

認知的負荷が運転操作等に及ぼす影響

佐藤 智晴¹・菊池 輝²・泊 尚志³
角力山 柊⁴・菅原 直樹⁵・大竹 司真⁶

¹学生会員 東北工業大学大学院 工学研究科土木工学専攻 博士前期課程
(〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町 35-1)

E-mail: m174803@st.tohtech.ac.jp

²正会員 東北工業大学教授 工学部 都市マネジメント学科 (〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町35-1)

E-mail: akikuchi@tohtech.ac.jp

³正会員 東北工業大学講師 工学部 都市マネジメント学科 (〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町35-1)

E-mail: tomari00@tohtech.ac.jp

⁴学生会員 東北工業大学 工学部 都市マネジメント学科 (〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町35-1)

E-mail: s1514122@st.tohtech.ac.jp

⁵学生会員 東北工業大学 工学部 都市マネジメント学科 (〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町35-1)

E-mail: s1514121@st.tohtech.ac.jp

⁶学生会員 東北工業大学大学院 工学研究科土木工学専攻 博士前期課程
(〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町 35-1)

E-mail: m184801@st.tohtech.ac.jp

運転中のながら作業は、注意が散漫している状態であり事故に繋がる重大な社会問題である。注意の容量には制限があることや、情報が過負荷になると一時的な注意制御の機能不全が生じることが示されている。安全な自動車社会の実現のためには、ながら作業による過負荷状態が運転手自身や運転操作に及ぼす影響を把握する必要がある。本研究では 3 種類の実験を行い、注意の制御が正しく行われない状況を明らかにする。

結果として運転を再現した実験においても、会話を模した課題が注意の制御を困難にさせ多くの注意資源を使用し、運転に必要である注意資源が注意容量から溢れていることが観察された。よって実際の運転時にはその影響がより顕著になると考えられ、運転という危険が伴う状況においてながら作業は控え、運転に集中することが望ましいといえる。

Key Words: automobile, multi task, attentional capacity, capacity limitation, working memory

1. 本研究の背景と目的

近年、自動車事故の発生件数は減少しているが、事故発生原因として安全運転義務違反の割合は高い状態にある¹⁾。その背景として、運転操作中の「ながら作業」が挙げられており、事故を起こす重大な危険要因であるとされ社会問題となっている。心理学の分野では、注意の容量には制限があり、限られた資源を複数の対象に分割して処理していると考えられている²⁾。また、認知心理学の分野では、ワーキングメモリ (以下、WM) の視点から注意容量の研究がなされ、処理すべき情報が過負荷となり、情報がオーバーフローすると、一時的な注意制御の機能不全を引き起こすとされている³⁾。

安全な自動車社会の実現のためには、マルチタスクに

よる過負荷状態がドライバーの注意や運転操作に及ぼす影響を把握する必要がある。よって本研究では「注意の制御」が正しく行われない状況を明らかにする。

現在、運転操作時の電話通話や緊張状態、個人差に着目した研究がなされ、新たにタスクが加わることで、ドライバーの注意や運転操作に影響を及ぼすことが示されている。しかし、これまで行われてきた DS 実験には視覚、聴覚、操作、慣れといった様々なバイアスが入り込み、影響を及ぼした要因の特定が難しくなっている。このことから、はじめに単純化したマルチタスク課題がどのような影響を与えるのかを基礎心理実験により検討し、次に、認知負荷の高い状況下での DS 実験を行い、実験中の認知負荷量と DS 操作の関係を検討する。

2. 基礎心理実験⁴⁾

実験参加者は、運転免許の有無を問わない 18~24 歳の東北工業大学学生 25 名（男性：18 女性：7 名）とした。実験 A では WM の個人差を測定し、実験 B では視覚探索時の注意容量を反応時間により把握する。その後、視覚探索に「ながら作業」を追加した実験 C を行い、マルチタスクをさせた際の注意容量の超過について考察した。さらに WM との比較・分析を行った。

(1) 実験 A

WM を測定するために日本語版オペレーションスパンテスト（以下、OSPAN）⁹⁾を実施した。部分加点法を採用し、得点に応じて謝金額を決定すると教示した。

(2) 実験 B

視覚のタスクとして画面上に複数の視覚刺激を提示し、その中からあらかじめ定められた特定の刺激（以下、標的刺激）を見つけることを求める視覚探索課題⁶⁾を実施した。様々な環境の負荷状態を再現するため、表示される視覚刺激の数（以下、セットサイズ）を増やすことで負荷量を増加させた。PsychoPy3.0.0⁷⁾を用いて視覚探索課題の刺激提示プログラムを作成し、評価指標としてそれらの反応時間と判断の誤りであるエラーを計測した。

視覚探索課題は、複数の視覚刺激「C」の中に標的刺激「O」が 1 つ含まれているか否かを判断する CO 課題、同様に LT 課題、それらを同時に行う視覚探索二重課題の 3 つを実施した。判断をできるだけ早く正確に行うことで、注意資源を注意容量の限界まで用いると仮定し、注意容量の限界を反応時間によって評価できると考えた。そこで、謝金額は反応時間の早さと正確性を評価して決定すると教示した。

(3) 実験 C

「ながら作業」には図 - 1 のように文章問題条件として漢字の読み問題、音声問題条件として県庁所在地等の地理問題を設定し、それぞれ口頭で回答してもらった。評価指標として、それらの反応時間とエラーを計測し、これらをマルチタスク課題とする。また、個々のタスクの反応時間の和が、「ながら作業」時の反応時間となる（反応時間加法性）と仮定し、視覚探索二重課題の反応時間からマルチタスク課題時に想定される反応時間への補正を行った。この補正值を用いて、参加者別に各セットサイズに十分に反応することができる制限時間を設定した。謝金額は視覚探索課題への反応の早さと正確性、一問一答問題の回答への正確性を評価して決定すると教示した。この教示により視覚課題が重要なタスクであることを示した。

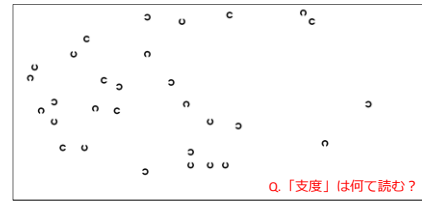


図-1 視覚探索×文章問題条件の実験画面例

3. 実験結果

制限時間内に反応できなかった割合を反応不可率とし、以下の分析ではこれに加え、反応時間とエラー率（判断の誤り率）を評価指標とする。

マルチタスク時には反応不可が文章提示条件で 12%、音声提示条件で 16% 生じた。つまり、注意容量から視覚探索の資源が溢れて減少したためと推察される。また、負荷量の増加に伴った反応不可率の減少が見られた。このことから、容易な一問一答問題への回答というタスクであっても、そのタスクに対して思考を始める際には、注意資源を多く必要すると考えられる。さらに、反応時間の早まり、エラー率の増加も見られ、このことは、一問一答問題への回答に注意資源が配分され、課題の重要性に注意が向かなかつたために生じたと考えられる。

以上のことから、タスクを単純化した場合でも「ながら作業」に視覚・聴覚の注意資源が配分されてしまうため、あらゆるマルチタスクが注意のコントロールを困難にし、注意不足を発現させる可能性が示された。

4. ドライビングシミュレータ実験

基礎心理実験において、視覚探索時にマルチタスクを行うことで、反応不可率の増加、反応時間の早まり、エラー率が増加することが示された。この結果を踏まえると DS 実験時においても、マルチタスクが加わることによる 1. 反応時間の遅延は発生せず走行時間が遅くなることはないが、2. 運転操作の何かに影響を与え、操作ミスが増加するという仮説が立てられる。この仮説の検証のために、2 種類の実験を行った。

(1) 実験参加者

基礎心理実験の参加者から、自動車運転免許を保有している 18~24 歳の 11 名（男子：8 名 女子：3 名）を対象とし、一週間以上空けてから実施した。実験への取り組み姿勢向上のため、DS 実験後に実験内容を考慮した謝金を支払った。

(2) 単純実験

DS 実験は運転走行中に危険がある場合、それを発見し、必要であれば避けるという行動に着目した実験である。初めに DS 実験で用いる反応を運転操作なしの単純実験として実施し、マルチタスクの影響を把握する。

主課題：PsychoPy3.0.0⁷⁾を用いて、パソコンの画面上にランダムな提示間隔でサッカーボールを左右のどちらかに表示し、ボールがどちらにあるかを回答してもらった。注意容量については基礎心理実験と同様に考え、判断をできるだけ早く正確に行わせた。

副次課題：文章問題条件、音声問題条件、統制条件の計 3 種類である。問題が提示された場合は口頭で、すべての問題に正確に回答するように教示した。

評価指標：主課題の反応時間とした。

(3) DS 実験 (図-2)

運転操作という状況において、タスクが加わり過負荷状態となった場合にはどのような影響を及ぼすかを検討するための実験を行った。また、運転時のマルチタスクを再現するため新たに、カーナビ等による経路案内を模した文章提示 (以下、文章支援条件) と音声提示 (以下、文章支援条件) を追加した。

コース概要：走行時間は 1 コースあたり 4 分程度、走行距離は 3000m、直線のみ三車線道路となっている。コース内には 500m ごとに交差点が計 5 箇所設置されており、交差点を境に 1 区間と定め、その区間ごとに 50、60、80km/h の速度標識がランダムに 1 つ設置されている。

主課題：DS を用いて UC-Win/Road Ver.13.1.1 で作成した 5 種のコースを運転させた。基本的に真ん中の車線を、実際の運転のように安全に走行すること、速度標識の±5km/h 以内を維持しながら運転するように教示した。

副次課題：統制条件、文章支援条件、文章問題条件、



図-2 ドライビングシミュレータ実験装置



図-3 Ball reaction

音声支援条件、音声問題条件の順に計 5 種を設定した。問題には正確に口頭で回答するように教示した。

実際の運転中の認知負荷状態を擬似的に再現するため、道路上に白いボール 2 個、サッカーボール 1 個が並んでいる場面を区間毎ランダムに 2~3 回設定し、その中のサッカーボールがある車線を通過するように (Ball reaction: 図-3)、また、通過後は真ん中の車線へと戻るように教示した。ボールの出現タイミングは副次課題の提示と重なるように設定しており、副次課題への反応を行いつつ Ball reaction をさせるようにした。

評価指標：Ball reaction ができなかった回数、急ハンドルや左右のガードレールへの衝突回数といった運転操作の乱れ、信号無視・速度標識無視の回数、走行時に速度が安定していると考えられる区間内での最初のボールから最後のボールの間での、実走行時間・速度標識±5km/h の範囲外となった時間 (以下、範囲外時間)・範囲外時間における減速・加速時間、標識の速度に満たない速度で走行している時間 (以下、標識未満時間) をコース毎に計測した。また、走行が容易だった順位をアンケートに記入してもらった。

DS 実験の流れを図-4 に示す。各実験の説明時に運転映像を流し、コースや運転操作の全体の説明を行った。その際、運転操作時に注意の必要な対象が出現したタイミングで逐一説明を行い、運転操作が重要なタスクであることを示した。その後、運転操作に慣れてもらうために練習走行をさせ、必要であれば追加で練習を実施した。謝金額は教示通りの操作か、質問への回答が正確かを評価し、減額方式で決定すると教示することで、参加者間の操作の慣れの度合いを一定にできると考えた。

以上のように、主課題・副次課題・認知負荷への反応についてすべて教示し、意識させることで走行時の条件の難易度を上昇させ、注意の制御が正しくできていない状態を再現し、何に影響を及ぼすのかを観測する。

6. 実験結果

各評価指標について、条件間で比較を行い、分析は一元配置分散分析を用いた。以下にその結果を示す。

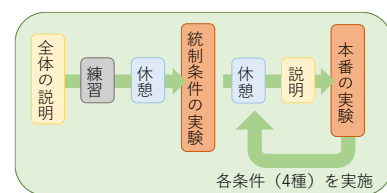


図-4 DS 実験の流れ

(1) 単純実験結果

反応時間について各条件と比較を行った。統制条件に比べて文章問題条件で 311%、音声問題条件で 349%増加しており、条件が追加された効果について有意な差が見られた ($F_{(2, 30)}=3.32, p<0.01$)。つまり、別のタスクが加わることで、反応時間が増加することが示された。このことから、基礎心理実験とは異なる結果が想定され、複雑化された DS 実験ではよりその影響を受け、反応時間遅延が実走行時間へと影響すると考えられる。

(2) DS 実験結果

実走行時間について比較を行った結果、有意な差は見られず、別のタスクが加わる影響を受けていなかった。そこで、他への影響を把握するため、減速時間の比較を行った。その結果、音声支援条件、文章支援条件、統制条件、文章問題条件、音声問題条件の順に増加しており、それらに有意な差が見られ ($F_{(4, 50)}=2.56, p<0.05$)、別のタスクが加わる影響を受けていた。

この結果に着目し、各コース内の作業負荷量が最も高いと考えられる 80km/h 速度標識のある区間における範囲外時間の比較を行った。音声支援条件、文章支援条件、文章問題条件、統制条件、音声問題条件の順に増加しており、有意な差が見られた ($F_{(4, 50)}=2.56, p<0.05$)。また、実走行時間に占める範囲外時間の割合（以下、範囲外時間割合）に有意な差が見られ ($F_{(4, 50)}=2.56, p<0.05$)、別のタスクが加わる影響を受けていた。

同様にして、80km/h 速度標識のある区間における、範囲外時間中の減速時間、標識未満時間の比較を行った。その結果、減速時間は音声支援条件・文章支援条件・文章問題条件・統制条件・音声問題条件の順に増加していた。分析を行った結果、有意な差が見られた ($F_{(4, 50)}=2.56, p<0.05$)。また、標識未満時間は音声支援条件・文章支援条件・文章問題条件・統制条件・音声問題条件の順に増加しており、有意傾向が見られ ($F_{(4, 50)}=2.56, p<0.10$)、別のタスクが加わる影響を受けていた。

(3) アンケートの結果

統制条件と音声支援条件が同率で一番容易と感じ、続いて文章支援条件、音声問題条件、文章問題条件の順に難易度が上昇したと感じていることがわかった。

5. 考察・結論

DS 実験においてマルチタスク状態となった場合でも、実走行時間への影響は見られないことから、同じマルチタスク環境下においても、単純実験のような限定された条件と、運転操作を行うような条件での注意への影響は

異なることが示された。単純実験の文章問題条件では統制条件と同じく、ボールの出現位置の変化がなく、問題文が固定された位置で提示しているために、問題文に注意が多く向けられ、反応時間に遅れが生じていると考えられる。また、より反応が遅延した音声問題条件も同様である。以上の結果は、仮説 1 を支持している。

減速時間の比較から、運転操作中に運転に関係のない問題が追加されたことにより、自身が操作する車の速度に注意が向かず、一定速度を維持することが困難になったと考えられる。この結果は、仮説 2 を支持するものと考えられる。反対に文章・音声支援条件では、運転支援情報の提示により、ドライバーの負荷が軽減され、速度の維持が可能となったと推察される。この結果の検証のため、80km/h 速度標識のある区間を分析した結果、速度が安定しないことや、走行速度の維持や、標識の速度まで速度を上昇させられていないことが示された。また、同区間における文章問題条件の各指標の分析結果より、走行の難易度が高い状態では、運転操作画面上をより意識的に注視し、表示される問題文を見ると同時に、自身の走行速度を速度計で確認しており、注意の制御が困難になっていないと考えられる。さらに、アンケートより、大きく影響が出ていた音声問題条件よりも、文章問題条件の運転が難しいと感じており、自身の制御が困難になっていることに気がついていない可能性が示唆された。

実際の運転操作を仮想再現した実験において、電話会話を模した課題が注意の制御を困難にさせ、多くの認知資源を使用し、運転操作に必要である注意資源が注意容量から溢れることが示された。つまり、運転という危険が伴う状況においてマルチタスクは控えるべきである。

参考文献

- 1) 警視庁交通局：平成 29 年中の交通事故の発生状況，2018.2.15.
- 2) D. Kahneman：Attention and effort, 1973.
- 3) 荻阪直行：ワーキングメモリの脳内表現，京都大学学術出版会，pp.3-18, 2008.
- 4) 角力山終，菊池輝：「ながら作業」時の注意容量の分散に関する研究，土木学会東北支部技術研究発表会公演概要集，2018.
- 5) 小林晃洋，大久保街亜：日本語版オペレーションスパンテストによるワーキングメモリの測定，心理学研究，2014，第 85 巻，第 1 号，pp.60-68
- 6) 日本基礎心理学会：基礎心理学実験法ハンドブック，朝倉書店
- 7) Peirce, J.W.：PsychoPy - Psychophysics software in Python. Journal of Neuroscience Methods, 162(1-2):8-13, 2007.

(2019. 3. 9 受付)