

覚醒水準評価による運転中の居眠り防止の研究

屋井研究室 04_23640 三浦 崇嗣

1. 背景・目的

近年、都市の高密度化に伴い、用地確保の問題等から高速道路を地下に建設することが多い。このような都市型地下道路では交通量や分合流が多いことによる様々な危険性やトンネル内特有の低視認性、視覚刺激の単調性等から来る短時間でのドライバーの覚醒水準低下等様々な問題が危惧されている。この中でも覚醒水準の低下は、危険事象発見の遅れ、判断能力の鈍り等に繋がり、事故の危険性を高くする。都市内地下道路における短時間での覚醒水準低下を防止する意義は大変大きく、これまで様々な検討が行われてきた¹⁾。

以上の背景から、本研究ではドライビングシミュレータ“MOVIC-T4”(以下 DS と略す)を活用し走行実験を行うことで、眠気を催す以前に覚醒水準の低下を検知しドライバーに警告することによる効果の検証を目的に研究を行う。覚醒水準低下防止方法には皮膚電位活動(Skin Potential Activity, 以下 SPA と略す)の測定を用いたバイオフィードバック(以下 BF と略す)で行う。

2. 皮膚電位活動とは

SPA とは皮膚電位水準(Skin Potential Level, SPL)と皮膚電位反応(Skin Potential Response, SPR)の総称で、精神性発汗の多い手掌などに装着して、覚醒水準を測定できる。覚醒水準が高いときは、基準部位(前腕部)に対して - 50mV, - 60mV といった値を示し、普通の覚醒水準で - 30mV 前後、覚醒水準の非常に低下した睡眠中には - 10mV, - 5mV と 0 に近い値となる。

3. 運転に危険な覚醒水準の定義

SPA により被験者の覚醒状態は評価できるが、本人が実際に眠気を催しているかという主観的情報は評価できないが、眠気を催してから警告を行ってもあまり

表1 眠気尺度 KSS(Kwansei Gakuin Sleepiness Scale)

| 段階 | 内容 | 段階 | 内容 |
|------|--------------------|------|-----------------------|
| (1) | 活力がみなぎっている | (12) | 気が散り易い |
| (2) | 気が充実している | (13) | 何となく眠気を感じるが活動していると忘れる |
| (3) | 能率がよい | (14) | 頭がさえていない |
| (4) | 足どりが軽い | (15) | 思考がにぶっている |
| (5) | 視野が広いように感じる。 | (16) | 頭がぼんやりしている |
| (6) | 考えることが苦にならない | (17) | 目がしょぼしょぼする |
| (7) | やや機敏である | (18) | まぶたが重い |
| (8) | 身体がだるくない | (19) | 布団が恋しい |
| (9) | ゆったりとくつろいでいる | (20) | 眠けと戦っている |
| (10) | だるくもないし、すっきりもしていない | (21) | 知らず知らずのうちにまぶたがくっつく |
| (11) | 気がゆるんでいるわけではない | (22) | 眠くて倒れそうである |

表2 警告閾値

| 警告段階 | 警告閾値 SPA | 警告表示 | 警告音 |
|-------|---------------------------------|------|-----|
| 警告段階0 | $A + (A - B) \times 0.5$ 以上 | なし | なし |
| 警告段階1 | $A + (A - B) \times 0.5 \sim A$ | 緑色 | 頻度少 |
| 警告段階2 | $A \sim A - (A - B) \times 0.2$ | 黄色 | 頻度中 |
| 警告段階3 | $A - (A - B) \times 0.2$ 以下 | 赤色 | 頻度多 |

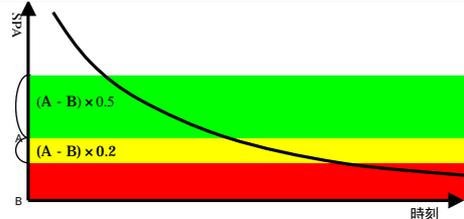


図1 閾値の領域(イメージ)

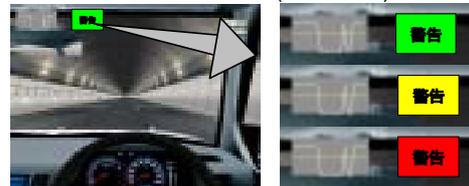


図2 警告表示(上から段階1, 段階2, 段階3)

効果がない¹⁾ため、眠気を催す前にドライバーの覚醒水準の低下を観測し警告を行う必要がある。そこで、眠気尺度 KSS²⁾を参考にし、被験者の運転にとって危険な眠気を 2 段階に分けて評価し、警告閾値に用いる。表 1 の(13)~(16)の項目は思考能力が低下し、危険発生時の反応時間の遅れに繋がる眠気であるといえる。また、(17)~(22)の項目については反応時間の遅れはおろか、運転において重要な視覚情報の取得に支障を来し始め、大変危険な眠気といえる。この 2 種類の眠気について、被験者には前者を「あくびをした感じがする」、後者を「あくびが止まらない」という言葉で説明し、眠気の意味表示は音を消したウィンカーを以って行う。

4. 警告閾値の選定

警告閾値とは、警告段階境界の SPA の値である。警告閾値は実験前に仮眠により測定できる SPA 最小値: A と、運転中の眠気を催す SPA : B を被験者毎に測定し、警告段階に応じ表 2 の計算で、警告閾値を決定する。

5. 実験内容

DS を用いて、トンネル内走行をシミュレーションし、BF でトンネル走行中の覚醒水準低下防止の効果を図る。

BF では警告音、警告表示 + 警告音の警告の 2 種類を行い、警告なしの場合と比較する。また、警告閾値は、

キーワード 都市内地下道路, 覚醒水準, 皮膚電位活動(SPA), バイオフィードバック

予め指標となる SPA を 2 種類測定しておき、警告は眠気を催す前、催す時点、催す後の 3 段階にて行う。

被験者数は学生 22 人とし、地下道路内を時速 80km/h で走行する大型車を追従走行させる。眠気を妨げるような刺激はない。走行パターンは、まず、警告なしで走行した後、警告音あり、警告表示 + 警告音ありの 2 種類の走行を被験者により順番を入れ替えて行った。

6. 結果と考察

各被験者から、図 3 のような SPA のデータを得られた。これらについて分析と考察を行った。

(1) スタート時警告発生サンプルの SPA 平均

走行実験開始時から警告が発せられる SPA だったサンプルについての、走行時間中の SPA の平均は表 3 のようになった。これは始めから覚醒水準が高くなかった被験者の覚醒水準の平均である。

これより統計的な有意差ではないが、眠気を催す前後からでも警告を行うことで、警告がない場合よりも覚醒水準を高め維持できる可能性がわかる。

(2) 警告閾値到達時間差

警告閾値到達時間差は、SPA が警告段階が変化するまで低下するのに要する時間で、警告種類の違いによる覚醒水準の低下速度の変化に関する影響を評価することができる。表 4 にその値と表 5 にその警告種別の t 検定を行った結果を示す。これより、警告表示 + 警告音の警告段階 1 警告段階 2 において、有意水準が 5% 以下となり、有意な差が見られる。したがって、眠気を催す前に警告表示 + 警告音の警告を行うことで覚醒水準の低下速度を高い確率で遅くすることができることが明らかとなった。

また、警告段階 2 から警告段階 3 まで覚醒水準が低下するのに要する時間について着目すると、警告なし

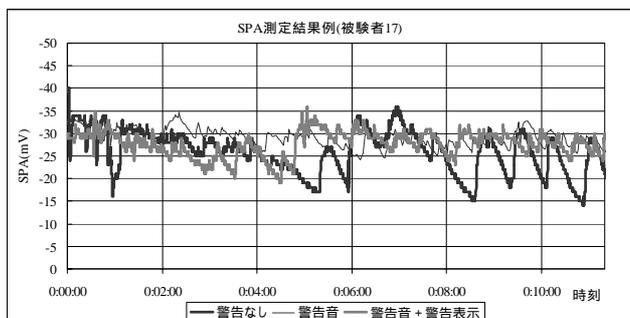


図 3 BF による覚醒水準低下防止効果に関する実験結果

表 3 走行開始時から警告領域だった標本の SPA 平均

| 警告種類 | 警告なし | 警告音 | 警告表示 + 警告音 |
|--------|-------|-------|------------|
| SPA 平均 | 0.445 | 0.466 | 0.469 |

表 4 警告段階到達時間差

| 警告種類 | 警告段階 1 | 警告段階 2 に要する時間 |
|------------|--------|---------------|
| 警告なし | | 0:01:29 |
| 警告音 | | 0:02:05 |
| 警告表示 + 警告音 | | 0:04:36 |

表 5 警告段階到達時間差の警告種類間の t 検定

| t 検定に行った項目 | 警告段階 1 警告段階 2 に要する時間 |
|-----------------|----------------------|
| 警告なし 警告音 | 0.44 |
| 警告なし 警告表示 + 警告音 | 0.044 |

表 6 警告段階到達後の SPA 平均と警告閾値の差

| 警告種類 | 警告段階 1 | 警告段階 2 | 警告段階 3 |
|------------|--------|--------|--------|
| 警告なし | -0.088 | -0.007 | 0.057 |
| 警告音 | -0.086 | -0.013 | 0.035 |
| 警告表示 + 警告音 | -0.009 | 0.021 | 0.082 |

表 7 警告段階到達後の SPA 平均と警告閾値の差の警告種別 t 検定

| 警告種類 | 警告段階 1 |
|-----------------|--------|
| 警告なしと警告音 | 0.97 |
| 警告なしと警告表示 + 警告音 | 0.073 |

の方が警告音、警告表示 + 警告音より時間を要していることより、眠気を催してから警告を行ってもすでに遅く、手遅れであることがわかり、眠気を催す前に警告を出すことの重要性が伺える。

(3) 警告閾値到達後の SPA 平均値と警告閾値の差

第一回目の警告到達時刻後の SPA の平均値の全被験者平均と警告閾値の差と、その警告種別の t 検定の結果を表 6、表 7 に示す。これは警告発生後、SPA が上昇するかどうかを示す値である。これより、警告段階 1 において、警告なしと警告表示 + 警告音の間には、有意水準 10% の検定で有意な差があり、眠気を催す前に警告表示 + 警告音の警告を行うことで、覚醒水準の低下を抑えられる可能性が大きいことがわかった。

7. まとめ

本研究より以下の内容が得られた。眠気を催す前に警告を行うことで、覚醒水準の低下を抑え、ほぼ維持させることができる。眠気を催した後も警告を行うことで、覚醒水準の上昇を促進させることができる。警告の種類としては、警告表示 + 警告音といった複数の警告を組み合わせ、また、その質や量に変化する警告にすると、効果が出易い。警告の種類として、単調で持続的な刺激による警告は、刺激に対する慣れの発生の可能性を持っており、危険な場合がある。

参考文献

- 1) 西村千秋: ドライバーの覚醒水準と安全, IAISSReview, Vol. 19, No. 4, pp. 227-235, 1993.
- 2) 増田ら: 地下道路における覚醒水準と運転挙動, 第 36 回土木計画学発表会講演集, 2007.
- 3) Ishihara, K., Saito, T. Miyata, Y.: Sleepiness scale and an experimental approach. Jpn. J. Psychol., 52: 362-365, 1982.