

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月12日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22580292

研究課題名（和文） ユニバーサルデザイン機械化体系構築のための背負型機械設計条件の
解明研究課題名（英文） Analysis of design condition of a backpack-type power working machine for
construction of the universal design farming system

研究代表者

菊池 豊 (KIKUCHI YUTAKA)

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・主任研究員

研究者番号：90391507

研究成果の概要（和文）：本研究では、背負型動力散布機のユニバーサルデザイン(UD)設計条件を分析した。表示モデルでの判読できる最小文字サイズは、照度が「中」・「高」では6～14ポイントで、「低」ではその1.4～2.4倍であった。年齢比較では60歳以上では60歳未満の1.1～1.5倍であった。シャッター部操作モデルでは、操作ミスが減り、操作時間が3～6割短くなり、主観評価も良好であった。背負モデルでは、肩バンドが高さ40cm、左右間隔10cm、補助肩バンドが高さ40～50cm、左右間隔10～20cmの位置がやや良好な評価であった。

研究成果の概要（英文）：In this study, the design condition of a backpack-type power working machine were analyzed. Minimum legible size was 6-14 point in the illuminance level "high", "medium", and, it is 1.4-2.4 times in "low". About age, in "over 60 years old" the minimum size was 1.1-1.5 times that of "under 60". Operational error and operating time at the shutter operation model reduced, and subjective appraisal valued better. Optimum mounting position on backpack model was height 40cm, horizontal intervals 10cm of shoulder harness and, height 40-50cm, horizontal intervals 10-20cm of shoulder stabilizer.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学，農業労働科学

キーワード：ユニバーサルデザイン，ユーザビリティ，高齢者，女性，背負型機械

1. 研究開始当初の背景

日本農業の担い手を確保するために農作業に不慣れな者も身体負担が少なく、安全で簡単に作業できる作業体系構築が急務となっていることが本研究の背景となっている。

布機を供試して、機体レイアウト等を見直し身体負担を軽減するとともに、女性、高齢者を含む使用者の体格、身体能力、感覚能力、認知能力等の範囲に対応するために人間工学手法等を用いてモデルの試作・評価等から設計条件を解明することを目的とした。

2. 研究の目的

取扱性改良が特に遅れている背負型動力散

3. 研究の方法

(1)実態調査

背負型動力散布機4機種供試して 20~60 歳代男女のモニター8名(身長 165±5cm, 体重 64±9kg, 熟練者4名, 初心者4名)にエンジン始動, 機械着脱, シャッター調節の模擬操作を行ってもらい, 操作手順毎に取扱性を調査した。

トラクタ等 16 台の操作パネル, 注意ラベル 804 カ所の文字サイズ, 配色, 光沢等の実態を調査した。

作業時の身体負担や取扱性の評価手法や指標について, 文献やホームページ等を調査した。想定される使用者の心身諸機能や作業環境の特徴(表1)と比較し, 指標の適用性を検討した。

表 1 使用者の心身諸機能, 使用環境の分類

使用者	心身諸機能等	使用環境
特別配慮不要	想定される平均的な使用者	
視覚配慮	視力低下者, 色識別困難者, 保護メガネ着用者, 防除衣着着用者	暗所, 雨天, 炎天下, 泥・埃の多い
聴覚配慮	聴力低下した者, 耳栓, イヤマフ着用者	騒音の大きい
触覚配慮	手袋着用者	
動作, 平衡感覚配慮	動作制限のある者, 細かい操作が困難者, 手袋着用者, 腰等に疾患のある者	足元滑りやすい, 著しい振動
筋力配慮	筋力の弱い者, 高齢者, 女性, 腰等に疾患のある者	
体格, 体重配慮	体格大きい者, 体格小さい者, 肥満の者, 軽い者, ヘルメット着用者, 防除衣・厚い防寒着着用者	
認知判断機能配慮	初心者, 熟練者, たまにしか使用しない者, 外来語が分からない者, 外国人, 複数メーカー機械使用者, オートマ限定免許保有者	

(2)感覚能力に配慮したUD表示モデル

①文字サンプル

実態調査結果を参考に, 文字サンプル 58 種類を作成した。文字サンプルの文字種は, 漢字, ひらがな, カタカナ, ローマ字の 4 種, 字体はゴシック体, サイズは 3 から 40 ポイント(以下, pt)とした。配色は, 白, 灰, 黒, 赤, 黄赤, 黄, 緑, 青, 銀を基本色として, 地と文字の色組み合わせ 29 通りとした(表 2)。表面光沢有・無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。

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視覚の者であった(表 2)。

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。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)で調光し, 照度「高」では目標照度以上の時に屋外で行った。運転周囲にある表示類の確認動作を想定して, 被験者は座椅座席で視距離 60cm 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等を被験者に回答してもらった。

表 2 視認性基礎試験条件

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
(2)字体・サイズ MS ゴシック・3~40pt
(3)基本色([]内記号は JIS, 1993, 2005 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) 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.照度(3 段階)
(1)低 10 lx (薄明所, 薄暮や薄暗い屋内想定)
(2)中 500 lx (明所, 曇天や作業場内想定)
(3)高 10,000 lx 以上 (明所, 炎天下の屋外想定)
3.被験者(42 名)
(1)年齢 平均 54.4±13.3 歳 [20~80 歳], 60 未満 21 名 (43.4±9.8), 60 以上 21 名 (65.0±5.3)
(2)視力(5m) 0.9±0.4, 色弱者無

(3)認知・判断能力に配慮したUD操作モデル

取扱性調査で指摘のあった「チョーク操作が分からない」, 「シャッター調節にくい」等の改良点についてUD7原則や類似機械の操作方法等を参考に対策を検討し, 認知・判断能力に配慮した操作モデルを試作した。

(4)UDランバーパッド, UDフレームモデル

使用者の体格差への適応条件を分析するために, 供試機2台(A機[中型, ランバーパッド高

さ240×幅205mm, 肩バンド幅85mm, 質量20kgに調整], B機[小型, ランバーパッド高さ225×幅228, 肩バンド幅60mm, 質量20kgに調整, 図1]を用いて, 被験者2名(身長155cmと165cm)での背負時のランバーパッドや肩バンド周辺の圧力分布を面圧力分布測定システム(ニッタI-SCAN)で測定した。

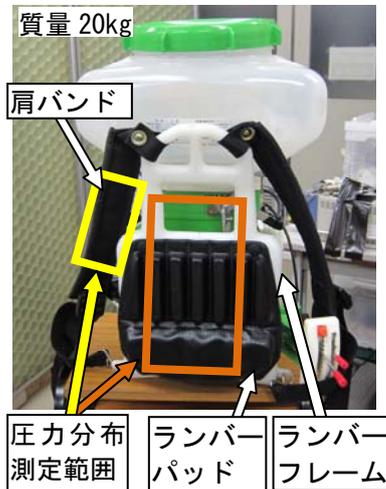


図1 圧力分布測定位置(供試機B)

機体重心を体に近づけて身体負担を少なくするために, 背当てフレーム取り付け部, シャッター調節部等を改良しフレームを試作した。

動力散布機市販機の肩バンド位置等を参考に, 肩バンド及び補助肩バンドの位置を27箇所(肩バンド:高さ40cm固定, 左右間隔0,10,20cm, 補助肩バンド:高さ40,50,60cm, 左右間隔0,10,20cm)変えられる背負モデルを試作した(図2)。被験者は, 11名(男4, 女7名)にお願いした。被験者には, フィット感等20項目を7段階(非常に悪い[1]-いずれでもない[4]-非常に良い[7])で主観評価してもらった。



図2 背負モデル

4. 研究成果

(1)実態調査

背負型動力散布機の取扱性について, 全体的には, 機械が重い, スタータと反対側の手の置き場がない, リコイルスタータの引き操作に力が必要といった改良要望が多く出された。これらの意見を分類すると, 筋力と関係する項目は, 機械が重い, リコイルスタータの引き操作に力が必要等であった。なお, 供試機の中には資材を投入すると質量が25kgを超えるものがあった。体格と関係する項目は, 目的外のレバー等に当たる等であった。視覚と関係する項目は, レバー調節位置が分からない等であった。聴覚と関係する項目は, 騒音が大きい, 認知判断機能と関係する項目は, オイルの混合比が分からない, レバーがどれか分からない, レバー調節位置が分からない等であった。なお, 今回は年齢や初心者と熟練者間での明確な意見の差は分からなかったが今後データを蓄積していく必要があった。

農業機械の表示類の文字サイズは, 6 から80ptの範囲で, 平均値19.3pt, 標準偏差9.7pt, 最頻値12.0ptであった(図3)。新聞で広く使われている10.5pt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/(7%)」, 「赤/白(3%)」が多かった(図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」は注意ラベルタイトルに, 多く使用されていた。光沢については, 「有」76%, 「半」又は「無」24%であった。

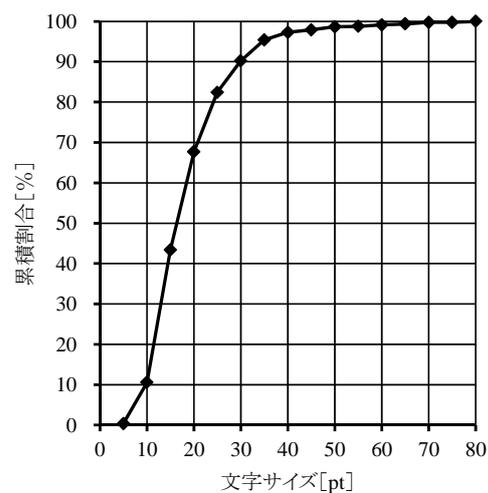


図3 文字サイズの分布割合

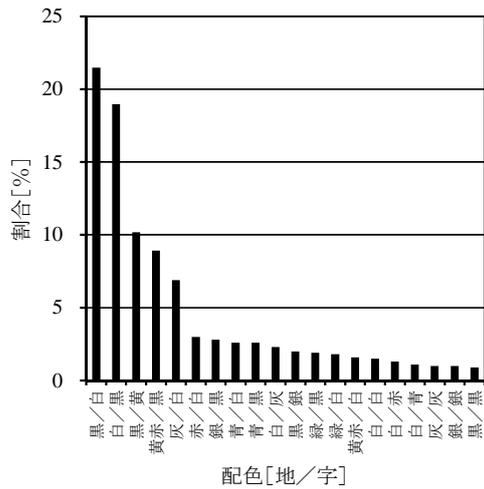


図4 表示の配色分布割合

ISO における肉体的な負担評価は、ISO11226:2000（静的な作業姿勢）、ISO11228-1:2003（質量3～25kgの持ち上げと運搬）、ISO11228-2:2007（3kg以上の押し引き作業）、ISO11228-3:2007（軽負荷繰り返し作業）がある。これらは高齢者等の身体的負担評価については、不十分であった。また、高齢者等の心身諸機能への配慮に関する規格は、JIS Z 8071:2003（高齢者、障害者配慮指針）等があり、心身諸機能によって配慮すべき要素や表示の配色や文字サイズ、触覚記号、報知音等の内容や評価法等が提示されている。これらは日用品や公共施設等を想定しており、改良要望に対する具体的指標がなかったり、農作業を想定した条件での取扱性評価には不十分であった。これらより独自に指標の検討が必要と考えられた。

(2) 感覚能力に配慮したUD表示モデル

① 判読可能な最小文字サイズ

a. 全体的な傾向

全体的な傾向は、照度「低」では平均値 10～19pt、標準偏差 5～9pt で、「中」・「高」では平均値 6～14pt、標準偏差 2～6pt と、照度によって 1.4～2.4 倍変化することが分かった。平均値と標準偏差とは、ほぼ比例する傾向があった。これは、見にくい場合には判断に苦慮す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 1～8pt 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 0～3pt で、有意な差はなかった。

b. 年齢層

「60 未満」では、照度「低」で平均値 9～16pt、標準偏差 4～10pt で、「中」・「高」で平均値 6～11pt、標準偏差 2～9pt であった。「60 以上」では、照度「低」で平均値 11～23pt、標準偏差 4～9pt で、「中」・「高」で平均値 6～14pt、標準偏差

2～7pt と、年齢層によって 0.7～1.7 倍変化することが分かった(図 5)。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が、周囲風景の映り込み等で見え方が変化したためと考えられた。

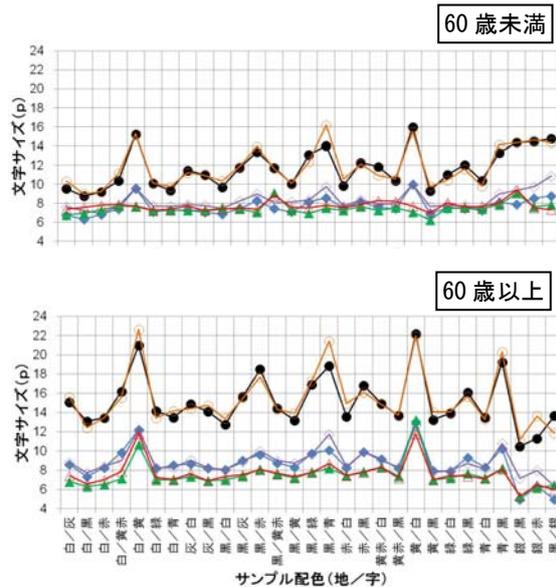


図5 最小可読文字サイズ(平均値)

② 読みやすいサイズ

照度「低」では平均値 18～26pt、標準偏差 6～10pt で、「中」・「高」では平均値 15～20pt、標準偏差 3～8pt 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。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。

(3) 認知・判断能力に配慮したUD操作モデル

操作モデルの操作具は、エンジン系を赤色、シャッター操作等作業系を黄色とし、名称と操作手順を記載した(図 6)。表示の文字サイズは主要な操作具調節位置 16p、その他の操作説明 12p とし、配色を見やすい組み合わせにした。これによりエンジン始動が分かりやすくなった。シャッター操作部は、操作窓を拡大するとともに 3 方式試作した。いずれも、狭い場所に手を入れる必要なく、タスクを削減可能であった。そのため、手袋着用者や巧緻性の苦手な者も操作しやすくなった。操作ミスが減り、操作時間が 3～6 割短くなり、主観評価も良好であった。



図6 操作モデル

(4)UDランバーパッド, UDフレームモデル

ランバーパッドや肩バンドの圧力分布を図1に示す。ランバーパッドでは、体格の小さい方が、パッドの上下端の圧力がやや高かった。肩バンド幅の狭い方が圧力のピークが大きく、体格については明確ではなかった(図7, 8)。今後さらに分析する必要があった。

UDフレームモデルは、重心は空の状態では25mm、燃料・肥料満量状態で5mm使用者に近づき、身体負担を減らせる可能性が見出された。

主観評価の平均値からは、肩バンド:左右間隔10cm、補助肩バンド:高さ+0~10cm、左右間隔10~20cmの位置が良好な評価であった。なお、肩バンド調節しやすさはほとんどの条件で評価が低かった。この操作力は80~160N程度であった。これは、機体質量(最大35kg)を支えるために、肩バンド長さ調節用バックルの固定強度を高くしていることが原因であった。

CS分析結果からは、脇腹当たり以外は、満足度が向上し良好な改善効果が認められた(図9)。

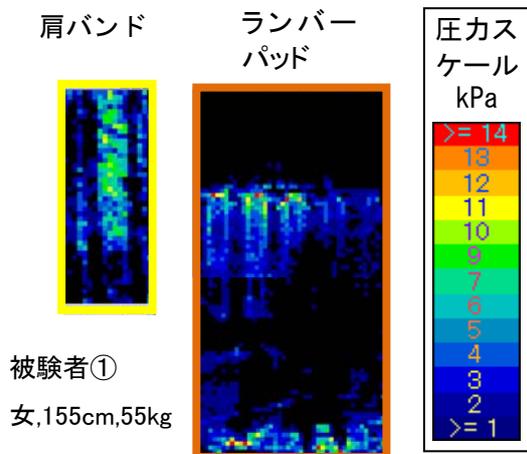


図7 圧力分布測定結果①

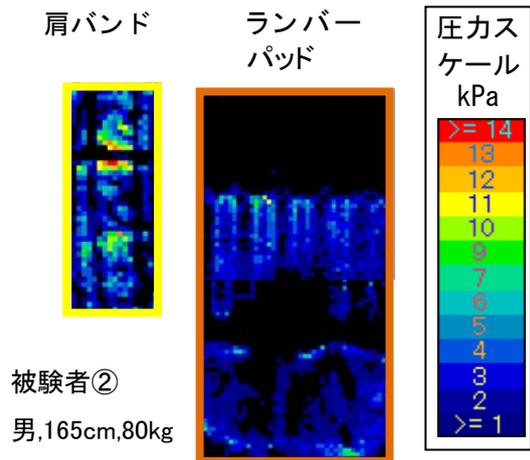


図8 圧力分布測定結果②

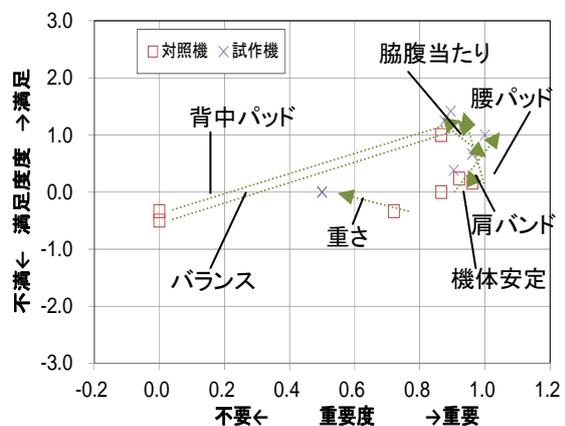


図9 CS分析結果

以上、3カ年にわたる研究において、背負型機械を供試して、UDモデルを試作しながら、女性、高齢者を含む幅広い使用者の心身諸機能や体格に対応する要素技術について、実用的かつ包括的な研究を行った。国内外でこのような研究はほとんど見られず、農業機械のユニバーサルデザイン化のための設計条件に関する貴重な資料を得ることができた。

今後、これらの知見を基に実用化を図っていく予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計3件)

①積栄, 岡田俊輔, 志藤博克, 菊池豊, 中野丹, 米川智司, 農作業安全に関するeラーニングシステムの開発と学習者の知識レベルの推定, 農作業研究, 査読有, 47巻, 2013, (印刷中)

②米川智司, 中野丹, 菊池豊, 積栄, 岡田俊輔,

石川文武, 農作業安全教育コンピュータソフトウェアの開発-第2報 乗用トラクタでの春の耕うん作業編の製作-, 農作業研究, 査読有, 46巻, 2011, 87-94

- ③菊池豊, 女性と農作業安全, 日本農業新聞, 査読無, 17034号, 2010, 14

[学会発表] (計 8 件)

- ①菊池豊, 瀬尾明彦, 宮本順一, 湯浅一康, 宮本武雄, 金澤幸, 松田一郎, 小林恭, 武田純一, 背負形農業機械のユーザビリティ向上に関する研究(第2報)-肩バンド取付け位置の検討-, 日本人間工学会, 2013.6.1, 日本大学
- ②菊池豊, 瀬尾明彦, 宮本武雄, 湯浅一康, 松田一郎, 小林恭, 武田純一, 農業機械のユニバーサルデザイン化技術の検討(第2報)-機体表示ラベルの視認性検討-, 農業環境工学関連学会2012合同大会, 2012.9.14, 宇都宮大学
- ③菊池豊, 瀬尾明彦, 宮本順一, 湯浅一康, 宮本武雄, 金澤幸, 松田一郎, 小林恭, 武田純一, 背負形農業機械のユーザビリティ向上に関する研究(第1報)-ユーザビリティ調査-, 日本人間工学会, 2012.6.10, 九州大学
- ④菊池豊, 瀬尾明彦, 宮本順一, 湯浅一康, 金澤幸, 松田一郎, 小林恭, 武田純一, 農業機械のユニバーサルデザイン化技術の検討(第1報)-機体表示ラベルの視認性検討, 農業機械学会, 2011.9.27, 弘前大学

[図書] (計1件)

- ①菊池豊, 他, International Labour office (ILO), Ergonomic checkpoints in agriculture, 2012, pp.234

6. 研究組織

(1)研究代表者

菊池 豊(KIKUCHI YUTAKA)

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・主任研究員

研究者番号:90391507