修士論文　(令和４年度)

論文題目：

仮想空間における一過性運動時の探索状況の有無が

心臓血管反応と心理指標に与える影響

指導教授 長野祐一郎

人間学研究科　心理学　専攻　臨床心理学　コース

学籍番号 21MH202　氏名 漆師光俊

目次

I. 序論と目的

定期的な身体活動および運動実施によって生じる有益性

先進諸国における長寿化，高齢化に伴い生活習慣病(糖尿病，肥満，高血圧など)の蔓延が深刻となっている。その対応策として，身体活動や運動が推奨されており，これらの実践が健康の維持・増進に重要である(河合，2022; 竹中，2001; 竹中・上地，2002)。身体活動および運動は，前者が「骨格筋を介して，エネルギー消費を生じさせる身体的な動き」,後者が「エネルギー消費を生じさせ，体力向上・維持するために計画，構造化され，かつ繰り返し行われる身体的な動き」と定義されており(Caspersen et al., 1985)，定期的な身体活動および運動を行うことは身体機能面だけでなく，メンタルヘルスにも肯定的な影響を与えることが知られている。

例えば，有酸素運動が状態不安・特性不安の減少と関連することを示したレビュー(Petruzzello et al., 1991) を始め，運動がうつ病などの一部の精神疾患に対する治療効果だけでなく，予防効果まで持ち合わせることも指摘されている(Dunn & Jewell, 2010)。上記レビューで参照される先行研究の大多数が有酸素運動を主軸に検討したものを占めるものの，レジスタンス運動(筋力トレーニングなど)においても心臓血管反応や自律神経機能に影響を与えるという知見も存在する(Niemela et al., 2008)。

従来から，健康の維持・増進目的に，場所や時間的制約が少なく，かつ簡便に実施可能なエアロバイク等を用いた運動が注目されており(満石他，2010)，最近では動画配信サービスを通じて外出自粛期間中にも自宅で運動不足が解消できる豊富なエクササイズ動画が配信されるなど(斎藤他，2021)，より手軽さが増し，運動を開始する環境は整いつつある。

また，定期的な身体活動・運動の有益性は「心臓血管系と呼吸器系機能改善」,「冠動脈疾患のリスクファクターの減少」,「死亡率及び罹患率の減少」などに大別されてまとめられており(アメリカスポーツ医学会, 2001)，2型糖尿病などに代表される生活習慣病の危険因子やうつ，認知症などの精神疾患の発症予防や病態改善に効果的に働くことも明らかにされつつある(野藤他, 2009)。さらに近年では，運動による脳由来神経栄養因子(brain-derived neurotrophic factor：BDNF)の増強や，それによる注意・認知機能の改善も期待されている(先崎, 2018)。また，急性運動による全身を循環するBDNFの増加は組織で利用できるBDNFの増加に繋がり，それが運動による認知機能やうつ，種々の代謝改善に寄与しているとも考えられている(野藤他, 2009)。以上のように，有酸素性・無酸素性問わず運動実施及びその継続がもたらす効果は多岐にわたることが明らかになっている。

身体活動および運動の継続困難性

こうした運動による効果が検証されている一方で，身体活動も含む運動を継続していくことは非常に困難であり大多数が中断・ドロップアウトしてしまうという問題も指摘されている(日本スポーツ心理学会, 2004)。身体活動や運動の継続がより効果を発揮するためには，継続に対する動機づけやアドヒアランスに対しても目を向ける必要があるだろう。

高齢者への運動介入プログラムに対するアドヒアランスを検討した結果，一部を除き(Fox et al., 2007)，介入期間(最低でも6カ月)に差はあるものの，プログラムを完了できるのは全参加者の60%前後であることがレビューされている(Farrance et al., 2016)。また，アドヒアランスを高める要因として,「社会的なつながり」,「参加者が利益を感じること」,「指導者の振る舞い」なども挙げられており(Farrance et al., 2016)，これ

らの条件を満たすことでより運動継続が容易になると推測できる。

具体的な中断理由については,「興味の喪失」や「時間不足」などの個人的な理由のほか，怪我などの身体的外傷や病気が挙げられており(Reljic et al., 2019)，このことからも継続という点に注目すると精神的な面にアプローチしていくことも必要だと考えられる。重松他(2007)は週2回以上運動をしている群と運動習慣のない群で比較した場合，前者は「ストレスを発散できる」,「健康になれる」などの肯定的な信念を有するのに対し，後者は「ケガをする」,「恥をかくことになる」などの否定的な信念を有することを示した。このように，身体的・精神的を問わず運動による効果を少なからず実感することが運動の継続要因になり得る。

運動を促進する環境とデジタル技術の活用

現在，我々はCOVID-19の流行により外出自粛や三密回避など生活に大きな変化を強いられている。これらの対策は感染拡大を抑える戦略として実施されるが，それらがトリガーとなり身体活動を低下する，孤立感や不安感が高まるなどの悪影響が指摘されている(Jacobson et al., 2020; Woods et al., 2020)。

このような状況において，精神的健康の悪化を防ぐ手段として自然と接触することが挙げられる。COVID-19流行下において，自然と頻繁に接触することが主観的幸福感の上昇や孤独感，抑うつ，不安感の減少等精神的健康へ寄与する可能性が示唆され(Soga et al., 2021)，在宅時間が伸びるだけでは生活の質を維持することが難しいこともあり，公園や屋外空間の利用頻度が増加している(森脇他, 2021; Venter et al., 2020)。

以上のような行動の変化は，社会的孤立感や不安感の悪影響を低減するために自然と屋外空間の利用頻度が増加した結果とも考えられるだろう。屋外での活動は運動を行うための設備が整っており，より多くの種

類があるが，隔離期間中に自宅で運動を行うことも有効である(Jiménez-Pavón et al., 2020)。こうした社会的な制限のある中においては，在宅でもより簡便かつ低コストで実施可能なプログラムも必要になると考える。

従来から身体活動や運動に関連する要因として数えられている遺伝的要因や心理社会的要因だけでなく，近年は環境要因にも焦点をあてた知見が蓄積されている。その中でも，身体活動と関連する環境要因として「施設へのアクセス」,「プログラムの費用」,「楽しい景色」,「他者の運動を頻繁にみる」,「自宅の器具」,「施設の満足」などが挙げられている(Trost et al., 2002)。加えて，居住地近隣の治安(街灯や歩道の有無，犯罪率の高さ)が活動量に関連し，現在の活動量に関わらずグループで行う運動よりも何か指導を受けながら1人で行う運動の方が魅力的と評価されたとする知見もある(King et al., 2000)。

上記のような，環境要因による問題の解決策として，virtual reality(VR)技術の活用が考えられる。VR技術の活用事例は医療，教育，不動産，ゲーム，スポーツなど多岐にわたる。中でも，Nintendo Switchで発売された運動をしながらゲームを遊べる「リングフィットアドベンチャー (任天堂株式会社)」やMMO(Massively Multiplayer Online) ゲーム形式で仮想世界をサイクリング・トレーニングができる「Zwift (Zwift Inc.)」のように在宅でも強度に際限なく，気軽に楽しく運動できるようなソフトウェアが生まれたことは記憶に新しい。このようなスポーツにバーチャル要素を加えることはユーザー体験にポジティブな影響を与えることが指摘され(Bentvelzan et al., 2022)，身体的活動量の増加や運動へのアドヒアランスを高めることも示唆されている(Murray et al., 2016; Plante et al., 2003)。

運動における「探索」の意義

前述した自然と触れ合うことや散歩などの屋外活動と，エアロバイク等の従来型室内運動の根本的な違いはどのような点にあるだろうか。室内運動に対し，屋外活動では時々刻々と変化する自然に触れることで，五感すべてを使用し，環境からのフィードバックを受ける。行動の自由度が高いことも手伝い，環境への注意をきっかけに探索が始まる点が両者の大きな違いである。デジタル技術の活用ではゲーム要素の付与などエンターテインメント性を加えることで，室内運動に不足しがちな目新しい対象への好奇心などの探索要素を補っている可能性が考えられる。

「探索(SEEKING)」とは自分の身の回りを探検し，調べ，理解したいという基本的な衝動であり，様々な情動の原型となる(Panksepp, 2004)。「探索」は何かいいものを手に入れたい，手に入ることを楽しみにする気持ち，それに対する好奇心などが混ざり合っており，「探索」は常にまだ手に入れていないものについて沸き起こる(Grandin & Johnson, 2010 中尾訳 2011)。また，探索衝動は脳のドーパミン活性によって引き起こされ，報酬そのものよりも報酬を予測する刺激に特に反応する(Panksepp, 2004)。目新しいものは「探索」システムの中にある好奇心を刺激し，聞きなれない音や見慣れないものの方に振り向く定位反応は目新しいものに注意を引かれたために生じる(Grandin & Johnson, 2010 中尾訳 2011)。さらに，探索衝動は，本能的衝動(一次プロセス)を始め，認知的に洗練された様々な計画や目標，意欲などの高度な認知機能と幅広く結びつくといわれている(Wright & Panksepp, 2012)。

無味乾燥となりがちな室内運動に，「探索(SEEKING)」の要素を追加することで継続を容易にできる可能性が推測できる。そして，ストレスや不安などへの対処方略として，あるいは日々のパフォーマンス向上手法

として，利用できる可能性が考えられる。

運動実施によって心身はどう変化するか

運動実施に伴い生理反応は複雑に変化する。具体的には心拍出量，心拍数，脈拍数の増加，末梢血管の拡張、血圧の上昇などが生じ，交感神経活動が優位となることが明らかになっている(細田他, 2019)。運動時の循環応答は動的運動において，全身の活動筋へ酸素供給を行うため心拍数，1回心拍出量，心拍出量は増加，末梢血管抵抗は低下するなど(河江他, 2010)，運動時特有の生理反応を示すことが知られている。さらに，急性有酸素運動がその後のストレス課題に対する血圧反応を緩衝することから，急性有酸素運動が現実生活においての社会的ストレスの緩衝材となり得ることも示唆されている(Hamer et al., 2006)。

加えて，運動などの身体的な刺激によって血圧は一過性に上昇するものの長期的にみれば降圧効果を持つ場合が多く(澤田, 2001)，体重や体脂肪，ウエスト周囲径，血中脂質，インスリン感受性に良好な影響を与え，総血管抵抗の減少に基づいて血圧が低下するというメタ分析結果もある(Cornelissen & Fagard, 2005)。そして，定期的に実施することでより少ない心拍数での活動が可能となり，緊張，疲労，攻撃性，うつ，不眠といった症状の軽減も見込まれる(細田他, 2019)。

以上のように，運動中の生理反応を検討した研究は多くあるものの，その最中の感情状態が心臓血管反応にどう影響するのかを詳細に検討した研究は非常に少ない。例えば，ポジティブあるいはネガティブな感情が運動中の心臓血管反応を何らかの形で変容させるのであれば，感情や認知の操作により，質の高い運動を行える可能性があり，心身の両面から健康増進への寄与が期待できる。

血行力学的反応パターンを説明する既存の心理学モデル

運動が心身に与える影響を客観的に調べる際には，心臓血管系血行動態を調べるのが一般的である。心臓血管系血行動態は，オームの法則で近似でき，「平均血圧 = 心拍出量(1回心拍出量×心拍数)×全末梢抵抗」という関係が成立する(澤田，2004，2012)。上記式に表されている通り，ストレス負荷時の血圧上昇は主に心拍出量の増加に起因する反応(パターン 1 あるいは心臓優位反応パターン)と全末梢血管抵抗の上昇に起因する反応(パターン 2 あるいは血管優位反応パターン)の2つに大別される(澤田，2001，2004; Williams, 1986)。さらに，感情研究において心臓血管系機能を評価する際には複数指標を用いることが必要との指摘もあり(Levenson, 2014)，直面するストレス負荷は心臓活動と血管活動の両者を介して最終的に血圧に反映される(澤田，2001)。血圧とその昇圧機序を詳細に検討できる血行動態に注目することは運動が自律神経系活動に与える影響をより詳細に検討する上でも重要である。

現在では，パターン 1(心臓優位反応パターン)を誘発する課題として暗算課題，反応時間課題，スピーチ課題などが挙げられ(Allen et al., 1987; Griffin & Howard, 2020; 田中他，1994)，パターン 2(血管優位反応パターン)を誘発する課題には寒冷昇圧課題や鏡映描写課題，映像視聴課題などが挙げられる(Griffin & Howard, 2020; Sherwood et al., 1986; Waldstein et al., 1997)。加えて，これらの課題に競争あるいは評価などの心理社会的要因の付与が反応パターンの分化や増大を引き起こすことが明らかになっている(Blascovich et al., 2003; 長野，2004，2005; Smith et al., 1997; 手塚，2018; 敦賀・鈴木，2007)。さらに，ストレスの特性に関わらず心拍出量の増加から平均血圧が上昇しやすい傾向を持つ心臓優位反応者と全末梢抵抗の増加から平均血圧が上昇しやすい傾向を持つ血管優位反応者が

存在することも指摘されている(澤田, 2001, 2004; Sherwood & Turner, 1995)。以上のような血行力学的反応パターンを含む心臓血管系反応の説明を試みるモデルとして, Lacey & Lacey(1974)の環境の取り入れ-拒否モデル, Obrist(1981)の能動的-受動的対処モデル, Blascovich & Mendes (2000)の挑戦-脅威モデルなどが存在する。

第一に, Lacey & Lacey(1974)の環境の取り入れ-拒否モデルでは, 外的情報を取り入れるために外界の事象に注意を向けるような状況では心拍数が減少し, 反対に外界の事象を拒否し認知的作業に没頭する場合に心拍数が上昇するとされた。このモデルは心拍数に焦点を当てているものの, 環境の取入れは血管収縮を主体とした血圧上昇, 環境の拒否は心臓活動を主体とした血圧上昇を生じると考えられている(長野, 2005)。また, 松村・澤田(2009)の研究では, 外的注意を必要としない暗算課題と必要とする暗算課題で血行力学的反応パターンを比較した結果, 外的注意の亢進が血管優位反応パターンを誘発することが確認された。

第二に, Obrist(1981)の能動的-受動的対処モデルでは, ストレス状況下のコントロールの有無に焦点が当てられている。コントロール可能な場合(能動的対処)は心拍出量の増加によるパターン 1(心臓優位反応パターン)の反応を, 反対にコントロール不可能な場合(受動的対処)は血管抵抗の増加によるパターン 2(血管優位反応パターン)を誘発するとされる。

第三に, Blascovich & Mendes (2000)の挑戦-脅威モデルでは, 個人の認知的評価に焦点が当てられている。状況あるいは環境からの要求に対して, 個人の資源が上回ると評価した場合には挑戦評価, 逆の場合には脅威評価と定義される。挑戦評価の場合は心拍出量の増加と全末梢抵抗の減少に伴うパターン 1(心臓優位反応パターン)の反応が, 脅威評価の場合は全末梢抵抗の増加に伴うパターン 2(血管優位反応パターン)の反応

が誘発するとされる。

上記3つの代表的なモデルはストレス状況下を前提としている点に留意する必要があるものの，心臓血管系反応を考えるうえで重要な位置付けであることは間違いない。前述したように，運動中に生じる生理反応と感情状態が心臓血管系血行動態にどう影響するのかを詳細に検討した研究は非常に少ない。本研究で焦点を当てる「探索」も含め，運動時の反応を詳細に検討していく試みは，より質の高い運動を目指す場合や運動のより健康的な面を強調する上で必要になると推測できる。

本研究の目的

仮想空間における一過性運動時の探索状況の有無が心臓血管反応と心理指標に与える影響について検討することを目的とした。

II.方法

実験参加者

実験参加者は大学院生・大学生40名(男性20名，女性20名；平均年齢21.65歳，*SD*=2.48)であり，心臓血管系に障害がある参加者はいなかった。全40名中，半数ずつランダムに実験群(男性10名，女性10名；平均年齢21.60歳，*SD*=1.90)と統制群(男性10名，女性10名；平均年齢21.70歳，*SD*=2.99)に振り分けられた。

実験参加に際して，前日のアルコール摂取および当日のカフェイン摂取，喫煙を控えるように指示された。また，心臓血管系に影響を及ぼす薬物を使用している参加者はいなかった。実験終了後，約1時間の実験参加に対して1000円相当の謝礼を支払った。なお，実験参加に際して実験内容の説明および本実験で行う課題が身体に悪影響を与える手続きを

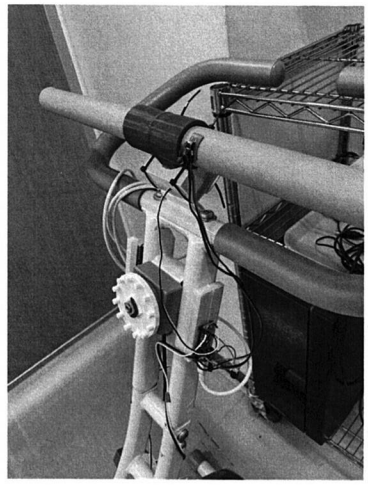
含んでいないこと，実験中に得られたデータは個人が特定できないように統計的に処理すること，自由意思でいつでも実験を中断できることを伝え，インフォームドコンセントを得た。

実験デザイン

運動期間にハンドル操作(視点移動)による探索をしながら運動を行う実験群，Yoked design による映像視聴(実験群の画面録画映像)で運動を行う統制群の 2 群で構成された。

機材

エアロバイク(ALINCO 製，クロスバイク AFB4417)と容積補償式指血圧計 Finometer (Finapres Medical System 製)を用いた。エアロバイクには 3D プリンターで作成されたハンドルが搭載され，内蔵された可変抵抗から操作角度を読み取った。また，ペダル部分には 3D プリントパーツが装着され，光センサーによって回転数を読み取る仕組みであった。操作角度と回転数は，マイクロコンピュータ経由で仮想空間ソフトウェアに送信され，それらの情報と連動して風景が動く仕組みであった(図 1)。



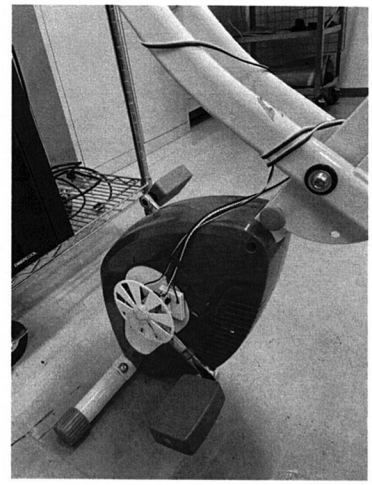


図 1 エアロバイクの操作系統

実験刺激

実験刺激となる探索環境はゲームエンジン Unity(Ver. 2021.1.15)を用いて自然環境を模した仮想空間を作成した(図 2)。これらは Asset と呼ばれるソフトウェア資産を用いて作成された(表 1)。刺激はプロジェクターでスクリーンに投影され，参加者はハンドル・ペダル操作によって仮想空間内を自由に探索することが可能であった。また，ハンドル操作による視点移動は 1 人称視点(FPS: First-person sight)で行われ，探索した行動履歴(仮想空間内の 3 次元座標)は 1 秒間隔で連続的に刺激呈示用 PC のローカルディスクに保存された。

図 2 自然環境を模して仮想空間に作成された探索環境

表 1 使用した Asset 及び Vendor 一覧

	Asset	Vendor
1	Easy Road 3Dpro	AndaSoft
2	Enviro sky and weather	Hendrik Haupt
3	Forest Enviroment	NatureManufacture
4	Lux Water	Forst
5	Meadow Enviroment	NatureManufacture
6	R.A.M2019 River Auto Material	NatureManufacture
7	Standard Assets	Unity Technologies
8	Vegetation Studio Pro	Awesome Technologies

心理指標

日本語版 RPE(Rating of Perceived Exertion; 小野寺・宮下, 1976), 一過性運動感情尺度 WASEDA(Waseda Affect Scale of Exercise and Durable Activity; 荒井他, 2003), 日本語版 POMS2(Profile of Mood States 2nd Edition)短縮版(横山・渡辺, 2015)を使用した。

日本語版 RPE は運動中の「きつさ」を 6～20 の 15 段階で運動強度の主観的な評価を行った。本研究においても先行研究(満石他, 2010)と同様に, 運動中の「きつさ」の数値を口頭による評定で求めた。

一過性運動感情尺度 WASEDA は「高揚感」,「落ち着き感」,「否定的感情」の 3 因子(各 4 項目計 12 項目)で構成され, 本研究では「高揚感」のみを使用し,「全く感じない～かなり感じる」の 5 件法で評定を求めた。

POMS2 短縮版は「怒り-敵意(Anger-Hostility: AH)」,「混乱-当惑(Confusion-Bewilderment: CB)」,「抑うつ-落ち込み(Depression-Dejection: DD)」,「疲労-無気力(Fatigue-Inertia: FI)」,「緊張-不安(Tension-Anxiety: TA)」,「活気-活力(Vigor-Activity: VA)」,「友好(Friendliness: F)」の 7 つの下位尺度(各 5 項目, 計 35 項目)で構成され,「まったくなかった～非常に多くあった」の 5 件法で評定を求めた。また, AH, CB, DD, FI, TA の合計から VA を引いてネガティブな感情状態を総合的に表す TMD(Total Mood Disturbance)得点を求めた。

また, 独自項目として運動期間中の主観的経過時間(「運動を開始してから終了までどのくらいの時間が経過したと思いますか？」)と継続可能時間(「あとどれくらい継続して運動できそうですか？」)の 2 つの質問に関して自由記述形式で回答を求めた後, 内省報告を得た。

生理指標

容積補償式指血圧計 Finometer (Finapres Medical System 製)を用いて左

手中指により1秒間隔で測定を行い，コンピュータに記録した。

具体的には収縮期血圧(systolic blood pressure: SBP, mmHg)，拡張期血圧(diastolic blood pressure: DBP, mmHg)，心拍数(heart rate: HR, bpm)，1回心拍出量(stroke volume: SV, ml)，心拍出量(cardiac output: CO, l/min)，全末梢血管抵抗(total peripheral resistance: TPR, MU)を計測した。

手続き

参加者が実験室に入室した後，インフォームドコンセントを得た。実験開始前に，Microsoft formsを用いて睡眠習慣やアルコール摂取，喫煙，運動習慣などの生活リズムに関する質問に回答を得た。回答終了後，安静状態の測定としてPOMS2，WASEDA(高揚感4項目)それぞれの評定を行った。

その後，実験中に口頭で回答するRPEについて事前の説明を受け回答方法の練習を行い，エアロバイクのサドル調整と運動の練習を行った。エアロバイクの前方に刺激呈示用PC，スピーカー，プロジェクターを配置し，投影距離は2mに調節した(図3)。練習段階ではエアロバイクの3Dプリンター部品箇所にあまり体重をかけないこと，実験者のPCから鳴る1秒間隔の繰り返しタイマーの音に合わせてペダルを漕ぐこと，計測器の装着部位はあまり動かさないことを教示した。

また，実験中はスクリーンに刺激映像が表示され，エアロバイク操作と映像が連動していることを説明し質疑応答の時間を設けた後，計測機器の装着を行った。装着後，計測器の動作確認を行い，実験を開始した。

生理指標の測定は実験期間を通して連続的に行い，実験開始前と終了後に心理指標の回答を得た。実験スケジュールは，両群ともにベースラインとして6分間の前安静期間，10分間の運動期間，6分間の回復期間の計22分間で構成された(図4)。

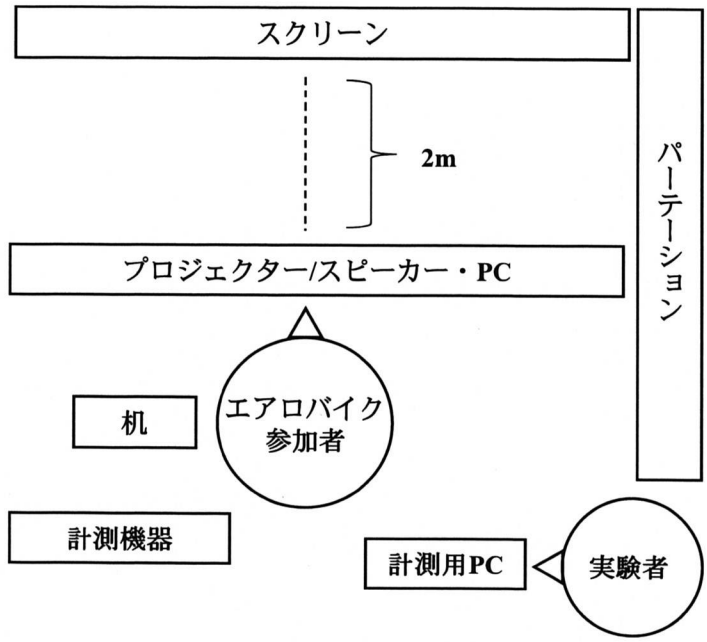


図 3 実験環境

図 4 実験スケジュール

データ処理

各生理指標について，前安静期から運動期，運動期から回復期に移行する前後30秒を移行期として分析対象から除外し，前安静期(5分30秒)，運動期前半(4分30秒)，運動期後半(4分30秒)，回復期(5分30秒)の4期間の平均値を求め分析対象とした。すべての生理指標に関して，群(実験，統制)を参加者間要因、期間(前安静期，運動期前半，後半，回復期)を参加者内要因とする2要因分散分析を行った。

III.結果

群別(実験，統制)の生理指標

各生理指標(SBP，DBP，HR，SV，CO，TPR)について，群(実験，統制)ごとに平均値を算出し時系列変化の推移を図に示した(図 5～10)。なお，運動期間中は 1 秒間隔の繰り返しタイマーの音に合わせてペダリングをするように教示されていたため，全参加者の運動量は統制されていた。

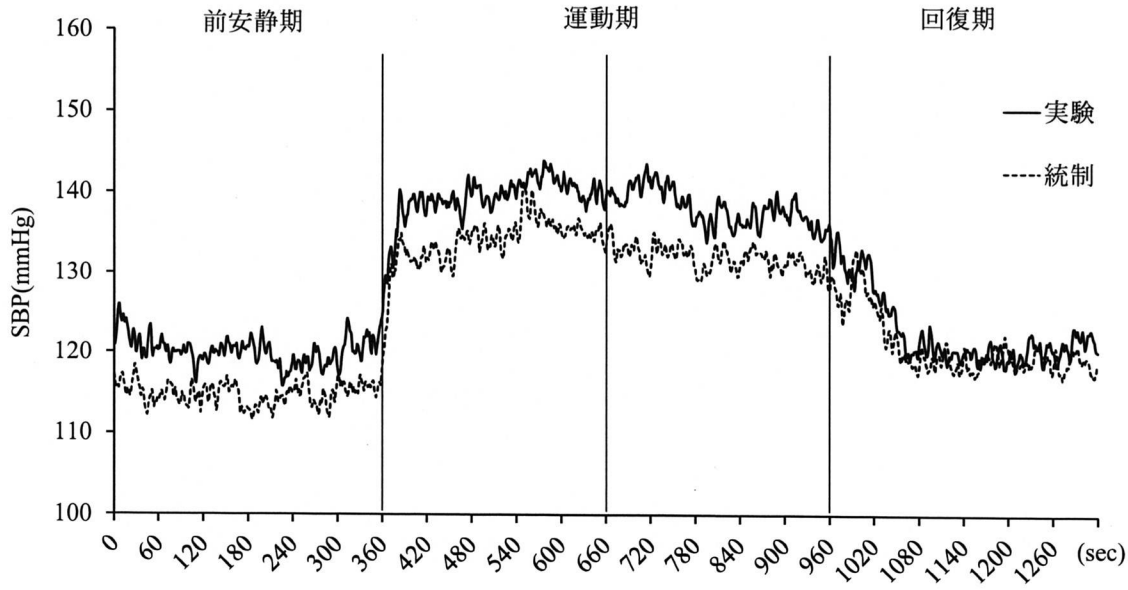


図 5 SBP における群別(実験・統制)の時系列変化

SBP は両群ともに運動期に入ると上昇し，回復期で徐々に値が下降していった。また，前安静期と運動期では実験群の値が上回っていたのに対して，回復期では両群の値はほぼ同水準で推移したことがみてとれた。

SBP を従属変数とし，2 群(実験，統制)×4 期間(前安静期，運動期前半，後半，回復期)の 2 要因混合計画による分散分析を行った。その結果，

期間の主効果のみ有意であり(期間: $F(3, 114) = 68.94$, $p<.01$, $\eta_p^2 = .64$), 群の主効果及び群×期間の交互作用は有意ではなかった(群: $F(1, 38) = 1.46$, n.s.; 群×期間: $F(3, 114) = 0.76$, n.s.)。期間の効果が有意であったため, Bonferroni 法による多重比較を行ったところ前安静期と運動期前半・後半, 回復期と運動期前半・後半の間に有意差がみられた($p<.05$)。つまり, SBP は両群とも前安静期から運動期にかけて上昇し, 運動期前半と後半に違いはなく, 回復期において低下を示したが, その変化に群による違いは示されなかった。

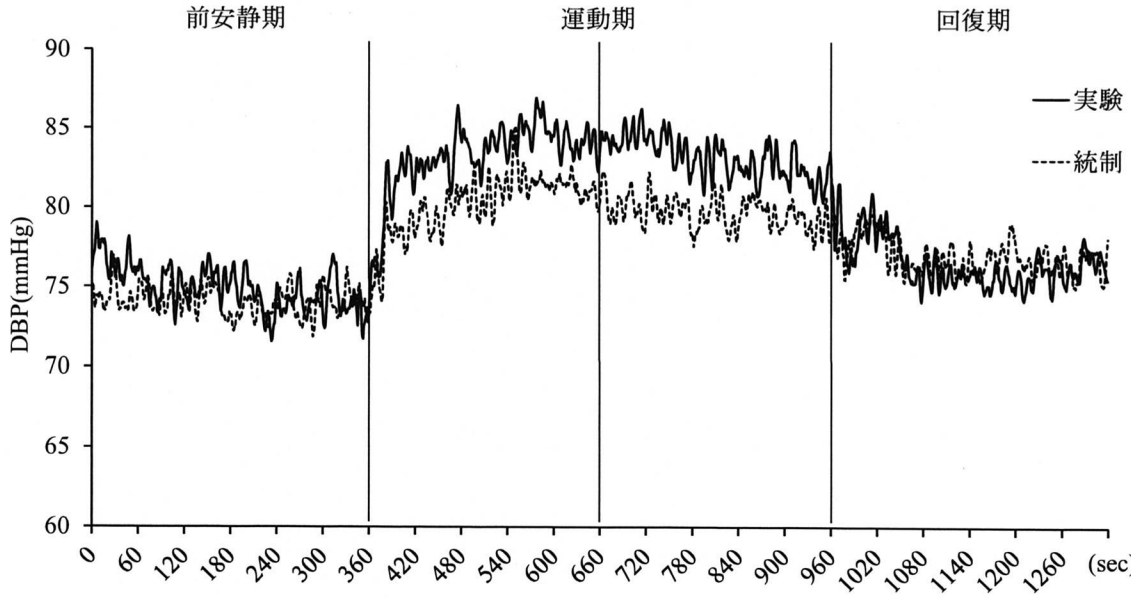


図 6 DBP における群別(実験・統制)の時系列変化

DBP は両群ともに運動期に入ると上昇し, 回復期で徐々に値が下降していった。また, 前安静期と回復期では両群の値はほぼ同水準で推移しているものの, 運動期では実験群の値が統制群よりも上回っているように見受けられた。

DBP を従属変数とし, 同様に分散分析を行った。その結果, 期間の主

効果のみ有意であり(期間: $F(3, 114) = 26.15$, $p<.01$, $\eta_p^2 = .41$), 群の主効果及び群×期間の交互作用は有意ではなかった(群: $F(1, 38) = 0.45$, n.s.; 群×期間: $F(3, 114) = 1.74$, n.s.)。期間の効果が有意であったため, Bonferroni 法による多重比較を行ったところ, 前安静期と運動期前半・後半, 回復期と運動期前半・後半の間に有意差がみられた($p<.05$)。つまり, DBP は両群とも前安静期から運動期にかけて上昇し, 運動期前半と後半に違いはなく, 回復期において低下を示したが, その変化に群による違いは示されなかった。

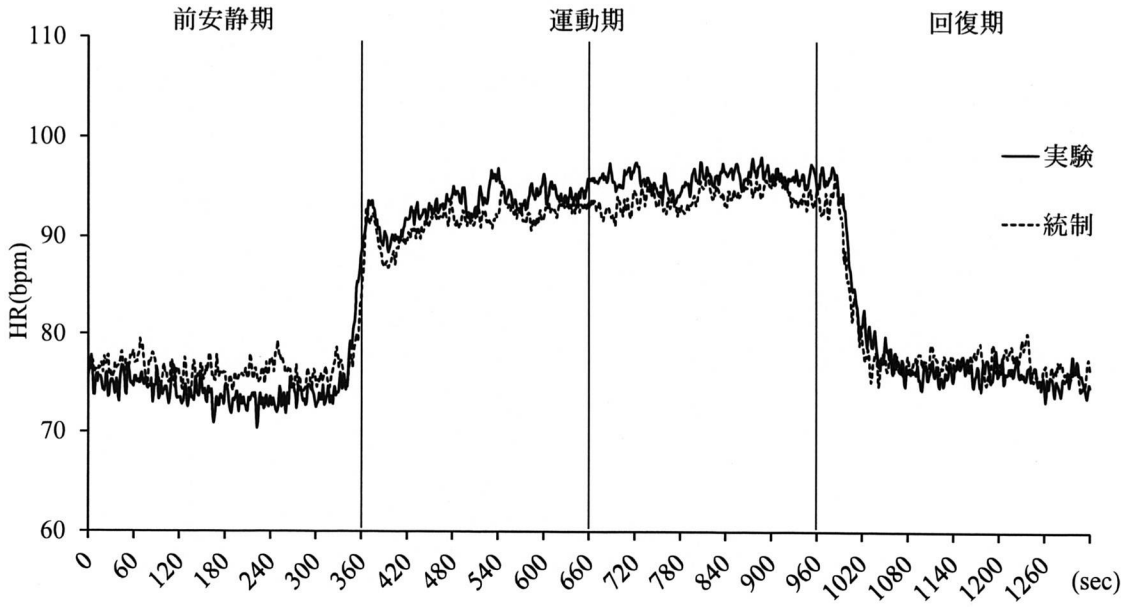


図 7 HR における群別(実験・統制)の時系列変化

HR は両群ともに運動期に入ると急激に上昇し, 回復期で値が下降していった。また, 全期間で共通して両群の値はほぼ同水準で推移したことがみてとれた。

HR を従属変数とし, 同様に分散分析を行った。その結果, 期間の主効果のみ有意であり(期間: $F(3, 114) = 174.02$, $p<.01$, $\eta_p^2 = .82$), 群の主効果

及び群×期間の交互作用は有意ではなかった(群: $F(1, 38) = 0.00$, n.s. ; 群×期間: $F(3, 114) = 1.52$, n.s.)。期間の効果が有意であったため, Bonferroni 法による多重比較を行ったところ, 前安静期と運動期前半・後半, 回復期と運動期前半・後半の間に有意差がみられた($p<.05$)。つまり, HR は両群とも前安静期から運動期にかけて上昇し, 運動期前半と後半に違いはなく, 回復期において低下を示したが, その変化に群による違いは示されなかった。

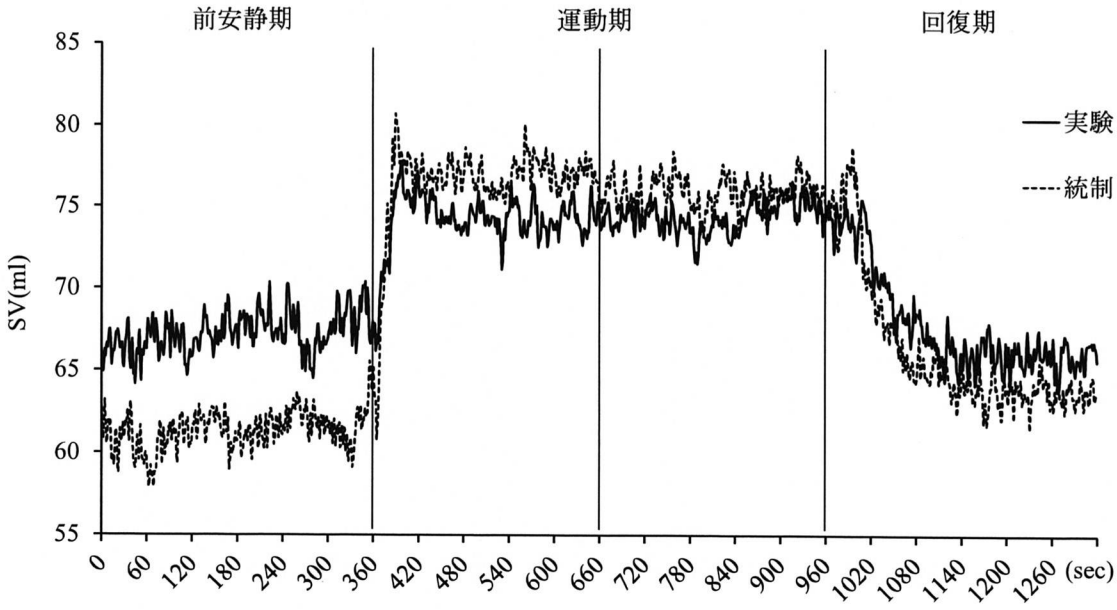


図 8 SV における群別(実験・統制)の時系列変化

SV は両群ともに運動期に入ると上昇し, 回復期で値が下降していった。また, 前安静期では実験群の値が上回っていたものの, 運動期では逆転し, 回復期でまた実験群の値が上回っているように見受けられた。

SV を従属変数とし, 同様に分散分析を行った。その結果, 期間の主効果と群×期間の交互作用が有意であり(期間: $F(3, 114) = 45.13$, $p<.01$, $\eta_p^2 =.54$; 群×期間: $F(3, 114) = 4.72$, $p<.01$, $\eta_p^2 =.11$), 群の主効果は有意で

なかった(群:$F(1, 38) = 0.05$, n.s.)。期間の効果が有意であったため，Bonferroni 法による多重比較を行ったところ，前安静期と運動期前半・後半，回復期と運動期前半・後半の間に有意差がみられた($p<.05$)。また，群×期間の交互作用が有意であったため単純主効果検定を行ったところ，期間における両群の効果が有意であった(実験群: $F(3, 114) = 10.95$, $p<.01$；統制群: $F(3, 114) = 38.90$, $p<.01$)。つまり，SV は前安静期から運動期にかけて上昇し，運動期前半と後半に違いはなく，回復期において前安静期と同水準まで下降していくことが示された。

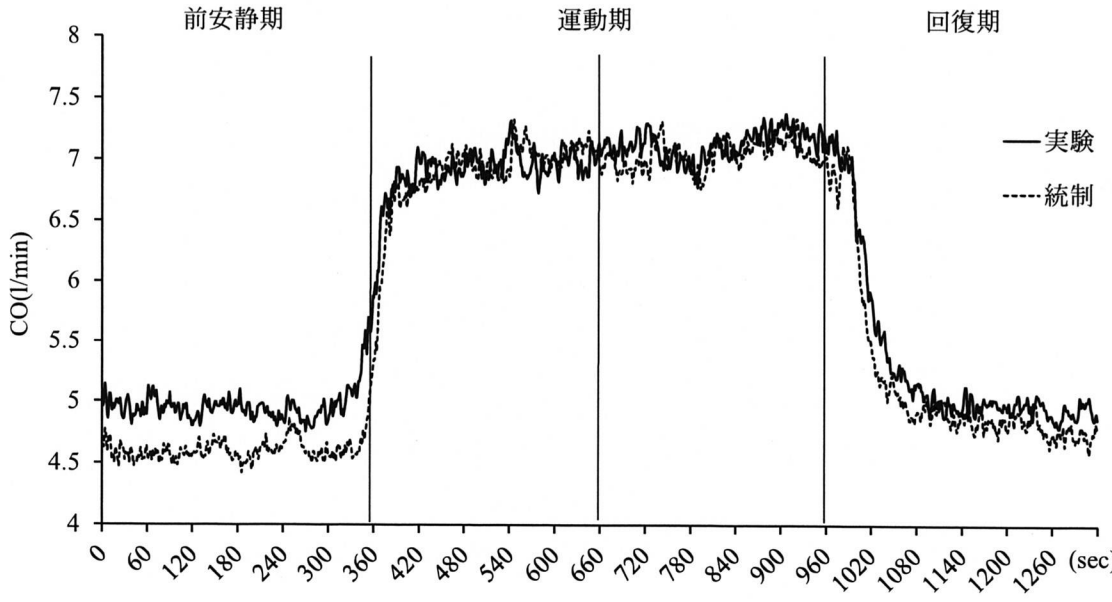


図 9 CO における群別(実験・統制)の時系列変化

CO は両群ともに運動期に入ると急激に上昇し，回復期で値が下降していった。また，前安静期と回復期ではわずかに実験群の値が上回っていたものの，運動期ではほぼ同水準で推移したことがみてとれた。

CO を従属変数とし，同様に分散分析を行った。その結果，期間の主効果のみ有意であり(期間: $F(3, 114) = 131.43$, $p<.01$, $\eta_p^2 = .77$)，群の主効果

及び群×期間の交互作用は有意ではなかった(群: $F(1, 38) = 0.14$, n.s. ; 群×期間: $F(3, 114) = 0.49$, n.s.)。期間の効果が有意であったため，Bonferroni 法による多重比較を行ったところ，前安静期と運動期前半・後半，回復期と運動期前半・後半の間に有意差がみられた($p<.05$)。つまり，CO は両群とも前安静期から運動期にかけて上昇し，運動期前半と後半に違いはなく，回復期において下降したが，その変化に群による違いは示されなかった。

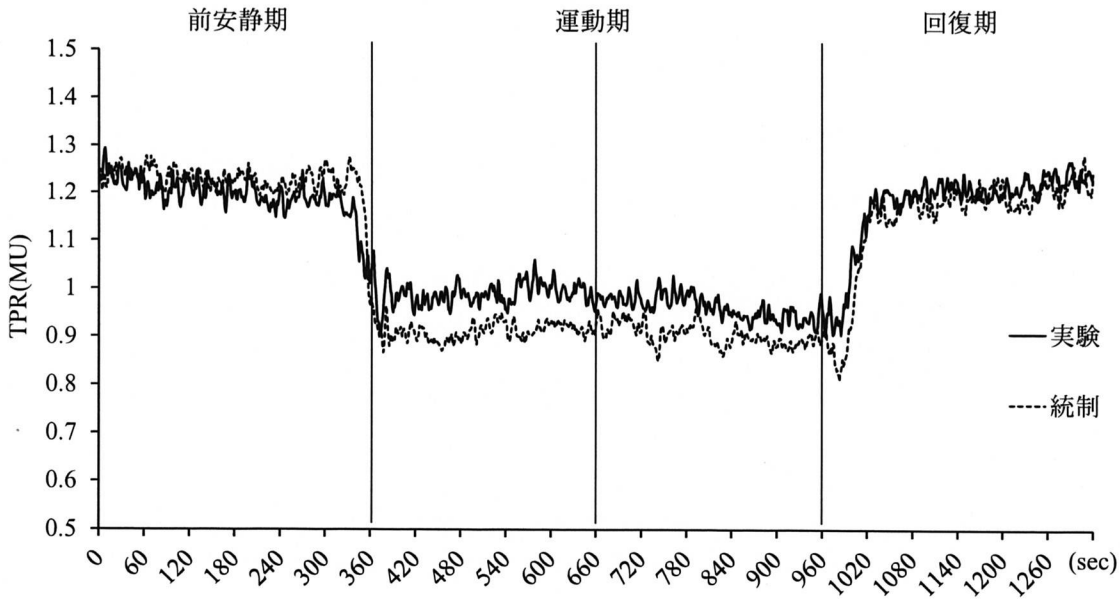


図 10 TPR における群別(実験・統制)の時系列変化

TPR は両群ともに運動期に入ると下降し，回復期で値が上昇していった。また，前安静期と回復期では両群の値はほぼ一致しているものの，運動期では実験群の値が上回っているように見受けられた。

TPR を従属変数とし，同様に分散分析を行った。その結果，期間の主効果のみ有意であり(期間: $F(3, 114) = 41.96$, $p<.01$, $\eta_p^2 = .52$)，群の主効果及び群×期間の交互作用は有意ではなかった(群: $F(1, 38) = 0.19$, n.s. ;

群×期間: $F(3, 114) = 0.00$, n.s.)。期間の効果が有意であったため，Bonferroni 法による多重比較を行ったところ，前安静期と運動期前半・後半，回復期と運動期前半・後半の間に有意差がみられた($p<.05$)。つまり，TPR は両群とも前安静期から運動期にかけて下降し，運動期前半と後半に違いはなく，回復期において上昇したが，その変化に群による違いは示されなかった。

群別（実験，統制）の心理指標

次に，運動期間中 3 分，6 分，9 分時点で回答を得た RPE について群別(実験，統制)に平均値を算出し，それぞれ序盤，中盤，終盤としてグラフに示した(図 11)。なお，縦軸は RPE 得点(最小値 6，最大値 20)，横軸は期間(序盤，中盤，終盤)，エラーバーは標準偏差を示した。

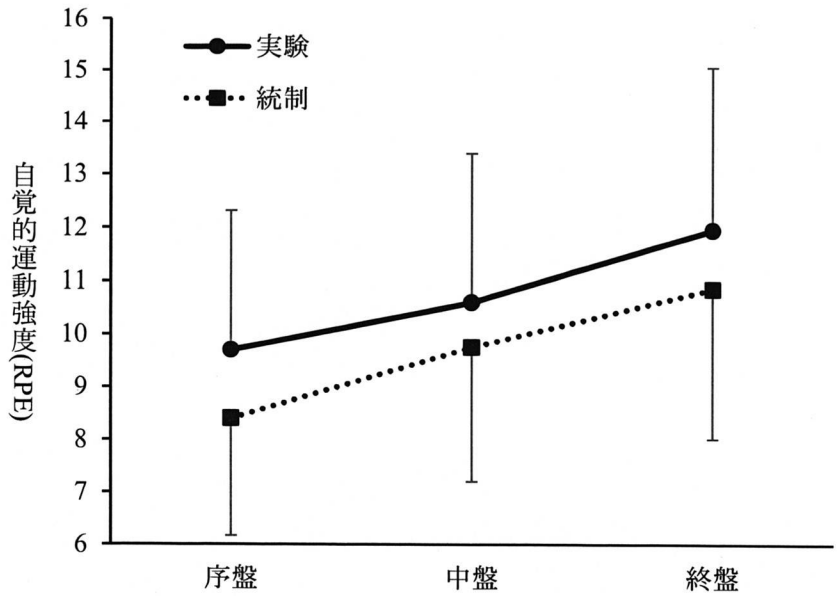


図 11 群別(実験・統制)の RPE 平均値の推移

RPE は両群ともに終盤に進むにつれて上昇していった。すべての期間において，実験群の値が統制群を上回っているように見受けられた。

RPE を従属変数とし，2 群(実験，統制)×3 期間(序盤，中盤，終盤)の 2 要因混合計画による分散分析を行った。その結果，期間の主効果のみ有意であり(期間: $F(2, 76) = 26.50$, $p<.01$, $\eta_p^2 = .41$)，群の主効果及び群×期間の交互作用は有意ではなかった(群: $F(1, 38) = 1.99$, n.s. ; 群×期間: $F(2, 76) = 0.24$, n.s.)。期間の効果が有意であったため，Bonferroni 法による多重比較を行ったところ，序盤と中盤，序盤と終盤，中盤と終盤すべてに有意差が認められた ($p<.05$)。つまり，RPE は両群ともに期間が進むにつれて上昇し，終盤で最も大きくなることが示された。

次に，一過性運動感情尺度 WASEDA の「高揚感」および日本語版 POMS2 の各指標について運動前後(Pre, Post)の平均値と標準偏差を算出し，2 群(実験，統制)×2 期間(Pre, Post)の 2 要因混合計画による分散分析を行った結果を表に示した(表 2)。

表 2 群別の各心理指標における運動前後の平均値と統計処理結果

	実験群 (n = 20)		統制群 (n = 20)		群		期間		群×期間	
	Pre	Post	Pre	Post	F	η_p^2	F	η_p^2	F	η_p^2
WASEDA										
高揚感	10.10	15.35	8.25	13.65	4.61*	0.11	72.01**	0.65	0.01	0.00
	(2.96)	(3.42)	(3.18)	(3.21)						
POMS2										
AH (怒り-敵意)	42.00	38.50	40.25	39.50	0.15	0.00	7.22*	0.16	3.02†	0.07
	(6.47)	(0.51)	(3.39)	(2.87)						
CB (混乱-当惑)	51.45	46.35	48.65	47.60	0.13	0.00	6.24*	0.14	2.71	0.07
	(10.27)	(4.23)	(9.50)	(5.72)						
DD (抑うつ-落ち込み)	52.40	46.40	48.45	45.95	0.60	0.02	15.31**	0.29	2.60	0.06
	(11.91)	(9.65)	(9.83)	(6.14)						
FI (疲労-無気力)	46.85	42.05	44.70	41.75	0.40	0.01	10.62**	0.22	0.61	0.02
	(9.45)	(6.07)	(6.65)	(6.00)						
TA (緊張-不安)	48.95	39.75	47.65	39.85	0.08	0.00	42.89**	0.53	0.29	0.00
	(10.28)	(6.88)	(7.32)	(5.64)						
VA (活気-活力)	50.40	57.35	50.40	53.30	0.46	0.01	17.05**	0.31	2.88†	0.07
	(10.92)	(11.65)	(9.17)	(8.65)						
F (友好)	54.85	53.85	54.75	52.40	0.06	0.00	3.90†	0.09	0.63	0.02
	(8.41)	(11.22)	(11.37)	(11.39)						
TMD得点	45.60	40.45	44.80	41.65	0.01	0.00	14.98**	0.28	0.87	0.02
	(8.70)	(5.54)	(5.85)	(5.95)						

カッコ内は標準偏差, †p<.10, * p<.05, ** p<.01

WASEDA の「高揚感」は両群に共通して運動後に上昇することがみてとれ，一貫して実験群の値の方が高かったことがみてとれた。

次に POMS2 の各指標に関して，AH(怒り-敵意)，CB(混乱-当惑)，DD(抑うつ-落ち込み)，FI(疲労-無気力)，TA(緊張-不安)，TMD 得点は両群に共通して運動後に減少することがみてとれた。また，VA(活気-活力)は両群に共通して運動後に上昇することがみてとれた。

AH(怒り-敵意)と VA(活気-活力)において交互作用が有意傾向であったため，単純主効果検定を行ったところ，AH(怒り-敵意)では期間における実験群の効果が有意であった($F(1, 38) = 9.79$, p<.01)。VA(活気-活力)では

期間における実験群の効果が有意であり，統制群の効果は有意傾向であった(実験群：$F(1, 38) = 16.97, p<.01$；統制群：$F(1, 38) = 2.96, p<.10$)。以上の結果から，AH(怒り-敵意)は実験群において運動後に低下することに加え，VA(活気-活力)は実験群において運動後に上昇し，統制群においては上昇する傾向にとどまることが認められた。

次に，独自項目である主観的経過時間と継続可能時間に関してそれぞれ平均値と標準偏差を群別(実験，統制)に算出し，表に示した(表 3)。

表 3 群別の主観的経過時間と継続可能時間の平均値

	主観的経過時間	継続可能時間
実験群	11.85(6.65)	23.30(13.08)
統制群	13.35(5.05)	26.75(14.98)

カッコ内は標準偏差

主観的経過時間と継続可能時間は統制群の方が長く回答していたことがみてとれた。また，主観的経過時間は実験群の方が，継続可能時間は統制群の方が標準偏差の値が大きくばらつきがあることがみてとれた。

主観的経過時間と継続可能時間について群間に差があるかどうかを検討するために，対応のない t 検定をおこなった。その結果，主観的経過時間と継続可能時間ともに有意差は認められなかった(主観的経過時間：$t(35) = 0.80$, n.s.；継続可能時間 $t(37) = 0.78$, n.s.)。

次に，実験群と統制群それぞれの内省報告を抜粋し表に示した(表 4)。

表 4 実験群・統制群の内省報告

実験群	綺麗な風景を見ながらのサイクリングだったので探索意欲が湧き、風景を見るためにペダルを漕いでいると感じることができたので、運動が辛いと思わなかった。課題風景には傾斜もあったが、傾斜が急な坂は登れなかったので、遠くの方に見えた凄い急こう配の道路は果たして登れるのか気になった。 坂道は体力的に漕ぐのにやや力が必要だったが、のどかな景色と風に癒されて苦には感じなかった。 水の中にまで入れたことがとても楽しかったです。自分自身山を登っているときに若干平面を漕いでいるときよりも疲れたように感じました。自然に囲まれて少し気分が落ち着きました。 木々の中を通るとき、視界に消えていく感じや鳥のさえずりなどがすごくリラックスできて楽しかった。ペダルは重かったが、楽しい時間を過ごせて本当に良かったと思った。 どこでも行けるのは、すごいうれしかったです。坂道になると、リズムに合わせて漕いでいるだけですが、きついと感じる時もあって、実際にそこでバイクに乗っている感覚になれました。 風景が山や木陰などの自然を感じられるものだったため、リラックスして走ることができた。 自然を見ながら自転車をこぐのが楽しくて、もっといろんな景色が見て回りたいと思いました 実際にいい景色の場所を散策しているようで楽しかった。また、音なども心地よかった。
統制群	道路をそのまま走っていくのかと思ったら森の中に入っていったのでびっくりした。丘など坂になっているところでペダルが重くなりそうだと思ったが、そんなことはなくそのまま上ることができたので良かった。地面に転がっていた木に引っ掛かりそうだと思ったこともあった。滝の前を走った際に、水しぶきを実際に感じられたらいいなあと思いながら橋を渡った。 全体を通して極端に疲れることはなかったなと感じた。体格的な問題でペダルを漕ぎ切るのが少し大変に感じたけれども、映像があったので楽しんで走ることができた。また、音に合わせてペダルを漕ぐのは難しいなと感じた。 動画内の木が色づいていて、季節の想定や木の種類が知りたくなった 意外と機械がごつくてびっくりしました。はじめは慣れないエアロバイクでやりづらさを感じましたが、だんだん自然の中をサイクリングしている感じがしてきて楽しかったです。 映像も綺麗であったが、鳥の声とかの音がとても癒され、ずっと聞いていたくなった。バイクを漕いでいるときに少し目を瞑って音のほうを中心に聞いてしまった。映像のほうはずっと自然の映像で、丘の雄大な感じが良かった。途中に坂があったりして次はどんな道が来るのかと少しワクワクした。運動不足なのですぐ疲れてしまうかなと思っていたが、映像や音が綺麗だったので運動していてもあまり疲れは感じなかった。 映像に関して、右側にある木々が後半に差し掛かり紅葉化していることが印象に残った。また、下り坂で道路が見えなくなる時があり、若干の不安を感じた。とはいえ基本的にはのどかな風景であり、風に波立つ草原が心地よさを引き出していた。 エアロバイクを漕ぎながら、自然の映像を見ることはとても有意義な時間だなと思った。自然の映像がとてもリアルに感じたが視線の動く先が不自然に感じた。漕ぐリズムの音が一定だったので、音を聞かなくてもリズム通りに後半は漕げるようになったと感じた。 森のサラウンドが心地よく感じた。

行動指標の結果と探索度係数の算出

次に，実験群において取得した行動履歴(仮想空間内の 3 次元座標)を軌跡として描画し，作成した探索環境の俯瞰図と照らし合わせたデータを図に示した(図 12)。

なお，ゲームエンジン Unity を用いて作成された探索環境は地形(terrain)が 1000×1000m のサイズで構築され，参加者は空間内のどこにいるかを 10 分間の運動期間中 1 秒間隔で連続的に座標を測定された。

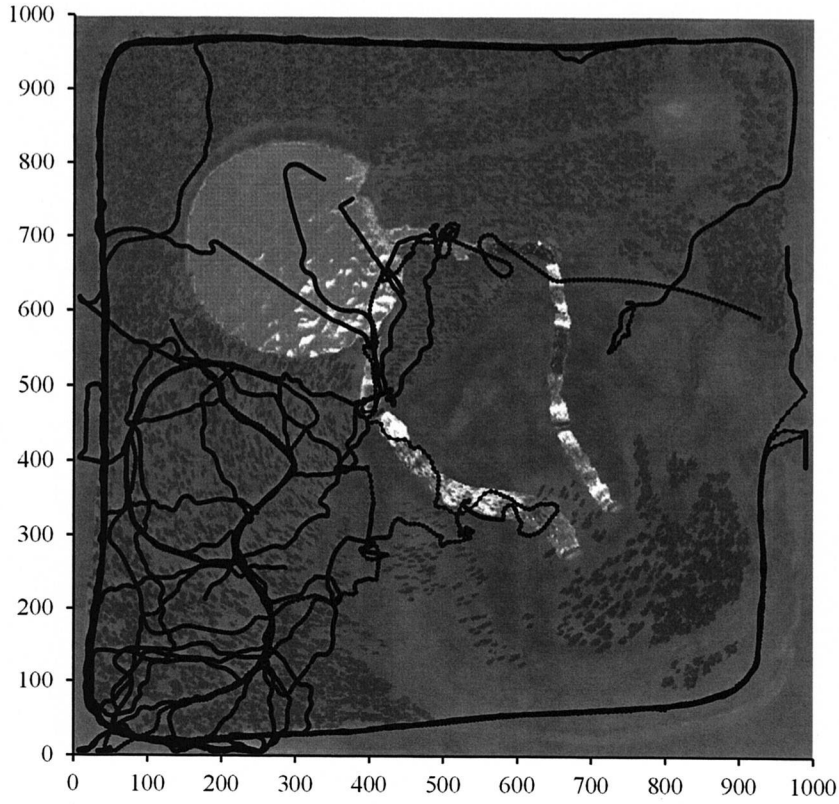


図 12 探索環境の俯瞰図を背景とした全 20 名分の軌跡

図 12 は実験群全 20 名分の軌跡データを俯瞰図と照らし合わせることで行動履歴として全参加者の軌跡が示されるものであり，軌跡の重なり合う地点はより多くの参加者が選択したルートであることがみてとれた。また，探索環境にあらかじめ設定された外周ルートのみを探索する参加

者に加え，環境の中を能動的に動き回る参加者も存在していることがみてとれた。

次に，探索の程度を検討するために各参加者の運動期間の 10 分間にわたる行動履歴から 1 秒ごとの X・Y 座標変化量をそれぞれ求め，この変化量を引数にアークタンジェント(arctangent)を算出した。アークタンジェントは 2 点間の進行角度として扱い，30 秒ごとの標準偏差を算出し，これを全参加者に対して行った。この標準偏差は，進行角度のばらつきが少ないほど小さい値を示す(一直線の場合は 0)性質のものであり，算出された値を探索の程度を検討する際の指標として用いた。

10 分間の運動期間を 30 秒間隔で区切り，標準偏差を算出した。生理指標の分析の際に最初と最後の 30 秒を分析対象から除外していることから，この値に関しても同様に最初と最後の 30 秒を分析対象から除外した。その後，参加者ごとに平均値を算出し，この値を探索度係数とした。この係数を基準として実験群全 20 名を，高探索群(12 名; 平均年齢 21.25 歳, SD = 1.06)と低探索群(8 名; 平均年齢 22.13 歳, SD = 2.75)に振り分けた(表 5)。また，群別(高探索，低探索)の軌跡例を図に示した(図 13)。

表 5 群別の探索度係数と t 検定結果

	探索度係数	t検定結果
高探索群(n = 12)	39.87 (13.15)	$t(13) = 8.03^{**}$
低探索群(n = 8)	6.45 (3.33)	

カッコ内は標準偏差, $^{*}p<.05$, $^{**}p<.01$

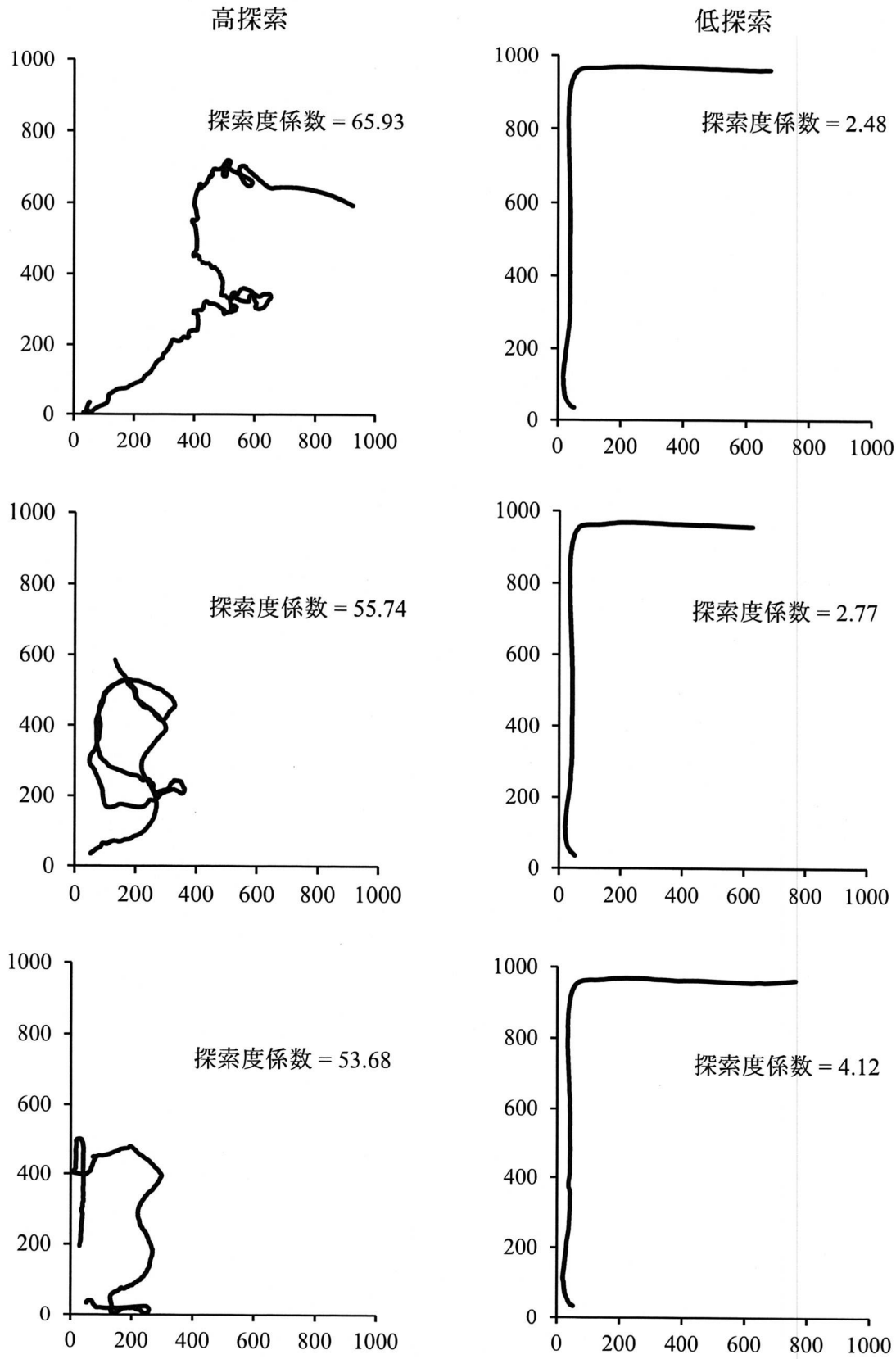


図 13 群別(高探索, 低探索)の軌跡例

群別(高探索，低探索)の生理指標

各生理指標(SBP，DBP，HR，SV，CO，TPR)について，群(高探索，低探索)ごとに平均値を算出し時系列変化の推移を図に示した(図 14～19)。

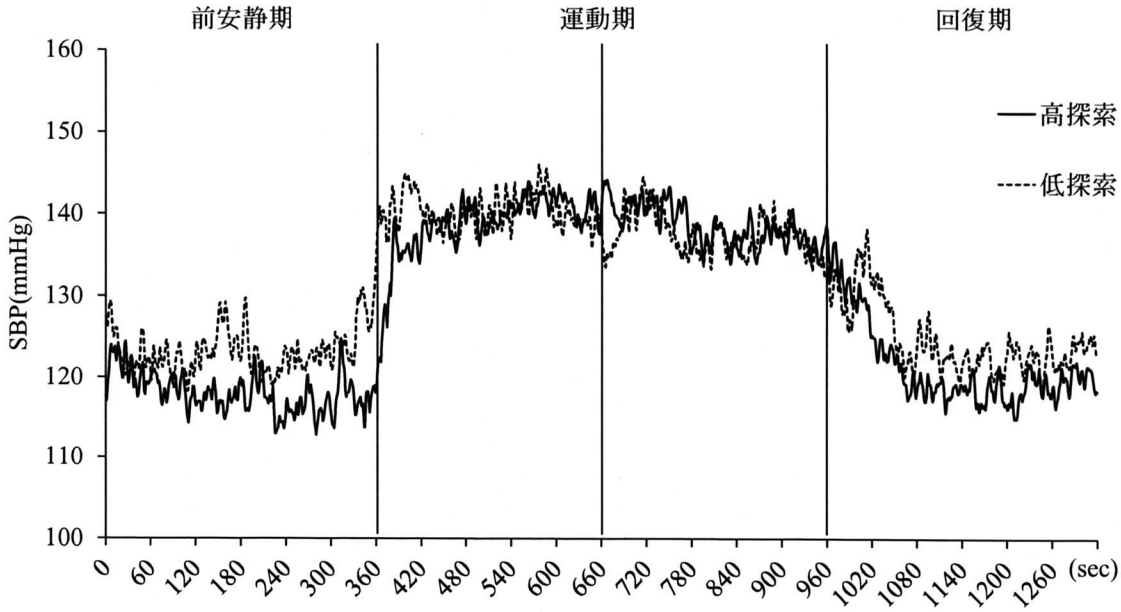


図 14 SBP における群別(高探索・低探索)の時系列変化

SBP は両群ともに運動期に入ると上昇し，回復期で徐々に値が下降していくことがみてとれた。また，前安静期と回復期では低探索群の値が上回っていたのに対して，運動期ではほぼ同水準で推移したように見受けられた。

SBP を従属変数とし，2 群(高探索，低探索)×4 期間(前安静期，運動期前半，後半，回復期)の 2 要因混合計画による分散分析を行った。その結果，期間の主効果のみ有意であり(期間: $F(3, 54) = 23.53$, $p<.01$, $\eta_p^2 = .61$)，群の主効果及び群×期間の交互作用は有意ではなかった(群: $F(1, 18) = 0.23$, n.s. ; 群×期間: $F(3, 54) = 0.51$, n.s.)。期間の効果が有意であった

ため，Bonferroni 法による多重比較を行ったところ前安静期と運動期前半・後半，回復期と運動期前半・後半の間に有意差がみられた(p<.05)。つまり，SBP は両群とも前安静期から運動期にかけて上昇し，運動期前半と後半に違いはなく，回復期において低下を示したが，その変化に群による違いは示されなかった。

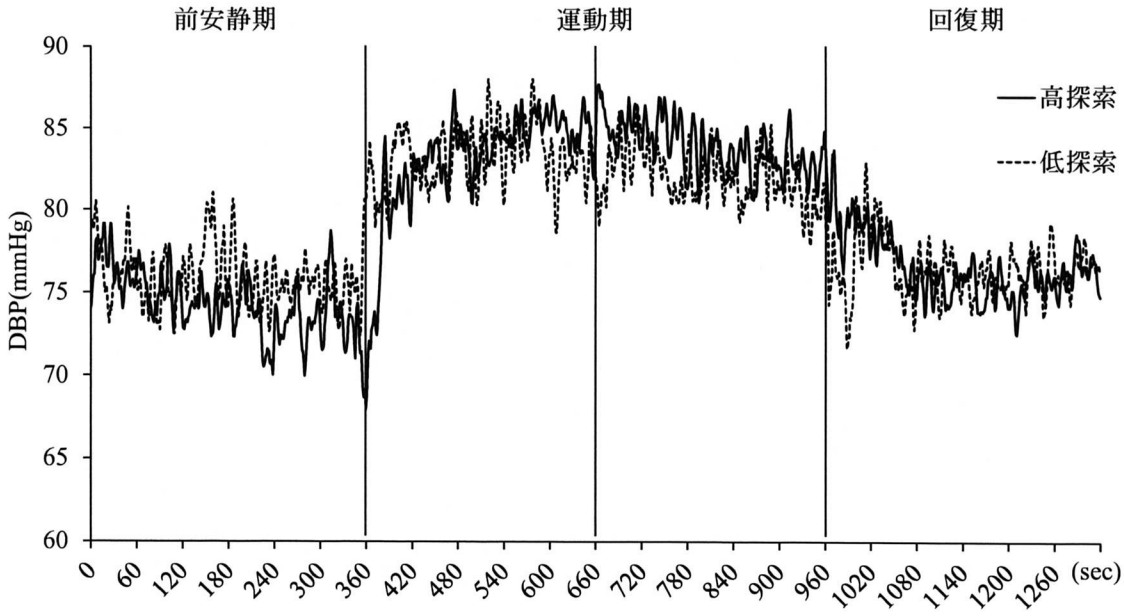


図 15 DBP における群別(高探索・低探索)の時系列変化

DBP は両群ともに運動期に入ると上昇し，回復期で徐々に値が減少していくことがみてとれた。また，全期間を通して両群の値はほぼ同水準で推移したことがみてとれた。

DBP を従属変数とし，同様に分散分析を行った。その結果，期間の主効果のみ有意であり(期間: $F(3, 54) = 14.89$, $p<.01$, $\eta_p^2 = .45$)，群の主効果及び群×期間の交互作用は有意ではなかった(群: $F(1, 18) = 0.00$, n.s. ; 群×期間: $F(3, 54) = 0.33$, n.s.)。期間の効果が有意であったため，Bonferroni 法による多重比較を行ったところ，前安静期と運動期前半・

後半，回復期と運動期前半・後半の間に有意差がみられた(p<.05)。つまり，DBPは両群とも前安静期から運動期にかけて上昇し，運動期前半と後半に違いはなく，回復期において低下を示したが，その変化に群による違いは示されなかった。

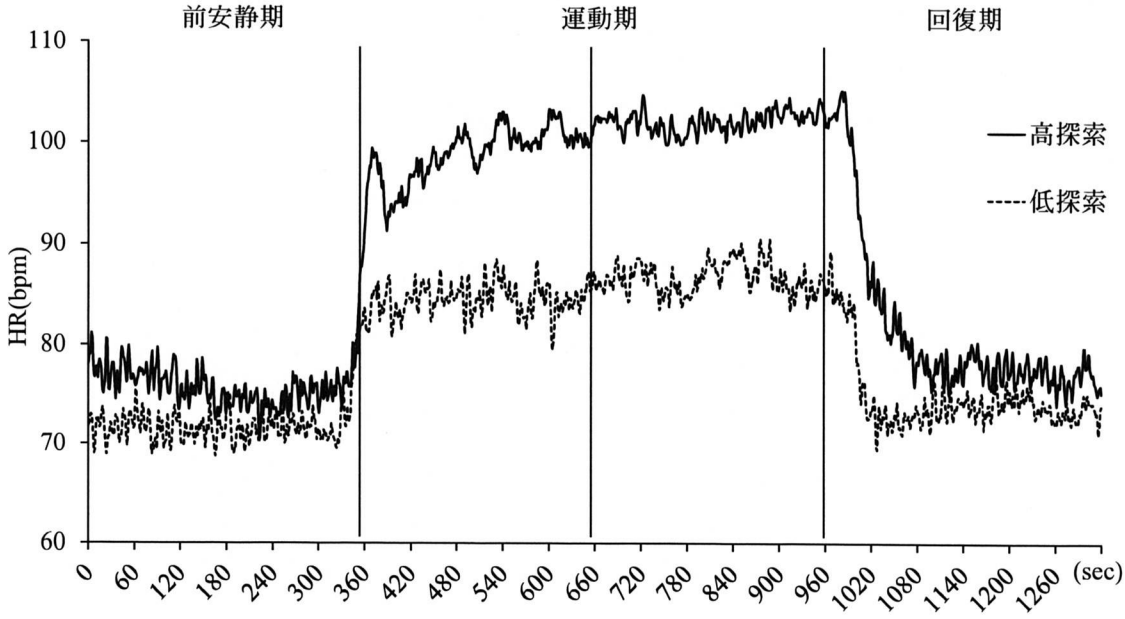


図 16 HRにおける群別(高探索・低探索)の時系列変化

HRは両群ともに運動期に入ると上昇し，回復期で値が下降していった。全期間を通して，高探索群の値が低探索群を上回っていたことがみてとれ，特に運動期間でより顕著に見受けられた。

HRを従属変数とし，同様に分散分析を行った。その結果，群の主効果が有意傾向(群: $F(1, 18) = 4.30$, $p<.10$, $\eta_p^2 = .19$)，期間の主効果および群×期間の交互作用が有意であった(期間: $F(3, 54) = 89.40$, $p<.01$, $\eta_p^2 = .83$, ; 群×期間: $F(3, 54) = 6.77$, $p<.01$, $\eta_p^2 = .27$)。期間の効果が有意であったため，Bonferroni 法による多重比較を行ったところ，前安静期と運動期前半・後半，回復期と運動期前半・後半の間に有意差がみられた

(p<.05)。さらに，群×期間の交互作用が有意であったため単純主効果検定を行ったところ，群における運動期前半および後半の効果が有意であった(運動期前半: $F(1, 18) = 8.26$, $p<.05$; 運動期後半: $F(1, 18) = 7.00$, $p<.05$)。また，期間における両群の効果が有意であった(高探索群: $F(3, 54) = 72.65$, $p<.01$; 低探索群: $F(3, 54) = 23.52$, $p<.01$)。つまり，HR は両群とも前安静期から運動期に移行後上昇し，回復期でまた下降したが，運動期においては前半・後半通して高探索群の方が高い値であることが示された。

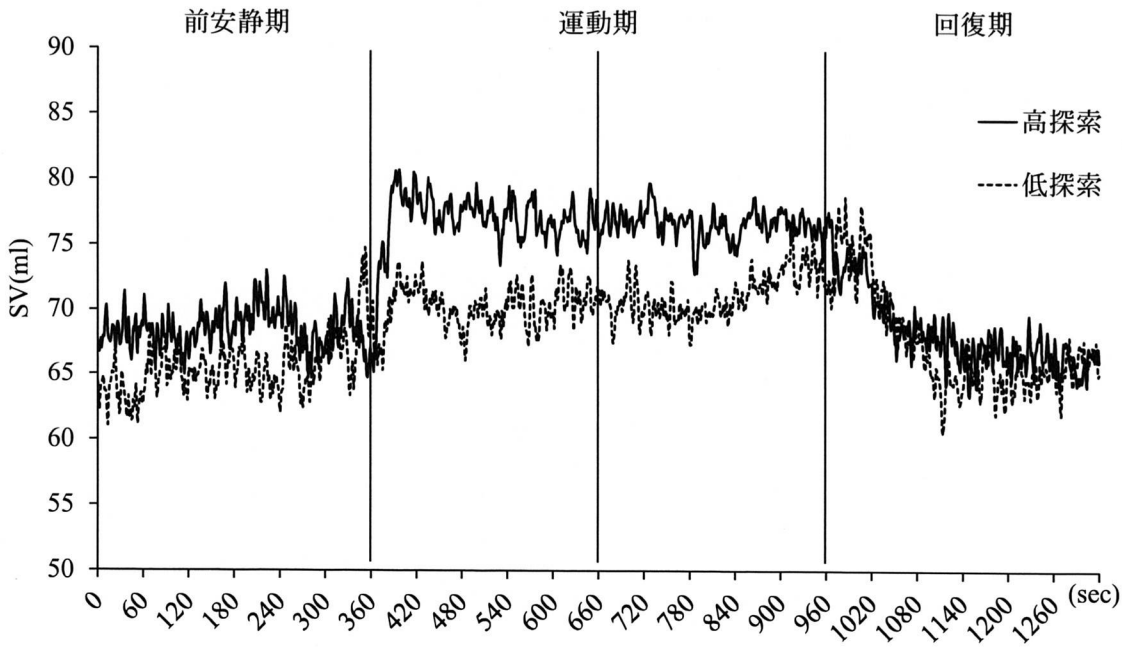


図 17 SV における群別(高探索・低探索)の時系列変化

SV は両群ともに運動期に入ると上昇し，回復期で値が下降していった。また，前安静期では高探索群の値が上回っていたものの，運動期開始直後に逆転し,その後高探索群の値がまた上回ったことがみてとれた。さらに，回復期では両群の値が一致していくように見受けられた。

SV を従属変数とし，同様に分散分析を行った。その結果，期間の主効果のみ有意であり(期間: $F(3, 54) = 10.10$, $p<.01$, $\eta_p^2 = .36$)，群の主効果及び群×期間の交互作用は有意ではなかった(群: $F(1, 18) = 0.49$, n.s. ; 群×期間: $F(3, 54) = 1.16$, n.s.)。期間の効果が有意であったため，Bonferroni 法による多重比較を行ったところ，前安静期と運動期前半・後半，回復期と運動期前半・後半の間に有意差がみられた($p<.05$)。つまり，SV は両群とも前安静期から運動期にかけて上昇し，運動期前半と後半に違いはなく，回復期において低下を示したが，その変化に群による違いは示されなかった。

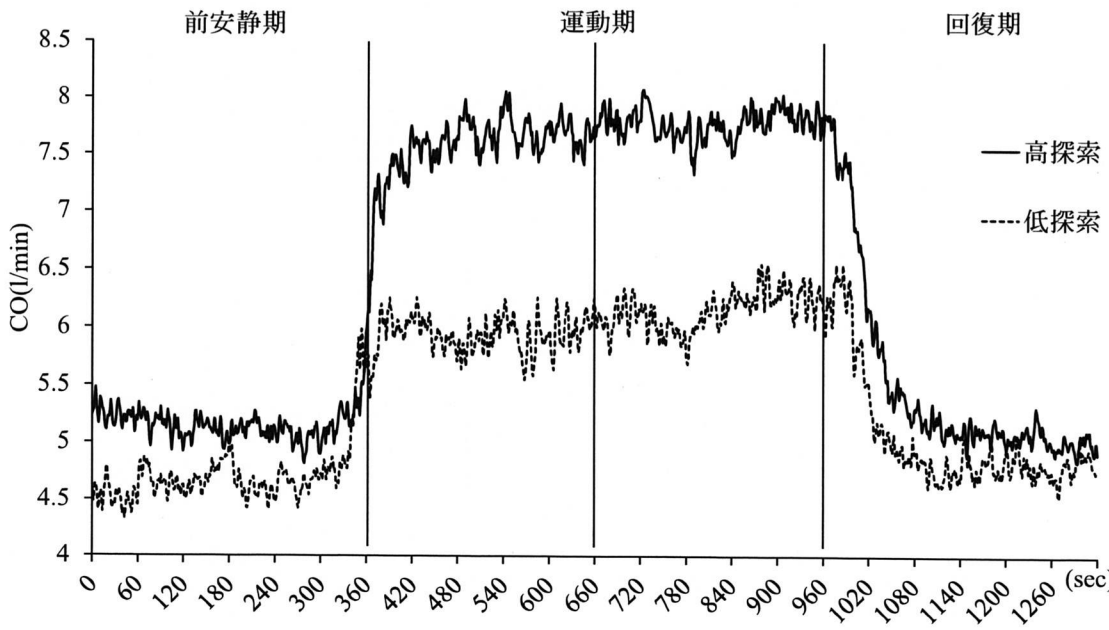


図 18 CO における群別(高探索・低探索)の時系列変化

CO は両群ともに運動期に入ると上昇し，回復期で値が下降していった。また，全期間を通して高探索群の値が低探索群を上回っており，特に運動期間でより顕著であることがみてとれた。

CO を従属変数とし，同様に分散分析を行った。その結果，期間の主効

果および群×期間の交互作用が有意であり(期間: $F(3, 54) = 51.90$, $p<.01$, $\eta_p^2 = .74$ 群×期間: $F(3, 54) = 5.57$, $p<.01$, $\eta_p^2 = .24$), 群の主効果が有意ではなかった(群: $F(1, 18) = 2.00$, n.s.)。期間の効果が有意であったため, Bonferroni 法による多重比較を行ったところ, 前安静期と運動期前半・後半, 回復期と運動期前半・後半の間に有意差がみられた($p<.05$)。さらに, 群×期間の交互作用が有意であったため単純主効果検定を行ったところ, 群における運動期前半の効果が有意であり運動期後半の効果が有意傾向であった(運動期前半: $F(1, 18) = 5.40$, $p<.05$; 運動期後半: $F(1, 18) = 4.24$, $p<.10$)。また, 期間における両群の効果が有意であった(高探索群: $F(3, 54) = 45.49$, $p<.01$; 低探索群: $F(3, 54) = 11.98$, $p<.01$)。つまり, CO は両群ともに前安静期から運動期に移行後上昇し, 回復期でまた下降したが, 運動期前半では高探索群の方が高く, 後半では高い傾向にあることが示された。

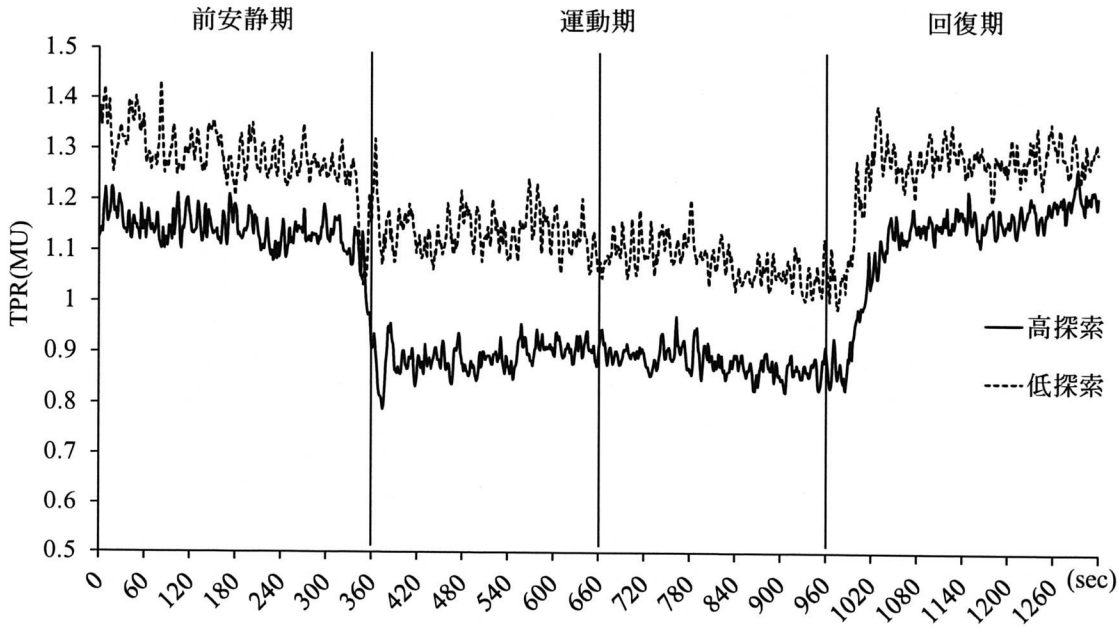


図 19 TPR における群別(高探索・低探索)の時系列変化

TPRは両群ともに運動期に入ると下降し，回復期で値が上昇していった。また，全期間を通して高探索群の値が低探索群を下回っていたことがみてとれた。

TPRを従属変数とし，同様に分散分析を行った。その結果，期間の主効果のみ有意であり(期間: $F(3, 54) = 16.43$, $p<.01$, $\eta_p^2 = .48$)，群の主効果及び群×期間の交互作用は有意ではなかった(群: $F(1, 18) = 1.99$, n.s. ; 群×期間: $F(3, 54) = 0.67$, n.s.)。期間の効果が有意であったため，Bonferroni 法による多重比較を行ったところ，前安静期と運動期前半・後半，回復期と運動期前半・後半の間に有意差がみられた($p<.05$)。つまり，TPRは両群とも前安静期から運動期にかけて下降し，運動期前半と後半に違いはなく，回復期において上昇したが，その変化に群による違いは示されなかった。

群別(高探索，低探索)の心理指標

次に，運動期間中3分，6分，9分時点で回答を得たRPEについて群別(高探索，低探索)に平均値を算出し，それぞれ序盤，中盤，終盤としてグラフに示した(図20)。なお，縦軸はRPE得点(最小値6，最大値20)，横軸は期間(序盤，中盤，終盤)，エラーバーは標準偏差を示した。

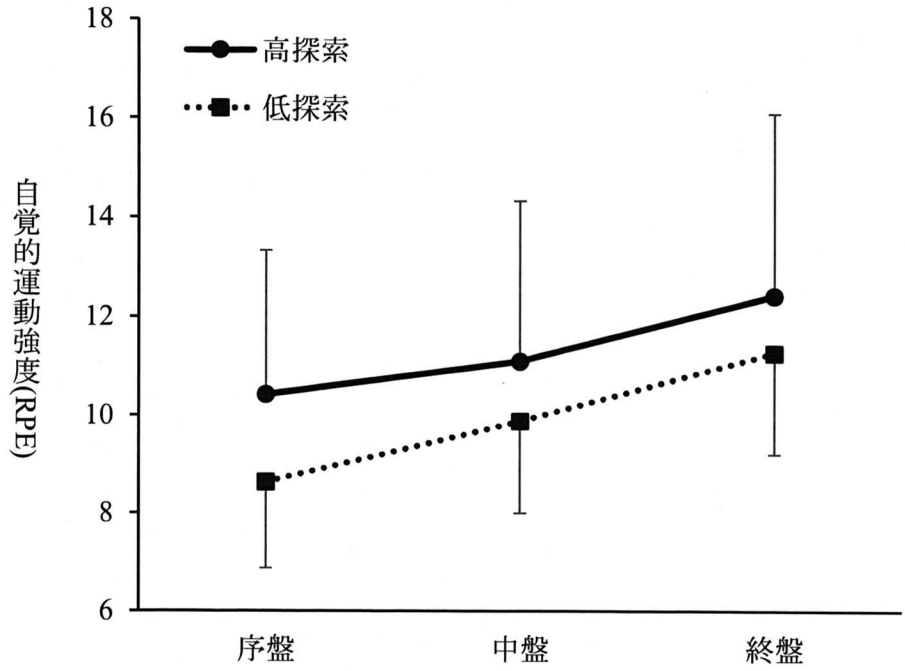


図 20 群別(高探索・低探索)の RPE 平均値の推移

RPE は両群ともに終盤に進むにつれて上昇していった。すべての期間において，高探索群の値が低探索群を上回っていることがみてとれた。

RPE を従属変数とし， 2 群(高探索，低探索)×3 期間(序盤，中盤，終盤)の 2 要因混合計画による分散分析を行った。その結果，期間の主効果のみ有意であり(期間: $F(2, 36) = 21.77$, $p<.01$, $\eta_p^2 = .55$)，群の主効果及び群×期間の交互作用は有意ではなかった(群: $F(1, 18) = 1.29$, n.s. ; 群×期間: $F(2, 36) = 0.49$, n.s.)。期間の効果が有意であったため，Bonferroni 法による多重比較を行ったところ，序盤と中盤，序盤と終盤，中盤と終盤すべてに有意差が認められた ($p<.05$)。つまり，RPE は両群ともに期間が進むにつれて上昇し，終盤で最も大きくなることが示された。

次に， 一過性運動感情尺度 WASEDA の「高揚感」および POMS2 の各指標について運動前後(Pre，Post)の平均値と標準偏差を算出し，2 群(実験，統制)×2 期間(Pre，Post)の 2 要因混合計画による分散分析を行った

結果を表に示した(表 6)。

表 6 群別の各心理指標における運動前後の平均値と統計処理結果

	高探索群 (n = 12)		低探索群 (n = 8)		群		期間		群×期間	
	Pre	Post	Pre	Post	F	η_p^2	F	η_p^2	F	η_p^2
WASEDA										
高揚感	10.75	15.75	9.13	14.75	1.19	0.06	34.12**	0.65	0.12	0.01
	(2.65)	(4.06)	(3.14)	(1.98)						
POMS2										
AH (怒り-敵意)	44.17	38.50	38.75	38.50	3.68†	0.17	4.78*	0.21	4.01†	0.18
	(7.35)	(0.50)	(0.97)	(0.50)						
CB (混乱-当惑)	51.17	46.08	51.88	46.75	0.05	0.00	6.11*	0.25	0.00	0.00
	(10.25)	(4.11)	(9.62)	(4.12)						
DD (抑うつ-落ち込み)	53.50	46.42	50.75	46.38	0.09	0.00	10.09**	0.36	0.56	0.03
	(12.64)	(10.48)	(9.64)	(7.50)						
FI (疲労-無気力)	47.17	42.25	46.38	41.75	0.04	0.00	5.38*	0.23	0.01	0.00
	(9.97)	(5.18)	(7.92)	(6.87)						
TA (緊張-不安)	50.75	38.17	46.25	42.13	0.01	0.00	17.01**	0.49	4.36†	0.20
	(10.46)	(6.90)	(8.66)	(5.62)						
VA (活気-活力)	49.58	58.08	51.63	56.25	0.00	0.00	10.36**	0.37	0.90	0.04
	(10.22)	(13.67)	(11.13)	(6.30)						
F (友好)	54.17	52.25	55.88	56.25	0.43	0.02	0.28	0.02	0.62	0.03
	(8.50)	(11.73)	(7.61)	(9.11)						
TMD得点	47.25	39.92	43.13	41.25	0.26	0.01	5.72*	0.24	2.01	0.10
	(9.01)	(5.79)	(6.90)	(4.63)						

カッコ内は標準偏差, †p<.10, * p<.05, ** p<.01

WASEDA の「高揚感」は両群に共通して運動後に上昇することがみてとれ, POMS2 の各指標に関しては, AH(怒り-敵意), CB(混乱-当惑), DD(抑うつ-落ち込み), FI(疲労-無気力), TA(緊張-不安), TMD 得点は両群に共通して運動後に減少することがみてとれた。また, VA(活気-活力)は両群に共通して運動後に上昇することがみてとれた。

AH(怒り-敵意)と TA(緊張-不安)において群×期間の交互作用が有意傾向であったため, 単純主効果検定を行ったところ, AH(怒り-敵意)において群における Pre 期間の効果が有意傾向であり(AH(怒り-敵意): F(1, 18)

= 3.87, p<.10)，AH(怒り-敵意)と TA(緊張-不安)で期間における高探索群の効果が有意であった(AH(怒り-敵意): $F(1, 18) = 8.78$, p<.01 ; TA(緊張-不安): $F(1, 18) = 19.30$, p<.01)。以上の結果から，AH(怒り-敵意)と TA(緊張-不安)は高探索群において運動後に減少することが認められた。

次に，独自項目である主観的経過時間と継続可能時間に関してそれぞれ平均値と標準偏差を群別(高探索，低探索)に算出し，表に示した(表 7)。

表 7 群別の主観的経過時間と継続可能時間の平均値

	主観的経過時間	継続可能時間
高探索群	12.08 (6.89)	27.92 (13.05)
低探索群	11.50 (6.72)	16.38 (10.27)

カッコ内は標準偏差

主観的経過時間と継続可能時間はともに高探索群の方が長く回答していたことがみてとれた。また，主観的経過時間よりも，継続可能時間で群間差が大きいことがみてとれた。なお，どちらの指標に関しても高探索群の方が標準偏差の値が大きくばらつきがあることがみてとれた。

主観的経過時間と継続可能時間について群間に差があるかどうかを検討するために，対応のない t 検定をおこなった。その結果，継続可能時間は高探索群の方が有意に長く($t(17) = 2.21$, p<.05)，主観的経過時間に有意差は認められなかった($t(15) = 0.19$, n.s.)。

IV.考察

本研究の目的は，一過性運動時に探索要素を付与することで心臓血管反応にどう影響するのかを心理指標も踏まえて検討することであった。

実験群と統制群の生理・心理指標の比較

始めに，実験群と統制群の心臓血管反応と心理指標の結果から考察する。結果より，実験群・統制群ともにSBP・DBP・HR・SV・COの上昇，TPRの減少という運動時特有の生理反応がみられた。これらは交感神経活動亢進によるものと解釈され，Frank-Starlingの法則に従い，活動筋血管拡張による血管抵抗(TPR)の減少と 1 回拍出量(SV)と心拍数(HR)の増加に伴う心拍出量(CO)の増加(細田他，2019; 高橋他，2017)，という動的運動時の反応が認められた。ただし，SVは中等度以上の運動強度までは増加傾向を示すが，それ以上では増加は抑えられ主に HR の増加によって CO の増加が維持される(細田他，2019; 高橋他，2017)。本研究においては前安静期に SV は実験群の方が高い値を示していた。澤田(2012)によると，ベースライン時は予期不安・雑念・倦怠に捕われ，実験者の統制が及ばない心理的要因がベースラインに影響を与える。本研究でも，安静期における SV には様々な心理的要因の影響が反映されたと考えられる。加えて，「夢中な」「わくわくした」などからなる高揚感の結果から，ネガティブな心理的要因だけでなく，教示内容への期待などポジティブな要素も含まれていたことが推測できる。

また，運動中における探索の効果は生理指標において明確ではなかった。これは統制群にも探索効果が含まれていた可能性が考えられる。本実験における統制群は Yoked design によって実験群の映像を見ながら運動を実施した。本研究において，ハンドル操作によるコントロールがある実験群は能動的対処であると解釈できる。Obrist(1981)や Sherwood et al.(1990)などの研究から，本研究においても実験群において CO 増大などよりパターン 1(心臓優位反応パターン)の反応が生じることが期待できる。しかし，本研究ではそのような差は認められなかった。その理由

として，運動中に連続的な注意を向ける対象が存在したことで差異が生じなかったと考えられる。また，実験群ではハンドル操作にも注意資源を割く必要があり，統制群では映像に集中することが推測できる。先行研究によれば，本来実験群の方がパターン 1(心臓優位反応パターン)となっている可能性が高いが，実験機器はハンドメイドであり，ハンドル操作が繊細で，参加者は思った方向へ進むために注意を要した。これは感覚運動学習状況であり，同様の実験刺激である鏡映描写では，血管優位反応パターン(パターン 2)を誘発することが指摘されている(長野，2002; Waldstein et al., 1997)。本来生じた心臓優位型の反応がハンドル操作に伴う血管優位反応により打ち消され，実験群と統制群の差が不明瞭になった可能性が考えられる。外的環境に対する注意を重要視した Lacey & Lacey(1974)の環境の取り入れ-拒否モデルを用いて解釈するのであれば，映像が提示された時点で両群ともに外界の出来事に注意を払う環境の取入れが生じ，両群に HR の減少が伴い，結果として差異が生じなかったと推測できる。このモデルは心拍数の変化に主軸を置いたものであり，血行力学的反応パターンを検討していないが，松村・澤田(2009)では，外的注意の亢進する状態が血管優位反応パターン(パターン 2)を誘発することが指摘されている。そのため，本実験で用いた刺激が外的注意の亢進を促進し，目新しいものに注意を引かれたために示す探索が両群に生じていた可能性も十分に考えられる。ただし，既存の血行力学的反応モデルが運動中においても有効であるかという問題もある。前述した通り，運動中は顕著な自律神経系活動が生じるため，先行研究で指摘されているような感情や認知的要因の影響が消失している可能性も否定できない。

さらに，映像とハンドル・ペダルコントロールが連動していないこと

が実験群と異なるものの，刺激自体の新奇性が高いといえる。統制群の「映像があったので楽しんで走ることができた」,「だんだん自然の中をサイクリングしている感じがしてきて楽しかった」,「映像や音が綺麗だったので運動していてもあまり疲れは感じなかった」などの内省報告や，ポジティブな感情を反映する VA(活気-活力)の上昇方向への変化とネガティブな感情を反映する TMD 得点の下降方向への変化から，統制群においても同様の感情状態が生じていた可能性が高いと推測できる。そして，自身の操作によって状況が変化することよりも，新奇性の高い刺激に対する没入が結果として実験群・統制群の生理反応に差が検出できなかった一因と考えられる。

心理指標からは運動前と比較して運動後に POMS2 の AH(怒り-敵意), CB(混乱-当惑), DD(抑うつ-落ち込み), FI(疲労-無気力), TA(緊張-不安), TMD 得点は減少し，VA(活気-活力)が上昇した。この結果から，運動による感情変化はネガティブ感情の減少とポジティブ感情の増加という特徴を有していた。これは、先行研究の多くと概ね一致する結果であり(Berger & Motl, 2000; Raedeke, 2007)，運動による気分改善効果が認められた。一方で心理指標からは，実験群において運動後に AH(怒り-敵意)が低下し，VA(活気-活力)が上昇したことが示され，統制群では VA(活気-活力)の上昇傾向に留まったことが示された。気分状態と運動パフォーマンスの関連において，パフォーマンスの高い個人や活動的な人々の POMS 下位尺度得点は平均と比較して緊張，抑うつ，怒り，疲労，混乱が低く，活力が高い氷山型プロフィールを示す傾向にあることが明らかになっており，既にメンタルヘルスモデルとして体系化されている(Morgan, 1980, 1985)。このモデルでは氷山型プロフィール(Iceberg Profile)が良好な気分状態を示すとされ，ポジティブなメンタルヘルスは

高いパフォーマンスと関連するとしている。

また，活力が高いほど目標を達成するための努力も高いことから結果としてパフォーマンスも促進される(Lane & Terry, 2000)。一方で身体的な運動量の少ない認知的課題などでは活力とパフォーマンスに関連はみられないとの知見もある(Lane et al., 2017)。さらに，実験室と現実環境の両者でかつ見晴らしを操作した上でウォーキングを行った結果，両環境で見晴らしの良い方が怒り・攻撃性がウォーキング後に減少したという知見も存在する(Gatersleben, & Andrews, 2013)。Gatersleben, & Andrews (2013)の研究では実験室におけるウォーキングは 360 度撮影された映像が投影され，歩く速度は参加者がスイッチで変化でき，自身の好きな速度で歩くことができるシステムが構築されていた。本研究ではハンドル操作によるコントロールではあるものの，参加者自身の行動によって刺激が変わるという点では共通している。

以上のようなことから，本研究における実験群でより活気が上昇したという結果は，自身のハンドル操作(コントロール)によって探索状況が変化していくという課題特性が参加者の能動性を高めたことに起因していると考えられる。有意差はないものの，グラフ上では一貫して実験群の主観的運動強度が実験群でより高い値を示していたことから，主観的運動強度の強さも活気の上昇要因になり得ると推測できる。さらに，自身のコントロールによって見晴らしの良い場所を探索することが運動後の AH(怒り-敵意)減少に影響を与えたと考えられる。

高探索群と低探索群の生理・心理指標の比較

次に，行動履歴に基づく高探索群と低探索群の心臓血管反応と心理指標の結果から考察する。生理指標の結果より，高探索群において HR と CO が運動中に高い値を示し，統計的に有意ではないもののグラフから

は TPR も大きく減少するというパターン 1(心臓優位反応パターン)の反応(澤田, 2001, 2004)が確認できた。加えて，群別の SBP，DBP の血圧波形には特筆すべき差が見当たらないことから，以上のような生理反応は運動量による影響というよりも探索の程度が HR,CO に影響した結果であると考えられる。これより，運動中においてもなお，コントロールによる能動的対処や認知的要因の影響は健在であると考えられる。

以上の結果は Blascovich グループによる挑戦-脅威モデルによる解釈が可能であると考えられる(Blascovich, 2008;Blascovich & Mendes (2000); Blascovich et al., 2003)。このモデルでは，状況あるいは環境からの要求に対して，個人の資源が上回ると評価した場合には挑戦評価，逆の場合には脅威評価と定義される。

挑戦評価による反応は交感神経副腎髄質系の活性化によってアドレナリンが血流に放出された結果，血管拡張が起こり HR の上昇に伴い CO も増加，TPR は減少する(Brownley et al., 2000; Seery, 2011)。脅威評価ではアドレナリン放出が抑制され，コルチゾールが放出された結果，血管収縮を引き起こし，CO がほとんど変化せず TPR が増加し血流の効率を低下させる(Seery, 2011)。本研究の結果から，探索を誘発することで挑戦状況に近くなり，結果として TPR が減少し，骨格筋への血流が十分に保たれた状態で，効率の良い運動ができる可能性が推測される。また，脅威評価よりも挑戦評価で様々な課題のパフォーマンスが改善することが指摘されており(Behnke & Kaczmarek, 2018; Moore et al., 2014; Vine et al., 2013)，挑戦評価を促進するような介入がパフォーマンスだけでなく長期的な心臓血管や精神的健康に寄与することも示唆されている(Blascovich, 2008; Moore et al., 2014)。つまり，本研究における高探索群に認められた HR 及び CO の上昇にともなうパターン 1(心臓優位反応パ

ターン)の表出が挑戦評価を反映していると想定すれば，探索は運動時の血流効率を改善し，参加者により高いパフォーマンスを発揮させる可能性が考えられる。

さらに心理指標からは，高探索群において運動後に AH(怒り-敵意)と TA(緊張-不安)は減少し，継続可能時間評価の延長が認められた。これは，挑戦評価によるパターン 1(心臓優位反応パターン)反応が生じた結果に付随するものと推測できる。脅威状態では感情はパフォーマンスを衰弱させると認識されるが，挑戦状態ではポジティブ・ネガティブ問わず感情はパフォーマンスを促進させるとの指摘もある(Jones et al., 2009; Meijen et al., 2020)。特に不安に関しては，挑戦評価ではパフォーマンス向上に促進的である可能性が示唆されている(Williams et al., 2010)。これより，高探索群においても挑戦評価に伴う感情がパフォーマンスにとって促進的であるというような認識が生じ，AH(怒り-敵意)と TA(緊張-不安)の減少に寄与したと推測する。さらに，高探索群において継続可能時間評価が延長したという結果からは，挑戦評価に伴う動機付けの持続やポジティブ感情の経験が想定でき，運動自体の否定的な面ではなく，むしろ「もっと続けたい」というような肯定的な面が強調されたと考えられる。先述してきたように，運動による気分改善効果と挑戦評価による感情体験が合わさることでより動機づけが持続し，運動継続が容易になるというパフォーマンス向上がみられたとも考えられる。

本研究の問題点と今後の展望

本研究の結果から，より探索しながら運動している方が心身に肯定的な影響を与える可能性が示唆された。しかし，これらの結果は探索を強く動機づけるような操作を行っていないという問題点が存在する。今回の結果では，高探索といっても自然と高探索になった人あるいはその逆

というような個人のパーソナリティを反映している可能性も推測できる。

つまり，もともと探索傾向がある個人の方が効率よく運動できるだけであり，探索を行ったとしても全ての参加者が効率よく運動できるわけではないという解釈も可能になると考えられ，これを統制するために「～を見つけてください」などの目標を設定するなどのより探索を強く動機づける教示や実験刺激を用いることが考えられる。より探索が志向されるような実験刺激を用いることで全員が挑戦評価を反映したパターン1(心臓優位反応パターン)の反応が示されれば，感情の経験でさえパフォーマンスを促進することに繋がり，より効率の良い運動が誰でもできるようになり得ると考えられる。さらには，運動に対する動機づけの持続という観点から，こうした環境を整えていくことは身体活動も含む運動の継続を容易にする可能性があると推測できる。

最後に，運動中の感情状態が心臓血管系血行動態にどう影響するのかを詳細に検討した研究は非常に少なく，未だ明らかになっていないことが多いという問題も存在する。今後は運動という顕著な生理反応に感情も考慮した上で心身両面からより検討を重ねていくことが必要であろう。

V.引用文献

Allen, M. T., Obrist, P. A., Sherwood, A., & Growell, M. D. (1987). Evaluation of Myocardial and Peripheral Vascular Responses During Reaction Time, Mental Arithmetic, and Cold Pressor Tasks. *Psychophysiology*, *24*, 648-656.

アメリカスポーツ医学会(編)(2001). 運動処方の指針-運動負荷試験と運動負荷プログラム 南江堂

荒井弘和・竹中晃司・岡浩一郎(2003). 一過性運動に用いる感情尺度-尺度の開発と運動時における感情の検討- 健康心理学研究, *16*, 1-10.

Bentvelzen, M., Savino, G. L., Niess, J., Masthoff, J., & Wozniak P. W. (2022). Tailor My Zwift: How to Design for Amateur Sports in the Virtual World. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, *6*, 1-23.

Behnke, M., & Kaczmarek, L. D. (2018). Successful performance and cardiovascular markers of challenge and threat: A meta-analysis. *International Journal of Psychophysiology*, *130*, 73–79.

Berger, B. G., & Motl, R. W. (2000). Exercise and mood: A selective review and synthesis of research employing the profile of mood states, *Journal of Applied Sport Psychology*, *12*, 69-92.

Blascovich, J., & Mendes, W. (2000) Challenge and threat appraisals: The role of affective cues. In J. P. Forgas (Ed.), Feeling and thinking. The role of affect in social cognition. London: Cambridge University Press. pp. 59-82.

Blascovich, J., Mendes, W.B., Tomaka, J., Salomon, K., & Seery, M. (2003). The robust nature of the biopsychosocial model challenge and threat: a reply to Wright and Kirby. *Personality and Social Psychology Review,* *7*, 234–243.

Blascovich, J. (2008). *Challenge, threat, and health.* In: Shah, J.Y., Gardner, W.L. (Eds.), Handbook of Motivation Science. Guildford, New York, pp. 481–493.

Brownley, K. A., Hurwitz, B. E., & Schneiderman, N. (2000). Cardiovascular psychophysiology. In J.T. Cacioppo, L. G. Tassinary & G. G. Berntson

(Eds.), *Handbook of psychophysiology* (pp.224-264). New York, NY: Cambridge University Press.

Caspersen, C.J., Powell, K. E. & Christenson, G.M, (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definition and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, *100*, 126-131.

Cornelissen, V. A. & Fagard, R. H. (2005). Effects of Endurance Training on Blood Pressure, Blood Pressure-Regulating Mechanisms, and Cardiovascular Risk Factors. *Hypertension*, *46*, 667-675.

Dunn, A. L. & Jewell, J. S. (2010). The Effect of Exercise on Mental Health. *Current Sports Medicine Reports*, *9*, 202-207.

Farrance, C., Tsofliou, F., & Clark, C. (2016). Adherence to community based group exercise interventions for older people: a mixed-methods systematic review. *Preventive Medicine*, *87*, 155-166.

Fox, K. R., Stathi, A., Mckenna, J., & Davis, M. G. (2007). Physical activity and mental well-being in older people participating in the Better Ageing Project. *European Journal of Applied Physiology*, *100*, 591-602.

細田多穂 (監修) 植松光俊・大川裕行・大工谷新(編)(2019). 運動療法学テキスト改訂第 3 版 南江堂

Gatersleben, B., & Andrews, M. (2013). When walking in nature is not restorative-The role of prospect and refuge. *Health & Place*, *20*, 91-101.

Grandin, T. & Johnson, C. (2010). Animals make Us Human: Creating the Best Life for Animals. HarperCollins.

(中尾ゆかり訳(2011). 動物が幸せを感じるとき　新しい動物行動学でわかるアニマル・マインド NHK 出版)

Griffin, S. M., Howard, S. (2020). Establishing the validity of a novel passive

stress task. *Psychophysiology*, *57*, e13555.

Hamer, M., Taylor, A. & Steptoe, A. (2006). The effect of acute aerobic exercise on stress related blood pressure responses: A systematic review and meta-analysis. *Biological Psychology*, *71*, 183-90.

Jacobson, N. C., Lekkas, D., Price, G., Heinz, M. V., Song, M., O'Malley, A. J., & Barr, P. J. (2020). Flattening the mental health curve: COVID-19 stay-at-home orders result in alterations in mental health search behavior in the United States. *JMIR Mental Health*, *7*, e19347.

Jiménez-Pavón,D., Carbonell-Baeza,A.,&Lavie,C. J.(2020).Physical exercise as therapy to fight against the mental and physical consequences of COVID-19 quarantine: special focus in older people. *Progress in Cardiovascular Diseases*. *63*, 386-388.

Jones, M. V., Meijen, C., McCarthy, P. J., & Sheffield, D. (2009). A theory of challenge and threat states in athletes. *International Review of Sport and Exercise Psychology*. *2*, 161–180.

河江敏広・高橋真・関川清一・稲水惇(2010). 静的運動終了後における筋代謝受容器反射が圧受容器反射感受性に及ぼす影響 理学療法科学, *25*, 121-125.

河合克尚(2022). 身体活動の効果と心身健康科学 心身健康科学, *18*, 92-95.

King, A.C., Castro, C., Wilcox, S., Eyler, A.A., Sallis, J.F. & Brownson, R.C. (2000). Personal and Environmental Factors Associated With Physical Inactivity Among Different Racial-Ethnic Groups of U.S. Middle-Aged and Older-Aged Women. *Health Psychology*, *19*, 354-364.

Lacey, B. C., & Lacey, J. I. (1974). Studies of heart rate and other bodily

process in sensorimotor behavior. In P. A. Obrist, A. H. Black, J. Brener, & L.V. Dicara(Eds), *Cardiovascular psychophysiology*. Chicago, IL: Aldine. pp. 538-564.

Lane, A. M., & Terry, P. C. (2000). The nature of mood: development of a conceptual model with a focus on depression. *Journal of Applied Sport Psychology*. *12*, 16–33.

Lane, A. M., Terry, P. C., Devonport, T. J., Friesen, A. P., & Totterdell, P. A. (2017). A Test and Extension of Lane and Terry's (2000) Conceptual Model of Mood-Performance Relationships Using a Large Internet Sample. *Frontiers in Psychology*. 470.

Levenson, R. W. (2014). The autonomic nervous system and emotion. *Emotion Review*, *6*, 100–112.

松村健太・澤田幸展 (2009). 2 種類の暗算課題遂行時における心血管反応 心理学研究, *79*, 43-480.

Meijen, C. Turner, M. Jones, M.V., Sheffield, D. & McCarthy, P. (2020) A Theory of Challenge and Threat States in Athletes: A Revised Conceptualization. *Frontiers in Psychology*. *11*, 126

満石寿・長野祐一郎・竹中晃二 (2010). 一過性運動実施に伴う感情および心臓血管反応の時系列変化とその関係 健康心理学研究, *23*, 52-60.

Moore, L. J., Vine, S. J., Wilson, M. R., & Freeman, P. (2014). Examining the antecedents of challenge and threat states: The influence of perceived required effort and support availability. *International Journal of Psychophysiology*, *93*, 267–273.

Morgan, W.P. (1980). Test of Champions the Iceberg Profile. *Psychology Today*, *14*, 92.

Morgan, W.P. (1985). Selected psychological factors limiting performance: A mental health model. *Limits of Human Performance*; Clarke,D.H.& Eckert, H.M., Eds.; Human Kinetics: Champaign, IL, USA, pp. 70–80.

森脇雄佑・日吉菜緒・室田昌子 (2021). COVID-19による外出行動変化・屋外空間利用変化と生活満足度に関する研究 都市計画報告集, *19*, 435-438.

Murray, E. G., Neumann, D. L., Moffitt, R. L., & Thomas, P. R. (2016). The effects of the presence of others during a rowing exercise in a virtual reality environment. *Psychology of Sport and Exercise*, 22, 328-336.

長野祐一郎 (2002). 鏡映描写時における圧反射感度の変化 : 課題難易度の影響 生理心理学と精神生理学, *20*, 233-239.

長野祐一郎 (2004). 競争型鏡映描写課題における心臓血管反応 生理心理学と精神生理学, *22*, 237-246.

長野祐一郎 (2005). 評価的観察が精神課題遂行中の心臓血管反応に与える影響 心理学研究, *76*, 252-259.

Niemela, H. T., Kiviniemi, M. A., Hautala. J. A. Salmi, A. J. Linnamo, V., & Tulppo, P. M. (2008). Recovery Pattern of Baroreflex Sensitivity after Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercised*, *40*, 864-870.

日本スポーツ心理学会(2004). 最新スポーツ心理学-その軌跡と展望 大修館書店

野藤悠・諏訪雅貴・佐々木悠・熊谷秋三 (2009). 脳由来神経栄養因子(BDNF)の役割と運動の影響 健康科学, *31*, 49-59.

Obrist, P. A. (1981). *Cardiovascular psychophysiology*: *A perspective*. New York: Plenum Press.

小野寺孝一・宮下充(1976). 全身持久性運動における主観的強度と客観

的強度の対応性-Rating of perceived exertion の観点から- 体育学研究, *21*, 191-203.

Panksepp, J. (2004). *Affective Neuroscience: The Foundations of Human and Animal Emotions*. Oxford University Press.

Petruzzello, S. J., Landers, D. M., Hatfield, B. D., Kubitz, K. A. & Salazar, W. (1991). A Meta-Analysis on the Anxiety-Reducing Effects of Acute and Chronic Exercise: Outcome and Mechanisms. *Sports Medicine 11*, 143-182.

Plante, T. G., Aldridge, A., Su, D., Bogdan, R., Belo, M., & Kahn, K. (2003). Does Virtual Reality Enhance the Management of Stress When Paired With Exercise? An Exploratory Study. *International Journal of Stress Management, 10*, 203–216.

Raedeke, T. D. (2007). The Relationship Between Enjoyment and Affective Responses to Exercise. *Journal of Applied Sport Psychology*, *19*, 105-115.

Reljic, D., Lampe, D., Wolf, F., Herrmann, H. J. & Fischer, J. (2019). Prevalence and predictors of dropout from high-intensity interval training in sedentary individuals: A meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 29*, 1288-1304.

齋藤れい・山﨑恵悟・髙橋直希・小林麗彩・宮澤直倫・永谷衣吹・佐藤昂省(2021). 新型コロナウイルス感染症の影響による運動不足解消のための運動配信ポータルサイトに関する提言 スポーツ産業学研究, *31*, 247-250.

澤田幸展 (2001). 一過性ストレス-心臓血管系血行動態を強調した視点-

心理学評論, *44*, 328-348.

澤田幸展 (2004). 血圧回復性 心理学評論, *4*, 421-437.

澤田幸展 (2012). ストレス緩和法に関する覚え書き-血圧回復性を強調した心理生理学的な見方- 心理学評論, *55*, 209-229.

先崎章 (2018). 高次脳機能障害(外傷性脳損傷や脳卒中などによる) The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine, *55*, 198-205.

Seery, M. D. (2011). Challenge or threat? Cardiovascular indexes of resilience and vulnerability to potential stress in humans. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *35*,1603–1610.

Sherwood, A., Allen, M. T., Obrist, P. A., & Langer, A. W. (1986). Evaluation of Beta-Adrenergic Influences on Cardiovascular and Metabolic Adjustments to Physical and Psychological Stress. *Psychophysiology*, *23*, 89-104.

Sherwood, A., Dolan, C. A., & Light, K. C. (1990). Hemodynamics of blood pressure responses during active and passive coping. Psychophysiology, *27*, 656-668.

Sherwood, A. & Turner, J. R. (1995). Hemodynamic Responses During Psychological Stress: Implications for Studying Disease Processes. *International Journal of Behavioral medicine*, *2*, 193-218.

重松良祐・中垣内真樹・岩井浩一・薮下典子・新村由恵・田中喜代次 (2007). 運動実践の頻度別にみた高齢者の特徴と運動継続に向けた課題 体育学研究, *52*, 173-186.

Smith, T. W., Nealey, J. B., Kircher, J. C., & Limon, J. P. (1997). Social determinants of cardiovascular reactivity: effects of incentive to exert influence and evaluative threat. *Psychophysiology*, *34*, 65-73.

Soga, M., Evans, J. M., Tsuchiya, K. & Fukano, Y. (2021). A room with a green view: the importance of nearby nature for mental health during the COVID-19 pandemic. *Ecological Applications*, *31*, e2248.

高橋真・関川清一・濱田泰伸 (2017). 運動時の循環調節: 基礎研究から臨床への展開 理学療法の臨床と研究, *26*, 23-30.

竹中晃二(2001). 米国における子ども・青少年の身体活動低下と公衆衛生的観点から見た体育の役割:体力増強から健康増進へ, さらに障害の健康増進へ 体育学研究, *46*, 505-535.

竹中晃二・上地広昭(2002). 身体活動・運動関連研究におけるセルフエフィカシー測定尺度 体育学研究, *47*, 209-229.

田中豪一・澤田幸展・藤井力夫 (1994). 暗算と反応時間作業における心臓血管系ストレス反応の血行力学的対比 心理学研究, *64*, 442-450.

手塚洋介(2018). 感情制御の精神生理学-快不快の認知的評価- ナカニシヤ出版

Trost, S.G., Owen, N., Bauman, A. E., Sallis, J. F. & Brown, W. (2002). Correlates of adults' participation in physical activity: Review and update. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *34*, 1996-2001.

敦賀麻理子・鈴木直人 (2007). "あがり"経験の反復が心理的反応および精神生理学的反応に及ぼす影響 感情心理学研究, *14*, 115–128.

Venter, Z.S., Barton, D.N., Gundersen, V., Figari, H., & Nowell, M. (2020). Urban nature in a time of crisis: Recreational use of green space increases during the COVID-19 outbreak in Oslo, Norway. *Environmental Research Letters*. 15, 104075.

Vine, S. J., Freeman, P., Moore, L. J., Chandra-Ramanan, R., & Wilson, M. R. (2013). Evaluating stress as a challenge is associated with superior

attentional control and motor skill performance: Testing the predictions of the biopsychosocial model of challenge and threat. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, *19*, 185-194.

Waldstein, S. R., Bachen, E. A., & Manuck, S. B. (1997). Active coping and cardiovascular reactivity: A multiplicity of influences. *Psychosomatic Medicine*, *59*, 620-625.

Williams, R. B. (1986). Patterns of reactivity and stress. In K. A. Matthews, S. M. Weiss, T. Detre, T. M. Dembroski, B. Falkner, S. B. Manuck & R. B. Williams (Eds), *Handbook of stress, reactivity, and cardiovascular disease*. New York: Wiley, pp.109-125.

Williams, S. E., Cumming, J. & Balanos, G. M. (2010). The Use of Imagery to Manipulate Challenge and Threat Appraisal States in Athletes. *Journal of sport and exercise psychology*, *32*, 339-358.

Woods, J. A., Hutchinson, N. T., Powers, S. K., Roberts, W. O., Gomez-Cabrera, M.C., Radak, Z., Berkes, I., Bros, A., Boldogh, I., Leeuwenburgh, C., Coelho-Júnior, H. J., Marzetti, E., Cheng, Y., Liu, J., Durstine, J. L., Sun, J. & Ji,L.L.(2020). The COVID-19 pandemic and physical activity. *Sports Medicine and Health Science*, *2*, 55-64.

Wright, J. S., & Panksepp, J. (2012). An Evolutionary Framework to Understand Foraging, Wanting, and Desire: The Neuropsychology of the SEEKING system. *Neuropsychoanalysis*, *14*, 5-39.

横山和仁・渡辺一久(2015). 日本語版 POMS2(Profile of Mood States 2nd Edition)短縮版 金子書房