

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 25 日現在

機関番号：23902

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24500746

研究課題名(和文)車椅子カーリング用デリバリースティックの開発

研究課題名(英文)Development of the delivery stick (Cue) for Wheelchair Curling

研究代表者

中島 聡 (NAKASHIMA, Satoshi)

愛知県立芸術大学・美術学部・教授

研究者番号：40281258

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：2002年に日本で初めて車椅子カーリングが紹介され、北海道や長野県を中心に全国でチームが誕生している。しかし現在車椅子カーリングで使用されているデリバリースティック(キュー)の入手は、海外から購入する方法が一般的である。種類も少なく、国際大会では各国チームはほぼ同じキューを使用している。使用しづらいキューによりモチベーションが低下し、これが車椅子カーリング普及の妨げになっている可能性は十分に考えられる。

我々は競技者との話し合いを通じて数多くの機能確認モデルを制作し、初心者用と競技者用に分けて開発を進めた。目標機能はほぼ達成されたので、今後はその強度を高める研究を続ける計画である。

研究成果の概要(英文)：In 2002, wheelchair curling was introduced for the first time in Japan. Now many teams have been formed in Japan, particularly around Hokkaido and Nagano prefecture. Unfortunately, the delivery cue used via wheelchair curling is generally bought from foreign countries on the internet. Moreover, the teams are using almost the same cue as Paralympic athletes. In addition, the interest in wheelchair curling has decreased because it is difficult to use the cue. It is thought that the spread of wheelchair curling is hindered for this reason.

After discussion with wheelchair curling athletes, we produced many functional prototypes. We have been developing separate cues for beginners and for athletes. The target function was achieved mostly, so we'll plan to continue this study which raises its strength from now on.

研究分野：プロダクトデザイン

キーワード：プロダクトデザイン 車椅子 カーリング ユニバーサルデザイン スポーツ 障がい者

### 1. 研究開始当初の背景

近年、冬季オリンピックでの日本女子カーリングチームの活躍により、カーリングの認知度が高まっている。20kg程度のストーンを40m先のハウスという目標に向かって投げ込み競うスポーツであり、そのシンプルなゲーム性から手軽に参加できるものとして性別や年齢を問わず、幅広く競技人口が増加し続けている。同様に車椅子カーリングの競技人口も増えていて、2002年に初めて日本に紹介されてから、現在では15チーム以上が全国に存在するまでになった。



図1 キューとストーン

元信州チェアカーリングクラブ(2008年世界車椅子カーリング選手権で5位入賞)の中島洋治氏(スキップ担当)より、「車椅子カーリング用デリバリースティック(以下キュー)先端の樹脂部分に応力が集中し、亀裂が入りやすいので、その対策をお願いしたい」との依頼を受けた。また「世界大会に参加している多くの選手は同じキューを使用し、各自工夫している。より高い得点をとるためには、新たな発想による斬新なキューが必要」との要望も寄せられた。

### 2. 研究の目的

現在車椅子カーリングで使用されているキューはカナダ製の製品しかなく、国内販売はされていない。そのため競技者はインターネットなどで購入せざるを得ない状況である。また価格も高く、破損した場合のメーカー修理体制が皆無であり、競技者自身で修理しなければならない。

カーリングは氷上のチェスとも呼ばれるように、極めて知的な競技でありながら、激しい動作を伴わないスポーツである。身体に障がいを持つ人たちの関心が高いにも関わらず、キューの入手等が車椅子カーリング普及の妨げとなっている。

本研究では車椅子カーリングが気軽に楽しめ、また容易に入手できるキューの開発を主たる目的としている。

### 3. 研究の方法

研究者にとっても車椅子の使用は未経験

であり、また健常な競技者と車椅子競技者との一連の動作特性も大きくことなることを念頭に、以下の研究プロセスを進めた。

#### (1) 車椅子カーリングの特徴

健常者と車椅子使用者では、ストーンを前方に押し出す動作において以下のような違いがある(図2)。



図2 健常者と車椅子使用者の相違点

健常者はゆっくりと氷上を滑走しながら、状況や戦術の急変に対応して、回転方向や回転数を変えることができる。また他の競技者がストーンの滑走方向を修正するためにブラシで氷の表面をこすり(スweep)、ストーンの方向や到達距離の修正を行っている。

一方車椅子使用者は車椅子を自身で固定した状態でキューを一気に押し出し、一瞬の動作でストーンに回転を与えなければならない。その際キューを押し出す前腕筋群に大きな負荷がかかると共に、キュー先端部に装着された約20kgのストーンを一瞬で回転させる動作が、キュー先端部を破損させる要因となっている。また車椅子カーリングの場合スweepはできないので、ストーンを押し出す一瞬の動作が勝敗に大きく影響している。

#### (2) ラピッドプロトタイプによる提案

研究者と競技者のディスカッションやブレインストーミングを経て、思いついたアイデアを積極的に具現化し(図3)、氷上での評価を行った。



図3 一連のプロトタイプ

基本案の選定にあたっては、①肘から手首にかけての前腕筋群の負担が軽減されているか、②(回転しないと、ストーンは予期せぬ方向に進むので)ストーンに意図した回転を与えられるかなどに注目した。その結果、無理なくストーンに回転を与えるB-6が競技者や指導員からの評価が高く、最有力候補と判断した。しかしB-6は押し出す動作中に回転方向や回転数を変更することができないため、国際大会やパラリンピックレベルでの使用には不向きとの意見が出され、初心者用

とした。

一方、多少の問題が内在しているものの、A-1 は健常者と同じように押し出しながらもストーンを回転数を任意に変えられる機構である。現行キューで最も問題と指摘された前腕筋群への負担が軽減される可能性があり、競技者や指導員からも A-1 の継続研究を強く求められた。

### (3) 初心者用キューの概要

初心者用キューの基本構造と回転するプロセスは、以下の通りである(図 4)。

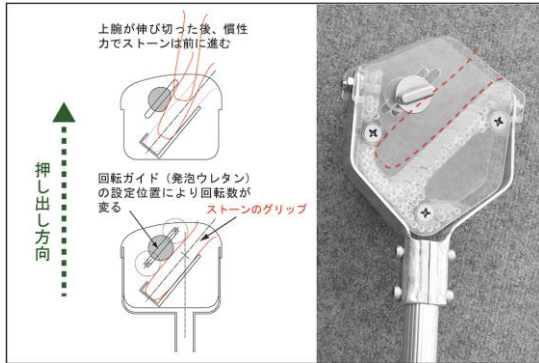


図 4 初心者用キューの構造と B-6 改良品

B-6 の場合、キューの表裏を反転させることにより、同じ押し出し動作で簡単に回転方向を変えることが可能となっている。また回転ガイドの位置により回転数を変更できる(図 5)。

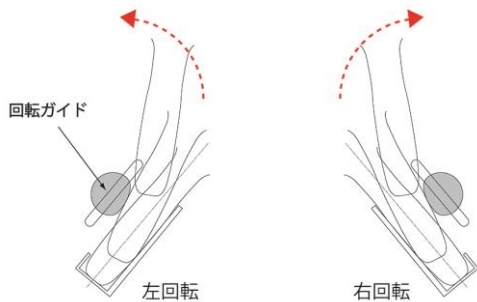


図 5 左回転と右回転

### (4) 競技者用キューの概要

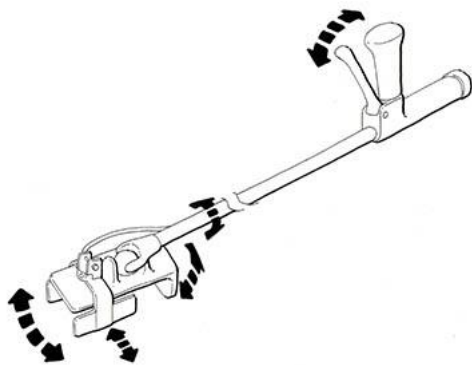


図 6 競技者用キューの基本イメージ

競技者用キュー(図 6)ではキュー後端に設置されたグリップを握り、左右に回転することでポールとユニバーサルジョイントにより連結する先端部がほぼ水平面上を左右に回転する。先端部は、ワイヤーで後端のグリップに設置されたレバーとつながっている。そしてそのレバーを握ることで、先端部側面がストーンをしっかりと把持する。

競技者及び指導者からは、把持力が不足し、ストーンのグリップをしっかりと握れないとの指摘を受けた。

## 4. 研究成果

### (1) 動作学的評価

開発品が前腕筋群の負担を低減してしるかを定量的に把握するために、石垣(研究分担者・運動生理学)を中心に動作学的評価実験(現行品と開発品それぞれ課題遂行時の上肢の表面筋電図測定と 3 次元動作解析)を行った(図 7)。



図 7 動作学的評価

実験参加者(右利きの健常男性 4 名)は、車椅子上で現行品および開発したキューによるショットを 10 回ずつ行った。表面筋電図(EMG)の測定には、多用途生体計測器(Polymate AP1132, TEAC)、アクティブ電極変換ボックス(AP-U040, TEAC)およびアクティブ電極(AP-C301, TEAC)を使用した。電極は、銀/塩化銀ディスク電極(ブルーセンサー)を用いて電極間を 1 cm 間隔で導出し、サンプリング条件は、5-500Hz のバンドパスフィルターを掛け、1 kHz で記録した。被験筋は、右側の僧帽筋、大胸筋、肩甲下筋、三角筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋、長橈側手根伸筋、橈側手根屈筋、指伸筋、浅指屈筋とした。サンプリングされた筋電波形は整流化し、キューの最大加速度の前 200ms および 100ms 間の積分値(IEMG)をデータとして用いた。3 次元動作解析(3DMA)の座標は、車椅子の横方向を X 軸、前後を Y 軸、垂直方向を Z 軸として設定した。課題遂行時の動作を 5 台の高速度カメラ(GV200, ライブラリー)を用いて撮影した。カメラは、被験者の真上、左右斜め 45 度後方、右真横、右斜め 45 度前方に設置した。撮影条件は、撮影スピード毎秒 150 コマ、露光時間 1/500 秒とした。解析ポイントの上腕骨遠位端外顆(肘)、尺骨茎

状突起（手首）、第3指中手骨頭（掌）を撮影し、DLT法により各部位の3次元座標値を算出し、移動距離、最大速度および加速度をデータとした。IEMGは、各部位の現行品の平均値を100%とし、現行品および開発品のそれぞれの値を標準化した。各部位のIEMGの現行品と開発品間の平均値の差の検定には、対応のあるt-testを行った。移動距離、最大速度および加速度は、器具および部位を独立変数とした二元配置の分散分析を行い、事後検定にはTuckey-HSD法を用いた。有意水準は、5%とした。値は、平均値±標準偏差で示した。

肘の加速度は、手首より有意に大きかった。また前腕の移動距離、速度および加速度には、現行品と開発品間に有意な差が認められなかった(図8)。肘の移動距離は、掌および手首より有意に短かった(図9)。

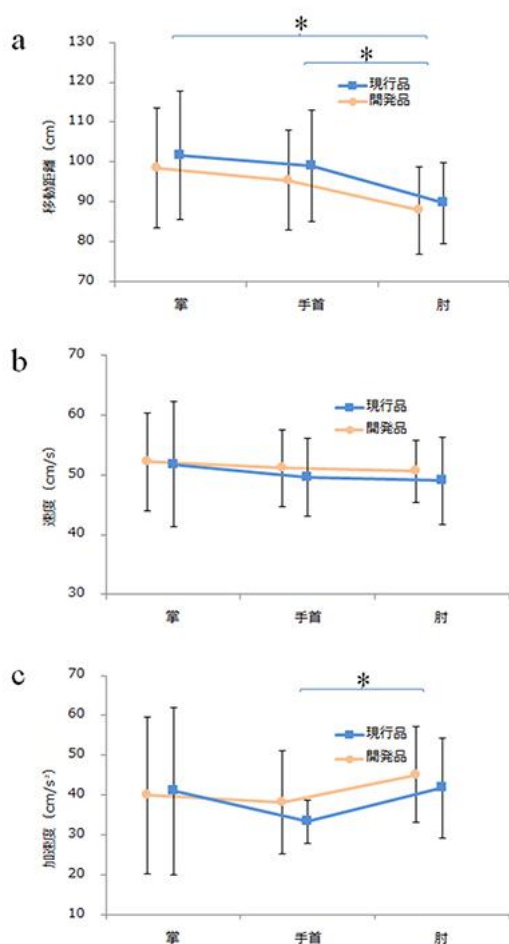


図8 掌、手首および肘の移動距離 (a) 速度 (b) 加速度 (c)  
mean ± SD \* : p < 0.05

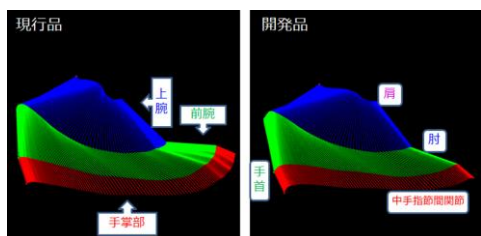


図9 現行品 (左) 開発品 (右) の動作軌跡

開発品は、肩から前腕筋群の負担を有意に増加させる傾向にあった。しかし、指屈筋に関しては有意な負担減(約23%)を認めた(図10)。

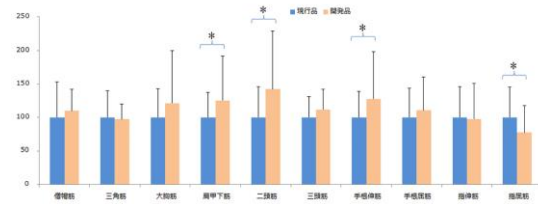


図10 右側の身体各部位の相対 IEMG 値  
Mean ± SD \* : p < 0.05

開発品で認められた筋負担の増大には、開発品が現行品より重くて長い事が影響している可能性がある。本開発品は、現行品と比べ体幹部の筋負担は増えるものの末梢部ではこれを低減させ、スムーズな押し出しを可能とするものであった。\*現行品(重量:422g, 全長:1085mm, 重心:先端より540mm/49%)、開発品(重量:634g, 全長:1130mm, 重心:先端より310mm/27%)

## (2) 初心者用キューのスタイリングデザイン

開発品(機能確認試作)は上述の様で現状での重量や重心位置などにより、動作学的評価では際立った成果は見られなかったものの、開発を進める過程で改善できる可能性がある。また開発品は競技者が容易に回転をストーンに付与し、さらに左右回転が瞬時に変更できることから、キュー先端部構造の基本的な寸法に準拠した実寸でのスタイリング検討モデルを制作した(図11)。

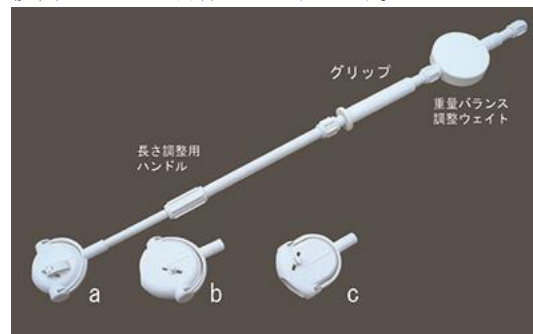


図11 スタイリング検討モデル(実寸)

先端部については今後さらに軽量化を図るが、支点となるグリップ部より後ろに重量バランスウェイトを付加することにより、体感重量を抑えることを考えている。また競技者にとって適切なグリップ位置となるように、長さ調整用ハンドルを設けた。さらにカーリングは氷上での競技であるため、手袋を装着した競技者が容易に長さ調節を行えるように、長さ調整用ハンドルの周囲に小さな突起を設けた。

先端部形状については、a・b・cの3タイプを制作した(図11)。車椅子カーリングをより一層普及させるため、全体イメージ

を一体感のある雰囲気となるよう、先端部と重量バランス調整ウェイトの基本形状を円形とした。さらに手袋装着時でもストーンのリターン数を調整するノブが最も大きなaを、最有力候補とした。

またスタイリング検討モデルを3次元化し、カラーデザイン・イメージの提案も行った(図12)。全体イメージを明るくカジュアルな雰囲気となるように白をベース色とし、彩度を若干抑えた青・緑・橙を提案している。

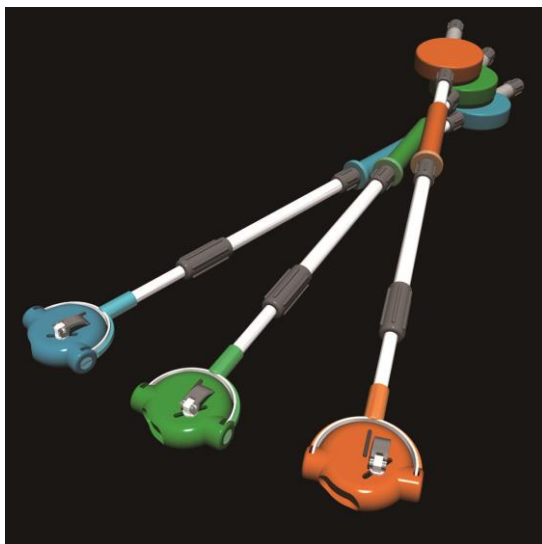


図12 カラーデザイン・イメージモデル

### (3) 競技者用キューのスタイリングデザイン

グリップを左右に回転させると、ヘッドも対応して回転する。

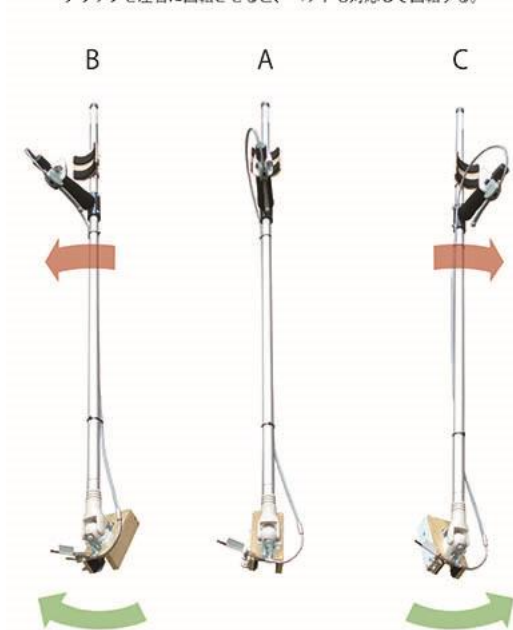


図13 競技者キューの機能確認モデル

競技者用キューでは、健常競技者と同等のストーンコントロールが求められる。そのため初心者用キューと比べて競技者用キューでは可動部が多く、また先端部でストーンのリターン数を調整するための部品と手元のレバーをつなぐワイヤーも装備している。また

これまでの機能試作を試用した競技者から基本機能は達成されてはいるものの、キュー自体の強度や信頼性の向上も強く求められている。

製品化へのプロセスでは、その目標機能や強度を達成するための試作を今後も継続して行うために、産学連携研究として設計者との連携を深めなければならない。

この時点でスタイリングイメージを提示することで、設計者はそれを前提とした設計を行い、機能とスタイリングが融合したプロセスを進めることが可能となる。

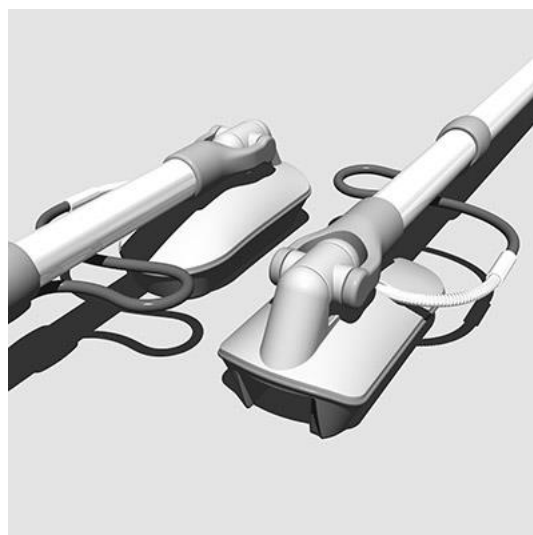


図14 先端部イメージ

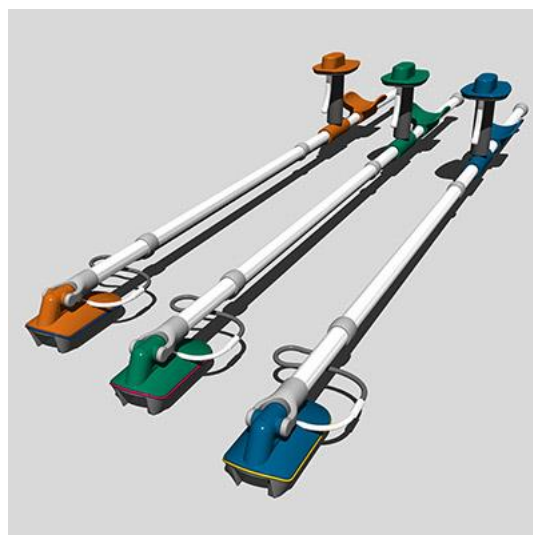


図15 カラーデザイン・イメージモデル

### (4) 今後の展開

開発した初心者及び競技者用キューについてはほぼ当初の目標を達成したが、車椅子カーリングをより多くの人たち楽しんでもらうには、安価で入手しやすいキューとして提供しなければならない。そのためには潜在している問題点を発見・改良する一方、量産によるコストダウンに対応できる企業と協同し、公的研究開発費取得を計画している。

また車椅子カーリングそのものの普及を

目指して体験会を積極的に行っている森（連携研究者・指導者）と連携して、参加者に開発した初心者用キューの試用を依頼し、本開発品に対する参加者の意見や要望の収集を計画している。

## 5. 主な研究論文等

〔雑誌論文〕（計1件）

- ① 中島 聡、森 真弓、石垣 享、中島啓之、車いすカーリング初級者用デリバリースティック（キュー）の開発、デザイン学研究作品集、査読有、20号、2015、46-49、DOI:10.11247/adrjssd.20.1\_46

〔学会発表〕（計1件）

- ① 中島啓之、日本デザイン学会第61回春季研究発表大会、2014年7月5日（土）、車いすカーリング用デリバリーキューの研究（1）、福井工業大学（福井県福井市）

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

中島 聡 (NAKASHIMA, Satoshi)  
愛知県立芸術大学・美術学部・デザイン工芸科・デザイン専攻・教授  
研究者番号：40281258

(2) 研究分担者

石垣 享 (ISHIGAKI, Toru)  
愛知県立芸術大学・美術学部・教養教育・教授  
研究者番号：60347391

(3) 連携研究者

森 真弓 (MORI, Mayumi)  
愛知県立芸術大学・美術学部・デザイン工芸科・デザイン専攻・准教授  
研究者番号：40457924

(4) 研究協力者

中島啓之 (NAKASHIMA, Hiroyuki)