

動作リズムの平均を提示する多人数トレーニング支援手法

WANG RUIYUN^{1,a)} LI MIAO^{1,b)} HUANG JIAYUN^{1,c)} 高橋 伸^{2,d)}

概要：

高強度インターバルトレーニング (High-Intensity Interval Training, HIIT) とは、高強度・短時間の運動を休憩をはさみながら繰り返すトレーニング方法である。短時間で十分な運動効果が得られるメリットがある。HIIT の運動効果は動作速度、運動時間、適切な姿勢などに関係するものである。本研究では、多人数で行う HIIT に着目し、トレーニング参加者の平均動作リズムを音楽のテンポによってフィードバックする手法を提案する。具体的には、深度カメラで各参加者の骨格データを取得し、動作リズムの平均を計算した後、音楽のテンポの速さをリアルタイムにその平均に対応させて提示する。音楽のテンポ変化に従った参加者の動きの同期を期待し、モチベーションとトレーニング効果の向上を目的としている。本稿では、提案手法、プロトタイプシステムの実装、今後の実験計画について説明する。

1. はじめに

人気の高強度インターバルトレーニング (High-Intensity Interval Training, HIIT) は、従来のトレーニング方法に比べ、短時間で高い強度が得られるメリットがある。しかし、高いトレーニング強度からの疲労感と不快感で、トレーニングのモチベーションを失い、正しい姿勢の維持とトレーニングの継続ができない可能性がある [1]。先行研究では、HIIT のトレーニング効果とモチベーションを向上させるため、視覚、音声、振動などのフィードバックにより、正しい姿勢の維持と動作速度の向上を支援した [2][3][4]。

一般的な HIIT には、高速な反復動作を必要とするトレーニング (例：ジャンピングジャック、バーピー、リバース、クランチ) が含まれている。動作リズムに合ったテンポの音楽はトレーニングの良い支援になることが分かっている [5]。我々はこれを多人数 HIIT の場面に応用する。多人数 HIIT は、ジムでの多人数レッスン、学校での体育授業、家庭内のトレーニング、あるいは遠隔のトレーニング指導などの場面で見られる。画像からの骨格認識技術を利用することで、様々な場面での動作リズムの分析が可能である。また、グループの平均動作リズムはグループのトレーニング状態を代表でき、参加者はその平均動作リズムに合った音楽テンポに合わせて自然に動きの速さを調整できると考

えられる。

そこで、本研究では、音楽のテンポを平均動作リズムに連動させて提示する多人数 HIIT の支援手法を提案する。具体的には、まず、トレーニング中の各参加者の骨格データを取得し、参加者の動作リズムの平均値を計算する。その後、平均値により音楽のテンポをリアルタイムに調整し、参加者にフィードバックする。提案手法により、グループの動きの同期性が上がり、モチベーションとトレーニング効果の向上につながると期待している。

本論文では、我々が実装したプロトタイプ支援システムについて紹介する。このシステムでは、深度カメラを用いて取得したトレーニング参加者の平均動作リズムを MIDI ドラムにより提示することで、ジャンピングジャックを支援する。

2. 関連研究

2.1 HIIT を支援する方法

高い運動強度がモチベーションとトレーニング効果に悪影響を与える問題に関して、様々な支援方法が提案されている。Song ら [2] の研究は、スクワットやジャンピングなどの動きに音楽のリズムを対応させ、スコアシステムでトレーニング効果をフィードバックした。Haller ら [6] は、バーチャル観客を通して、スポーツイベントのような拍手でテンポを再現することを提案した。その結果、参加者のサイクリング速度と心拍数が増加することが示された。視覚的なフィードバックで HIIT を支援する方法も提案されている。Harry ら [7] が提案したローイングマシンのゲームでは、心拍数の変化に応じてゲームインタフェースの要

¹ 筑波大学 システム情報工学研究群情報理工学位プログラム

² 筑波大学 システム情報系

a) wang@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

b) li@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

c) huang@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

d) shin@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

素の色が変化する。VirusBoxing[3]では、ウイルス画像によりボクシングのターゲットを提示する。

2.2 音楽テンポと動作支援

トレーニングは身体的・精神的な健康の改善に多くの利点があるが [8], 多くの人々が十分な時間と強度のトレーニングをしていない。その理由の一つはモチベーションの不足である [9][10]。音楽はモチベーションの向上やトレーニング効果を高めるためよく使われている [5][11][12]。そして、音楽のテンポは最も効果的なフィードバック要素であると考えられている [5]。テンポが変化する音楽は、有酸素運動の支援に広く利用されている。一般的にテンポを動きの速さに応じて変化させる試みが多い。Yin ら [13] はテンポと音程の変化をフィードバックするエクサゲームを提案した。ユーザがエアロバイクに乗ると、心拍数の変化により音楽の BPM (Beat Per Minute) が変化する。BPM は心拍数が高すぎるときには減少させ、低すぎると増加させる。同様の手法としては、Bram ら [14] はエアロバイクの車輪の回転速度を音楽のテンポに対応させることで、サイクリングトレーニングを支援する方法を提案した。村田ら [15] は、歩行速度に対応するテンポの音楽を生成するアプローチを提案し、音楽のテンポの変化が歩行速度に与える影響を調査した。

ダンス支援の分野では、動きの同期性を支援する研究がある。例えば、Zhou ら [16] の研究では、グループでダンスをする際に、視覚的な提示を用いて各ユーザの身体の各部分の動きの違いを提示した。

2.3 本研究の位置付け

動きの同期性に着目した多人数 HIIT の支援手法に関する先行研究は少ない。また、グループの平均動作リズムを音楽のテンポによってフィードバックする手法も少ない。本研究では、多人数 HIIT に対し、音楽テンポによる動きの同期性を支援する手法を提案する。提案手法を利用することで、以下の支援効果を期待している。

- 1) 参加者は自然に音楽のテンポに合わせて動きの速さを調整できる。
- 2) 参加者の動きの同期性が上がり、モチベーションとトレーニング効果も高まる。

3. プロトタイプ支援システム

多人数でのジャンピングジャックを例として、トレーニング支援システムのプロトタイプ実装を行った。ジャンピングジャックとは両手両足を同時に開く、閉じるを繰り返しながらジャンプをするトレーニングである。図 1 がプロトタイプシステムの構成である。各参加者はそれぞれの速さでジャンプしているが、骨格認識技術により動きを検出し、サーバでグループのジャンピングの速さの平均値を

計算し、ドラムのテンポに対応させてユーザにフィードバックする。参加者がドラムのテンポ変化に従って動きを調整することで、自然にグループ内の参加者が同じテンポでジャンプできるようになることを想定している。また、ジャンピングの同期性が増すことで、モチベーションとトレーニング効果も向上すると期待する。

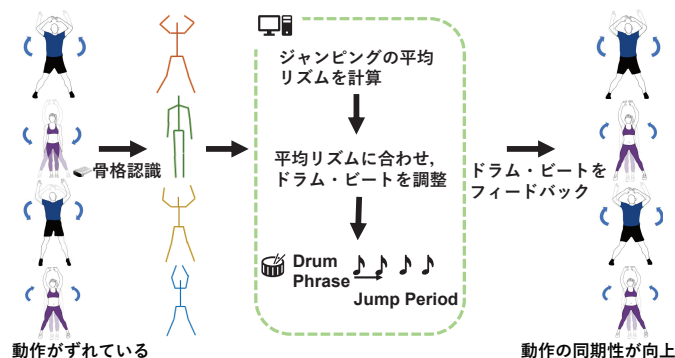


図 1 プロトタイプ支援システム

骨格データは深度カメラを内蔵した Microsoft Azure Kinect[17] を使用して取得した。ジャンピングのテンポは腕の動きで判断した。具体的には、両手を上げてから下げるまでを一つのジャンピングとし、各ジャンピングの間の時間をジャンピング間隔とする。両手の動きを代表する両手と体幹の夾角 $A1$ と $A2$ (図 2) は、Kinect が識別できる 32 個の関節座標の中の 4 つにより計算した。 $A1$ と $A2$ が同時に 100 度以上になる場合、両手が挙げられたと判断し、 $A1$ と $A2$ が同時に 20 度以下になる場合に、両手が下げられたと判断した。トレーニング状態を今後の評価実験で分析するため、プロトタイプシステムでは各参加者のジャンピング中の $A1$ と $A2$ の変化を記録している。

フィードバックに使用した音楽は、4 拍子のドラム音をベースにした MIDI 形式の曲である。参加者のジャンピング間隔の平均を曲の 1 拍の時間に反映させた。

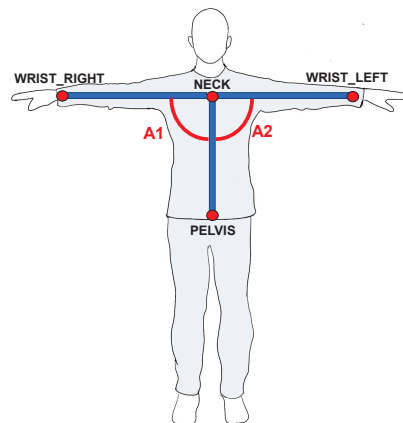


図 2 ジャンピングにおける骨格認識

4. まとめと今後の課題

本研究では、動作リズムの平均を音楽のテンポとして提示することにより、HIITの多人数トレーニングを支援する手法を提案した。音楽のテンポをリアルタイムにHIITを行うグループの動きの速さに反映させることで、グループの動きの同期性が向上し、トレーニングのモチベーションとトレーニング効果が上がることを期待している。また、本論文では我々が実装したジャンピングジャックを支援するプロトタイプ支援システムについて紹介した。

今後は、プロトタイプ支援システムを用いて、評価実験を行う予定である。音楽の提示無し、固定されたテンポと提案したリアルタイム平均テンポによる音楽提示を条件とした比較実験を計画している。トレーニング中の動作データとアンケートの分析により、動作の同期性、モチベーションを上げる効果、トレーニング支援効果、システムの使用感などを調査し、提案手法の有用性を検証する予定である。

参考文献

- [1] Peng, W., Lin, J.-H. and Crouse, J.: Is playing exergames really exercising? A meta-analysis of energy expenditure in active video games, *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, Vol. 14, No. 11, pp. 681–688 (2011).
- [2] Song, S. and Kwon, D.: Bodyweight Exercise Based Exergame to Induce High Intensity Interval Training, *The Adjunct Publication of the 35th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '22 Adjunct, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, (online), DOI: 10.1145/3526114.3558692 (2022).
- [3] Xu, W., Liang, H.-N., Ma, X. and Li, X.: VirusBoxing: A HIIT-based VR boxing game, *Extended Abstracts of the 2020 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, pp. 98–102 (2020).
- [4] Wang, Q., Li, Z., Guo, W. and Sun, X.: FitSleeve: Designing Wearable Display and Feedback to Improve the Fitness Experience and Motivation, *Congress of the International Association of Societies of Design Research*, Springer, pp. 3059–3077 (2022).
- [5] Karageorghis, C. I. and Priest, D.-L.: Music in the exercise domain: a review and synthesis (Part II), *International Review of Sport and Exercise Psychology*, Vol. 5, No. 1, pp. 67–84 (2012).
- [6] Haller, J. C., Jang, Y. H., Haller, J., Shaw, L. and Wünsche, B. C.: HIIT the road: Using virtual spectator feedback in HIIT-based exergaming, *Proceedings of the Australasian Computer Science Week Multiconference*, pp. 1–9 (2019).
- [7] She, H., Young, J., Wittenberg, O., Poole, P., Mercer, A., Shaw, A. and Wünsche, B. C.: HIITCopter: Analysis of the Suitability of VR Exergaming for High-Intensity Interval Training, *32nd Australian Conference on Human-Computer Interaction*, pp. 293–302 (2020).
- [8] Reiner, M., Niermann, C., Jekauc, D. and Woll, A.: Long-term health benefits of physical activity—a systematic review of longitudinal studies, *BMC public health*, Vol. 13, No. 1, pp. 1–9 (2013).
- [9] Ednie, A. and Stibor, M.: Influence and interpretation of intrinsic and extrinsic exercise motives, *Journal of Human Sport and Exercise*, Vol. 12, No. 2, pp. 414–425 (2017).
- [10] Kilpatrick, M., Hebert, E. and Bartholomew, J.: College students' motivation for physical activity: differentiating men's and women's motives for sport participation and exercise, *Journal of American college health*, Vol. 54, No. 2, pp. 87–94 (2005).
- [11] Soltani, P. and Salehi, M.: Effects of exergame and music on acute exercise responses to graded treadmill running, *GAMES FOR HEALTH: Research, Development, and Clinical Applications*, Vol. 2, No. 2, pp. 75–80 (2013).
- [12] Stork, M. J., Kwan, M. Y., Gibala, M. J. and Ginis, K. A. M.: Music enhances performance and perceived enjoyment of sprint interval exercise, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol. 47, No. 5, pp. 1052–1060 (2015).
- [13] Yin, B., Bailey, S., Hu, E., Jayarekera, M., Shaw, A. and Wünsche, B. C.: Tour de Tune 2-Auditory-Game-Motor Synchronisation with Music Tempo in an Immersive Virtual Reality Exergame, *2021 Australasian Computer Science Week Multiconference*, pp. 1–10 (2021).
- [14] van der Vlist, B., Bartneck, C. and Mäueler, S.: moBeat: Using interactive music to guide and motivate users during aerobic exercising, *Applied psychophysiology and biofeedback*, Vol. 36, No. 2, pp. 135–145 (2011).
- [15] Murata, H., Bouzarte, Y., Kanebako, J. and Minamizawa, K.: Walk-in music: Walking experience with synchronized music and its effect of pseudo-gravity, *Adjunct Publication of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 177–179 (2017).
- [16] Zhou, Z., Xu, A. and Yatani, K.: SyncUp: Vision-based Practice Support for Synchronized Dancing, *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, Vol. 5, No. 3, pp. 1–25 (2021).
- [17] Microsoft: Azure Kinect (2021). <https://azure.microsoft.com/ja-jp/services/kinect-dk/>.