

2013年4月26日

<研究課題> 夜勤後の運転状況における、エラーへの気づきと、その後の修正動作に与える眠気の影響

代表研究者 東京医科大学睡眠学講座 助教 浅岡章一
共同研究者 東京医科大学睡眠学講座 教授 井上雄一
東京医科大学睡眠学講座 准教授 駒田陽子
東京医科大学睡眠学講座・日本学術振興会特別研究員 有竹清夏

【まとめ】

タイミングを合わせる認知機能がどのように眠気に障害されるかを検討した。実験の結果、目標停止位置から大きく外れる回数や停止動作を行わない回数は眠気の強い条件で増加した。事象関連電位の結果は、眠気が強くなると小さなタイミングのズレに対する注意が減少する事を示していた。また、眠気が強いと、移動スピードが遅い際には必要以上に早く停止し、スピードが早い際には停止位置をオーバーしがちになる事が明らかとなった。

1. 研究の目的

1-1. 交代制勤務従事者における事故

交替制勤務従事者では、通勤途中における眠気と関連した交通事故リスクの高いことが知られている (Gold et al., 1992; Scott et al., 2007)。眠気の強い状況では、追突事故の多いことも明らかとなっている (Abe et al., 2010)。居眠りによるブレーキ操作の消失や反応時間の遅延が、その原因であると考えられる事が多いが、眠気によるタイミング処理機能の低下も追突事故発生の一因となっている可能性がある。

また、交通事故の予防のためには、エラーそのものを減らすとともに、エラーをした際にすぐに気づき評価し、必要な修正動作を行うことも要求される。しかし、そのエラーに対する評価の過程は非常に眠気に脆弱であると指摘されている (Asaoka et al., 2012; Asaoka et al., 2010; Murphy et al., 2006)。本研究では、ブレーキ操作

を模した2つのタイミングに関する認知課題を用いて、夜勤中および夜勤後の時間帯における眠気の増加が、タイミングに関わる認知機能と課題中の自らのエラーに対する認識に与える影響について検討した。

2. 研究方法と経過

2-1. 実験参加者と手続き

睡眠障害の訴えない男性若年成人13名(平均年齢20.2歳)が昼間条件と夜間条件の両方に参加した。実験参加者には、いずれの条件でも実験参加日の4日前からPM 11:00~AM 7:00まで自宅で睡眠をとるように指示し、仮眠を禁止した。昼間条件では、AM 10:00 (Session 1) および PM 0:00 (正午; Session 2) から、各1時間半程度、実験室内での認知課題を実施した。夜間条件では、自宅でPM 11:00~AM 7:00の睡眠をとった後、睡眠をとらずに深夜 (AM 2:00; Session 1) および明け方 (AM 4:00; Session 2) に認知課題を実験室内で実施した。なお、両条件間には5日以上の間隔を設け、各条件の実施順序に関しては、実験参加者間でカウンターバランスをとった。

2-2. 認知課題

いずれの条件でも各Sessionにおいて、以下の2つの認知課題をタイミング課題、予備ブレーキ課題の順序で実施した。

タイミング課題 課題が開始するとパソコンのディスプレイ上に、二本の黒線と水色の長方形一つが提示された。水色の長方形は左の黒線上か

ら、右の黒線方向へと水平に移動する (図1). 実験参加者には、手元のマウスを一度クリックして移動する長方形を右の黒線内に停止させるように指示した. 長方形の移動スピードを速・中間・遅の3種類設け、それぞれを15%, 70%, 15%の割合として、1 Sessionあたり計400試行実施した. 課題中には頭皮上23箇所からの脳波を左耳朶に装着した電極を基準電極に用いて記録した.

予備ブレーキ課題 予備ブレーキ課題でも、タイミング課題と同様に2本の黒線と水色の長方形がディスプレイ上に提示され、実験参加者には、左の黒線上から、右の黒線方向へと水平に移動する水色の長方形を右の黒線内に停止させることが求められた. この課題では、一度目のマウスクリックでスピードを半減させた後、再びクリックをすることで長方形の移動が停止するようにした. 長方形の移動スピードは、速・遅の2種類とし、提示頻度は同等とした. Session 毎に400試行を実施した.

2-3. 解析

タイミング課題 提示回数の多い中間スピードの試行のみを解析対象とした. クリックによって停止した長方形が右側の黒線内にあった場合を正解、黒線から一部のみはみ出した場合を小エラー、完全に黒線から外れた場合を大エラーとした. さらに、指定された位置よりも早く停止したか遅れて停止したかによってもエラーを分類し、最終的に、正解、小エラー (早), 小エラー (遅), 大エラー (早), 大エラー (遅), 無反応の割合を各 Session・条件別に集計した. そして条件 (昼間/夜間)×Session (1/2) の2要因分散分析を用いてそれぞれの割合について検定を行った. 課題中

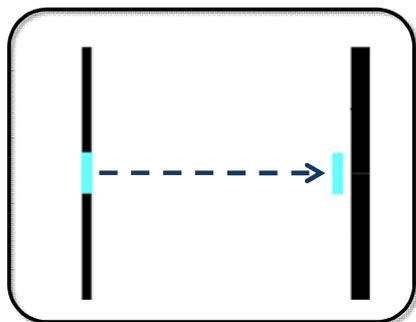


図1 課題の模式

の脳波に関しては、小エラーおよび大エラーの試行それぞれで、クリック (長方形停止) 時に合わせて脳波を加算平均した. なお実験参加者1名のデータに関しては、脳波データが安定して記録できなかったため解析対象から除外した.

予備ブレーキ課題 移動スピード (速・遅) 別に、長方形が停止した位置 (早・正解・遅) の割合を算出した. その後、条件 (昼間/夜間) × Session (1/2) × スピード (速/遅) × 停止位置 (早/正解/遅) の4要因分散分析を用いて検定を行った. その後、エラー試行のみについて条件 (昼間/夜間) × Session (1/2) × スピード (速/遅) × 停止位置 (早/遅) の4要因分散分析を用いて検定を行った. また、一回目のクリックのタイミングについても条件 (昼間/夜間) × Session (1/2) × スピード (速/遅) の3要因の分散分析を行った.

3. 研究の成果

3-1. タイミング課題の結果

図2に各 Session および条件における課題成績を示した. 検定の結果、正解、小エラー (遅), 無反応の割合に関しては、Session と条件の交互作用が有意となったため、単純主効果の検定を行った. その結果、昼間条件と比較して夜間条件で Session 2 における正解率が低下している事が示された. また、夜間条件では、Session 1 と比較して Session 2 での正解率が低下していた. 同様に、小エラー (遅) の割合に関しては、夜間条件においてのみ、Session 1 と比較して Session 2 での割合が低い事が示された. 無反応の割合に関しては、夜間条件においてのみ、Session 1 と比較して Session 2 での増加が認められ、Session 2 における条件間の差も有意であった. 一方、大エラー (遅) に関しては、条件の主効果のみが有意であり、夜間条件において、その割合の多いことが示された. 大エラー (早) と小エラー (早) に関しては、有意な主効果および交互作用は認められなかった.

図3に、小エラー時のクリックを基準として加算した際に中心部 (Cz) から得られた脳波を示した. クリック後200-400ms間の平均電位を算出し、条件 × Session の分散分析で比較したところ、交互

作用が認められた。単純主効果検定を行ったところ、夜間条件のSession 2における振幅が、夜間条件のSession 1および昼間条件のSession 2における振幅と比較して有意に低下している事が示された。大エラーに関しては、Sessionの主効果が認められ、Session 1と比較してSession 2における振幅が低下している事が示されたが、条件の主効果と交互作用は有意ではなかった。

3-2. 予備ブレーキ課題の結果

図4に予備ブレーキ課題の結果を示した。分散分析の結果、条件(昼/夜)×スピード(速/遅)×停止位置(早/正解/遅)の交互作用が認められ、単純主効果検定の結果、昼夜ともに移動スピードが速い際の正解率が低いことが示された。また、条件(昼/夜)の主効果が認められ、夜間には昼間と比較して正解率が低いことも示された。条件(昼/夜)×session(1/2)×停止位置の交互作用も認められ、単純主効果検定の結果、正解率の低下は夜間条件のSession 2において顕著であった。

また、エラーに関して分散分析を行った結果、条件(昼/夜)×スピード(速/遅)×停止位置(早/遅)の交互作用が有意であり、単純主効果検定の結果、移動スピードが速い際には、夜間条件において目標停止位置をオーバーするエラーが増加していた。しかし、移動スピードが遅い際には、夜間条件で目標停止位置の手前に止まるエラーが増加していた。

一回目のクリックタイミングに関して分散分析を行った結果、条件(昼/夜)の主効果が認められ、昼間より夜間の方がクリックのタイミングが遅延し

ていた。

3-3. 考察

タイミング課題、予備ブレーキ課題のいずれにおいても、夜間条件では正解率が低下しており、眠気が強い状態では指定された位置にタイミング良く停止させる能力が低下することが示唆された。特に、タイミング課題における結果は、眠気が強くなると停止位置を大きくオーバーしたり、停止させる動作を行わなくなるというエラーが増加することを示唆していた。一方、2種類の移動スピードを解析対象とし、事前に予備的にスピードを落とすという作業を課題の中に組み込んだ予備ブレーキ課題では、移動スピードによって眠気が強い状況でのエラーの種類が異なるという結果を得た。本研究の結果を運転場面に当てはめてみると、眠気を強く感じているドライバーは、車のスピードが遅い時には必要以上に手前で停止し、スピードが出ている時には、停止すべき位置をオーバーしがちであることが推測される。この結果は、眠気が強い時間帯における追突事故の増加が、追突した側のみではなく、追突された側のブレーキ操作の特徴にも影響されている可能性を指摘するものと考えられる。また、タイミング課題における事象関連電位の結果は、眠気の強い状態では、小さなエラーに対して十分な注意をはらえなくなる事を示唆している。この事は、小さな運転のミスに気付かず、事故につながる前に適切な方略(休憩の取得など)をとるということが、眠気の強い際には難しいという可能性を指摘するものである。

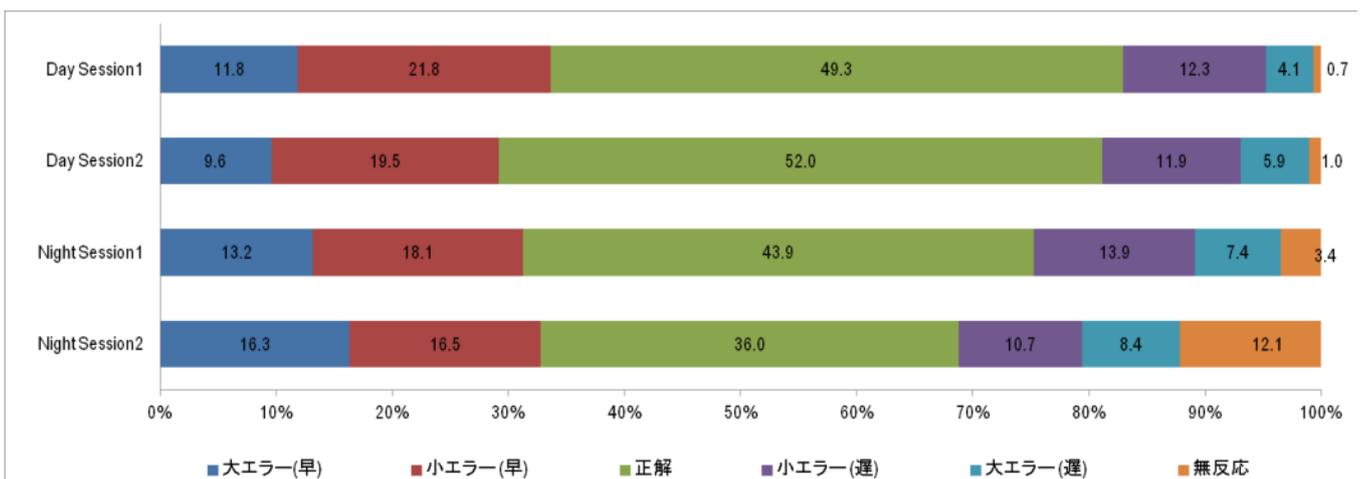


図2 タイミング課題における成績の比較

4. 今後の課題

今後は、より詳細な分析を行い、小さなエラーに対する注意配分の減少が、その後の反応パターンにどのような影響を与えているかについて検討していかなくてはならない。また、より実際のブレーキ操作に近い形での課題を用いて、ブレーキを踏むタイミングだけでなく踏力と眠気との関係についても詳細に検討していく必要があるだろう。

5. 研究成果の公表方法

本研究の成果は、第31回日本生理心理学会大会（2013年5月、福井）にて発表した後、原著論文としてまとめ、学術雑誌に投稿する予定である。また、研究の要旨は一般の人にも分かりやすい形で、研究代表者の現所属先（江戸川大学社会学部）の研究室ホームページにて紹介する予定となっている。

引用文献

Abe T et al. (2010). Short sleep duration and long spells of driving are associated with the occurrence of Japanese drivers' rear-end collisions and single-car accidents. *J Sleep Res.* 19: 310-316.

Asaoka S et al. (2012). The effects of a nighttime nap on the error-monitoring functions during extended wakefulness. *Sleep.* 35: 871-878.

Asaoka S et al. (2010). Performance monitoring during sleep inertia after a 1-h daytime nap. *J Sleep Res.* 19: 436-443.

Gold DR et al. (1992). Rotating shift work, sleep, and accidents related to sleepiness in hospital nurses. *Am J Public Health.* 82: 1011-1014.

Murphy TI et al. (2006). The effect of sleepiness on performance monitoring: I know what I am doing, but do I care? *J Sleep Res.* 15: 15-21.

Scott LD et al. (2007). The relationship between nurse work schedules, sleep duration, and drowsy driving. *Sleep.* 30: 1801-1807.

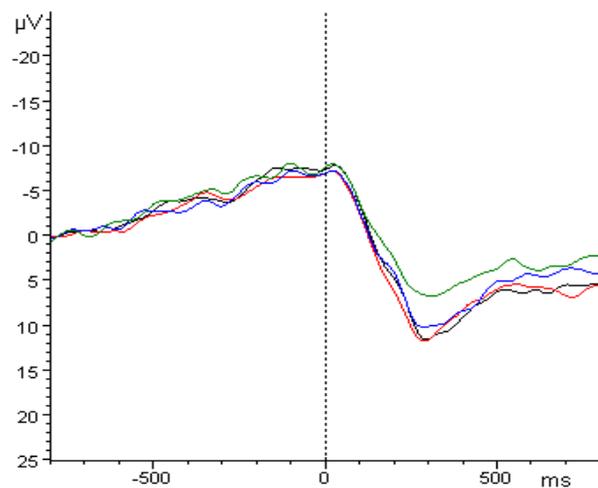


図3 小エラー時の事象関連電位 (Cz).
黒線：昼 Session 1, 赤線：昼 Session 2,
青線：夜 Session 1, 緑線：夜 Session 2.

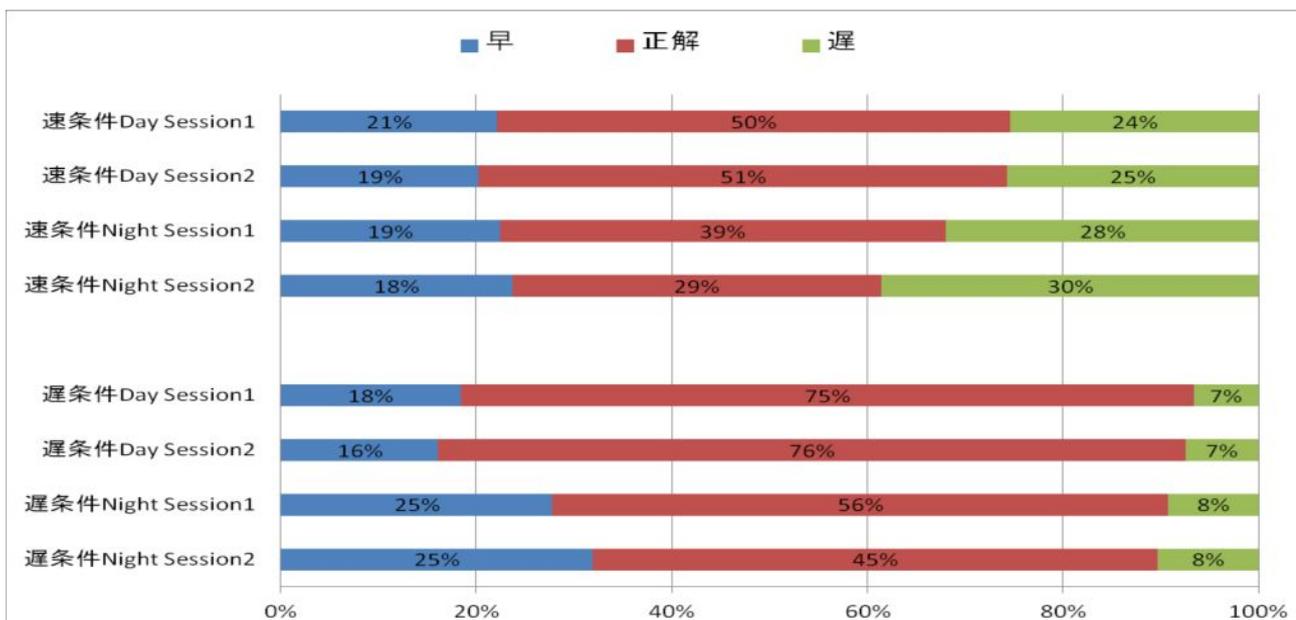


図4 予備ブレーキ課題における成績の条件間比較