

(報告書)

エナジードリンク摂取が自転車ペダリングにおける有効視野縮小の低減に与える効果

永井聖剛（立命館大学総合心理学部・認知心理学）

1. 研究目的

自転車による運動 日本では、最新のレジャー白書（2018）において、趣味やスポーツとして自転車走行を行う愛好家が 730 万人（スポーツ部門で 7 番目の参加人口）を超過することが報告されている。ここでいう自転車には、一般的な自転車をはじめ、マウンテンバイク、ロードレーサー、及びクロスバイクが含まれている。このような自転車の利用は、趣味としてではなく、通勤や通学においても用いられていることがわかつており、総務省（2015）の報告によると、自転車またはオートバイの利用（14.6%）は、車（46.5%）・鉄道・電車（16.1%）に次いで 3 番目の通勤・通学手段として用いられている。国際的にみても、人々の健康に及ぼす影響だけでなく、二酸化炭素排出や騒音、交通事故に及ぼす影響に鑑みて、自転車の利用が進められている（Pucher et al., 2010）。健康に対する運動の効果について、Oja et al. (2011) は自転車利用が健康面に及ぼす影響に関する研究を対象にシステムティックレビューを行っている。レビューでは、16 の研究が含まれ、自転車利用と健康との間に正の相関関係が示され、心臓疾患系のがんや肥満に対するリスクの減少につながることを報告している。

エナジードリンク、スポーツドリンクの飲用 ところで、趣味や競技としての自転車利用に関わらず、自転車走行中には水分・栄養補給を行うことが推奨されており（Burke, 2010）、そのような水分・栄養補給によって高いパフォーマンスが達成されることが指摘されている（Jeukendrup, 2011）。日本においても、平成 28 年度のたばこ総合研究センターの助成研究報告書（梅田, 2016）では、ドライブ／ツーリング愛好家の 37.4% がエナジードリンクやカフェイン含有スポーツドリンクを摂取していることが報告されている。これまで、エナジードリンクやカフェイン含有スポーツドリンクの摂取による身体的パフォーマンスの影響は報告されている。Souza et al. (2017) が実施したメタアナリシスでは、筋力・筋持久力をはじめとしてさまざまな身体的パフォーマンスに対する正の影響が指摘されている。このような効果は、エナジードリンクやカフェイン含有スポーツドリンク摂取によって、運動に伴う筋肉量の低下や炎症性サイトカインを低い水準で維持すること（Torre-Villalvazo, et al., 2019）やナトリウムをはじめとする電解質を含んだ水分の補給（Sharp, 2013）などによるものであると言える。例えば、自転車走行に及ぼすエナジードリンク摂取の影響について、Quinlivan et al. (2015) は、11 名の男性自転車利用者を対象に、二重盲検クロスオーバー無作為化比較試験を実施した。その結果、プラセボと比較して、レッドブル（体重 1 kg につき

3mg のカフェイン含有) の摂取が身体的パフォーマンスを向上させることを示した。また、カフェインを含有しないスポーツドリンクの飲用が身体的パフォーマンスを向上させることも示されている (Coombes & Hamilton, 2000)。ここでカフェイン非含有スポーツドリンクとは大塚製薬ポカリスエットのようなドリンクを指す。このようにエナジードリンクやスポーツドリンク摂取によって、さまざまな効果を人々は獲得しているが、これまでの研究からエナジードリンクやスポーツドリンク摂取により、その効果を獲得しやすい人々がいることがわかっている。例えば、Collomp et al. (1992) や Woolf et al. (2008)によると、習慣的に運動をする人々の方がそうでない人々と比較してエナジードリンク摂取によって、主観的な効果をより感じていることが報告されている。また、スポーツドリンクにおいても、習慣的に運動する人々における主観的な効果の獲得が報告されている (Fahlström et al., 2006)。一方、なぜ習慣的に運動をする人々がよりドリンク摂取によって効果を獲得しているかについて、その作用機序は明らかになっておらず、さらなる研究が必要であると指摘されている (Kerksick et al., 2018)。このようなドリンク摂取と効果の関係について、これまでの関連研究では、人々が抱く主観的な期待の役割が重要であることが指摘されている。例えば、タバコの場合、主観的に効果を期待している方が、実際にタバコ摂取によって効果を得ているという実験がある (Juliano et al., 2011)。この主観的な期待については、コーヒーなどをはじめとするカフェイン含有飲料においてもその存在が指摘されており (Huntley & Juliano, 2012)、様々な効果が認められるエナジードリンクやスポーツドリンク摂取においても、このような主観的な期待が認められる可能性が高いと言える。

自転車走行中の認知情報処理 公道を走行する自動車や自動二輪車では速度増加に伴い効果的に情報処理可能な有効視野が縮小し、有効視野が広い運転者ほど事故に遭遇する確率が低いことがわかっている (Anstey et al., 2005)。自転車運転中の有効視野は未検討であるが、特にスポーツ自転車運転中では走行速度域が高く、強い身体負荷を要するため、有効視野縮小やその他の認知機能の一時的低下が顕著に生じると予測される。スポーツ自転車走行中は水分・栄養補給を行うことが常であるが、エナジードリンクやスポーツドリンクの飲用によって、走行中の認知機能低下の回復がみられる可能性がある。

研究目的 本研究では、以下の 2 点について検討することを目的とする。第 1 に、自転車ペダリング中の有効視野の縮小がエナジードリンクやスポーツドリンクの飲用によって緩和されるのかを検討する。そのため、まずは自転車ペダリング中の有効視野縮小が実際に生じるかを確認し、その後、ドリンク飲用の効果を実験的に検討する。第 2 に、エナジードリンクやスポーツドリンク飲用についての心理的効果を予備的調査として検討する。第 1 の目的では、自転車利用中の摂取に焦点を当てているが、この文脈における主観的な期待が認められることは、このような人々がなぜエナジード

リンクやスポーツドリンクを摂取しているかに関する心理学的な理解を促進できると言える。エナジードリンクの使用にあたっては、事例報告ではあるがエナジードリンク摂取後の突然の発作をはじめとして、身体的に負の影響も指摘されており (Duchan et al., 2010)、とりわけ子どもや若者においては、健康に対する被害も指摘されている。このようなデメリットに配慮しつつ、エナジードリンク・スポーツドリンクの利用者の心理学的な理解を促進する研究は必要であると言える。また、これまでの運動時における栄養摂取に関する研究では、エナジードリンクとスポーツドリンクを分類して捉えられてきていることから (Kerksick et al., 2018)、予備調査においてもそれらを分けたうえで研究を実施する。

2. 予備的調査：エナジードリンク、スポーツドリンクの心理的効用 方法

倫理的配慮 予備調査は、立命館大学人を対象とする研究倫理委員会の許可を得て実施された（衣笠-人-2019-18）。

実験参加者 2019年7月1~4日にインターネットリサーチ会社の登録会員を対象にオンライン上で調査を実施した。NTTコムオンラインマーケティングソリューション株式会社の協力を得て、609名がオンライン上の調査に参加した（男性498名、女性111名、平均年齢=48.45±11.41歳）。包含基準は、20~69歳の者で、普段自転車を利用している者であった。参加者の基礎的なデータをまとめたものがTable 1である。

測定指標 デモグラフィックデータとして、参加者には、年齢、性別、最終学歴、収入を尋ねた。自転車利用に関して、参加者の自転車利用に関する情報を収集した((a)どのくらいの期間、ロードバイクやクロスバイクを利用しているか？、(b)過去1か月間、どのくらい自転車を利用したか？)。運動歴として、参加者の運動歴に関する情報を収集した((a)大学（高校、中学、小学校）において、クラブ活動や部活動を行っていたか？、(b)現在、クラブ活動や部活動を行っているか？、(c)どのくらいの期間、クラブ活動や部活動を行ってきてているか？)。エナジードリンクとスポーツドリンクについて、自転車走行中に摂取しているエナジードリンクやスポーツドリンクについて、以下の13の選択肢から当てはまるものすべてを選択してもらった（エナジードリンク：a) Red bull series, b) Monster energy series, c) Burn series, d) Regain series, e) RAIZIN series; スポーツドリンク：f) POKARI SWEAT series, g) AQUARIUS series, h) Amino Value series, i) DAKARA series, j) CCD drink series, k) VAAM series, l) Super H2O series, m) others)). 次に、先ほど選択したエナジードリンクやスポーツドリンクのうち、自転車走行中に最もよく摂取しているエナジードリンクやスポーツドリンクを1つだけ選択してもらった。この質問を用いて、エナジードリンク摂取グループ（a~eを選択）とスポーツドリンク摂取グループ（f~lを選択）に分類した。

さらに、先ほど選択した自転車走行中に最もよく摂取しているエナジードリンクやスポーツドリンクを飲んだ時に得られる主観的な効果について、4因子32項目からなる項目に回答してもらった（横光他、2017）。4因子には、「セルフ・エンパワメント」、「ポジティブ気分の獲得」「集中力の向上」「コミュニケーションの促進」が含まれる。さらに、4因子32項目以外で得られる主観的な効果があれば、自由記述で回答してもらった。

データ解析 分析には SPSS (IBM SPSS Statistics package 24.0; SPSS Inc., Chicago, IL., USA) と R (R 3.5.0 R Core Team, 2018, Vienna, Austria) を用いた。まず、記述統計量を算出するため、各変数の平均値と標準偏差を算出した。次に、自転車走行中のエナジードリンクやスポーツドリンク摂取によって得られる主観的な効果について、群を独立変数、主観的な効果の各因子を従属変数、自転車利用歴、過去の運動歴、過去1か月間の自転車利用日数・時間を統制変数とした一般線形モデルを用いて分析を実施した。

結果

参加者のデモグラフィックデータ、及び自転車利用歴、運動歴 Table 1、Table 2 は参加者の上記変数の結果を示している。

自転車利用者における、エナジードリンクやスポーツドリンク摂取によって得られる主観的効果 エナジードリンクやスポーツドリンク摂取によって得られる主観的効果を明らかにするため、群を独立変数、自転車利用歴、過去の運動歴、過去1か月間の自転車利用日数・時間を統制変数とした一般線形モデルを用いて分析を実施した。その結果を示したもののが Table 3 である。

Table 3 をみると、4つの主観的効果のうち、ポジティブ気分の獲得を除く3つの効果（セルフ・エンパワメント、集中力の向上、コミュニケーションの促進）において、群間での差異が認められ、エナジードリンク摂取者はスポーツドリンク摂取者と比較して、主観的な効果をより強く得ていることが認められた。

Table 1. Participants' demographic data

	Total (n = 606)	Energy drink group (n = 174)	Sports drink group (n = 432)	Statistic (<i>p</i> value)
	n (%)	n (%)	n (%)	
Sex				2.02 (.10)
Male	495 (81.7%)	136 (78.2%)	359 (83.1%)	
Female	111 (18.3%)	38 (21.8%)	73 (16.9%)	
Age ^a	48.45 (11.41)	44.28 (10.80)	50.13 (11.13)	5.87(.00)*
Occupation				14.07 (.30)
Executive officer	27 (4.5%)	9 (5.2%)	18 (4.2%)	
Manager	104 (17.2%)	21 (12.1%)	83 (19.2%)	
Desk job	131 (21.6%)	45 (25.9%)	86 (19.9%)	
Engineer	87 (14.4%)	28 (16.1%)	59 (13.7%)	
Salesman	33 (5.4%)	7 (4.0%)	26 (6.0%)	
Manufacturer	41 (6.8%)	13 (7.5%)	28 (6.5%)	
Service worker	36 (5.9%)	6 (3.4%)	30 (6.9%)	
Freelance profession	32 (5.3%)	10 (5.7%)	22 (5.1%)	
self-employed	40 (6.6%)	15 (8.6%)	25 (5.8%)	
Student	3 (0.5%)	0	3 (0.7%)	
Stay-at-home wife (husband)	37 (6.1%)	12 (6.9%)	25 (5.8%)	
Inoccupation	34 (5.6%)	8 (4.6%)	26 (6.0%)	
Others	1 (0.2%)	0	1 (0.2%)	
Educational level				2.05 (.73)
elementary and junior high school	6 (1.0%)	1 (0.6%)	5 (1.0%)	
high school (equivalent test)	125 (20.6%)	36 (20.7%)	89 (20.6%)	
two-year and career college	78 (12.9%)	25 (14.4%)	53 (12.3%)	
four-year college	348 (57.4%)	95 (54.6%)	253 (58.6%)	
graduate school	49 (8.1%)	17 (9.8%)	32 (7.4%)	
Anual income				8.27 (.60)
< 1,000,000 JPY	50 (8.3%)	12 (6.9%)	38 (8.8%)	
1,000,000–1,999,999	20 (3.3%)	6 (3.4%)	14 (3.2%)	
2,000,000–2,999,999	46 (7.6%)	14 (8.0%)	32 (7.4%)	
3,000,000–3,999,999	71 (11.7%)	28 (16.1%)	43 (10.0%)	
4,000,000–4,999,999	83 (13.7%)	22 (12.6%)	61 (14.1%)	
5,000,000–5,999,999	80 (13.2%)	20 (11.5%)	60 (13.9%)	
6,000,000–6,999,999	59 (9.7%)	21 (12.1%)	38 (8.8%)	
7,000,000–7,999,999	59 (9.7%)	15 (8.6%)	44 (10.2%)	
8,000,000–8,999,999	38 (6.3%)	12 (6.9%)	26 (6.0%)	
9,000,000–9,999,999	33 (5.4%)	8 (4.6%)	25 (5.8%)	
>= 10,000,000	67 (11.1%)	16 (9.2%)	51 (11.8%)	

Note. a Mean (Standard Deviation)

Table 2. Participants' cycling behaviors

		Energy drink	Sports drink		
	Total (n = 606)	group (n = 174)	group (n = 432)	statistics (p value)	Cohen's <i>d</i> (95%CI)
Bicycle use duration	135.26 (118.21)	120.84 (103.45)	141.06 (123.30)	1.91 (.06)	0.17 (-0.01 to 0.35)
Exercise history					
affiliation (current)	130 (21.5%)	57 (32.8%)	73 (16.9%)	18.52 (.00)	0.35 (0.19 to 0.52)
affiliation (university)	165 (27.2%)	57 (32.8%)	108 (25.0%)	3.81 (.06)	0.16 (0.00 to 0.32)
affiliation (high school)	319 (52.6%)	96 (55.2%)	223 (51.6%)	0.63 (.47)	0.16 (0.00 to 0.32)
affiliation (junior high school)	384 (63.4%)	105 (60.3%)	279 (64.6%)	0.96 (.35)	0.08 (-0.08 to 0.24)
affiliation (elementary school)	263 (43.4%)	87 (50.0%)	176 (40.7%)	4.33 (.05)	0.17 (0.01 to 0.33)
total duration	85.75 (94.13)	85.39 (83.44)	85.90 (98.20)	0.60 (.95)	0.05 (-0.12 to 0.23)
Bicycle use during past1 month					
use days	8.48 (7.79)	8.83 (7.94)	8.34 (7.74)	0.69 (.49)	0.06 (-0.11 to 0.24)
use time	14.70(18.11)	15.14(18.04)	14.52(18.16)	0.38 (.70)	0.03 (-0.14 to 0.21)

Table 3. Participants' cycling behaviors

	Self-empowerment	Positive mood	Concentration	Communication
Intercept	42.11(5.56) *	45.37(5.27) *	23.14(3.18) *	26.15(3.43) *
sex	5.92(1.39) *	5.34(1.31) *	3.61(0.79) *	3.54(0.86) *
age	0.05(0.05)	0.14(0.05) *	0.05(0.03)	0.06(0.02)
Bicycle use duration	0.00(0.01)	0.01(0.00)	0.00(3.18)	0.00(0.00)
Exercise history				
affiliation (current)	-2.95(1.56)	-1.54(1.48)	-0.64(0.90)	-1.78(0.97)
affiliation (university)	-1.65(1.31)	-0.71(1.24)	-0.87(0.75)	-1.17(0.81)
affiliation (high school)	-1.31(1.37)	-1.50(1.30)	-0.56(0.79)	-1.58(0.85)
affiliation (junior high school)	-2.96(1.46)	-3.92(1.39) *	-1.86(0.84)	-1.11(0.90)
affiliation (elementary school)	1.24(1.30)	-0.45(1.23)	0.46(0.74)	-0.01(0.80)
total duration	-0.01(0.01)	-0.12(0.01)	-0.00(0.01)	-0.01(0.01)
Bicycle use during past1 month				
use days	0.01(0.08)	-0.02 (0.08)	0.03(0.05)	-0.03 (0.05)
use time	0.07(0.04) *	0.01(0.03) *	0.05(0.02) *	0.06(0.02) *
Group	3.17(1.16) *	-0.64(1.10)	1.63(0.66) *	1.64(0.72) *

Asterisks represent significant levels at $p < .05$.

3. 予備実験：中強度の自転車ペダリングによる有効視野の機能低下

予備実験の目的は、中強度での自転車ペダリングによって有効視野の機能低下が生じることを確認することであった。

方法

倫理的配慮 予備は、立命館大学「人を対象とする研究倫理委員会」の許可を得て実施された（衣笠-人-2018-66）。

実験参加者 実験参加者は 21 歳から 23 歳の立命館大学総合心理学部 4 回生の男性 10 人とした（平均年齢 22.1 歳、SD = 0.7）。実験参加者には実験前に課題内容について説明し、同意を得たうえで実験を行った。実験参加者はのべ二日間にわたって実験に参加し（合計約 2 時間）、報酬として 2,000 円分の図書カードを受け取った。

実験装置 実験は立命館大学 6 階の実験室 4 で実施した。刺激は、液晶ディスプレイ(65Z8X、幅 142.8cm×80.4cm)に提示した。実験参加者は自転車(Specialized, SIRRUS MEN SPORT)に乗車しハンドルを握った状態にて課題を行い、観察距離は 78.5 cm であった。自転車負荷装置 (Wahoo, KICKR SNAP) およびケイデンスセンサー (Wahoo, Blue SC スピード/ケイデンスセンサー) を運動させ、ペダリング時にかかる運動負荷、並びに、シミュレートされる速度を計測した。心拍計(Wahoo, TICKR FIT)にて実験参加者の心拍数を計測して。これらの情報は計測アプリケーション(wahoo fitness)を通じて、サイクルコンピュータ (Wahoo, ELEMNT BOLT GPS) に集約し記録した。

実験参加者の行動反応は、ハンドル中央に固定したテンキー (Elecom, TK2-BT3H) から得た。実験プログラムは Psychopy Builder 2 を用いて作成し、PC(Dell, OPTIPLEX 780)によって、視覚刺激の提示と反応入力の記録を行った。

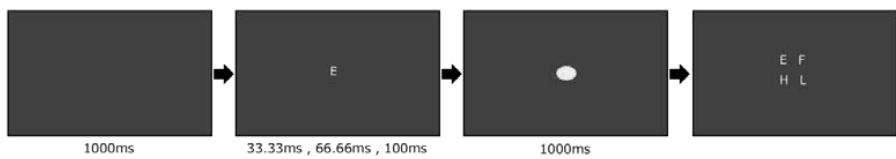
刺激および課題 Sekuler, Bennet & Mamelak (2000)で用いられた有効視野課題を一部改変し実施した。すなわち、中心課題、周辺課題の二課題をそれぞれ単独で行う単独条件、二課題を同時に行う場合の二重課題条件で実施し、周辺課題の二条件間のエラー率の差を有効視野課題の指標とした。

単独中心課題 (Figure 2A) では、各試行は参加者が ENTER キーを押すと開始され、画面中央に注視点が 1000ms 提示され、その後注視点があった位置にターゲット刺激（縦 0.8°×横 1.8°、輝度 54.5cd/m²、E,F,H,L のいずれか）がランダムに提示された。その後、文字があった位置にチェックカード模様のマスク刺激が 1000ms 提示され、続いて、回答を促す画面が提示された、参加者はターゲット刺激と対応したキーを正確性を重視して回答した。また、全ての刺激は灰色の背景上（輝度 29.5cd/m²）に提示された。参加者が回答した際に、音によって正誤のフィードバックを行った。ターゲット刺激の提示時間は、33.3 ms • 66.6 ms • 100 ms のいずれかであり、これらがラン

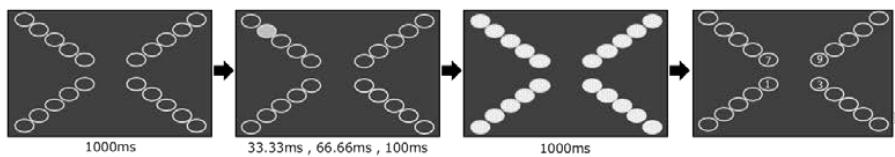


Figure 1. 本研究で用いた実験装置

A 単独中心課題



B 単独周辺課題



C 二重課題

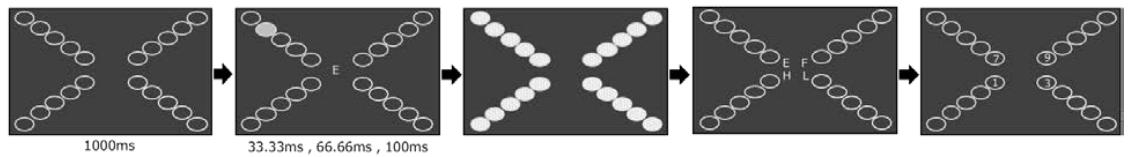


Figure 2. 各試行における刺激提示の流れ

ダムに選択された。試行数は、文字の種類（4種類）と提示時間（3種類）の組み合わせによってできる12条件のそれぞれにつき5試行、計60試行であった。

単独周辺課題（Figure 2B）では、各試行は参加者がENTERキーを押すと開始され、X字状に20個のプレイスホルダー（直径1.2°、輝度54.5cd/m²）が1000ms提示され、その後20個のプレイスホルダーのどこかに円形のターゲット刺激（直径1.0°、輝度54.5cd/m²）が提示された。そして、全プレースホルダー位置にチェックカーボード模様

のマスク刺激が 1000ms 提示された後に、回答場面が提示され、参加者はターゲット刺激が出現した方向のキーを正確に押すように求められた。また、全ての刺激は灰色の背景上（輝度 $29.5\text{cd}/\text{m}^2$ ）に提示された。X 字状に並んだプレイスホルダーは、4 方向の放射線状に沿って偏心度 $4^\circ \cdot 8^\circ \cdot 12^\circ \cdot 16^\circ \cdot 20^\circ$ の順に配置されていた。ターゲット刺激の提示時間は、 $33.3\text{ ms} \cdot 66.6\text{ ms} \cdot 100\text{ ms}$ のいずれかであり、これらがランダムに選択された。試行数は、プレイスホルダーの位置（20 種類）と提示時間（3 種類）の組み合わせによってできる 60 条件のそれぞれにつき 1 試行、計 60 試行であった。

二重課題 (Figure 2C) は単独中心課題と単独周辺課題を組み合わせたものであった。各試行は、参加者が ENTER キーを押すと開始され、画面に X 字状に 20 個のプレイスホルダー（直径 1.2° 、輝度 $54.5\text{cd}/\text{m}^2$ ）が 1000ms 提示された。その後中心課題のターゲット刺激（縦 $0.8^\circ \times$ 横 1.8° 、輝度 $54.5\text{cd}/\text{m}^2$ ）と周辺課題のターゲット刺激（直径 1.0° 、輝度 $54.5\text{cd}/\text{m}^2$ ）が同時に提示された。そして、中心課題ターゲット刺激があった位置および全プレースホルダー位置にチェックマーク模様のマスク刺激が 1000ms 提示された後に、中心課題の回答を促す画面が提示され回答を求められた。その後、周辺課題の回答を促す画面が提示され回答が求められた。また、全ての刺激は灰色の背景上（輝度 $29.5\text{cd}/\text{m}^2$ ）に提示された。参加者が回答した際に、中心課題のみ音によって正誤のフィードバックを行った。試行数は、文字の種類（4 種類）と位置（20 種類）と提示時間（3 種類）の組み合わせによってできる 12 条件のそれぞれにつき 1 試行、計 240 試行から 120 試行をランダムに抽出した。また、分割的注意課題を行う際には、中心課題を必ず正解するようにした上で周辺課題についても最大限努力して正解する様に教示を行った。

実験手続き 実験は二日間にわたり、各日に安静状態、あるいは、運動状態にて実験課題を行った。安静、運動状態の実施順序はカウンターバランスをとった。運動状態で課題を実施するときには、20 試行毎に主観的な運動強度（ボルグ）スケールスケールに回答した (Table 4)。また、ボルグスケールにおける「ややきつい (13)」レベル、すなわち中強度にて運動強度を定義し、20 試行毎に運動強度を確認した。運動強度が適切に保たれていることは主観的強度、および、心拍数によって確認された。

Table 4. 日本語版ボルグスケールの対応表

Borg's	日本語版
20	
19	Very very hard 非常にきつい
18	
17	Very hard かなりきつい
16	
15	Hard きつい
14	
13	Somewhat hard ややきつい
12	
11	Fairly light 楽である
10	
9	Very light かなり楽である
8	
7	Very very light 非常に楽である
6	

結果および考察

Sekuler, Bennett & Mamelak (2000) の分析方法にならい、各実験参加者の反応データにもとづき、安静および中強度運動のそれぞれにおいて、中心課題および周辺課題におけるエラー率を単独および二重課題条件に分けて刺激提示時間毎に算出した。続いて、条件間の差分エラー率を計算した。二重周辺課題のエラー率から単独周辺課題のエラー率を減算した数値 (Figure 4) は、課題習熟による学習効果を相殺し、有効視野が機能しているか否かを評価可能な指標と考えられ、数値が大きいほど周辺課題のエラーが多く有効視野が機能していないことを意味する (Sekuler, Bennett & Mamelak, 2000)。尚、この指標では視覚情報処理が機能する範囲を求めるものではなく、有効視野の機能性を視角 20 度の範囲において評価するものである。

本指標について、運動 (安静・中強度) × 提示時間 (33.3 ms, 66.6 ms, 100 ms) の分散分析を行ったところ、運動の主効果 ($F(1,9) = 6.59, p < .05$) と提示時間の主効果 ($F(2,18) = 5.01, p < .05$) は認められたが提示時間の効果および交互作用は認められなかった ($F(2,18) = 0.40, n.s.$)。したがって、安静時よりも中強度運動時において有効視野の機能低下が生じていることが示唆された。

以上の結果から、本予備実験で用いた中強度運動 (ボルグスケールにおいて「ややきつい」) が有効視野の機能低下を引き起こすのに十分な強度であることが確認された。また、この運動強度は実験参加者の身体に過度の負担をかけるものではなく、安全に研究を実施できるものであり、本運動強度を用いて本実験を行うこととした。

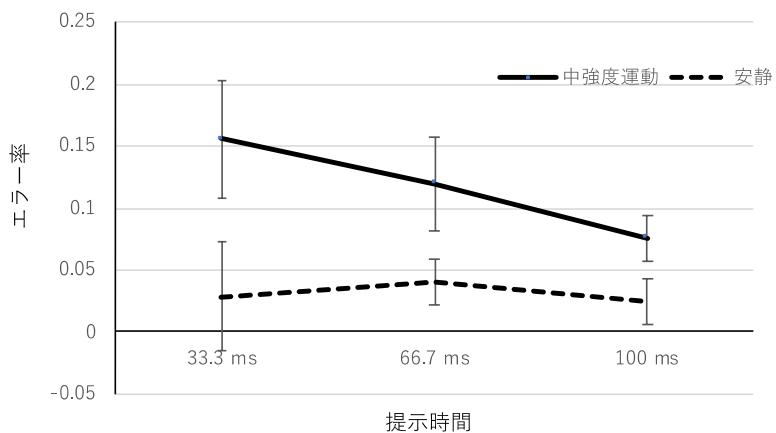


Figure 4. 周辺課題のエラー率における二重および単独課題の差(エラーバーは±1 SE)

4. 本実験：中強度運動による有効視野機能低下におけるスポーツドリンク摂取効果の検討

予備実験において適切であると確認した中強度運動に加え低強度運動も用いて、有効視野の機能低下におけるドリンク摂取効果を検討した。当初はエナジードリンクの効果を調べる予定であったが、倫理委員会にてエナジードリンク摂取の危険性を指摘され承認を得ることができなかった（次項で記載する倫理承認番号は、ペダリング運動時の認知情報処理について検討する研究計画に対するものである）。したがって、スポーツドリンク摂取の効果を検討することとした。

方法

倫理的配慮 予備は、立命館大学「人を対象とする研究倫理委員会」の許可を得て実施された（衣笠-人-2018-66）。

実験参加者 実験参加者は 21 歳から 23 歳の立命館大学人間科学研究科に所属する男性 12 名とした（平均年齢 23.2 歳、SD=0.8）。ただし、参加者のうち 1 名はコロナウイルス感染拡大防止のため 5 日目のデータ取得ができなかつたため、11 名のデータを分析した。実験参加者には実験前に課題内容について説明し、同意を得たうえで実験を行った。実験参加者はのべ 5 日間にわたって実験に参加し（合計約 5 時間）、報酬として 5,000 円分の図書カードを受け取った。

実験刺激および手続き 実験刺激および課題は予備実験で用いたものと同様であった。予備実験からの変更点について以下に詳細を記す。

運動強度の設定 実験 1 日目には、実験参加者のペダリング運動への習熟、および、各実験参加者固有の運動強度と心拍数を把握するために、1 分ごとに運動負荷を 10 ワットずつ高める多段階漸増負荷法を行わせた。ここでは、1 分ごとの主観的な運動強度

もボルグスケールで回答させた。予備実験と同じように本スケールにおいて「かなり楽である（9）」と感じる強度を低強度、また、「ややきつい（13）」と感じる強度を中強度とした。運動強度が適切に保たれていることは、主観的強度、心拍数に加えて、自転車負荷装置にかかる負荷においても確認した。

ドリンクの飲用および条件 2日から5日目においては、各参加者が安静、低強度運動、中強度運動の3つの状態で課題を行った。各日5分間のペダリング運動によるウォーミングアップ後、実験課題を行う前に、安静、低強度運動においては、参加者は水（コカコーラ、いろはす、200ml）を摂取した。同じタイミングで、中強度運動においては、水またはスポーツドリンク（大塚製薬、ポカリスエット、200ml）を摂取した。以上4つの条件は24時間以上の間隔をあけて行われた。水摂取あるいはスポーツドリンク摂取の効果は、中強度運動における異なるドリンク摂取時の有効視野課題成績を比較するものとした。以降は重要な結果である、水摂取安静、水摂取中強度運動、スポーツドリンク摂取中強度運動の3条件のデータについて報告する。

結果および考察

有効視野 予備実験と同様、二重周辺課題のエラー率から単独周辺課題のエラー率を減算した数値を算出した（Figure 5）。本エラー率について、運動/ドリンク（無、中強度/水、中強度/スポーツドリンク）× 提示時間（33.3 ms, 66.6 ms, 100 ms）の分散分析を行ったところ、提示時間の主効果($F(2,20) = 104.06, p < .0001$)が認められたが、運動/ドリンクの主効果($F(1,10) < 1.00, n.s.$)および交互作用($F(4,40) < 1.00, n.s.$)は認められなかった。したがって、いずれのドリンク摂取においても中強度運動による機能低下が認められなかった。予備実験データと比較すると、安静条件では全ての刺激提示時間においてエラー率が低かったが（平均 0.05 未満）、本実験の提示時間 33.3 ms にて 0.15 を越している。加えて、中強度運動条件においては水摂取、スポーツドリンク摂取に関わらず、安静条件よりもエラー率が高いという傾向はみられない。

そこで、予備実験では行わなかった解析、すなわち、周辺ターゲット刺激の偏心度効果の解析を行った。偏心度とは画面中央に提示される注視点および中心課題の刺激提示位置から周辺ターゲット刺激提示位置までの隔たりを示す。偏心度が大きいほど視野の周辺でターゲット刺激を視認していることを意味する。本実験で用いた Sekuler, Bennett & Mamelak (2000) の課題では基本的に偏心度の解析は行わないが、運動および摂取飲料の効果が特定の偏心度で生じている可能性もあるために行うこととし、二重周辺課題のエラー率から単独周辺課題のエラー率を減算した数値を偏心度毎に算出した（Figure 6）。

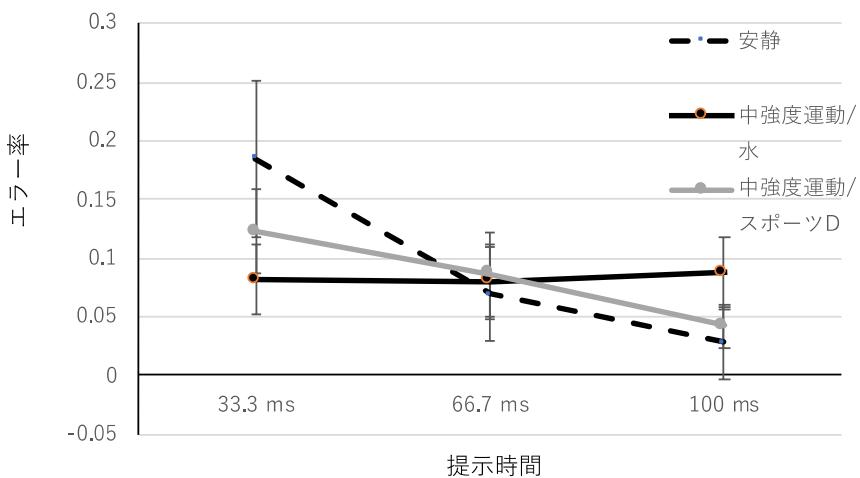


Figure 5. 周辺課題のエラー率における二重および単独課題の差(エラーバーは± 1 SE)

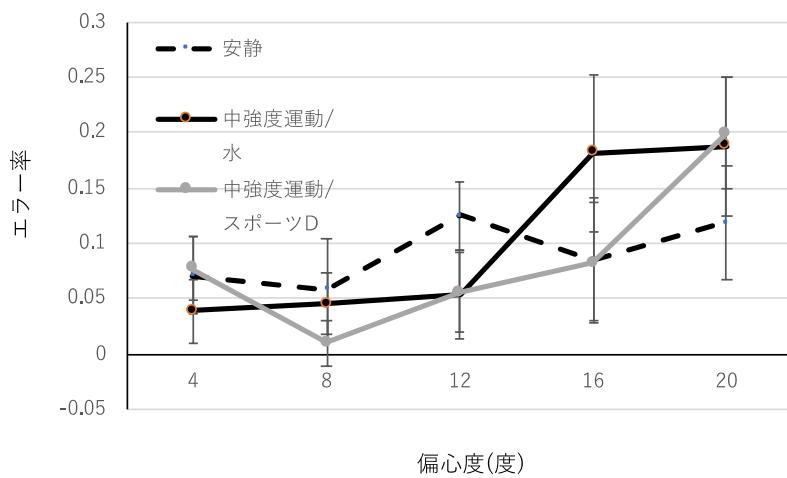


Figure 6. 周辺課題のエラー率における偏心度効果(エラーバーは± 1 SE)

偏心度毎のエラー率について、運動/ドリンク（無、中強度/水、中強度/スポーツドリンク）× 偏心度（4、8、12、16、20 度）の分散分析を行ったところ、偏心度の主効果 ($F(4, 40) = 6.89, p < .001$)が認められたが、運動/ドリンクの主効果($F(2, 20) < 1.00, n.s.$)および交互作用($F(8, 80) < 1.00, n.s.$)は認められなかった。偏心度効果について多重比較を行ったところ、偏心度 8 度および 12 度のエラー率は 20 度のエラー率よりも小さいことが示された ($p < .05$)。偏心度が大きくなるにつれて、すなわち、周辺ターゲット刺激が視野のより周辺に提示されるにつれてエラー率が大きくなることが確認されたが、運動/ドリンクの効果は認められなかった。

以上から、中強度運動による有効視野の機能低下が認められず、その機能低下の低

減に影響するスポーツドリンク摂取の効果についての検討自体が難しくなったといえる。ただし、スポーツドリンク摂取後および水ドリンク摂取後の有効視野成績には差がないということは指摘しておく。

有効視野課題成績に関するメタ認知 ドリンク飲用についての主観的な効果を検討するため、本実験では自身の有効視野課題成績に関するメタ認知を問うた。ここでは、各課題終了後に自身の成績について「非常によくできた（10）」～「全くできなかった（1）」の10段階で回答するものであった。全ての課題についてメタ認知の回答を求めたが、ここでは最も重要な課題である二重周辺課題成績に関するメタ認知得点を示す（Figure 7）。メタ認知得点について、運動/ドリンク（無、中強度/水、中強度/スポーツドリンク）の一要因分散分析を行ったところ、主効果($F(2,20) = 1.08, n.s.$)は認められなかった。したがって、自身の二重課題周辺成績に関するメタ認知は運動/ドリンク条件間で差は認めらなかった。

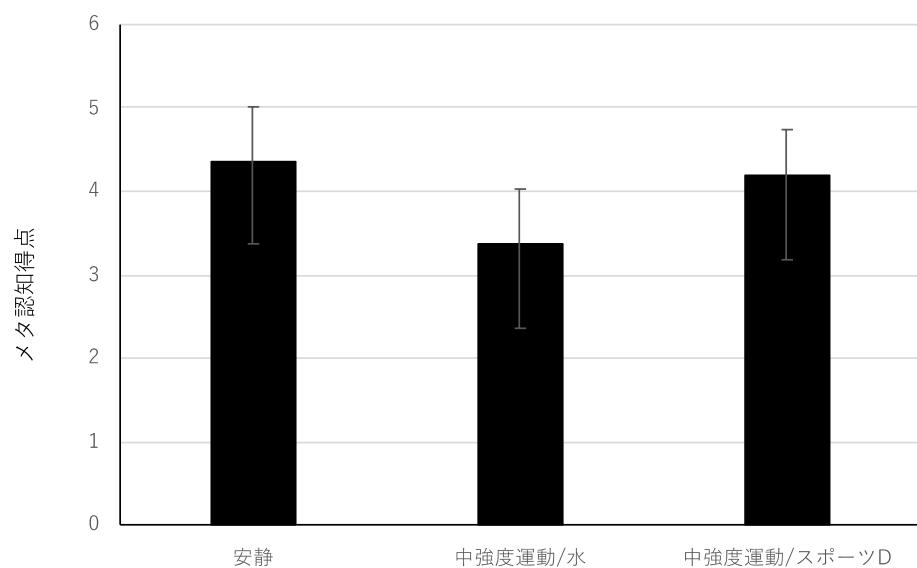


Figure 7. 二重周辺課題成績に関するメタ認知（エラーバーは ± 1 SE）

5. 総合考察

予備調査では本実験においてエナジードリンクを摂取することを想定し、自転車走行を日常的に行う実験参加者に対しエナジードリンクおよびスポーツドリンクの主観的な効用を調べた。自転車走行中に最もよく摂取するドリンクがエナジードリンク、あるいは、スポーツドリンクかで群分けし、横光他（2007）の主観的効果のうち、セルフ・エンパワメント、集中力の向上、コミュニケーションの促進において、エナジードリンク摂取者はスポーツドリンク摂取者よりも主観的な効果を強く得ていることが認

められた。本実験に進む段階でエナジードリンクを摂取する実験承認が倫理委員会で認められなかつたため、スポーツドリンク摂取の効果を検討することとした。予備調査においてはエナジードリンクとスポーツドリンクの比較を目的としており、水摂取群は導入していなかつた。水摂取群も設定した調査、あるいは、水と比較した、エナジードリンクおよびスポーツドリンク摂取の主観的効果を問う設問も設定すべきであつたかもしれない。

予備実験と本実験では同じ課題を用いたにも関わらず、有効視野における中強度運動効果が本実験で認められなかつた理由は明確ではない。両実験での違いとして、実験前の飲料摂取を挙げることができる。予備実験では、実験前の飲料摂取は行つていなかつた。対して、本実験では全条件において、水もしくはスポーツドリンクを摂取した。この違いが、両実験の結果を説明するものとは考えにくい。また、予備実験では大学学部生を実験参加者としたが、本実験では大学院生を実験参加者としていた。このため、2つの実験で実験参加者の平均年齢は1.1歳異なり、本実験の方で平均年齢が高くなっている。有効視野機能は加齢によって低下するが、加齢効果が顕著になるのは30歳代以降であり（Sekuler, Bennett & Mamelak, 2000）、20歳台前半で平均年齢が1歳異なるだけで、有効視野機能が大きく異なるとは考えにくい。また、中強度のペダリングという相応の負荷をかけているにも関わらず、運動による有効視野の機能低下が認められなかつた点は大きな疑問である。本実験はコロナウィルス感染症拡大が問題となりつつある時期に行われたため、追加の実験を行うことができなかつた。今後は運動負荷を強くして有効視野の機能低下を再現した上で、さらなる検討を行うことが必要と考える。

6. 結論

予備調査では、エナジードリンクの摂取が、スポーツドリンクの摂取と比較して、セルフ・エンパワメント、集中力の向上、コミュニケーションの促進について主観的な効果を強く得ていることが認められた。予備実験では、安静状態と比較して中強度のペダリング運動によって有効視野課題におけるエラーが増大し、有効視野の機能低下が生じることを確認した。本実験ではエナジードリンク摂取による有効視野機能低下の低減効果について検討することを予定していたが、エナジードリンク飲用について倫理委員会が許可しなかつたためスポーツドリンク摂取の効果を検討した。本実験では予備実験と異なり、中強度のペダリング運動による有効視野の機能低下が認められなかつた。したがつて、有効視野機能低下の低減に影響するスポーツドリンク摂取の効果についての検討自体が難しくなつた。ただし、スポーツドリンク摂取後および水ドリンク摂取後の有効視野成績には差がなかつたものの、今後さらなる検討が必要といえる。

7. 引用文献

- Anstey, K. & Low, L. Normal cognitive changes in aging. *Australian Family Physician*, 2004, 33(10), 783–787.
- Burke, M. L. Fueling strategies to optimize performance: Training high or training low? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2010, 20, 48-58. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01185.x>
- Collomp K, Ahmaidi S, Chatard JC, Audran M, Prefaut C. Benefits of caffeine ingestion on sprint performance in trained and untrained swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 1992, 64(4), 377–80.
- Coombes, J. S., & Hamilton, K. L. The effectiveness of commercially available sports drinks. *Sports Medicine*, 2000, 29(3), 181-209.
- Duchan, E., Patel, D. N., & Feucht, C. Energy drinks: A review of use and safety for athletes. *The Physician and Sports medicine*, 2015, 38(2), 171-179, DOI: 10.3810/psm.2010.06.1796
- Jeukendrup, E. A. Nutrition for endurance sports: Marathon, triathlon, and road cycling. *Journal of Sports Sciences*, 2011, 29, 91-99. doi: 10.1080/02640414.2011.610348.
- Juliano, L. M., Fucito, L. M., & Harrell, P. T. The influence of nicotine dose and nicotine dose expectancy on the cognitive and subjective effects of cigarette smoking. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 2011, 19(2), 105-115. <http://dx.doi.org/10.1037/a0022937>
- Kerksick, Chad M, Wilborn, Colin D, Roberts, Michael D, Smith-Ryan, Abbie, Kleiner, Susan M. et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*; London, 2018. DOI:10.1186/s12970-018-0242-y
- Oja, P., Titze, S., Bauman, A., de Geus, B., Krenn, P., Reger-Nash, B., & Kohlberger, T. Health benefits of cycling: A systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2011, 21, 496-509. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2011.01299.x
- Pucher, J., Dill, J., & Handy, S. Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: An international review. *Preventive Medicine*, 2010, 50, 106-125. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2009.07.028>
- Quinlivan, A., Irwin, C., Grant, C. D., Anoopkumar-Dukie, S., Skinner, T., Leveritt, M., & Desbrow, B. The effects of red bull energy drink compared with caffeine on cycling time-trial performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2015, 10(7), 897-901, DOI: 10.1123/ijsspp.2014-0481

Sharp, R. L. Role of sodium in fluid homeostasis with exercise. *Journal of the American College of Nutrition*, 2013, 25(3), 231-239. Doi: 10.1080/07315724.2006.10719572.

総務省 平成 27 年国勢調査 ライフステージでみる日本の人口・世帯. 2015.

http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2015/pdf/life_revised.pdf

Sekuler, A. B., Bennett, P. J., & Mamelak, M. Effect of aging on the useful field of view, *Experimental Aging Research*, 2000, 26, 103-120.

Souza, B. D., Coso, D. J., Casonatto, J., & Polito, D. M. Acute effects of caffeine-containing energy drinks on physical performance: A systematic review and meta-analysis. 2017.

Torre-Villalvazo, I., Aleman-Escondrillas, G., Valle-Rios, R., & Noriega, G. L. Protein intake and amino acid supplementation regulate exercise recovery and performance through the modulation of mTOR, AMPK, FGF21, and immunity. *Nutrition Research*, 2019, 1-17.
<https://doi.org/10.1016/j.nutres.2019.06.006>

Woolf K, Bidwell WK, Carlson AG. The effect of caffeine as an ergogenic aid in anaerobic exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 2008, 18(4), 412–29.

8. 英文アブストラクト

Does energy drink intake recover useful-field-of-view deterioration with bicycle pedaling?
Masayoshi NAGAI (College of Comprehensive Psychology, Ritsumeikan University /
Cognitive Psychology)

The purpose of this study was to investigate whether energy drink intake recover useful-field-of-view (UFOV) deterioration with bicycle pedaling. In pilot experiment we confirmed that relatively hard level of bicycle pedaling in RPE (rating of perceived exertion) scale was sufficient to produce UFOV deterioration. Since energy drink intake was not allowed in experiments with the ethics board, we used sports drink instead of energy drink in actual experiment. Participants performed UFOV tasks in resting state or relatively hard level of pedaling after intake of 200 ml water or sports drink. Although the task and procedures were the similar in the pilot experiment, results showed that UFOV was not different between in resting state and relatively hard pedaling. Thus, it was hard to examine the effect of sports drink intake on UFOV deterioration. It would be necessary to test the sports drink intake effect after defined appropriate RPE levels to cause UFOV deterioration.