

ウェアラブルデバイスを用いたなわとびの技判別に向けた 特微量評価

井戸 智斗志[†] 五戸 李音[†] 石田 繁巳[†] 稲村 浩[†]

[†] 公立はこだて未来大学

1 はじめに

20歳以上の週1回以上のスポーツ実施率は約50%で推移しており [1], 健康のためにスポーツ実施率の向上が求められる。最も多かったスポーツ実施阻害要因が「仕事が忙しくなくなったから」であることから、筆者らは、自宅でも実施可能な手軽な運動として「縄跳び」に注目した。縄跳びの運動強度は、毎分100~120回で11.8メッツであり [2], 短時間でも高いカロリー消費となる。しかし、高強度ゆえに運動負荷が大きく、継続的な実施にはモチベーション維持が不可欠である。

そこで本研究では、ウェアラブルデバイスを用いて縄跳びの技や回数を自動で判別し、可視化するシステムの実現を目指している。縄跳びのデータを可視化することで継続的な努力の成果が見えるようになり、モチベーションの維持が期待できる。これに向け、本稿では技判別に有効な特微量を検討するとともに、回数カウント精度を評価した結果を報告する。

2 関連研究

縄跳びの技判別として、縄跳びをする動画から回数カウントする手法 [3] と、6軸加速度ジャイロセンサを利用した縄跳びの回転運動検出手法 [4] が提案された。しかし、縄跳びの技は前跳びしか扱っておらず、他の技では検証されていない。そのため、前跳び以外の技を同時に判別することが可能な手法を明らかにする必要がある。

3 データ分割に基づく縄跳び技判別手法

本研究のキーアイデアは、ウェアラブルデバイスから得られる6軸データから1ジャンプを正確に分割することである。全ての技に対して同一の処理で1ジャンプごとの区間に分割できれば、当該区間のデータから技ごとの差異を含む特微量を得ることができる。したがって、統一的な処理による区間検出ができれば複

Initial Study on Features for Jump-Rope Skill Classification Using Wearable Device

Satoshi Ido[†], Rion Gonohe[†], Shigemi Ishida[†], Hiroshi Inamura[†]

[†]Future University Hakodate, Japan

[†]{g2125004, b1020175, ish, inamura}@fun.ac.jp

① データ取得



② データ分割



③ 特微量抽出

	x	y	z
1	-	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-

④ 技判別

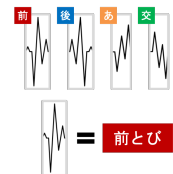


図 1: 縄跳び技判別手法の概要

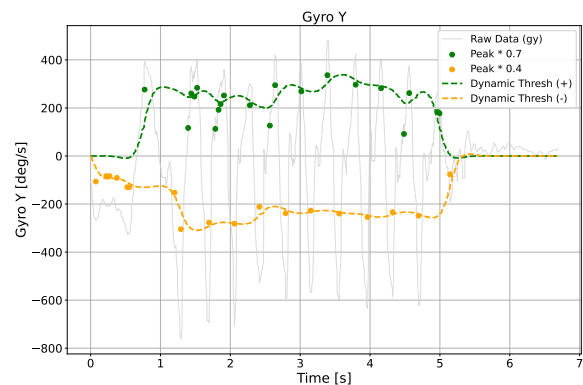


図 2: Y 軸角速度の例

数の技を判別可能となる。

図 1 に提案手法の概要を示す。本手法は、データ取得、データ分割、特微量抽出、技判別の4つのブロックで構成されている。データ取得ブロックでは、ウェアラブルデバイスからXYZ軸の加速度・角速度データを取得する。データ分割ブロックでは、取得したデータからジャンプを検出して1ジャンプごとに分割する。ジャンプの検出は文献 [4] を参考にし、Y軸角速度に対する動的閾値判定によって行う。図 2 にY軸角速度の例を示す。Y軸角速度の正と負のピークを検出し、図 2 中の丸印で示すように、正、負のピークのそれぞれ

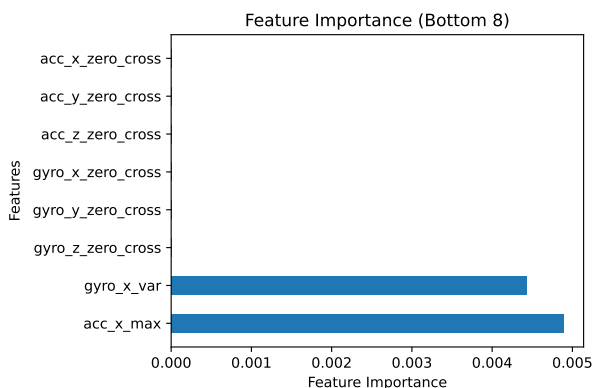


図 3: 特微量重要度 (下位 8 個)

れ 0.7 倍, 0.4 倍の点を定める. そして, 定めた点を正, 負のそれぞれでローパスフィルターを用いてスムージングし, 動的閾値とする. 図 2 では, 正, 負の動的閾値をそれぞれ緑, 橙の点線で描いている. 最後に, 負の動的閾値を下回ってから正の閾値を上回るまでの区間を 1 ジャンプとしてデータを分割する. 特微量抽出ブロックでは, 1 ジャンプのデータサンプルから各種統計量を特微量として抽出し, 技判別ブロックにおいて教師あり学習によって技を判別する.

4 評価

4.1 評価環境

被験者に腕時計型ウェアラブルデバイスとして M5Stack Core2 を右手に装着してもらい, 縄跳びをしている間の加速度・角速度データをサンプリング周波数 100Hz で収集した. とび縄はアシックス社のクリアートピナワを使用し, 前とび・後ろとび・あやとび・交差とびの 4 種類の技のデータをそれぞれ収集した. 本研究では, 個人差を考慮せずに基礎的な分析を行うため, 被験者は 20 代女性 1 名とした.

4.2 特微量評価

縄跳びの技判別に有用な特微量を選定するために, 縄跳びの技を分類するモデルの特微量重要度を評価した. 前とび, 後ろとびをそれぞれ 10 回跳んだデータを 5 セット, あやとび, 交差とびをそれぞれ 5 回跳んだデータを 5 セットずつ収集し, 特微量ベクトルとして, 平均, 標準偏差, 最大値, 最小値, RMS, ゼロ交差数, 包絡線平均, 包絡線最大値を特微量として抽出した. そして, 抽出した特微量を用いてランダムフォレスト分類器により技の分類を行うとともに, 特微量重要度を算出した.

図 3 に, 特微量重要度の下位 8 個を示す. ゼロ交差数の特微量重要度は加速度・角速度の XYZ 軸全てで 0.00 であった. 縄跳びの技ごとに一貫したゼロ交差の

表 1: 平均カウント精度

技	技同一	技混在
前とび	1.00	0.94
後ろとび	0.94	—
あやとび	1.00	0.83
交差とび	0.94	0.83

リズムがなく, ゼロ交差数自体が特定の技判別には関連しない可能性が考えられる. 以降の評価ではゼロ交差数を除いた 7 種類の特微量を用いた.

4.3 技ごとのカウント精度評価

ジャンプの分割及び技の判別の性能を検証するため, 技ごとの回数カウント精度を評価した. テストデータとして, 前とび・後ろとび・あやとび・交差とびをそれぞれ 10 回ずつ跳んだ「技同一」データを 5 セット, 前とび・交差とび・あやとびを一度に 5 回ずつ跳び, これらを 2 回繰り返した「技混在」データを 3 セット収集した. 各データに対して 3 節で示した手法で各技のジャンプの回数をカウントし, その精度を各データセットで平均した.

表 1 に, 平均カウント精度を示す. 技同一データセットに対しては, 前とびとあやとびで非常に高い精度を得られた. 後ろとびと交差とびについても精度は 90% 以上であり, 高い精度で 1 ジャンプの分割と技判別を実現できたと言える. 技混在データセットに対しても精度は 80% 以上であり, 高い精度を実現できた.

5 おわりに

本稿では, 縄跳びの技ごとに 1 ジャンプを自動で切り出し, 技判別に有用な特微量の検討を行うとともに, 回数カウント精度を評価した. 実証評価により, 4 つの技について高い精度でカウントできることを確認した.

参考文献

- [1] スポーツ庁 (2025) 令和 6 年度「スポーツの実施状況等に関する世論調査」, https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/toukei/chousa04/sports/1415963_00013.htm (参照 2025 年 12 月 11 日).
- [2] 国立研究開発法人医薬基盤・国立健康・栄養研究所 (2024) 改訂版『身体活動のメッツ (METs) 表』, https://www.nibiohn.go.jp/activities/documents/2024Compendium_table_adult_ver1_1_5.pdf (参照 2025 年 12 月 12 日).
- [3] Li, X. and Wang, J.: “Video-Based Rope Skipping Repetition Counting with ResNet Model”, International Journal of Engineering and Computer Science, **10**(11), pp. 25413–25419 (2021).
- [4] Kim, J., Lee, S., and Park, H.: “A Study on Rotation Detection in Jump Rope Exercise Using 6-Axis Accelerometer Gyroscope Sensor”, Journal of Korean Society of Sports Science, **35**(2), pp. 123–135 (2017).