

心理的影響を考慮した競争情報フィードバックによるモチベーション制御手法

双見京介^{1,a)} 寺田 努^{1,2,b)} 塚本昌彦^{1,c)}

概要: 近年, コンピューティング技術を用いたモチベーション制御手法として競争を利用したものがヘルスケアなど様々な分野で開発されている. しかしながら, 既存手法には競争による心理的影響を考慮しきれていないという問題がある. そこで, 本研究では心理的影響を考慮した競争情報を用いたモチベーション制御手法を提案する. 本稿では, まず日常の運動モチベーション向上を対象とし, 競争においてモチベーションに影響する要因である, 努力量に対する競争結果, 競争相手との成績差, 競争参加人数の3点による心理的影響への配慮をシステム設計に内包させた競争システムを開発する. 提案システムでは活動量計から得た歩数を基にして, モチベーションに良い効果を与えるように補正された競争結果がフィードバックされる. プロトタイプシステムを用いた評価実験では, 合計 82 名の 6 週間にわたる 3 種類の実験を通して提示情報による歩数への効果を測定し, 提案手法の有効性を確認した.

A Motivation Control Method Using Competition Information Considering Psychological Effects

Futami Kyosuke^{1,a)} Tsutomu Terada^{1,2,b)} Masahiko Tsukamoto^{1,c)}

1. はじめに

コンピューティング技術の発展は, ユーザのモチベーションを高める機会を様々な場面にもたらした [1][2]. これは, 小型のセンサや情報提示機器があらゆる場面でのデータ取得と情報提示に向き, モチベーション制御への活用に適しているからである. 望ましい行動形成のためのモチベーション制御が自力で困難なことは, 健康をはじめとする様々な分野での社会問題が示しており, このことは, コンピューティング技術を用いたモチベーション制御手法が今後も様々な場面で重要になることを示唆している.

モチベーション向上のためのテクニックのひとつに競争があり, 順位付けなどの他者との相対比較は今までに様々なシステムやイベントで多用されてきた [22][8][27]. 競争

の情報は人の普遍的で根源的な欲求を利用しており [9], その意味が理解し易くて様々な場面に適用し易いため, 今後多くの人々のモチベーション向上に活用されると推測できる.

しかしながら, 競争を用いた既存手法には, それによる心理的影響を考慮しきれていない点に問題がある. 競争はモチベーションに良い効果を与える一方で, 悪い効果を与えることも知られており, その効果を左右する要因として, 努力量に対する報酬 (i.e., 競争結果)[18], 競争相手との成績差 [19], 競争参加人数 [20] などが示されている. 例えば, 競争相手との兼ね合いで自分の努力が報われない状況や, 競争相手が頑張りすぎて自分より格上になってしまう状況はモチベーションに悪い効果を与え得る. こういった心理的要因を考慮せずに用いられる競争は必ずしもモチベーションに良い効果を与えるものではない. したがって, 競争による良い効果を得るためにはそれによる心理的影響を考慮したシステム設計が必要となる.

そこで, 本研究では競争による心理的影響を考慮したモチベーション制御手法を提案する. 本稿では, まずは健康

¹ 神戸大学大学院工学研究科
Grad. School of Engineering, Kobe University

² 科学技術振興機構さきがけ
JST PRESTO

a) futamikyosuke@stu.kobe-u.ac.jp

b) tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp

c) tuka@kobe-u.ac.jp

促進のための日常の運動モチベーション向上を目的とし、累積歩数で競争する場면을対象とし、補正可能な競争相手がいる場면을対象にして提案システムを設計する。提案システムでは、モバイルの活動量計から得た歩数を基にして、モチベーションに良い効果を与えるように補正した競争情報をフィードバックする。提案システムの競争情報はユーザの心理を考慮して変化し、適切な順位変動と競争相手との成績差などを提供する。本稿では、合計 82 名の 42 日間 (6 週間) にわたる 3 種類の実験から提案手法の有効性を評価する。

本研究が提供する貢献は以下である。

- 本研究では、競争を利用したモチベーション制御システムにおいて心理的な影響を考慮する設計を提案した。
- 提案手法のサンプルシステムとして運動モチベーション向上のためのシステムを設計して実装した。
- 提案手法の有効性を実験結果から確認した。

以降では、2 章で関連研究、3 章で提案手法、4 章で評価実験について述べ、5 章でまとめる。

2. 関連研究

心理的影響を考慮したシステム設計

提案手法の特徴は、競争システムにおけるユーザ・システム間のループに心理的な要素を取り入れた点である。競争情報による心理的影響への配慮をシステム設計に内包させることで、提示される競争情報がユーザの心理を考慮しながら動的に変化する。このように、システムとユーザ間のインタラクションで生じる心理的な要因を内包する設計方針は近年盛んになりつつある。例えば、ユーザの心理的ウェルビーイングや潜在能力を高めることを目的としたポジティブコンピューティング [1] という分野では、他分野の心理的知見を基にしたシステムの評価や設計、また、ウェルビーイングに繋がる心理的要因の測定技術および向上技術の開発などが行われている。また、提案システムのようにユーザの心理や行動の変容を狙ったコンピューティング技術は Persuasive technology [2] と呼ばれており、これまでにヘルスケアや教育など様々な領域で提案されてきた。この分野では様々な手法が提案されており、達成度合いなどの自己の情報だけを利用する手法 [4] をはじめ、競争心を利用した手法や協力心を利用した手法 [8]、自分の怠惰でパートナーに罰が与えられるといった仲間間の利害関係を利用した手法 [7] や仲間間でのソーシャルリマインドを利用した手法 [6][5]、予測値を利用した手法 [3] などがある。

他者との相対比較

他者と相対比較したがる根源的で普遍的な欲求については社会的比較理論で追及されている [9]。社会的比較は競争に限らない広義での他者との比較を指し、比較時の認知的メカニズムなどがこれまでに研究されてきた。比較をしたい欲求としては、例えば周囲の世界における自己評価を

知りたいという欲求があり、これは生物として適応的で安全に生きるための資源獲得保持能力 [10] を養うためのものである。その他にも、能力の向上のための自己改善の欲求 [11] や、心地よさを得るための自己高揚の欲求 [12] など、複数の欲求が指摘されている。他者との比較の機会が IT 技術の発展に伴い今後も増加すると考えられ、その機会による良い効果を引き出そうとする本研究のような技術の必要性は増すと考えている。

競争においてモチベーションに影響する要因

本研究では、競争においてモチベーションに影響する要因として次の 3 つを扱う。

期待理論では、努力量に応じた報酬を得ることで、次の報酬獲得や目標達成への期待が高まり、モチベーションの表れである次の投入努力量が増すとされている [18]。期待理論は、モチベーション誘発のプロセスやメカニズムを追究する過程理論に属するモチベーション理論である。この理論は、人を功利主義的と仮定してモチベーション喚起プロセスの要に達成経験をおく点に特徴があり、1970 年代初頭に完成された後、現在においても経営学などで最も有名な理論のひとつとなっている。基礎的なモデルでは、報酬獲得期待 (i.e., 目標達成期待) と報酬価値の掛け算によってモチベーション (i.e., 投入努力量) が決定され、投入努力と報酬の間の適切なフィードバックループが重要とされている [18]。努力量に応じた報酬は行動変容に重要な自己効力感 (i.e., 行動遂行の自信) を養うためにも必要とモデル化されており [15]、モチベーション向上に報酬獲得や目標達成の経験が重要とわかる。

能力や成績などに関する競争相手との差がモチベーションに影響することがピア効果の研究で明らかになっている。N. Triplett が競争による努力量の向上を 1930 年代に報告して以来、競争者同士が影響しあう現象が様々な条件で調査されてきた。その一つに、競争相手との差がある。スコット・カレルら [19] は、ピア効果における競争相手との差による影響の調査として、米国空軍学校の士官候補生を対象に実験を行い、成績下位の者は上位の者に混じることで落第率が高まり、成績中位の者が大半を占めるクラスでは全体の成績が向上したことから、同格の競争者からは正のピア効果を受けて格上の競争相手からは負のピア効果を受け得ることを示している。社会的比較理論においても、競争する比較他者として見出されるのは属性と格が同程度の者と示されていることから [16]、相手との差は比較において重要な要因とわかる。

競争の参加人数がモチベーションに影響することが明らかになっている。Stephen ら [20] は、競争参加人数が多いほど努力量が低下する心理現象を、人数を N として N 効果と呼んでおり、SAT (大学進学適性試験) のスコアと会場の受験者数の間に負の相関があることや、認知能力テストにおいても競争相手を少なく伝えられていた群の方が多く伝

えられていた群よりもスコアからわかる努力量が高いことを示している。この原因としては、人数増加に伴う勝率の期待の低下が挙げられる。また、報酬の価値の低下も挙げられ、人が相対的にモノの価値を見積もるせいで、1つの順位変動の価値が参加人数の増加に伴って低下する。参加人数の増加で努力量が低下する現象は競争ではない協力状況においてもリングルマン現象や社会的手抜きとして知られており [17], 参加人数が参加者の努力量やモチベーションに重要とわかる。

歩行モチベーション向上の手法

心身の健康促進のために歩行量増加が効果的なことから、歩行モチベーション向上手法は多く提案されてきた。現在ではターゲットユーザの細分化も進んでおり、例えば高齢者向け [25] や、10代女子向け [24] に特化したものが提案されている。また、大規模なヘルスケアプログラムも実施されており、例えば不活発な成人を対象にしたウォーキングプログラム [26] や自治体ごとの運動促進イベント [21][22] が実施されている。

この運動モチベーション向上という目的において、競争心を生むような仕組みは多くのシステムに付随されており、例えば、仲間同士で歩数目標への進行具合を共有するモバイルアプリ [5] や歩数でバーチャルペットの育成を楽しむシステム [23], 女子向けの健康管理システム [24], 既製のアプリ (e.g., Withings[27], Fitbit) にウェブサービス (e.g., Fitocracy[28]), 活動量計を用いたヘルスケアプログラム [22] で競争心を生む仕組みが設けられている。競争の利用はユーザにわかりやすく簡易に導入できるため、今後多くの場面で活用され続けるだろう。競争による良い効果を引き出す提案手法は、こういった競争が活用される機会に汎用的に適用でき、ユーザのモチベーションに良い効果を与えるものになると考える。

3. 提案手法

本研究では心理的影響を考慮した競争情報を用いたモチベーション制御システムの開発を目指す。本稿では、まずは日常の運動モチベーション向上を目的として、累積歩数で競争するシステムを設計する。歩数を用いた運動モチベーション向上システムは多くあり、また、累積値の競争は歩数に限らず多くの場面で普及しており、これらは提案手法の適用先として適当である。図1に示すように、提案システムでは活動量計から得た歩数を基にして競争結果をフィードバックする。競争情報による心理的影響の考慮が設計に内包されているため、フィードバックされる競争情報はユーザの心理を考慮しながら補正され、モチベーションに良い効果を与えるための然るべきものとなる。従来手法では競争相手との兼ね合いによって競争情報の効果は必ずしも良くはならないが、提案手法では競争情報の効果を常に良くすることを狙う。

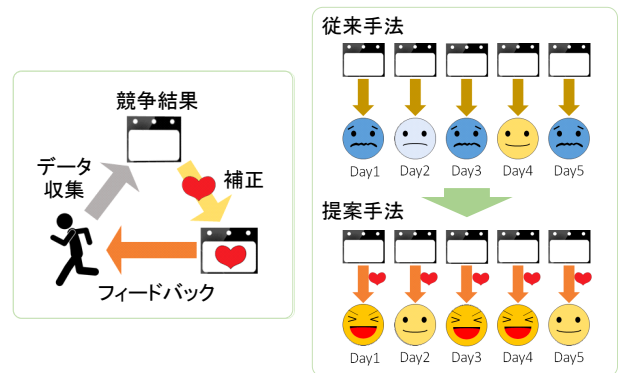


図1 心理的影響を考慮した競争情報のフィードバック

3.1 要件

提案システムでは、次の3つの要因による心理的影響を考慮して競争情報を設計する。

要件1: 期待理論の考慮

モチベーション喚起プロセスには努力量に応じた報酬が重要である。努力量に応じて報酬を得ることで、報酬獲得や目標達成への期待が高まり、次の投入努力量 (i.e.,モチベーション) が向上する [18]。逆に、競争相手との兼ね合いで起こってしまう努力が報われない経験はモチベーションを低下させてしまう。したがって、モチベーションに良い効果を与えるためにはユーザの努力量に応じた競争結果を提供する必要がある。

要件2: 相手との差に関するピア効果の考慮

競争相手との差はモチベーションに重要な要因である。競争相手は自身と同格の者から見出されるため [16],モチベーションは競争相手との差が大きいと低下し、僅差であれば向上する [19]。したがって、モチベーションに良い効果を与えるためには、適切な競争相手との差の提供が必要である。特に、今回のような累積値の競争では、1日当たりの小さい差が一定期間後には大差になり、一度大差になると簡単に僅差にはならないので、差の操作は必須である。

要件3: N効果の考慮

競争人数はモチベーションに重要な要因である。競争人数の増加は努力量の無意識の低下を招く [20]。特に大人数を前提とした競争では、嘘で参加人数を少なく伝えられないため、人数による影響の操作は必須である。大人数を前提とした競争とは、例えば県主催の歩数競争イベントやある学校内の定期試験などで、参加人数を10人程度とは伝えられない競争を指す。

3.2 競争情報の設計

ここでは、要件1と2を満たすための設計と、要件3を満たすための設計に分けて述べる。

3.2.1 競争結果の補正方法

要件1と2を満たすための順位変動と累積歩数の補正方法を説明する。本システムでは、表1に示すようにプレイ

表 1 プレイヤーの定義

種類	説明
P1	プレイヤー 1(Player1): 競争結果を補正可能なプレイヤーのことを指す。架空のプレイヤー、もしくは実在のプレイヤーであってもユーザと競争情報を共有し得ない者である。なお、実在のプレイヤーでユーザと競争情報を共有する可能性があっても、共有しない期間は P1 として扱える。
P2	プレイヤー 2(Player2): 競争結果を補正不可能なプレイヤーを指す。ユーザは含まない。ユーザと競争の情報を共有し得るために補正が知れたら都合が悪い者で、主に実在の者が想定される。

表 2 変数の定義

種類	説明
S	歩数 (Step): 1 日当たりの歩数とする。
B	基準値 (Baseline): ユーザごとの努力量を測る基準値で、一定期間内における 1 日当たりの歩数の平均値とする。
E	努力量 (Effort): 基準値からの歩数の増減量を努力量とする。E は $S-B$ で定義される。
NE	必要努力量 (Necessary Effort): 1 つの順位変動に必要な努力量とする。
BD	基本差 (Basic Difference): 補正時に維持される競争相手との成績差とする。
D	対処 (Deal): 努力量に応じた然るべき順位変動の数とする。D は $E \div NE$ の整数部分で定義され、 $D=0$ で順位変動なし (STAY)、 $D>0$ で順位上昇 (UP)、 $D<0$ で順位下降 (DOWN) の 3 つに分かれる。例えば、NE が 1000 歩で E が 2500 歩の場合、D は +2 なので、2 つの順位上昇が提供される。

ヤを P1 と P2 の 2 種類で定義し、P1 の結果を補正することで、ユーザのモチベーション向上を狙う。その際には、表 2 に示す変数のうち、順位変動を起こすための必要努力量 NE と競争相手との成績の基本差 BD の操作によって、適切な競争結果を提供する。補正方法は同一競争内に P2 がいない場合のパターン 1 と P2 が複数存在する場合のパターン 2 で次のようになる。

パターン 1: P2 がいない場合

競争スタート時には、まず、ユーザを配置する。ユーザの初期順位は、例えば上下の順位に P1 が均等に配置されるように競争人数の中間程度にする。次に、P1 を配置する。P1 の初期順位をユーザの初期順位以外の順位に割り当て、P1 の歩数は、ユーザとの順位の距離を n として、ユーザの歩数に基本差要素である $(BD \times n)$ とランダム要素を加算したものとする。ランダム要素は $\pm(BD \times l)$ 間のランダム値で定義され、 l は 0~1 の範囲で適当に調整し、例えば 0.3 程度にする。この際、P1 の歩数は上位から順に設定し、1 つ上位の歩数を上限にする。

競争スタート時以降には、まず、ユーザを配置する。ユーザの順位は、努力量 E から計算される対処 D を前の順位に加算した値とする。このとき、順位変動では総順位の上限と下限を超えないものとする。次に、P1 を配置する。P1 の順位には、前のランキングで上位だった P1 から順に、

ユーザを除いた残りの順位の上位から割り当てる。ここでの P1 の歩数はユーザの累積歩数値にスタート時と同様の基本差要素とランダム要素を加算し、さらに努力要素を加算したものである。努力要素は、必要努力量 NE に至らなかった E を結果に反映させて、達成期待をもたせるためのもので、例えば、NE が 1000 で E が 800 歩の場合、順位は上がらないが努力要素の作用によって上位の競争相手に近づけたように見え、逆に E が負の場合には上位の競争相手に離されたように見える。努力要素は、 $-(E \text{ の符号}) \times (BD \times m) \times (E \div NE \text{ の小数部分})$ で定義され、 m で努力要素の大きさを調整し、例えば 0.7 程度にすると基本差要素の 7 割に努力が反映される。

このパターン 1 の使用場面は相手と面識のないまま競争する場面である。この場面はオンラインアプリケーションの他にも、コンピュータとネットワークの普及と共に様々な場面に存在するようになっており、例えばスポーツジムにおけるトレーニング器具の使用者記録表示機能などもこれにあたる。

パターン 2: P2 が存在する場合

ここでは、ユーザおよび各 P2(以降ではユーザも P2 と呼ぶ)の順位を上下に 1 つずつ補正できるように、1 名の P2 を上位と下位でサポートする 2 名の P1(以降では上位サポータ P1 と下位サポータ P1 と呼ぶ)がいる例を示す。

競争スタート時には、まず、全 P2 の初期順位を歩数で決め、各々の上位サポータ P1 と下位サポータ P1 を決める。上位サポータ P1 と下位サポータ P1 の歩数は、サポート対象の P2(以降では対象 P2 と呼ぶ)の歩数に、前述したパターン 1 の競争スタート時と同様の基本差要素とランダム要素に n を ± 1 として加算したものである。

競争スタート時以降には、P2 間で生じた意図しない順位変動と然るべき順位変動とのギャップを相殺しながら補正する。このギャップがパターン 2 ならではの問題である。ここでいうギャップの相殺とは、例えば、順位変動なしであるべき $P2_1$ が自分より下位の $P2_2$ に抜かれて順位下降してしまった場合に、 $P2_1$ の上位サポータ P1 が $P2_1$ より下位になることで $P2_1$ を順位変動なしにさせる、というものである。この相殺は、競争に存在する P1 が多いほど完全なものとなる。

競争スタート時以降には、まず、P2 同士で生じた順位変動(以降では $D2$ と呼ぶ)を全 P2 の歩数累積値から求める。 $D2$ は順位変動なしが 0、 n 位上昇と n 位下降はそれぞれ $+n$ と $-n$ とする。そして、相殺すべきギャップを D から $D2$ を減算して求め、次の 3 種類に応じて対応する。1 つ目の $D-D2=0$ の場合、対象 P2 のあるべき順位変動数が P2 同士の順位変動によって満たされている。この場合には、サポータ P1 達は対象 P2 をそれ以上順位変動させないように、対象 P2 と前と同じ順位距離になる順位に配置される。2 つ目の $D-D2>0$ の場合、対象 P2 の順位があ

表 3 P1 の配置に関する機能

種類	説明
上位配置	これは、ユーザの上位に常に P1 を配置するための機能である。システムでは、努力したときに報われる達成経験の提供が優先である。よって、ユーザの上位に順位上昇を提供できる P1 がいないとき (e.x., ユーザが 1 位になった後、上位サポータ P1 が下位に配置された後)、P1 はユーザの上位に積極的に配置される。具体的には、 $D=0$ (STAY) でも、1 つ下位の P1 はユーザを抜いて上位に配置される。このとき、STAY で順位下降するユーザへの配慮のために、上位に配置される P1 の歩数はユーザの累積歩数に、基本差要素の $(BD \div 2)$ と努力要素の $(BD \div 2) \times (-E \div NE)$ を加算したものとす。
下位配置	これは、ユーザの下位に常に P1 を配置するための機能である。この機能の趣旨は上位配置機能の逆で、努力量低下時の罰の提供である。具体的には、ユーザの下位に順位下降を提供できる P1 がいないときには、 $D=0$ (STAY) でも、1 つ上位の P1 はユーザより下位に配置される。このとき、STAY で順位上昇するユーザへの配慮のために、下位に配置される P1 の歩数はユーザの歩数に、基本差要素の $(BD \times 2)$ と努力要素の $(BD \div 2) \times (E \div NE)$ を減算したものとす。
適度変動	これは、ユーザの順位付近にいないユーザの関わらない P1 同士が適当なタイミングで順位変動をする機能である。

るべき順位より下がっている。この場合には、対象 P2 の順位を上げるために、上位サポータ P1 の順位を対象 P2 より下位にする。3 つ目の $D - D2 < 0$ の場合、対象 P2 の順位があるべき順位より上がっている。この場合には、対象 P2 の順位を下げるために、下位サポータ P1 の順位を対象 P2 より上位にする。以上の 3 つの場合のサポータ P1 達の歩数は、対象 P2 との順位の距離を n として、前述したパターン 1 の競争スタート時以降と同様の基本差要素とランダム要素と努力要素の 3 つを対象 P2 の累積歩数に加算したものである。また、サポータ P1 達を対象 P2 より上位か下位のどちらかだけにいた場合には、ギャップの改善に使えるサポータ P1 が必要なだけ移動する。また、サポータ P1 は移動後には、対象 P2 に対する自身の定位置に積極的に戻る機能が働く。具体的には、上位サポータ P1 であれば対象 P2 の 1 つ上位に積極的に戻るために表 3 に示す上位配置機能が働き、下位サポータ P1 であれば下位配置機能が働く。

スタート時もスタート時以降も P1 の設定は次のようにする。P1 の歩数は上位から順に決め、対象ではない P2 に影響を与えないように、最も近くにいる対象ではない P2 を上位にも下位にも超えないようにする。また、対象 P2 の異なる P1 間の順位変動 (e.x., $P2_1$ の下位サポータ P1 が $P2_2$ の上位サポータ P1 に抜かれる) は気にしない。また、対象 P2 が同一である上位サポータ P1 と下位サポータ P1 の順位の入替わりは気にしない。

その他の機能

上記の両パターンにおいて、スタート時以降は表 3 の機能も作動する。パターン 2 の場合には P2 ごとに必要努力量 NE と基本差 BD を設定することで、P2 ごとに適した補正をする。また、P2 を P1 として扱う場合には、P2 同士の交流日の数日前から補正を徐々に解除することで対処する。また、P2 の初期順位と P1 の参加人数はユーザや使用場面ごとに適当に設定する。また、パターン 2 において P1 が不足する場合には、サポートすべき対象 P2 の優先順位を努力量などからわかるモチベーションを基に設定し、P1 にサポート対象を動的に変更させることで対処する。また、P1 を適切な位置に随時配置したければ、途中の参加と離脱の自由が前提の競争とすることで対処する。

3.2.2 競争人数の補正方法

大人数の競争の場合には、要件 1 と要件 2 を満たす 3.2.1 節の補正を適用したうえで、要件 3 を満たすために次のようにして少人数との競争を体験させる。具体的には、意識させる競争人数を N 人 (e.x., 10 人) とした場合、全参加者を N 人ずつにグルーピングし、ユーザの属する小グループの競争結果を提示する。このとき、相手との差の補正によってグループ内の相手はユーザと同格にしている。このようにして、自身と同格の少人数との競争を意識させ、また、1 つの順位変動の価値を N 人の時程度に高める。ユーザが属する小グループ以外の相手の順位や成績といった全体の競争結果については、知らせる必要がないという方針であれば見せず、知らせる必要があるという方針であれば、グルーピングを無くした全体のランキングや N 人ずつの全小グループのランキングを提示する。グループ変更は順位変動ごとに行われ、例えば全 100 人で 41~50 位のグループに属する者は、40 位以上になることで上位のグループに変更され、51 位以下になることで下位のグループに変更される。

3.3 プロトタイプシステム

プロトタイプシステムでは活動量計から得た歩数データの保存および競争情報の補正処理はサーバ上で行われ、競争情報はウェブアプリケーション上で提示される。ユーザはスマートフォンなどの情報提示機器から情報を閲覧する。活動量計には Withings 社の Pulse O2 を用いて、ウェブアプリ開発には JavaScript を用いた。また、競争情報通知用アプリケーションをコミュニケーションツールである LINE 社の LINEbot を利用して php で開発した。

図 2 にアプリケーション画面を示す。アプリケーション画面は 3 要素で構成される。A 部分はコメント部分で、競争情報の重要な概要をキャラクターがコメントし、情報読解の手間の解消および注目させたい情報への誘導を狙う。コメント内容は現在順位や前回からの順位変動、1 つ上位の競争相手との差などである。B 部分はランキング部分

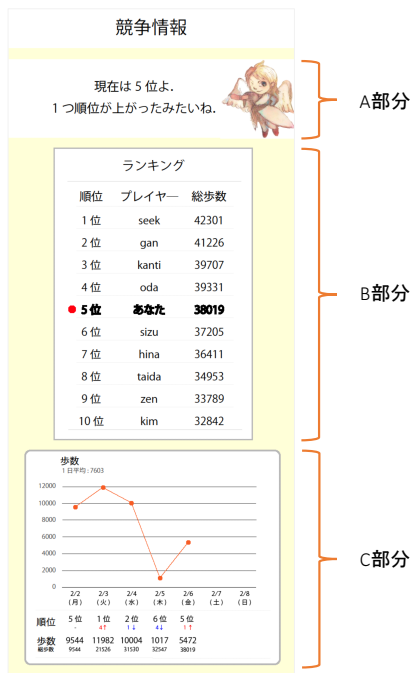


図2 提示情報画面



図3 情報通知画面

で、順位と累積歩数を表示する。C部分では自己情報部分で、ユーザに関する詳細な情報として、日ごとの歩数推移や順位変動履歴を表示する。図3にLINEbotの情報通知画面を示す。これにより情報閲覧を促す。

デフォルトでは必要努力量NEを1000歩、基本差BDを1000歩、グループ人数Nを10人とした。よって、ユーザの順位は努力量Eが+1000で1つ上昇して-1000で1つ下降する。10分程度の歩行量である約1000歩は、僅差と感じる適当な程度であり、厚生労働省が意味のある歩数増加の目標として約1000~1500歩と設定していることから[29]、適当な設定である。Nの10人は競争人数による悪影響の排除に効果的だった人数[20]で、適当な設定である。図4の左図のランキングは従来の競争情報を再現したもので、全参加者の累積歩数の羅列である。図4の右図は左図に補正をした提案手法の競争情報である。図5の左図のランキングは100人という大人数が参加した場合の従来の

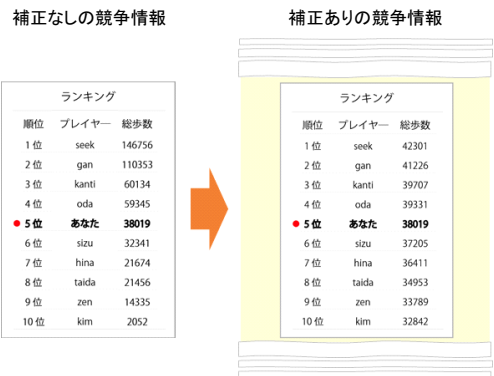


図4 相手との差を補正した競争結果

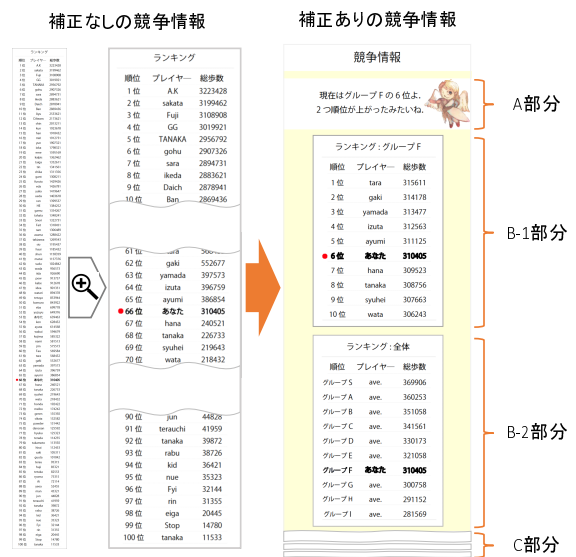


図5 競争人数による影響を考慮した競争情報

の競争情報を再現したものである。図5の右図は左図に補正をした提案手法の競争情報で、A部分では小グループでの順位を伝え、B-1部分ではユーザの属する小グループのランキングを表示し、B-2部分では全体の情報として全ての小グループの平均値を表示している。C部分では自己情報を表示し、その下にB-2部分より詳細な全体の情報として全参加者の歩数がわかるランキングを表示する。このようにして最初に小グループでの競争結果を伝え、ユーザが見たければ全参加者の歩数までを見られるようにする。なお、図左側で従来の競争情報として再現したランキングは実際の歩数競争イベント[22]の情報に倣ったものである。

4. 評価実験

提案システムの有効性を評価する3種類の実験に合計82名が参加した。実験期間は42日間の6週間で、実験では提示情報による歩数への効果を評価する。

手順

実験は介入前期間、介入期間、介入後期間の3つで構成される。1つ目の介入前期間は2週間である。この期間の平均歩数を努力量が0の日常の自然な歩行量(以降では

表 4 運動量増加意欲の段階

段階	説明
1	無関心期：現状より運動量を増やそうと思っていない
2	関心期：運動量を増やしたいと思っており、そのうち(6ヶ月以内)に行動を変えようと思っていが、まだ、実行してはいない。
3	準備期：運動量を増やすために、今後1ヶ月以内(すぐ)に行動を変える計画をしている。
4	実行期：実際に計画通り運動量・行動を変えて、現在6ヶ月未満である。
5	維持期：実際に行動を変えて6ヶ月以上すぎた。

基準歩数と呼ぶ)とする。また、この期間には現状の運動意欲の段階を測定した。測定は行動変容ステージモデル(Transtheoretical Model: TTM)[14]を基に作成した表4に示す5段階で回答させた。2つ目の介入期間は2週間である。この期間では3種類の実験に被験者を分け、それぞれの競争情報の閲覧による歩数への効果を測定する。競争情報の閲覧は毎日させ、その情報は2日間隔で更新される。ここでの各実験への被験者の振り分けには差がないように、前に測定した基準歩数と運動意欲の段階を基に行った。3つ目の介入後期間は2週間である。この期間から競争情報の閲覧を停止させて、介入停止後への効果を測定する。ここでの初日に、介入期間に関するアンケートに回答する。アンケート内容は競争への主観参加度の5段階評価(1:全く参加していない, 5:とても参加した)である。実験期間は長すぎると季節などの様々な要因が運動量に影響するせいで介入の効果を測定しづらくなるため、今回の設定が適切と考えた。

被験者の状態

被験者は平均年齢が23.1歳(標準誤差は0.2)、男性70名と女性12名である。状態は次のようになっている。1. 歩数の競争情報閲覧の実験への参加を了解している。2. 実験では歩数増加の努力の義務は一切ないと理解している。そのため、介入期間以降のモチベーション水準の底辺は介入前期間と同じ水準であり、介入期間以降の歩数は競争に参加して増えるか参加せずに変化しないかのどちらかである。介入前の日常の自然な歩数から介入期間以降に歩数をわざわざ減らすことはない想定される。3. 提示情報の意図は理解していない。4. 実験終了時のアンケート回答のために競争情報を毎日一読する義務があると理解している。5. 運動意欲の段階は平均2.1(標準誤差は0.1)であり、運動意欲が高い集団ではない。6. 活動量計に慣れている。これは、活動量計を持つことによる歩数変動の可能性の排除のために、介入前期間も含めて最低2か月間は活動量計を持っていたからである。

4.1 期待理論の考慮の評価

提案システムを用いた期待理論の考慮がモチベーション向上に効果的かを評価する。30名の被験者が3つの条件

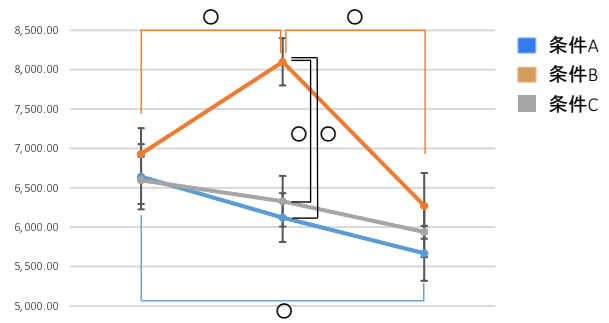


図 6 期間別の平均歩数の結果

に10人ずつ分かれ、それぞれの競争情報を介入期間で閲覧する。

条件は次の3つである。1つ目の条件Aでは努力量に応じて順位変動が起こる。これは努力量に応じて報われる条件であり、期待理論の影響への配慮がある提案手法にあたる。1つの順位変動に必要な努力量NEは1000歩である。よって今回は情報更新間隔である2日間の合計努力量が2000歩増加(減少)すれば1つ順位が上がる(下がる)ことになる。2つ目の条件Bでは順位変動が一切起らない。この条件では努力量の順位変動への反映が一切ないため、どれだけ努力しても報われない状況となる。これは、期待理論の影響への配慮がない条件で、従来の競争に混在する状況である。3つ目の条件Cでは努力量に関わらず順位変動が起こる。今回は、努力しなくても報われる状況として、ユーザの努力量に関わらず90%の確率で順位が1つ上昇するものとする。これも、期待理論の影響への配慮がない条件で、従来の競争に混在する状況である。

全条件において共通する設定は次のようになる。競争人数は10人である。このとき、被験者1名が補正可能プレイヤー9名と競争し、被験者ごとの競争は独立したものになる。スタート時において、被験者の初期順位は6位から、そして初期累積歩数は介入期間の約2日前からの累積として10000歩程度に揃えた。競争相手との基本差BDは1000とした。運動増加の段階の平均値は条件A, B, Cの順に、1.75, 1.66, 1.9で、有意差はない。また、介入前期間の基準歩数にも有意差はない。

4.2 結果

図6は各条件の期間別の平均歩数である。エラーバーは標準誤差を表し、図中の◎は $p < 0.01$, ○は $p < 0.05$ を表す。図7, 8, 9は各条件の歩数の推移とその近似曲線を示す。エラーバーは標準誤差を表す。2要因分散分析の結果、手法の主効果が有意であり($F(2,417)=5.1, p < 0.01$), 時期の主効果が有意であり($F(2,420)=7.1, p < 0.01$), 交互作用が有意であった($F(2,420)=2.6, p < 0.01$)。交互作用の単純主効果に関しては次のようになった。まず、手法の単純主効果は、介入期間のみで有意であり($F(2,417)=12.2, p < 0.01$),

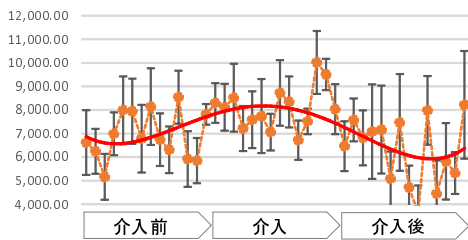


図 7 条件 A の歩数の推移

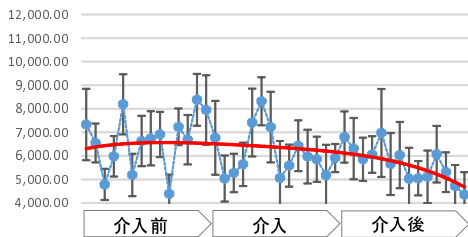


図 8 条件 B の歩数の推移

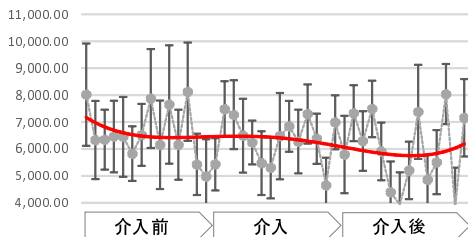


図 9 条件 C の歩数の推移

多重比較検定の結果、提案手法である条件 A の歩数が条件 B, C の歩数よりも有意に多かった ($p < 0.05$)。次に、時期の単純主効果は、条件 A で有意であり ($F(2,834)=8.8, p < 0.01$)、多重比較検定の結果、介入期間の歩数が介入前期間と介入後期間の両方の歩数よりも有意に多かった (両方とも $p < 0.05$)。また、時期の単純主効果は条件 B でも有意であり ($F(2,834)=12.2, p < 0.1$)、多重比較検定の結果、介入後期間の歩数が介入前期間の歩数よりも有意に減った ($p < 0.05$)。なお、多重比較検定には Bonferroni 法を用いた。

4.3 考察

条件 A では、介入前期間よりも介入期間で歩数が有意に増加しており、他条件と比べても介入期間の歩数が有意に多いとわかる。そして、この結果は努力量に応じたフィードバックがモチベーション向上に効果的なことを示している。自身の歩数の増減の確認は自己情報から全条件で確認できた。したがって、期待理論の影響への配慮がない条件 B, C の被験者に競争参加意欲が湧かなかつた理由は、努力量へのフィードバックがないせいで適当な投入努力量がわからなくて努力量を増やした場合の達成期待をもてなかつたからだと考えられる。このような状況では努力の義務がない者は競争に参加すらしないと考えられる。これに対し

て、期待理論の影響への配慮がある条件 A の被験者が介入期間において介入前期間よりも努力量を有意に向上させた理由は、順位変動が努力量の増加と減少に対するフィードバックとして効果的に働いたおかげで達成期待をもてたからだと考えられる。以上から、期待理論の影響を考慮した競争情報がモチベーション向上に効果的なことを確認した。

4.4 相手との差に関するピア効果の考慮の評価

提案システムを用いた競争相手との差に関するピア効果の考慮がモチベーション向上に効果的かを評価する。22名の被験者が2つの条件に11人ずつ分かれ、それぞれの競争情報を介入期間で閲覧する。

条件は次の2つである。1つ目の条件 D では、競争相手との差は僅差である。この条件では、相手との差が常に近いので、同格の相手と競争をする状況となる。これは相手との差に関するピア効果の影響への配慮がある条件で、提案手法にあたる。今回は相手との基本差 BD は 1000 歩とした。よって、1つ上位との差は約 1000、2つ上位との差は約 2000 となる。2つ目の条件 E では、競争相手との差は大差である。この条件では、相手との差が常に大きいので、格の違う相手と競争をする状況となる。これは、相手との差に関するピア効果の影響への配慮がない条件で、従来の競争に混在する状況である。今回は相手との基本差 BD は 8000 歩とした。よって、1つ上位との差は約 8000、2つ上位との差は約 16000 となる。大差としては従来の競争システムで確認されるような6桁以上の差も考えられたが、今回の水準は参加者にとって大差と感じられ、なおかつ順位上昇でき得るものを選択した。

全条件において共通する設定は次のようになる。競争人数は10人である。このとき、被験者1名が補正可能プレイヤー9名と競争し、被験者ごとの競争は独立したものになる。必要努力量 NE は基本差 BD と同じにしていることから、この実験は期待理論の考慮も含まれているといえる。スタート時において、被験者の初期順位は6位から、そして初期累積歩数は介入期間の約6日前からの累積として35000歩程度に揃えた。なお、各条件への被験者の振り分けは、前の実験同様の配慮をしており、運動意欲の段階の平均値は条件 D, E の順に、2.1, 2.0 で有意差はなく、介入前期間の基準歩数にも有意差はない。

4.5 結果

図 10 は条件ごとの時期別の歩数である。エラーバーは標準誤差を表し、図中の◎は $p < 0.01$ 、○は $p < 0.05$ を表す。図 11, 12 は各条件の歩数の推移とその近似曲線を示す。エラーバーは標準誤差を表す。2 要因分散分析の結果、手法の主効果が有意であり ($F(1,306)=5.2, p < 0.05$)、時期の主効果が有意であり ($F(2,621)=7.7, p < 0.01$)、交互作用が有意であった ($F(2,621)=3.1, p < 0.05$)。交互作用の単純主効

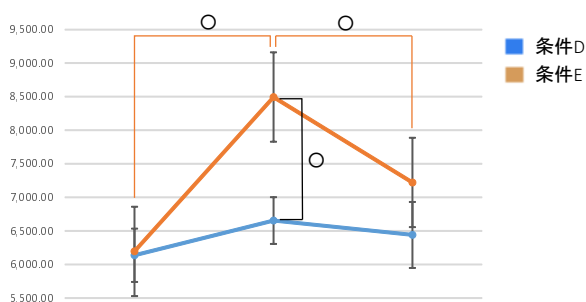


図 10 期間別の平均歩数の結果

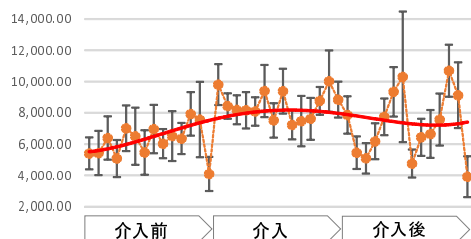


図 11 条件 D の歩数の推移

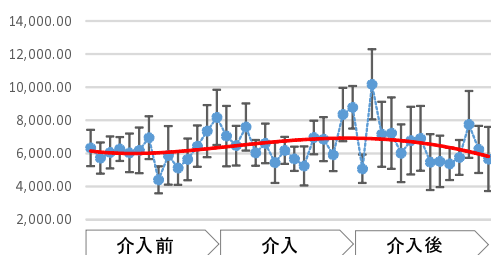


図 12 条件 E の歩数の推移

果に関しては次のようになった。まず、手法の単純主効果は、介入期間のみで有意であり ($F(1,306)=14.4, p < 0.01$)、多重比較検定の結果、提案手法である条件 D の歩数が条件 E の歩数よりも有意に多かった ($p < 0.05$)。次に、時期の単純主効果は、条件 D で有意であり ($F(2,612)=10.2, p < 0.01$)、多重比較検定の結果、介入期間の歩数が介入前期間の歩数よりも有意に多く ($p < 0.05$)、また介入後期間の歩数よりも有意に多かった ($p < 0.05$)。なお、多重比較検定には Bonferroni 法を用いた。

4.6 考察

条件 D では、介入前期間よりも介入期間で歩数が有意に増加しており、他条件と比べても介入期間の歩数が有意に多いとわかる。そして、この結果は競争相手と僅差に保つことがモチベーション向上に効果的なことを示している。条件 D で競争参加意欲が湧いた理由は、僅差の相手のおかげで、順位上昇に必要な努力量を達成可能な範囲であるという見積りがもてたからだと考えられる。また、僅差の相手は順位下降に関する見積りも同時にもたせたと考えられる。これに対して、条件 E で競争参加意欲が湧かなかっ

た理由は、大差の相手を競争相手と認識できず、それが順位上昇に必要な努力量を達成できない範囲であると思積もらせてしまったからだと考えられる。今回の大差で歩数を増加させた被験者についても、仮に大差の程度を 6 桁以上などの個人の許容範囲を超えるものにすれば一切競争に参加せずに歩数が増加しない状況になったと考えられる。以上から、相手との差に関するピア効果の考慮がモチベーション向上に効果的なことを確認した。

4.7 N 効果の考慮の評価

提案システムを用いた N 効果の考慮がモチベーション向上に効果的かを評価する。30 名の被験者が 3 つの条件に 10 人ずつ分けられ、それぞれの競争情報を介入期間で閲覧する。ここでの競争人数は 100 人である。

条件は次の 3 つである。1 つ目の条件 F では、大人数の競争結果に加えて、同格の少人数グループでの競争結果も提示される。これは、同格の少人数を意識させる条件であり、N 効果の影響への配慮がある提案手法にあたる。グルーピングの人数 N は 10 人である。また、必要努力量 NE を 1000、相手との基本差 BD を 1000 としており、期待理論とピア効果の影響への配慮も含まれている。2 つ目の条件 G では、大人数の競争結果のみが提示される。これは、常に格の違う相手との差を意識させる条件で、N 効果の影響への配慮がない条件である。ただし、期待理論とピア効果の影響への配慮は条件 F と同じようにされている。3 つ目の条件 H では、何の影響への配慮もせず大人数の競争結果のみを提示する。これは、大人数の格の違う相手と報われづらい競争をする条件であり、従来の大人数の競争に混在する状況である。今回は、相手との基本差 BD と必要努力量 NE を 8000 とする。

全条件において共通する設定は次のようになる。競争人数は 100 人である。このとき、被験者 1 名が補正可能プレイヤー 99 名と競争し、被験者ごとの競争は独立したものになる。スタート時において、被験者の初期順位は 66 位から、そして初期累積歩数は 300000 歩程度に揃えた。初期累積歩数は介入期間の約 50 日前からとしている。この実験ではどの条件であっても全体の上位になることは困難だと理解できる状況である。なお、各条件への被験者の振り分けは、前の実験同様の配慮をしており、運動意欲の段階の平均値は条件 F, G, H の順に、2.5, 2.2, 2.2 で有意差はなく、介入前期間の基準歩数にも有意差はない。

4.8 結果

図 13 は条件ごとの時期別の歩数である。エラーバーは標準誤差を表し、図中の◎は $p < 0.01$ 、○は $p < 0.05$ を表す。図 14, 15, 16 は条件ごとの歩数の日ごとの推移とその近似曲線を示す。エラーバーは標準誤差を表す。2 要因分散分析の結果、時期の主効果が有意であり ($F(2,834)=15.3$,

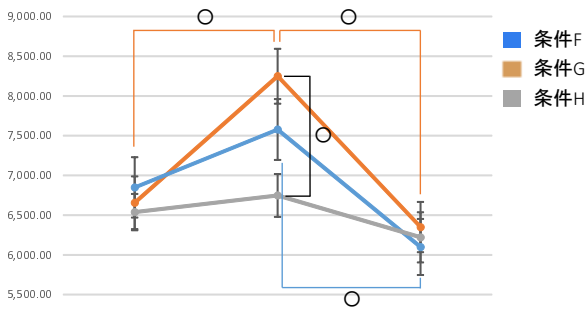


図 13 期間別の平均歩数の結果

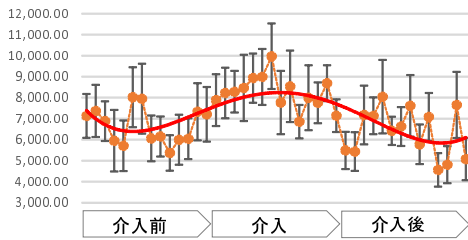


図 14 条件 F の歩数の推移

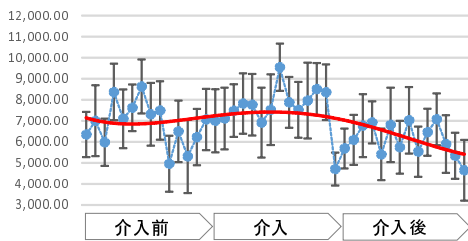


図 15 条件 G の歩数の推移

$p < 0.01$), 交互作用が有意傾向であった ($F(4,834)=2.05, p < 0.1$). 交互作用の単純主効果に関しては次のようになった。まず、手法の単純主効果は、介入期間のみで有意であり ($F(2,417)=5.0, p < 0.01$), 多重比較検定の結果, 提案手法である条件 F の歩数が条件 H の歩数よりも有意に多かった ($p < 0.05$)。次に、時期の単純主効果は、条件 F で有意であり ($F(2,834)=12.2, p < 0.01$), 多重比較検定の結果, 介入期間の歩数が介入前期間と介入後期間の歩数よりも多かった (両方とも $p < 0.05$)。また、時期の単純主効果は条件 G でも有意であり ($F(2,834)=6.4, p < 0.01$), 多重比較検定の結果, 介入期間が介入後期間よりも有意に多かった ($p < 0.05$)。なお、多重比較検定には Bonferroni 法を用いた。

4.9 考察

条件 F では、介入前期間よりも介入期間で歩数が有意に増加しており、介入期間の歩数が条件 H よりも有意に高かったことから、条件 F は全条件で最も効果があったとわかる。そして、この結果は少人数との競争を意識させることがモチベーション向上に効果的なことを示している。条件 F と G の両方が競争相手が僅差にいることによる良い

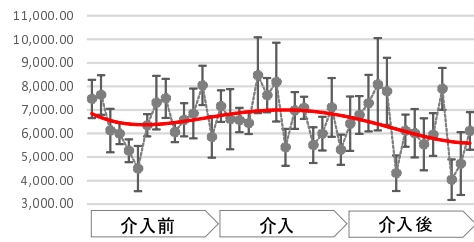


図 16 条件 H の歩数の推移

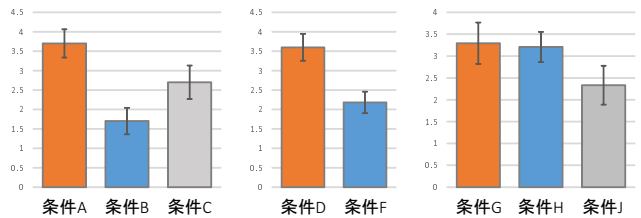


図 17 競争への主観参加度の結果

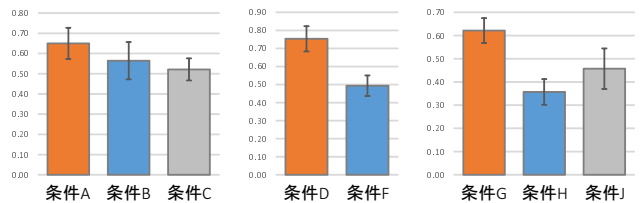


図 18 介入期間における基準歩数以上の日数の割合の結果

効果を得ていたと考えられるが、意識した競争相手の違いが双方の競争参加意欲の違いになったと考えられる。例えば、全体 66 位からの 5 つ順位を上昇できそうな状況を想定する。このとき、条件 G のように全体の上位にいる相手との差を意識させられると、全体 66 位から全体 61 位になるという些細で達成した気になれない経験が想定され得る。これに対して、条件 F のように同格の少人数との競争を意識させられると、グループ内で 6 位から 1 位になるという達成した気になれる経験も想定され得る。この意識できた競争相手の違いが効果の違いになったと考えられ、努力の義務のない被験者にとっては、条件 F よりも条件 G の方が競争参加意欲が湧きづらかったと考えられる。また、条件 G よりも競争相手との差が極めて大きい条件 H では、競争参加意欲がより湧きづらかったと考えられる。以上から、競争人数による影響の考慮がモチベーション向上に効果的なことを確認した。また一方で、条件 G の方が条件 H よりも介入期間の歩数が多かったことから、大人数の競争においても努力量に応じた結果の提供と相手と僅差に保つことはモチベーション向上に効果的と考えられる。

4.10 補足指標への効果

図 17 に各条件の競争への主観参加度の結果を示し、図 18 に介入期間において基準歩数 (i.e., 介入前の歩数の平均)

以上の歩数だった日数の割合を示す。エラーバーは標準誤差である。歩数の結果と同じで、提案手法にあたる条件 A, D, F が各実験の中で最も高い値で良い結果となっている。このことから、競争参加意欲向上のために、また常に基準歩数以上の歩行量を維持させるために、努力量に応じた結果のフィードバックや、僅差に相手がいること、そして少人数を意識した競争が効果的だったとわかる。

4.11 総合考察

実験全体を通して、心理的影響への配慮がある競争情報がモチベーション向上に効果的なことが確認できた。ここでは、実験全体に共通する議論を行う。

提案手法にあたる条件 A, D, F における介入後期間の歩数が介入期間の歩数よりも有意に低下していることは介入の効果があったことを示している。一方で、モチベーション支援システムの目標の 1 つは、介入であるシステム使用を減らした後や無くした後でも効果を持続させることと考えている。つまり、自律したモチベーション制御能力の増進ができれば理想的と考えている。したがって、今後は介入後期間も効果を持続させる方法、もしくは介入の頻度を減少させても効果を持続させる方法について検討と検証をする。例えば、運動自体に喜びを見出す方法の検討や、運動自体に楽しみはなくても運動量増加から得られる喜び (e.g., 健康指標の向上, 称号の獲得) の提供などが考えられる。

今回の結果からは、従来の競争情報がモチベーションに良い効果を与えない状況も確認した。努力量に応じた結果、相手との差、競争人数、これらによる影響への配慮がない競争情報は良い効果を与えない。そして、このような競争情報はモチベーション向上を妨げた可能性もあり、例えば競争情報さえなければ自己情報だけを見て歩数が増加したかもしれない、ということが考えられる。さらに、このような競争情報は被験者の状態によってはモチベーションの低下さえ招いたと考えられる。例えば、今回の手順とは違って被験者の努力量がプラスの状態になった後に、努力が報われない状況や、競争相手との差が個人の許容範囲を超える状況になれば、モチベーションの有意な低下が起こったと考えられる。このような競争情報による悪い効果は、競争情報閲覧システムの使用で注意したい点の 1 つであるため、今後は競争情報による介入がユーザのモチベーションに悪い効果を与える状況の検証も行っていく。

今回の実験では、各条件において同一程度と分類できる状況を連続して再現することでその状況の効果を評価している。ただし、ランダムな変動はあるので全く同一ではない。この方法以外にも、自然に任せて競争をさせて、本研究で良い効果や悪い効果と想定している競争情報が提示された日のみを抜粋して評価することも考えられるが、提示情報による効果が表れるのが即日か数日後なのかは不明な

ため、今回の方法に至った。今回の実験で良い効果だった情報や悪い効果だった情報は、連続で提示される状況だけでなく、様々な情報に混在することでも同じ効果を与えることと仮定し、本稿では議論している。

提示情報による効果の程度や傾向には個人差があると考えられる。実際に、性格によって競争による影響が異なる報告がある。今回の結果は、同じ情報で全員にまんべんなく良い効果を与えることを狙ったものなので、今後は、被験者を属性ごとに分類した実験も行い、個人の属性ごとに適した情報補正方法についても検討していく。また、僅差の程度や報われる際の努力量などにはモチベーションを最大化する閾値がその時のモチベーションごとにあると考えられるので、今後はその閾値を動的に変更する手法も検討する。

5. まとめ

本研究では心理的影響を考慮した競争情報を用いたモチベーション制御手法を提案した。そして本稿では、日常の運動モチベーション向上を対象とし、競争においてモチベーションに影響する要因である、努力量に対する競争結果、競争相手との成績差、競争参加人数の 3 点による心理的影響への配慮をシステム設計に内包させた競争システムを開発した。提案システムでは活動量計から得た歩数を基にして、歩行モチベーションに良い効果を与えるように補正された競争結果がフィードバックされる。評価実験では、合計 82 名の 6 週間にわたる 3 種類の実験を通して提示情報による歩数への効果を測定し、提案手法の有効性を確認した。提案手法は、競争が活用される様々な場面に汎用的に適用され、競争による悪い効果を排除して良い効果を引き出すものになると考える。

今後の課題は、様々な年齢層や特性の者を対象にした実験の実施、システム介入後も効果を持続させるために自律的なモチベーション制御能力を増進させる方法の考案、そして個人ごとにモチベーションを最大化させる情報補正方法の考案などである。これらによって、真にモチベーションへの影響を考慮した競争システム、および誰もが良い効果を最大限に得られる競争システムを目指す。

謝辞

本研究の一部は、国立研究開発法人情報通信研究機構の委託研究によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] A. C. Rafael and P. Dorian: Positive Computing: Technology for Wellbeing and Human Potential, MIT Press (2009).
- [2] B. J. Fogg: Persuasive technology: using computers to change what we think and do, Ubiquity, Morgan Kaufmann (2002).

- [3] T. Takeuchi, K. Suwa, H. Tamura, T. Narumi, T. Tanikawa, and M. Hirose: A Task-Management System Using Future Prediction Based on Personal Lifelogs and Plans, *Proc. of the 11th international conference on Pervasive and ubiquitous computing adjunct publication (UbiComp '13)*, pp. 235–238 (2013).
- [4] S. Consolvo, D. W. McDonald, T. Toscos, M. Y. Chen, J. Froehlich, B. Harrison, P. Klasnja, A. LaMarca, L. LeGrand, R. Libby, I. Smith, and J. A. Landay: Activity sensing in the wild: a field trial of ubifit garden, *Proc. of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '08)*, pp. 1797–1806 (2008).
- [5] S. Consolvo, K. Everitt, I. Smith, and J. A. Landay: Design requirements for technologies that encourage physical activity, *Proc. of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '06)*, pp. 457–466 (2006).
- [6] M. C. Chiu, S. P. Chang, Y. C. Chang, H. H. Chu, C. C. H. Chen, F. H. Hsiao, and J. C. Ko: Playful bottle: a mobile social persuasion system to motivate healthy water intake, *Proc. of the 11th international conference on Ubiquitous computing (UbiComp '09)*, pp. 185–194 (2009).
- [7] J. Shin, B. Kang, T. Park, J. Huh, J. Kim, and J. Song: BeUpright: Posture Correction Using Relational Norm Intervention, *Proc. of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '16)*, pp. 6040–6052 (2016).
- [8] Y. Nishiyama, T. Okoshi, T. Yonezawa, J. Nakazawa, K. Takashio and H. Tokuda: Toward Health Exercise Behavior Change for Teams Using Lifelog Sharing Models, *Journal of Biomedical and Health Informatics*, 20(3), pp. 775–786 (2016).
- [9] L. Festinger: A theory of social comparison processes, *Human relations*, 7(2), pp. 117–140 (1954).
- [10] P. Gilbert, J. Price, and S. Allan: Social comparison, social attractiveness and evolution: How might they be related, *Journal of New Ideas in Psychology*, 13(2), 149–165 (1995).
- [11] J. Suls, R. Martin, and L. Wheeler: Social comparison: Why, with whom, and with what effect?, *Journal of Current Directions in Psychological Science*, 11(5), pp. 159–163 (2002).
- [12] T. A. Wills: Downward comparison principles in social psychology, *Journal of Psychological Bulletin*, 90(2), pp. 245–271 (1981).
- [13] A. Bandura: Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change, *Journal of Psychological review*, 84(2), pp. 191–215 (1977).
- [14] J. O. Prochaska, and F. V. Wayne: The transtheoretical model of health behavior change, *American Journal of Health Promotion*, 12(1), pp. 38–48 (1997).
- [15] C. C. DiClemente, J. O. Prochaska, and M. Gibertini: Self-efficacy and the stages of self-change of smoking, *Journal of Cognitive therapy and Research*, 9(2) pp. 181–200 (1985).
- [16] G. R. Goethals and J. M. Darley: Social comparison theory: An attributional approach. Social comparison processes: Theoretical and empirical perspectives, *Journal of Theoretical and empirical perspectives*, pp. 259–278 (1977).
- [17] A. G. Ingham, G. Levinger, J. Graves, and V. Peckham : The Ringelmann effect: Studies of group size and group performance, *Journal of Experimental Social Psychology*, 10(4), pp. 371–384 (1974).
- [18] L. W. Porter and E. E. Lawler: Managerial attitudes and performance, Homewood (1968).
- [19] S. E. Carrell, B. I. Sacerdote, and J. E. West: From natural variation to optimal policy: The importance of endogenous peer group formation, *Journal of Econometrics*, 81(3), pp. 855–882 (2013).
- [20] S. M. Garcia, and A. Tor: The N-effect: More competitors, less competition, *Journal of Psychological Science*, 20(7), pp. 871–877 (2009).
- [21] 神奈川県横浜市: 横浜ウォーキングポイント, available from <http://enjoy-walking.city.yokohama.lg.jp/walkingpoint/>(accessed 2016).
- [22] 兵庫県神戸市: KOBE 歩 KING 歩 QUEEN 決定戦!, available from <http://www.city.kobe.lg.jp/life/health/promotion/kobe21/aruking2013.html>(accessed 2016).
- [23] J. J. Lin, L. Mamykina, S. Lindtner, G. Delajoux, and H. B. Strub : Fish' n' Steps: Encouraging physical activity with an interactive computer game, *Proc. of 8th International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp '06)*, pp. 261–278 (2006).
- [24] T. Toscos, A. Faber, S. An, and M. P. Gandhi : Chick clique: persuasive technology to motivate teenage girls to exercise, *Proc. of the SIGCHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI '06)*, pp. 1873–1878 (2006).
- [25] I. M. Albaina, T. Visser, C. A. van der Mast, and M. H. Vastenburg: Flowie: A Persuasive Virtual Coach to Motivate Elderly Individuals to Walk, *Proc. of 3rd International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, pp. 1–7 (2009).
- [26] C. B. Chan, D. A. Ryan, and C. Tudor-Locke: Health benefits of a pedometer-based physical activity intervention in sedentary workers, *Journal of Preventive medicine*, 39(6), pp. 1215–1222 (2004).
- [27] Withings, available from <https://www.withings.com/jp/ja/> (accessed 2017).
- [28] Fitocracy, available from <https://www.fitocracy.com/> (accessed 2017).
- [29] 厚生労働省: 健康日本 21, available from <http://www.kenkounippon21.gr.jp/> (accessed 2017).