齢者・障害者配慮設計指針－視覚表示物－日本語文字の最小可読文字サイズ推定方法.

- 28) JIS S 0033: 2006. 高齢者・障害者配慮設計指針—視覚表示物—年齢を考慮した基本色領域に基づく色の組合せ方法.
- 29) JIS TR S 0005: 2010. ロービジョンの基本色領域データ集.
- 30) JIS Z 8071: 2003. 高齢者及び障害のある人々のニーズに対応した規格作成配慮指針. (ISO/IEC Guide 71: 2001. Guidelines for standards developers to address the needs of older persons and persons with disabilities. と一致規格)
- 31) JIS Z 8721: 1993. 色の表示方法—三属性による表示.
- 32) JIS Z 8723: 2000. 表面色の視感比較方法.
- 33) JIS Z 8500:2002. 人間工学—設計のための基本人体測定項目. (ISO7250: 1996. Ergonomics – Basic human body measurements for technological design. と一致規格)
- 34) JIS Z 9103:2005. 安全色—一般事項
- 35) 河原雅典, 1999. 伝統的背負い梯子「背板」はどのように身体にフィットしているか, 九州大学 (旧九州芸術工科大学) 博士課程学位論文, 1-115.
- 36) 川村登, 増田康雄, 1968. 畦畔ダスタの研究 (第 1 報), 農業機械学会誌. 30(1), 12-18.
- 37) 菊池豊ら, 2000. 農業機械の安全性に関する研究(第 20 報).生研センター研究成績 11-2, さいたま市, 35-44
- 38) 菊池豊ら, 2003. 農業機械の安全性に関する研究(第 23 報).生研センター研究成績 14-1, さいたま市, 53-58.
- 39) 菊池豊ら, 2004. 農業機械の安全性に関する研究(第 24 報).生研センター研究成績 15-1, さいたま市, 31-34.
- 40) 菊池豊ら, 2005. 農業機械の安全性に関する研究(第 25 報).生研センター研究成績 16-4, さいたま市, 35-40.
- 41) 菊池豊ら, 2006. 農業機械の安全性に関する研究(第 26 報).生研センター研究成績 17-3, さいたま市, 69-74
- 42) 菊池豊ら, 2007a. 農業機械のユニバーサルデザイン指針-1, 生研センター, さ

- いたま市, 1-65.
- 43) 菊池豊ら, 2007b. 農業機械の安全性に関する研究(第27報).生研センター研究成績 18-3, さいたま市, 11-20.
- 44) 菊池豊, 2010. 農作業における作業負荷, 農業食料工学会誌. 72(2), 100-103.
- 45) 菊池豊ら, 2011. Ergonomic checkpoints in agriculture, International labour office (ILO), Geneva, 31-59,60-103,116-129.
- 46) 菊池豊ら, 2014a. 農業機械と安全, 実教出版, 東京, 161-172.
- 47) 菊池豊, 瀬尾明彦, 湯浅一康, 宮本武緒, 松田一郎, 小林恭, 武田純一, 2014b. 農業機械表示類における文字の実態と視認性, 農業食料工学会誌. 76(4), 333-340.
- 48) 警察庁, 2014. 運転免許証統計平成 25 年度版.  
[http://www.npa.go.jp/toukei/menkyo/pdf/h25\\_sub1.pdf](http://www.npa.go.jp/toukei/menkyo/pdf/h25_sub1.pdf). Accessed May. 1<sup>st</sup> 2014.
- 49) 厚生労働省職業安定局, 1987. 厚生労働省編一般職業適性検査(事業所用)手引, 雇用問題研究会, 東京, 1-127.
- 50) 古瀬敏, 1998. ユニバーサルデザインとはなにか, 都市文化社, 東京, 1-226.
- 51) 小林恭, 2010. 農作業安全と快適農作業について, 日本機械学会誌. 113(1100), 523-526.
- 52) Lynn McAtallney and E Nigd Corlett, 1993. RULA:a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, Applied ergonomics. 24(2), 91-99.
- 53) 丸山製作所, 2014. 丸山製作所 FAQ.  
<http://www.maruyama.co.jp/faq/answer003.html>. Accessed May. 1<sup>st</sup> 2014.
- 54) 増田康雄, 川村登, 1972. 畦畔ダスタの研究(第2報), 農業機械学会誌. 34(1), 34-40.
- 55) 増田康雄, 1975. 畦畔ダスタの研究(第3報), 農業機械学会誌. 37(2), 193-202.
- 56) 三浦恭志郎, 石川文武, 1981. 農業粉塵の研究, 農業機械化研究所報告. 15(-), 1-37.
- 57) 日本自動車連盟(JAF), 2014. セルフスタンドでの誤給油(燃料の入れ間違い)

にご注意ください！.

[http://jafevent.jp/event\\_info/area\\_info/index.php?From=detail&contribution\\_id=43923](http://jafevent.jp/event_info/area_info/index.php?From=detail&contribution_id=43923).

Accessed May. 1<sup>st</sup> 2014.

- 58) 日本人間工学会著, 2003. ユニバーサルデザイン実践ガイドライン, 共立出版, 東京, 1-139.
- 59) 日本農業機械工業会, 2000. 平成 11 年度農業機械の安全性に関する調査研究事業報告書, 東京, 1-138.
- 60) 日本リハビリテーション医学会, 1995. 関節可動域表示ならびに測定法, リハビリテーション医学, 32(4), 207-21.
- 61) 日本陸用内燃機関協会, 2008. 小形汎用ガソリンエンジンのための警告表示に関するガイドライン. [http://www.lema.or.jp/news/pdf/guide2\\_2.pdf](http://www.lema.or.jp/news/pdf/guide2_2.pdf). Accessed May. 1<sup>st</sup> 2014.
- 62) 日本陸用内燃機関協会, 2009. 携帯発電機の安全確保のための警告表示ガイドライン. [http://www.lema.or.jp/news/pdf/guideline\\_0905.pdf](http://www.lema.or.jp/news/pdf/guideline_0905.pdf). Accessed May. 1<sup>st</sup> 2014.
- 63) 人間生活工学研究センター(HQL), 2003. 日本人の人体計測データベース 1992-1994. 大阪市, CD-ROM.
- 64) 人間生活工学研究センター(HQL), 2014. 高齢者身体機能データベース. <http://www.hql.jp/>. Accessed Apr. 1<sup>st</sup> 2014.
- 65) ノースカロライナ州立大学, 2007. ユニバーサルデザインセンター. [http://www.design.ncsu.edu/cud/about\\_us/usronmace.htm](http://www.design.ncsu.edu/cud/about_us/usronmace.htm). Accessed May. 1<sup>st</sup> 2007.
- 66) 農林水産省, 2013. 農作業安全対策. [http://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s\\_kikaika/anzen/](http://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s_kikaika/anzen/). Accessed Apr. 1<sup>st</sup> 2013.
- 67) 山海堂, 1980. 自動車工学全書, 2 自動車の基本計画とデザイン, 67-75.
- 68) 製品評価技術基盤機構, 2014. 事故情報の検索. <http://www.jiko.nite.go.jp/php/jiko/search/index.php>. Accessed May. 1<sup>st</sup> 2014.
- 69) 生研センター, 2011. 生研センター平成 22 年度事業報告. さいたま市, 182-183.

- 70) 生研センター, 2013a. 農作業安全情報センター.  
<http://www.naro.affrc.go.jp/org/brain/anzenweb/index.html>. Accessed Apr. 1<sup>st</sup> 2013.
- 71) 生研センター, 2013b. 平成 25 年度安全装備の確認項目と安全鑑定基準及び解説. さいたま市, 19-20.
- 72) 首都大学東京体力標準値研究会編, 2007. 新・日本人の体力標準値Ⅱ, 不昧堂出版, 東京, 143-145.
- 73) 菅民郎, 2001. Excel で学ぶ多変量解析入門, オーム社, 80-96.
- 74) 新農林社, 2013. 2013 農業機械年鑑. 東京, 38-105.
- 75) 武田太一, 西村功, 藤木徳美, 村田利男, 津賀幸之介, 1984. 防除機, 農業機械学会編 新版農業機械ハンドブック, コロナ社, 東京, 534-555.
- 76) 通商産業省工業技術院生命工学工業技術研究所, 1996. 設計のための人体寸法データ集, 人間生活工学研究センター, 大阪市, 1-219.
- 77) 通商産業省工業技術院生命工学工業技術研究所, 1994. 設計のための人体計測マニュアル, 人間生活工学研究センター, 大阪市, 1-100.
- 78) 山岡俊樹ら, 1990. 操作器の人間工学設計, 図説エルゴノミックス, 日本規格協会, 東京, 63-65.
- 79) 横山詔常, 橋本晃司, 岡野仁, 中村幸司, 野村文雄, 秋田誠, 河原雅典, 2009. 作業負担を目的としたブロウ用背負いフレームの開発, 人間工学. 45(特), 464-465.
- 80) 全国農業機械士協議会, 2012. こうして起こった農作業事故. 東京, 69.
- 81) 全国農業機械士協議会, 2013. こうして起こった農作業事故 2. 東京, 116.

# Improvement of Backpack Type Power Duster using Universal Design

Yutaka KIKUCHI

## Summary

Nowadays, in Japanese agriculture, there is a serious labor issue, that population of engaged in farming is decreasing, aging and so on. In order to get a workforce, it is needed to establish farm work system which is safe, easy and less physical burden for beginner.

On the other hand, a concept of universal design has been grown popular (spread widely). Universal design means to produce buildings, products and environments that are inherently accessible to all people including aged people and people with disabilities and so on.

The objective of this study is to improve usability of a backpack type power duster by being incorporated the concept of universal design.

## Chapter 1 Preface

In this chapter, the background of this study and the former studies in a backpack type power duster and universal design are reviewed.

## Chapter 2 Evaluation of usability for the commercial machines

First, the usability of 4 commercial backpack type power dusters was evaluated. The subjects were 16 people aged 20s to 60s. The subjects operated the machines step by step by -“engine starting up”, “engine stopping”, “spraying of agricultural chemicals”, “adjusting a metering shutter”. After that, the hearing investigation was carried out for the subjects related to usability or needs to be improved. A lot of request for

improving machine were obtained from them. The requests were reviewed from the point of view of the universal design concept.

As a result, improvement of labeling with attention to sensory and cognitive abilities, and improvement of control device with attention to physical abilities and physical size were selected to focus on.

### Chapter 3 Improvement of labeling with attention to sensory and cognitive abilities on user

A total of 804 warning and operation labels on agricultural machinery were investigated. Some labels were difficult to read because of a combination of small print and low contrast between characters and their background. The quantitative investigations were carried out for the legibility of the label characters due to color combination, illuminance level and user's age in a more similar state to an actual using environment of the machines. 58 samples of label were used. The illuminance level was set at 3 stages assumed from twilight to under blazing sun. The subjects were 42 people aged 20 to 80.

As a result, general tendency of minimum legible character size was 6 to 11 point at the "medium" and "high" illuminance level, and 11 to 19 point at the "low". Minimum legible size for people under 60 was 6 to 16 point, and over 60 was 6 to 23 point. Optimum size for legibility was 15 to 26 point, which was 1.3 to 2.6 times that of the minimum legible size.

The labeling and control device on commercial machines were investigated from the stand point of user-friendly interface, especially for improvement of information presentation method such as "a-easy-place-to-find", "a-easy-to-understand".

3 prototypes were made with putting on the improved labeling, and the original machine and 3 prototypes were evaluated in a subjective way. The subjects were 15 people aged 30 to 50. The subjects operated the machines step by step, such as simulated procedure on engine starting up, and so on. And then investigations about usability or needs to be improved were carried out. The feedback differed according to skill of operator. The

prototype which it was labeled a procedure guidance and mark of each controls, was the best evaluation.

#### Chapter 4 Improvement of control device with attention to physical abilities and physical size

The task analysis for a metering shutter was carried out on original machine, and then the prototype was made for subjective evaluation. The prototype has a high rating on every item, especially for “legibility of labeling” and “easiness of shifting the connecting rod each position”.

The operation time was 16 to 34 seconds, which get 30 to 60 percent off in comparison with the same operation on original machine. It was investigated that the prototype could be held the connecting rod, and the mistake which drop from their hand was reduced when it was exchanged other hole.

The center of gravity was removed 18 millimeters close to user’s trunk with the thin lumber frame.

The force to pull shoulder harness for adjusting its length was decreased to 6 to 43 percent compare to original machine. Especially, it was effective when the angle between strap and shoulder harness was low.

The three dimensional human models of 1300 to 2000 millimeters tall with every 100 millimeters interval by using digital human from Japanese statistical data were developed and simulated in computer. The three dimensional coordinate data was estimated with standing and sitting position from the three dimensional human models.

By simulation, it was assumed that a joint angle of shoulder was exceeded the limit when throttle and shutter lever were put at top position. A thickness of protective equipment and working wear, to add on the naked three dimensional human model was investigated.



## 附 錄

本研究成果の利活用のために、図3-4～3-9, 図3-12～3-13 グラフの具体的数値データを、附表1～8に示す。

附表1 光沢有における判読可能な最小文字サイズの平均値

		単位[mm]																
配色	地字	白灰	白黒	白赤	白黄赤	白黄	白緑	白青	灰白	灰黒	黒白	黒灰	黒赤	黒黄赤	黒黄	黒緑	黒青	黒銀
年齢	全体																	
照度	低	13	11	11	13	19	12	11	13	13	11	14	16	13	12	15	19	13
	中	8	7	7	8	11	7	7	8	8	8	8	9	8	8	9	11	9
	高	7	6	7	7	10	7	7	7	7	7	7	8	7	7	7	8	7
年齢	60未満																	
照度	低	10	9	9	11	15	10	9	11	11	9	12	14	12	10	12	16	14
	中	7	6	6	7	9	7	7	7	7	7	8	8	8	7	8	9	11
	高	7	6	6	7	8	6	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	8
年齢	60以上																	
照度	低	15	12	13	15	23	13	13	14	14	13	16	17	14	14	17	23	12
	中	9	8	8	9	12	8	8	9	8	8	9	10	9	9	10	12	8
	高	7	7	7	8	12	7	7	8	7	7	8	8	8	7	8	9	7

配色	地字	赤白	赤黒	黄赤白	黄赤黒	黄白	黄黒	緑白	緑黒	青白	青黒	銀黒	銀赤
年齢	全体												
照度	低	12	14	13	12	19	11	12	14	11	18	13	14
	中	8	9	8	8	11	7	8	8	8	10	9	9
	高	7	7	7	7	11	7	7	7	7	8	7	8
年齢	60未満												
照度	低	10	12	11	10	15	9	10	12	10	14	14	15
	中	7	8	8	7	9	7	7	7	7	8	9	10
	高	7	7	7	7	9	6	7	7	7	7	8	8
年齢	60以上												
照度	低	14	16	15	13	23	13	14	16	13	21	11	13
	中	8	10	9	8	13	8	8	9	8	11	9	9
	高	7	8	8	7	12	7	7	7	7	8	6	7

附表2 光沢無における判読可能な最小文字サイズの平均値

単位[mm]

配色	地	白	白	白	白	白	白	白	灰	灰	黒	黒	黒	黒	黒	黒	黒	黒	
	字	灰	黒	赤	黄赤	黄	緑	青	白	黒	白	灰	赤	黄赤	黄	緑	青	銀	
年齢	全体																		
照度	低	11	11	11	13	19	12	11	13	12	11	14	16	13	12	15	16	14	
	中	7	6	7	8	11	7	7	8	7	7	8	9	8	8	9	9	7	
	高	7	6	6	7	10	7	7	7	7	8	7	8	7	7	7	7	7	
年齢	60未満																		
照度	低	9	9	9	10	15	10	9	11	11	9	12	13	11	10	13	14	15	
	中	6	6	6	7	9	6	6	7	6	7	7	8	7	7	8	8	9	
	高	6	6	6	7	8	7	7	7	6	6	7	7	7	7	7	7	8	
年齢	60以上																		
照度	低	15	13	13	16	23	13	13	15	14	13	15	18	14	13	17	19	13	
	中	8	7	8	9	13	8	8	9	8	8	9	10	9	9	10	10	6	
	高	7	6	7	7	11	7	7	7	7	9	7	8	7	7	8	8	7	

配色	地	赤	赤	黄赤	黄赤	黄	黄	緑	緑	青	青	銀	銀
	字	白	黒	白	黒	白	黒	白	黒	白	黒	黒	赤
年齢	全体												
照度	低	11	14	13	12	19	11	12	14	12	16	12	13
	中	8	8	8	7	11	7	7	8	8	9	7	8
	高	7	7	8	7	11	7	7	7	7	7	7	7
年齢	60未満												
照度	低	10	12	12	10	15	9	11	12	10	13	15	15
	中	7	7	7	7	9	6	7	7	7	8	8	9
	高	7	7	7	6	9	6	7	7	7	7	8	8
年齢	60以上												
照度	低	13	16	15	13	23	13	14	16	13	20	11	12
	中	8	10	9	8	14	8	8	9	8	10	6	7
	高	7	8	8	7	13	7	7	7	7	8	6	7

附表3 光沢有における判読可能な最小文字サイズの標準偏差

単位[mm]

配色	地	白	白	白	白	白	白	白	灰	灰	黒	黒	黒	黒	黒	黒	黒	黒
	字	灰	黒	赤	黄赤	黄	緑	青	白	黒	白	灰	赤	黄赤	黄	緑	青	銀
年齢	全体																	
照度	低	7	5	5	7	9	6	6	6	6	5	6	7	6	5	7	8	7
	中	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	4	6
	高	3	3	3	3	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
年齢	60未満																	
照度	低	6	5	5	7	8	6	5	7	8	4	7	8	7	5	7	8	10
	中	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	4	9
	高	3	3	3	4	4	4	4	3	4	3	4	4	3	3	3	3	4
年齢	60以上																	
照度	低	7	5	5	6	8	5	6	5	5	4	5	5	4	4	6	8	4
	中	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	2
	高	3	3	3	3	7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2

配色	地	赤	赤	黄赤	黄赤	黄	黄	緑	緑	青	青	銀	銀
	字	白	黒	白	黒	白	黒	白	黒	白	黒	黒	赤
年齢	全体												
照度	低	6	7	6	6	9	5	6	7	5	9	7	7
	中	3	4	3	4	5	3	3	4	3	4	4	4
	高	3	4	3	4	5	3	3	3	3	4	3	4
年齢	60未満												
照度	低	6	9	6	7	8	5	6	7	5	8	10	10
	中	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	6	5
	高	3	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4
年齢	60以上												
照度	低	5	5	4	5	9	4	4	5	4	8	4	5
	中	3	5	3	4	5	3	3	3	3	5	2	2
	高	3	3	3	3	5	3	3	3	3	4	3	3

附表4 光沢無における判読可能な最小文字サイズの標準偏差

単位[mm]

配色	地	白	白	白	白	白	白	白	灰	灰	黒	黒	黒	黒	黒	黒	黒	黒
	字	灰	黒	赤	黄赤	黄	緑	青	白	黒	白	灰	赤	黄赤	黄	緑	青	銀
年齢	全体																	
照度	低	6	5	5	5	8	6	5	6	6	5	7	8	6	5	6	7	8
	中	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3
	高	3	3	3	3	5	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3
年齢	60未満																	
照度	低	4	4	4	4	6	6	5	7	7	4	7	8	7	5	7	7	10
	中	3	2	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	4
	高	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
年齢	60以上																	
照度	低	6	5	4	5	8	6	5	5	4	5	6	7	4	5	5	6	7
	中	3	3	3	4	4	3	4	3	4	3	3	3	4	3	3	4	2
	高	3	2	3	3	6	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	2

配色	地	赤	赤	黄赤	黄赤	黄	黄	緑	緑	青	青	銀	銀
	字	白	黒	白	黒	白	黒	白	黒	白	黒	黒	赤
年齢	全体												
照度	低	5	7	6	6	9	5	6	7	5	7	7	7
	中	3	4	3	4	5	3	3	4	3	4	3	3
	高	3	3	3	3	6	3	3	3	3	3	3	3
年齢	60未満												
照度	低	5	7	7	6	7	5	7	9	6	7	10	10
	中	3	4	3	3	4	3	3	3	3	4	4	5
	高	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	4	4
年齢	60以上												
照度	低	4	6	5	5	9	5	4	5	4	6	4	5
	中	3	4	3	4	5	3	3	4	3	4	3	3
	高	3	4	3	4	7	3	3	3	3	3	2	2

附表5 光沢有における読みやすい文字サイズの平均値

		単位[mm]																																																																																																																																																																																																																											
配色	地字	白灰	白黒	白赤	白黄赤	白黄	白緑	白青	灰白	灰黒	黒白	黒灰	黒赤	黒黄赤	黒黄	黒緑	黒青	黒銀																																																																																																																																																																																																											
年齢	全体																		照度	低	20	18	19	19	25	19	19	20	19	19	21	23	20	19	22	26	22	中	16	15	15	16	18	15	15	16	15	15	16	17	16	16	16	18	19	高	15	15	15	15	18	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	16	17	年齢	60未満																		照度	低	19	17	18	18	22	18	18	20	19	19	21	22	21	19	21	23	25	中	16	15	16	16	18	16	16	17	16	16	17	18	17	16	17	18	24	高	16	15	15	16	17	16	16	16	15	16	16	16	16	16	16	17	21	年齢	60以上																		照度	低	21	19	19	21	28	20	19	21	20	19	21	24	20	19	23	30	19	中	16	15	15	16	19	15	15	16	15	15	15	16	15	15	16	18	16	高	15	14	14	15	19	14	14	15	14	14	15	15	14	14	15	16	15
照度	低	20	18	19	19	25	19	19	20	19	19	21	23	20	19	22	26	22		中	16	15	15	16	18	15	15	16	15	15	16	17	16	16	16	18	19	高	15	15	15	15	18	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	16	17	年齢	60未満																		照度	低	19	17	18	18	22	18	18	20	19	19	21	22	21	19	21	23		25	中	16	15	16	16	18	16	16	17	16	16	17	18	17	16	17	18	24	高	16	15	15	16	17	16	16	16	15	16	16	16	16	16	16	17	21	年齢	60以上																		照度	低	21	19	19	21	28	20	19	21	20	19	21	24	20	19	23		30	19	中	16	15	15	16	19	15	15	16	15	15	15	16	15	15	16	18	16	高	15	14	14	15	19	14	14	15	14	14	15	15	14	14	15	16	15																
	中	16	15	15	16	18	15	15	16	15	15	16	17	16	16	16	18	19		高	15	15	15	15	18	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	16	17	年齢	60未満																		照度	低	19	17	18	18	22	18	18	20	19	19	21	22	21	19	21	23		25	中	16	15	16	16	18	16	16	17	16	16	17	18	17	16	17		18	24	高	16	15	15	16	17	16	16	16	15	16	16	16	16	16	16	17	21	年齢	60以上																		照度	低	21	19	19	21	28	20	19	21	20	19	21	24	20	19	23		30	19	中	16	15	15	16	19	15	15	16	15	15	15	16	15		15	16	18	16	高	15	14	14	15	19	14	14	15	14	14	15	15	14	14	15	16	15																																
	高	15	15	15	15	18	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	16	17	年齢	60未満																		照度	低	19	17	18	18	22	18	18	20	19	19	21	22	21	19	21	23	25		中	16	15	16	16	18	16	16	17	16	16	17	18	17	16	17	18		24	高	16	15	15	16	17	16	16	16	15	16	16	16	16	16	16	17	21	年齢	60以上																		照度	低	21	19	19	21	28	20	19	21	20	19	21	24	20	19	23	30	19		中	16	15	15	16	19	15	15	16	15	15	15	16	15	15	16		18	16	高	15	14	14	15	19	14	14	15	14	14	15	15	14	14	15	16	15																																																			
年齢	60未満																		照度	低	19	17	18	18	22	18	18	20	19	19	21	22	21	19	21	23	25		中	16	15	16	16	18	16	16	17	16	16	17	18	17	16	17	18	24		高	16	15	15	16	17	16	16	16	15	16	16	16	16	16	16	17	21	年齢	60以上																		照度	低	21	19	19	21	28	20	19	21	20	19	21	24	20	19	23	30	19		中	16	15	15	16	19	15	15	16	15	15	15	16	15	15	16	18	16		高	15	14	14	15	19	14	14	15	14	14	15	15	14	14	15	16	15																																																																						
照度	低	19	17	18	18	22	18	18	20	19	19	21	22	21	19	21	23	25		中	16	15	16	16	18	16	16	17	16	16	17	18	17	16	17	18	24		高	16	15	15	16	17	16	16	16	15	16	16	16	16	16	16	17	21	年齢	60以上																		照度	低	21	19	19	21	28	20	19	21	20	19	21	24	20	19	23	30	19		中	16	15	15	16	19	15	15	16	15	15	15	16	15	15	16	18	16		高	15	14	14	15	19	14	14	15	14	14	15	15	14	14	15	16	15																																																																																									
	中	16	15	16	16	18	16	16	17	16	16	17	18	17	16	17	18	24		高	16	15	15	16	17	16	16	16	15	16	16	16	16	16	16	17	21	年齢	60以上																		照度	低	21	19	19	21	28	20	19	21	20	19	21	24	20	19	23	30	19		中	16	15	15	16	19	15	15	16	15	15	15	16	15	15	16	18	16		高	15	14	14	15	19	14	14	15	14	14	15	15	14	14	15	16	15																																																																																																												
	高	16	15	15	16	17	16	16	16	15	16	16	16	16	16	16	17	21	年齢	60以上																		照度	低	21	19	19	21	28	20	19	21	20	19	21	24	20	19	23	30	19		中	16	15	15	16	19	15	15	16	15	15	15	16	15	15	16	18	16		高	15	14	14	15	19	14	14	15	14	14	15	15	14	14	15	16	15																																																																																																																															
年齢	60以上																		照度	低	21	19	19	21	28	20	19	21	20	19	21	24	20	19	23	30	19		中	16	15	15	16	19	15	15	16	15	15	15	16	15	15	16	18	16		高	15	14	14	15	19	14	14	15	14	14	15	15	14	14	15	16	15																																																																																																																																																		
照度	低	21	19	19	21	28	20	19	21	20	19	21	24	20	19	23	30	19		中	16	15	15	16	19	15	15	16	15	15	15	16	15	15	16	18	16		高	15	14	14	15	19	14	14	15	14	14	15	15	14	14	15	16	15																																																																																																																																																																					
	中	16	15	15	16	19	15	15	16	15	15	15	16	15	15	16	18	16		高	15	14	14	15	19	14	14	15	14	14	15	15	14	14	15	16	15																																																																																																																																																																																								
	高	15	14	14	15	19	14	14	15	14	14	15	15	14	14	15	16	15																																																																																																																																																																																																											

配色	地字	赤白	赤黒	黄赤白	黄赤黒	黄白	黄黒	緑白	緑黒	青白	青黒	銀黒	銀赤																																																																																																																																																				
年齢	全体													照度	低	20	21	20	19	25	19	23	21	19	24	21	22	中	16	16	16	16	19	15	16	16	16	17	20	19	高	15	15	15	15	19	15	15	15	15	16	18	17	年齢	60未満													照度	低	19	20	20	19	22	18	19	20	19	22	23	24	中	17	17	17	16	19	16	17	16	17	17	24	24	高	16	15	15	15	18	15	15	15	15	16	21	19	年齢	60以上													照度	低	20	23	21	19	28	19	26	22	19	26	20	21	中	15	15	16	15	20	15	15	16	15	17	16	16	高	14	14	15	14	19	14	15	14	14	16	15	15
照度	低	20	21	20	19	25	19	23	21	19	24	21	22		中	16	16	16	16	19	15	16	16	16	17	20	19	高	15	15	15	15	19	15	15	15	15	16	18	17	年齢	60未満													照度	低	19	20	20	19	22	18	19	20	19	22	23		24	中	17	17	17	16	19	16	17	16	17	17	24	24	高	16	15	15	15	18	15	15	15	15	16	21	19	年齢	60以上													照度	低	20	23	21	19	28	19	26	22	19	26		20	21	中	15	15	16	15	20	15	15	16	15	17	16	16	高	14	14	15	14	19	14	15	14	14	16	15	15											
	中	16	16	16	16	19	15	16	16	16	17	20	19		高	15	15	15	15	19	15	15	15	15	16	18	17	年齢	60未満													照度	低	19	20	20	19	22	18	19	20	19	22	23		24	中	17	17	17	16	19	16	17	16	17	17		24	24	高	16	15	15	15	18	15	15	15	15	16	21	19	年齢	60以上													照度	低	20	23	21	19	28	19	26	22	19	26		20	21	中	15	15	16	15	20	15	15	16		15	17	16	16	高	14	14	15	14	19	14	15	14	14	16	15	15																						
	高	15	15	15	15	19	15	15	15	15	16	18	17	年齢	60未満													照度	低	19	20	20	19	22	18	19	20	19	22	23	24		中	17	17	17	16	19	16	17	16	17	17	24		24	高	16	15	15	15	18	15	15	15	15	16	21	19	年齢	60以上													照度	低	20	23	21	19	28	19	26	22	19	26	20	21		中	15	15	16	15	20	15	15	16	15	17		16	16	高	14	14	15	14	19	14	15	14	14	16	15	15																																				
年齢	60未満													照度	低	19	20	20	19	22	18	19	20	19	22	23	24		中	17	17	17	16	19	16	17	16	17	17	24	24		高	16	15	15	15	18	15	15	15	15	16	21	19	年齢	60以上													照度	低	20	23	21	19	28	19	26	22	19	26	20	21		中	15	15	16	15	20	15	15	16	15	17	16	16		高	14	14	15	14	19	14	15	14	14	16	15	15																																																		
照度	低	19	20	20	19	22	18	19	20	19	22	23	24		中	17	17	17	16	19	16	17	16	17	17	24	24		高	16	15	15	15	18	15	15	15	15	16	21	19	年齢	60以上													照度	低	20	23	21	19	28	19	26	22	19	26	20	21		中	15	15	16	15	20	15	15	16	15	17	16	16		高	14	14	15	14	19	14	15	14	14	16	15	15																																																																
	中	17	17	17	16	19	16	17	16	17	17	24	24		高	16	15	15	15	18	15	15	15	15	16	21	19	年齢	60以上													照度	低	20	23	21	19	28	19	26	22	19	26	20	21		中	15	15	16	15	20	15	15	16	15	17	16	16		高	14	14	15	14	19	14	15	14	14	16	15	15																																																																														
	高	16	15	15	15	18	15	15	15	15	16	21	19	年齢	60以上													照度	低	20	23	21	19	28	19	26	22	19	26	20	21		中	15	15	16	15	20	15	15	16	15	17	16	16		高	14	14	15	14	19	14	15	14	14	16	15	15																																																																																												
年齢	60以上													照度	低	20	23	21	19	28	19	26	22	19	26	20	21		中	15	15	16	15	20	15	15	16	15	17	16	16		高	14	14	15	14	19	14	15	14	14	16	15	15																																																																																																										
照度	低	20	23	21	19	28	19	26	22	19	26	20	21		中	15	15	16	15	20	15	15	16	15	17	16	16		高	14	14	15	14	19	14	15	14	14	16	15	15																																																																																																																								
	中	15	15	16	15	20	15	15	16	15	17	16	16		高	14	14	15	14	19	14	15	14	14	16	15	15																																																																																																																																						
	高	14	14	15	14	19	14	15	14	14	16	15	15																																																																																																																																																				

附表6 光沢有における読みやすい文字サイズの標準偏差

単位[mm]

配色	地	白	白	白	白	白	白	白	灰	灰	黒	黒	黒	黒	黒	黒	黒	黒	
	字	灰	黒	赤	黄赤	黄	緑	青	白	黒	白	灰	赤	黄赤	黄	緑	青	銀	
年齢	全体																		
照度	低	7	6	6	7	9	6	6	7	7	7	7	8	7	6	8	9	9	
	中	4	4	4	4	5	4	4	4	4	3	4	5	4	4	4	4	8	
	高	4	4	3	4	7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	7	
年齢	60未満																		
照度	低	6	6	6	6	7	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	7	12	
	中	5	4	4	5	5	4	4	5	5	3	5	6	4	4	5	5	9	
	高	4	3	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	8	
年齢	60以上																		
照度	低	8	6	5	7	10	6	6	7	6	5	6	8	5	4	8	10	5	
	中	4	3	3	4	6	3	4	3	3	3	3	2	3	3	3	4	4	
	高	5	4	3	4	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	5	

配色	地	白	白	白	白	白	白	白	灰	灰	黒	黒	黒	黒	黒	黒	黒	黒	
	字	灰	黒	赤	黄赤	黄	緑	青	白	黒	白	灰	赤	黄赤	黄	緑	青	銀	
年齢	全体																		
照度	低	7	6	6	7	9	6	6	7	7	7	7	8	7	6	8	9	9	
	中	4	4	4	4	5	4	4	4	4	3	4	5	4	4	4	4	8	
	高	4	4	3	4	7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	7	
年齢	60未満																		
照度	低	6	6	6	6	7	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	7	12	
	中	5	4	4	5	5	4	4	5	5	3	5	6	4	4	5	5	9	
	高	4	3	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	8	
年齢	60以上																		
照度	低	8	6	5	7	10	6	6	7	6	5	6	8	5	4	8	10	5	
	中	4	3	3	4	6	3	4	3	3	3	3	2	3	3	3	4	4	
	高	5	4	3	4	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	5	

附表7 光沢無における読みやすい文字サイズの平均値

単位[mm]

配色	地	白	白	白	白	白	白	白	灰	灰	黒	黒	黒	黒	黒	黒	黒	黒
	字	灰	黒	赤	黄赤	黄	緑	青	白	黒	白	灰	赤	黄赤	黄	緑	青	銀
年齢	全体																	
照度	低	19	18	18	20	26	21	19	20	19	19	20	23	20	19	22	24	23
	中	15	14	15	16	18	15	15	16	15	15	16	17	16	16	16	17	17
	高	15	14	15	15	18	15	15	15	15	14	15	15	15	15	15	15	15
年齢	60未満																	
照度	低	18	17	17	18	23	23	18	19	18	18	20	20	19	19	20	21	26
	中	14	14	15	14	15.5	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	19
	高	15	15	15	16	18	16	16	16	15	15	16	16	16	15	16	16	17
年齢	60以上																	
照度	低	20	18	19	21	29	19	19	21	20	19	21	25	20	19	24	26	21
	中	15	14	15	15	19	14	14	16	15	14	15	16	15	15	16	17	15
	高	14	14	14	14	19	14	14	15	14	14	14	14	14	14	15	15	14

配色	地	白	白	白	白	白	白	白	灰	灰	黒	黒	黒	黒	黒	黒	黒	黒
	字	灰	黒	赤	黄赤	黄	緑	青	白	黒	白	灰	赤	黄赤	黄	緑	青	銀
年齢	全体																	
照度	低	19	18	18	20	26	21	19	20	19	19	20	23	20	19	22	24	23
	中	15	14	15	16	18	15	15	16	15	15	16	17	16	16	16	17	17
	高	15	14	15	15	18	15	15	15	15	14	15	15	15	15	15	15	15
年齢	60未満																	
照度	低	18	17	17	18	23	23	18	19	18	18	20	20	19	19	20	21	26
	中	14	14	15	14	15.5	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	19
	高	15	15	15	16	18	16	16	16	15	15	16	16	16	15	16	16	17
年齢	60以上																	
照度	低	20	18	19	21	29	19	19	21	20	19	21	25	20	19	24	26	21
	中	15	14	15	15	19	14	14	16	15	14	15	16	15	15	16	17	15
	高	14	14	14	14	19	14	14	15	14	14	14	14	14	14	15	15	14



附表8 光沢無における読みやすい文字サイズの標準偏差

単位[mm]

配色	地 字	白	白	白	白	白	白	白	灰	灰	黒	黒	黒	黒	黒	黒	黒	黒
		灰	黒	赤	黄赤	黄	緑	青	白	黒	白	灰	赤	黄赤	黄	緑	青	銀
年齢	全体																	
照度	低	6	4	5	6	9	7	6	7	5	6	7	9	7	6	8	9	10
	中	3	4	3	3	5	3	3	6	4	4	4	5	5	5	5	5	4
	高	4	4	4	4	6	4	4	4	4	3	4	4	3	3	4	3	4
年齢	60未満																	
照度	低	6	4	4	5	7	7	6	7	6	6	8	8	7	7	7	8	12
	中	3	4	4	4	4	4	4	6	5	4	5	5	5	6	5	6	4
	高	4	4	4	4	5	3	3	4	3	3	4	4	3	3	4	3	3
年齢	60以上																	
照度	低	7	5	5	7	10	6	6	6	5	6	7	9	6	5	9	10	9
	中	3	3	3	3	6	3	3	5	4	3	4	4	4	4	4	4	4
	高	4	4	4	4	7	4	4	4	4	4	5	3	4	3	4	4	4

配色	地 字	赤	赤	黄赤	黄赤	黄	黄	緑	緑	青	青	銀	銀
		白	黒	白	黒	白	黒	白	黒	白	黒	黒	赤
年齢	全体												
照度	低	6	8	7	7	9	6	6	7	6	8	9	9
	中	5	5	5	4	7	4	5	5	4	5	4	4
	高	3	3	3	4	7	4	4	4	4	4	6	5
年齢	60未満												
照度	低	6	8	7	8	6	6	8	7	8	7	11	11
	中	6	6	6	5	7	5	5	5	5	5	4	4
	高	3	3	3	3	6	4	4	3	3	3	6	6
年齢	60以上												
照度	低	6	8	7	6	10	5	5	7	4	8	6	7
	中	4	5	4	4	7	3	4	4	4	5	4	4
	高	3	4	3	4	7	4	3	4	4	4	5	4

参考のため、3. 3. 2の主観評価の調査票様式を、附図1に示す。

動力散布機操作性主観評価アンケート No. \_\_\_\_\_

測定日: 201 年 月 日, 回答者: \_\_\_\_\_, 年齢 歳, 性別: 男・女, 身長 \_\_\_\_\_ cm, 体重 \_\_\_\_\_ kg

機種: A, B, C, D, \_\_\_\_\_, 手袋: 無, ゴム, 綿手, \_\_\_\_\_, 操作: エンジン始動, シャッター調節 \_\_\_\_\_, 使用経験 \_\_\_\_\_ 年

操作した感想を、下の当てはまる数字に○を付けてください。

		非常に	かなり	やや	もない	い	ず	れ	で	や	かなり	非常に	
表示見つけやすさ	わるい	1	2	3	4	5	6	7	よい				
表示見やすさ	わるい	1	2	3	4	5	6	7	よい				
表示位置, 向き	わるい	1	2	3	4	5	6	7	よい				
表示文字サイズ	わるい	1	2	3	4	5	6	7	よい				
表示配色	わるい	1	2	3	4	5	6	7	よい				
表示内容分かりやすさ	わるい	1	2	3	4	5	6	7	よい				
レバー, スイッチ見つけやすさ	わるい	1	2	3	4	5	6	7	よい				
レバー, スイッチのサイズ	わるい	1	2	3	4	5	6	7	よい				
レバー, スイッチの形	わるい	1	2	3	4	5	6	7	よい				
レバー, スイッチの力	わるい	1	2	3	4	5	6	7	よい				
レバー, スイッチの位置	わるい	1	2	3	4	5	6	7	よい				
レバー, スイッチの操作方向	わるい	1	2	3	4	5	6	7	よい				
レバー, スイッチ周りスペース	わるい	1	2	3	4	5	6	7	よい				
レバー, スイッチ調節しやすさ	わるい	1	2	3	4	5	6	7	よい				
操作のスムーズさ	わるい	1	2	3	4	5	6	7	よい				
調節位置の分かりやすさ	わるい	1	2	3	4	5	6	7	よい				
操作手順分かりやすさ	わるい	1	2	3	4	5	6	7	よい				
総合評価(使いやすさ)	わるい	1	2	3	4	5	6	7	よい				

気付いたこと(当たる場所, 窮屈, バンド引っ張れない, ...)

燃料混合比, チョーク, 肩ベルト, シャッター, スロットルレバー, シャッターレバー, リコイルスタータ

---



---

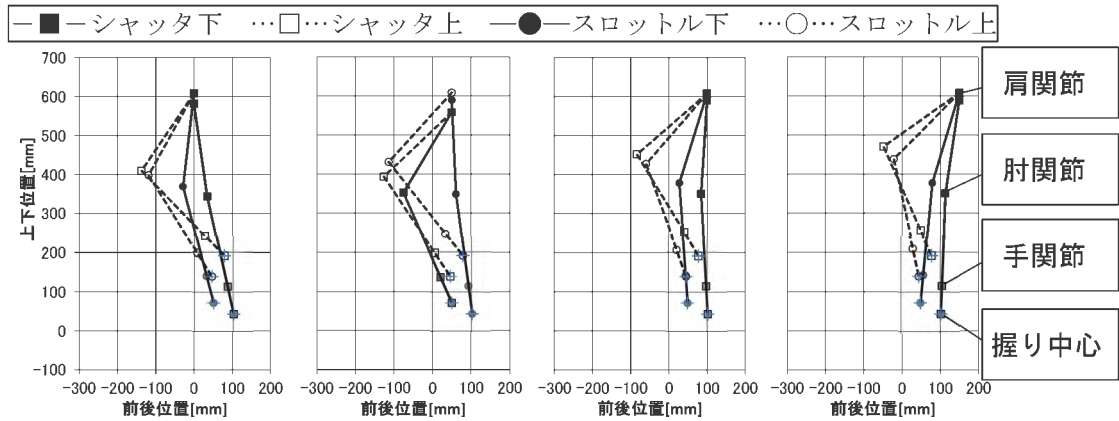


---

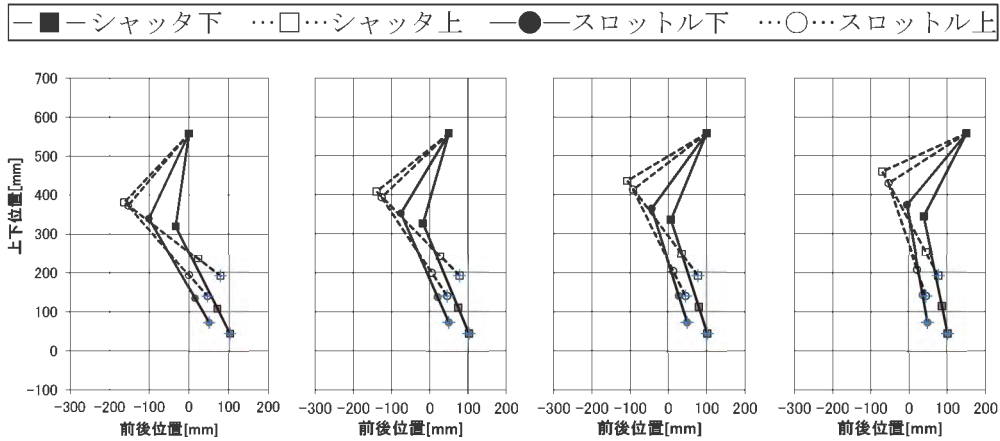
附図1 取扱性主観評価票様式



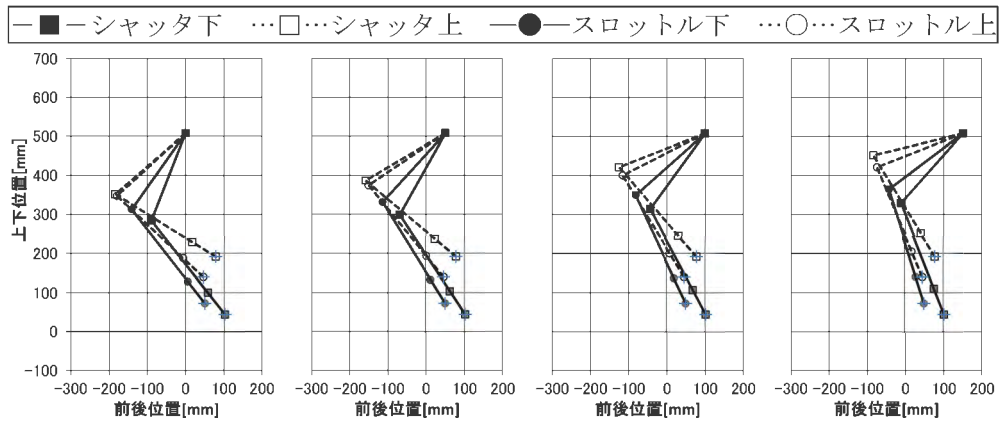
参考のため4.5.3のレバー位置や関節角度などの推定結果を附図3~67に示す。



附図3 レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1500mm, フレーム位置上下+100mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)

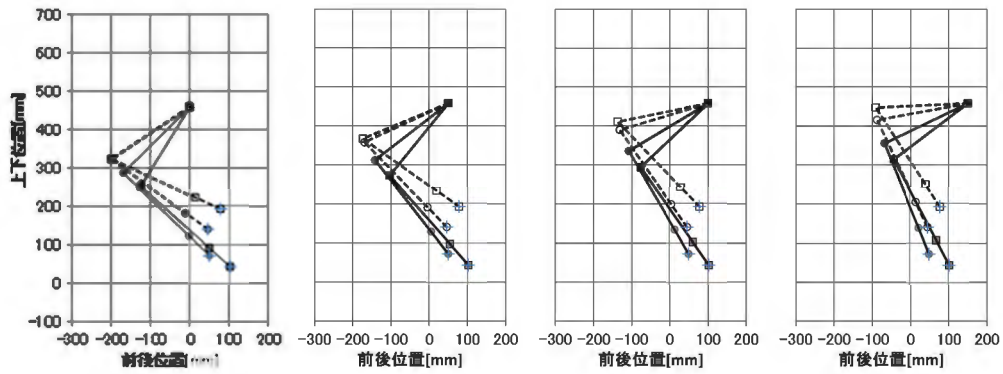


附図4 レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1500mm, フレーム位置上下+50mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)



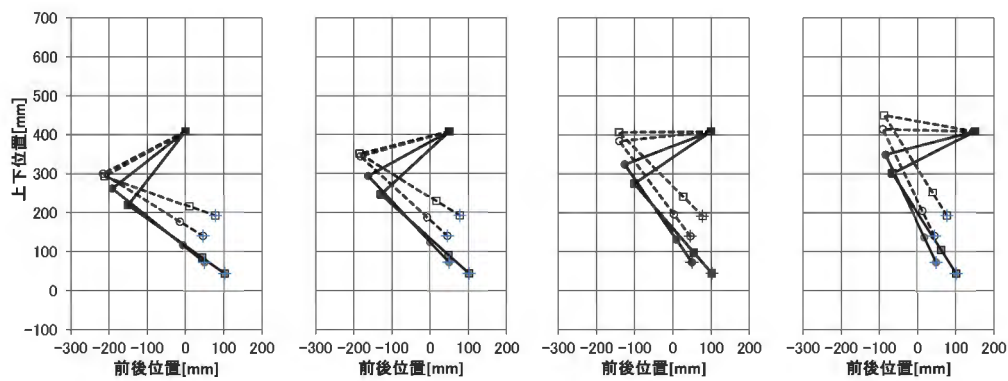
附図5 レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1500mm, フレーム位置上下 0mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)

—■—シャッタ下 …□…シャッタ上 —●—スロットル下 …○…スロットル上



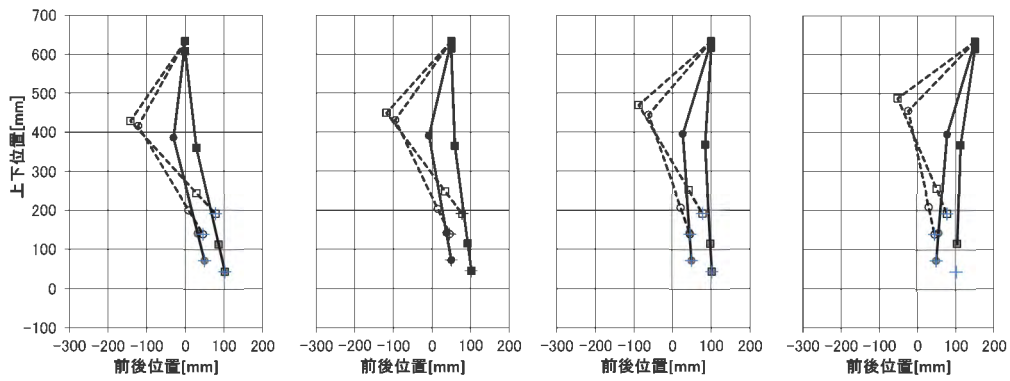
附図6 レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1500mm, フレーム位置上下-50mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)

—■—シャッタ下 …□…シャッタ上 —●—スロットル下 …○…スロットル上



附図7 レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1500mm, フレーム位置上下-100mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)

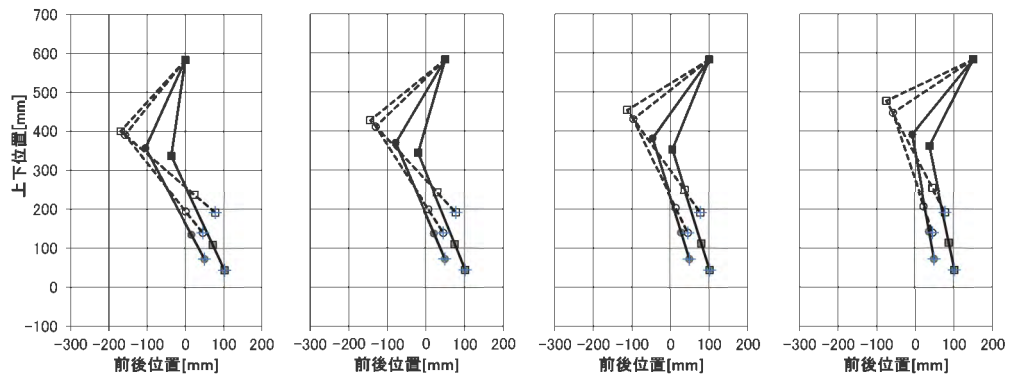
—■—シャッタ下 …□…シャッタ上 —●—スロットル下 …○…スロットル上



附図8 レバー位置と上肢の姿勢

(身長 1600mm, フレーム位置上下+100mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)

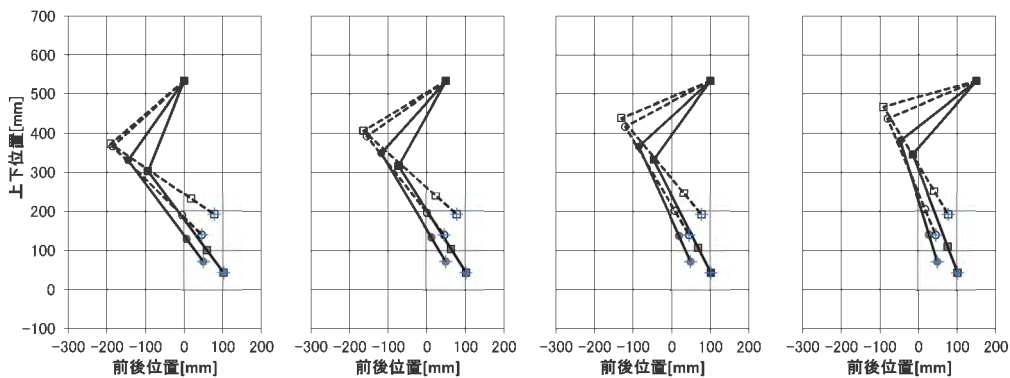
—■—シャッタ下 …□…シャッタ上 —●—スロットル下 …○…スロットル上



附図9 レバー位置と上肢の姿勢

(身長 1600mm, フレーム位置上下+50mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)

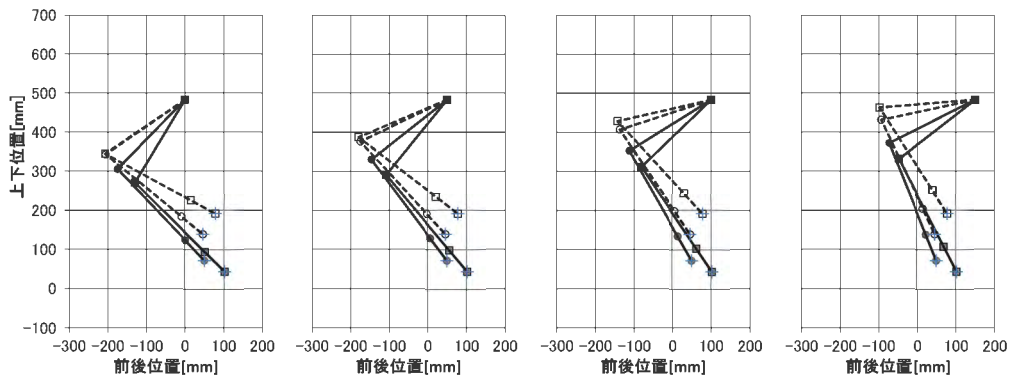
—■—シャッタ下 …□…シャッタ上 —●—スロットル下 …○…スロットル上



附図10 レバー位置と上肢の姿勢

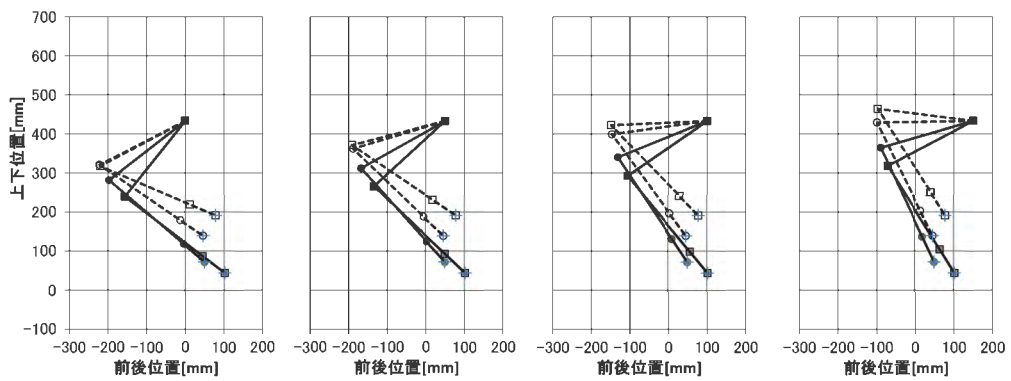
(身長 1600mm, フレーム位置上下 0mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)

—■—シャッタ下 …□…シャッタ上 —●—スロットル下 …○…スロットル上



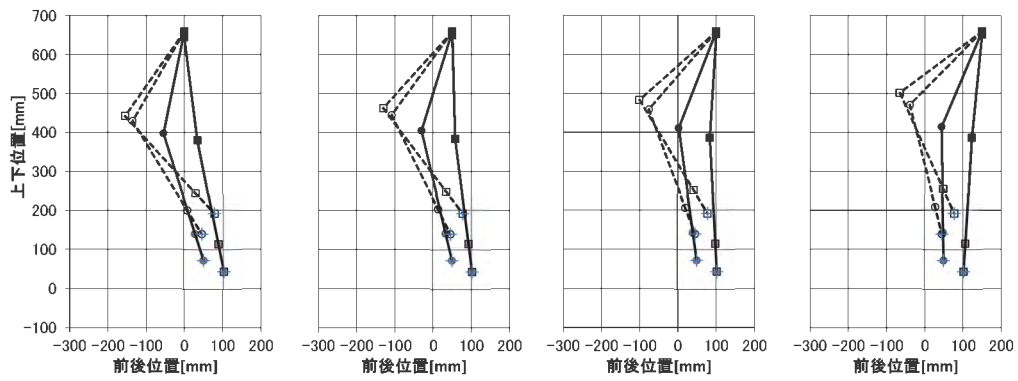
附図 11 レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1600mm, フレーム位置上下-50mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)

—■—シャッタ下 …□…シャッタ上 —●—スロットル下 …○…スロットル上



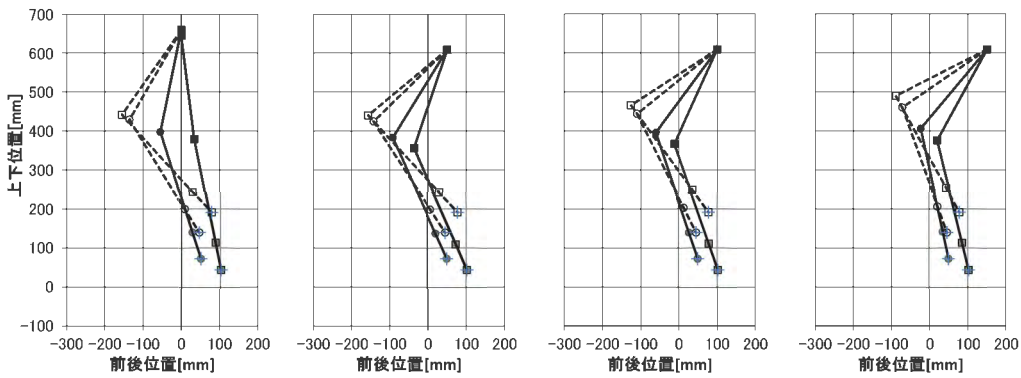
附図 12 レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1600mm, フレーム位置上下-100mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)

—■—シャツ下 …□…シャツ上 —●—スロットル下 …○…スロットル上



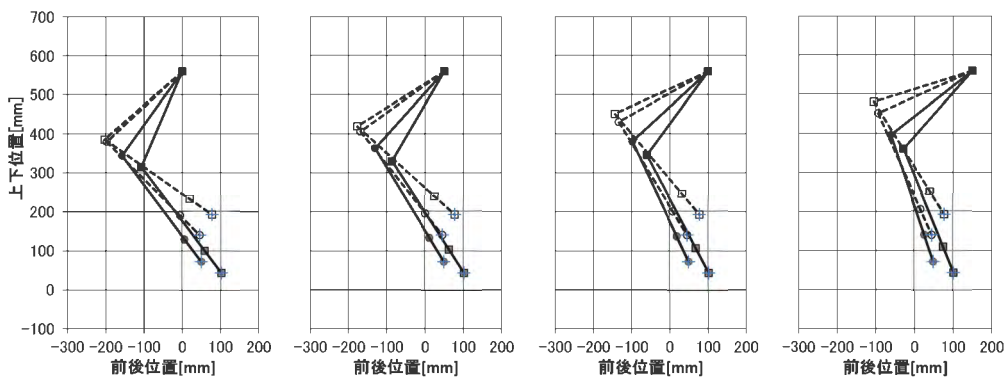
附図 13 (図 4-55) レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1700mm, フレーム位置上下+100mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)

—■—シャツ下 …□…シャツ上 —●—スロットル下 …○…スロットル上



附図 14 (図 4-56) レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1700mm, フレーム位置上下+50mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)

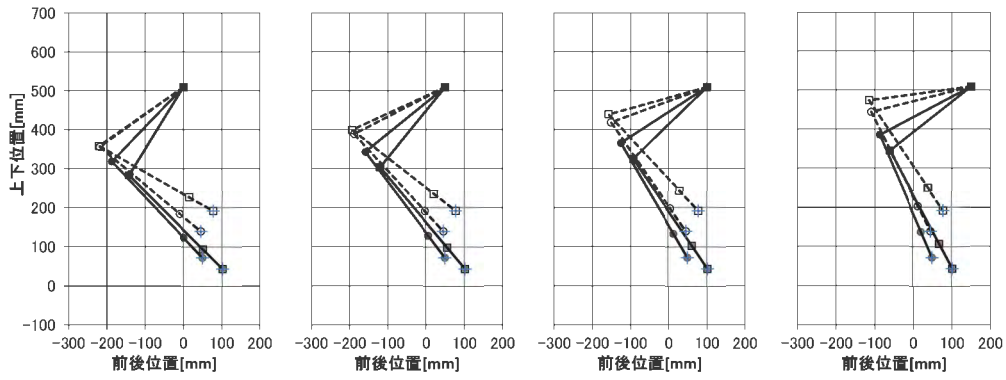
—■—シャツ下 …□…シャツ上 —●—スロットル下 …○…スロットル上



附図 15 (図 4-57) レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1700mm, フレーム位置上下 0mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)

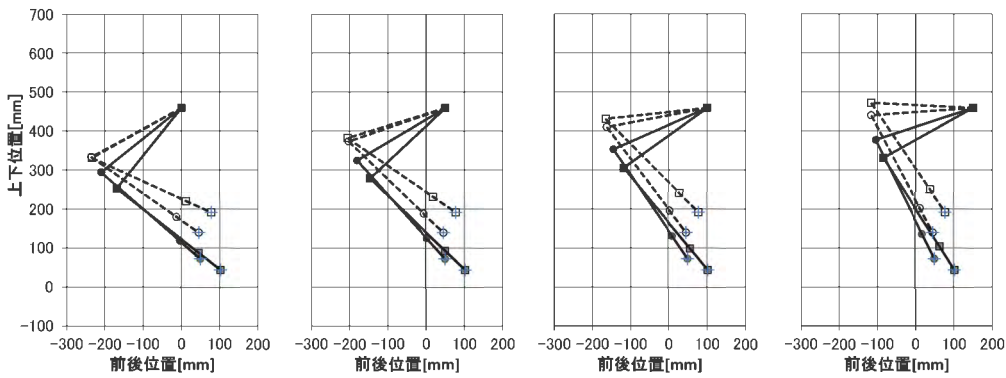


—■—シャッタ下 …□…シャッタ上 —●—スロットル下 …○…スロットル上

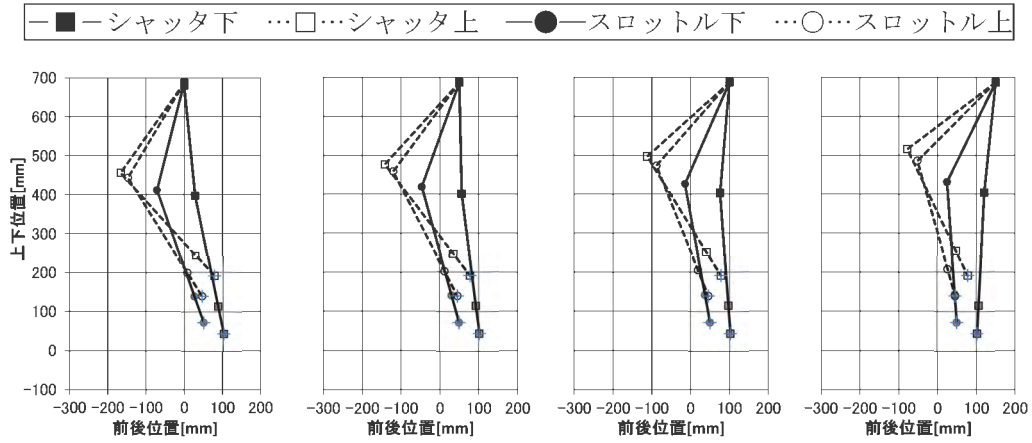


附図 16 (図 4-58) レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1700mm, フレーム位置上下-50mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)

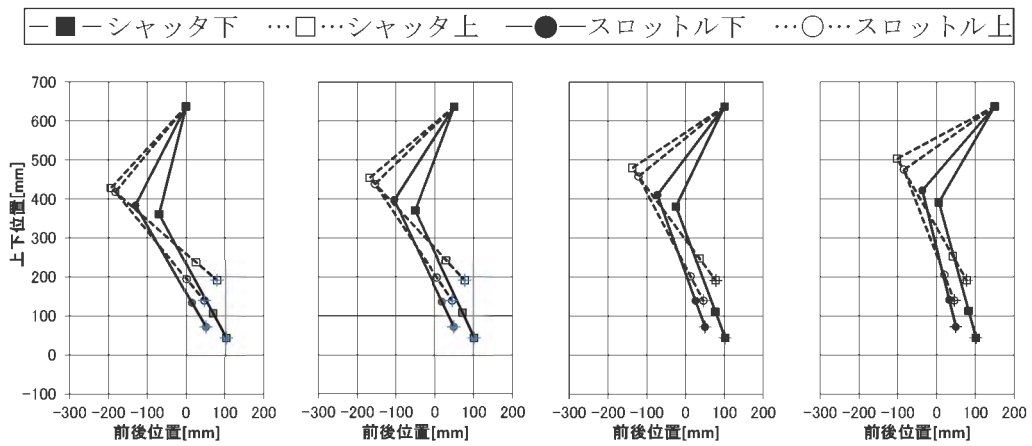
—■—シャッタ下 …□…シャッタ上 —●—スロットル下 …○…スロットル上



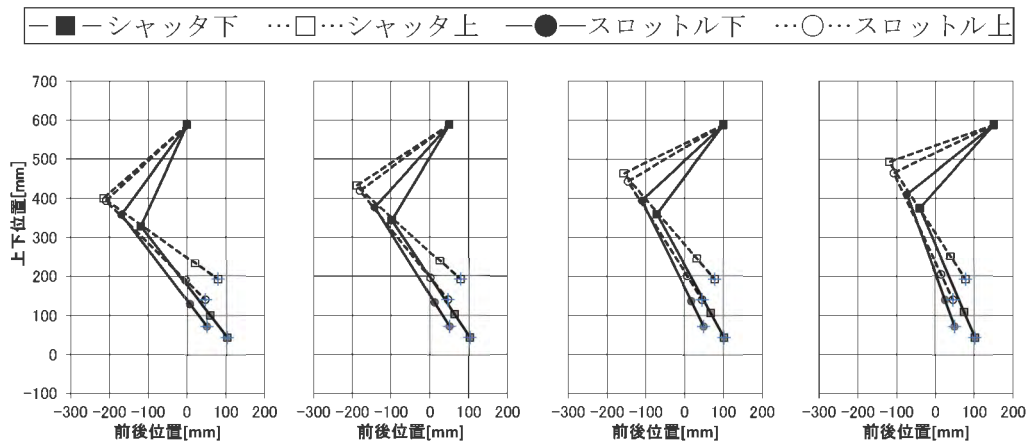
附図 17 (図 4-59) レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1700mm, フレーム位置上下-100mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)



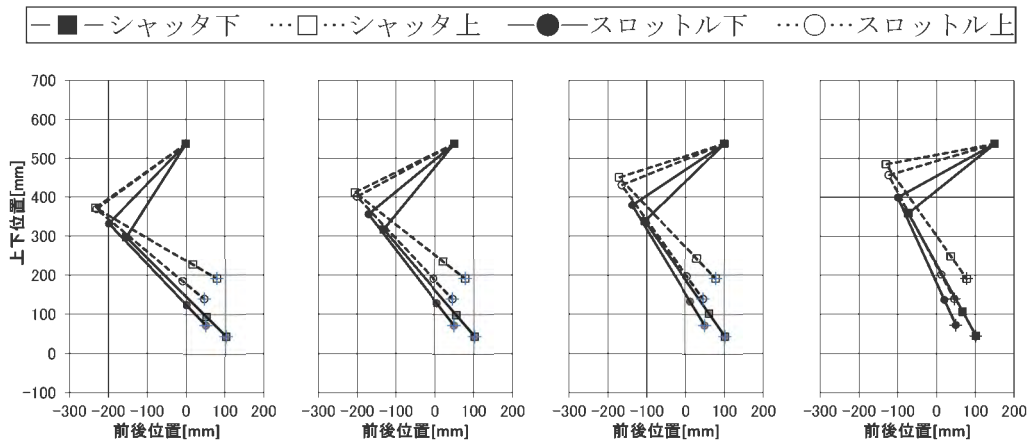
附図 18 レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1800mm, フレーム位置上下+100mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)



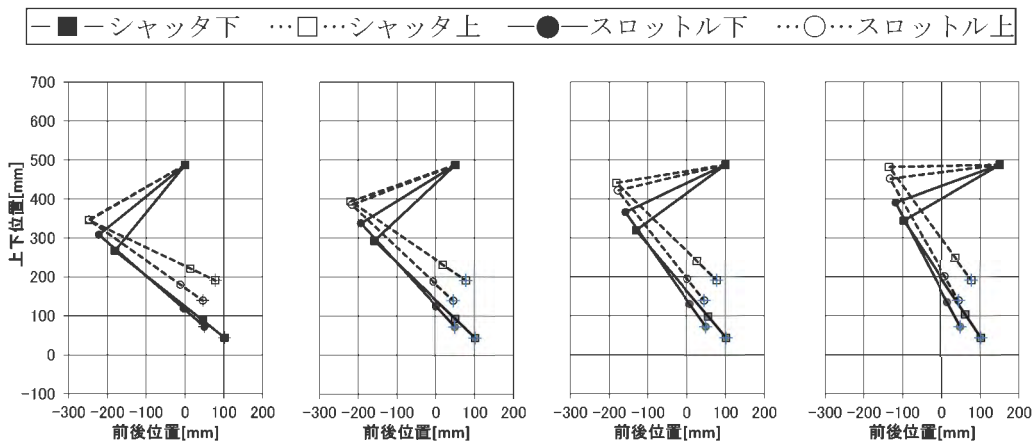
附図 19 レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1800mm, フレーム位置上下+50mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)



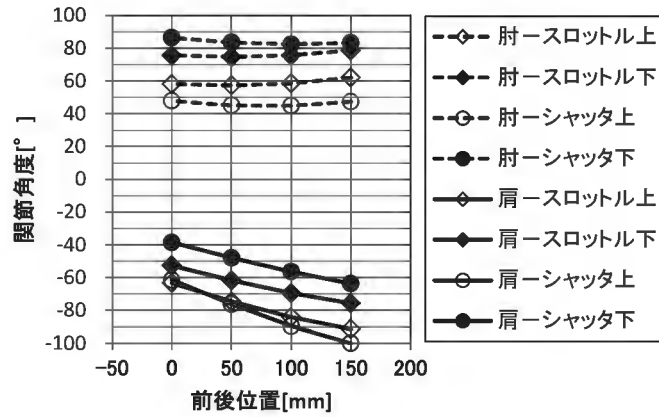
附図 20 レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1800mm, フレーム位置上下 0mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)



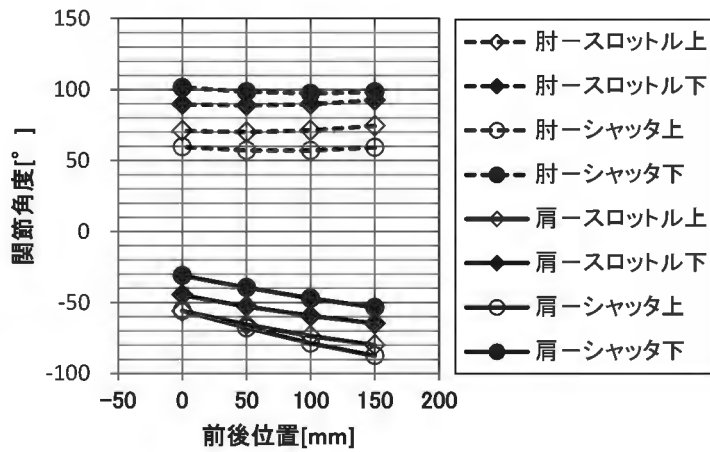
附図 21 レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1800mm, フレーム位置上下-50mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)



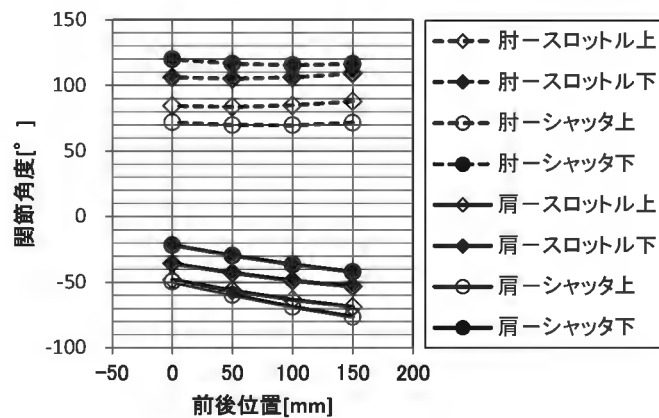
附図 22 レバー位置と上肢の姿勢  
(身長 1800mm, フレーム位置上下-100mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)



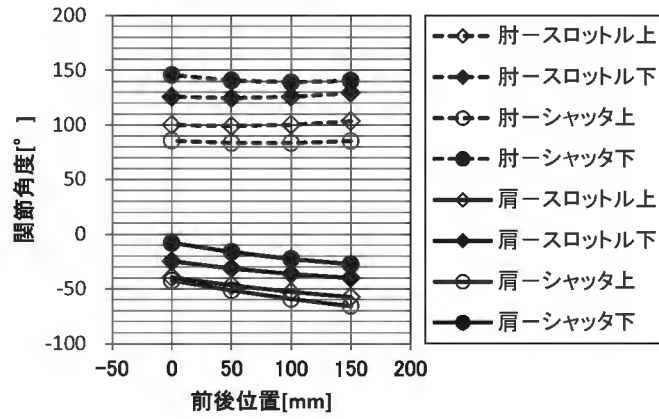
附図 23 レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1500mm, フレーム位置 : 上下+100mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)



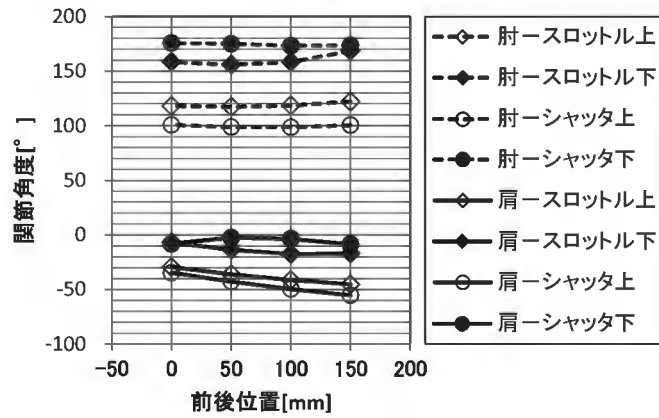
附図 24 レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1500mm, フレーム位置 : 上下+50mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)



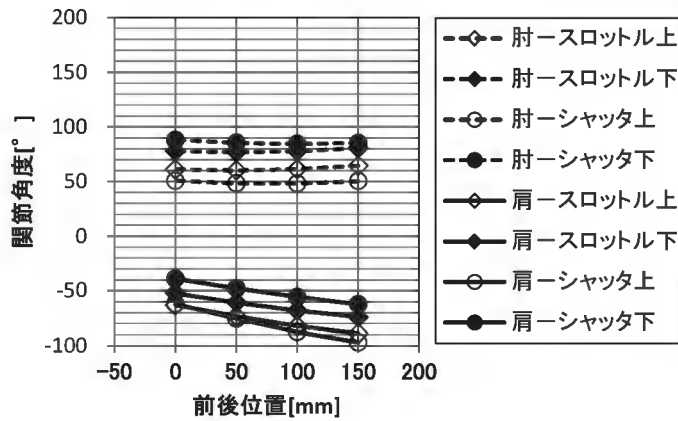
附図 25 レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1500mm, フレーム位置 : 上下 0mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)



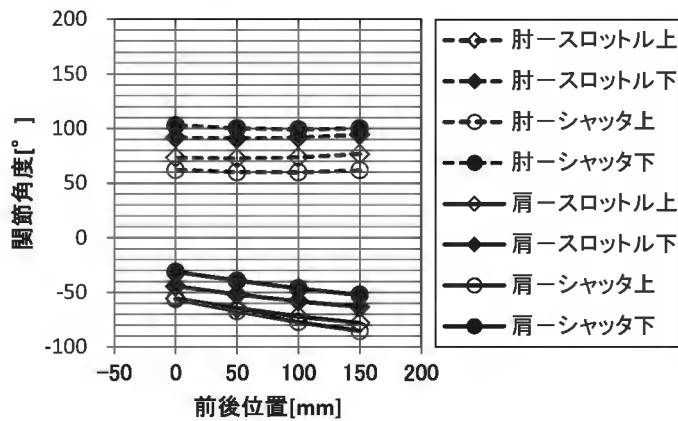
附図 26 レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
 (身長 1500mm, フレーム位置: 上下-50mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)



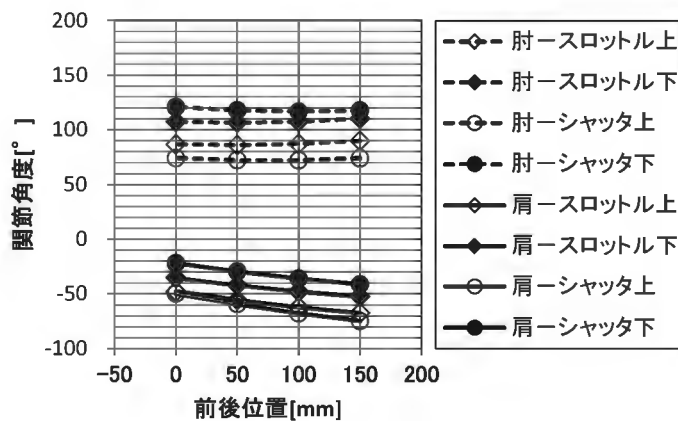
附図 27 レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
 (身長 1500mm, フレーム位置: 上下-100mm, 前後 0, 50, 100, 150mm)



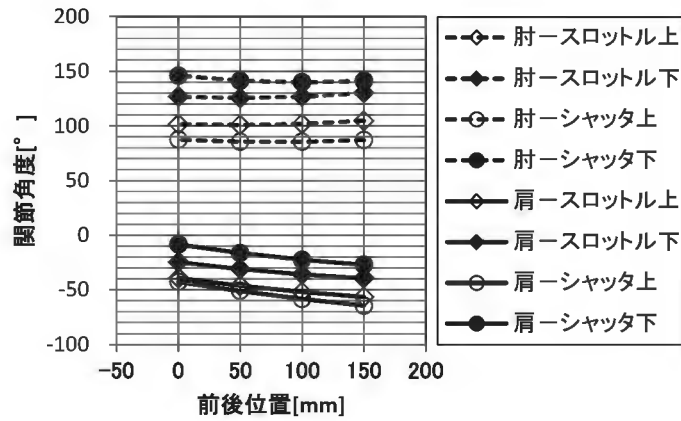
附図 28 レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1600mm, フレーム位置: 上下+100mm, 前後 0, +50, +100, +150mm)



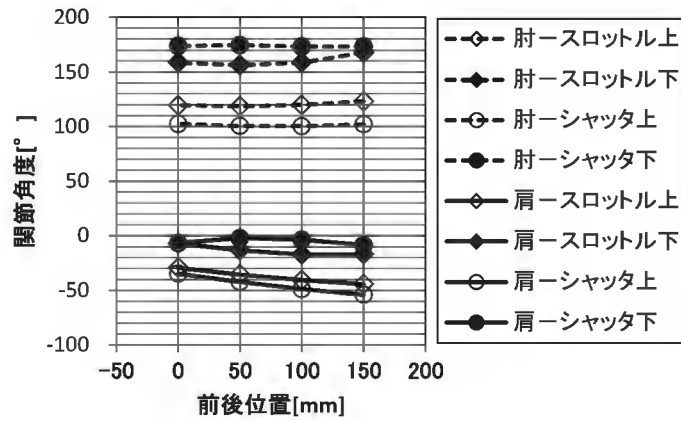
附図 29 レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1600mm, フレーム位置: 上下+50mm, 前後 0, +50, +100, +150mm)



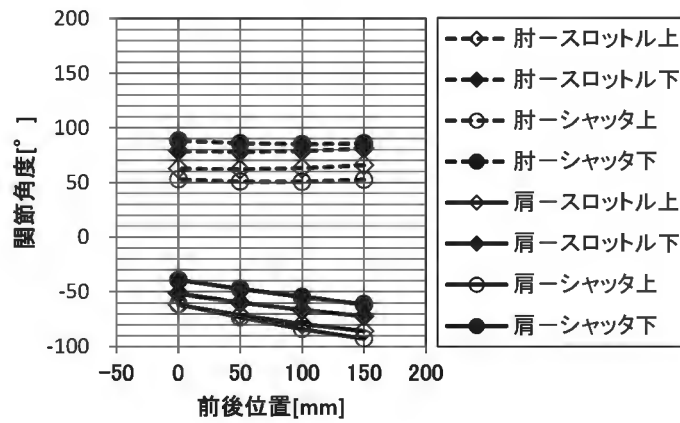
附図 30 レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1600mm, フレーム位置: 上下 0mm, 前後 0, +50, +100, +150mm)



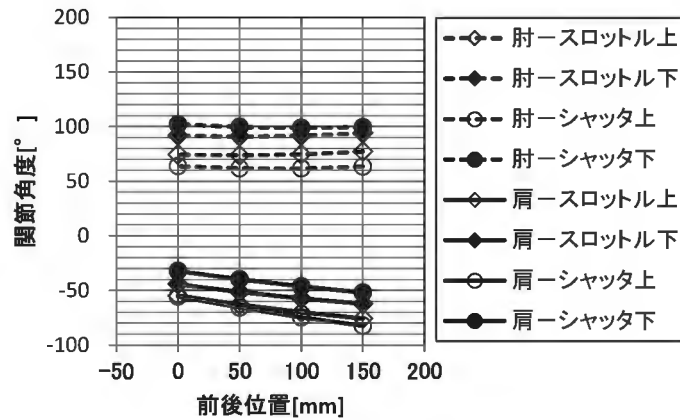
附図 31 レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1600mm, フレーム位置 : 上下-50mm, 前後 0, +50, +100, +150mm)



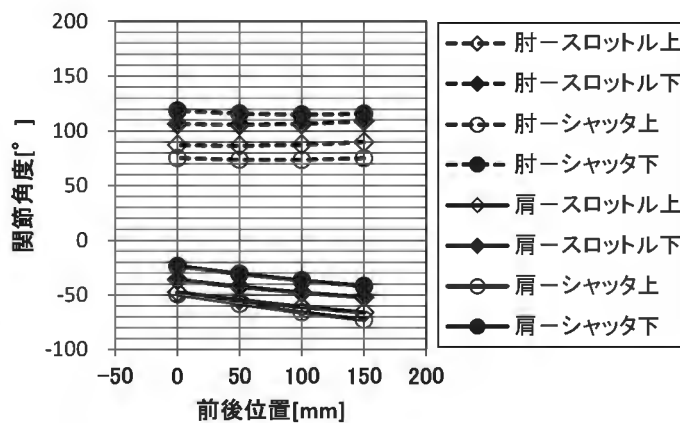
附図 32 レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1600mm, フレーム位置 : 上下-100mm, 前後 0, +50, +100, +150mm)



附図 33 (図 4-60) レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1700mm, フレーム位置: 上下+100mm, 前後 0, +50, +100, +150mm)

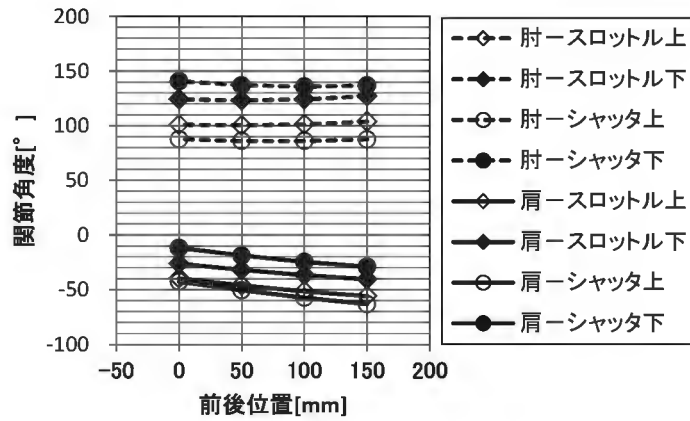


附図 34 (図 4-61) レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1700mm, フレーム位置: 上下+50mm, 前後 0, +50, +100, +150mm)

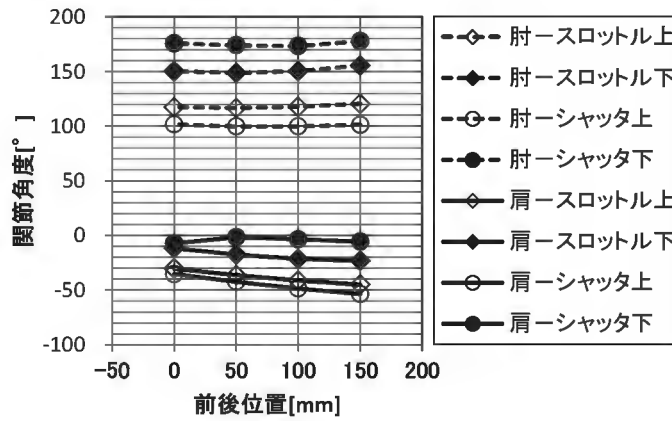


附図 35 (図 4-62) レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1700mm, フレーム位置: 上下 0mm, 前後 0, +50, +100, +150mm)

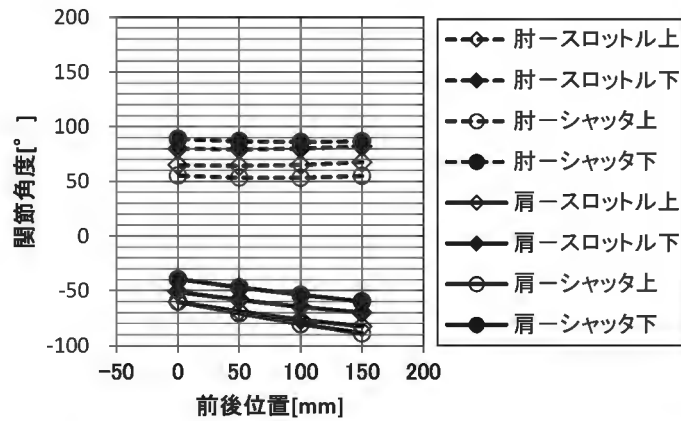




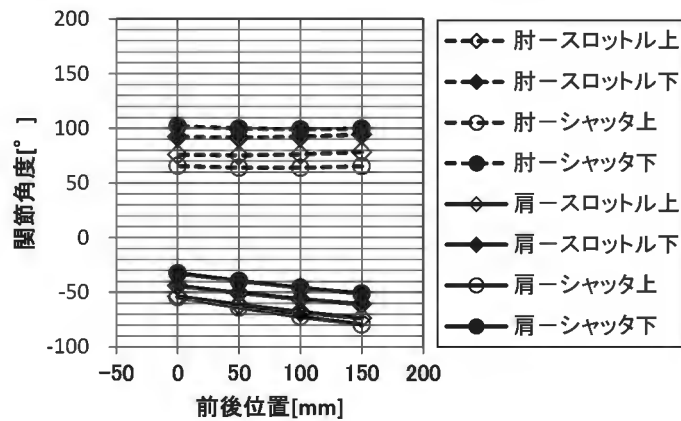
附図 36 (図 4-63) レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1700mm, フレーム位置: 上下-50mm, 前後 0, +50, +100, +150mm)



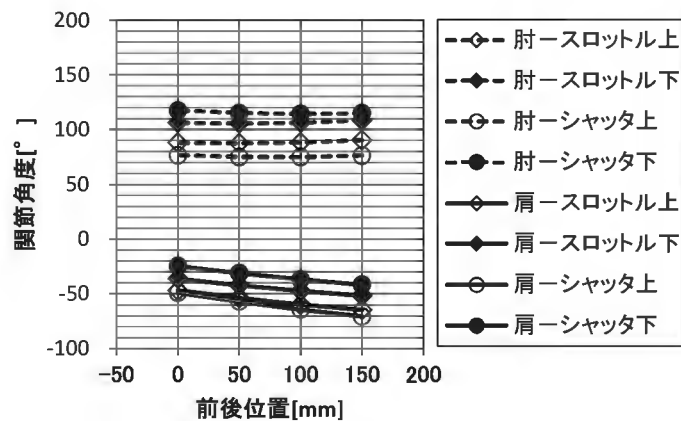
附図 37 (図 4-64) レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1700mm, フレーム位置: 上下-100mm, 前後 0, +50, +100, +150mm)



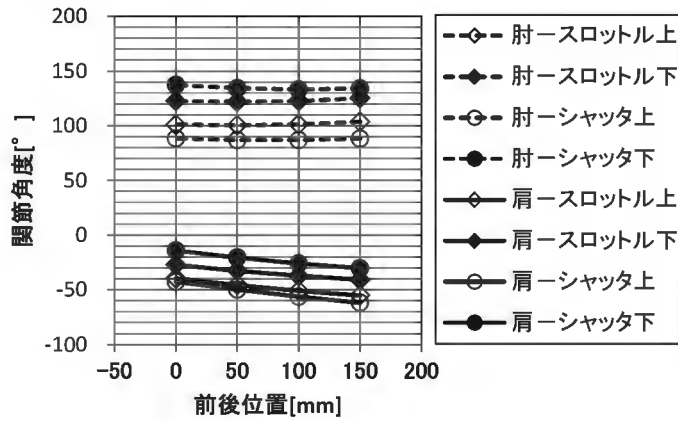
附図 38 レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
 (身長 1800mm, フレーム位置: 上下+100mm, 前後 0, +50, +100, +150mm)



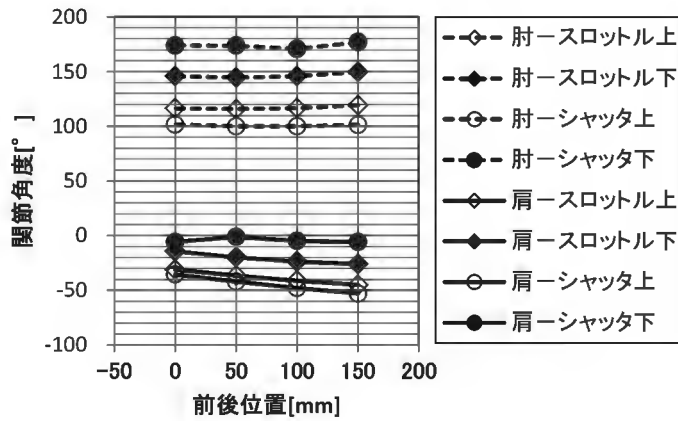
附図 39 レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
 (身長 1800mm, フレーム位置: 上下+50mm, 前後 0, +50, +100, +150mm)



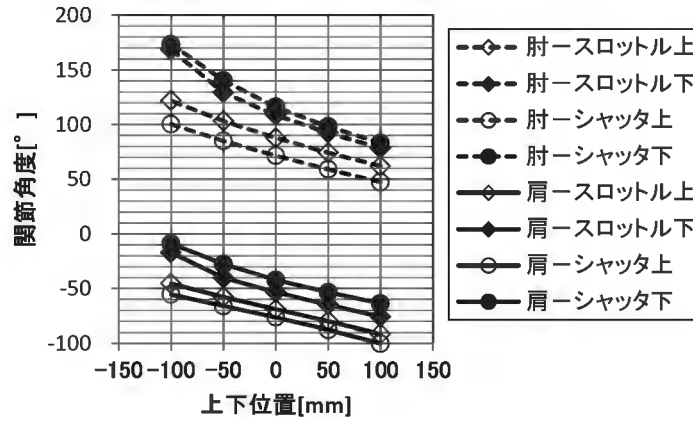
附図 40 レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
 (身長 1800mm, フレーム位置: 上下 0mm, 前後 0, +50, +100, +150mm)



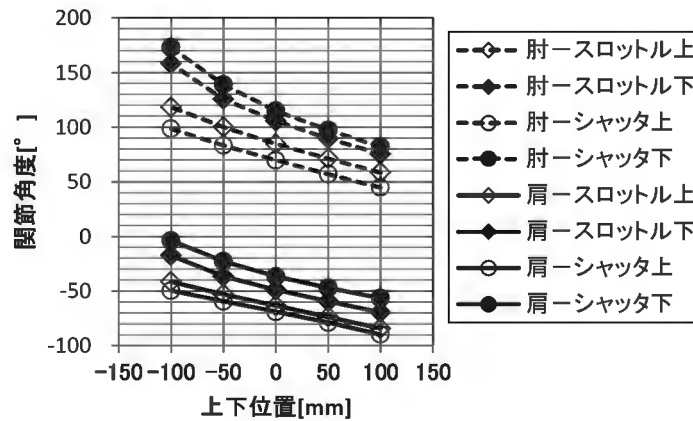
附図 41 レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1800mm, フレーム位置 : 上下-50mm, 前後 0, +50, +100, +150mm)



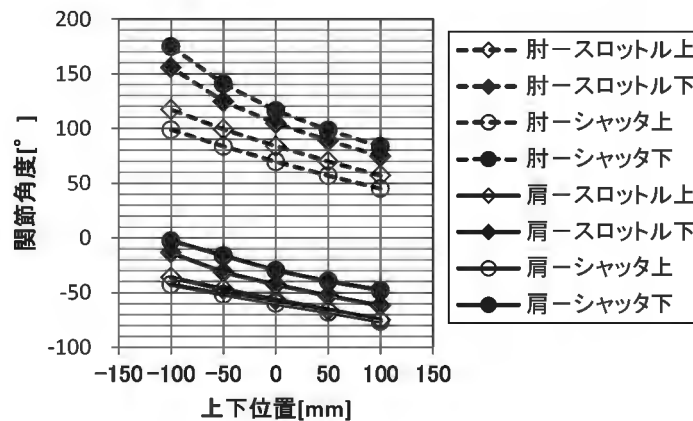
附図 42 レバー前後位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1800mm, フレーム位置 : 上下-100mm, 前後 0, +50, +100, +150mm)



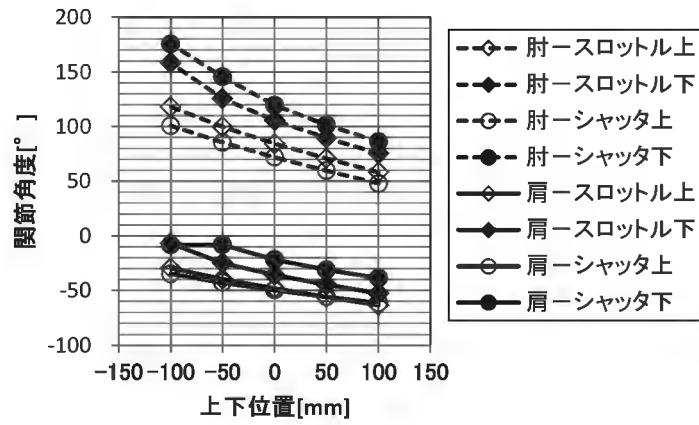
附図 43 レバー上下位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1500mm, フレーム位置: 上下-100, -50, 0, +50, +100mm, 前後+150mm)



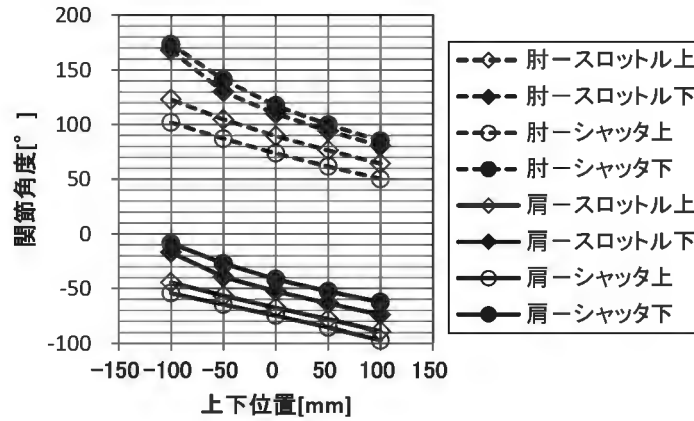
附図 44 レバー上下位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1500mm, フレーム位置: 上下-100, -50, 0, +50, +100mm, 前後+100mm)



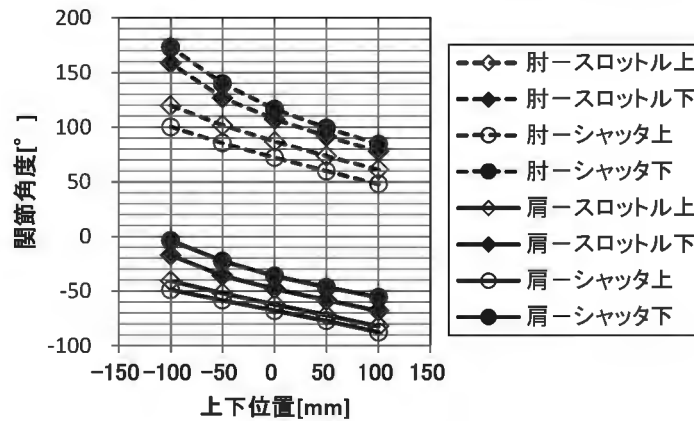
附図 45 レバー上下位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1500mm, フレーム位置: 上下-100, -50, 0, +50, +100mm, 前後+50mm)



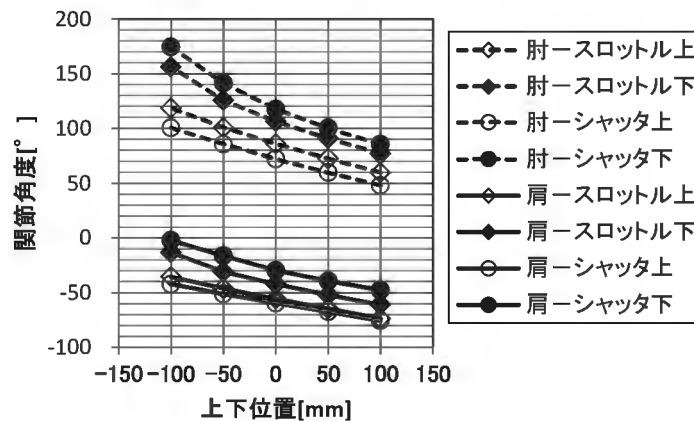
附図 46 レバー上下位置と肩・肘の関節角度  
 (身長 1500mm, フレーム位置 : 上下-100, -50, 0, +50, +100mm, 前後 0mm)



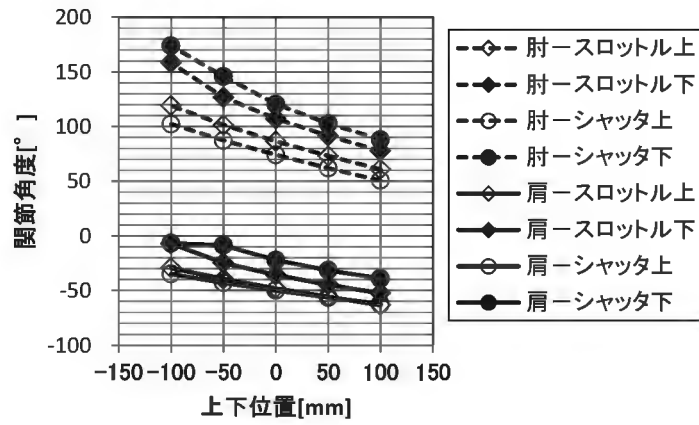
附図 47 レバー上下位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1600mm, フレーム位置：上下-100, -50, 0, +50, +100mm, 前後+150mm)



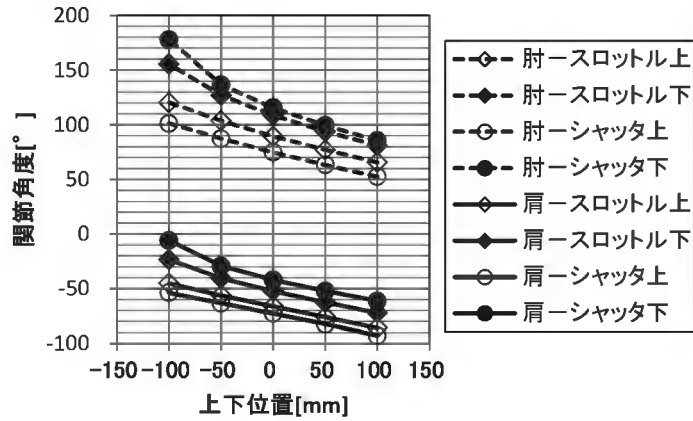
附図 48 レバー上下位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1600mm, フレーム位置：上下-100, -50, 0, +50, +100mm, 前後+100mm)



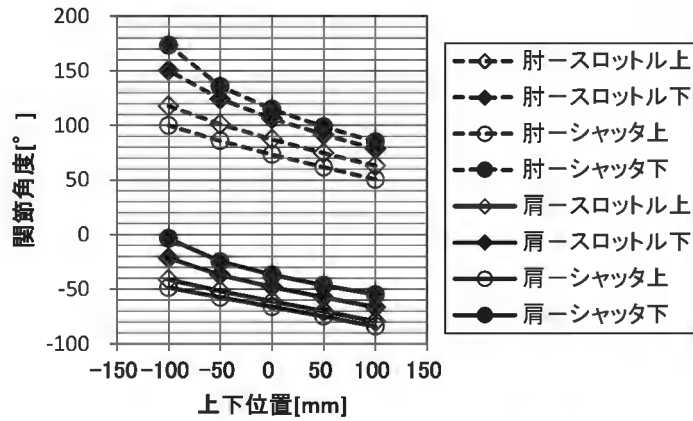
附図 49 レバー上下位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1600mm, フレーム位置：上下-100, -50, 0, +50, +100mm, 前後+50mm)



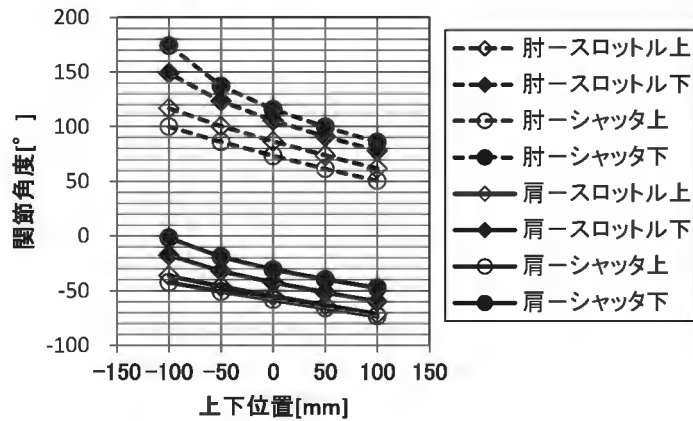
附図 50 レバー上下位置と肩・肘の関節角度  
 (身長 1600mm, フレーム位置 : 上下-100, -50, 0, +50, +100mm, 前後 0mm)



附図 51 (図 4-65) レバー上下位置と肩・肘の関節角度  
 (身長 1700mm, フレーム位置: 上下-100, -50, 0, +50, +100mm, 前後+150mm)

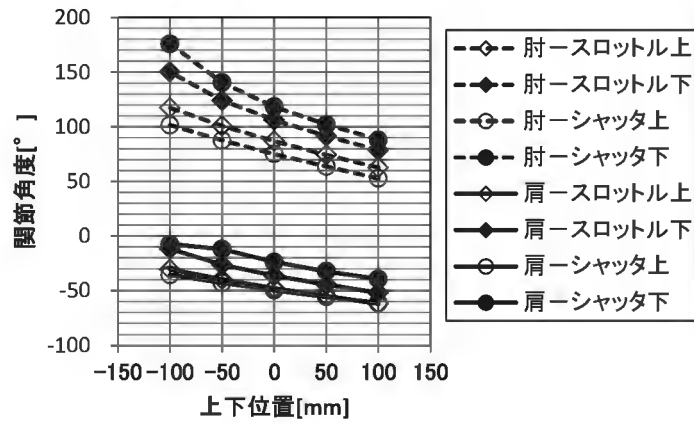


附図 52 (図 4-66) レバー上下位置と肩・肘の関節角度  
 (身長 1700mm, フレーム位置: 上下-100, -50, 0, +50, +100mm, 前後+100mm)

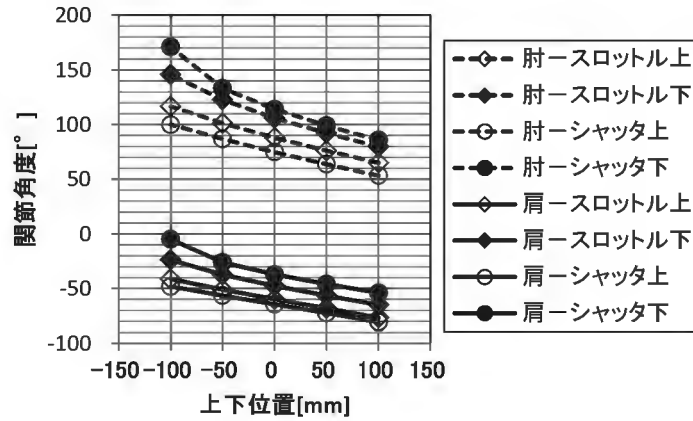


附図 53 (図 4-67) レバー上下位置と肩・肘の関節角度  
 (身長 1700mm, フレーム位置: 上下-100, -50, 0, +50, +100mm, 前後+50mm)

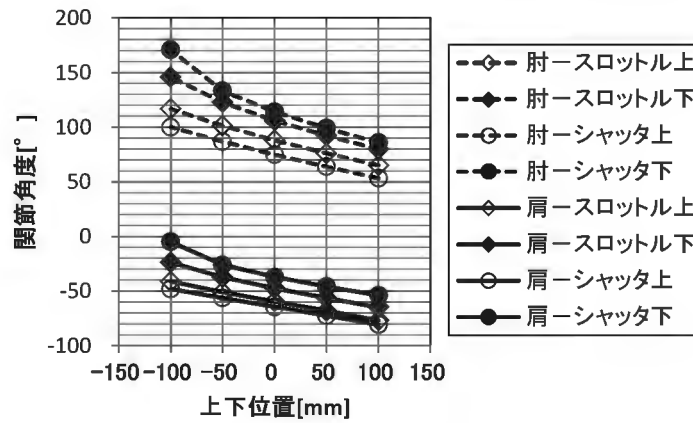




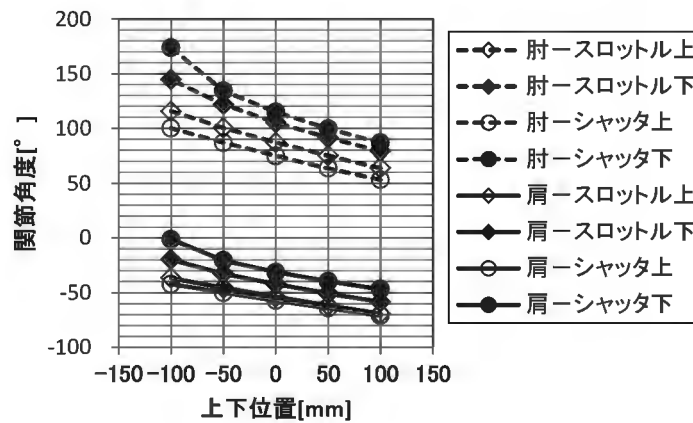
附図 54 (図 4-68) レバー上下位置と肩・肘の関節角度  
 (身長 1700mm, フレーム位置: 上下-100, -50, 0, +50, +100mm, 前後 0mm)



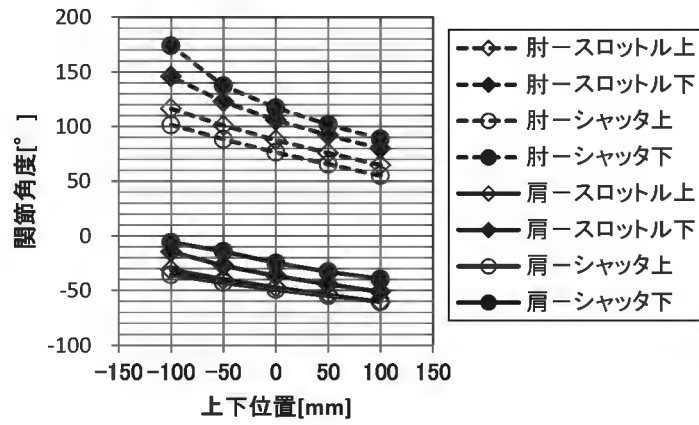
附図 55 レバー上下位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1800mm, フレーム位置: 上下-100, -50, 0, +50, +100mm, 前後+150mm)



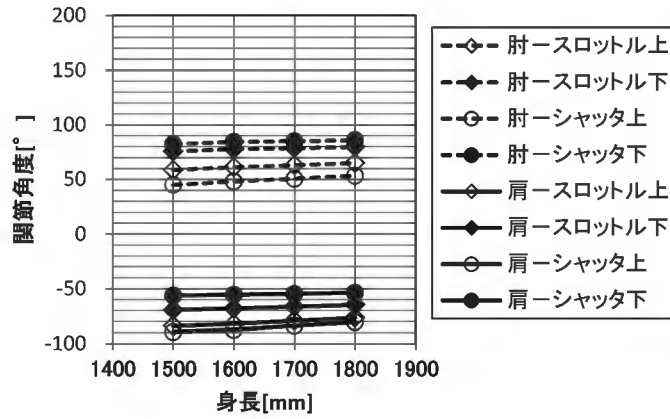
附図 56 レバー上下位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1800mm, フレーム位置: 上下-100, -50, 0, +50, +100mm, 前後+100mm)



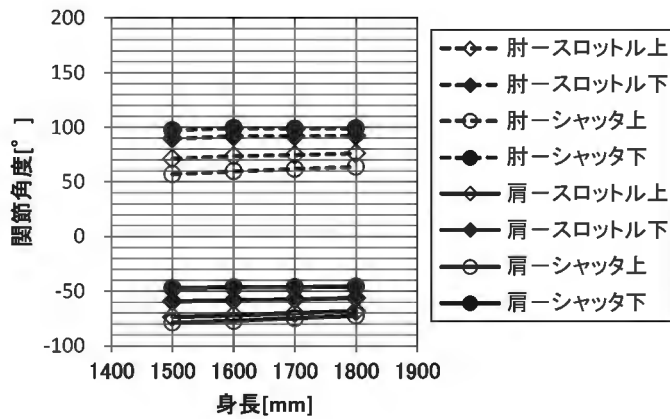
附図 57 レバー上下位置と肩・肘の関節角度  
(身長 1800mm, フレーム位置: 上下-100, -50, 0, +50, +100mm, 前後+50mm)



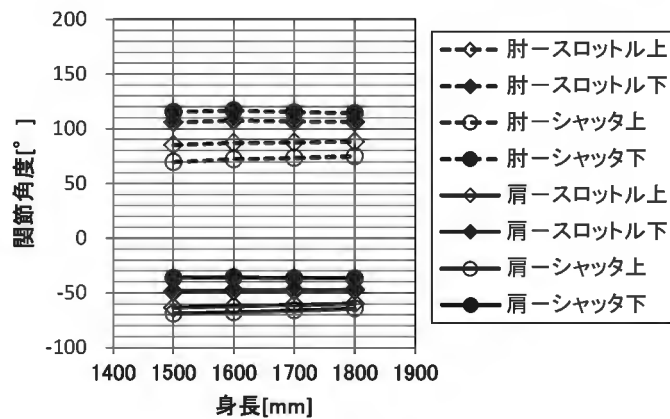
附図 58 レバー上下位置と肩・肘の関節角度  
 (身長 1800mm, フレーム位置 : 上下-100, -50, 0, +50, +100mm, 前後 0mm)



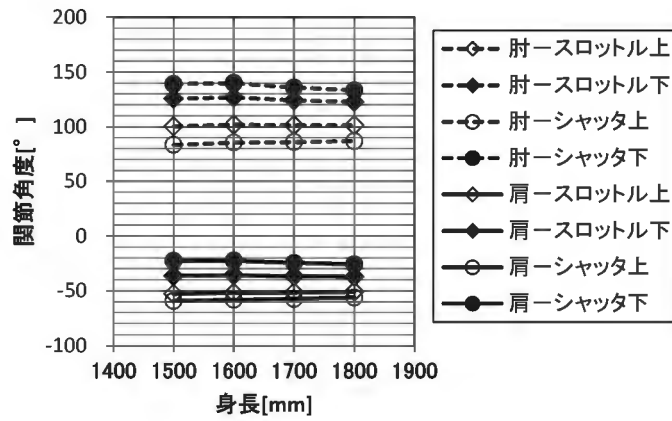
附図 59 (図 4 - 69) 身長と肩・肘の関節角度  
(身長 1500-1800mm, フレーム位置 : 上下+100mm, 前後+100mm)



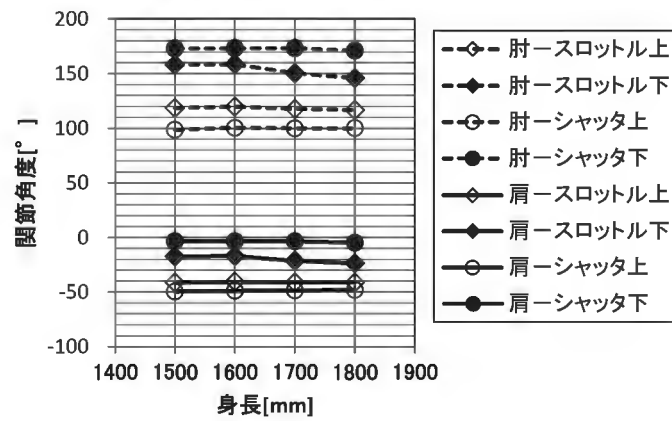
附図 60 (図 4 - 70) 身長と肩・肘の関節角度  
(身長 1500-1800mm, フレーム位置 : 上下+50mm, 前後+100mm)



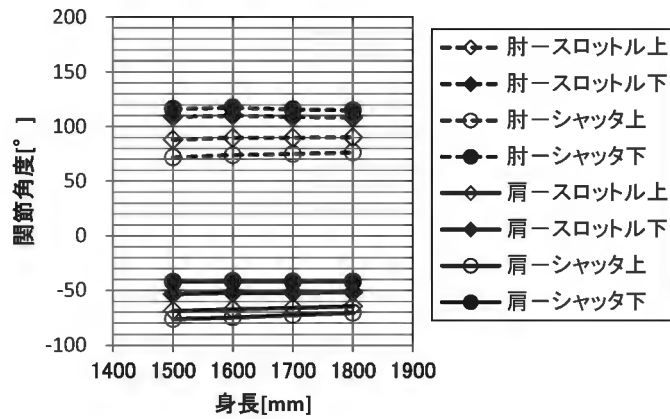
附図 61 (図 4 - 71) 身長と肩・肘の関節角度  
(身長 1500-1800mm, フレーム位置 : 上下+0mm, 前後+100mm)



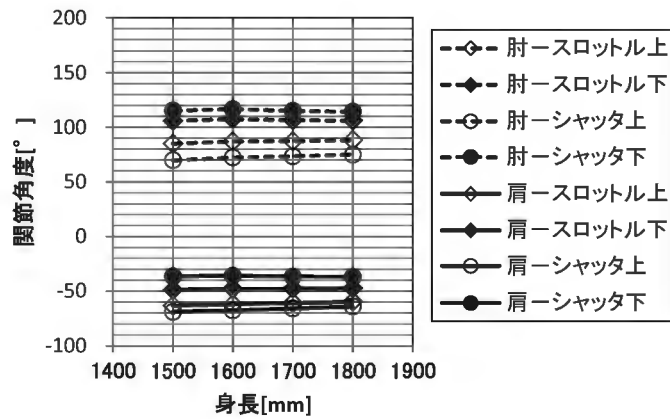
附図 62 (図 4-72) 身長と肩・肘の関節角度  
(身長 1500-1800mm, フレーム位置: 上下-50mm, 前後+100mm)



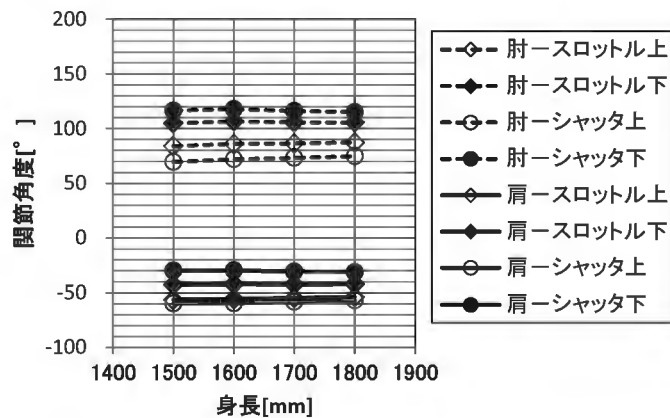
附図 63 (図 4-73) 身長と肩・肘の関節角度  
(身長 1500-1800mm, フレーム位置: 上下-100mm, 前後+100mm)



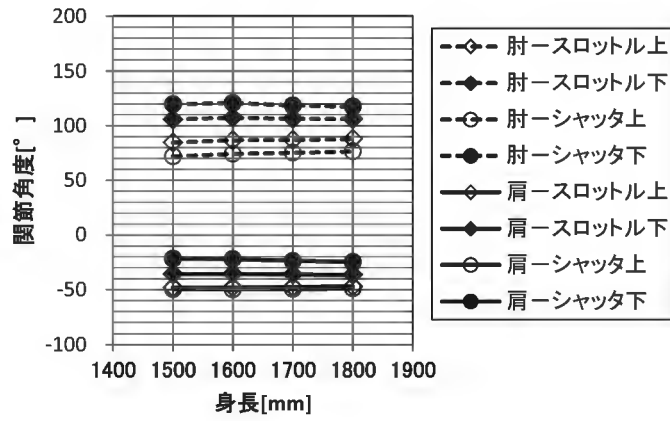
附図 64 (図 4-74) 身長と肩・肘の関節角度  
(身長 1500-1800mm, フレーム位置: 上下 0mm, 前後+150mm)



附図 65 (図 4-75) 身長と肩・肘の関節角度  
(身長 1500-1800mm, フレーム位置: 上下 0mm, 前後+100mm)



附図 66 (図 4-76) 身長と肩・肘の関節角度  
(身長 1500-1800mm, フレーム位置: 上下 0mm, 前後+50mm)



附図 67 (図 4-77) 身長と肩・肘の関節角度  
 (身長 1500-1800mm, フレーム位置: 上下 0mm, 前後 0mm)