

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月27日現在

機関番号：82727

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01590

研究課題名(和文) ゴールボールの競技力向上を目指したマルチモーダル・ストラテジーボードの開発

研究課題名(英文) Development of Multimodal Strategy Board for Improving Competitiveness in Goalball

研究代表者

池田 知純 (IKEDA, tomozumi)

独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発総合大学校(能力開発院、基盤整備センター)・能力開発院・准教授

研究者番号：80648923

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)：本研究の目的は、ゴールボールにおける競技力向上のためのマルチモーダル・ストラテジーボードを開発することである。提案するツールは、ボールの位置と動きを決定する画像処理システムと、戦術的な情報を提供するストラテジーボードから構成される。試合画像から、投球パターン、選手やボールの位置情報を抽出し可視化した。試合映像でのボール抽出の正解率は約80%であり、戦術分析に必要なコート領域内でのボールの抽出が可能となった。音声/触覚インタフェースを試作し、仮想的なボール移動を想定した知覚実験の結果、音源の移動方向を判定できること、触覚の提示順序によらず刺激位置を判別できることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

競技情報の可視化により、指導者は試合内容を視覚的かつ客観的に振り返り分析することができる。マルチモーダル・ストラテジーボードは、チーム内での科学的なデータの共有と意見交換の手助けとなり、より効果的な戦術理解の促進につながる。本研究の結果が、ゴールボール競技のパラリンピック等での活躍の手助けとなるだけでなく、障害者スポーツの課題でもある指導者の指導力向上や競技力低下の解消等にも寄与する。

研究成果の概要(英文)：This study develops a multimodal strategy board to improve Japan's competitiveness in goalball, a team sport for visually impaired players. The proposed tool is composed of an image processing system that determines the player's and ball's position and movement, and a strategy board that provides tactical information. Pitching patterns and player's and ball's position information were visualized by the image processing system. In an evaluation of the proposed player and ball extraction method, the accuracy rate of ball extraction was found to be approximately 80%. The sound/haptic device created for the proposed strategy board was found to be useful in presenting virtual ball position information.

研究分野：福祉工学

キーワード：障害者スポーツ ゴールボール マルチモーダルインタフェース ストラテジーボード

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

(1) スポーツの競技力向上のためのテクノロジーの活用

現在、健常者を対象とするアメリカンフットボール、サッカー、バスケットボール等のボール競技において、競技戦略支援のための運動情報の可視化に関する研究が多数おこなわれている。これらのシステムでは、複数のカメラや電子タグを用いて選手やボールの位置、移動軌跡等を可視化している。得られた情報は科学的に分析され、選手や指導者はパソコンやタブレットを用いて、選手あるいはチーム全体のプレーの傾向や特徴を理解し、戦術分析や競技水準の向上につなげている。

(2) 障害者スポーツにおけるテクノロジーの導入事例

2020年東京オリンピック・パラリンピックの開催決定に伴い、年々、障害者スポーツへの関心が高まっている。今後の日本における障害者スポーツの発展と世界との差を縮めるためにも、科学的な研究と円滑な情報交換が行える体制の構築が急務である。視覚障害者スポーツであるブラインドサッカーにおいては、画像解析ソフトウェアによる攻撃スタイルの分析や選手の音源定位の早さに関する研究が行われている。

(3) ゴールボールにおける戦略分析の現状

ゴールボールにおいては、スウェーデンやドイツのチームが戦略支援システムを試行的に導入している。国外での取り組みの多くは、指導者への科学的データの提供が中心である。国内では、試合後に指導者が競技映像を見ながら選手やボールの位置を手作業で取得し、そのデータに基づいて戦略分析が行われている。そのため、試合中や終了直後に、選手に対して技術的・戦術的なコーチングを十分に行うことができない。また、視覚障害をもつ選手への戦術指示には、健常者の競技で用いられるグラフィック情報を提示するストラテジーボードやタブレットが利用できないため、口頭で行なわれることが多い。そのため、選手は日々のトレーニングの中で、過去の試合内容、対戦相手の戦略などを振り返ることができない。ゴールボールの競技力の向上を図るためにも、戦術分析からチームの戦術理解までを支援するツールが望まれている。

2. 研究の目的

視覚障害者にとって、視覚に多く依存する入出力インタフェースの利用は不便である。視覚情報を他の感覚情報に変換し提示するマルチモーダル・インタフェースが、福祉工学やVR技術に利用されており、同様のアプローチが視覚障害者スポーツにも適用できる。

本研究の目的は、ゴールボールの競技力向上を目指し、チーム内で戦術情報と競技空間イメージを共有するためのマルチモーダル・ストラテジーボードを開発することである。図1は、本研究で目指すシステムの概要である。このシステムは、競技中の選手やボールの位置と動きを取得する画像・音声処理システム、各種データを分析するためのコンピュータ、分析結果を音声／触覚情報として選手に提示するストラテジーボード、戦術計画を策定するタブレットから構成される。

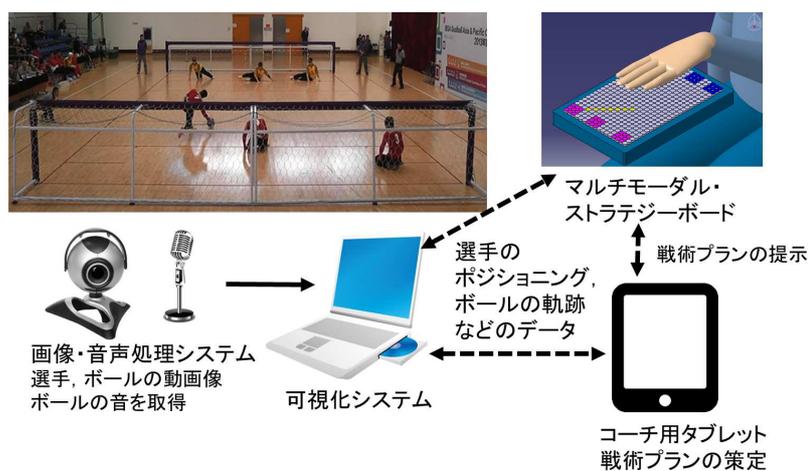


図1 マルチモーダル・ストラテジーボードの概要

3. 研究の方法

(1) 概要

本システムの主要部である、選手やボールの位置と動き情報の取得・分析、分析結果を音声／触覚情報として提示するマルチモーダル・インタフェースの試作・知覚実験を行った。研究協力者の協力を得ながら研究を進めた。

(2) 現状調査

研究協力者の協力のもと、指導者に対して可視化情報に関するヒアリング調査を実施した。日本で開催された国際大会（2019 Goalball Japan Men's Open）を観戦し、日本ゴールボール協会の許可のもと競技風景を撮影し、選手-コーチ間のミーティング状況を観察した。現状調査により、戦術分析データおよび強化プランの策定に必要な情報を抽出した。

(3) 画像・音声処理システムを用いた選手・ボールの位置情報の取得

コート内の短辺方向からステレオカメラまたは家庭用ビデオカメラより撮影した競技映像を使用し、次の①～⑤の手順でコート上のボールと選手の位置情報を取得した。バイノーラルマイククロホンにて、ボール音を取得し投法による音の特徴を取得した。

- ① 投球位置とボール到達位置をマウスでポイントし、投球パターンを得る。
- ② 投球からボールの到達までのフレーム数を取得し、投球毎の動画像データを保存する。
- ③ 時間差分法により移動物体を検出し、ハフ変換によりボールの候補領域を抽出する。
- ④ ホモグラフィ変換法により俯瞰画像上に投影されたボールの位置に変換する。
- ⑤ HOG 特徴量により選手の候補領域を抽出する。

(4) マルチモーダル・インタフェースの試作

マルチモーダル・ストラテジーボードに搭載する音声/触覚インタフェースを試作し、知覚実験を行った。聴覚インタフェースは、視覚障害者を補助するツールとして一般的に用いられる。人は、両耳で同一音響信号を捉えるとき、音量の大きい方を音源からの距離が近いと感じる。ヘッドフォン受聴環境において、左右の音響信号の音量差により音源定位を変化させ、仮想的なボールの音源移動を再現することを試みた。

触覚インタフェースのアクチュエータには、可搬性が高くコンパクトな構造、応答性にすぐれたものを選定した。振動刺激による変化と提示位置を判定する知覚実験を行った。

4. 研究成果

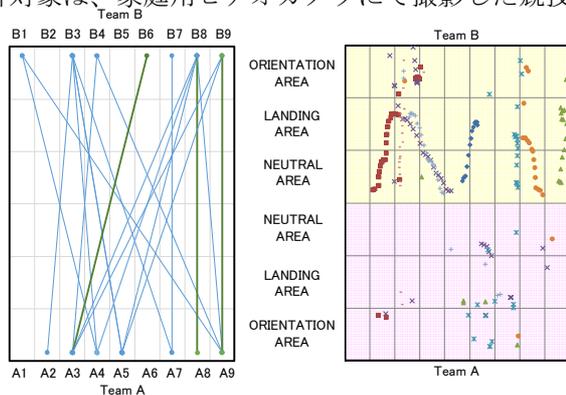
(1) 現状調査の結果

現状調査により、以下の内容が明らかとなった。

- ・ベンチスタッフ以外にアナリストが同行し、対戦チームの映像分析を行っている。試合後ベンチスタッフに情報を伝えている。映像分析にはパソコンを使用し、パラサポ用のソフトウェアを用いている。映像をみながら手動で入力している。
- ・どの方向に投球するのが多いか、移動攻撃はあるか、ディフェンスの際に右に倒れるか左に倒れるか、守備隊形は横一列か、等を観察している。
- ・手のひらサイズのミニチュアコート上に紐を使ってボールの軌道、動きを確認することがあったが、現在はあまり行っていない。
- ・アイシェードをしているため、目隠しをした状態でいかに、コートやボールの軌跡、味方・敵チームの配置をイメージできるかが重要である。
- ・守備の際には互いの守備範囲の確認、投球の際には移動攻撃の際には声掛け等によるポジションの確認が重要である。
- ・コートを1m間隔で区切り番号でボールが投げられた位置や選手の位置を把握している。
- ・コート上では口頭で戦術を指示している。
- ・ボールが接触する体の部位の情報が必要である。
- ・出場選手3名の内、自軍ゴール中央に位置する選手の役割は主としてディフェンスである。

(2) 選手・ボールの位置情報の取得

解析対象は、家庭用ビデオカメラにて撮影した競技画像とした。



(a) 投球パターンの分析結果 (a) と俯瞰画像上のボール軌道 (b)

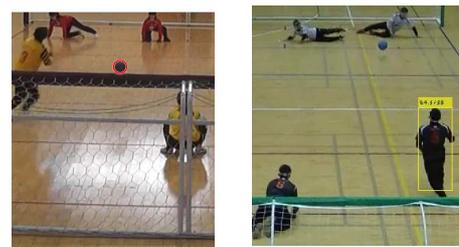


図3 ボール (赤色棒) と選手 (黄色棒) の候補領域

図 2 (a) は、オペレーションエリアを 9 つの領域(A1~A9、B1~B9)に分割し、Team A から Team B への投球パターンを分析した結果（投球回数：N=20）である。線の太さは、攻撃回数を示している。図 2 (b) は、画像データより得た俯瞰画像上のボール軌道の例（投球回数：N=5）である。図 3 は画像処理により抽出したボール（赤色枠）と選手（黄色枠）の候補領域である。撮影環境にもよるが、家庭用ビデオカメラによる映像において、コート上の画素分解能は、Team B 側で奥行き：200 mm/pixel, 幅：30 mm/pixel, Team A 側で奥行き：30 mm/pixel, 幅：10 mm/pixel であった。特にボールの候補領域が得られたときの正解率は約 80%であった。

(3) ストラテジーボードの試作と評価

①聴覚インターフェース

図 4 に示すように 9 つの領域に相当するよう両耳間を 9 等分し、主観的な音の大きさは、左右の音響信号の振幅 2 乗和が 1 になるよう各振幅値を設定した。音響信号は周波数 500 Hz の正弦波とした。音源移動パターンは、画像処理により得られた投球パターンとした。表 1 は、健康な被験者 3 名に音源移動の音を聴かせ音源のスタート位置とエンド位置を判定させた結果である。音源の移動方向の判定はできているが位置の正答率が低かった。

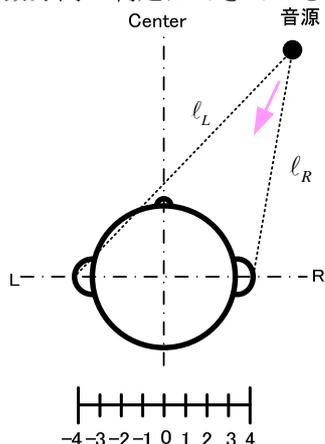


図 4 左右の音量差により音源定位の方法

表 1 音源定位の判定結果

音源移動方向	正答率	87%
音源位置ずれ		
START		1.6
STOP		1.2

②触覚インターフェース

図 5 は触覚インターフェースの構成図、図 6 はその外観である。触覚インターフェースは、3 つの Piezo アクチュエータ (PowerHapTM15G, TDK) からなる光学式マウスに搭載可能な情報提示部、Piezo ハプティクスドライバモジュール、ワンボードマイコンからなる。3 つのアクチュエータの駆動命令は、パーソナルコンピュータよりワンボードマイコンへ送信され、ワンボードマイコンにて生成された PWM 信号によってアクチュエータが駆動される。駆動命令は、マウスの動きと仮想空間のボール位置によって生成される。アナログスイッチを切り換えることで、ハプティックアクチュエータは振動センサとして機能し、振動信号がマイクロコンピュータに伝送される。

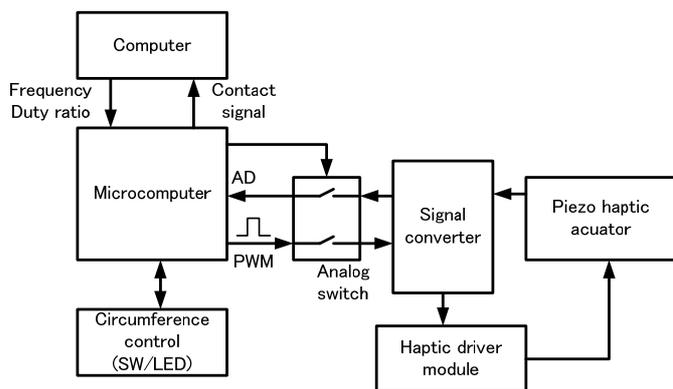


図 5 触覚インターフェースの構成

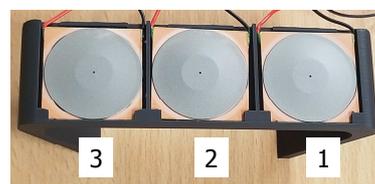


図 6 ハプティックデバイスの外観

被験者は健康者 3 名とし、1 個のアクチュエータに振動刺激 (period =40ms、Duty =0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5) をランダムに提示し、その刺激変化を判定する実験と 3 個のアクチュエータのいずれか 2 個に提示順序を考慮した振動刺激 (period =40ms, Duty =0.3) を提示し、提示位置を判定する実験を行った。図 7 は触覚刺激による知覚実験の結果である。網掛けはすべての被験者が判定可能であった項目である。結果より、刺激強度の差が大きければ刺激パターンの違いを判別できること、提示順序によらず刺激位置を判別できることがわかった。

ローマ字氏名：(NINOMIYA, keiichi)

所属研究機関名：独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発総合大学校（能力開発院、基盤整備センター）

部局名：能力開発院

職名：准教授

研究者番号（8桁）：20726335

(4) 研究分担者

研究分担者氏名：鈴木 重信

ローマ字氏名：(SUZUKI, shigenobu)

所属研究機関名：独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発総合大学校（能力開発院、基盤整備センター）

部局名：能力開発院

職名：准教授

研究者番号（8桁）：60726339

(5) 研究分担者

研究分担者氏名：玉井 瑞又

ローマ字氏名：(TAMAI, mizuyasu)

所属研究機関名：独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発総合大学校（能力開発院、基盤整備センター）

部局名：能力開発院

職名：准教授

研究者番号（8桁）：20725965

(6) 研究協力者

研究協力者氏名：池田 和久

ローマ字氏名：(IKEDA, kazuhisa)

※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。