



# 引き込み現象を活用した映像でのトレーニングが 運動強度にもたらす影響の基礎検討

宮村和志<sup>1)</sup>, 吉田成朗<sup>1),2)</sup>, 鳴海拓志<sup>1),2)</sup>, 葛岡英明<sup>1)</sup>

Kazushi MIYAMURA, Shigeo YOSHIDA, Takuji NARUMI, and Hideaki KUZUOKA

1) 東京大学大学院情報理工学系研究科 (〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

2) 国立研究開発法人科学技術振興機構さきがけ (〒332-0012 埼玉県川口市本町 4-1-8)

**概要:** 複数人で集まってトレーニングを実施することができない場合、自宅で映像を見ながらトレーニングを行うことがある。本研究ではこのようなトレーナの映像を見ながら行うトレーニングの効果を高める手法を提案する。本稿では相手の動きに対して合わせようとする引き込み現象をもとに、ユーザの動きに対しインタラクティブに映像の速度を対応させることでトレーニングの効果を最大化することを目的としたシステムに関して検討する。

**キーワード:** スポーツトレーニング, スポーツパフォーマンス, 引き込み現象

## 1. 研究の背景と目的

映像を用いたトレーニングは個人で行うトレーニングに効果的である。映像を見ながら、トレーナの動きやトレーニングのメニューを参考にすることができる。実際、プロのアスリートもトレーニングに映像を活用することがある[1]。

こうした映像を活用したトレーニングには大きく分けて二つの手法がある。一つはビデオ会議システムを利用して相手とリアルタイムでトレーニングを行う手法である。もう一方は動画配信サイトや動画共有サービスを通じてあらかじめ録画された映像を参考にトレーニングを行う手法である。映像を活用しようとする際にはユーザは自身の状況に応じてこれらの手法から合ったものを選択している。

このうち、リアルタイムで相手と共にトレーニングを実施しようとした場合、時間的制約と金銭的な負担がトレーニングへの妨げとなる。リアルタイムでトレーニングを行うためには自分以外の相手とも時間を合わせてトレーニングを実施しなければならない。また、トレーナとしてインストラクターに依頼する場合、相手に対する報酬が発生する。そのため日常的にトレーニングを行うには時間的・金銭的な余裕が求められる。

一方で録画した映像を見ながら実施する場合だと、そうした問題点を解消することができる。ユーザは好きな時間にトレーニングに取り組むことが可能である。配信された映像であれば費用もかからない、加えて重点的に強化したい点や動きが不明瞭だった点を繰り返し再生できるとい

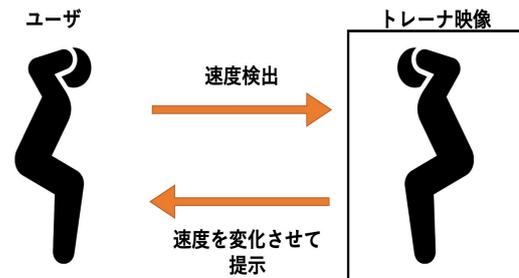


図 1: 提案手法の概念図

う利点もある。

しかし録画された映像を見ながら行うトレーニングでは、適切な負荷のかかる内容の映像を見つけることが難しい。動画共有サイトには膨大な数のトレーニング動画があり、現在の自らの実力を正しく理解した上でその中から最も効果があると考えられる映像を選択しなければならない。

スポーツトレーニングにおいて自分の実力に合ったトレーニング内容を選択することは重要である。スポーツトレーニングには「過負荷性の原則」「漸進性の原則」「反復性の原則」「個別性の原則」「専門性の原則」「前面性の原則」という 6 つの原則があるとされている[2]。このうち、個別性の原則は個人の能力や特性に合わせたトレーニングを行うことの重要性を説いている。また漸進性の原則は少しずつトレーニングのレベルを上げていくべきだとしており、ずっと同じトレーニングの繰り返しではやがてト

レーニングと自分のレベルの間に差が生じる。

そこで本研究では、こうしたあらかじめ録画された映像を見ながら実施するトレーニングの際に、ユーザのレベルに合わせて映像を柔軟に変化させることでその効果を最大限に高める手法を提案する(図1)。具体的にはユーザが相手の動きに対して合わせようとする「引き込み現象」[3]に基づき、映像を再生する際の速度をユーザの動きに合わせて柔軟に変更することにより、トレーニング中の運動強度を高めるシステムを構築する。

## 2. 関連研究

本章では、まず本研究で活用する引き込み現象の概要について述べ、その後引き込み現象を活用した研究例を挙げて引き込み現象がスポーツトレーニングに対してもたらず可能性を示す。その後スポーツにおけるトレーニングの効果を高める手法に関して述べ、本研究で提案するシステムの位置付けを明確にする。

### 2.1 引き込み現象

本研究ではトレーニングの質を高めるために、引き込み現象を活用する。引き込み現象とは異なるリズムを持っていたものの同士が影響しあうことで徐々にリズムが揃っていく現象のことであり、Huygens[3]によって発見された。Huygensはバラバラに動いていた振り子の動きが徐々に一致していく現象から引き込み現象の存在を明らかにした。今日では振り子のような物質的な対象だけでなく、幅広い分野でこうした同期現象が見られることが明らかになってきている。

例えば松久ら[4]は人間の歩行リズムにも引き込み現象が見られることを報告した。そこで、引き込み現象を活用して聴覚刺激や振動刺激に基づいてユーザの歩くペースを意図的に調整した研究例が見られる[5,6]。同様にスポーツにおいても引き込み現象が見られ、例えば陸上競技の100m 走では並走するランナーと足並みが揃ってくるのが明らかになっている[7]。こうした現象はユーザに合わせてようとする意識があるかどうかにかかわらず起こっている。

そこで本研究ではこうした引き込み現象を活用することで、ユーザが意識しなくても自然とトレーニングにおける運動強度を高めることができるようなシステムの構築を目指す。

### 2.2 トレーニング効果を高める手法

トレーニングに対するモチベーションを高めることによりトレーニング自体の効果も高めようとする試みが見られる。

そういった例としてまずはゲーミフィケーションが挙げられる。個人のフィットネスをサポートするため目標設定をしたり順位を表示したりしたアプリケーションの導入は、トレーニングを習慣づける効果をもたらす[8]。こうしたゲーミフィケーションは、報酬や成果といった外発的動機付けに基づいてモチベーションを高める意義がある一方で、行動そのものに対して自身の内部から生じる充足

感や楽しさといった刺激に基づく内発的なモチベーションを損なう可能性がある[9]。本研究ではゲーミフィケーションで見られるような外発的動機付けを目的とした付加要素を導入することなく、トレーニングそのものに集中できるシステムを構築する。

また、ビデオ通話を介してトレーニングを行う際に相手に関する情報を前もって与えることによりモチベーションやパフォーマンスを向上させた例がある。Feltz et.al[10]は仮想的な相手と共にプランクの状態を出来る限り長い時間維持する課題において、相手のパフォーマンスの方が優れていると教示を与えてから課題に取り組ませたところ、参加者はより長い時間プランクの状態を維持した。

本研究では前もって映像の速度に関して教示を与えることはないが、実際に動きの優れたトレーナーの様子を映像を通して目にすることにより、こうした研究と同様にユーザが努力量を増大させ、結果としてトレーニングにおける運動強度が増大する可能性があると考えられる。

## 3. 引き込み現象を活用したシステムの基礎検討

### 3.1 システムの要件

本研究では映像を見ながら行うトレーニングにおいて引き込み現象をもとに最大限のパフォーマンスを引き出すことを目的とする。ユーザが映像につられて自然と運動強度を高めることができるようにするためには再生速度をユーザの動きに合わせて変化させることが必要となる。こうしたシステムを構築するために求められる要件は以下の2点である。

- ユーザのパフォーマンスを捉える「検出部」
- 捉えたパフォーマンスをもとに速度を変化させる「動画提示部」

#### 3.1.1 検出部

ユーザの運動強度に基づいて速度を操作するにはまずユーザの動きをシステム側で取得する必要がある。

ユーザの動きの検出する手法としてはモーションキャプチャシステムを用いる方法がある。モーションキャプチャは精度が高く、細かい動きまで取得することが可能であるが、専用のカメラの設置や特殊なスーツの着用を必要とする。こういった装置は高価であり今回対象とするような家庭内でのトレーニングのような場合には適さない。またWebカメラのような単一のカメラから姿勢が推定できるシステム[11]も登場してきているが現状ではまだその精度は十分とは言えない。

一方でセンサでユーザの動きを検出する方法もある。例えば器具を使ってトレーニングを行う場合、その器具に対してセンサを取り付けることによりユーザの動きを取得することが可能になる。

また、他者の目視をもとにユーザのパフォーマンスを計測することも可能である。あまりに動きが早いと数え間違いが起きたり、ユーザ以外の他者を必要としたりする問題はああるが、最も簡単に用いることのできる計測方法である。これらはトレーニングの種類や目的に応じて柔軟に選

扱を行うべきである。

### 3.1.2 動画提示部

パフォーマンスの計測を行った後に必要となるのは、映像の速度を変更した上で提示する作業である。そのためにはまずベースとなる一定のペースで動く映像を用意する必要がある。その際、のちに再生速度を速めてユーザに提示する可能性があることから途中で止まることがないよう、実際に想定するトレーニング時間に比べて十分に長い時間撮影することが求められる。

そしてその映像の速度を随時変更できるようにしておく必要がある。OpenCVのようなライブラリやUnityのようなゲームエンジンを用いて、センサやキーボードなどからの入力をもとに映像の速度が変化させることができるように準備を整える必要がある。ユーザのパフォーマンスにリアルタイムに対応するために即時性を持つことも重要となる。

### 3.2 提案手法のプロトタイプ

先述したような要件を満たすシステムのプロトタイプを作成した。ここではディスプレイを見ながら実施することができ、かつ限られた時間でもパフォーマンスに差が出る内容のトレーニングとして踏み台昇降を選択した。踏み台昇降であれば目視でも十分回数を数えることが可能であるため、新たに装置やシステムの準備する必要性がない実験者の目視をもとにパフォーマンスを計測することとした。

踏み台昇降を行うトレーナの映像については実験者が1秒間につき2歩のペースで動く様子を1分半撮影して作成した(図2)。映像の速度を変化させる際にはゲームエンジンのUnityを用いた。指定したい速度をキーボードから入力することにより、ユーザのパフォーマンスに応じて自由に速度を設定できるようにした。

一方でこのプロトタイプを用いる際にユーザが映像の速度に関して極端に速くあるいは遅く感じた場合、ユーザのパフォーマンスに対して意図した効果をもたらさない可能性がある。そこで速度に対する違和感を調査するためユーザスタディを実施した。

### 3.3 速度の上限と下限を決定するユーザスタディ

このユーザスタディでは再生速度を本来の速度の0.4倍から2.2倍まで0.2倍刻みで設定した全10パターンの映像を用意した。それぞれの映像は1分半のうち一部を切り取り、それぞれ5回ずつ昇降を繰り返すように編集した。

これらの映像をランダムな順番で20代の男性6名に表示した。映像の再生回数は特に指定せず繰り返し再生することも可能とした。参加者はそれぞれの映像を視聴したあとそれに対する違和感を「1:非常に違和感を覚える」から「7:全く違和感を覚えない」の7段階リッカート尺度で回答した。

#### 3.3.1 結果

参加者の回答の結果をまとめたものを表1に示す。フリーマン検定を行った結果、有意差が見られた( $p<.001$ )。



図 2: 踏み台昇降を行うトレーナ

表 1: ユーザスタディによる違和感の評価

倍率	評価の平均値	1.0倍と比較した $p$ 値
0.4	2.00	0.025*
0.6	2.83	0.062
0.8	5.67	0.999
1.0	6.00	-
1.2	5.83	1.000
1.4	3.50	0.131
1.6	3.33	0.169
1.8	3.00	0.058
2.0	2.33	0.040*
2.2	2.00	0.025*

\* $p<0.05$

次にSteel法による多重比較により、1.0倍とした条件とその他の条件で比較を行ったところ、0.4倍、2.0倍、2.2倍の条件との間にそれぞれ有意差が見られた。この結果をもとにすると、参加者が違和感を覚えるか覚えないかの境界となる範囲として0.6倍から1.8倍が適当であると考えられる。そこで今後踏み台昇降を対象とした実験において、0.6倍から1.8倍の間で変化させることにする。

### 4. 結論と今後の展望

本研究では引き込み現象をもとに、ユーザの動きに対し映像の速度を対応させることでトレーニングの効果を最大化することを目的としたシステムを提案した。これによりユーザは常に自分のレベルに合ったトレーニングを行うことが可能になると期待される。

今後の展望としてまずは実際に本稿で提案したシステムを用いて、映像による引き込み現象が映像を用いたスポーツトレーニングにおいて見られるか検証する必要がある。さらに引き込み現象が見られユーザの動きを調整できた場合には、明らかに追いつけない速度においてユーザがどのように振る舞うか検証する必要がある。その上でどの程度トレーナ映像を速く設定するのが最もパフォーマンスを向上させるのか確認する必要がある。

また最終的に本研究では、インタラクティブな速度の変化を可能にし、トレーニング中のユーザのペースの変化にも柔軟に対応できるようにすることでユーザの最も良いパフォーマンスを引き出すことを目的としている。インタラクティブに速度を変化させる手法を比較検討した上で、従来の一定速度の映像を用いた場合と比べユーザのパフォーマンスにどういった影響をもたらすか調査する必要がある。

#### 参考文献

- [1] SPAIA 「ロツテが「Zoomトレ」実施, with コロナ時代の練習法」(最終閲覧日 2020年7月24日)  
<https://spaia.jp/column/baseball/npb/10331>
- [2] 齋藤健治. 「トレーニングの原理・原則」に関する一考察. 名古屋学院大学論集. 医学・健康科学・スポーツ科学篇= Journal of Nagoya Gakuin University 5.1 (2016): 1-14.
- [3] Huygens, Christiaan. "Oeuvres complètes, vol. 15." *Appendice VI* (1967): 408.
- [4] 松久寛, 雪本明宏, and 朴正圭. "458 歩道橋の横揺れによる歩行リズムの同期現象." *Dynamics & Design Conference 2003*. 一般社団法人 日本機械学会, 2003.
- [5] 渡邊淳司, et al. "靴型インタフェースによる歩行ナビゲーションシステムの研究." *情報処理学会論文誌* 46.5 (2005): 1354-1362.
- [6] 武藤剛, and 三宅美博. "歩行介助を目的とする人間-ロボット協調系における共創出過程の解析." *計測自動制御学会論文集* 38.3 (2002): 316-323.
- [7] Varlet, Manuel, and Michael J. Richardson. "What would be Usain Bolt's 100-meter sprint world record without Tyson Gay? Unintentional interpersonal synchronization between the two sprinters." *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 41.1 (2015): 36.
- [8] Cotton, Victor, and Mitesh S. Patel. "Gamification use and design in popular health and fitness mobile applications." *American Journal of Health Promotion* 33.3 (2019): 448-451.
- [9] Deci, Edward L., Richard Koestner, and Richard M. Ryan. "A meta-analytic review of experiments examining the effects of extrinsic rewards on intrinsic motivation." *Psychological bulletin* 125.6 (1999): 627.
- [10] Feltz, Deborah L., Norbert L. Kerr, and Brandon C. Irwin. "Buddy up: the Köhler effect applied to health games." *Journal of Sport and Exercise Psychology* 33.4 (2011): 506-526.
- [11] AI 姿勢推定エンジン - VisionPose (ビジョンポーズ) | 株式会社ネクストシステム (最終閲覧日 2020年8月6日) <https://www.next-system.com/visionpose>