

歩行に近い速度で行う「スローランニング」でも 10 分で脳の前頭前野が活性化し、快適な気分と認知機能が向上する

歩行に近いほど非常にゆっくりとしたランニング（スローランニング）を 10 分間行うことで、快適な気分と高次の認知機能である実行機能が向上することを明らかにしました。また、その神経基盤として、左前頭前野亜領域の活性化が関連していることを明らかにしました。

運動が脳に作用し、気分や認知機能を高めることが近年明らかにされつつあります。しかし、その多くは実験室で運動強度を調整しやすいペダリング（自転車こぎ）運動による知見であり、全身をリズムカルに使うランニングがヒトの脳に及ぼす効果や、効果が得られる最小限の運動強度・速度については十分に明らかになっていませんでした。

そこで本研究では、トレッドミルを用いて運動強度を厳密に規定し、歩行に近いごくゆっくりとした速度（時速約 3～6 km）で行う 10 分間のランニング（スローランニング）が、前頭前野が担う認知機能と気分とに及ぼす影響を、機能的近赤外分光分析法（fNIRS）を用いて調べました。この速度は、走っている最中に非常に楽だと感じるほど遅く、その運動強度は最高酸素摂取量の約 35%に相当する「超低強度」に分類されます。

その結果、わずか 10 分間のスローランニングによって、高次の認知機能である実行機能（目標に向かって行動や意識を制御する能力）を反映する課題の処理時間（ストループ干渉時間）が短縮し、本人の快適度と覚醒度がともに高まりました。その際、脳内では、実行機能や気分の調節に関わる前頭前野亜領域（左背外側前頭前野・左前頭極）の活動が高まっていました。さらに、走行中に生じる頭部の上下動の大きさ（頭部加速度）は、ランニングによる快適気分の向上と相関していました。

以上の結果から、スローランニングという、ごく軽い最小限の負荷であっても、気分の好転と実行機能の向上を同時にもたらす可能性とその神経基盤の一端が示されました。

本研究の成果は、体力に自信のない人や運動が苦手な人を含め、幅広い人々が安全に身心と脳機能を増進させる運動戦略として、スローランニングの有用性を示すものです。

研究代表者

筑波大学サイバニクス研究センター

征矢 英昭 客員教授（筑波大学体育系 名誉教授）

筑波大学 体育系／ヒューマン・ハイ・パフォーマンス先端研究センター（ARIHHP）

桑水 隆多 助教

ランシット大学理学療法・スポーツ医学部

ダムロンタイ・チョーパカ 講師

研究の背景

ランニングは現代において、最も広く親しまれている運動の一つであると同時に、人類の生理的・解剖学的進化とも深い関わりがあると考えられています¹⁾。私たちの祖先は約 200 万年前から直立二足で長距離を走り、狩りをする能力（持久狩猟）を発達させてきました。その能力は前頭前野をはじめとする高次脳機能の発達とも関連する可能性が指摘されています。また、近年の研究で、運動が脳に作用し、脳の前頭前野が担う実行機能^{注1)}などの認知機能を高めることが次第に明らかになってきました。しかし、こうした知見の多くは強度を調整しやすいペダリング（自転車こぎ運動を用いて得られたものであり、全身をリズムカルに使うランニングがヒトの脳に及ぼす効果については、まだ十分に解明されていません。

本研究チームはこれまでに、中強度（ややきつと感じる程度）のランニングが快適気分と実行機能を高め、脳の両半球の前頭前野を活性化させることを報告しています²⁾。しかし、中強度の運動は生理的なストレス反応を伴うこともある強度でもあり、体力の低い人や高齢者などにとっては継続が難しい場合があります。そのため、より負担の少ない、ごく軽い強度であっても気分や認知機能への有益な効果が得られるのかは重要な問いでした。

そこで本研究では、歩行に近いごくゆっくりとした速度で行うスローランニング（最高酸素摂取量^{注2)}の 35%に相当する超低強度運動）に着目し、それが前頭前野を基盤とする認知機能や快適気分に及ぼす影響とその神経基盤を、脳イメージング法である機能的近赤外分光分析法（fNIRS）^{注3)}によって検討しました。

研究内容と成果

本研究では、健康な若年成人男女（平均年齢 22 歳）に実験に参加してもらい、最終的に 24 人分のデータを解析しました。事前にトレッドミルを用いた最大負荷での持久力測定により、各参加者の最高酸素摂取量（ $\dot{V}_{O_{2peak}}$ ）を測定しました。その上で、超低強度運動（35% $\dot{V}_{O_{2peak}}$ ）に相当するランニング速度を参加者ごとに設定しました。各参加者はその後、それぞれ 10 分間の「スローランニング」と「座位安静」の 2 条件を別日に、順序をランダム化して行いました（図 1 A）。実行機能の指標として各条件の前後にストループ課題（色名と文字色の干渉を利用して実行機能を評価する課題；図 1 C）を実施し、その課題中の前頭前野の活動を fNIRS により計測しました。併せて、二次元気分尺度^{注4)}を用いて参加者の快適度と覚醒度を測定しました。なお、ランニングに伴う皮膚血流や心拍の変化など、脳活動以外に由来する生理信号が fNIRS 信号に混入することを避けるため、計測はランニング終了の 5 分後、すなわちこれらの生理指標が安静時に近い水準に戻った後に行いました。

その結果、スローランニング条件では、安静条件と比べてストループ干渉時間が有意に短縮しており、実行機能が向上することが分かりました（図 2 A）。ストループ干渉処理に反応する脳活動をみると、スローランニング条件では安静条件と比較して、実行機能に関わる左前頭前野の特定領域（左背外側前頭前野および左前頭極）の活動が有意に亢進していました（図 2 B）。

また、スローランニング条件では安静条件と比べて快適度と覚醒度がいずれも有意に高まりました（図 3 A-C）。二次元気分尺度を用いた同程度の強度のペダリング運動の効果を調べた先行研究^{3,4)}では、覚醒度の増加が中心で、快適度の明確な向上は確認されていませんでした。これと比べてスローランニングは、より快適な気分を誘発しやすい運動形態である可能性が示唆されます。さらに本研究では、ランニングに特徴的な頭部の上下動に探索的に着目し、走行中の頭部加速度^{注5)}を測定しました。その結果、頭部加速度が大きい人ほどランニングによる快適度の上昇が大きい相関関係がみられました（図 3 D）。

これらの結果は、ごく軽い運動であるスローランニングでも快適気分の誘発と実行機能の改善をもたらすこと、その神経基盤として、実行機能を担う左前頭前野垂領域の神経活動の亢進が関与していること

を示唆しています。

今後の展開

本研究により、歩行に近いごくゆっくりとした速度のスローランニングであっても、快適気分と実行機能が向上すること、その際にそれらを担う左前頭前野亜領域が活性化することが明らかになりました。これは、脳活動を心地よい方向へ変化させる運動戦略としてのスローランニングの有用性を示すものです。

今後は、ペダリング運動などの他の運動形態と比較しながら、スローランニングのどのような特性がこうした有益な効果をもたらすのかを検討していきます。その有力な候補の一つが、ランニング特有のリズミカルな上下動であり、今後さらなる検証が必要です。

併せて、ここで得られた効果が高齢者をはじめとする幅広い年齢層や体力水準の人々でも認められるか、また体力に自信のない人や運動を苦手とする人でも無理なく継続できるかを確かめることが、本成果を社会へ還元していくうえでの重要なテーマになります。本研究の成果は、体力や健康状態にかかわらず、多くの人々が安全かつ手軽に身心と脳機能を活性化するための科学的基盤となることが期待されます。

参考図

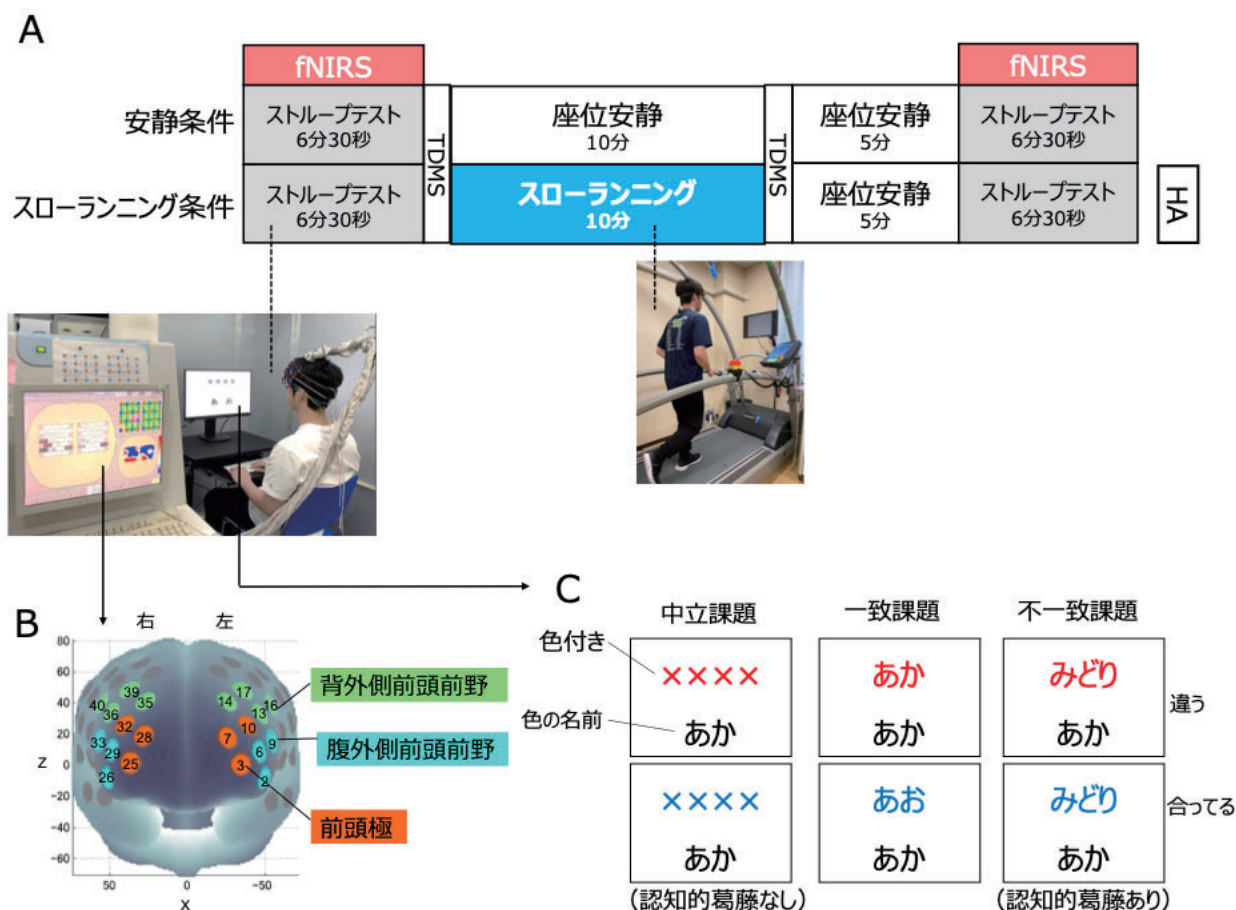


図1. 実験の流れとストループ課題の例。(A) 実験の流れ。

参加者は別の日にスローランニング条件と座位安静条件を行い、いずれの条件でも実施の前後に二次元気分尺度（TDMS）とストループ課題を行った。ストループ課題中の前頭前野の活動は機能的近赤外分光分析法（fNIRS）で計測した。スローランニング条件日には走行時頭部加速度（HA）も別途測定した。(B) fNIRSによる前頭前野の測定部位。(C) ストループ課題の例。画面上段の単語（記号）の色と、下段の色名単語の意味が

一致するかどうかをできるだけ速く正確に判断する。上段の色と意味が異なる「不一致課題」では認知的な葛藤が生じて反応時間が長くなる（ストループ干渉）。この反応時間（ストループ干渉時間）が短いほど実行機能が高いと評価される。図 1A の写真の一部は Damrongthai et al. (2021)²⁾ (CC BY 4.0) より改変。

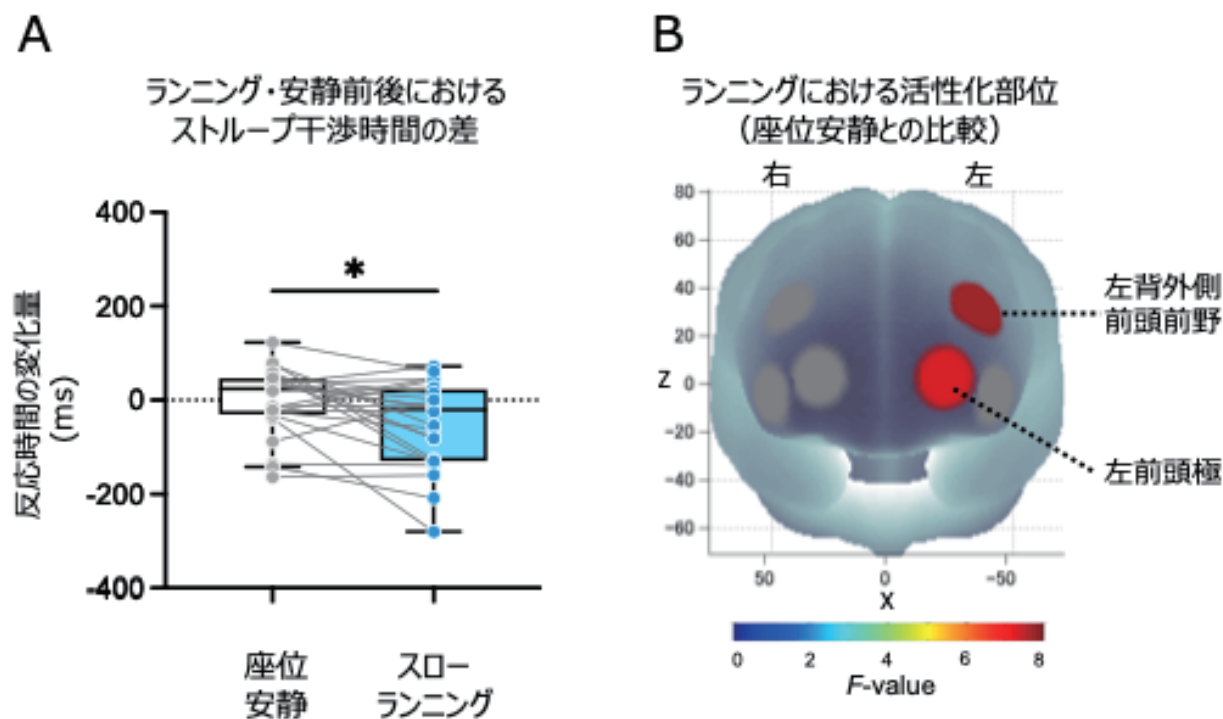


図 2. 課題成績と、スローランニングによって活動が高まった前頭前野領域。

(A) 座位安静条件とスローランニング条件について、実施前後のストループ干渉時間の変化量を示す。スローランニング後には安静条件と比べてストループ干渉時間が有意に短縮し、実行機能が向上した (* $P < 0.05$ vs 安静)。

(B) ストループ課題中の脳活動について、安静と比較してスローランニングで活性化した部位。スローランニング条件では安静条件と比べて左背外側前頭前野と左前頭極の活動が有意に増加した。

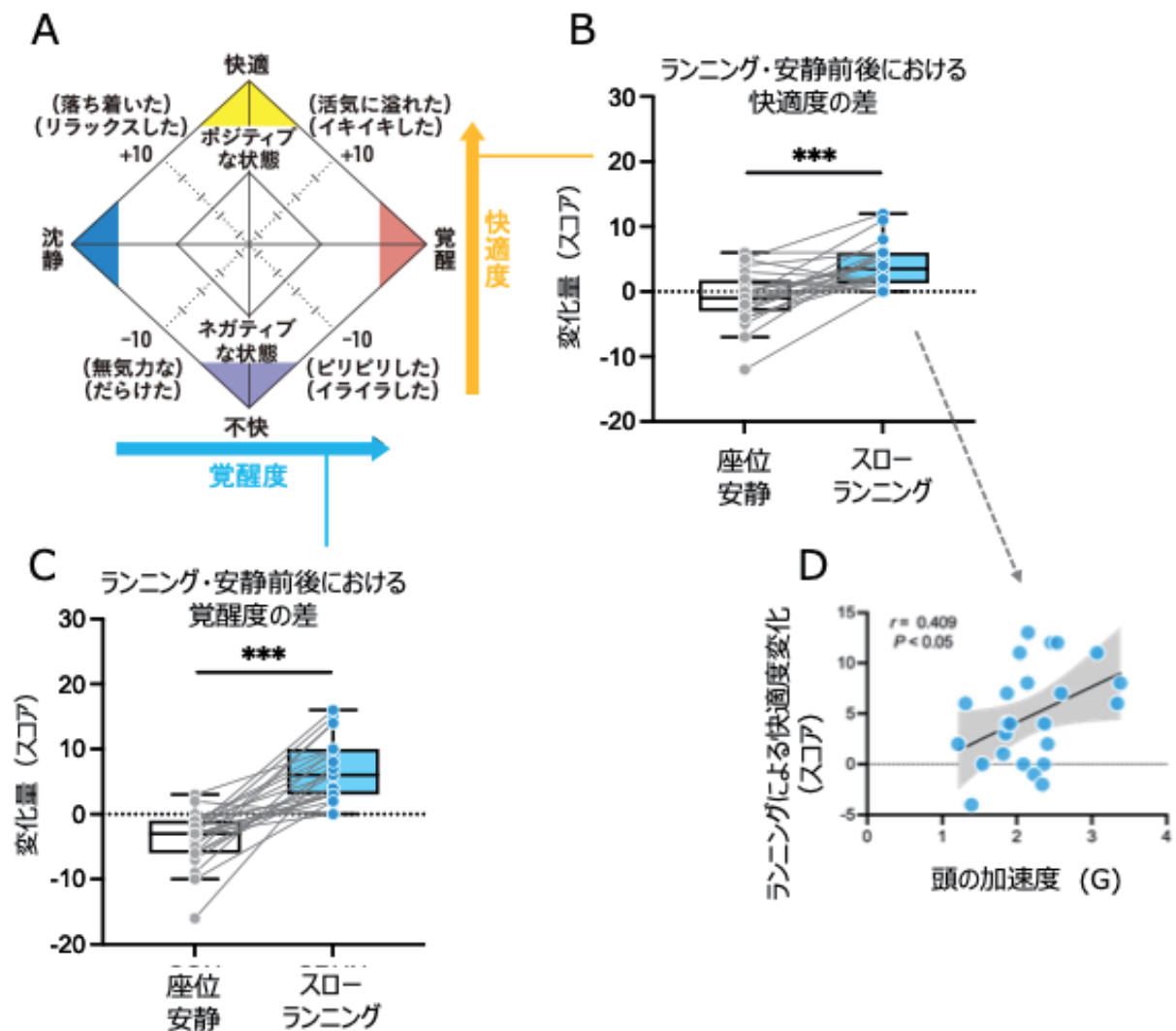


図3. 気分（覚醒度・快適度）の変化と、頭部加速度との関連。

(A) 二次元気分尺度の概念図。ヒトの気分を覚醒度と快適度という直交する二つの軸で捉える。

(B) 快適度、(C) 覚醒度の変化量。スローランニングは安静条件と比べて覚醒度・快適度をいずれも有意に高めた (*** $P < 0.001$ vs 安静)。(D) 走行中の頭部加速度が大きい参加者ほど、運動による快適度の上昇が大きかった。これは、ランニング特有のリズミカルな頭部の上下動が快適気分の向上に寄与する可能性を示唆する。なお、頭部加速度は快適度とのみ相関し、覚醒度や実行機能、前頭前野の活動の変化とは関連しなかった。

参考文献

1. Bramble and Lieberman. Nature, 432, 345–352, 2004.
2. Damrongthai, C. et al. Sci. Rep. 11, 22657, 2021.
3. Byun, K. et al. NeuroImage, 98, 336–345, 2014.
4. Kuwamizu, R. et al. NeuroImage, 277, 120244, 2023.

用語解説

注1) 実行機能

目標の達成に向けて思考や行動を調整する高次の認知機能を指す。抑制制御・ワーキングメモリ・認知的柔軟性という複数の要素から構成され、前頭前野が中心的な神経基盤として古くから知られている。本研究のストロープ課題は、このうち抑制制御を主に評価する課題である。

注2) 最高酸素摂取量 ($\dot{V}_{O_{2peak}}$: peak oxygen uptake)

最大負荷運動時に体内へ取り込めた酸素の最高値で、全身持久力（有酸素能力）の指標。値が高いほど持久的な体力が高いことを示す。本研究では、トレッドミルでの走運動負荷試験により各参加者の $\dot{V}_{O_{2peak}}$ を求め、その 35%に相当するごく軽い強度をスローランニングの速度として個別に設定した。

注3) 機能的近赤外分光分析法 (fNIRS: Functional near-infrared spectroscopy)

近赤外光を頭皮上から照射し、脳内の酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンの濃度変化を測定することで、神経活動に伴う局所的な脳血流の変化を推定する手法。装置が他の脳イメージング機器に比べて小型で拘束性が低く、完全に無侵襲で計測できるという利点がある。ただし、皮質の表面に計測部位が限定されることや、皮膚血流などの脳以外の信号が混入する可能性があることから、実験デザインには細心の注意が必要である。こうした点に配慮すれば、トレッドミル運動の前後での脳活動計測に適した手法といえる。

注4) 二次元気分尺度 (TDMS: Two-Dimensional Mood Scale)

ヒトの気分を「覚醒度」と「快適度」という直交する二つの軸から評価する心理尺度。8 項目の質問に対する回答を数値化することで、その時々のお気分の状態を短時間で評価できる。

注5) 頭部加速度 (HA: Head acceleration)

ランニング中、着地のたびに頭部が上下方向に動くことで生じる加速度。本研究では、頭頂部に貼り付けた加速度センサーにより、走行中の頭部の上下動の大きさを定量した。歩行やペダリング運動に比べてランニングでは、この上下動が大きくなる。

研究資金

本研究は、日本学術振興会 (JSPS) 科学研究費補助金 (18H04081、21H04858、24H00670: 征矢英昭、20J20893: 桑水隆多)、科学技術振興機構 (JST) 未来社会創造事業 (JPMJMI19D5: 征矢英昭)、筑波大学ヒューマン・ハイ・パフォーマンス先端研究センター (ARIHHP) の支援を受けて実施されました。

掲載論文

【題名】 Slow running benefits: Boosts in mood and facilitation of prefrontal cortex function even at very light intensity (スローランニングの有益性: 超低強度であってもランニングは気分を高め前頭前野機能を促進する)

【著者名】 Chorphaka Damrongthai (ダムロンタイ・チョーパカ、共同筆頭著者), Ryuta Kuwamizu (桑水隆多、共同筆頭著者), Yudai Yamazaki (山崎雄大), Naoki Aoike (青池直樹), Dongmin Lee, Kyeongho Byun, Ferenc Torma, Kazuki Hyodo (兵頭和樹), Worachat Churdchomjan, Michal A. Yassa, Kazutaka Adachi (足立和隆), Hideaki Soya (征矢英昭、責任著者)

【掲載誌】 Imaging Neuroscience

【掲載日】 2026 年 7 月 8 日 (オンライン先行公開)

【DOI】 <https://doi.org/10.1162/IMAG.a.1297>

問合わせ先

【研究に関すること】

征矢 英昭（そや ひであき）

筑波大学体育系 教授

ヒューマン・ハイ・パフォーマンス先端研究センター（ARIHHP）

URL: <http://soyalab.taiiku.tsukuba.ac.jp/>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp