

令和元年6月26日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12996

研究課題名(和文) 固視微動と視機能に基づくアスリートの脳状態計測システムの確立

研究課題名(英文) Establishment of evaluation system for athlete's brain status based on fixational eye movement and visual function

研究代表者

七五三木 聡 (SHIMEGI, SATOSHI)

大阪大学・全学教育推進機構・教授

研究者番号：20271033

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：卓球などの球技系スポーツのアスリートにとって、ボールや人の動きなどの視覚情報を処理する運動視の能力は身体パフォーマンスの良否に直結する。この運動視能を脳状態の機能的評価指標として計測するために“ダイナミックランダムドット刺激を用いた運動方向検出課題”を確立した。運動視能は日間・日内変動を示し、これと相関して、高速で動く視標を見て身体反応する能力(視覚運動課題の成績)も変動した。そこで、運動視能に影響する要因として運動視能計測前日の睡眠の質との関係を調べたところ、特定の時間帯におけるノンレム睡眠が運動視能に関与することが見出され、睡眠の質を向上させることで脳機能を最適化できる可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、スポーツアスリートにおいて“パフォーマンス発揮に適した脳状態”の定量化とその最適化が実現可能であることを示したが、アスリート以外への応用は十分可能である。例えば、一見複雑で特殊な技能をパフォーマンスとして発揮する職種として音楽家や舞踏家など文化芸術的なジャンルを含む幅広い分野にスペシャリストが存在しているが、感覚情報に基づく運動の発現という基本的な脳情報処理は同じであり、各スキルに寄与する主要な情報の属性とその処理経路の特性に着目することで計測すべき機能が定まり、計測の結果から最適化方略の糸口が見えてくる。私たちが日常的に発揮する様々な身体的パフォーマンスについても同様な事が言える。

研究成果の概要(英文)：Sport athletes try to exert a high performance constantly, but the performance level varies day by day, being considered to ascribe to the brain state. The motion vision ability to process the visual information concerning the movement of a ball or a person is directly linked to the visuomotor performance in the athletes of fastball sports such as table tennis. Therefore, we have established a motion direction detection (MDD) task using dynamic random dot stimulation to measure a motion vision. The measured motion vision fluctuated daily, correlating with the performance of a successive visuomotor task requiring to respond physically to a fast moving target. We searched the factors influencing the motion vision, and found that non-REM sleep in a specific time zone is related to the motion vision. Therefore, the stabilization and optimization of brain state through high quality sleeping can keep motion vision at higher level, improving the performance in athletes with fastball sports.

研究分野：スポーツ神経科学

キーワード：運動視能 脳状態 視覚運動 視覚情報処理 背側視覚経路

### 1. 研究開始当初の背景

アスリートの発揮するパフォーマンスは、長期的に変化しているだけでなく、日々あるいはその一瞬一瞬に変動しており、これを極力押さえ、高いレベルで維持することがスポーツ現場における重要課題となっている。このゆらぎの原因として脳の状態に依存した情報処理の動的変化が指摘されており、必要な時に必要な状態(スポーツに適した脳状態)へと向かわせ維持するための最適化方略の確立が望まれる。しかし、脳状態をどのように評価するのか、スポーツに適した脳状態とは何か、どのように最適化するのか、などの重要な問題が未解決のまま残されている。

### 2. 研究の目的

スポーツ場面において重要な役割を担う視覚情報処理に着目して、スポーツパフォーマンスに直結する視覚情報処理機能を客観的指標とした簡易な脳状態評価システムを開発し、この指標を用いて脳状態に影響する要因を探ると共に、脳状態を最適化するための方略を検討することを本研究の目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 実験参加者

本研究には、裸眼および矯正視力が 1.0 以上の男子大学生(18-22 才)40 名が参加した。

#### (2) ダイナミックランダムドット刺激を用いた運動視能計測法(図1)

液晶ディスプレイの画面全体に、様々な方向にランダムに動く無数のドットを刺激として呈示した。その中で、特定の円形領域内では、同一の方向へ動くドットの割合(運動コヒーレンス)が徐々に増加し、増加開始から 8 秒で全てのドットが同じ方向へ動いた。この領域のドット群をターゲットと呼び、試行ごとに上下左右のいずれかの方向に動いた。実験参加者は、ターゲットの運動方向を可能な限り早く弁別し、ジョイスティックデバイスを弁別した方向へ倒すことで回答した。正解応答をヒット、誤応答をミスと呼び、ジョイスティックによる応答直後に課題の正否を 2 種類のビープ音によって実験参加者にフィードバックした。また、ターゲット出現から 8 秒以内にジョイスティック応答ができなかった場合はミスとして解析した。ターゲット出現位置は、試行ごとにランダムに変化した。課題成績として応答時間およびヒット率(ヒット数/総試行数)を採用した。

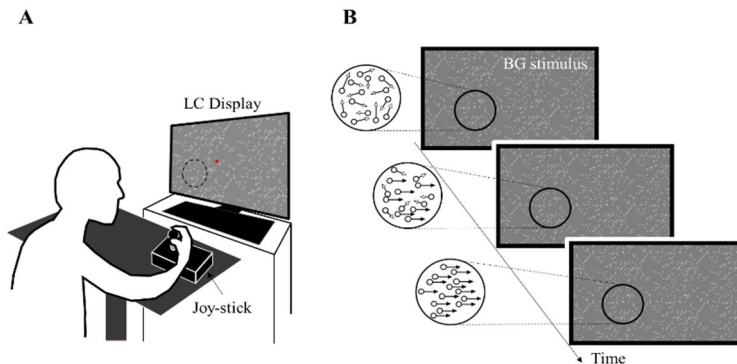


図1. 運動方向検出課題の実験場面(A)と1試行中のドット群のコヒーレンス変化(B)

### (3) ガボール刺激を用いた連続視覚運動課題による視覚運動能計測法(図2)

頭部を顎台上に置いて着座した実験参加者の眼前に液晶ディスプレイを設置して課題を実施した。画面の右端の様々な高さからガボールパッチ刺激(ターゲット)が出現し、等速直線運動で左端へと移動した。実験参加者は母指と示指で力センサーを摘み、把持力を調節することで画面左端に呈示されているカーソルを上下に動かし、ターゲットをヒットする課題を行った。一つのターゲットがカーソルにヒットされるか、画面左端に到達すると、直ちに次のターゲットが画面右端からランダムに決定された位置(高さ)に出現し移動した。ターゲット速度を7条件設定し、各条件における課題時間を30秒として、低速条件から高速条件へ一定時間の休息を挟んで順次課題を実施した。

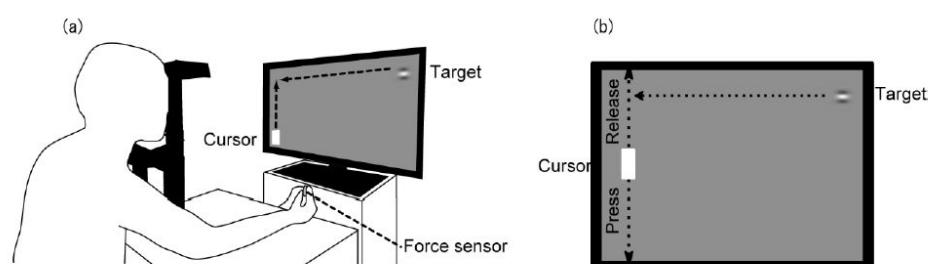


図2. 連続視覚運動課題の実験場面(A)とターゲットとカーソルの動き(B)

### (4) 課題遂行時の脳波、皮膚電気反応(GSR)、視線、瞳孔径の計測と睡眠の簡易計測

各課題遂行前・中・後で、脳波(計測装置ポリメイトミニ AP108, Miyuki Giken, Tokyo)や、視線および瞳孔径(EyeLink 1000Plus, SR Research)を同時計測した。また、アスリートが日常的かつ容易に睡眠状態を計測・モニターできるように、簡易腕時計型スマートウォッチから得られたデータを用いて睡眠の分析を行った。

### (5) 固視微動計測

実験参加者は、予め参加者ごとに作成した頭部鋳型内に頭部を置いて、安定した安静仰臥位の姿勢を取り、固視微動計測を実施した。顔面から一定距離離れた位置にマクロレンズを装着した高速ビデオカメラを設置し、Video-oculography(VOG)法による強膜血管像の高速撮像を行った。得られた動画の局所特徴を Speeded Up Robust Features (SURF)により抽出し、特徴点全体の動きから眼球運動をマイクロメートルレベルの高解像度で解析した。

## 4. 研究成果

### 1. ダイナミックランダムドット刺激を利用した脳状態評価システム

#### 1) 運動視能のゆらぎ

同一個人において運動視能が日々の生活の中でどの程度変動するのかを調べるために、計測のための日程スケジュールを規則的なものにせず、実験参加者が実験に参加できるタイミングにて10回運動方向弁別課題を行った。図3は、一人の実験参加者の運動方向弁別課題の成績を正解率と反応時間に分けて示したグラフである。グラフから明らかなように、正解率と反応時間のいずれも日間変動が観察された。同じ実験を行った他の4名において

も同様な結果が観察された。全ての実験参加者は、実験当日において「動きを見る」こと自体に主観的な変化を感じておらず、「よく見える/見えない」などの自覚はなかった。私たちは、普段、自身が見ている視覚世界の質が変動していることをほとんど意識していない。しかし、無自覚であったとしても、実際には運動視能が大きくゆらいでいることを本研究の結果は意味しており、このゆらぎが、高いクオリティでの運動視能を要求されるスポーツ場面でのパフォーマンスのゆらぎの原因になり得る可能性を示している。

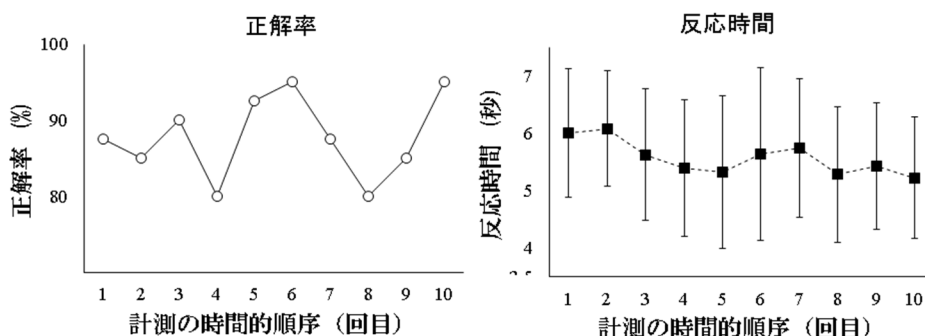


図3 . 一人の実験参加者における運動方向弁別課題の日間変動の例

## 2) 「運動視能のゆらぎ」と「視覚運動能のゆらぎ」の関係性

運動視能は顕著な日間変動があることがわかったが、この変動が実際に視覚運動にどう反映されているのかは不明である。この点を調べるために、高速移動する動的視標(ターゲット)を、カーソルを動かすことでヒットする“運動視への依存度が高い視覚運動課題”を確立し、運動方向検出課題と時間的に近接して実施することで、両者の成績の日間変動についての関係を検討した。図4 A は、同日に測定した運動方向検出課題と視覚運動課題の成績を実験参加者毎にプロットしたグラフである。実験に参加した4人いずれも、運動方向弁別課題と視覚運動課題の成績はよく対応し、正の相関を示した。これは、本研究で評価した運動視能が、視覚運動反応に寄与し、そのゆらぎが視覚運動のゆらぎとして反映されていることを意味する。そのため、運動方向弁別課題の成績を球技系スポーツアスリートの脳状態のパロメータとして活用できること、また、この成績のゆらぎと相関する要因を同定することで安定化のための方略の手がかりが得られる可能性が示唆された。

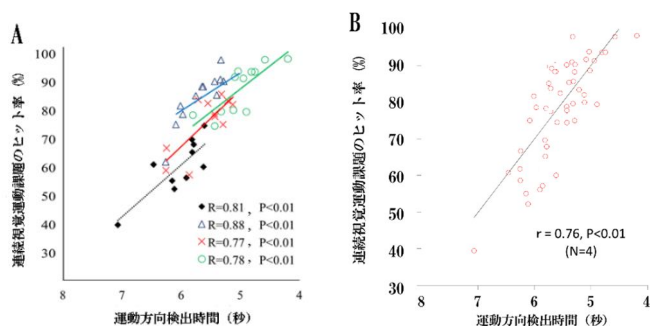


図3 . 運動方向弁別課題反応時間と連続視覚運動課題ヒット率の関係

A. 各個人の結果 (n =4), B. 全データの結果

### 3): 運動視能に影響する要因の同定

運動視能に影響する要因を同定するために、運動方向検出課題の成績のゆらぎと関連する要因を検討した。運動方向検出課題時の視線行動パターンや皮膚電気反応(GSR)を計測したが、運動視能の高低と関係する特徴的なパターンを見出すことは出来なかった。しかし、運動視能計測前日の睡眠の質との関係を調べたところ、興味深いことに、ある特定の時間帯におけるノンレム睡眠の継続時間が運動視能に関係することが見出され、睡眠の質を向上させることで脳機能を最適化できる可能性が示唆された。

## II. 固視微動を利用した脳状態評価システム

VOG法による強膜血管像の高速撮像と、それにより得られた動画の局所的な図形特徴をSpeeded Up Robust Features (SURF)により抽出を組み合わせた方法により、マイクロメートルレベルで固視微動を計測する方法論を確立した。しかし、高空間解像度であるがゆえに、微小の頭部位置変化や心拍変動を反映した眼球の微細振動などがノイズとして影響し、また、頭部の動きを極力最小化するために仰臥位での計測が必要となるなど、アスリートにとっての脳状態の最適化合いを評価する方法として簡易に活用できないなどの問題があることがわかった。

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計3件)

七五三木聡, 呉屋良真, 青山千紗, 小見山高明, 水守大河 (2019) スポーツ場面における視覚情報処理とアスリートの視機能計測. 体育の科学 69: 403-409

長江真志, 越智祐貴, 青山千紗, 呉屋良真, 荻野正樹, 七五三木聡 (2017) VRを利用した奥行き方向の動体視力トレーニング. 第22回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 4: 63-71

藤江博幸, 田中靖人, 七五三木聡 (2016) 超微細眼球運動及び頭部運動検出のための同期高精度撮影系の構築. 情報処理学会第78回全国大会論文集 4-33-34

### 〔学会発表〕(計13件)

呉屋良真, 七五三木聡 (2018) 運動視能計測法の確立と大学卓球競技者の運動視能. SRIP若手人材育成発表会 (グランフロント大阪)

青山千紗, 呉屋良真, 小見山高明, 水守大河, 佐藤宏道, 七五三木聡 (2018) 大阪大学医学部 全国教授の会 第6回総会 (大阪大学銀杏会館)

七五三木聡 (2018) 眼球運動トレーニングが連続視覚運動に果たす効果.

日本スポーツ心理学会第45回大会 (名古屋国際会議場)

青山千紗 (2018) 連続視覚運動に果たす視線行動の運動特性と機能的役割.

日本スポーツ心理学会第45回大会 (名古屋国際会議場)

青山千紗, 呉屋良真, 小見山高明, 水守大河, 七五三木聡 (2018) 連続視覚運動時の視線行動の特性とその役割. 第73回日本体力医学会 (福井市アオッサ, ハピリン)

呉屋良真, 青山千紗, 水守大河, 小見山高明, 七五三木聡 (2018) 大学卓球競技者は優れた運動視能を有している. 第2回スポーツニューロサイエンス研究会 (福井市アオッサ)

呉屋良真, 青山千紗, 檜垣靖樹, 七五三木聡 (2017) 大学卓球競技者の運動視能の検討. 第 72 回日本体力医学会大会 (松山大学)

青山千紗, 呉屋良真, 七五三木聡 (2017) 連続視覚運動時のパフォーマンスと眼球運動の関係性. 第 72 回日本体力医学会大会 (松山大学)

長江真志, 越智祐貴, 青山千紗, 呉屋良真, 荻野正樹, 七五三木聡 (2017) VR を利用した奥行き方向の動体視力トレーニング. 第 22 回日本バーチャルリアリティ学会大会 (徳島大学 常三島キャンパス)

⑩ 呉屋良真, 青山千紗, 武富大剛, 檜垣靖樹, 七五三木聡 (2016) アスリートの意識状態定量評価法の確立と視覚性高速連続運動課題を用いた妥当性の検証. 第 71 回日本体力医学会大会 (いわて県民情報交流センター、盛岡地域交流センター、市民文化ホール)

青山千紗, 呉屋良真, 武富大剛, 末松尚史, 七五三木聡 (2016) 視覚性高速連続運動のパフォーマンスを決定する視覚的要因. 第 71 回日本体力医学会大会 (いわて県民情報交流センター、盛岡地域交流センター、市民文化ホール)

七五三木聡 (2016) 視覚性高速連続運動のパフォーマンスを決定する要因. シンポジウムタイトル: 「優れたスポーツパフォーマンスに潜む感覚運動情報処理の秘密 その 2」 - 卓球スキルに潜む視覚性高速連続運動の時空間特性とその制御機構 -. 第 71 回日本体力医学会大会 (いわて県民情報交流センター、盛岡地域交流センター、市民文化ホール)

青山千紗, 七五三木聡 (2016) 連続的な視覚運動変換課題のパフォーマンスを決定づける重要因子. 第 39 回日本神経科学大会 (パシフィコ横浜)

[その他]

ホームページ: <http://sportsbraininfo-lab.jp/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名: 林 勲

ローマ字氏名: Hayashi Isao

所属研究機関名: 関西大学

部局名: 総合情報学部

職名: 教授

研究者番号 (8 桁): 70258078

研究分担者氏名: 荻野 正樹

ローマ字氏名: Ogino Masaki

所属研究機関名: 関西大学

部局名: 総合情報学部

職名: 教授

研究者番号 (8 桁): 00397639