

Title	ランニングのためのフローメソッドデザイン
Sub Title	Design of flow-method for running
Author	清水, 光二(Shimizu, Kōji) 南澤, 孝太(Minamizawa, Kōta)
Publisher	慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科
Publication year	2019
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2019年度メディアデザイン学 第761号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40001001-00002019-0761

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

修士論文 2019年度

ランニングのためのフローメソッドデザイン



慶應義塾大学
大学院メディアデザイン研究科

清水 光二

本論文は慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科に
修士(メディアデザイン学)授与の要件として提出した修士論文である。

清水 光二

研究指導コミッティ：

南澤 孝太 教授 (主指導教員)

前川 マルコス貞夫 専任講師 (副指導教員)

Roshan Peiris 訪問講師 (副指導教員)

論文審査委員会：

南澤 孝太 教授 (主指導教員)

前川 マルコス貞夫 専任講師 (副指導教員)

Roshan Peiris 訪問講師 (副指導教員)

修士論文 2019年度

ランニングのためのフローメソッドデザイン

カテゴリ：デザイン

論文要旨

近年、ランニング人気は高まっており、ランナーは増加の一途をたどっている。ランニングを極めるとランナーズハイという境地に達することがある。このランナーズハイとは、一般的にはフローと呼ばれる現象である。フローとは、人間のパフォーマンスを格段に上昇させ、何よりもフローを経験すると最高の充実感が得られると言われている。ランニング本質はこのフローであることが明らかである。しかしながら、このランナーズハイを経験することはトップランナーでさえ一生のうちに数回だと言われている。まして一般のランナーであれば、到達することはほぼ不可能である。多くのランナーはランナーズハイに到達するまでの過程でマイクロフローを体験している。本研究では、このマイクロフローに焦点を当て、初心者ランナーや一般ランナーがこのマイクロフローを容易に体験することを誘発させるシステムを提案する。

キーワード：

フロー, ランニング, ランナーズハイ, 心拍, ポジティブ, 幸福, 聴覚フィードバック

慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

清水 光二

Abstract of Master's Thesis of Academic Year 2019

Design of Flow-Method for Running

Category: Design

Summary

In recent years, Running are getting popular, and the number of runners is increasing. If you run extremely, you may reach a place called Runner's High. This runner's high is a phenomenon generally called flow. It is said that flow enhances human performance dramatically, and most of all, experience of flow gives the best sense of fulfillment. It is clear that the running essence is this flow. However, it is said that even the top runners experience this runner's high several times in their lifetime. Even more ordinary runners are almost impossible to reach. Many runners experience micro-flow in the process of reaching Runners High. In this research, we focus on this micro-flow and propose a system that induces beginner runners and general runners to experience this micro-flow easily.

Keywords:

Flow, Running, Runner's High, Heart Rate, Positive, Well-Being, Audio Feedback

Keio University Graduate School of Media Design

Koji Shimizu

目 次

第1章 序論	1
1.1. ランニング体験	1
1.2. 近年のランニング人口増加	1
1.3. ランニング効果とビジネス	2
1.4. 本論文の目的	3
1.5. 本論文の構成	4
第2章 関連研究	5
2.1. フロー	5
2.2. フローとスポーツ発展	8
2.3. フローを生み出す技術	9
2.4. ランニングを取り巻く技術	10
2.5. ランニングにおけるフロー	12
2.6. ランニングにおけるフロー体験事例	14
2.7. 聴覚刺激による行動変容	16
2.8. 本章のまとめ	18
第3章 コンセプト	20
3.1. 課題設定	20
3.2. ランニングにおけるフローメソッドデザインのためのシステム設計	21
3.3. オーバーペーストとは	22
3.4. 音による身体運動コントロールの事例	23
3.5. 効果的な聴覚刺激	23
3.6. ユースケースシナリオ	24

3.7. プロダクトの完成形	24
第4章 提案システムと評価実験	26
4.1. 提案システム	26
4.1.1 エクスペリエンスデザイン	29
4.2. 評価の目的	30
4.3. 実験実施	30
4.4. 実験結果	34
4.4.1 実験結果1：被験者の心拍変動	34
4.4.2 実験結果2：被験者の心拍同期	37
4.4.3 実験結果3：被験者の主観評価	40
4.5. 考察	42
4.6. ランニングでの検証	43
第5章 本論文のまとめ	45
謝辞	48
参考文献	49

目 次

1.1	Nike ¹	4
2.1	The challenge/skill ratio chart from (Csikszentmihalyi, 1997)	8
2.2	ORPHE TRACK ²	11
2.3	ランニング過程	14
2.4	ASICS Blackout Track ³	15
2.5	オーディオフィールドバックシステム ⁴	16
3.1	ランニング過程	21
4.1	システム概要	27
4.2	開発したデバイス	27
4.3	ウォーミングアップ風景	31
4.4	心拍計装着状態	32
4.5	実験風景 1	32
4.6	実験風景 2	33
4.7	被験者全体平均：心拍変動	35
4.8	被験者 A：心拍変動	35
4.9	被験者 B：心拍変動	36
4.10	被験者 C：心拍変動	36
4.11	被験者 D：心拍変動	37
4.12	被験者 A：心拍同期	38
4.13	被験者 B：心拍同期	38
4.14	被験者 C：心拍同期	39

4.15	被験者 D : 心拍同期	39
4.16	主観評価アンケート結果	40
4.17	野外でのランニング実験	43
4.18	心拍変動	44

表 目 次

4.1	被験者属性	34
4.2	被験者ランニングパターン実施順	34
4.3	カルボーネン方式による運動強度	42

第 1 章 序

論

1.1. ランニング体験

著者は、中学生から大学生3年生までの10年間陸上競技に没頭した。その競技人生の中で最も深いランナーズハイに達した経験がある。ランナーズハイとは、マラソンやジョギングを行うと通常、次第に苦しさが増すが、それを我慢し走り続けるとある時点から逆に快感・恍惚感を感じる状態である。著者はその時の感覚は今でも忘れない。著者が、17歳の高校生だった時だ。著者は、陸上競技部に所属しており、冬季練習で走り込みを行なった。その日は、300m20セットという練習メニューであった。通常セット数を重ねるごとに、タイムは遅くなっていくものである。著者は、15セット目でその日の最高タイムを記録した。後続のランナーを30m以上引き離しゴールした。その時の感覚は、どこまでも疲労感なくいつまでも走っていける感覚であった。そして、何よりも快感と多幸福感に包まれる状態であった。これは、まさにランナーズハイであること実感した。著者は、陸上競技を10年間続けてきた。そこで、多くの友人や知人に「走って何が楽しいのか？」という質問を幾度となく投げかけられた。著者は、いつもその質問に対して言語化し、明確な返答することができなかった。今、その質問の答えはランナーズハイ、走ることによって引き起こされる集中状態なのではないかと考えられる。

1.2. 近年のランニング人口増加

近年、ランニングがブームになっている。東京マラソンが開始された2007年には、95000人の応募、抽選倍率が3.1倍であった申し込み件数が、2019年には33

万人超の応募件数があり抽選倍率は約 12.1 倍に増加している。笹川スポーツ財団「スポーツライフに関する調査報告書」(2016)¹によると、週 2 回以上のジョギング・ランニング実施率の推移は 2006 年から右肩上がりが増加し、2012 年をピークにそれ以降はほぼ横ばいであるが、それでも 2000 年初等に比べると高水準を維持している。また、2020 年に東京オリンピック開催の影響でスポーツに対する関心が高まっている。スポーツの中でも気軽に開始できるランニングは人気のアクティビティとなっている。

1.3. ランニング効果とビジネス

ランニングすることでの効果について述べる。ランニングの健康上の効果としてリーら [1] の研究によると、ランニングする人と、まったくランニングしない人を比較した場合、早死のリスクは前者が後者よりも 20~40% も低く、平均寿命も同様に 3 年近く長くなるという。さらには、ランニングのスピード、距離、頻度、喫煙、飲酒などの生活習慣や肥満度に関係なく効果はあると追われている。また、ジェームズらの研究 [2] の研究によると、50 歳以上で、数年にわたり定期的にランニングを実施する人々は、活動的でない人々と比較して身体の障害が少なく、健康寿命が長く、早期死亡リスクが 50 % 少ないことが明らかとなった。Maheedhar ら [3] の研究は、ランニングが認知、順行性記憶の形成、および気分を改善し、海馬の神経発生を強化することを発見した。また、ホプキンズら [4] の研究によると、定期的な運動によって幸福感は高まるのかという実験を実施した。普段運動していない人でも、運動した当日は幸福感が増加したという。つまり、ランニングを継続して行うことは脳の発達や幸福感に繋がると考えられる。実際に、「心を整えるランニング」[5] では優秀なビジネスマンほど有酸素運動に日頃から取り組んでいると言われている。ランニングにはマインドフルネス効果があり、健康で満ち足りた人生を取り戻すために、誰でも手軽に取り組める絶大な効果のある手法であるとされている。ランニング時は、様々なことを考えている内に無に近い状態に入っていく、そしてに日常の細かいあれこれが引き飛んで、目の前の道を見

1 <https://www.ssf.or.jp/research/slldata/tabid/381/Default.aspx>

つめ走るということだけに集中する感覚がえられる、その感覚は、今ここに意識が集中する状態に近いと言われている。それこそがチクセントミハイが提唱した目の前のことに没頭している状態フローである。フローとは、人々に幸福感を与える体験である。近年、ランニング人口増加に伴いランニングに関するビジネスの発展も目覚ましい。マラソンといえば、東京マラソンが有名ではあるが、地方マラソン人口も増加傾向にある。市民ランナーの間で1周5kmの周回コースでノンストップでランニングを楽しめることの利便性からランニング聖地化されている皇居。この皇居周辺には、ランニングステーションまたは、ランナーズステーション、通称ランステと呼ばれるランナー目毛の施設が数多く設置され大きなビジネスとなっている。また、ランニングにとって必須であるランニングシューズ販売する企業も商品のプロモーションと同時に最新の感覚ランニング体験を提案している。NIKE²はマニラの中心地であるボナフォシオ・グローバル・センタ(BGC)に2016年8月5日から21日まで期間限定で陸上トラック、アンリミテッドスタジアム(UNLIMITED STADIUM)をオープン。252平米ものLEDスクリーンを使用した200メートルの無限ループ状のトラックはNIKEの新作シューズのソールをモチーフにしている。RFIDシステムを用いてラップタイムを計測、1周前のラップタイムでLEDディスプレイに出現するアバターと併走、ラップ数が増加するごとにアバターも成長する。ランナーは自己ベストを更新するためアバター(自分)に挑戦することが可能なランニングエンターテイメントである。³

1.4. 本論文の目的

本論文の目的は、ランニングという最もシンプルなスポーツにおいてランニング初心者の人が、ランニングの楽しさをフローの観点から簡単に体験する手法を提案することである。フローとは、人々に幸福感を与える体験である。このフローは実生活でも現れるが、スポーツにおいてトップアスリートが体験するゾーン現

2 <http://blog.birdman.ne.jp/report/report-on-nike-unlimited-stadium/>

3 <https://www.youtube.com/watch?v=F67V5J40hv8>

4 <http://blog.birdman.ne.jp/report/report-on-nike-unlimited-stadium/>

図 1.1 Nike⁴

象である。現在のスポーツ，このフローにより成長してると言っても過言ではない。そのスポーツの中でもフローを簡単に体験できると言われているスポーツがランニングであると言われている。

1.5. 本論文の構成

第1章では，ランニング人気の高まりとその効果について紹介し，本論文での目的を示した。第2章では，フロー理論についてより具体的に言及し，フロー理論とスポーツの関係性やフロー理論をランニングに応用するための技術や研究を示し，本論文の立ち位置や貢献を示す。第3章では，課題設定とランニングにおいてマイクロフローを誘発する体験のコンセプトについて言及しプロダクトの完成形を示す。第4章では，プロダクトの評価実験を実施しプロダクトの効果検証を実施する。最後に，第5章で本研究のまとめと，今後の展開可能性について述べる。

第 2 章

関 連 研 究

2.1. フロー

フローとは、時間を忘れるほど目の前のことに夢中になって、集中している状態のことである。この状態になると、いつもよりずっとスムーズに仕事が進み、パフォーマンスが格段に向上し、そして何より最高の充実感を味わうことができるようになると言われている。世羅 [6] らは、フロー状態に入ると次の効果があると述べている。

- 創造性・課題解決能力が4倍になる
- 新しいスキルの学習スピードが2倍になる
- 痛みや疲労を感じなくなる
- モチベーションを高める5つの神経物質が放出される(ノルアドレナリン, ドーパミン, エンドルフィン, アナンダミド, オキシトシン)

平均的な、ビジネスマンは1日労働時間(8時間)のうち、誰もが平均30分はフロー状態に入っているとされている。そして、仮にフロー状態に入る時間が30分から1時間半に増加するとその日の生産性が2倍に向上すると研究で報告されている。そもそも「フロー」という言葉を作り出したのは、シカゴ大学心理学科の元学長であり、現在はクレモント大学で教えるミハイ・チクセントミハイ [7] だ。ミハイは、「幸福」、「創造性」、「主観的な幸福状態」、「楽しみ」といった「ポジティブ心理学」を研究を行っていた。1960年代末、チクセントミハイは当時、幸福についての世界規模の研究をに取り組んでいた。その研究はこれまでで最大規模

の研究となろうとしていた。チクセントミハイが真に探求していたのは、人生の意味である。そこで、毎日の生活の中で、一どんな時に幸せを実感するのかインタビューを芸術家や音楽家、科学者、スポーツ選手に実施した。そうしてチクセントミハイがデータを研究した結果、ミハイは被験者たちが創造的な活動や高い技術力を必要とされる仕事などに没頭している時、疲れを知らず、時間の過ぎることさえ忘れ活動を続け、永続的な満足感を得られることを見出した。世界1幸せな人間、つまり自分の人生に最も多くの意味を見い出している人は、至高体験を最も多く経験している人だという結論に至った。ミハイが研究で行なったインタビューで、被験者たちは、最高のパフォーマンス可能な状態を放言する言葉としてフローという言葉を使用した。全てがうまくいけば、物事はたやすく、流動的で自動的に進んだ。つまり、流れる(フロー)感じがするということだ。そこで、チクセントミハイは、マズローが扱った至高体験という用語の代わりとして、フロー状態という用語を使用した。フロー状態を、ある活動に没頭しており他のことが重要だと思えない状態と定義した。自我は消え去る。時間は飛ぶように過ぎる。あらゆる動作や行動、考えは、ジャズの演奏のようにその前のものについて不可避免的に生じる。自分という存在すべてをその活動に注ぎ込み、自分のスキルを最大限に発揮している状態である。そしてフロー状態では、そうしたスキルが大幅に向上する。身体的スキル、知的スキル、心理的スキル、社会的スキル、創造的スキル、意思決定スキルなど、様々なスキルが向上する。マッキンゼーは10年間の調査で、フロー状態では生産性が最高で5倍向上すると経営者らが述べたことが明らかとなった。フローは創造性と協調性を協調性を高めることから、フロー率はとても重要な指標としてビジネスの分野で活用されている。チクセントミハイは、フローに入っている時には、共通している部分があることを発見した。チクセントミハイはデータを選別し、フロー状態を他の状態とははっきり区別する、10の中心的要素を抽出した。以下が、その10の要素である。

- 明確な目標：期待やルールが明確であり、目標は達成可能なレベルで、その人のスキルや能力とうまく一致している。さらに、挑戦のレベルとスキルのレベル両方が高くなければならない。
- 集中：限られた注意の対象に極度に集中する。

- 自己意識の消失：動作と意識が融合する。
- 時間感覚の変化：時間の主観的な感じ方が変わる。
- 直接的かつ即時のフィードバック：成功と失敗がはっきりとわかるので、必要に応じて行動を調整できる。
- 能力レベルと挑戦レベルのバランス：活動が易しすぎず、むずかしすぎない。
- 状況を自分でコントロールしている感覚。
- その活動自体が、内発的な報酬をもたらすため、動作がつかまらない。
- 身体的ニーズへの認識の欠如
- 没頭：意識が現下の活動に絞られる。

以上、10要素は、他の研究者らによって確かめられており、これまで検討された中でフローの実用的定義に近いとされる。前提条件として、フローは1つの時間的重なりとして存在するものなので、この10要素の中は1度に同時的に起こっている必要はないとされている。チクセントミハイは、こうした違う形のフロー状態を表す言葉として、「マイクロフロー」と「マクロフロー」という言葉を定義している。「マイクロフロー」の状態では、チクセントミハイ列挙した要素の1部だけが満たされている状態である。「マクロフロー」はその全てが重なりあっている状態を指す。また、チクセントミハイは人間の精神状態を8要素に定義した。縦軸に「Challenging Level (挑戦の難易度)」を、横軸に「Skill Level (自分の能力)」となる。8つの要素は、不安、心配、無気力、退屈、くつろぎ、コントロール、覚醒である。フロー状態では、チャレンジとスキルの相互関係においてスキルもチャレンジも高い場合にフロー状態になるとされている。つまり、行なっている作業に集中しており、かつそれが成功している状態であるということである。フローにおいてこの考え方が根底に存在する。

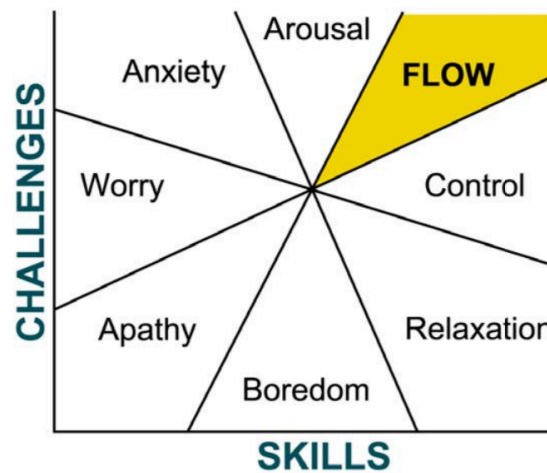


図 2.1 The challenge/skill ratio chart from (Csikszentmihalyi, 1997)

2.2. フローとスポーツ発展

次に、フローとスポーツの発展について述べる。スティーブン・コトラーは著書「超人の秘密」[8]においてフローは革新的な発見であり、その影響は大きい。フローはヒューマンパフォーマンスの限界など、あらゆる面について考え方を根本的に変えたと記している。Google、パタゴニア、マイクロソフト、エリクソンなどの大企業は自社の戦略や企業文化の重要な一部として取り入れるなるしている。最も影響があったのは、スポーツ業界である。ゴルフやテニスなど様々なスポーツ毎にフローが研究されている。1993年には、NFLのダラス・カウボーイズのヘッドコーチのジミー・ジョンソンが、チクセントミハイの研究は、自分たちのチームがスーパーボウルで勝つ力になってくれたと発言したことは有名である。テンブル大学のスポーツ心理学者であるマイケル・サックスはこのように述べている。「これまでにオリンピックの金メダルや世界選手権での優勝はどれも、その勝利の陰にはおそらくフロー状態があっただろう」。この流れの中で、多くのトップアスリート達フローを追求した。しかし、フローを追求したアスリート達の中で、最大の成果を上げてきたのは、エクストリームスポーツのアスリート達である。エクストリームスポーツとは、速さや高さ、危険さや華麗さなどの「過激な

(エクストリーム)」要素を含む離れ業を売りとするスポーツの総称である。具体的な例として、サーフィンやスキー、スノーボード、BMX、スケートボードなどである。エクストリームスポーツのような危険さがエネルギーになる活動を成功させるには、心理的な能力と知的な能力の両方で優れていなければならない。具体的には、根性、我慢強さ、勇気、創造性、回復力、協調性、批判的思考、パターン認識の素で発揮できなければならないと言われている。こうした多面的な能力は、私たちの子ども世代が21世紀で成功するために必要になる。現在の学校では教えてくれないが、社会では必須とされる能力である。研究者たちはそうした能力を21世紀型スキル [9] と名付けている。エクストリームスポーツはこの要素全てが求められる。15万年という人類の歴史の中で最近の30年間で、極限のヒューマンパフォーマンスであるエクストリームスポーツは指数関数的に記録向上を達成している。エクストリームスポーツの代表的なスケートボードやロッククライミング(ボルダリング)は2020年オリンピック公式種目に採択された。通常のスポーツであれば、フローというのは、パフォーマンスの高さを示す証明書だ。しかし、些細なミスが生死に直結するエクストリームスポーツでは、完璧であることが唯一の選択肢だ。そしてフローは、完璧であることを保証するものである。このようにエクストリームスポーツを筆頭にフローはスポーツの発展に多大な貢献をしている。最もフロー体験に容易なスポーツはランニングであるとされている。

2.3. フローを生み出す技術

ここでは、フローを生み出す技術の事例を紹介する。Tannerら [10] は、VR(Virtual Reality)を用いたフローを誘発する体験Flow Zoneを開発した。Flow Zoneは、フローの可能性を最大限に高めるように調整された洗練されたデザインにより、フローへの到達を容易にさせる。VRは、気晴らしを取り除き、プレイヤーの注意を目の前のことに集中させ、没入できる環境を構築するための媒体として使用されている。そのVRの特性を生かし音楽を用いた創造的な表現を中心としたゲーム要素と組み合わせられたクロスモダリティの強化は、フロー状態への合理化された道筋が示されている。

Christos ら [11] は、VR を使用して、ユーザーが実際に持っているよりも優れた機能を錯覚させる VPA（仮想パフォーマンス拡張）の研究を行なっている。ランニングとジャンプにおける VPA の方法を提案し、VR エクササイズゲームでのその効果を研究した。VR でのランニングとジャンプは、自然な体験を作成するために使用可能でき、没入型で動機付けられた方法で中程度から高程度の身体運動を引き出すこと体験を提供した。また、ランニングとジャンプを実質的に増強することで、内発的な動機、知覚能力の向上能力とフローの知覚が増強されたことが分かっている。

以上の研究から、ヘッドマウントディスプレイを利用したフロー状態の誘発は効果的であると考えられる。しかしながら、ランニングは固定の位置にとどまることは不可能である。ランニング行為そのものが新しい場所へ自分の物理的な身体を動かす行為であるためである。またヘッドマウントディスプレイを装着した状態であれば、装着部にずれが生じることから装着感が損なわれる問題点が考えられる。

2.4. ランニングを取り巻く技術

ランニングにおける最新技術について見ていく。ランニングに発展に伴い、ランニング体験を向上させる技術や新しい技術が登場している。ORPHE TRACK¹はランニングを変えるスマートフットウェアである。スマートフットウェア ORPHE（オルフェ）シリーズを開発する株式会社 no new folk studio が開発したランニング体験を変化させるスマートフットウェアである。専用のセンサーモジュールコンピューターを対応シューズにインサートされている構造である。いつものように走るだけで、ランニング指標の分析結果を取得可能である。従来では、正確に知ることが難しかったデータを簡単に把握でき、ランニングフォームの改善をサポートするシューズだ。「怪我せずランニングを継続したい」「フルマラソンを完走したい」「もっと速く走りたい」。目標達成のためのランニングフォーム改善は「知る」ことから始まる。着地法（フォアフット／ミッドフット／ヒールスト

1 <https://orphe.shoes/track/>

ライクの種類) やプロネーション (着地時の足首のひねり角度) といった指標は、ランニングにおいては重要でありながら、これまではモーションキャプチャーやフォースプレートといった大規模なシステムが必要だった。ORPHE TRACK は独自の解析技術により、従来容易に取得不可能である指標を手軽に分析し、理想の走法を実現するサポートするフットウェアだ。また、靴底に LED ライトがあり LED ライトの色を変化させて楽しむことが可能である。

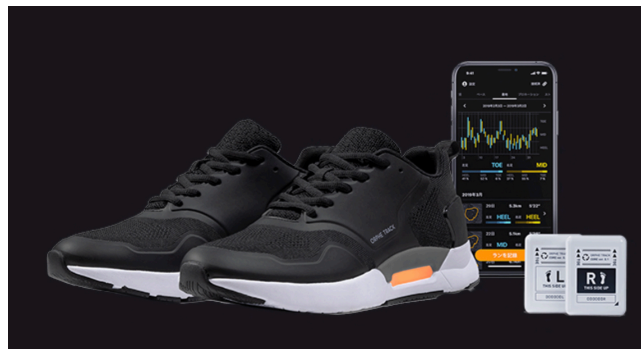


図 2.2 ORPHE TRACK²

NIKE は³⁴マニラの中心地であるボナフォシオ・グローバル・センタ (通称 BGC) に 2016 年 8 月 5 日から 21 日まで期間限定で陸上トラック、アンリミテッドスタジアム (UNLIMITED STADIUM) をオープンした。252 平米もの LED スクリーンを使用した 200 メートルの無限ループ状のトラックは NIKE の新作シューズのソールをモチーフにしている。RFID システムを用いてラップタイムを計測、1 周前のラップタイムで LED ディスプレイに出現するアバターと併走し、ラップ数が増加するごとにアバターも成長する体験である。ランナーは自己ベストを更新するためアバター (自分) に挑戦することが可能なランニングエンターテイメントである。また、ナイキはイマーシブランニングを提供している。平野ら [12] は、盲人マラソンの魅力の一つとして、視覚障害者と晴眼者の二人のランニングの動作が一致するシンクロ体験が挙げられる。しかし、初対面同士や体格差がある二人

2 <https://orphe.shoes/track/>

3 <https://www.youtube.com/watch?v=F67V5J40hv8>

4 <http://blog.birdman.ne.jp/report/report-on-nike-unlimited-stadium/>

だとシンクロ体験を得ることは難しいと言われている。そこで、ランニングの際に、視覚障害者が地面を蹴り出すタイミングで晴眼者が振動を感じて、タイミングを把握することができる足のサポーターを開発した。盲人マラソンだけでなく、この技術を応用すればランナー同士のシンクロ体験を誘発し新しい体験を作り出すことができると考えられる。

2.5. ランニングにおけるフロー

次に、ランニングにおけるフローのメカニズムについて述べる。ランニングにおけるフローとは、しばしばランナーズハイと呼ばれる。ランニングにおいて長時間走り続けると気分が高揚してくる現象である。その際、この先いつまでも走り続けられそうな感覚である。このランナーズハイ現象は、エンドルフィンの分泌によるものだという説がある。エンドルフィン、体内で合成されるオピオイドで、鎮痛作用と多幸感をもたらすため脳内麻薬と呼ばれる。しかし最新の研究によれば、ドイツ、ハイデルベルク大学医学部の研究チームのヨハネスら [13] は、大麻と同様の働きをする脳内物質(カンナビノイド)によって引き起こされる可能性があるという研究が発表された。いずれの説でもランナーズハイは脳内で発生する現象である。

また、人類の進化を専門とするハーバード大学の生物学者ダン・リーバーマン氏は、ランナーズハイが古代のハンターたちの注意力を高めた可能性もあると指摘する。「ランナーズハイになると、すべてが強烈に感じられる。青い色はより一層青く見える。意識が研ぎ澄まされるのだ」。リーバーマン氏とデニス・ブランブル氏は2004年に共同で、人類は約200万年前に長距離を走るように進化したという説を発表した。[14]リーバーマン氏とブランブル氏はこの説の根拠として、人間のしなやかな腱や短い前腕など、身体的な進化適応をいくつか挙げた。この説は、人類の進化が人間の身体的特徴だけでなく神経学的な特徴からの説明が可能になる。我々の祖先にとって、狩猟や採集のために長距離走を走ることが重要だとしたら、その行動を導くフィードバックと仕組みがあると考えられる。ランナーズハイは、その種のフィードバックとなると考えられる。

そもそも、ランナーズハイはオリンピックに出場するマラソンランナーでも体験する可能性は人生で数回程度である。一般のランナーでは2,3回程度と言われる。ランナーズハイは段階が存在する。一般のランナーは深いフローであるランナーズハイは毎度体感することは不可能だが、ランニングにおいて浅いフローであるマイクロフローを体感するランナーは多いと考えられている。

ランニングにおいてランナーズハイに到達する過程について説明する。以下、図2.3に示す。過程は3ステップに分類される。ステップ1はデッドゾーンである。走り出し直後から10~15分程度続く苦しい状態のことだ。普段と同じペースで走っているのに、走り始めに「息が上がる」「体や脚が重たい」といった違和感はこのデッドゾーンである。これは、体内への酸素供給が追いついていないためだ。走行は歩行時以上に多くの活動エネルギーが必要となる。そのエネルギーを生み出す際に酸素が必要である。その酸素を使って体内の糖や脂肪を燃焼させることで筋肉を動かすためのエネルギーが作り出される。走り出しは、体内への酸素供給が追いつかないため、息切れや足が重くだるく感じる。次にステップ2のセカンドウィンドである。ステップ1のデッドゾーンを乗り越えた状態である。心肺機能による体内への酸素供給が円滑化され、必要な酸素量が必要とする筋肉部分に供給されるため動作が軽くなる。息切れの減少し呼吸が安定する。このセカンドウィンドを超えごく稀に到達する状態がステップ3に該当するランナーズハイである。ランナーズハイ状態に達すると、疲れをほとんど感じなくなり、どこまでの同じペース維持可能な感覚になる。また、周りの声がうっすらとしか聞こえなくなる感覚になる。

ランナーズハイは、ハイペースで長時間走ることによって突如現れるゴールデンタイムのようなものである。これは滅多に体験できる現象ではない。トップアスリートであっても、一生の競技人生の内に経験するのは数回程度であると言われている。セカンドウィンドはよくランナーズハイと誤解されることが多い現象である。しかし、セカンドウィンドとランナーズハイの感覚はランナーズハイに到達する道筋に必ずあるものだが、異なる感覚であるとされている。ランナーズハイはランニングにおけるフロー状態である。セカンドウィンドはランニングにおけるミ

5 <https://wired.jp/2018/09/14/asics-gel-kayano-25-ws/>

Runner's high=Flow

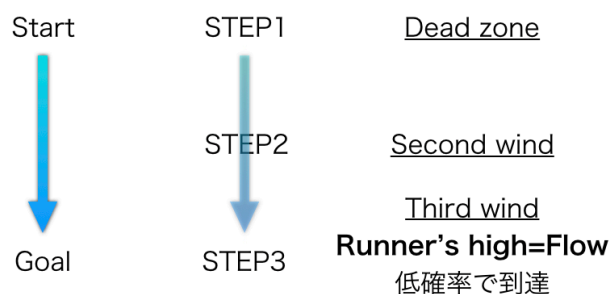


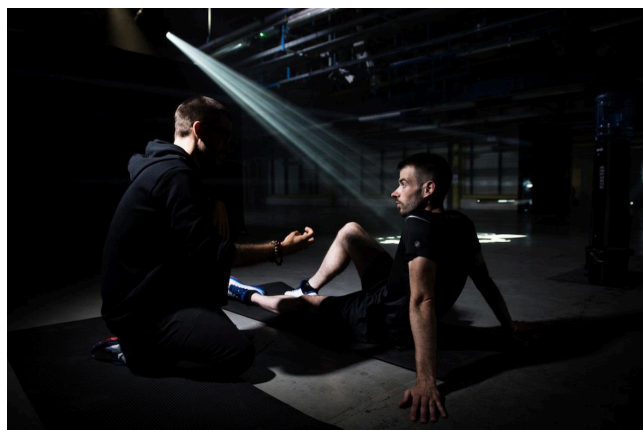
図 2.3 ランニング過程

クロフローなのではないかと考えられる。また、ランナーはこのセカンドウィンドの経験からランナーになることが多い。つまり、セカンドウィンドを経験することがランニングの大きな動機であると考えられる。

2.6. ランニングにおけるフロー体験事例

次に、実際のランニングにおいてフローを誘発する事例を紹介する。“マインドを鍛える”という狙いのもと、アシックスが世界初のランニングトラックを開設した。その名も「ASICS Blackout Track」⁵。ランナーは普段、Runkeeperなどのテクノロジーを使用しトレーニングを実施するが、そのテクノロジーがオーバートレーニングを助長しランナーに悪影響を与えている。この状態のスイッチをオフにするために、短い周回を走ることが有効だという研究がある。心がより集中することで実際にパフォーマンスが改善される、という理論を実践していたわけです。この研究と理論を結びつけて、「ASICS Blackout Track」という実験場は作られた。「外の世界と隔離しているときにこそ、心のパワーがパフォーマンスに現れる」ということを証明する上で、トラックの照明を落としたブラックアウト環境を構築した。

⁵ <https://wired.jp/2018/09/14/asics-gel-kayano-25-ws/>

図 2.4 ASICS Blackout Track⁶

アディダス⁷が提唱したのは「ストリートランニング」である。これは、目的も距離も決めず、走りたいときに自由気ままに駆け出す。そんな走る行為そのものを楽しむというコンセプトを掲げ、文字通り「街」を走り、数多くの人々が行き交う大通りから、人が一人通り抜けられるくらいの細い路地、階段など、その時の気分で自由に走り回る。普段のランニングでは、スピードや距離、時間を軸にして、腕に装着したスマートウォッチに表示される心拍数値を確認しながら走るが、「ストリートランニング」は異なる体験である。数値なんて見なくても、ただ走るだけで、街が持つ色々な表情や雰囲気を感じられることができ、気がつけば自然とランニングという行為を楽しんでいる自分がいるという体験を作り出す。その効果検証として、アディダスが「ストリートランニング」後に、脳波を測定し検証した。脳波を専用の装置とソフトで測定。「ストリートランニング」の前後で「集中」と「リラックス」の状態を脳波取得とアルゴリズムによって数値化し検証した。街中の風景から脳への刺激を与えて、「集中」と「リラックス」の数値に影響を与えた結果となった。この状態は、フローに入っている状態に近いと判断可能である。

6 <https://wired.jp/2018/09/14/asics-gel-kayano-25-ws/>

7 https://mag.onyourmark.jp/2018/10/pureboostgo_2/112412

2.7. 聴覚刺激による行動変容

ここでは、スポーツや日常の行動を変容させる技術について紹介する。NTTの牧野ら [15] は、身体の操り方と心のコントロールの仕方について研究を行なっている。その研究は潜在脳機能である。潜在とは、自覚されない活動のことである。この潜在には2つの意味がある。1つ目は、本人が意識できない、無自覚で自動的な動きは反応である。プロスポーツの世界では、試合中、意識して、決断して、それから動いたのでは絶対に間に合わない。体と脳が一体となってプレーしている。2つ目は、潜在能力である。つまり、その人の中にまだ発揮されていない能力があり、それを呼び覚ますための方法論を探ろうとしている。例えば、初めて逆上がりができたときのことだ。これは、急に筋力が増加したわけではない。これは、コツをつかんだからである。脳が身体をどう動かせばいいのか最適に指令を出せるようになった身体のコーディネーションを学習したということである。言い換えれば、身体と脳の活動パターンが変化したと捉えることができる。この代表的な例として、牧野らはスポーツにおいて、複数の身体部位にセンサを取り付けその身体部位の協調を筋電位として測定しその歪みを音に変換しフィードバックするという身体の動きを音色という形で可聴化させる技術を開発した。これにより自身の潜在的な能力をわかりやすくオーディオフィードバックで提示することが可能となっている。

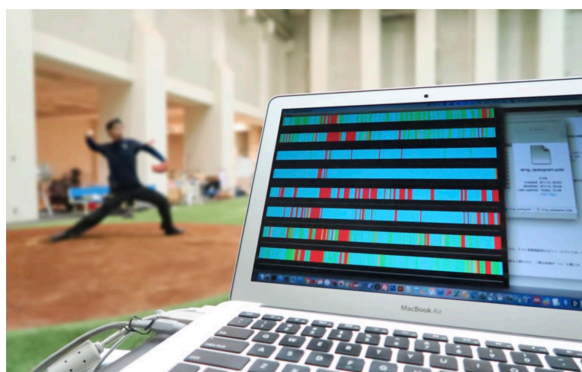


図 2.5 オーディオフィードバックシステム⁸

諏訪ら [16] は、身体は環境に存在し、環境との様々なインタラクションを通して行為が成立する。インタラクションは、動作により環境に働きかけること、環境中の変数を知覚・認識することから成る。ほとんどのインタラクションは意識下で生じる。からだメタ認知とは、身体と環境の間で生起する事柄をことば化によって意識上に持ち上げる努力をすることによって、身体と環境のインタラクションそのものを進化させる行為である。ことば化の対象は、

- 身体運動とその影響：どのような行為で環境に働きかけているか環境がどのように変容しているか
- 環境からの知覚：身体が環境中にどのような変数を知覚、認識しているか
- 自己受容感覚：いわゆる“体感”である。身体運動の結果として体内にどのような感覚が生起しているか

である。敢えて意識的にことばにしようとしなければ、これらは時間とともに意識から消失する。ここで述べられている。

渡邊ら [17] は、被験者に楽しい、悲しい、怖がっている、のように聞こえる感情フィルタをかけながら自身の声を聞かせると、自分の声の変化に気づかない時でも、自身の感情を変化させることが可能であることを研究によって明らかにした。従来、音声による感情表現と自己の感情知覚の関係は心理学の分野で解明されていなかった。つまり、悲しいから泣くのか泣くから悲しいのかこの2つの過程を切り分けることが困難だった。この研究により、自己の感情知覚における音声フィードバック効果を純粋な形で示された。これは、自己の感情の発端が脳（内部）ではなく身体や環境（外部）にある場合もあることを示唆する。

身体運動に関連する聴覚情報の変化によって身体感覚を変えることで、行為を変容させる研究が行われている。村田ら [18] は、日常生活で行われる動作に対し、音を身体化する Rhythmic Wear のコンセプトを提案した。Rhythmic Wear は、身体の動きが持つリズムと音のリズムを同期させることで、音と身体の動きを結びつける。そして音を変えることで、身体の動きを意図的に変化させることができ

7 <http://sports-brain.ilab.ntt.co.jp/special.html>

るようになる体験である。この体験を元に提案されたのが、Walk-In Music だ。これは一歩一歩の歩行のリズムを元にリアルタイムで音楽を生成するシステムである。実験の結果、歩行と音楽のリズムを同期したのち、音楽のリズムを変えることで、体験者の歩行のリズムや歩行感覚が変化することがわかった。これにより、歩行のリズムから音のリズムを生成することによって、音を身体化することができ、その身体化した音を変えることで歩行の動きを意図的に変化させられることを示している。

次に聴覚刺激が生理学的に与える影響について紹介する。福本ら [19] は、音楽のテンポと心拍の同期現象とリラクゼーションへの影響について研究を行なった。この研究結果より、テンポが遅くなる音楽刺激を聴取することで、被験者全員で音楽刺激のテンポと心拍の同期現象が観察された。また、同期区間における生理的なリラクゼーションが示された。原ら [12] は、心音や心音を合成した音が、感情や睡眠のリズム・質に対して良い影響を与え、精神的安定をもたらす効果があることを示した。音がない状態である「静寂」が人間の体にどのような影響を与えるのかについて、2006年に内科医のルシアーノ・ベルナルディ氏が行った「音楽が人間の生理現象に与える影響」を調べる実験 [7] で、偶然、静寂の効果が発見されている。騒音という刺激は精神を一方向に集中させるもので、逆に言えば、刺激がない静寂は精神を深いリラックスした状態にするところで述べられている。この研究から、ノイズキャンセリングなどで外部の音を遮断することは、リラックスかつ集中した状態になることの補助になることが考えられる。原ら [20] は、特定のテンポの楽曲に合わせて運動することで、被験者や楽曲によって心拍数が異なる値で安定することが確認できた。つまり特定テンポの楽曲を聴覚刺激を行い心拍数を目標心拍数に近い値に追従させることができた。

2.8. 本章のまとめ

第2章では、まずフロー概念とフローとスポーツの関係性について述べ、フロー経験で得られる効果を紹介した。そして、フローがエクストリームスポーツの成長に貢献した事実を紹介した。そのフローを生み出す技術について述べた。そして

本研究の目的であるランナーズハイについて言及。ランニングにおいてランナーズハイを誘発するために有効である研究を紹介した。次章で本研究のコンセプトについて述べる。

第 3 章

コンセプト

3.1. 課題設定

スポーツ庁健康スポーツ課の調査 [21] では、人々がスポーツしない理由は、上位 3 項目は苦手だから (68.8%)、疲れるから (60.1%)、時間を取られるから (31.0%)、となっている。次に人々が運動・スポーツを行った理由についてである。理由健康のため (77.4%)、体力増進・維持のため (53.0%)、楽しみ、気晴らしとして (45.1%)、となっている。

次に、スポーツアパレルブランドであるデサントとタニタが行なった調査によると、スポーツの秋にランニングを始めたランナーの 68% が 6ヶ月以内に挫折しランニングをすることをやめているという調査がある。この調査から継続できているランナー、挫折したランナー双方に、ランニングのモチベーション維持策を調査したところ、継続できているランナーは、「音楽を聴きながら走る」(52%) 「体重計・体組成計での記録」(41%) など、99 のほぼ全員が何らかのモチベーション維持対策を実施していたのに対して、挫折したランナーの 32% は、特に対策をしていなかったことが明らかとされている。ランニングにおけるモチベーションが何かしら必要であることが示唆されている。そこで、ランニングの本質である、第 2 章で述べたフロー体験をランニングのモチベーションとする方法を検討する。第 2 章で、ランニング過程 3.1 におけるランナーズハイとそのマイクロフローであるセカンドウィンドの可能性について述べた。このセカンドウィンドを経験することこそが、ランニングの楽しさに気づきフローの入り口を経験することにつながると考えられる。

Runner's high=Flow

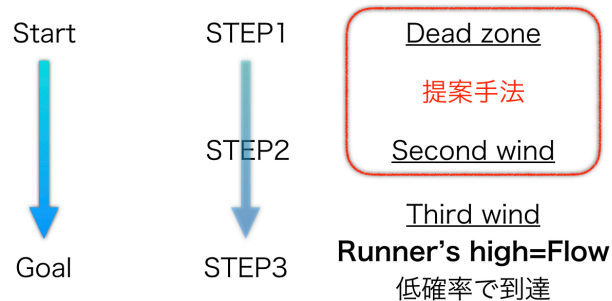


図 3.1 ランニング過程

3.2. ランニングにおけるフローメソッドデザインのためのシステム設計

ランニングにおけるフローメソッドデザインのために以下にシステム設計のフレームワークを設定する。第2章でランニングにおけるフローを説明するためにランナーズハイのメカニズムについて科学的観点と通常のランニング体験の観点から記述した。本研究の目的は、ランニング初心者に向けてフロー体験を誘発させる体験を通じて、ランニングを楽しめるものにさせることが目的である。ランニングの本質は、フロー理論が示す通り人々の生活を豊かにする効果がある。その良さをランニング初心者に対して経験させることである。以下が本提案システムの設計指針である。

- 視覚情報を阻害しないウェアラブル性
- ランニング時に、ランニングで重要となる何らかの生体情報のフィードバックの実施

第2章の関連研究で、VRの没入感を使用しフロー体験を誘発することは有効であると考えられる。しかしながら装着性の問題がある。また、Nikeやアシックスらが行なっているような大規模な場所を必要とする体験ではなく、気軽にスマートランニングウェアラブルな提案システムを検討する。そこで、既存のスポーツ

における技術事例から聴覚刺激が有効であると考えられる。ランニング時にヘッドフォンを使用しているランナーは多いので、オーディオ機器を使うことは現在のランニングに形を阻害しないウェアラブル性だと考えられる。

スポーツにおける聴覚フィードバックの有効性と心拍の同期現象について紹介した。ランニング体験において、自身の心拍の状態が認知できず、オーバーペースに陥りランニングはただ疲れるものだとされている。そこで、本研究では、ランニング時に心拍音を自身の状態の潜在的なフィードバックとして用いることで、ランナーのセカンドウィンド到達を補助するシステムを提案する。ランニングの初期段階であるデッドゾーンにおいてペースを上げてしまい自分の心肺機能の状態が把握できていないためにセカンドウィンドに到達できないきない可能性がある。本研究では、このデッドゾーンを乗り越えるためのシステム提案する。また、心拍音が挑戦時のリラクセス効果を生み出す。身体の内音を可聴化させることの有効性を第2章で示した。その身体の内音として心音を利用する。

3.3. オーバーペースとは

ランニングにおけるオーバーペースとは、運動強度が一定を超えた際に体内に乳酸が生成され、血液中の乳酸濃度が急上昇し、スピードやパフォーマンスを維持不可となり失速や今まで通りの体の運動ができない状態である。つまり、ランニングにおいて自分の限界を超えて走り続けた結果、乳酸の生産が高まりその除去に体が追いついていない状態に陥ることである。この乳酸の生産の高まりを、通常ランニングでは有酸素運動で体に酸素を供給しバランスを取り乳酸を除去しながら走っている。また、そのオーバーペースを防ぐ手段として、ランニングにおいて心拍を一定に維持させながらランニングするランナーが多い。また、ランナーをランニングペース決定の際にカルボネン法という方法を用いる。このカルボネン法とは、自身の平常時心拍数から運動強度を求める方法である。つまり、ランナーにとって心拍はもっとも大切な指標と言える。この心拍を何らかの技術によりコントロールすることによりランニング過程における、セカンドウィンドへの到達を容易にさせる方法を検討する。

3.4. 音による身体運動コントロールの事例

聴覚刺激による身体運動コントロールの事例を紹介する。第2章の関連研究でも述べた。渡邊ら [17] は、被験者に楽しい、悲しい、怖がっている、のように聞こえる感情フィルタをかけながら自身の声を聞かせると、自分の声の変化に気づかない時でも、自身の感情を変化させることが可能であることを研究によって明らかにした。従来、音声による感情表現と自己の感情知覚の関係は心理学の分野で解明されていなかった。つまり、悲しいから泣くのか泣くから悲しいのかこの2つの過程を切り分けることが困難だった。この研究により、自己の感情知覚における音声フィードバック効果を純粋な形で示された。これは、自己の感情の発端が脳（内部）ではなく身体や環境（外部）にある場合もあることを示唆する。

身体運動に関連する聴覚情報の変化によって身体感覚を変えることで、行為を変容させる研究が行われている。村田ら [18] は、日常生活で行われる動作に対し、音を身体化する Rhythmic Wear のコンセプトを提案した。Rhythmic Wear は、身体の動きが持つリズムと音のリズムを同期させることで、音と身体の動きを結びつける。そして音を変えることで、身体の動きを意図的に変化させることができるようになる体験である。この体験を元に提案されたのが、Walk-In Music だ。これは一歩一歩の歩行のリズムを元にリアルタイムで音楽を生成するシステムである。実験の結果、歩行と音楽のリズムを同期したのち、音楽のリズムを変えることで、体験者の歩行のリズムや歩行感覚が変化することがわかった。これにより、歩行のリズムから音のリズムを生成することによって、音を身体化することができ、その身体化した音を変えることで歩行の動きを意図的に変化させられることを示している。以上のことから、聴覚刺激は、ランニングなどの運動時にもっとも有効なフィードバックだと考えられる。

3.5. 効果的な聴覚刺激

ではどのような聴覚フィードバックが効果的かについて述べる。効果的な聴覚刺激として、ノイズキャンセリング状態で、特定のテンポの心拍音を聴覚刺激させることとする。ノイズキャンセリング状態でトレッドミル上をランニングする

と、リラックスかつ集中した状態になることの補助になること研究によって明らかである [7]. テンポが遅くなる音楽刺激を聴取することで、被験者全員で音楽刺激のテンポと心拍の同期現象が観察された. また, 同期区間における生理的なリラクゼーションが示された研究もある [19]. 特定のテンポの楽曲に合わせて運動することで, 被験者や楽曲によって心拍数が異なる値で安定することが確認されている. つまり特定テンポの楽曲を聴覚刺激を行い心拍数を目標心拍数に近い値に追従させることが可能ということである [20]. 聴診器を自分の胸にあて, ヘッドフォンを介して自分の心音を聴くとそれを通じて, 心の動きを想像をすることにつながると言われている [22]. 以上のことから, ランニングの重要指標である心拍を心音のリズムをうまく変調させることランニング時の、心拍をコントロールしオーバーペースを防ぐことができるのではないかと考えられる.

3.6. ユースケースシナリオ

本提案システムは, 普段のランニングにおいて容易に使用可能な体験を提供する. また, 本システムのターゲットはランニング初心者である. ランニングに初めて取り組む人がランニングにおいてデッドゾーンを乗り越えマイクロフローに到達しランニングの本質的な楽しさ、有効性の理解を促したいという狙いである.

3.7. プロダクトの完成形

ここで、プロダクトの完成形を示す. このプロダクトはランニングの本質であるマイクロフロー (ランニング時の最も簡単に体験可能なフロー) を体感することによってランニング初心者やランニングに意味を見いだせていないランナー, 新しいランニング体験を経験したいランナーにとって価値ある体験を提供することである. 多くのランナーは、自分の限界をランニング中に把握することができず, オーバーペースに陥る. そこで, 特定のテンポの心音をノイズキャンセリング状態で聴覚刺激としてランニング中にフィードバックさせることによって, 多くのラ

ランナーをランニング過程におけるセカンドウィンドへの到達を容易化させる体験をデザインする。そのための補助となるプロダクトを開発する。

第 4 章

提案システムと評価実験

4.1. 提案システム

システム設計

本研究のシステム設計の概要を示す。図 4.1 被験者であるランナーには、正確な心拍を取得するため生体電位方式の GARMIN 社製の心拍センサである HRM-Dual を用いる。心拍センサで取得された心拍数値を、超低電力無線規格である ANT+ でマイコンにデータを送信する。その後マイコンで送信されたデータを処理し、あらかじめマイコンに保存されている適切な音源ファイルをノイズキャンセリング機能のインイヤー型のヘッドフォンにより再生する。被験者であるランナーは、聴覚フィードバックを受けながらランニングを実施する。ノイズキャンセリング技術を用いるのは、外部の音を遮断することで目の前の行為に対する集中力が高まるからである。これは 2 章で述べた研究 [7], Alexis ら [23] の研究で明らかである。よって聴覚フィードバックはノイズキャンセリングヘッドフォンを使用して行う。



図 4.1 システム概要

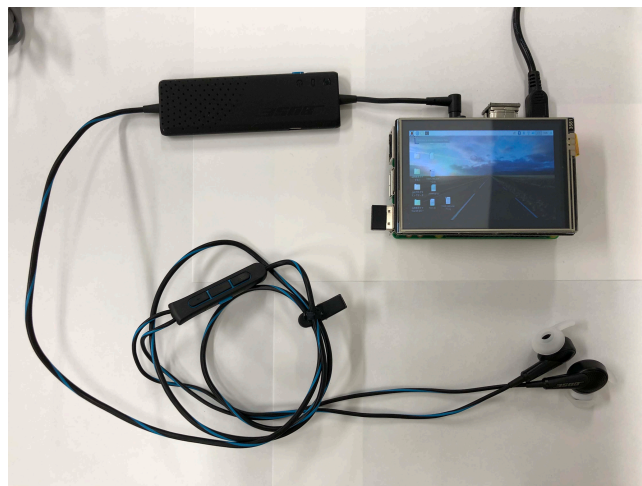


図 4.2 開発したデバイス

心拍数取得方法

医療分野では心拍と心臓の活動の監視は、生体電位を測定して心電図 (ECG) を取得することによって行われている。身体に取り付けた電極を使い、心臓の組織の伝記的な活動によって生じる信号を測定するというものである。この原理は、専門的な診断システムに適用される。このようなシステムでは、最大10個の電極を胸や手足に取り付けられる。ECGは、1つの心拍の構成要素 (P波, QRS波, T波) に関する詳細な情報を提供します。スポーツ業界では、シングルリードのECGが一般的に使用されている。心拍の測定手法の新トレンドとしてPPG (Photoplethysmography : 光電式容積脈波記録法) がある。これは、生体電位の測定は行わない。光学的に心臓の情報を取得する手法である。PPGは、主に血液の酸素飽和度 (SpO₂) の測定に使用されてきたが、心臓の情報を取得することも可能である。PPGを利用すれば、心拍の監視機能を腕時計型やブレスレット型のウェアラブル機器に組み込むことが可能である。なお、生体電位を測定する方法のシステムは微小信号を扱うためウェアラブル機器に組み込むことが出来ない。光学式の心拍計測では、動作が機能の妨げになる要因になると考えられる。運動時に装着するスポーツウォッチやバンドにおいて正確に心拍を計測出来ない場合が発生可能性が存在する。GARMIN社は自社が提供する手首装着型光学式心拍計において、最新技術を使用しているが、心拍数の測定値はしばしば特定の状況下で不正確になる場合や、デバイス固有の技術制限がある。こうした状況ではユーザの物理的特性やデバイスとのフィット感、活動の種類、強度などの組み合わせで発生する可能性がある。また、光学式心拍計は医療目的のために使用されること、任意の病気の診断、治療、治癒または予防を目的とした利用をすることを意図されていないと記載されている。よって、本研究の提案システムでは正確な心拍数を計測する必要があるため生体電位方式を採用し、心拍を取得する。

ANT+

本研究の提案システムで使用している通信規格についてである。¹ANT+とは、近距離無線通信プロトコル ANT を採用するデバイス同士の運用互換、および相互通信を実現するために、共通仕様を定めた規格である。GARMIN 社傘下であるカナダの Dynastream Innovations 社が開発した ANT は、2.4GHz 帯を使用し、超低消費電力という点が Bluetooth Low Energy と似ているが、より通信距離が短く、フレキシブルなネットワーク構成が可能という特徴を持つ。ANT+では、心拍計や血圧計、歩数計、体重計、自転車に搭載するセンサー向けなど、複数のプロファイルが制定されていて、採用されているプロファイルが同じかつ、ユーザーが指定した機器同士であれば、データのやり取りが可能。スポーツ、ヘルスケア、医療系デバイスのほか、一部スマートフォンでも採用されている。

音源ファイル

ランナーに実際に聴覚フィードバックに使用する音源ファイルについてである、心音はバイノーラル録音された音源を使用。その音源を Logi Pro X(Apple 社)、Adobe Audition(Adobe 社)によって、10bpm 毎に 40~180bpm の心音の音源ファイルを作成した。この音源を提案システムで利用する。

4.1.1 エクスペリエンスデザイン

ランナーは、ECG に対応した心拍計を装着する。その心拍計測器からリアルタイムに心拍を取得。取得された心拍数は ANT+という短距離無線方式でマイコンコンピュータに送信される。マイコンコンピュータで処理を実行。心拍に応じて特定の BPM の心音を聴覚情報としてフィードバックする心拍は 1 秒間に約 4 回ほどの精度 (毎秒 4 回) である。外れ値が発生し、急激に音の BPM が変化することを防ぐために前 5 秒間の平均心拍数を移動平均させを出力する bpm を決定する。平均心音から心音を 10bpm ごとにインターバル作成。

1 <https://www.kddi.com/yogo/通信サービス/ANT+.html>

4.2. 評価の目的

ランニングにおけるセカンドウィンド状態にランナーをいかに楽に到達させるかが評価の軸である。その楽さを評価するために提案システム体験級の被験者の心拍変動推移と、提案システムにおけるチクセントミハイのフロー定義に基づいた主観評価を実施する。

4.3. 実験実施

本提案システムがランナーに与える影響を調べるために、A, B, C, Dの4人の被験者(3人の男性と1人の女性)について実験を行なった。ウォーミングアップ4.3を実施後、被験者には以下のように4.4心拍センサとノイズキャンセリングイヤフォン(BOSE社製 QuietComfort 20 Acoustic Noise Cancelling headphones)装着してもらい、4.5のように生成された音をヘッドフォンから試聴しながらトレッドミル上を走行するように指示した。通常のランニングはトレッドミル異なり風の抵抗を受けるそのためトレッドミルの傾斜は、ランニング環境に近づけるためダニエルズ [24] のトレーニング法に従い2%の勾配をつけての実験を行なった。本研究の提案システムを用いて、ランナーがいかに楽にフローへ近づくために、デッドゾーンを超えセカンドウィンドに到達可能かの検証を実施する。検証方法として以下の3つにパターンを用意した。

1. 音源なし。ランナーは装置を装着状態である。
2. Round down : 取得心拍数以下の BPM 心音を出力する。取得心拍数の1の位を切り捨てる。例：取得心拍/出力心拍 BPM(122/120)(137/130)
3. Round up : 取得心拍数以上の BPM 心音を出力する。取得心拍数の1の位を切り上げる。例：取得心拍/出力心拍 BPM(122/130)(137/140)

以上の条件下で、ランナーには6分間のランニングをトレッドミル上で3回実施する。セット間の休憩は、15分以上の間隔をあけ平常時心拍に戻るよう設定した。また、この3パターンをランダム被験者ごとにランダムに実施。ランニング中は、

心拍変動の経過を観察するためトレッドミルの速度を時間経過とともに変化させる。最初、トレッドミルの速度は、5m/hに設定する。その後、最初の1分間はランニングに体順応させる時間とする。その後、時間経過1分毎に速度を1m/h毎に速くする。この体験中のランナーの心拍数値の変動を観察する。また、実験後チクセントミハイの定義したフローの条件についてまとめたアンケートに回答してもらうことで主観評価を実施した。実施したアンケートの内容は、チクセントミハイ定義したフロー状態を他の状態とははっきり区別するための10の中心的要素とランニング時の感覚に対する内容である。この項目について5段階評価を実施した。



図 4.3 ウォーミングアップ風景



図 4.4 心拍計装着状態



図 4.5 実験風景 1



図 4.6 実験風景 2

4.4. 実験結果

4.4.1 実験結果 1：被験者の心拍変動

実験によって取得された結果を示す。まず時系列順の心拍変動の結果である。4.84.94.104.11 被験者 A, 被験者 D の結果を見ると、Round down 効果のオーディオフィードバックのグラフが開始 60 秒から被験者 B はランニング開始 40 秒から 180 秒の区間で Round Up の心拍数がその他の場合よりも 10~15bpm 程高く推移する区間が特徴的である。被験者 C は、ランニング開始 70 秒から 180 秒の区間で Round down の心拍数の値が一番低い値となっている。その後は時間経過とともにどのパターンも心拍数は収束に向かっていく。

表 4.1 被験者属性

被験者	性別	年齢	運動経験
A	女性	21	週 2~3 回ランニングとジムでの運動
B	男性	24	定期的な運動はなし
C	男性	22	週 1 回程度のジムでの運動
D	男性	24	週 2~3 回のジムでの運動

表 4.2 被験者ランニングパターン実施順

被験者	1 回目	2 回目	3 回目
A	Round down	音無	Round up
B	Round up	音無	Round down
C	音無	Round up	Round down
D	Round down	音無	Round up

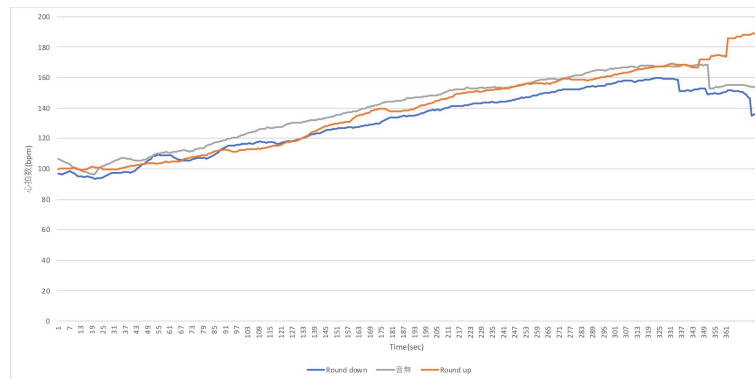


図 4.7 被験者全体平均：心拍変動

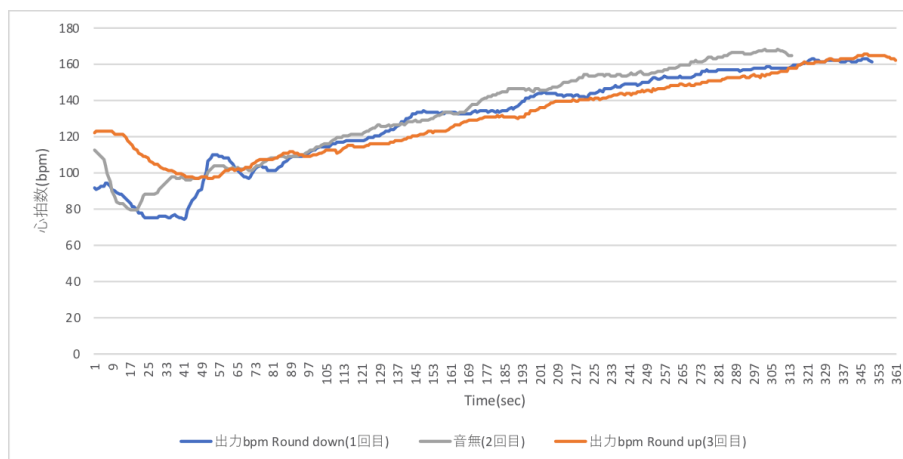


図 4.8 被験者 A：心拍変動

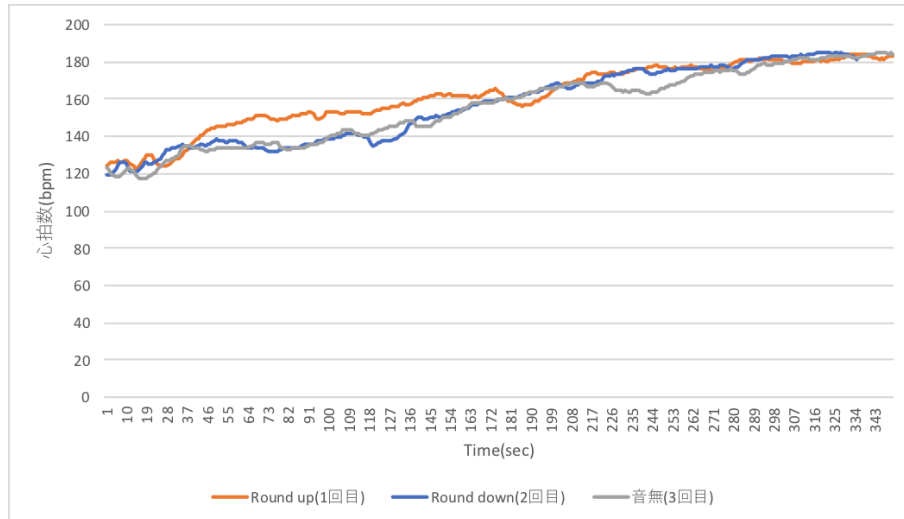


図 4.9 被験者 B : 心拍変動

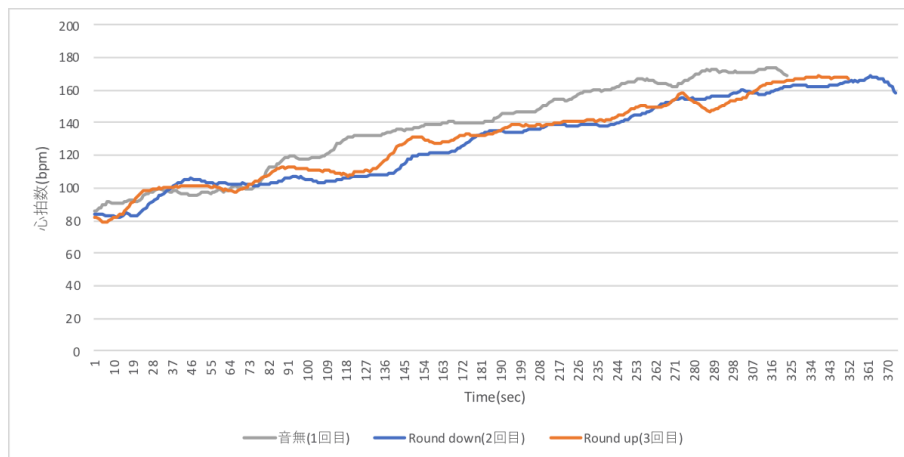


図 4.10 被験者 C : 心拍変動

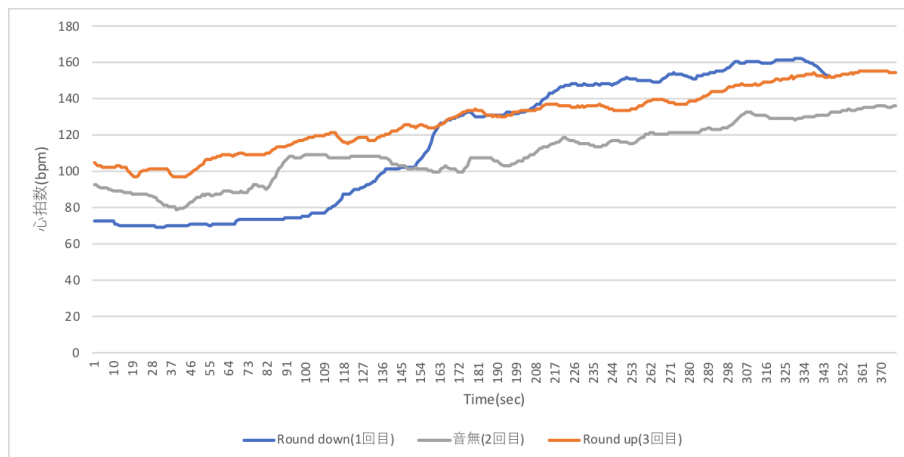


図 4.11 被験者 D : 心拍変動

4.4.2 実験結果 2 : 被験者の心拍同期

次に、被験者に聴覚フィードバックとして Round UP, Round down の 2 種類の効果心音を用いた。その 2 種類の聴覚フィードバックが局所的にどのように作用していたのかを検討する。Round up, Round down を比較すると Round up の上昇率が高いことがわかる。また、Round down では同じ心拍域への停滞率が高いことが分かる。

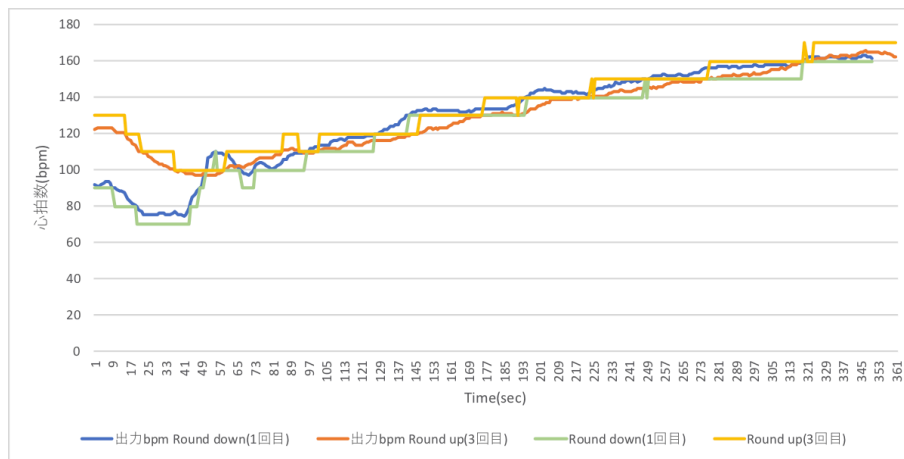


図 4.12 被験者 A : 心拍同期

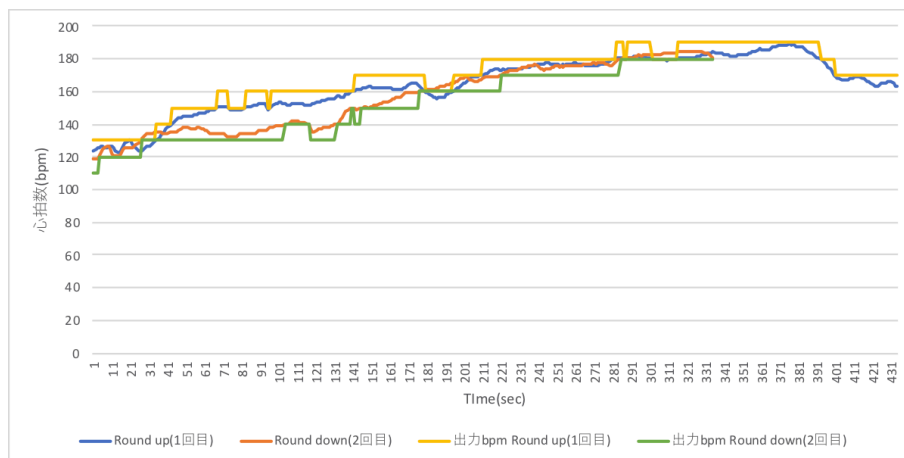


図 4.13 被験者 B : 心拍同期

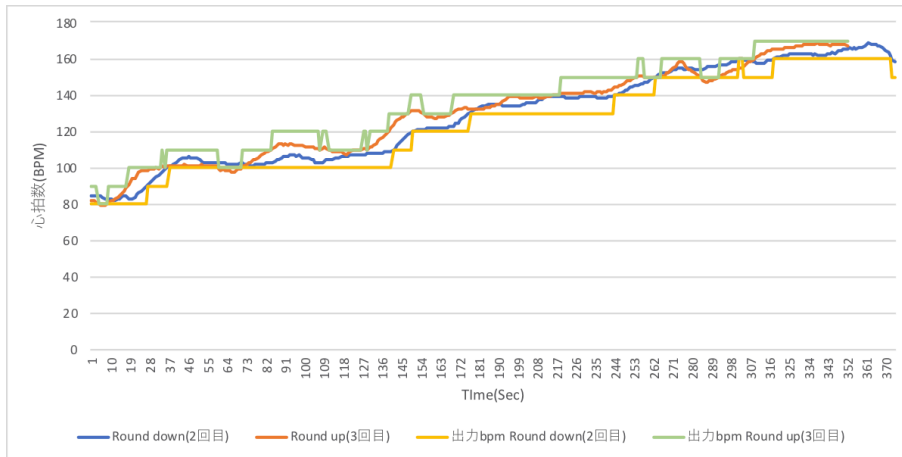


図 4.14 被験者 C : 心拍同期

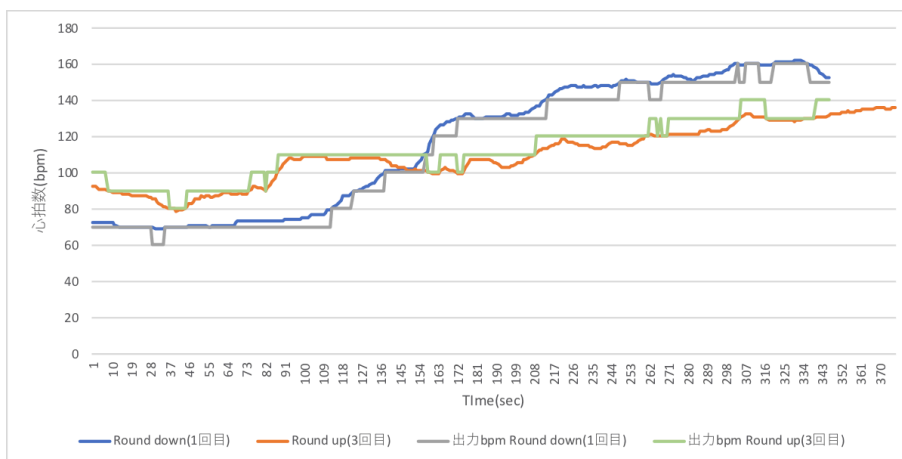


図 4.15 被験者 D : 心拍同期

4.4.3 実験結果3：被験者の主観評価

主観アンケート結果をまとめる。以下にアンケート項目を示す。

- 明確な目標なランニングへの目標
- 目の前のことに集中できている
- 自己意識の消失(動作と意識の融合)
- フィードバック(聴覚への音)を認知することができたか
- 活動レベルが簡単すぎなかったか
- 状況を自分でコントロールしている感覚
- 没頭
- 身体的ニーズへの認識の欠如
- ランニングが内発的報酬をもたらすため、動作が辛い
- ランニングが快適である
- ランニングへのポジティブなイメージがある

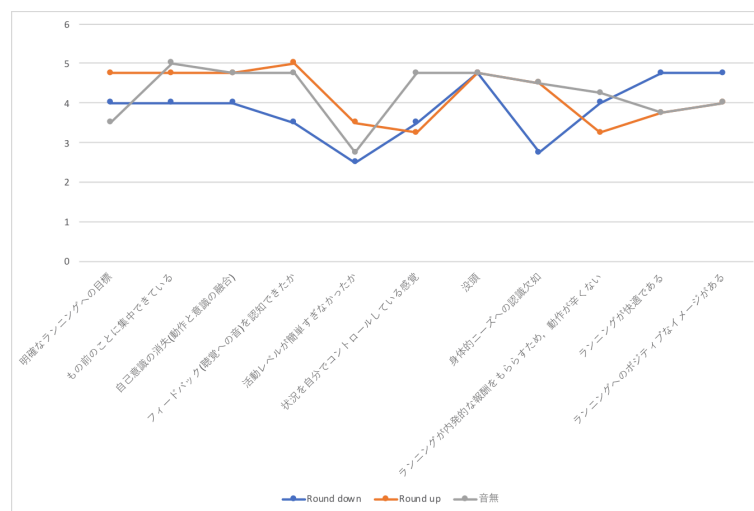


図 4.16 主観評価アンケート結果

主観評価アンケートでは、Round up が Round down よりも 7 項目で点数が高い。「活動レベルが簡単すぎなかった」では、いずれのランニングパターンでも中程度であるとの回答であったため、運動強度としては中程度であったと考えられる。Round down は、「ランニングが快適である」と「ランニングへのポジティブなイメージがある」の項目で得点が他の 2 パターンよりも高いことがわかる。「没頭」という項目では、いずれのランニングパターンでも高評価されている。

次に、実験後の被験者のコメントを以下に示す。

- ランニング時に集中力が向上した。
- BPM の遅い音を聞いている時が 1 番ランニングが楽な感じがした。
- 聞いている心音が自分の心音だと思った。逆に、早いテンポの音は自分の心音だとは思わなかった。
- 早いテンポの音を聞いている時は疲労感が増した。
- 早いテンポの音は、親近感が得られなかった。
- 心拍センサーが邪魔であった。

以上のようなコメントがあった。これらのコメントより、Round down の聴覚フィードバックは自身の心臓の鼓動であるという錯覚を生み出しランニングの快適さや苦痛感を和らげる効果がある程度あると考えられる。一方、Round up の聴覚フィードバックでは急かされている感覚になり疲労感が増加することから、早い bpm の心音は遅い bpm の心音とは逆効果がある考えられる。心拍センサーや有線ヘッドフォンを使用しているためウェアラブル性に不快感が生じる結果となった。特に心拍センサは通常のランナーは使用しないため不快感が高いと被験者はコメントした。 e

4.5. 考察

実験結果1, 2の結果より, ランニング序盤(180秒)までは, Round upとRound downを比較すると心拍数が低く推移していると分かる. その後は, 全てのパターンである一定の心拍数へ収束している. このことから, Round downによる聴覚刺激はランニング序盤であるデッドゾーンにおいて心肺機能の安定を補助していると言える. その中盤以降もある程度の効果を発揮していると言える. 実験結果3: 被験者の主観評価より, 「活動レベルが簡単すぎなかった」では, いずれのランニングパターンでも中程度であるとの回答から, 運動強度が中程度であった可能性がある. カルボーネン方式からカルボーネン方式を用いた正保 [25] らの研究がある. この方式に則り, 被験者の安静時心拍から運動強度を算出した. [表 4.3] その結果, 本研究の運動強度 50~70%に相当していると考えられる. よって主観評価による運動強度の感覚は一致していると考えられる. この運動強度 50~70%は実際のランニング運動強度に相当するため本実験の強度は実際のランニング環境に近い想定環境だったと言える. また, Round upがRound downよりも7項目で点数が高い. ことから, ミクロフローからマイクフローに近くにはRound upが有効であることが主観評価結果から考えられる. つまり, ランニング過程において序盤(デッドゾーン)では, Round down効果を利用しデッドゾーンを超えその後のセカンドウィンド到達後は, Round upとRound downを使い分けながらランナーズハイに到達させる確率を上昇させることが可能であると考えられる. 今後, 実際の10分以上のランニング時でこの方法を検証すると新たな効果が期待できると考えられる.

以上の結果から,

表 4.3 カルボーネン方式による運動強度

被験者	安静時心拍 (bpm)	運動強度 50%(bpm)	運動強度 70%(bpm)
A	72	135.5	160.9
B	90	143	164.2
C	79	138.5	162.3
D	70	133	158.2

4.6. ランニングでの検証

実験の結果から、Round Down での聴覚フィードバックがランニング時の聴覚フィードバックとして有効であることが分かった。ここでは、実際のランニング環境での検証を実施した。被験者は、下記の図のようにプロトタイプをボディバックに収納し約 13 分間 (距離 2.5Km) のランニングを実施した。



図 4.17 野外でのランニング実験

次に、実験後の被験者のコメントを以下に示す。

- 後半に対する安心感
- 体が無理がないというモチベーション
- 自分の状態が分かる

- 歩いている時に不安があったが、走り始めると不安は感じなかった。
- ピッチや、靴の音でランニングリズムを刻む人には、ノイズキャンセリングによって阻害される。その代わりに、心拍の鼓動リズムを自分のリズム感覚にする。
- ポジティブな感覚
- 心音は、味気ない音だったので、音量の強弱など曲調を変化させる良い。
- 自分で自分を応援しているような感覚。

以上のようなコメントがあった。この結果より、走り始めは心拍のリズムとの同調は感じていないが、ランニング開始2分後から心拍数がリズムと同期され心拍の安定が見られる。また、コメントにもあるが前半オーバーペースとならず後半へのモチベーションへとうまく繋げることが可能となった。よって、本提案システムはランニング過程におけるフローの入口である。セカンドウィンドにランナーを到達させることをある程度容易にさせる効果があると考えられる。

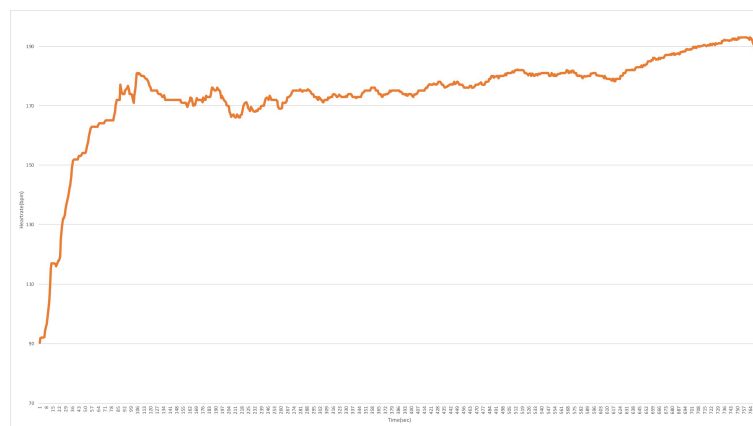


図 4.18 心拍変動

第 5 章

本論文のまとめ

第 1 章では、著者のランナーズハイの経験からランニングの楽しみ世の中でのように楽しまれているかについて言及した。また、ランニングの最新動向、ビジネスやランニングの本当の価値であるランナーズハイについて紹介した。本論文の目的は、ランニングという最もシンプルなスポーツにおいてランニング初心者の人が、ランニングの楽しさをフローの観点から簡単に体験する手法を提案することである。フローとは、人々に幸福感を与える体験である。このフローは実生活でも現れるが、スポーツにおいてトップアスリートが体験するゾーン現象である。現在のスポーツ、このフローにより成長してると言っても過言ではない。そのスポーツの中でもフローを簡単に体験できると言われているスポーツがランニングであると言われている。ランニングとフローについてまとめた。

第 2 章では、21 世紀型スキルと言われ、人間の最大パフォーマンスを引き出すフロー理論の原理とフローを誘発する技術について紹介した。そして、ランニングとフローの関係性について言及し、フローがランニングの重要な要素であることを確認した。そして、ランニングをこのフロー状態に到達させるために必要な技術要素をまとめた。

第 3 章では、第 2 章で述べた要素技術を組み合わせて実際のプロダクトのコンセプトデザインを実施した。ランニング過程におけるデッドゾーンを容易に超えさせることで多くのランナーやランニング初心者にランニングの本来価値がフローにあることが体感可能な提案システムをコンセプトとした。ランニングの本質であるマイクロフロー(ランニング時の最も簡単に体験可能なフロー)を体感することによってランニング初心者やランニングに意味を見いだせていないランナー、新しいランニング体験を経験したいランナーにとって価値ある体験を提供するこ

とである。多くのランナーは、自分の限界をランニング中に把握することができず、オーバーペースに陥る。そこで、特定のテンポの心音をノイズキャンセリング状態で聴覚刺激としてランニング中にフィードバックさせることによって、多くのランナーをランニング過程におけるセカンドウィンドへの到達を容易化させる体験をデザインする。そのための補助となるプロダクトを開発することを述べた。

第4章では、第3章で作成したデザインコンセプトからプロトタイプを実施し提案システムを開発、そして、その提案システムの効果検証実験を実施した。その提案システムの有効性を示すことができた。有効な聴覚刺激のテンポパターンとして Round Down での聴覚フィードバックがランニング時の聴覚フィードバックとして有効であることが分かった。そこで、実際のランニング環境での検証を実施した。ランニング環境での検証により本提案システムはランニング過程におけるフローの入口である。セカンドウィンドにランナーを到達させることをある程度容易にさせる効果があると考えられる。

今後の課題として本研究では、聴覚フィードバックとして心音1つの音源を使用した。ランナー本人の心音を用いての聴覚フィードの方が、よりパーソナライズされた聴覚フィードバックとなり効果が高まると考えられる。ウェアラブルデバイスでの生体電位方式での体験を活用することが必要である。ユーザエクスペリエンスが向上すると考えられる。本研究では、実験の都合上、正確に心拍の変動を計測するためルームランナーでの実験を行なったが、通常のランニングでのプロダクトの検証を実施したい。

また本研究では、正確な心拍を取得するためにベルト型の心拍センサを使用した。現在、世の中に出ている製品で ECG (心電図) 機能に対応したスマートウォッチは、日本においては医療機器としての認可が降りていない製品もあるが少しずつ普及しつつある。スマートウォッチの ECG はまだ体に直接巻く心拍センサほど精度は高くないが精度が向上すればこの提案システムでの利用可能性があると考えられる。また、聴覚フィードバックを行うヘッドフォンもワイヤレス型ノイズキャンセリングイヤフォンは既に存在する。よって本研究の提案システムをオーディオフィードバックとしてノイズキャンセリングヘッドフォン、心拍計測と計算処理をスマートウォッチをそれぞれ利用することで、ウェアラブル性は向上し、

通常のランニングで活用可能だと考えられる。Round up の効果を有効に活用すれば、ランニングペースを短時間のみペースアップ、ビルドアップに活用できるのではないかと考える。ランニング過程で、デッドゾーンを超えセカンドウィンドに到達するまでは Round down を活用し、ペースが安定したタイミング以降は Round down, Round up を適切なタイミングで活用すると本研究では確認することのできない発見がある可能性があると考えられる。このデータが蓄積されれば、スマートコーチという形でランナーそれぞれにあった最適なトレーニング方法の提案にも繋がると考えられる。そして、何よりもランニングにおいて最も価値のあるランナーズハイへの到達確率を上昇することができるのではないかと考えられる。

謝 辞

本研究の指導教員であり，幅広い知見からの的確な指導と暖かい励ましやご指摘をしていただきました慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の南澤教授に心から感謝いたします。気の散りやすい私を優しく根気強く的確に導いていただきました。研究の方向性について様々な助言や指導，時には素敵なユーモアをいただきましたロチェスター工科大学の Roshan Peiris 客員教授に心から感謝いたします。副査として前向きなアドバイスと心優しい励ましをいただきました前川マルコス貞夫専任講師にも心より感謝いたします。研究において何度も，前向きアイデアを提案していただきました。研究指導や論文執筆など数多くの助言を賜りました慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科博士課程の早川裕彦氏に心から感謝いたします。本研究の実験に協力していただきましたンセントラルウェルネスクラブ慶應日吉店様にも心より感謝いたします。KMD の同期の皆様，楽しい学生生活をありがとうございました。特に Embodied Media の同期，先輩方にはお世話になりました，最後に，ここまで自分のやりたい分野を自由に学ぶことができたのは，両親のおかげです。この場を借りて心より感謝を伝えさせていただきます。

参 考 文 献

- [1] Thompson PD Sui X Lee IM Lee DC, Brellenthin AG and Lavie CJ. Running as a key lifestyle medicine for longevity. *NCBI*, pp. 45–55, 2017.
- [2] Vijaya B. Lingala Eliza F. Chakravarty, Helen B. Hubert and James F. Fries. Reduced disability and mortality among aging runners: a 21-year longitudinal study. *NCBI*, p. 1638–1646, 2008.
- [3] Maheedhar Kodali, Tarick Megahed, Vikas Mishra, Bing Shuai, Bharathi Hattiangady, and Ashok K. Shetty. Voluntary running exercise-mediated enhanced neurogenesis does not obliterate retrograde spatial memory. *The Journal of Neuroscience*, p. 8112– 8122, 2016.
- [4] M.E.Hopkins, F.C.Davis, M.R.VanTieghem, P.J.Whalen, D.J.Bucci. Differential effects of acute and regular physical exercise on cognition and affect. *Neuroscience*, Vol. 215, pp. 59–68, 2012.
- [5] ウィリアム・プーレン. 心を整えるランニング. ディスカバートウェンティワン, 2018.
- [6] 世羅侑未. 3倍のパフォーマンスを実現するフロー状態魔法の集中術. 綜合法令出版株式会社, 2019.
- [7] Mihaly Csikszentmihalyi, and Isabella Selega. Optimal experience: Psychological studies of flow in consciousness. 1992.
- [8] スティーブン・コトラー. 超人の秘密 エクストリームスポーツとフロー体験. 早川書房, 2015.

- [9] 皆川直凡. 教育心理学年報, Vol. 54, pp. 57–70, 2015.
- [10] Person Tanner, 南澤孝太. Flow zone : inducing flow to improve subjective well-being by creating a cross-modal music creation experience in virtual reality. *SIGGRAPH Asia 2018 Virtual and Augmented Reality*, 2018.
- [11] Eamonn O’Neill, Christos Ioannou, and Christof Lutteroth. Virtual performance augmentation in an immersive jump run exergame. No. 5, pp. 39–40, 2003.
- [12] 平野智久, 金箱淳一, 南澤孝太. ランニングテンポ伝達による盲人マラソンの伴走体験の支援. 情報処理学会研究報告 IPSJ SIG Technical Report, No. Vol.2017-AAC-5 No.14, 2017.
- [13] Laura Bindila Matthias K. Auer Hartmut Kirchherr Beat Lutz Johannes Fuss, Jörg Steinle and Peter Gass. A runner’s high depends on cannabinoid receptors in mice. *PNAS*, pp. 13105–13108, 2015.
- [14] Herman Pontzer Dennis M. Bramble Elizabeth Cutright-Smith Daniel E. Lieberman, David A. Raichlen. The human gluteus maximus and its role in running. *Journal of Experimental Biology* 2006, 2006.
- [15] 柏野牧男. 音のイリュージョン知覚を生み出す脳の戦略. 岩波書店, 2011.
- [16] 諏訪正樹. 「こつ」と「スランプ」の研究 身体知の認知科学. 株式会社講談社, 2016.
- [17] Lars Hall Rodrigo Segnini Lolita Mercadié Jean-Julien Aucouturier, Peter Johansson and Katsumi Watanabe. Covert digital manipulation of vocal emotion alter speakers’ emotional states in a congruent direction. *PNAS*, pp. 948–953, 2016.
- [18] 村田遥人, 南澤孝太. 行動変容を生む音の身体化のデザイン. 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科修士論文, 2018.

- [19] 菅野和之福本誠, 長島知正. 音楽のテンポと心拍の同期現象とリラクゼーションへの影響. 感性工学研究論文集, Vol. 4, pp. 17–24, 2004.
- [20] 原隆幸, 串田淳一, 亀井且有. Emotional fitnessのための音楽聴取による運動強度制御. *26th Fuzzy System Symposium*, 2010.
- [21] スポーツ庁健康スポーツ課. スポーツの実施状況等に関する世論調査. 世論調査報告書平成 28 年 11 月調査, 2016.
- [22] 心音移入. *Ars Electronica Cyber Art 2011, Interactive Art*, pp. 182–183, 2011.
- [23] Alexis Martin, and Jérémie Voix. In-ear audio wearable: Measurement of heart and breathing rates for health and safety monitoring. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol. 65, , 2018.
- [24] ジャック・ダニエルズ. ダニエルズのランニングフォーミュラ第3版. ベースボールマガジン, 2018.
- [25] 正保哲, 洲崎俊男, 出口清喜, 廣瀬昇, 奥壽郎, 立野勝彦. Karvonen 法による運動負荷強度における生体反応 physiological responses to exercise loads set by the karvonen method. 理学療法科学学会, Vol. 26, pp. 33–39, 2011.