

運動学習におけるフィードバック情報操作の 効果に関する研究

石黒 照朗^{†1,a)} 興野 悠太郎^{†1} 中澤 仁^{†2} 高汐 一紀^{†2} 徳田 英幸^{†1}

概要: 近年, 加速度センサや特殊なカメラを用いて運動技能を評価し, 技能の向上を支援するシステムが研究開発されている. しかし, 既存のシステムは 運動技能の評価やそれを元にアドバイスを提示する間接的支援が主であるため, ユーザの自己認識上の限界を超えるパフォーマンスを引き出すものではない. 医学の分野では, 偽薬 (プラセボ) を処方しても, 薬だと信じ込む事で何らかの改善が見られる事をプラセボ効果と呼んでいる. 本研究では, その同効果を用いてパフォーマンスの向上を支援するシステムを提案するため, 握力を題材にしてパフォーマンスにプラセボ効果が与える影響についての可能性を検証し, その応用についても議論する.

キーワード: 運動学習, 運動技能, 運動の制御, プラセボ効果, 握力, パフォーマンス

Abstract: Researches on finding means to improve user's athletic skill by making use of acceleration sensors and special cameras have been conducted in recent years. However, these existing methods do little to enhance user's athletic performance above their limit. In domain of medicine, the tendency of treatment even an ineffective one to exhibit results simply because the recipient believes it will work is called Placebo Effect. In this research, we propose a system which assists the grip strength using Placebo Effect and measure the potential for further application.

Keywords: Athletic skill, motor learning, placebo effect, grip strength, physical movement control, performance.

1. はじめに

スポーツを行う時によりよいパフォーマンスを発揮するためにはより効率のよい運動学習を行うことが必要である. 運動学習とは運動課題の練習により, 客観的または主観的にパフォーマンスが向上することである. 運動学習に関する研究は多く行われており, より効率的な運動学習を行うためにパフォーマンスに対するフィードバックについても様々な検討がなされている.

例えば, 自身がランニングをしたコースやペースを後で振り返ることの出来る Web サイト [1] や自身のランニングフォームについてリアルタイムにフィードバックを与えてくれるシステム [2] などがあげられる. フィードバックにおけるより効果的な内容やタイミングなどが追求されている.

一方, 医学の分野において本来効果のない薬の偽物を本物の薬と思い込ませて服用させた場合, 本物の薬であると思込むことによって何らかの改善がなされるというプラセボ効果が存在する. 例えばマウスガードを装着した際に起こる身体能力増強効果とプラセボ効果との関係性の調査などプラセボ効果が運動のパフォーマンスに与える影響についても検討がなされている.

本研究では, 運動のパフォーマンスに対するフィードバック情報を操作してプラセボ (偽薬) として提供することで, 運動のパフォーマンスにどのような影響があるのかを検証する. 検証の結果, フィードバック情報操作によるプラセボ効果の有効性が示唆され, 他種目用アプリケーションへの応用可能性も確認された.

本稿は, 以下のように構成されている. 第2章で関連研究について説明し, 第3章では提案手法を検証するために握力測定値を操作し, その効果を検証する予備実験の手法について述べ, 第4章ではその評価実験について説明し, その結果と考察を述べる. 最後に第5章で本稿をまとめる.

^{†1} 現在, 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科
Presently with Graduate School of Media and Governance,
Keio University

^{†2} 現在, 慶應義塾大学 環境情報学部
Presently with Faculty of Environment and Information
Studies, Keio University

a) guro@ht.sfc.keio.ac.jp

2. 関連研究

プラセボ効果とは、薬効成分が含まれていないプラセボ（偽薬）を本物の薬だと偽って投与された場合、治療効果や副作用などいらかの効果が発生することである。1946年に Jellienk がプラセボを提唱し、1955年に Beecher が実際に研究をおこなったことから端を発している [3] [4]。治療におけるプラセボの研究として、2002年に古屋ら [5] は、肩こりの改善を目的とした円皮鍼施術の効果について比較検討をおこなった結果、プラセボ効果を用いた円皮鍼施術は肩こりを著名に改善させている。また、三輪は [6]、プラセボ効果が抗パーキンソン病薬や脳深部刺激両方の臨床効果に及ぼす影響について言及し、その効果が本質的にパーキンソン病の病体を改善していることを明らかにした。これらのように、プラセボ効果により臨床的結果が得られている。

プラセボ効果による医療効果が示されている一方で、b?rdi ら、Beedie ら [7] [8] は運動やスポーツパフォーマンスに対するプラセボの研究をおこなっている。小池ら [9] はマウスガード装着時の身体能力増強がマウスガード装着によるものか、それともプラセボ効果によるものかを検討した。また、同じマウスガードを被験者に渡しそれぞれ身体能力増強効果のあるものとないもので比較すると握力値を比較した。

本研究ではプラセボ効果を用いて運動技能の向上を支援するシステムを提案する。具体的には取得した数値情報を虚偽の情報としてユーザに提示することでプラセボと同じ効果を得ることを試みる。中村らは [10] 心拍数を取得するための生体センサを装着しユーザが心拍数を常に確認できるようにした状態で虚偽の情報を提示し生体情報の制御をおこなっており、ユーザが正確な値を測定するという認識を抱かせることで提示する虚偽情報についてプラセボと同じ効果を得ている。そこで、本研究では被験者に繰り返し握力を測定してもらいその握力値を操作することで数値向上を目指す。

3. 本研究の目的と新規性

これまでの運動学習におけるフィードバックについての研究では、フィードバックを行うタイミングや方法、内容等を検討するものがほとんどであった。プラセボ効果を用いたものでも、運動前に何らかの情報を与えることで結果にどう影響するかというものであり、どれもフィードバック情報そのものについては客観的事実に基づいて与えられるものであった。

プラセボ効果を応用して、情報のみで生体情報である心拍数を制御したようにフィードバック情報そのものを操作して運動のパフォーマンスに影響を与えるという試みはな

されていない。

そこで、本研究では現在まで行われてこなかった、運動のパフォーマンスに対するフィードバック情報を意図的に操作した場合にどのような影響が表れるのかを検討するため、パフォーマンスが単一数値で表される握力を題材にしてその可能性を検証することを目的とする。

フィードバック情報操作がパフォーマンスに影響を与えることが示されれば、様々な応用アプリケーションの実現可能性が示唆される。

4. プラセボ効果を用いたパフォーマンス向上手法

本研究では、運動学習の場において運動技能評価を即時にフィードバックする運動支援サービス上で動作するシステムを想定している。システム構成を図1に示す。システムはユーザの運動から取得した値や履歴、それらに基づく技能向上のためのアドバイスをディスプレイ等に提示するが、フィードバック情報の操作が必要な場面では、操作した情報を提示する。ユーザは提示されている技能評価の値が正しいものかと思いつく想定し、これにより生じるプラセボ効果を利用して、意図的にパフォーマンス向上のための操作を行うことがシステムの目的である。

運動技能とは以下の4要素に分けて判定、指導、検討される運動パフォーマンスの評価基準である。

- (1) フォーム：運動の協調
- (2) 正確さ
- (3) 速さ・強さ：運動の制御
- (4) 適応性：技能の獲得

運動学習とは運動技能を向上させるために繰り返し行われる練習の過程及びその結果である。握力においてはこの運動技能を構成する要素が(3)の運動の制御で大きく占められていることから、握力値でのパフォーマンスを高めることができれば、運動の制御については他の運動にもこのシステムを応用できる可能性がある。

本研究では、プラセボ効果を用いたフィードバック情報操作により握力測定におけるユーザの握力値のパフォーマンスを高め、運動制御の能力を高めることを目的としたシステム設計の可能性を議論するための検証実験を行う。

4.1 握力提示システム

本研究では、操作対象とする運動として握力値を取り上げる。握力は全身の筋力との相関関係があるとされており、また運動技能を評価する要素が少ないことから、運動の制御という点においてプラセボ効果が見られたかどうか判断しやすいものと考えられる。スポーツにおいてはこの運動の制御をできることは大きな意義がある。

情報操作によって運動の制御が実現できれば、多くのアプリケーションに応用できる。例えば、野球のバットスイ

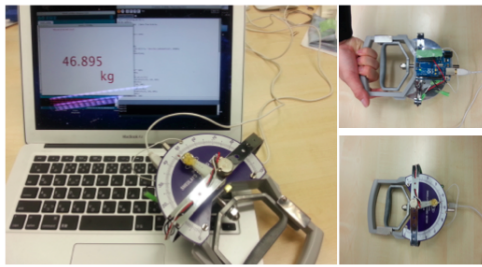


図 1 握力提示システム

ングのスピード制御などが考えられる.

4.2 情報操作

フィードバック情報が正しいと思わせるために、情報操作は自然な形で提示する事が求められる。またユーザごとに適した操作方法が異なる可能性がある。今回のケースで提案する2種類の情報操作方法と、それによって期待されるユーザのパフォーマンスの変化を図に示し、詳細を下記に説明する。

維持: 最高握力値より値が小さい時に、本来の値よりも最高握力値に近い値に加工する。ユーザはパフォーマンスが低下していないと思ひ込む事で、握力値も高い値を維持できる可能性がある。**挑発:** 最高握力値より値が小さい時に、本来の値よりも最高握力値から遠い値に加工する。ユーザは技能が大きく低下したと感じて奮起し、握力値が高い値へ回復する可能性がある。

5. 評価実験

本章では、前述したシステムの実現が可能かどうかを検証するため、2種類の情報操作を行った際の握力値の変化を評価した。

5.1 評価実験に用いたシステム

評価実験のために、情報操作のためのプロトタイプシステムを実装した。握力計はツツミ社の TTM スメドレー握力計を用いた。アナログ式の握力計の針の動きに連動して回転する可変抵抗器でキャリブレーションを行い、握力値を Arduino で取得し、画面上に出力する。フィードバック情報が被験者から常に確認できるように画面を目視できる場所で行う。図 1 に握力提示システムの画像を示す。

5.2 握力値変化の評価実験

握力測定を用いた提案システムの有用可能性の検証として 20 代の男子大学生 5 名が握力計を用いて握力測定をした際の握力値の変化を取得した。10 回の握力測定の間 2 分の休憩を挟んだおおよそ 20 分で 1 日 1 セットとし、計 3 日間で 3 セットの測定を行った。1 日目は情報操作を行わず、2 日目・3 日目は情報操作 (維持・挑発) をそれぞれ行った。被験者には毎回、握力測定には全力を出すこと、

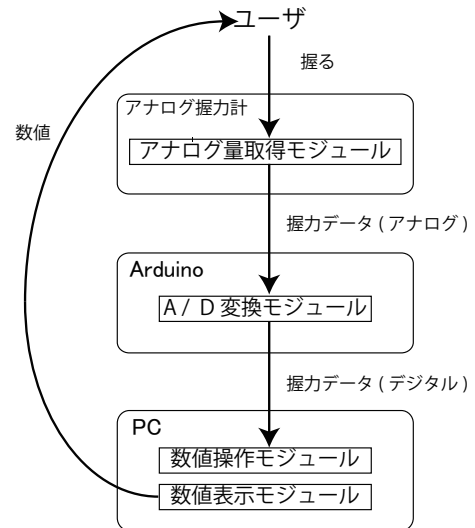


図 2 システム構成図

10 回の試技で最初から最後までなるべく高い値を保つ用に依頼した。握力値を操作していることは被験者には伏せている。握力提示システムのシステム構成図を図 2 に示す。

5.3 情報操作アルゴリズム

維持・挑発の2種類の情報操作を行うにあたって操作の方針を策定した。1 日目の各被験者の握力値の変化から前半から後半にかけて徐々に握力値が下がる傾向があること、1 セットの握力の最大値から最小値の差が平均して 10 kg ほどであることを確認した。被験者が操作した握力に疑いを持たないであろう範囲を予想し、維持の場合セットの最大値との差を 50% 減した値を出力、挑発の場合は 50% 増した値を出力することとした。

5.4 結果と考察

取得した握力値の例として被験者 D の 3 セットのグラフをそれぞれ図 3, 4, 5 に示す。情報操作アルゴリズムに従って出力した値を操作値として青の点線で示し、加工していない本来の値を実値として、赤の折れ線で示した。実値がディスプレイに表示されたのは操作を行わなかった 1 セット目か、2 セット目と 3 セット目の第 1 回目とそのセット内における最高値を更新した時である。表 1 は各被験者の各セット (操作なし, 操作あり (維持), 操作あり (挑発)) の前半 5 回と後半 5 回の平均値の降下率を示した。また、各セットの結果の 5 人の平均も示した。

表から、フィードバック情報操作を行わなかった場合より行った場合のほうが 5 人合わせて 10 セット中 9 セットで前半 5 回から後半 5 回への降下率が小さくなった。全ての平均をとっても、フィードバック情報操作を行わなかった時の降下率 12.44% に対して、情報操作「維持」を行った時には降下率 4.22%、情報操作「挑発」を行った時に

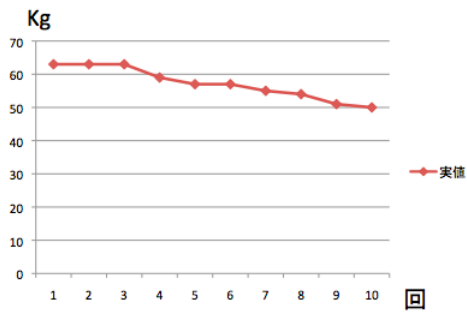


図3 情報操作を行わなかった時の握力値推移

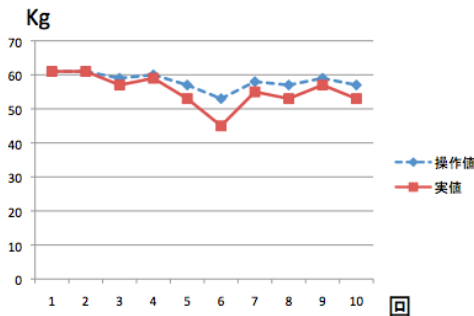


図4 情報操作「維持」を行った時の握力値推移

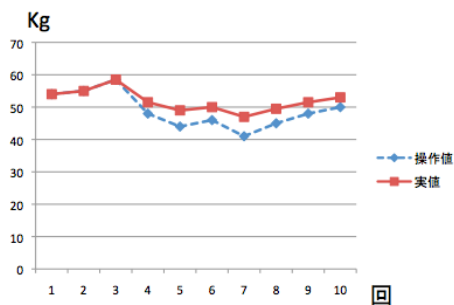


図5 情報操作「挑発」を行った時の握力値推移

被験者/操作	操作なし	操作(維持)	操作(奮起)
A	10.70%	3.40%	5.50%
B	14.70%	-1.40%	7.10%
C	6.70%	0.90%	7.10%
D	12.50%	9.60%	6.30%
E	17.60%	8.60%	-0.10%
平均	12.44%	4.22%	5.18%

表1 各セットの前半から後半の平均握力値降下率

は5.18%だった。被験者A,B,Cについては情報操作「維持」の時により降下率が下がり、被験者D,Eについては情報操作「挑発」の時により降下率が下がる結果となった。

図から、被験者Dについては情報操作を行わなかった場合、最初に最大値を記録してから10回目まで1度も握力値が上がることなく、維持および降下する結果となった。それに対して、情報操作を行った各セットについては10回

の試技の中で握力値が1回前と比べて上昇することがあった。前半5回と後半5回の平均値についても情報操作を行った場合の方がどちらも降下率が情報操作を行わなかった場合よりも小さかった。

表から各セットの前半5回と後半5回の平均握力値の降下率について考察を行う。被験者には各セットにおいて10回とも全力を尽くし、なおかつなるべく高い値を保つ用に依頼したが最初ほどの被験者も握力を10回も測定することと握力値を維持することについては不安感を示した。スポーツテスト等において握力を測定する機会があっても、10回も回数を測定する経験を持たないため維持することは難しいのではないかと発言する被験者もいた。このことから握力値の維持に向けて努力はするけれども普通に行っていれば、回数が増えるにつれ握力値は下がっていく傾向にあるという先入観を持っていると思われる。結果も、前半5回から後半5回の握力降下率は5人×3セットの計15セット中13セットにおいて正の値を示した。図における被験者Dの情報操作を行わなかった場合の握力値推移を見ても、最初に1セットの最大値を記録してから10回目まで1度も握力が上昇することなく下降し続けた。

握力値を最初から最後まで維持することが難しいという先入観を被験者が持っている事と実際に前半よりも後半の方が握力値が下がっていることから、握力値の情報操作を行った時に期待された効果について考察する。

本来下降した値よりも高い値を提示することで握力値は回数を重ねる度に下降していくものという先入観を取り除き、実際に握力値維持に効果があるのではないかとという予測のもと、セット内の最大握力値から実際に下降した値よりも高い値を提示する情報操作「維持」を行った。結果、5人の被験者全員とも握力値の降下率が下がった。情報操作「維持」を行った時、実験中の被験者の発言として「今日は調子がいい」「今日はかなり頑張っている」といったものがあつた。実際の値よりも高い値を提示することで、被験者自身も本当に握力値を高く保てていると感じていた。また、図の被験者Dの情報操作「維持」を行った時の握力値推移を見るとn回目の握力値がn-1回目の握力値を上回ったのが全部で3回あつた。このことから情報操作「維持」により前半から後半への降下率が下がるだけでなく、高い握力値を維持しているという被験者の思い込みが実際に握力を維持・回復させる方向に働いた可能性が示唆された。

逆に本来の下降した値よりもさらに低い値を提示することで、握力値は下がっていくものという自身の先入観を超えて被験者が単に自らの能力を十分に発揮できていないのではないかと、もっと出せるはずだと感じ、実際のパフォーマンスに効果をもたらすのではないかとという予測のもと、セット内の最大値から実際に下降した値よりもさらに低い値を提示する情報操作「挑発」を行った。結果、5人の被験者中4人の握力値降下率が下がった。情報操作「挑発」を行った

時の被験者の発言として「こんなはずではない」「これはま
 ずい」というものがあった。実際の値よりも低い値を提示
 することで、被験者自身も本当に握力値が下がってしまっ
 ていると感じていた。また、被験者 D に情報操作「挑発」を
 行った時の握力値推移を見ると n 回目の握力値が n - 1 回
 目の握力値を上回ったのが、最大握力値を記録した 3 回目
 以降でも 4 回あった。このことから情報操作「挑発」によ
 り前半から後半への降下率が下がるだけではなく、もっと
 高い握力値が出るはずだという思い込みが実際に握力を維持・回復させる方向に働いた可能性が示唆された。しかし、握力値の降下率が下がらなかった 1 人の被験者には「今日は調子が悪い」「もうダメだ」といった発言が見られた。低い握力値が提示されたことでその日はもう高い値が出ないものと思い込んでしまい、握力値の向上を阻害してしまう可能性も示唆された。

ここで被験者 D に提示された 3 日間の握力値推移を図 6 に示す。操作を行わなかった時のデータを青の折れ線、情報操作「維持」を行った時のデータを赤の折れ線、情報操作「挑発」を行った時のデータを緑の折れ線で示した。

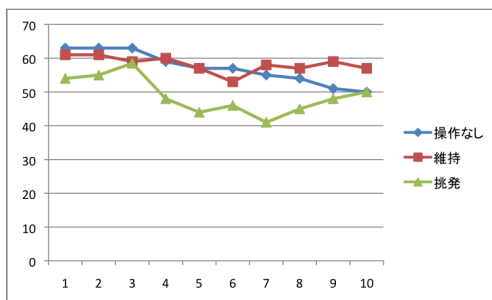


図 6 3 日間の実験で提示された握力値推移

初日に情報操作を行わない条件で全被験者の実験を行った事で、被験者達自身の中に握力値推移のおおよその降下率を被験者が把握できた。そしてその握力値推移を基準にして 2、3 日目の握力値推移を評価したため、握力値の降下率が大きい・小さいを判断できたと考えられる。被験者の実験中の発言により、被験者は三日間のデータのばらつきを体調等のコンディションにより引き起こされたものと思いついていたと考えられる。

実験回数や人数が十分な回数だったとは言えないためフィードバック情報操作が本当に有意な効果をもたらしたのか、ただのコンディションによるばらつきだったのかを断定することはできない。しかしながら、操作した情報を被験者が信じたこと、ほとんど全ての被験者の降下率に有用と思われる結果が出たことから、フィードバック情報操作がパフォーマンスに影響を与える可能性があることを検証できた。

6. 今後の展望

本研究における実験の問題としてまず情報操作手段や情報操作アルゴリズムに関する検討が不十分であったことが挙げられる。本研究では情報操作を行うのは、基準と定めた値よりもパフォーマンスが下がった時のみとした。基準値（最大握力値）よりパフォーマンスが上がったときは、操作を行わず、基準値から逆の方向に値を操作することもなかった。前者については自身が 1 度も出す事ができないような値を出力することに果たして意味があるのかが疑問であったのが理由で、後者については正しい評価とは逆方向の評価を与えることで明らかに間違った学習をしてしまうことを恐れたからである。実際にどう影響があるのかは不明なので検証の余地はある。また、情報操作アルゴリズムについても今回のものが本当に有用なのか、だとしてもそれが最適かも明らかにはできなかった。より多く検証を重ねる必要があるだろう。

本研究では、パフォーマンスを評価する変数がほぼ 1 つしかない握力を題材にしてフィードバック情報操作がパフォーマンスに与える影響について可能性を検証した。パフォーマンスを評価基準になる運動技能はフォーム（運動の協調）、正確さ、強さ・速さ（運動の制御）、適応性（技能の獲得）の 4 要素からなるが、握力の評価基準は運動の制御という点でほぼ全てが占められるため、本研究でフィードバック情報操作が影響を与える可能性が示唆されたのは運動技能における運動の制御のみといえる。そのため、もし野球やゴルフの場合に狙ったところにスイング軌道を合わせる正確性等といった、パフォーマンスを評価する運動技能に他の要素がある時にスイングスピードのデータを操作してフィードバックを与えてもいいのかどうか今回の実験からはまったくわからない。今回は運動の制御のみを評価するシステムだったが、運動の制御以外の運動技能を構成する要素を測定した情報を操作するとどうなるのか、またそれらを組み合わせるとどんな効果があるのか等、まだ検討する余地は多く残されている。

7. おわりに

本研究では、医学におけるプラセボ効果を応用して握力計から得られる握力値に処理を加え、操作した値をユーザにフィードバックすることで、ユーザの運動技能における運動の制御を操作してパフォーマンスを向上させるためのプロトタイプシステムを構築し、システムの実現可能性を検証した。本稿では、プロトタイプシステムを用いてプラセボ効果を検証する運動として運動技能を構成する要素が少ない握力測定を取り上げ、2 種類のアルゴリズムを用いてフィードバック情報操作を行い、その影響を検証した。結果から、運動の制御に関してはフィードバック情報を操作す

ることによって影響が表れることが示唆された。

しかし、得られた結果が全てフィードバック情報操作によるものと断定する根拠は乏しく、より多くの評価実験と情報操作アルゴリズムについてもさらなる検討と実験が必要である。またパフォーマンスを評価する指標となる運動技能の要素がより多い運動における適切なフィードバックの方法についてもさらなる検討と実証実験が求められる。

参考文献

- [1] NIKE+, <http://nikeplus.nike.com/plus/>.
- [2] 平野卓次, et al. ランナーのフォームに基づく仮想競争デバイスの開発 (エンタテインメントを活用した学習環境/一般). 電子情報通信学会技術研究報告. ET, 教育工学, 2011, 110.453: 311-316.
- [3] Jellinek EM : Role of the placebo in tests for drug discrimination. Fed Proc. 1946;5(1 Pt 2):184.
- [4] Beecher HK : The powerful placebo. J Am Med Assoc. 1955 Dec 24;159(17):1602-6.
- [5] 古屋英治, et al. 肩こりに及ぼす円皮鍼の効果—偽鍼を用いた比較試験—. 2002.
- [6] 三輪英人. 4. プラセボの効果—特にパーキンソン病における効果について—. 臨床薬理, 2009, 40.4: 145-150.
- [7] BEEDIE, Christopher J.; FOAD, Abigail J. The placebo effect in sports performance. Sports Medicine, 2009, 39.4: 313-329.
- [8] BERDI, Mark, et al. Placebo effects in sport and exercise. European Journal of Mental Health, 2011, 6: 196-212.
- [9] 小池匠. マウスガード装着時の身体能力増強効果とプラシーボ効果について. 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科, 修士論文, 2011
- [10] 中村憲史, et al. 虚偽情報フィードバックを用いた生体情報の制御手法. 情報処理学会論文誌, 2013, 54.4: 1433-1441.