

エナジードリンクによる長距離運転時の眠気緩和効果の評価

Evaluation of sleep-averting effect on long-distance driving by energy drink

北海学園大学工学部生命工学科 ○学生員 池前敬太 (Keita Ikemae)
 北海学園大学大学院工学研究科 学生員 佐々木翼 (Tsubasa Sasaki)
 一般社団法人北海道開発技術センター 正 員 大井元輝 (Genki Ooi)
 北海学園大学工学部生命工学科 正 員 鈴木聡士 (Soushi Suzuki)

1. 研究の背景と目的

2012 年に発生した関越自動車道高速バスによる居眠り運転事故など、長距離バスによる事故が多発¹⁾しており、その対策や効果的な改善策が求められている。

これらの状況を踏まえ、国土交通省自動車局では、貸し切りバス交代運転者の配置基準²⁾を発表し、連続運転時間や休憩時間等に関する基準を示している。寺田³⁾は、高速ツアーバス規制と貸し切りバスの長距離運転防止に関する考察を行っており、特に日欧の規制について比較し、乗務間の休息時間の違いについて指摘している。また、三浦ら⁴⁾はドライビングシミュレータを用いた 11 分 20 秒程度の走行シミュレーションを実施し、眠気を催す前に「警告表示+音」による警告を実施した場合、覚醒水準の低下を効果的に抑えることができることを実証している。さらに、村崎⁵⁾は高速道路での居眠り運転防止に向けた効果的な対策について調査しており、長距離運転の休憩時において、カフェイン摂取後に 20 分の仮眠を取ることが、眠気解消において効果的であることを定量的に実証している。

ここで、常盤薬品の研究グループ⁶⁾は、健康成人男性を対象とした試験において、アルギニンがカフェインの覚醒効果を増強することを明らかにしている。これは、近年注目されつつある、いわゆるエナジードリンク(モンスターエナジーやレッドブルなど)に含有されている成分であり、60 分間の作業を行った場合の覚醒状態について、カフェインのみの配合飲料と比較し、その覚醒増強効果を実証している。

しかし、これらの既存研究においては、上述の国土交通省が基準を示しているような、長距離運転時における眠気緩和効果、特にカフェイン・アルギニン配合飲料(以降、エナジードリンクという)の覚醒効果を実証した研究は見当たらない。

そこで本研究では、長距離運転時におけるエナジードリンクの覚醒効果を検証し、長距離運転時の安全性向上方策について提案することを目的とする。

2. 走行実験概要と分析フロー

本研究の分析フローを図-1 に示す。

図-1 のとおり、本研究ではまず、安全性を確保する必要があることから、実走行ではなくドライビングシミュレーションによる長距離走行実験を実施する。その際、国土交通省自動車局が示した基準を参考にして、2 時間の連続運転時間の後、休憩時間を 30 分とり、さらに 2 時間の連続運転を実施する。この 30 分の休憩にお

いて、飲用物は水のみと限定して休憩を行う状況(以降、「なし」という)と、エナジードリンクを摂取する状況(以降、「飲用時」という)の 2 パターンの走行実験を行い、覚醒度の比較を行う。この走行パターンを図化すれば、図-2 のようになる。

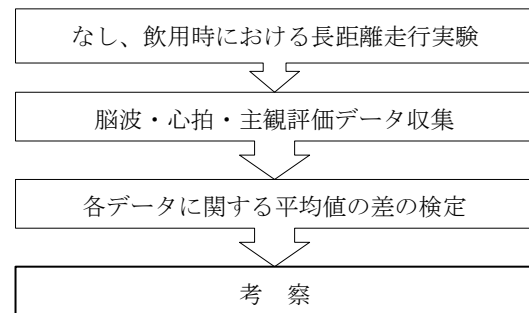


図-1 分析フロー

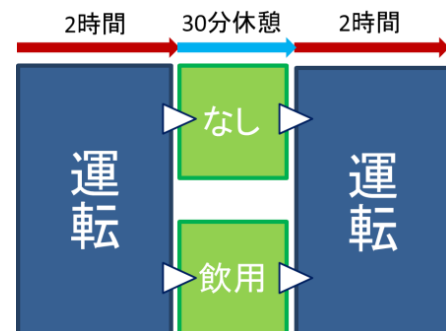


図-2 走行パターン

ここで、エナジードリンクについては、コンビニやパーキングエリア等で容易に入手可能な「モンスターエナジー(355ml)」を用いた。その成分を表-1 に示す。

表-1 エナジードリンク成分一覧(100ml あたり)

エネルギー	50kcal	ビタミン B6	0.8mg
たんぱく質	0g	ビタミン B12	1-6 μg
脂質	0g	L-アルギニン	125mg
炭水化物	13g	D-リボース	125mg
ナトリウム	78mg	高麗人参	82mg
ビタミン B2	0.7mg	L-カルニチン	29mg
ナイアシン	8.5mg	カフェイン	40mg

走行環境としては、PlayStation3 の GRAN TURISMO 6 を活用し、同ソフトに収録されており、かつ夜間の高速道路走行環境を再現した「クラブマンステージルート 5」を使用した。本調査の被験者は、20 歳代の男性 3 名、女性 3 名の計 6 名であった。

さらに、走行時においては、眠気緩和効果を定量的に比較・評価するため、脳波・心拍・主観評価の3種類の生態データ計測・調査を実施した。これらのデータについて、なし-飲用時における被験者毎の対応ある平均値の差の検定により、有意性について検証し、エナジードリンクの効果について定量的に分析・考察を行う。

3. 脳波による眠気緩和効果の検証

3.1 脳波計測と分析の概要

本研究では、MUSE BRAIN SYSTEM(株式会社デジタルメディック)を用いて脳波を計測した。

測定された脳波は図-3 に示すように、波が細かく振幅の大きいものが α 波、波が細かく振幅の小さいものが β 波、波の間隔が大きいものが θ 波としてPCに収集される。

ここで、脳波は周波数(Hz)で分類され、一般的に θ 波帯域(4-8Hz)、 α 1波帯域(8-10Hz)、 α 2波帯域(10-12Hz)、 α 3波帯域(12-13Hz)、 β 波帯域(20Hz-(本研究では、てんかん脳波を避けるため、20Hz以下は対象外として比較))に分類⁷⁾される。

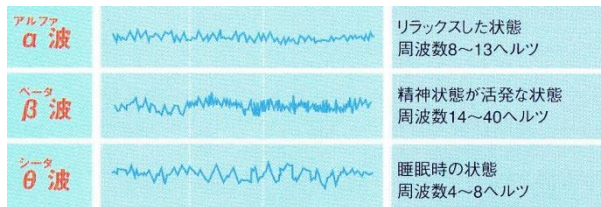


図-3 脳波データ⁷⁾

脳波データは1秒ごとに収集され、測定データを高速フーリエ変換(Fast Fourier Transform: FFT)することで、 α 波(リラックス状態)・ β 波(興奮・覚醒・ストレス状態)・ θ 波(まどろみ・うとうと・ぼんやり状態)を数値化して評価することが可能となる。この際、数値化の方法としては、それぞれの波の出現率(全出現数に対する各波の出現数の割合)を算出し、比較する。

その際、0~30分の区間の平均値を30分、30~60分の区間の平均値を60分、60~90分の区間の平均値を90分、90~120分の区間の平均値を120分として示し、比較を行う。

この際、「なし」の120分(270分)のデータは、データ不良の2名を除き、4名の比較結果である。また、「飲用時」の30分(180分)、60分(240分)のデータは、データ不良の1名を除き、5名の比較結果である。

なお、リラックスの度合いを示す α 波出現率に関しては、本調査結果においては、「なし」と「飲用時」で有意な差は認められなかった。

3.2 θ 波出現率に関する平均値の差の検定

「なし」と「飲用時」における30分(180分)~120分(270分)の θ 波出現率(まどろみ、うとうと、ぼんやり状態)に関する対応ある平均値の差の検定結果を表-2に示す。また、 θ 波の30分毎の出現率を図-3に示す。

表-2より以下のことが考察される。

- ①30分と60分では、 p 値 <0.05 から5%有意であることが分かった。

- ②90分では、 p 値 <0.10 から10%有意であることが分かった。

- ③これらのことから、運転開始から60分までは、エナジードリンクの飲用が θ 波出現率に有意な差をもたらすことが明らかになった。また、強い有意性ではないものの、90分まではエナジードリンクの飲用が θ 波出現率に差をもたらす可能性が示唆された。

- ④ここで、図-3の90分(240分)~120分(270分)における、なし- θ の変化に着目すると、大幅に θ 波が減少していることが分かる。論理的に考えれば、時間経過に伴って眠気が増加し、 θ 波が増加することが推察される。このような結果となった理由として、ある特定の被験者がこの時間帯に居眠り運転状態となり、大きな衝突を2回発生させていた。この事象が覚醒状態を高くさせ、 θ 波を大幅に増加させた主要因となった可能性が推察される。仮にこの事象が発生していなければ、 θ 波の出現率が経時的に上昇し続けて、かつ120分においても、「なし」と「飲用時」において、有意な差を得ていた可能性が強く示唆される。

表-2 θ 波出現率と平均値の差の検定

時間	なし- θ	飲用時- θ	p 値	有意
30分(180分)	37.2%	33.0%	0.038	**
60分(210分)	37.2%	33.2%	0.023	**
90分(240分)	37.8%	34.0%	0.059	*
120分(270分)	35.9%	34.5%	0.258	

(1%有意: ***, 5%有意: **, 10%有意: *)

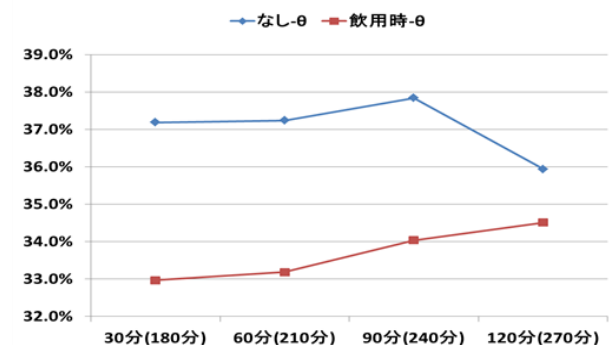


図-3 30分毎の平均 θ 波出現率

3.3 β 波出現率に関する平均値の差の検定

「なし」と「飲用時」における30分(180分)~120分(270分)の β 波出現率に関する対応ある平均値の差の検定結果を表-3に示す。また、 β 波の30分毎の出現率を図-4に示す。

表-3より以下のことが考察される。

- ①30分から90分では、 p 値 <0.05 から5%有意であることが分かった。
- ②このことから、90分まではエナジードリンクの飲用が β 波出現率に有意な差をもたらすことが明らかになった。
- ③ここで、図-4の90分(240分)から120分(270分)のなし- β グラフに着目すると、この時間に大幅に β 波出現率が上昇していることが分かる。論理的に考え

れば、時間経過に伴って眠気が増加し、 β 波が減少することが推察される。このような結果となった理由として、3.2の考察④と同様に、ある特定の被験者がこの時間帯に居眠り運転状態となり、大きな衝突を2回発生させていたことが原因であると推察される。仮にこの事象が発生していなければ、 β 波の出現率が経時的に減少し続けて、120分においても、「なし」と「飲用時」において、有意な差を得ていた可能性が強く示唆される。

- ④以上より、「飲用時」の方が「なし」よりも、 θ 波出現率が有意に低く、かつ β 波出現率が有意に高いということがわかった。すなわち、脳波の観点からは、「飲用時」の方が、有意に眠気を緩和し、覚醒度が増加しながら運転できていることが明らかとなった。

表-3 β 波出現率と平均値の差の検定

時間	なし- β	飲用時- β	p 値	有意
30分(180分)	21.9%	25.2%	0.038	**
60分(210分)	22.2%	25.5%	0.033	**
90分(240分)	21.1%	24.9%	0.023	**
120分(270分)	22.7%	24.3%	0.270	
(1%有意: ***, 5%有意: **, 10%有意: *)				

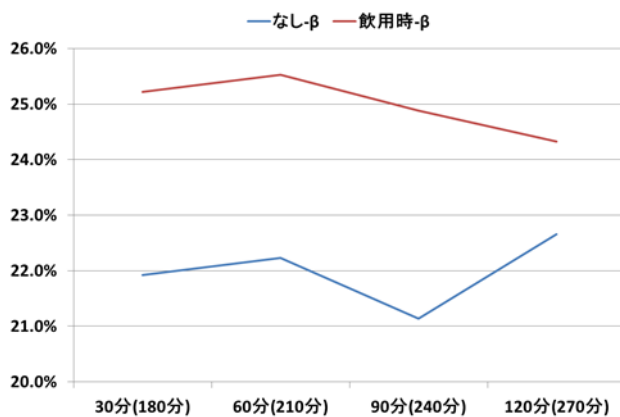


図-4 30分毎の平均 β 波出現率

4. 心拍による効果検証

本研究では、Polar 製 V800 を用いて実験時の心拍を測定した。その測定結果を分析すれば、心拍間隔である R-R 間隔が定量化される。すなわち、R-R 間隔が短ければ一般的に興奮・覚醒の状態を示し、R-R 間隔が長ければリラックス・眠気を感じる状態を示していると考えられる。

「なし」と「飲用時」における 30 分 (180 分) ~ 120 分 (270 分) の R-R 間隔に関する対応ある平均値の差の検定結果を表-4 に示す。また R-R 間隔の 30 分毎の数値を比較した結果を図-5 に示す。なお、データは全被験者 6 名の数値の平均値であり、データ不良のケースは見受けられなかった。

表-4 より、30 分では p 値 < 0.10 から 10% 有意であることが分かった。このことから、強い有意性ではないものの、30 分までは飲用時の方が R-R 間隔に差をもたらす可能性が示唆された。また、有意性は認められないも

の、表-4 ならびに図-5 から、60 分 (210 分) の時点においても、飲用時の方が R-R 間隔が短いことが分かる。

以上より、心拍の観点からは、エナジードリンクを飲用した方が、何も飲用しない場合よりも、60 分 (210 分) までは R-R 間隔が短くなり、より覚醒度が高い状態で運転できていることが示唆された。

ここで図-5 の 60 分 (210 分) から 90 分 (240 分) の飲用時グラフに着目する。この時間帯に、R-R 間隔が大幅に増加している。これについては、はっきりとした原因は不明であるものの、90 分になるとエナジードリンクの何かしらの成分の効果の反動で、R-R 間隔が大きくなっている可能性が示唆される。これについては今後の研究課題である。

表-4 R-R 間隔の結果と平均値の差の検定

時間	なし	飲用時	P 値	有意
30分(180分)	0.867	0.793	0.097	*
60分(210分)	0.839	0.788	0.140	
90分(240分)	0.833	0.852	0.303	
120分(270分)	0.831	0.807	0.232	
(1%有意: ***, 5%有意: **, 10%有意: *)				

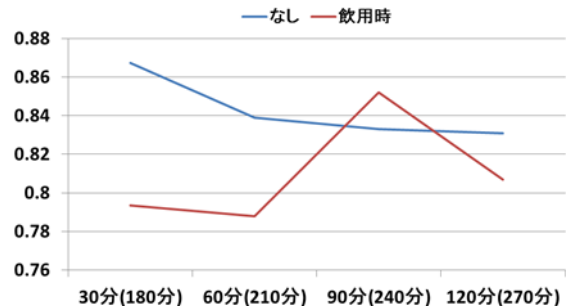


図-5 R-R 間隔の結果

5. 主観評価による効果検証

本研究では、眠気尺度 KSS⁴⁹⁾に準拠して、表-5 に示す評価項目を設定し、「思考」と「眠気」に関する主観評価を実施した。これらの分析結果から、時系列的な思考力ならびに眠気の定量的な比較が可能となる。

ここで、「思考」とは、表-5 の項目(1)~(3)の主観評価の合計値であり、思考力の度合いを表す指標である。

また、「眠気」とは、表-5 の項目(4)~(8)の主観評価の合計値であり、眠気の度合いを表す指標である。

表-5 眠気尺度 KSS による主観評価項目

	全く思わない	← 普通	→ 非常にそう思う
(1) 頭がさえていない	1	2 3	4 5
(2) 思考が鈍っている	1	2 3	4 5
(3) 頭がぼんやりする	1	2 3	4 5
(4) 目がショボショボする	1	2 3	4 5
(5) まぶたが重い	1	2 3	4 5
(6) 眠気と眠っている	1	2 3	4 5
(7) 知らず知らずのうちにまぶたがくっつく	1	2 3	4 5
(8) 眠くて倒れそうである	1	2 3	4 5

これらの項目について、5 段階の尺度による評価を 30 分毎に調査した。なお、これらの数値が高いほど、思考

力が低下している度合、ならびに眠気を感じている度合いが高いことを示している。

思考に関する平均値の差の検定結果を表-6 に示す。また、これらの 30 分毎のスコアを図化したものを図-6 に示す。

表-6 思考に関する主観評価の平均値の差の検定

時間	なし スコア	飲用時 スコア	p 値	有意
30 分(180 分)	42	29	0.168	
60 分(210 分)	56	43	0.097	*
90 分(240 分)	65	41	0.041	**
120 分(270 分)	64	44	0.069	*
(1%有意: ***, 5%有意: **, 10%有意: *)				

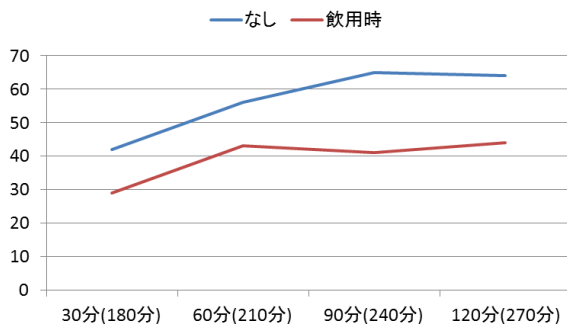


図-6 思考に関する主観評価

表-6、図-6 より以下のことが考察される。

- ①90 分時では、p 値<0.05 から 5%有意であることが分かった。
- ②60 分時ならびに 120 分時では、p 値<0.10 から 10%有意であることが分かった。
- ③これらより、90 分時を中心に前後 30 分において、思考に関する有意な差が認められることが示唆された。また、図-6 に示すように、とくに時間が経過するにつれて、なしと飲用時のスコアに開きが生じている傾向が見受けられることから、主観評価における「思考」については、特に長距離運転後半時において効果が認められることが示唆された。

次に、眠気に関する平均値の差の検定結果を表-7 に示す。また、これらの 30 分毎のスコアを図化したものを図-7 に示す。

表-7、図-7 より以下のことが考察される。

- ①90 分時では、p 値<0.05 から 5%有意であることが分かった。
- ②120 分時では、p 値<0.10 から 10%有意であることが分かった。
- ③これらより、90 分以降において、眠気に関する有意な差が認められることが示唆された。また、図-7 に示すように、とくに時間が経過するにつれて、なしと飲用時のスコアに開きが生じている傾向が見受けられることから、主観評価における「眠気」においても、「思考」と同様に、特に長距離運転後半時において眠気緩和の効果が認められることが明らかとなった。

6. 結論

本研究の分析結果から、長距離運転時におけるエナジードリンクの飲用による眠気緩和の効果が定量的に実証された。特に、脳波分析では運転開始後 90 分まで、心拍分析では運転開始後 30 分まで、主観評価では運転開始 60 分以降で有意な差があることが明らかとなった。

このように、長距離運転時においては、カフェインの覚醒効果を増強させるアルギニン含有飲料の服用が、効果的に眠気を緩和させることにつながるということがわかった。

表-7 眠気に関する主観評価の平均値の差の検定

時間	なし スコア	飲用時 スコア	p 値	有意
30 分(180 分)	61	44	0.190	
60 分(210 分)	78	60	0.120	
90 分(240 分)	99	62	0.027	**
120 分(270 分)	96	61	0.076	*
(1%有意: ***, 5%有意: **, 10%有意: *)				

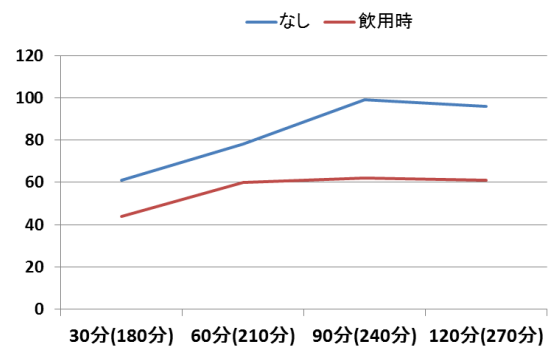


図-7 眠気に関する主観評価の結果

参考文献

- 1) 東洋経済 ONLINE Web: <http://toyokeizai.net/articles/-/102544>
- 2) 国土交通省自動車局：交替運転者の配置基準（解説）、2013.6
- 3) 寺田一薫：高速ツアーバス規制と貸し切りバスの長時間運転防止、国際交通安全学会誌、Vol.38, No.1、2013.5
- 4) 三浦崇嗣、屋井鉄雄、増田智志、鈴木美緒：覚醒水準評価による運転中の居眠り防止の研究、土木計画学研究・講演集、Vol. 38、2008
- 5) 村崎慎一：高速道路での居眠り運転防止に向けた効果的な対策に関する調査研究(最終報告)、公益財団法人高速道路調査会 Web: <https://www.express-highway.or.jp/jigyo/info/gijyutsu/2015/gijyutsu201502.pdf>
- 6) 常盤薬品 Web: <http://noevirgroup.jp/cojip/t/t1240/>
- 7) 福永篤志監修：よくわかる脳のしくみ、ナツメ社、2009
- 8) Ishihara,K., Saito,T.and Miyata,Y. : Sleepiness Scale and an Experimental Approach, Jpn. J. Psychol., 52, pp.362-365, 1982