

## 慣性センサを用いた車いすバスケットボールにおける漕ぎの検出と分析

長谷川 凌佑<sup>\*1</sup> 内山 彰<sup>\*1</sup> 東野 輝夫<sup>\*1</sup> <sup>\*1</sup> 大阪大学 大学院情報科学研究科  
 {r-hasegawa, uchiyama, higashino}@ist.osaka-u.ac.jp

## 1 はじめに

スポーツにおけるデータは、選手の技術向上、戦略立案、観客へのサービス提供など、様々な活用が期待されている [1]. 車いすバスケットボールにおいても、データを活用した技術向上支援や戦略立案支援などが求められており [2], 我々の研究グループでは、選手の技術向上支援システムの設計を進めている. 車いすの操作 (漕ぎ) はあらゆる場面において最も基礎的かつ重要な動作であるため, 本研究では, 車輪に取り付けたセンサから左右それぞれの漕ぎ動作の検出を目的とする. 間隔や強度の異なる様々な動きに対処するため, 角速度のピークと谷の検出によるデータの分割を行い, それらの期間について閾値により 2 種類の操作 (PUSH, STOP) に分類する手法を検討する. 最後に, 実際の試合で得た 6 名のデータに対して本手法を適用した結果を示す. さらに, 漕ぎ検出の有効性を確認するため, 選手の漕ぎ方の特徴の違いを分析した結果も示す.

## 2 漕ぎ検出手法

## 2.1 概要

車輪は左右で独立しており, 基本的に片手で各車輪の操作を行う. そのため, 検出は左右の車輪ごとで行う. 操作の間隔や期間が一定であることはほとんどないため, 提案手法では固定されたウィンドウ幅を設けず, 操作が行われた可能性が高い期間ごとに角速度の波形 (時系列データ) をセグメンテーションする. 次に, セグメント内で行われた操作の分類を行う.

## 2.2 セグメンテーション

1 回の操作であっても手で車輪を掴んでから離すまでの時間は様々であり, 固定期間による分割は困難である. しかし, 少なくとも操作があった時は車輪の回転速度に大きい変化が生じる. これを利用して, 波形をピークと谷により 1 つの操作があった可能性のある期間を分割する. ただし, 小さいピークや谷はノイズによる影響があるためこれを除去する. また, 短い期間に 2 つの操作を行うことは不可能であるため, 短い間隔で存在するピークを除去することで, 誤検出を防ぐ.

具体的にはまず, 角速度の時系列データを  $f(t)$  とすると, 式 1 のように,  $f(t)$  が局所的最大値を持つ時刻  $t$  をピークとして検出する.

$$f(t-1) < f(t) > f(t+1) \quad (1)$$

また, 式 2 のように,  $f(t)$  が局所的最小値を持つ時刻  $t$

を谷として検出する.

$$f(t-1) > f(t) < f(t+1) \quad (2)$$

次に, ノイズ除去を行う. 角速度の状態から車輪が静止中か移動中かを示す閾値  $TH_{move}$  を用いて, この閾値未満のピークとこの閾値以上の谷は除去する. 最後に誤検出防止のため,  $T_{min}$  秒以内に検出されたピークは除外する. このパラメータは, 経験的に  $T_{min} = 0.3$  とした.

## 2.3 操作分類手法

セグメンテーションにより分割された各期間に対して, PUSH, STOP, NONE のいずれかに操作を分類する. PUSH の特徴としては, 大きな変化が短期間に生じることが挙げられる. ただし, 停止状態における漕ぎ始めの PUSH と移動状態における 2 回目以降の PUSH では, 同じ PUSH であっても車いすの速度によって波形が大きく異なる. 漕ぎ始めの場合, 比較的 1 回の操作期間が長く, 大きな速度変化が生じる. 一方で 2 回目以降の漕ぎでは, 速度変化量は 1 回目ほど大きくはないが, 操作の期間は短く, 掴んだ時に少し速度が低下するといった特徴がある. これは, 現在の速度に起因すると考えられる. また, STOP の特徴としては大きな速度変化が生じる. 以上のことから (1) 角速度の総変化量, (2) 現在の速度, (3) 変化の激しさの 3 つが操作の特徴として重要である. これら 3 つに対してそれぞれ閾値  $TH_{total}$ ,  $TH_{move}$ ,  $TH_{\delta}$  を設けて操作の分類を行う. これらの閾値は経験的に定める.

具体的には, ピークで分割された期間に対して, まず角速度  $g^t$  の微分  $g^{t'}$  の最大値  $\max(g^{t'})$  が  $TH_{\delta}$  未満の場合, NONE と判定する. 次に, 直前の期間の角速度の平均値  $\text{mean}(g^t)$  が  $TH_{move}$  以上の場合あるいは, 直前の期間での操作が PUSH であるとき, 2 回目以降の PUSH として分類する. 上記に該当しない場合で, 角速度の変化量を下のように定義したとき,

$$G_{change} = \max(g^t) - \min(g^t) \quad (3)$$

$G_{change}$  が  $TH_{total}$  以上の場合には漕ぎ始めの PUSH と分類する. いずれにも該当しない場合は NONE と分類する. 一方, 谷で分割された期間に対しては, 角速度の変化量  $G_{change}$  が  $TH_{total}$  以上で, 変化後の速度が  $TH_{move}$  未満の場合は STOP と分類し, それ以外の場合は NONE と分類する.

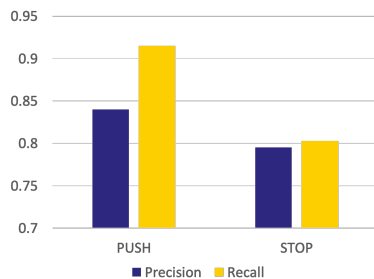


図 1 漕ぎ検出性能

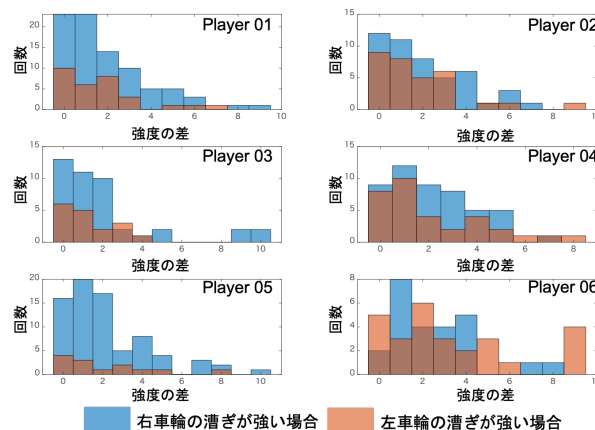


図 2 左右同時漕ぎ時における操作強度の差とその回数

### 3 性能評価

#### 3.1 評価環境

試合に参加した選手は 10 名であったが、そのうち 6 名分のデータを収集した。試合開始から 2 分間の映像に対して、目視により漕ぎが発生したタイミングのラベル付けを行った。2 分間の間に合計 1164 回の操作が行われていた (PUSH954 回, STOP210 回)。

#### 3.2 漕ぎ検出性能の評価結果

漕ぎ検出性能の平均を図 1 に示す。この結果から、PUSH の適合率、再現率はそれぞれ 84.0%, 91.5% となり、STOP の適合率、再現率はそれぞれ 79.5%, 80.3% となった。適合率よりも再現率が高いが、この原因として真値としたラベル付けの難しさが挙げられる。映像にはオクルージョンや画質の影響により細部までの正確な判断に限界があり、ラベル付けの漏れが発生したことが考えられる。

#### 3.3 分析への応用例

##### 3.3.1 左右での漕ぎ強度の差

左右での操作情報を統合し、同時に漕いだ時のみ抽出して、左右での力の入れ具合について解析を行った。左右の操作強度の差とその回数について、結果を図 2 に載せる。この結果より、6 人中 5 人の選手に対して、明らかに同時漕ぎの時に右側の車輪の方を強く漕いでいる傾向が見られた。

##### 3.3.2 操作の種類とポジションの関係

車いす操作の種類とその操作が行われたポジションの関係について分析を行った。分析のため、ファウルラインとセンターラインによってバスケットコートをも 4 つのエリアに分割する。PUSH については、閾値  $TH_{move}$  以上の高速時とそれ未満の低速時で 2 種類に分類した。

表 1 は、エリア別に各車いす操作が発生した割合を示している。コートの中央付近では、高速な PUSH が 74% を超えており、中央付近では高速な移動が多いことが分かる。また、敵陣と自陣のゴール前を比較すると、自陣で守備をしている時の方が多種類の操作を使ってい

表 1 各エリアでの操作回数の割合 [%]

操作	PUSH(低速)	PUSH(高速)	STOP
自陣ゴール前	24.2	52.1	23.7
自陣中央付近	13.2	74.1	12.6
敵陣中央付近	9.6	81.1	9.3
敵陣ゴール前	21.9	56.2	21.9

ることがわかる。このため、守備時にはこまめに車いすを操作し、臨機応変な対応ができるようにしていることが分かった。

### 4 おわりに

本研究では車いすバスケットボールの技術向上に向けて、モーションセンサの角速度を利用した車いすの漕ぎ検出手法を検討した。提案手法では、角速度のピークと谷の検出により操作のある期間を区別し、その後閾値に基づく操作の分類を行う。実データに基づく性能評価を行った結果 F 値 83.7% となり、傾向を捉える上では十分な性能が得られた。今後の課題として、検出結果を実際の技術向上支援に応用することが挙げられる。例えば、車いす操作スキルを定量化し、良い漕ぎ方、悪い漕ぎ方をリアルタイムに選手へフィードバックすることで、効率的なトレーニングを実現することができる。

### 参考文献

- [1] MARY ANN LIEBERT, I.: How is big data impacting sports analytics?
- [2] van der Slikke, R., Berger, M. and Bregman, D.: Wheelchair mobility performance only supports the use of two classes in wheelchair basketball, *ISBS Proceedings Archive*, Vol. 35, No. 1, p. 254 (2017).