

令和 2 年 5 月 25 日現在

機関番号：33801

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01768

研究課題名(和文) 注意資源配分機能が運動パフォーマンスに及ぼす影響

研究課題名(英文) The Impact of Attentional Resource Allocation on Motor Performance

研究代表者

黒岩 一雄 (Kuroiwa, Kazuo)

常葉大学・教育学部・准教授

研究者番号：70779545

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)： 注意の量的側面である注意資源と感覚情報処理の関係について、体性感覚オッドボール課題とターゲットライン追跡課題からなる2重課題法を用いて、事象関連電位のP300電位とN140電位を測定し、検討を行った。
その結果、ヒトの運動制御に関わる感覚・運動系の情報処理資源には量的限界がありつつ、運動パフォーマンスを規定していることが考えられた。また、ヒトの脳内の注意処理資源配分は課題困難性に依りて、柔軟に変わることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

注意処理資源の配分の多寡がヒトの運動パフォーマンスに及ぼす影響を与えるかという研究の解明は、今まで不明確であった運動学習や運動の習熟過程のメカニズム解明に大きく貢献すると思われる。また、神経系の習熟過程に基礎をおいた運動トレーニングや脳・脊髄運動神経系による運動制御能力の低下している高齢者などの脳の運動処方にも大きく貢献すると思われる。

研究成果の概要(英文)： We measured the event-related potentials, P300 and N140, using a dual-task paradigm, consisting of a somatosensory oddball task and a target-line tracking task; these parameters allowed us to quantitatively measure attention in order to investigate the relationship between sensory information processing and attentional resources. Our results revealed that the sensorimotor information processing resources involved in human motor control regulate motor performance, and that these resources have quantitative limits. Our findings also suggested that allocation of attentional processing resources within the human brain is flexible and shifts depending on the difficulty of the task.

研究分野：運動生理学

キーワード：注意資源配分 体性感覚誘発電位 P300 N140 二重課題法 注意関連電位

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

運動を習得する場合、繰り返し行われるトレーニングが必要であり、その時期には認知、判断、運動遂行に関わる脳領域ばかりではなく、皮膚、筋、腱、関節などからの体性感覚情報や視覚、聴覚、前庭感覚などの多種多様な感覚情報が脳内で効率よく処理され、目標となる運動パターン習得が行われると推察される。特に球技ゲームなどの集団的な対人ゲームでは脳内の短時間の情報処理がその後のパフォーマンスに決定的な影響を及ぼす場合が多々あると考えられる。例えば、受け取ったボールを周囲の状況を判断し、短時間に効率よく判断し処理しなければならない時に脳内での早期の感覚情報処理がいかに効率的に行われるかが運動パフォーマンスを高める上で極めて重要である。研究分担者の一人は脳内へ流入してくる感覚情報の中でも数十 msec の短い時間の感覚情報が反応時間に大きな影響を及ぼすことを確認している(体力科学, 2000)。また **Mismatch negativity** という脳内で発生する注意関連電位を用いてヒトが注意を向けてない感覚情報の中にも運動パフォーマンスに大きな影響を及ぼしている場合があることを確認している(臨床神経生理学, 2001)。さらに積極的に注意を向けた場合の脳内の感覚情報処理についても検討を試みていて、標的とする刺激に積極的に注意を向けた場合にのみ脳内で発生する電位、N250 電位があることを見つけ、これが運動パフォーマンスに重大な影響を及ぼすことも確認している(International Journal of Psychophysiology, 2003)。それゆえ、ヒトを取り巻く多種多様な感覚情報が意識的にせよ、無意識的にせよ、脳内の情報処理を受け、結果的に運動パフォーマンスに大きな影響を及ぼすことが確認されたが、多種多様な感覚情報の脳内での量的側面の処理については国内外においてもほとんど明らかにされていないのが現状である。

参考文献

- ・長期的な運動経験が事象関連電位に及ぼす影響. 秋山幸代、西平賀昭、八田有洋、麓正樹、金田健史、時任真一郎、下田政博: 体力科学, 49(2): 267-276, 2000.
- ・体性感覚モダリティにおける自動的処理過程と不随意的注意: 刺激の提示確率の影響. 木田哲夫、西平賀昭、八田有洋、麓正樹、和阪俊昭: 臨床神経生理学, 29(6): 417-424, 2001.
- ・Soleus H-reflex dynamics during fast plantarflexion in humans. Fumoto M, Komiyama T, Nishihira Y: Journal of Electromyography Kinesiology, 12: 367-374, 2002.
- ・Changes in the somatosensory N250 and P300 by the variation of reaction time. Kida T, Nishihira Y, et al.: European Journal of Applied Physiology, 89: 326-330, 2003.
- ・Somatosensory N250 and P300 during discrimination tasks. Kida T, Nishihira Y, et al.: International Journal of Psychophysiology, 48: 275-283, 2003.

2. 研究の目的

ヒトの脳内の感覚情報処理能力については限界容量があると推測され、例えばある課題を単独で行ったときより、複数の課題を同時に行った方がパフォーマンスは低下すると思われる。注意処理資源はそれぞれの課題に配分されるが、それには限界量があるので、そのために処理資源を十分に配分できた課題はうまく遂行でき、そうでない課題はうまく遂行できないと推察される。

ヒトの脳内の感覚情報処理能力については限界容量があり、その効率的処理の程度がヒトの運動パフォーマンスの高低を左右すると考えられるので本研究においては、まずは注意の量的側面である注意処理資源の配分の多寡がパフォーマンスに影響を与えるかを、二重課題法を用いて確認すること、次には二重課題において追跡速度を操作することによって課題困難性を増加させ、それに応じて脳内の注意処理資源の配分の多寡が生じ、パフォーマンスにいかなる影響が生じるかを確認すること、さらに追跡速度を操作する課題に追跡の予測課題も付加し、課題困難性を増加させた場合に脳内の注意処理資源の配分とパフォーマンスの関係はどのようになるかを明らかにすることである。

脳内の感覚情報、特に注意の量的側面である注意処理資源に着目し、注意処理資源の配分の多寡がヒトの運動パフォーマンスにいかなる影響を与えるかを二重課題法と脳の反応を表示していると考えられている事象関連電位の中で注意関連電位と P300 電位を用いて明らかにすることが目的である。

3. 研究の方法

【平成 29 年度】は注意の量的側面である注意処理資源と感覚情報処理の関係について、体性感覚オッドボール課題とターゲットライン追跡課題からなる二重課題法を用いて確認した。

【平成 30 年度】にはターゲットライン移動速度を操作することによって課題困難性を増加させ、課題困難性に応じた脳内の注意処理資源の配分と運動パフォーマンスとの関係を検討した。

【平成 31 年度】にはさらにターゲットライン移動方向の予測性も付加し、予測性の有無に応じた脳内の注意処理資源の配分と運動パフォーマンスとの関係を検討した。

平成 29 年度は脳内の注意処理資源と感覚情報処理の関係について二重課題法を用いて検討した。

- ・参加者：被験者は 15 名の健康な成人を用いた。
- ・実験条件：①体性感覚オッドボール課題単独条件
②二重課題条件（体性感覚オッドボール課題＋ターゲットライン追跡課題）

・体性感覚オッドボール課題：

事象関連電位の中の P300 と注意関連電位を誘発するため、持続時間 0.2msec の矩形波電気刺激を右親指と中指にランダムで提示した。刺激間隔は 800-1200msec のランダムな間隔を用いた。刺激の提示確率は標的刺激：標準刺激が 2：8 の割合とした。標的刺激、標準刺激を提示する指の組み合わせは被験者間でランダムとした。被験者には標的刺激が提示された時に右手人差し指でボタン押し反応をするように指示した。

・ターゲットライン追跡課題（二重課題条件時に実施）：

■ 記録と分析：

脳波は Fz, Cz, Pz, C3, C4 の頭皮上の 5 部位から両耳朶連結を基準として導出した (0.5-100Hz)。電極間抵抗はすべて 5kΩ 以下とした。眼電図被験者の前方 1m のところにあるオシロスコープ上に 2 本のラインが配置された。1 本は標的となるライン（ターゲットライン）、もう 1 本は被験者のグリップ動作によって生じる力を示すラインである（フォースライン）。ラインは高さが約 1mm、幅が約 9cm である。被験者の課題は上下に動くターゲットラインをフォースラインで追跡することを行った。力の上限は 50N、下限は 0N とした。追跡課題が始まる前、ターゲットラインは 25N の位置に止まっている。実験者の合図で被験者はすぐにフォースラインをターゲットラインに合わせ、その 3 秒後にターゲットラインは上に動き出し、すぐに被験者はフォースラインでこれを追跡した。二重課題条件では、ターゲットラインが動き始めてから 5 秒後に体性感覚刺激が提示され、被験者は体性感覚オッドボール課題と追跡課題を同時遂行した。1 条件は 3 ブロックから構成され、1 ブロックにつき約 90 回転刺激が提示された。眼電図も同時記録し、眼球運動やまばたきをモニターした。分析区間は刺激前 100msec を含む 750msec とした。RT は標的刺激後 100-650msec の間でボタン押しによって出現する機械曲線の立ち上がりを潜時とした。過剰な眼球運動、まばたき、反応間違いを含む試行は加算から除外した。データは 500Hz でサンプリングした。刺激後 100-180msec に出現する陰性電位を N140、250-500msec に出現する陽性電位を P300 とした。追跡課題の正確性を検討するために各サンプリングポイントにおけるターゲットラインとフォースラインの差を 2 乗し、平方根を求め 1 ブロック分で平均した。3 ブロック分で平均した値を各条件におけるエラーとする。この値が大きいほど追跡が正確ではないことを示す。

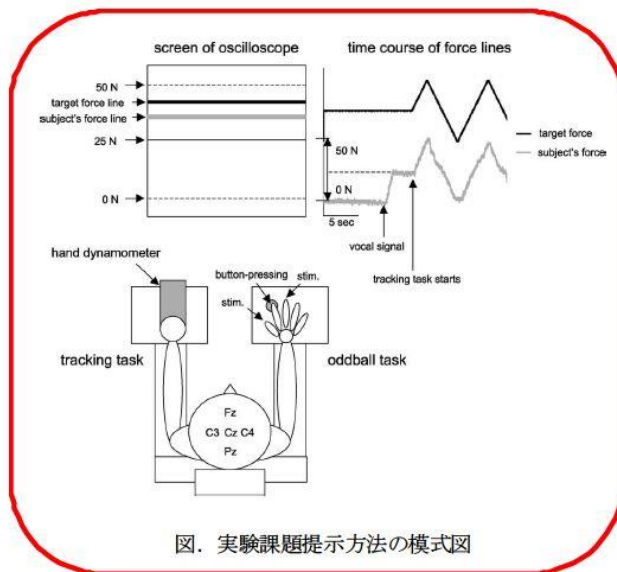


図. 実験課題提示方法の模式図

平成 30 年度は脳内の注意処理資源と感覚情報処理の関係に及ぼす追跡速度の影響を検討した。

- ・参加者：被験者は 15 名の健康な成人を用いた。
- ・実験条件：①体性感覚オッドボール課題単独条件
②二重課題条件（体性感覚オッドボール課題＋ターゲットライン追跡速度課題）
- ・体性感覚オッドボール課題：平成 29 年度と同様に実施した。
- ・ターゲットライン追跡速度課題（二重課題条件時に実施）：

平成 29 年度と基本的には同様であるが、平成 30 年度ではターゲットラインの移動速度の異なる 4 条件が設定された。Slow 条件ではターゲットラインは 0N から 50N の位置まで 15 秒間で到達する（一定速度：約 3.3N/sec、もしくは 0.33cm/sec）。Fast 条件では 10 秒間で（5N/sec、もしくは 0.5cm/sec）、very fast 条件では 5 秒間で（10N/sec もしくは 1cm/sec）、Rapid 条件では 3 秒間で到達する（16.6n/sec もしくは 1.66cm/sec）。この追跡速度の異なる 4 条件によって追跡課題の困難性を操作した。

・記録と分析：平成 29 年度と同様に実施した。

平成 31 年度は脳内の注意処理資源と感覚情報処理の関係に及ぼす追跡予測性の影響を検討した。

- ・参加者：被験者は 15 名の健康な成人を用いた。
- ・実験条件：①体性感覚オッドボール課題単独条件
②二重課題条件（体性感覚オッドボール課題＋ターゲットライン追跡予測性課題）
- ・体性感覚オッドボール課題：平成 29 年度、平成 30 年度と同様に実施した。
- ・ターゲットライン追跡速度課題（二重課題条件時に実施）：

平成 30 年度と基本的には同様であるが、平成 31 年度では Slow 条件と Fast 条件それぞれについてターゲットラインがどこで折り返すかの予測可能な条件と予測不可能な条件の 2 条件を設けた (つまり $2 \times 2 = 4$ 条件)。予測可能条件ではターゲットライン 0 から 50N の間を一定速度で繰り返し動かす。予測不可能条件ではターゲットラインは一定速度で動くが、0 から 50N の間のどこか予測できないところで運動方向が変わる。この追跡予測性の操作によって追跡の困難性を操作した。

記録と分析：平成 29 年度、平成 30 年度と同様に実施した。

4. 研究成果

【平成 29 年度】

平成 29 年度は注意の量的側面である注意処理資源と感覚情報処理の関係について、体性感覚オッドボール課題とターゲットライン追跡課題からなる二重課題法を用いて、事象関連電位の P300 電位と N140 電位を測定し、検討した。実験条件は①体性感覚オッドボール課題単独条件、②二重課題条件(体性感覚オッドボール課題とターゲットライン追跡課題)であった。その結果、P300 と 140 電位は体性感覚オッドボール課題単独条件と比較し二重課題条件において振幅が減少した。課題が複雑になることによって、P300 電位と N140 電位の振幅が減少し、情報処理が困難になったことが考えられた。

【平成 30 年度】

平成 29 年度は注意処理資源の配分の多寡がパフォーマンスに影響を与えることを確認することができた。平成 30 年度は、この実験結果をもとに、二重課題の追跡速度を操作することによって、課題困難性を増加させ、それに応じて脳内の注意処理資源の配分とパフォーマンスの関係がどのようになるかを明らかにするものである。

実験方法は平成 29 年度と基本的には同様であるが、平成 30 年度はターゲットラインの移動速度の異なる 4 条件を設定した。この追跡速度の異なる 4 条件によって追跡課題の困難性を操作した。その結果、平成 29 年と同様に P300 と 140 電位は体性感覚オッドボール課題単独条件と比較し、二重課題条件において振幅が減少した。また平成 30 年度追加した追跡速度の変化であるが、最も速い追跡条件では正確性が低下し、反応時間も遅延した。しかしながら追跡速度の変化は P300 電位と N140 電位に影響を及ぼさなかった。

これらのことから反応時間に関わる資源と P300 電位と N140 電位に関係する資源は機能的に異なる可能性があることが示唆された。

【令和元年度】

平成 29 年度は注意処理資源の配分の多寡がパフォーマンスに影響を与えることを確認することができた。平成 30 年度は、この実験結果をもとに、二重課題の追跡速度を操作することによって、課題困難性を増加させ、ヒトの運動制御に関わる感覚-運動系の情報処理資源には量的限界があり、パフォーマンスを規定していることが明らかとなった。

令和元年度の実験方法は平成 30 年度と基本的には同様であるが、Slow 条件と Fast 条件それぞれについてターゲットラインがどこで折り返すかの予測可能な条件と予測不可能な条件の 2 条件を設けた (つまり $2 \times 2 = 4$ 条件)。この追跡予測性の操作によって追跡の困難性を操作した。

その結果、P300 電位は、追跡方向が予測できなかった時に振幅が低下した。しかし、P300 潜時、反応時間には変化がみられなかった。これらのことから平成 30 年度同様、反応時間に関わる資源と P300 電位に関係する資源は機能的に異なる可能性があることが確認された。本実験において、体性感覚 P300 電位は追跡課題の難易度によって変化するときと変化しないときがあった。しかし N140 は何ら変化を示さなかった。そのため N140 電位は早期の感覚処理段階における感覚モダリティに特異的な処理資源に関係し、P300 電位はより中枢レベルのモダリティ非特異的な処理資源の配分に関わると推察された。このようにヒトの運動制御に関わる感覚・運動系の情報処理資源には量的限界がありつつ、運動パフォーマンスを規定していることが考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Kuroiwa K, Okabe S, Nishihira Y, Sakemoto N, Fukumoto H	4. 巻 (accept)
2. 論文標題 Characteristics of Event-Related Potentials during Focusing on Somatosensory Stimulation in Athletes.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advances in Exercise and Sports Physiology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 黒岩一雄、西平賀昭、金田健史、東浦拓郎、福本寛之	4. 巻 26-1
2. 論文標題 局所的な高強度運動が覚醒水準に及ぼす影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本運動生理学雑誌	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 酒本夏輝，黒岩一雄，福本寛之	4. 巻 25-2
2. 論文標題 サッカーPK時のシュート方向予測に伴うN200の変動	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本運動生理学雑誌	6. 最初と最後の頁 41-50
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件／うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Fukumoto, H, Nishihira Y, Sakemoto, N, Kuroiwa, K, Shimoda, M
2. 発表標題 Influences of Long-term Sports Experience on the Cortical Inhibition during Dual-task.
3. 学会等名 24th ECSS(EUROPEAN COLLEGE OF SPORT SCIENCE.) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fukumoto H
2. 発表標題 Influences of Long-term Motor Training on the Excitability of the Corticospinal Tract during Dual-task.
3. 学会等名 22nd annual Congress of European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	福本 寛之 (Fukumoto Hiroyuki) (00779308)	東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・助教 (12605)	
研究分担者	西平 賀昭 (Nishihira Yoshiaki) (20156095)	筑波大学・体育系(名誉教授)・名誉教授 (12102)	