

令和元年6月24日現在

機関番号：34406

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00728

研究課題名(和文) 盲導犬用ハーネスの形態最適化に関する研究

研究課題名(英文) A Study on Shape Optimization for Guide Dogs Harness.

研究代表者

白髪 誠一 (Shiraga, Seiichi)

大阪工業大学・ロボティクス&デザイン工学部・准教授

研究者番号：60635382

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では盲導犬とユーザーの歩行時における負荷の状況を明らかにすることにより盲導犬とユーザーの双方の負担を軽減する「y字型カーブハンドル」を提案し、実用化に至ることができた。新たな盲導犬用ハンドルの創生を目的とした形態最適化では、荷重を伝達することが可能な形態を得ることができたが、使用した解析プログラムでは十分な最適解を得るには至らなかった。3次元の設計領域に対して安定して収束する解析プログラムの選定とそれによる新たなハンドル形態の創生および得られた形態の評価については今後の課題となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

工学分野においてユーザーや盲導犬への負荷に関する研究はこれまで行われていなかった。盲導犬模型を用いた歩行実験によって盲導犬に加わる負荷を計測したこと、形態最適化に基づいてデザインされた「y字型カーブハンドル」を提案したことは学術的な成果である。

「y字型カーブハンドル」は盲導犬とユーザーの双方の負担を軽減することのできるハンドルであることが実験的および解析的に明らかとなり、研究協力者である兵庫盲導犬協会では「y字型カーブハンドル」を実用している。盲導犬ユーザーに対して研究成果であるハンドルを提供できたことは社会的に大きな意義がある。

研究成果の概要(英文)：In this study, walking tests were carried out to investigate transferred load on guide dogs during walking with visually impaired. “y” shaped curved handle was designed based on shape optimization that aimed to equalize the load balance on both shoulders of guide dog. The results of walking tests explain that “y” shaped curved handle don't require its user to be conscious of the position of the left hand compared with standard type handle. In Hyogo Guide Dogs for the Blind Association, guide dog users can be provided with “y” shaped curved handle.

A shape optimum analyses by BESO method were carried out to obtain the shape of handle that reduces stress for the visually impaired with guide dogs. The design domain has curved surface consisted by the shape of “y” shaped curved handle and the backline of dogs. The effect of out-of-plane bending caused by the curved surface, the analysis variables need to tune in exactly for converge stably.

研究分野：構造デザイン

キーワード：盲導犬用ハーネス 歩行時負荷の低減 形態最適化

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

盲導犬を利用する視覚障がい者の歩行時において、盲導犬からの情報を伝達し安全な移動を確保するための重要なツールがハーネスである。現在使用されているハーネスは写真1に示すようにコの字型のハンドルで盲導犬の両肩位置に胴輪を介して取付けられる。ユーザーは盲導犬の体幹上でハーネスの水平部分を持ち、その位置を維持することで盲導犬からの正確な情報が伝達される。しかし、ユーザーは左腕の肘をはった状態となるため肘や肩への負担が大きいこと、また、ユーザーが左腕を楽な姿勢にすると、持手位置がユーザーの体側に寄り、それに伴いハーネスと共に盲導犬もユーザー側に引寄せられる状態となり、盲導犬の安全な歩行に支障が生じることが問題となっている。この問題は、筋力の低下した高齢の視覚障がい者においてより顕著である。

このハーネスは、我が国に盲導犬が導入されて以降、形状はほとんど変更されておらず、部分的な改善のみに留まっている。福祉分野においても、ユーザーの左腕への負担を評価し、その負担を軽減するハーネスの提案を行う研究もなされているが、その評価はユーザーへのアンケート調査に基づいて行われており、定量的な評価には至っていない。さらに、盲導犬への負荷についての研究はほとんど行われていないのが現状である。



写真1 従来型ハーネス

2. 研究の目的

本研究チームは、平成25年度より兵庫盲導犬協会と共同で盲導犬とユーザーの快適な歩行の実現に関する研究を行っており、平成26年度にはユーザーが楽な姿勢で持つことが可能で、盲導犬の両肩への負荷が均等になることが予測される楕円型ハーネスの提案を行っている。

この楕円型ハーネスは、ユーザーからの評価が良好で負荷の少ない自然な歩行姿勢を実現する可能性を示している。しかしながら、盲導犬への負荷に関しては数値解析による評価のみで、実際にどのような負荷が生じているのかは明らかになっていない。

本研究では、従来型ハーネスおよび楕円型ハーネスによるユーザーと盲導犬への負荷を明らかにすることで、盲導犬とユーザーの双方にとって負荷の少ない自然な歩行姿勢を実現することのできる盲導犬用ハーネスの創出を目的としている。

3. 研究の方法

平成28年度は、盲導犬の模型を製作し、盲導犬に手引きされるユーザーの左腕への負荷を明らかにすると共に、ユーザーを手引きする際の盲導犬の負荷を明らかにする。実験因子はこれまでの研究成果より得られているハーネスの形態として、ユーザーは性別・体格の異なる3名とする。歩行実験は、盲導犬模型を用いた直進歩行とし、盲導犬への負荷は盲導犬模型のハーネス取付位置に軸力計を設置し、左右の取付位置に加わる負荷を計測する。実験結果より、盲導犬への負荷の定量化を行う。

平成29年度は、歩行実験結果と楕円型ハーネスの有限要素解析結果を基に盲導犬への負荷を与える重要な要因を抽出し、その要因をパラメータとする形態最適化を実施する。ハーネスの形態変化を設計変数とし、盲導犬への負荷をあらゆる取付位置の軸力から目的関数を設定する。得られた最適解を基にハーネスのプロトタイプを製作し、使用性の評価を行う。

平成30年度は、これまでの研究成果において、重要な要因の見落としが無いかを確認する。新たな要因が確認された場合は、その要因を確認するための追加の歩行実験を行う。実験の結果から新たな要因が最適解に与える影響を評価し、形態最適化のパラメータに加えて改めて最適解の導出を行う。これらの成果をふまえて、実用可能な盲導犬用ハーネスを提案する。

4. 研究成果

平成 28 年度は、盲導犬とユーザーの歩行時における盲導犬への負荷を定量的に把握するために歩行実験を行った。実験に先立ち、楕円型ハーネスの形態についてユーザーからの使用評価に基づいて改良を行い、写真 2 に示す「y 字型カーブハンドル」を提案して製作した。歩行実験では、従来から使用されている「従来型ハンドル」、従来型の手持部分に角度をつけた「ねじり型ハンドル」および「y 字型カーブハンドル」を用いた。

実験の結果、図 1 に示すように歩行時における盲導犬への負荷は 2~15N であることが明らかとなった。ハンドルの形態による影響は、従来型では盲導犬の左肩へ負荷が偏ること、ねじり型は従来型よりも負荷のバランスが改善されるが左肩へ負荷が偏ることが明らかとなった。「y 字型カーブハンドル」は実験協力者が左腕を楽な姿勢でハンドルを持った場合においても盲導犬の左右の肩へ均等に負荷がかかる結果となり、盲導犬とユーザーの双方の負荷を軽減していることが明らかとなった。この実験結果より、兵庫盲導犬協会では「y 字型カーブハンドル」をユーザーの希望に応じて盲導犬用ハンドルとして採用している。



写真 2 y 字型カーブハンドル

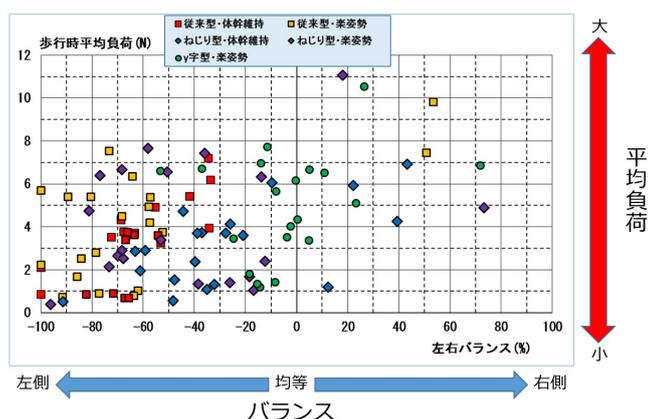


図 1 ハンドル形状による負荷バランス

平成 29 年度は、盲導犬とユーザーの双方の負担を軽減するための新しい形態の盲導犬用ハーネスを創生するために形態最適化を行った。新たなハンドルは CFRP 等のプラスチック系材料を対象とした形態の検討を行った。形態最適化には進化的構造最適化の手法の一つである BESO 法を用い、解析プログラムは Karamba (ver. 1.2.2) を使用した。

最適化の初期形状となる設計領域は「y 字型カーブハンドル」のメインアームとサブアームを外縁とし、盲導犬の背部を稜線とする 3 次元曲面で定義した。これにより、盲導犬の背部に沿うような形状が得られている。この設計領域を三角形シェル要素で分割し、初期シェル厚さを $t=10\text{mm}$ として形態最適化においてはシェル厚さを $t=0\text{mm}\sim 10\text{mm}$ の範囲で変化させて最適解を求めた。解析の結果、3 次元曲面を設計領域に設定したため面外曲げの影響が大きく、収束計算の安定性を確保するために解析条件をより細かく設定する必要があるが、図 2 に示す荷重を伝達可能な形態を得ることができた。

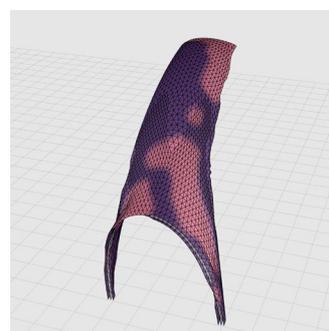


図 2 形態最適化

平成 30 年度は、BESO 法による形態最適化において設計領域の曲率が収束計算に与える影響を調べるために、曲率を変化させた単曲率の曲面に対して形態最適化を実施した。この設計領域は 3 次元曲面の設計領域を単純化したもので、曲率を平面から 5 段階に変化させて解析の収束性を表すコンプライアンスの履歴の安定性を確認した。

解析の結果、平面の設計領域に対して解は安定的に収束することが確認されたが、その他の設計領域に対してはコンプライアンスの履歴が非常に不安定になり、解の収束性が著しく低下した。このことより、形態最適化に使用した構造解析プログラム Karamba では曲面の設計領域に対する形態最適化は適用が困難であることが明らかとなった。

以上のように、本研究では盲導犬とユーザーの歩行時における負荷の状況を明らかにすることにより盲導犬とユーザーの双方の負担を軽減する「y 字型カーブハンドル」を提案し、実用化に至ることができた。新たな盲導犬用ハンドルの創生を目的とした形態最適化では、荷重を伝達することが可能な形態を得ることができたが、使用した解析プログラムでは十分な最適解を得るには至らなかった。3 次元の設計領域に対して安定して収束する解析プログラムの選定とそれによる新たなハンドル形態の創生および得られた形態の評価については今後の課題となった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

①赤井愛, 白髪誠一, “共に歩む誰か” の存在を含むデザイン, 日本デザイン学会誌, 査読無, 第 26 巻 1 号, 2019, 78-87

〔学会発表〕(計 3 件)

①井上泰孝, 白髪誠一, 赤井愛, 田上貴久美, 盲導犬からの荷重伝達状況に基づくハンドルの形態探査に関する研究 盲導犬とユーザーの快適な歩行の実現に関する研究 (その 7), 日本デザイン学会第 66 回春季研究発表大会, 2019

②井上泰孝, 白髪誠一, 赤井愛, 田上貴久美, BES0 法による盲導犬用ハンドルの形態最適化 盲導犬とユーザーの快適な歩行の実現に関する研究 (その 6), 日本デザイン学会第 65 回春季研究発表大会, 2018

③井上泰孝, 白髪誠一, 赤井愛, 田上貴久美, y 字型ハンドルを用いた歩行実験 盲導犬とユーザーの快適な歩行の実現に関する研究 (その 5), 日本デザイン学会第 64 回春季研究発表大会, 2017

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

○取得状況 (計 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 赤井 愛

ローマ字氏名: (AKAI, ai)

所属研究機関名: 大阪工業大学

部局名: ロボティクス&デザイン工学部空間デザイン学科

職名: 准教授

研究者番号 (8 桁): 90578832

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 田上 貴久美

ローマ字氏名: (TAGAMI, kikumi)

研究協力者氏名：井上 泰孝
ローマ字氏名：(INOUE, yasutaka)

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。