

キリの悪いカウントダウンを用いた 限界突破手法の提案

南里英幸¹ 中村聰史¹

概要：懸垂やダンベルトレーニングなど、トレーニングの中には限界を越えて実施することが望ましいものがあるが、ひとは余裕があったとしても、勝手に線を引いて限界であると感じてしまうことは少なくない。このままでは、トレーニングの意味である基礎力の向上を効果的に行うことができない。そこで本研究では、人が目標に近づいていることを知覚することによって、目標を達成するためにモチベーションが一時的に上昇することに着目し、目標に近づいていることを提示することができるカウントダウンを用いた限界突破手法の提案を行う。特にキリの悪いカウントダウンの方がキリのよいカウントダウンと比べてより効果的に限界突破を促せるのではないかと考え、キリの悪いカウントダウンを用いて検証を行った。加えて、体幹トレーニングを用いた長期的な実験も実施した。結果、カウントダウンを用いることによって、限界突破をより促せることが分かり、また大きく中途半端な数字が最も楽に、限界突破を促せるという可能性が示唆された。

キーワード：限界突破、カウントダウン、体幹トレーニング、目標勾配効果

1. 背景

2019年の明治安田生命の健康に関する調査によると、6割以上の人人が将来の自分の健康状態に不安を感じ、6割の人が健康に気を使っていると回答している[1]。このようなことから、世の中の健康意識が高くなっていることが考えられる。ここで健康を維持するためには、ランニングや筋トレなど日常的に体を動かすことが勧められている[2]。また、健康を維持するためのエクササイズや筋力トレーニング、ヨガ等への関心も高まっており、体を動かすためのスポーツクラブや関連会社が多く設立されている[3][4]。スポーツクラブは個人で自由にトレーニングすることができる場所であり、専任のトレーナーがついてサポートしながらトレーニングできる場合もある。

ここで、時間的な都合や金銭的な都合などで、スポーツクラブではなく、自宅でトレーニングをする人もいる。その場合、トレーニングに関するDVDを購入して視聴したり、インターネットでトレーニング方法を調べたりして実施することは珍しくない。2019年12月現在、GoogleのWeb検索ではエクササイズというキーワードで約784万件のWebページが、YouTubeの動画検索では同じくエクササイズというキーワードで約63万本の動画が見つかる。しかし、自宅にてひとりでトレーニングを実施する場合、監視の目がないため、自分自身の感情によってやめてしまったり、いったんやめてしまうとそれ以降やらなくなってしまったりする。その結果、トレーニングの質はスポーツジムで指導でもらうものと比べて著しく悪くなることが考えられるうえ、

そもそもモチベーションを維持しにくいという問題点もある[5]。つまり、ひとりで行う筋力トレーニングのモチベーションやその質を高くできないことが問題であり、これらを支援する必要がある。

いくつかのトレーニングを効果的に行うには、限界まで追い込むことが重要であることがあり、ドロップセット法やフォーストレップ法などいくつかの方法がある。この限界を目指して、その限界を突破することが重要であるといえるが、その限界を突破することは容易ではない。

ここで、目標に近づいてくるにつれて、意欲がわいたり、努力量が増加したりするという「目標勾配効果」[6]というものが知られている。人はゴールのとらえ方によってモチベーションが変化していき、能力が変化することになる。これは、繰り返し運動においても同様なことが言えると考えられており、終了が近づいていることを認識すると、人は「あと5回」のように頭の中でカウントダウンをし始め、「あと5回ならいける」と考え、繰り返し運動中の心的負担が軽減されているという状態になっている。つまり、精神的に苦痛と感じている限界状態であっても、目標達成が近づいていることを知覚することによって、その限界状態が変化しているのではないかと考えられる。

そこで本研究では、カウントダウンを提示することによって「目標勾配効果」を誘引し、心理的時間を変化させることによって、限界突破を促すことを目指す。ここで、カウントダウンには10や100といったキリの良い数字から始まる場合は、意味を見出しそういのではないかと考えられる。そこで、9や198のようなキリの悪い数字の方が印象強い[7]

¹ 明治大学 総合数理学部

ため、キリの悪い数字からのカウントダウンによる限界突破を促す手法を提案する。またここでは、カウントダウン自体の有効性と、キリの悪いカウントダウンのこうかについて実験により検証する。

2. 関連研究

運動支援を目的とした研究は多くなされている。田部ら[8]は、幅広いユーザのために簡単なデータの登録だけで歩行運動継続を動機づけるSNSシステムの設計と実装を行い、対話を用いて競争意識をあおることで、どの程度の動機づけが可能かを評価した。ここでは、動機づけのレベルを「自己記録の視覚的確認」「友人との競争」「ライバルとの競争」の三段階に分類してより効果的な動機づけ機構の実現を試みており、実験により動機づけの効果が期待できるという結果が出ている。佐藤ら[9]は、運動促進のためにデパートなどの開放型空間における協調型のエクサゲームの設計指針について議論している。ここでは、協調型エクサゲームに必要な要素として「参加のしやすさ」や「途中参加・離脱可能」「身体差が影響しない」「簡易で丈夫なセンシング」の4点を挙げ、「何人何脚!?」や「大縄オーケストラ」というゲームを作成している。また、実際にユーザに体験してもらった結果、設計はおおむね有効とされている。伊藤ら[10]は、SNSと写真を撮り歩く「フォトウォーク」を組み合わせることによって、中高年者を対象とした外出のきっかけづくりを目的とする研究をしている。また3週間の使用実験の結果、半数の被験者がウォーキングを継続することができ7割以上のユーザが外出に対して積極的になったことを明らかにしている。

これらの研究は、複数名のユーザや外での実施を必要としており、本研究のように、自宅でトレーニングするような個人を対象とした運動支援をしているものではない。

佐藤ら[11]は、3軸加速度センサを用いてアスリートのわずかな身体動作の違いを解析することでトレーニングの質を高める研究を行っている。遠峰ら[12]は、高齢者が自身のフレイル（健常と要介護の中間的な状態のことを指す）予防の一環として、定期的な運動習慣を得ることのできる仕組みの構築を目指とした研究を行っている。ユーザテストの結果、フレイル状態ではないが運動頻度の少ない高齢者が、楽しく定期的に行うことができる仕組みとしての機能を有していることが分かっている。

これらの研究は、ユーザ1人に対しての運動支援の研究ではあるが、アスリートや高齢者向けと限定的なものであり、ごく一般的な健常者に向けられた運動支援手法ではない。本研究では、そういった健常者に対して運動支援を行うことを目的としている。

目標勾配効果に着目した研究も多くなされている。駒田ら[13]は、e-Learningの効果は動機づけの工夫が必要である

という背景のもとで、目標勾配効果を用いて動機づけの効果の検証を行っている。1か月にわたり記録していった結果、動機づけの大きさは大きくやる気が出る状態が80%を超えたことが分かっている。Cynthiaら[14]は、慈善キャンペーンが目標に近づくにつれて、人々がよりそのキャンペーンに積極的に参加する可能性が高くなることを明らかにしている。ここでは、目標に近づいている段階で寄付を行うことで、キャンペーンに対してより大きな影響を与えていると知覚し、満足度が高まったためだと結論付けられている。

目標勾配効果は主にRanら[6]の研究やCynthiaらの研究のように商売やマーケティングの分野において多く研究されており、人間の体の能力について、目標勾配効果を適用した研究はあまりされていない。我々は、目標勾配効果に対してカウントダウンを用いるうえ、そのカウントダウン自体を工夫する点が新しいと言える。

3. 提案手法

短距離走や水泳などでは、「ゴールをイメージするのではなく、ゴールの先をイメージする」した方がよいと言われている。人は、身体と精神が強く結びついており、ゴールの先をイメージすることでゴール直前の安心感による減速を防ぐことになるため、結果的に記録が伸びやすくなるからである[15]。人はゴールのとらえ方によってモチベーションが変化する。これは、繰り返し運動においても同様なことが言えると考えられ、繰り返し運動を実施している中で、終了が近づいていることを認識すると、人は「あと5回」のように頭の中でカウントダウンをし始める。それによって、「あと5回ならいける」と考え始め、繰り返し運動中の心的負担が軽減されているという状態になっている。つまり、精神的に苦痛と感じている「限界状態」であっても、目標達成が近づいていることを知覚することによって、「限界状態」が変化しているのではないかと期待される。

ここで、例えば、「残り10秒」などのように、数値的にキリがよく、単純なカウントダウンの場合、特別感がなくその効果がない可能性がある。そこで本研究では、「残り9」や「残り12351」などのように、キリの悪い値からカウントダウンをし始めることにより特別感を演出し、結果的にそのカウントダウン分を頑張るのではと考えた。我々はこうしたキリの悪いカウントダウンにより、「目標勾配効果」を誘引し、限界状態をより変化しやすくすることによって限界突破を促す手法を提案する。本研究では、手法の有用性を検証するとともに、プロトタイプシステムの実装をする。

4. 実験1：カウントダウンによる能力向上効果

ユーザが限界状態になった時に、「カウントダウン」を提示することで、提示のないものと比べて記録が伸びやすくな

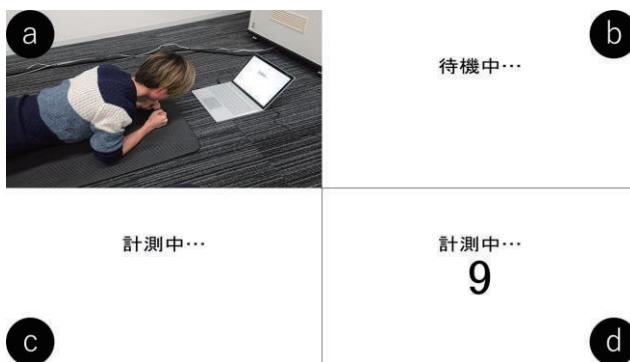


図 1 実験風景とシステム画面

(a:実験風景, b:待機中の画面, c:計測中の画面, d:カウントダウン表示中の画面)

なるかどうかを検証するため、体幹トレーニングを題材に実験を行った。

4.1 実験概要

この実験では、カウントダウンの提示の有無によって記録が伸びやすくなるかの検証をするため、まず、実験協力者をカウントダウンあり群と、カウントなし群に分ける。また、各群の実験協力者について、1日ごとに試験フェイズとトレーニングフェイズに取り組んでもらい、それぞれ交互に実施し、なるべく毎日実験を実施するよう協力要請をした。今回の実験では、体幹トレーニングの一種であり、難易度の低いフロントブリッジ（図 1-a）を題材に行った。

実験協力者には限界状態になるまでフロントブリッジをやってもらい、実験協力者に対し、フロントブリッジ中は、実験協力者の目の前に設置したパソコンの画面（図 1-b）を注視してもらうように指導した。

ここで、カウントダウンをどのタイミングで提示し始めかについて、100%の精度で判定を行うシステムを実現することは容易ではない。そこで今回は、実験の都合上、立ち会う実験監督者が実験協力者の様子（腰の動きや足の震え、発話内容など）を観察し、限界であると判断したあとカウントダウンを一定時間おいて提示するものとした。

実験で提示する画面には、最初は「待機中…」という表示がされており（図 1-b）、マウス入力によって「計測中…」という表記に変わり（図 1-c）、次のマウス入力までの時間、つまりフロントブリッジをしている時間を計測する。トレーニングフェイズにおいては、キー入力によって指定した秒数の「カウントダウン」が表示され（図 1-d）、それが終わると自動的に消えるようになっている。なお、実験協力者、実験監督者ともに経過時間は確認できない状態にしている。

4.2 実験の流れ

試験及びトレーニングのそれぞれのフェイズにおいて、次の手順で実験を実施してもらった。

4.2.1 試験フェイズ

① 実験協力者には軽くストレッチをしてもらしながら、

実験監督者は実験の説明を行う（なお、1日目の実験の場合は、フロントブリッジのやり方を指導する。）

- ② 実験協力者にあらかじめ敷いておいたヨガマットの上に寝転がってもらい、実験監督者は頭側にパソコンを設置、フロントブリッジ中は画面を注視するように指導する
- ③ 実験協力者は、パソコンの画面を注視しながら限界状態になるまでフロントブリッジを実施する
- ④ 実験監督者が限界状態であると判断したとき、実験協力者に対して、フロントブリッジを終了の合図をする
- ⑤ 実験協力者に対し、5分ほどストレッチをしながらリラックスしてもらう
- ⑥ ③に戻りもう1セットを繰り返す
- ⑦ 実験協力者に対し、実験終了後にストレッチをもらい、体調や出来等に関するアンケートに回答してもらう
- ⑧ アンケート回答後に実験協力者に対して記録を伝える

4.2.2 トレーニングフェイズ

- ① (4.2.1 項の①・②と同じ)
- ② 実験協力者は、パソコンの画面を注視しながら限界状態になるまでフロントブリッジを実施する
- ③ 実験協力者が限界状態になる10秒前であると感じたとき、「そろそろ限界です」と実験監督者に申告する。その後、実験協力者がなし群であるときは、何も提示をせず、カウントダウンあり群であるときは、5秒経過後に14秒のカウントダウンを画面上に提示する
- ④ 実験協力者が限界状態であると感じたとき、フロントブリッジを終了する
- ⑤ 実験協力者に対し、5分ほどストレッチをしながらリラックスしてもらう
- ⑥ ②に戻り、1セット繰り返す
- ⑦ 実験協力者に対し、実験終了後にストレッチをもらい、体調や出来等に関するアンケートに回答してもらう
- ⑧ アンケート回答後に実験協力者に対して記録を伝える

4.3 実験結果と考察

実験は、大学生10名（うち9名が男性、1名が女性）を対象に合計11日間にわたって実施した。実験協力者10名（A～J）の11日間の実験のうち、試験フェイズ（1, 3, 5, 7, 9, 11日目）の結果を図2, 3に示す。グラフ内の数値は、フロントブリッジを実施した時間を表しており、単位は秒である。実験協力者A～Eはカウントダウンあり群であり、F～Jはカウントダウンなし群である。

また、それぞれの実験協力者の1日目と最高記録との伸び率を表1に示す（太字になっている実験協力者C, D, E, I, Jは普段から筋トレなどのトレーニングを行っていた）。ここで、伸び率の計算は①の式の通りで求められる。

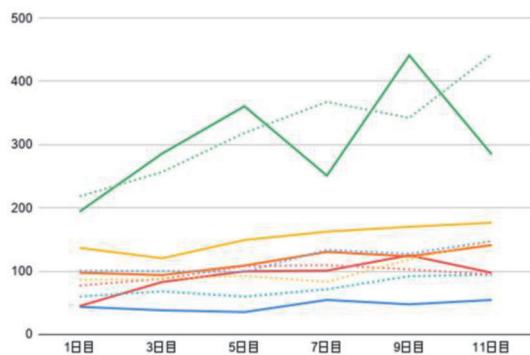


図 2 1回目のフロントブリッジの実施時間 (秒)

$$(伸び率[\%]) = \frac{(最高記録) - (1\text{日目の記録})}{(1\text{日目の記録})} \quad \dots \text{①}$$

なお、「目標勾配効果」により、実験最終日であるため頑張ろうという考えが起きることによって、記録が伸びやすくなることを考慮し、以降の分析では、最終日である 11 日目は除外する。

結果として、どの実験協力者も 1 日目と比べて記録が伸びている傾向があることが分かる。実験協力者 A と F, G, H については、平均的に伸びており、これらは数日間の筋力トレーニングを実施した結果、能力がわずかであるがついにいたためであると考えられる。実験協力者 B, D の 1 回目や E の 2 回目のそれぞれの記録で極端に記録が上昇しており、能力向上による記録の上昇と考えるには伸びすぎているのではないかと考えられる。実際、実験協力者 D は普段から筋トレをしていてもともと基礎力がついているため、トレーニングフェイズにて「カウントダウン」を提示する日を挟むことによって、限界状態が変化しているのではないかと考えられる。一方、カウントダウンなし群の実験協力者 F, G, H は実験協力者 D のような極端に記録が上昇している日はほぼない。

実験協力者 G の 5 日目の 1 回目のフロントブリッジを実施した後のインタビューにて、「まだいけそうだった」と感想を述べていた。加えて、自由記述のアンケートで「自身は限界だと感じていたが終わりのアナウンスが来なくてつらかった」という回答もあった。これは適切な限界状態であるタイミングで判断できていない可能性が考えられる。

今回は試験フェイズにおいて、フロントブリッジの終了タイミングとして、限界状態であると実験監督者が判断している。その基準として、「腰が下がっている・上がっていること」をブリッジ中に実験協力者に伝えているが、それに対する実験協力者の反応が、一切なかったもしくはほとんどなかった場合に限界状態であると判断するようにしていたとはいえ、インタビューやアンケートにて、「まだいける」や「終わりのアナウンスが来なくてつらかった」という回答を得られていることから、ユーザごとに限界状態である判

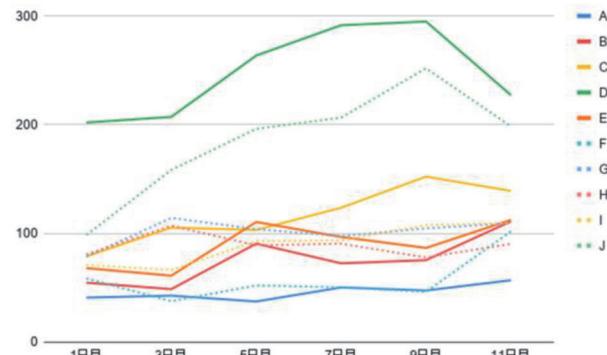


図 3 2回目のフロントブリッジの実施時間 (秒)

表 1 フロントブリッジの伸び率

(左 : カウントダウンあり群, 右 : カウントダウンなし群)

	1回目		2回目			1回目		2回目		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
A	24.91%	38.82%				57.85%	73.61%			
B	177.88%	37.77%				46.27%	45.10%			
C	29.01%	92.77%				41.68%	32.76%			
D	127.09%	45.97%				70.99%	54.29%			
E	44.70%	65.01%				102.66%	155.51%			

断基準がぶれてしまっているのではないかと考えられる。

一方、実験監督者は同じような判断基準で限界状態を判断しているが、実験協力者ごとに体の振る舞いに個人差があるため、限界状態であると判断する基準がぶれてしまったことも考えられる。そこで今後は、限界状態の判断基準についてより厳密に定義するもしくはユーザごとに判断基準を変化させる必要があるのではないかと考えられる。また、将来的にはシステム化を目的としているため、人ではなくシステムによって判断させることも考えられる。

フロントブリッジ実施後の自由記述のアンケートにて、「カウントダウンが見えた瞬間、力が湧いてきた」、「カウントダウンが 0 になってから数秒長くブリッジしようと思った」という意見が出ており、「カウントダウン」によって目標勾配効果を誘引することで、限界状態を変化することができている可能性が示唆された。

5. 実験 2: キリの悪いカウントダウンの効果

ユーザが限界状態になった時に、キリの良い「カウントダウン」と比べて、キリの悪い「カウントダウン」を提示することで、記録が伸びやすくなるかの検証を行うため、実験を行った。

5.1 実験概要

本章では、任天堂より発売されている「リングフィットアドベンチャー」に同梱されている、「リングコン」を用いて実験を実施した。リングコンの特徴である反発の強さを利用して、両手で押し込む状態を限界までやってもらう試行

表2 実験協力者ごとの申告後に実施した時間とカウントダウンが終わるまでの誤差

	手法	カウントダウンとの差	楽さ	限界突破	試行順		手法	カウントダウンとの差	楽さ	限界突破	試行順		手法	カウントダウンとの差	楽さ	限界突破	試行順
A	無し手法	-13.159	4	5	1	B	無し手法	-11.466	5	6	1	C	無し手法	-15.826	4	4	1
	10C手法	0.946	3	2	2		10C手法	-13.608	2	2	4		10C手法	10.188	6	6	3
	9C手法	-12.348	5	4	6		9C手法	-18.339	1	1	6		9C手法	0.941	3	1	5
	11C手法	-13.653	6	6	5		11C手法	-7.987	3	3	5		11C手法	3.074	5	5	2
	1000C手法	1.191	2	3	4		1000C手法	-17.386	4	4	3		1000C手法	29.685	1	2	4
	12501C手法	-8.499	1	1	3		12501C手法	-14.598	6	5	2		12501C手法	0.748	2	3	6
D	無し手法	-22.57	6	6	1	E	無し手法	-20.567	5	5	1	F	無し手法	-18.527	1	6	1
	10C手法	27.126	4	1	6		10C手法	-17.081	4	3	4		10C手法	2.121	5	4	4
	9C手法	4.521	3	2	2		9C手法	-19.651	6	6	3		9C手法	5.221	4	5	5
	11C手法	14.663	5	5	3		11C手法	-16.665	3	2	5		11C手法	1.283	6	3	6
	1000C手法	16.159	2	3	5		1000C手法	-17.577	2	4	2		1000C手法	0.904	3	2	3
	12501C手法	10.224	1	4	4		12501C手法	-4.673	1	1	6		12501C手法	0.766	2	1	2
G	無し手法	-18.491	6	5	1	H	無し手法	-19.092	3	6	1	I	無し手法	-6.457	1	2	1
	10C手法	-10.887	4	6	2		10C手法	-0.969	5	1	6		10C手法	26.476	5	5	5
	9C手法	0.829	3	3	5		9C手法	-7.473	4	3	4		9C手法	1.17	4	1	2
	11C手法	0.794	5	1	3		11C手法	-18.417	2	5	2		11C手法	16.763	6	3	4
	1000C手法	0.633	2	2	6		1000C手法	-12.344	1	2	5		1000C手法	14.384	3	6	6
	12501C手法	0.744	1	4	4		12501C手法	-10.398	6	4	3		12501C手法	47.402	2	4	3
J	無し手法	-14.532	1	6	1	K	無し手法	-18.115	1	6	1	L	無し手法	-28.527	3	2	1
	10C手法	2.001	2	3	2		10C手法	1.339	5	1	3		10C手法	-15.865	5	5	4
	9C手法	6.435	3	4	4		9C手法	2.137	5	1	6		9C手法	-16.573	2	4	6
	11C手法	1.596	4	5	6		11C手法	1.031	4	3	2		11C手法	-17.031	6	6	3
	1000C手法	3.518	5	2	3		1000C手法	0.638	2	5	4		1000C手法	-15.45	1	3	5
	12501C手法	1.234	6	1	5		12501C手法	0.531	3	4	5		12501C手法	-18.157	4	1	2

を1回とし、各試行終了時に4分程度の休憩を、3試行終了後に10分程度の休憩を挟みつつ6試行やってもらった。また、各試行終了時に、各試行の実施した体感時間を回答してもらい、すべての試行終了後にどの試行がやるうえで「楽だったか・限界までできたか」について順位をつけてもらうようなアンケートに回答してもらった。実験協力者に対して、限界まであと10秒である感じたときに申告すること、実験中は常に画面を注視することを指導した。

パソコンの画面上には、4章のシステムと似たものが表示されている。また、キー入力してから5秒経過後に画面上にカウントダウンが新しく表示される。カウントダウンが終了すると、カウントダウンそのものが消える。設定次第で、カウントダウンが表示されるときもあればされないときもある。

今回の実験では、4章の実験で限界突破には10秒では不十分であったことを考慮し、25秒間のカウントダウンを内部で行い、「カウント無し」、「9カウント」、「10カウント」、「11カウント」、「10000カウント」、「12501カウント」の6種類のカウント手法を用いて検証を行った。なお以降、各手法については「カウント無し」を「なし手法」、「10カウント」を「10C手法」、「9カウント」を「9C手法」、「11カウント」を「11C手法」、「10000カウント」を「10000C手法」、「12501カウント」を「12501C手法」のように記述する。

実験協力者は、男子大学生12名(19~25歳)であった。

5.2 実験結果と考察

表2は、実験協力者12名の(A~L)の「なし手法」を除く各手法で実施した時の、限界が訪れたタイミングと、カウントダウン表示が終わる時間との差(カウントダウンとの差と表記)について、楽である・限界までできたと感じた「順

位」と、試行順をまとめたものである。「カウントダウンとの差」とは、カウントダウンの表示が終わる時間との差のことであり、25秒分のカウントダウンは「あと10秒で限界である」と実験協力者が申告した5秒後に提示されるため、実際は30秒を引くことで計算し、カウントダウンの終了と比べて実験協力者がどのような様子で実施していたかわかるようになっている。この値が正であれば、カウントダウンの表示が終わっても実施した時間を表しており、負であれば、あと何秒でカウントダウンの表示が消えるのかを表している。図4,5は各手法の評価ランキングでそれぞれ「楽さ」、「限界突破できたか」について選択された順位の数を表している。

表2について「なし手法」に着目すると、ほかの手法と比べて「あと10秒で限界である」と感じた時からの実施時間が短い傾向にあることが分かる。中にはあと10秒といったにもかかわらず、10秒実施できていない実験協力者もいた。一方、カウントダウンの提示がされたときは、10秒以上実施しており、限界を超えていた様子が見られた。これらのことから、カウントダウンを提示することによって「限界突破」を促すことができていたことが4章の実験と同様に分かった。

図4について、各手法の中で楽であると感じた中で1位と2位のものに着目すると、「1000C手法」と「12501C手法」の評価が高いことがわかる。これはカウントダウン自体がすべて同じ25秒であり、「9C手法」や「10C手法」と比べて、カウントの減る速度が非常に速いため、より目標に近づいている感じが強くなり、「楽さ」に関して評価が高くなつたのではないかと考えられる。一方で、「9C手法」と「10C手法」と「11C手法」は減る速度が遅いため、カウントダウ

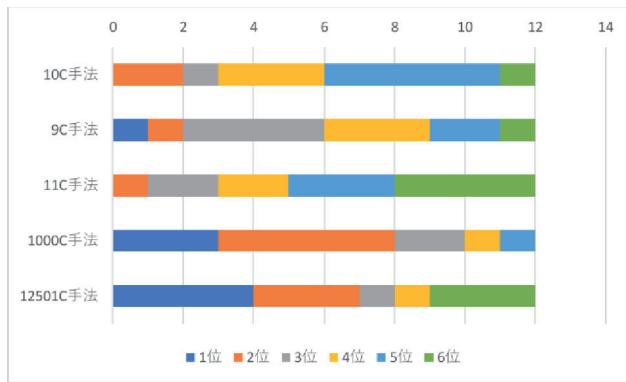


図 4 各手法についての楽さの評価ランキング

ンが減らない焦りから、「楽さ」の評価が低くなったのではないかと考えられる。

図 5 について、各手法の中で一番限界までできたと感じた中で 1 位と 2 位のものに着目すると、楽さと同様に「1000C 手法」や「12501C 手法」が、評価が高くなっていた。しかし、「12501C 手法」の中には 4 位を選択した実験協力者が 5 名もいた。カウントダウンが表示されたときにどう思ったかの自由回答にて「あまりにも大きい数字でびっくりした」という意見がいくつかあり、限界状態の時に「12501」のような大きな数字が表示されたため、無理だと思ってあきらめた実験協力者がおり、その結果限界までできたとあまり思えなかつたのではないかと考えられる。

「カウントダウンとの差」がすべて正であるユーザは基本的にどの手法を使っても、限界突破を促すことができているため、手法による差がないことが分かる。そこでここからは、すべて正でない実験協力者 A, B, E, G, H, L に着目して分析を行う。ここで、一番長くやっていた手法に着目したところ、手法間で「カウントダウンとの差」に違いはなく、手法間で分散分析を行った結果でも、どの手法間でも有意差は認められなかった。

記録を見てみると「9C 手法」が一番限界突破できていたことがわかった。記録の面では、カウントダウンが終わるまで実施できない実験協力者には手法間で差はなかったが、カウントダウンが終わるまで実施できた実験協力者は「9C 手法」が一番限界突破できていたことが分かった。

以上のことから、今回の実験では、主観的には「12501C 手法」が一番楽に限界突破を促せられたという結果が示されたが、手法間に有意差はなく、わずかな差である可能性があるため、実験協力者を増やし、また同一の実験を複数回繰り返したうえで、改めて分析を行う予定である。

6. プロトタイプシステム

4, 5 章での実験結果から、11 日間実験を実施したうえで「カウントダウン」を用いて目標勾配効果を誘引することで基礎力の向上ができる傾向が見られたことと第三者の人間が限界状態の判断基準が個人差によりぶれてしまうこと、

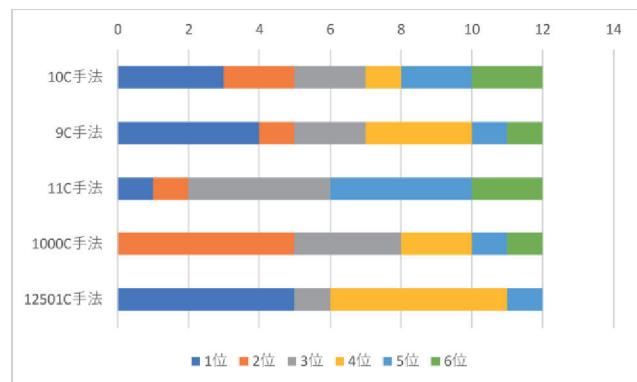


図 5 各手法についての限界突破感の評価ランキング

大きな数字で中途半端な「カウントダウン」が一番限界突破を促させていたことを踏まえて、限界状態の判定を自動化したプロトタイプシステムを作成した。

6.1 限界状態の検知

システムによって限界状態を検知する方法を模索するために、予備調査にて、著者の所属する研究室の学生 4 名を対象に限界と感じるまで適切な体勢を取りフロントブリッジ（図 1-a）を実施してもらい、その様子を観察した。その結果、限界である状態になったとき、全身が震え始め、腰の位置が上下しやすくなる傾向があることがわかった。フロントブリッジにおいて、一番効果的な姿勢は足から首筋までが床と平行になるようにすること、肘を 90 度に曲げることが適切とされている。そのため、限界に近づくと姿勢の維持が難しくなり、腰を上げたり下げたりすると、負担が軽減されるためと考えられる。

そこで、本研究ではフロントブリッジを行っているときの腰の位置に着目し、腰の位置を取得することで、ユーザの「限界状態」を取得することができるのではないかと考えた。予備調査の結果を踏まえて、フロントブリッジにおける、ユーザの限界状態を検知することができるプロトタイプシステムの実装を行った。

6.2 実装

一般的に、体幹トレーニングは一人で気軽にできることが利点であるため、その利点を損なわないようにプロトタイプシステムの実装を行った。ユーザの限界状態を腰の位置を用いて取得するため、腰の位置をトラッキングする必要がある。そのため AR を用いてトラッキングすることとした。AR を用いた理由としては、カメラとマーカーを用意するだけでトラッキングすることが可能だからである。実装にはパソコン上で動作する、Unity を用いてアプリケーションを作成した。AR でのマーカ検知の実装には Unity に標準搭載されているライブラリ Vuforia を用いた。

本システムでは、あらかじめユーザの腰に AR マーカを装着してもらい、それをノートパソコンに標準搭載されている内蔵カメラ等を用いて、AR マーカをトラッキングする。トラックできていれば、マーカ上に青い球体が表示され、AR



図 6 マーカをトラックしている様子 (A), 一定の閾値を超えた時の様子 (B)
カウントダウンが表示されている様子 (C), 使用したマーカ (D)

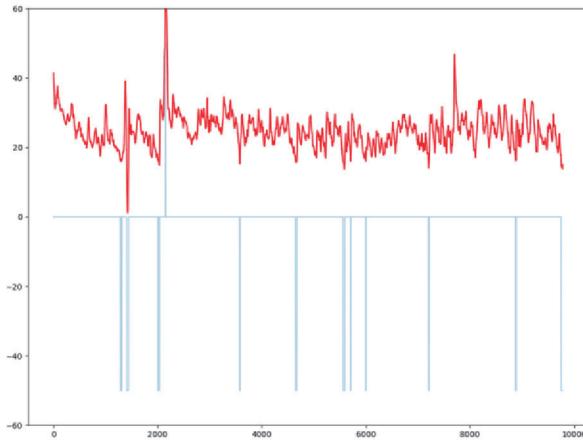


図 7 実験協力者の腰の高さの変化の様子
(緩めの条件)

マーカが空間上でどの位置にいるかを取得する(図 6A). フロントブリッジを開始した腰の位置を記録しておき、一定の閾値だけ開始位置からずれた場合、アプリケーション上にズれていることを提示する(図 6B). 一定時間以上または一定時間以上の頻度で閾値以上に腰の位置が初期位置からずれたとき、限界状態であるとみなし、アプリケーションの画面上にカウントダウンを提示する(図 6C). 内部では分析のために、画面内における腰の位置を30Hzで記録している。

6.3 限界検知の検証

どのような閾値設定が「限界状態」の検知に適しているかを検証するために大学生4人を対象に検証を行った。

図7は実験協力者の画面内における腰の高さの値の変化の様子を表した赤いグラフとその値が上もしくは下に一定の閾値を超えたタイミングを表した青いグラフが描画されている。また、オレンジのグラフはカウントダウンが表示されているとき、値が増加する。横軸は時間を指し、30あたり1秒となっている。一定の閾値以上を上もしくは下に腰の高さがズれているときに青いグラフが上もしくは下にズれており、閾値より超えていることが検知できていることが分かる。実験協力者はフロントブリッジを実施するときに腰の高さが上下に激しく動いている様子が赤いグラフから分かるが、限界状態を検知できていないことが分かる。

図8は、図7の条件と比べて閾値を厳しく設定したものである。閾値が厳しすぎて、すぐにカウントダウンが提示さ

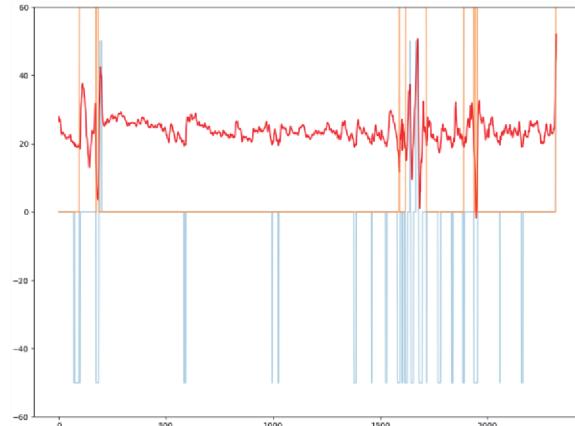


図 8 実験協力者の腰の高さの変化の様子
(厳しめの条件)

れてしまっている様子が見られた。急にカウントダウンが提示されていて、実験協力者が困惑している様子が見られた。以上のことから、限界状態であると検知する条件が緩すぎず、厳しすぎないものが望ましいと考えられる。

また、今回使用したマーカがライブラリの認識精度の高いものを採用したため非常に複雑なもの(図6D)を使用していたため、カメラの性能上、図6のように接写してトラックする必要があった。結果、トラック精度は高いことは問題ないが、適切な「限界状態」を検知できていなかった可能性がある。改善策として、マーカを単純なものにしたうえで、カメラとマーカを離した状態でトラックすることがよいのではないかと考えられる。また、それにより全身を映すことができるようになるので、全身の状態をトラックすることができるようになり、より正確な「限界状態」を検知できるのではないかと思われる。

以上の2点を改善点として、今後システムを改良し、実用的な実験を実施していく予定である。

7. まとめ

本研究では、ひとりで行う筋力トレーニングではモチベーションや質を高くできないことに着目し、これらを支援する必要があると考え、目標勾配効果を誘引する「キリの悪いカウントダウン」を表示することで、限界状態の変化を促

すことによって質の向上つまり基礎力の向上を促す手法を提案した。また2つの実験を実施することにより、その有用性を検証した。ここでは11日間にわたる実験を行った結果、普段から筋力トレーニングを実施している人の方が、限界状態を変化させることができることが出来ていることがわかった。一方で、第三者による限界状態を判定は個人によって振る舞いが異なるため、検知することは難しいこともわかった。また、カウントダウン手法の中でどの手法がよいかの検証を行った結果、主観評価では「12501C手法」、客観評価では「9C手法」が最も限界突破を促せている傾向が見られたことが主観評価からわかった。さらにプロトタイプシステムの実装を行ったが、実用にはまだ不十分な点があり、システムの改良が必要であることわかった。

今回はカウントダウンについて、同じ時間内でのカウント数について検証を行ったが、同じカウント速度内でのカウント数による限界突破が促せるかどうかの検証ができていない。そこで今後はこうした点について検証したうえで、プロトタイプシステムを使った4章のような長期的な実験を実施し、それについての提案手法の有用性について検証を行っていく予定である。また、今回はユーザの腰の位置といったような物理的な指標をもとに限界状態を検知する手法でやってきたが、筋肉の動きや体温などの生理的な指標を用いて検知可能かについての検証も行う予定である。生理的な指標を用いることで、各種健康に関するサービスと連携して、より効果的に限界突破を促せる手法についても検討していく予定である。

参考文献

- [1] 明治安田生命「健康」に関するアンケート調査を実施！
https://www.meijiyasuda.co.jp/profile/news/release/2019/pdf/20190905_01.pdf, (最終閲覧日 2020年2月17日)
- [2] 健康日本21（第2次）の推進に関する参考資料
https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21_02.pdf. (最終閲覧日 2019年12月12日)
- [3] フィットネスクラブ経営業者の実態調査
<https://www.tdb.co.jp/report/watching/press/pdf/p180906.pdf>, (最終閲覧日 2019年12月1日)
- [4] Fitness – worldwide | Statista Market Forecast
<https://www.statista.com/outlook/313/100/fitness/worldwide#market-globalRevenue>, (最終閲覧日 2019年12月1日)
- [5] Thompson RF, Spencer WA. Habituation: A model phenomenon for the study of neuronal substrates of behavior. *Psychological Review*, Vol.73, Issue 1, pp.16–43, 1966.
- [6] Ran Kivetz, Oleg Urminsky, Yuhuang Zheng: The Goal-Gradient Hypothesis Resurrected: Purchase Acceleration, Illusionary Goal Progress, and Customer Retention, American Marketing Association, *Journal of Marketing Research*, Vol.43, Issue 1, 2006.
- [7] Stiving, Mark and Russell S. Winer: An Empirical Analysis of Price Endings with Scanner Data, *Journal of Consumer Research*, 24, Vol.24, No.1, pp.57-67, 1997.
- [8] 田部浩子, 吉廣卓哉, 井上悦子, 中川優: 生活習慣病予防のための競争意識を利用した歩行継続支援システム. *情報知識学会誌*, Vol. 21, No. 1, pp. 37-53, 2011.
- [9] 佐藤彩夏, 横窪安奈, 椎尾一郎, 曇本純一: 運動促進のための開放型空間における協調型エクサゲームの設計指針, *情報処理学会論文誌*, 57(12), 2554-2564, 2016.
- [10] 伊藤淳子, 桑野優基, 宗森純: フォトウォークとSNSの利用による運動継続支援システムの提案と適用, *情報処理学会論文誌*, Vol. 57, No. 1, pp. 294–304, 2016.
- [11] 佐藤拓未, 田中雄大, 横山梨香, 二見亮弘: アスリート用トレーニング支援システムの開発, *電子情報通信学会技術研究報告*, MBE (ME とバイオサイバネティックス) 110(460), 75-80, 2011.
- [12] 遠峰結衣, 清野諭, 田中泉澄, 北村明彦, 新開省二: 高齢者の運動習慣形成のためのスクワット・チャレンジの構築, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム2017論文集, pp.1867-1874, 2017.
- [13] 駒田潤, 大場みち子: 目標勾配効果を活用した学習支援システムの開発, 第81回全国大会講演論文集, 2019 (1), 735-736, 2019.
- [14] Cynthia E. Cryder, George Loewenstein, Howard Seltman: Goal gradient in helping behavior, *Journal of Experimental Social Psychology*, Vol.49, 1078–1083, 2013.
- [15] レース目前、マラソンで勝負強い人の5つの傾向
<https://www.nikkei.com/article/DGXZZO62298420Y3A101C100000/?df=4>, (最終閲覧日 2020年2月20日)