

# スピードスケート滑走における身体運動特性の可視化と 内省支援に関する基礎的検討

## Basic Consideration of Visualizing of Physical Motion Features of Speed Skating and its Effect for the Self Reflection of Player.

高橋 佑<sup>\*1</sup>      香山 瑞恵<sup>\*2</sup>      橋本 昌巳<sup>\*2</sup>      大谷 真<sup>\*2</sup>  
Yu Takahashi      Mizue Kayama      Masami Hashimoto      Makoto Otani

<sup>\*1</sup> 信州大学大学院理工学系研究科      <sup>\*2</sup> 信州大学工学部  
Graduate School of Science and Technology, Shinshu University      Faculty of Engineering, Shinshu University

The purpose of this study is to explore architecture of performance support system for speed skating by visualizing player's physical action. We focus on the skating route, position, velocity, acceleration, degree angle of incline at lumbar part and so on. Our system generates graphs of these data in time series variation. Therefore, we hope a player can get visual and quantitative feedback from these graphs, and can make positive self-reflection to assess his current skating. In this paper, we focus on the velocity changes in the curve part.

### 1. はじめに<sup>\*</sup>

近年、スポーツサイエンスにおいて、競技成績向上を目的とした様々な研究が行われている。その一つに動作解析が挙げられる。人や物の動きを数値化し分析や解析を行うことで、動作の特徴などを読み取ることができる。多くの動作解析においては、ビデオカメラやセンサなどが用いられている。しかし、対象にできる動作には制限がある。競技者の位置座標が大きく変化しない競技であれば、ビデオカメラを用いた動作解析が有効だと考えられる[田房 2008]。しかし、移動系の競技でビデオカメラを用いるためには、それなりの環境が必要である[三輪 2009]。この場合には、センサを用いた動作解析が有効だと考えられる。センサにも様々な種類があり、ジャイロセンサ、圧力センサ、GPS センサなどが代表例として挙げられる[佐川 2002]。

本研究の目的は、スピードスケート競技における動作解析と、その結果を用いた内省支援の検討である。これを実現するためには、スピードスケート動作の定量化、可視化が必要である。この競技における先行研究では、ビデオカメラを用いた Direct Linear Transformation Method (DLT 法) が行われている[結城 1992]。DLT 法は、複数台のビデオカメラを用いた、三次元映像解析手法である。しかし、スピードスケートは移動系の競技であり、DLT 法を用いてリンク全体を解析範囲にするには、相応の環境が必要である。

そこで、本研究では測定装置をスケーターに装着し、解析可能範囲をリンク全体に広げる。ここでは、慣性計測装置(以下、IMU)から得られたデータに対して動作解析を行う。この結果を用いて、スケーターの内省支援の可能性を検討していく。本稿では、左右非対称動作であるカーブ動作における速度変化に着目する。以下の章では、まず本研究における動作解析手法について述べる。次に、5名の被験者に対して同一条件での滑走実験におけるカーブ動作の速度変化について考察を行う。最後に、今後の展望について述べる。

### 2. 動作解析システム

本研究では IMU が内蔵された、装着型測定装置(以下、装  
連絡先: 高橋佑, 信州大学大学院理工学系研究科, 〒380-  
8553 長野県長野市若里 4-17-1, 026-269-5000,  
13tm529b@shinshu-u.ac.jp

置)を用いて動作を計測している。スケーターに装置を装着させ、リンク上を滑走させる。装置からは、三軸の角速度と三軸の加速度、温度、計測時間などが得られる。これらのデータに対して処理を行う。その結果として、経過時間やセンサ温度、三軸の位置情報や三軸の速度情報、スケーター視点での三軸の加速度、腰部内傾角などのデータが算出される。

装置から得られるセンサデータを解析し、可視化データへと変換する。解析システムで求められたデータから 7 種類のグラフを生成する。これらは、滑走時に装置と同期して得られたビデオデータとともに示される。

このデータは可視化ツールを用いてスケーターにフィードバックされる。ここから読み取れる情報を用いて、選手の内省支援に適用していく。これらのデータは、練習メニューやスケーター名、日時や滑走リンクなどの情報とともに、一元管理される。

### 3. 実験

2章で示したシステムを用いて、滑走実験を行った。内省支援を行うためには、スピードスケート動作の特徴を定量的に示す必要がある。そこで、スピードスケートにおける動作の特徴を考察することを目的とし、滑走実験を行った。

#### 3.1 方法

実験の被験者情報を表 1 左側に示す。被験者 20 代スケーター 5 名であり、このうち 3 名は現役スケーターである。表 1 においては、上から順に競技成績順となっている。実験場所は、国内屋内リンクである。データは、2013 シーズンに取得した。実験の試行回数は被験者によって異なる。本実験で指定した滑走領域を図 1 に示す。図 1 はリンク俯瞰図であり、被験者はダブルトラック 500 m スタート地点付近から滑走状態に入る。そのまま、インコースを 250 m 程度滑走する。

#### 3.2 結果

ここでは、カーブ動作の速度変化について着目する。カーブ動作を行う領域は図 1 中の a から b までである。図 2 に被験者 3 名(A, C, E)の 1 試行におけるカーブ動作(a 地点から b 地点まで)の速度波形を示す。図 2 の縦軸は運動平面における合成

\* 本論文中のデータは、公益財団法人日本スケート連盟より公開が了承されています。

表 1: 被験者データ

被験者	競技歴	試行回数	加速量平均	減速度平均	増加量平均
A 現役	17年	2回	0.43 0.611 0.521	-0.3 -0.534 -0.417	0.13 0.07 0.103
B 現役	14年	8回	0.538 0.64 0.589	-0.349 -0.714 -0.532	0.189 -0.075 0.045
C 現役	14年	3回	0.534 0.42 0.477	-0.291 -0.541 -0.416	0.243 -0.121 0.049
D	19年	1回	0.561 0.507 0.534	-0.335 -0.623 -0.479	0.226 -0.116 0.037
E	7年	3回	0.568 0.502 0.535	-0.37 -0.553 -0.462	0.197 -0.051 0.061

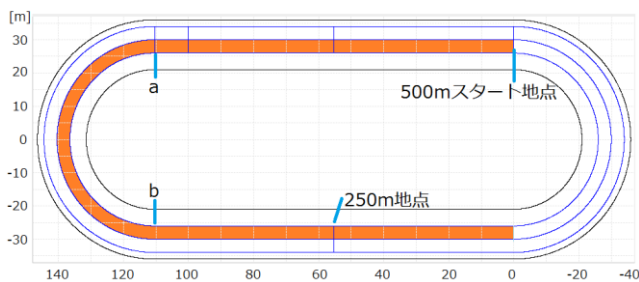


図 1: 滑走領域

速度, 横軸は図 1 の a 地点通過からの経過時間を示している。どの波形も右上がりであり, カーブ動作において加速しているのがわかる。また, カーブ進入時の速度, 速度の変化割合にも個人差が確認できる。

被験者 B のある試行におけるカーブ動作の速度波形の一部を図 3 に示す。図 3 での各軸は図 2 と同様である。横軸において, 滑走支持脚の違いを色で示している。黄色が左足, 灰色が右足滑走時である。この領域を一步として考える。カーブ動作においては, 左半身が内側にあり, 左右の足を交互に交差していく。そのため, 支持脚の違いによる速度波形に差があると考えられる。図 3 においては, 右足の方が左足より速度変化量が大きい。このことは, すべての被験者に共通してみられた。

また, 図 3 に示すように, 速度波形の一步における最大値を最大ピーク値とし, 最小値を最小ピーク値とする。ある一步の動作内における最大ピーク値と最小ピーク値の差を, 一步の加速量と定義する。また, ある一步の最小ピーク値と, その一つ前の一步の最大ピーク値との差を減速度と定義する。さらに, 加速量と減速度の和を増加量と定義する。これら 3 種の値を, 左足, 右足, 両足合成について平均を取る。表 1 右側に示しているのは, 各被験者の全試行に対する平均であり, 上から順に左足, 右足, 両足合成である。各被験者の加速量に着目すると, 被験者 A と B は右足が大きく, 被験者 C, D, E は左足の値が大きい。このことは, 各被験者の各試行においても同様の結果が得られた。また, 減速度に着目すると, どの被験者においても明確な左右差が確認でき, 左足の値が小さい。被験者 B においては, 支持脚の違いで 2 倍以上の値の差が確認できる。増加量に着目すると, 被験者 A だけ両方とも値が正である。

### 3.3 考察

カーブ動作においては, 支持脚が左足時の右足の動きが特徴的である。減速度においては, 左右差が確認でき, 加速量では個人差が確認できた。また, 被験者 A は増加量が両方とも正であり, 合成増加量も高い。このことから, 被験者 A の技術力は

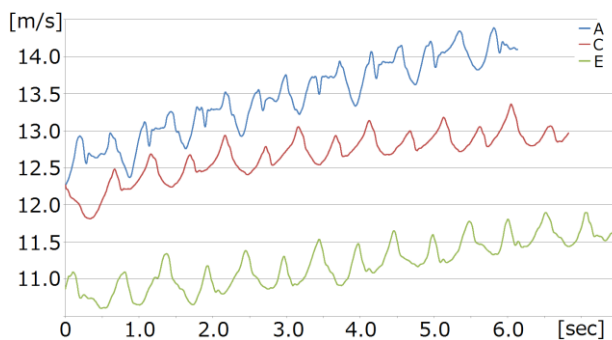


図 2: 被験者 A, C, E の速度波形

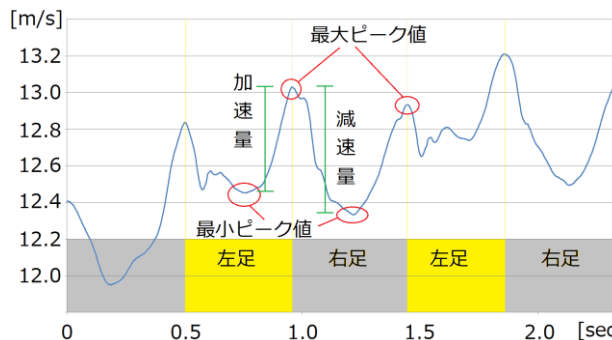


図 3: カーブ動作合成速度 (被験者 B)

高いと考えられる。しかし, 増加量は図 1 の a 地点での速度や, 滑走に対する意識などの内省とともに判断する値だと考える。

カーブ時の速度変化から, 滑走の特徴が読み取れることが示された。しかし, グラフの読み取りには専門知識が必要であり, 滑走への内省と可視化結果との対応が不可欠であろう。今後は, 内省支援を意識した可視化の在り方を検討したい。

## 4. おわりに

本稿では, スケーターの滑走における, カーブ動作の速度変化について考察した。その結果, 同一条件での滑走において, 左右差や個人差などの特徴を読み取ることができた。この結果を踏まえて, 可視化したデータから個人差や左右差, 各試行間の差を読み取るための知識の整理と, スケーターの意識や内省との対応を整理する方法の検討を進める。

【謝辞】 本研究に関わるデータの取得は, 公益財団法人日本スケート連盟のニーズを分析して文部科学省マルチサポート事業研究開発プロジェクトの活動で開発された装置を使用させていただいた。また, 公益財団法人日本スケート連盟スピードスケート強化部のご関係者様には, 本論文の公開に関する多大なるご配慮をいただきました。ここに深謝申し上げます。

## 参考文献

- [田房 2008] 田房友典, 横田臣博, 石川聖二: 多視点カメラを用いたチームスポーツの三次元解析法, バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, Vol.10, No.1, pp.65-72, 2008.
- [三輪 2009] 三輪飛寛, 市川浩, 松内一雄, 榎原潤, 高木英樹: 水泳スカーリング動作時の泳者手部周りの流れ場の可視化(FD 水泳), ジョイント・シンポジウム講演論文集 2009, pp.208-213, 2009.
- [佐川 2002] 佐川貢一, 小岩研, 煤孫光俊, 猪岡光: 加速度積分による屋内での 3 次元歩行経路の推定, 医療情報学, No.22, pp.242-243, 2002.
- [結城 1992] 結城匡啓, 阿江通良, 浅見高明: スピードスケートにおける加速理論の再検討, バイオメカニズム, No.11, pp.111-121, 1992.