

令和 4 年 5 月 27 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K04638

研究課題名(和文) 準自動運転下で精神的負荷と性格が覚醒水準に及ぼす影響の基礎的研究

研究課題名(英文) A basic study on the effect of mental workload and personality on alertness under semi-automated driving

研究代表者

石橋 基範 (ISHIBASHI, Motonori)

日本大学・生産工学部・教授

研究者番号：50739034

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)：準自動運転を対象にドライバのLocus of Control(行動制御の意識の所在)と視覚認知の関係解明を目的とした。まず、脳波との関係では、内的統制群は眠気に伴い視覚認知処理の時間が増えて投入する注意資源量は減少するが、反応時間遅れは現れなかった。外的統制群は眠気と認知処理時間の増加に伴い注意資源量をより投入するが、反応時間遅れが現れた。次に、視認行動との関係では、内的統制群は眠気に伴い視認までの時間が増えたが、Complacencyの自覚で反応時間遅れは生じにくいことを示した。外的統制群は眠気やComplacency状態自覚の前から、受身な態度により反応時間に遅れが生じたことを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

自動運転が完全自動化されるまでの準自動運転の間、運転者の役割は「車両制御者」から「車両状態や周囲の監視者」に変わる。監視作業では覚醒水準の低下が生じやすく、準自動運転でも危惧され、また覚醒水準の低下には状況差・個人差がある。本研究では、準自動運転の安全性の向上のために、精神的負荷や性格の影響が覚醒水準や信号検知能力の低下の時間的特徴にどのように現れるか一端を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The goal of this study is to clarify a relationship between driver's "Locus of Control (LoC)" and visual cognition in peripheral field of view under semi-automated driving. First, effect of the LoC on EEG was investigated by an experiment with simulated automated driving. The result indicated that attentional resource reflected in P300 amplitude and reaction time had some relationship with LoC. Second, effect of the LoC on visual behavior was investigated by a driving simulator experiment with visual stimuli presentation. The result indicated that subjective score of "Complacency" and reaction times had some relationship with LoC. Time for eye movement was larger in external control group than internal control group, however, it was not statistically significant due to large individual difference in external control group. Therefore, it was suggested that other factors such as self-control ability was involved in the relationship between the personality and the attitude for monitoring.

研究分野：人間工学

キーワード：覚醒水準 自動運転 パーソナリティ 反応時間 脳波 Complacency

1. 研究開始当初の背景

自動運転が完全自動化されるまでの準自動運転の間、運転者の役割は「車両制御者」から「車両状態や周囲の監視者」に変わる。監視作業では覚醒水準の低下が生じやすく、準自動運転でも危惧される。覚醒水準の低下には状況差・個人差があるが、研究代表者は、生理的な覚醒水準(活性レベル)が精神的負荷の大きさと内向性・外向性の性格(向性)の相互影響を受けるモデルを提案・検証した。一方、道路交通安全で重要なのは反応遅れ・見逃し等の信号検知能力の低下だが、生理的覚醒水準や性格と関係づけた包括的な検討は行われていない。準自動運転の安全性の向上のためには、精神的負荷や性格の影響が覚醒水準や信号検知能力の低下の時間的特徴にどのように現れるか解明していく取り組みが求められる。

2. 研究の目的

準自動運転を対象にドライバーのパーソナリティとしての **Locus of Control**(行動をコントロールする要因を自身に求めるか(内的統制) 外部要因に求めるか(外的統制) という制御の意識, **LoC**)と視覚認知との関係を明らかにすることを目的とする(図1)。

(1) 制御の意識と脳波: 脳波(ERPのP300に着目)の面から、有効視野での視覚情報処理の変化を検討する。

(2) 制御の意識と視認行動: **Complacency**(過信による不適切な監視)の面から、周辺視野での視認行動の変化を検討する。

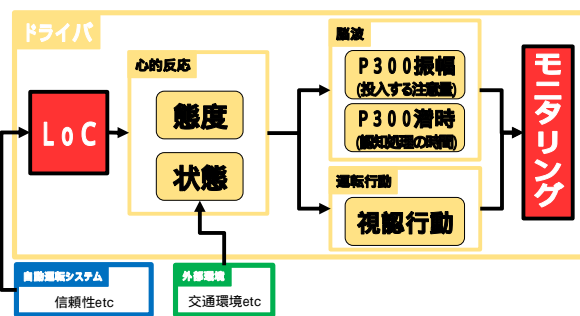


図1 研究の全体構成

3. 研究の方法

(1) 制御の意識と脳波

実験参加者は普通自動車免許を持つ大学(院)生の14名とし、内的統制群6名、外的統制群8名の2群に群分けした。レベル2の自動運転を模擬するため、21.5インチの液晶ディスプレイ上に、片側3車線の高速道路をCGで表示した。常に先行車を配置し、左右の車線に20~30s間隔で車両を通過させた(図2)。作業課題は視覚Go/No-Go課題とした。円形(低頻度:30%)と四角形(高頻度:70%)の視覚刺激(持続時間:0.8s)を3.0sのonset間隔でランダムな順に呈示し、円形刺激にのみボタン押し反応を要求した(10分×4セクション)。

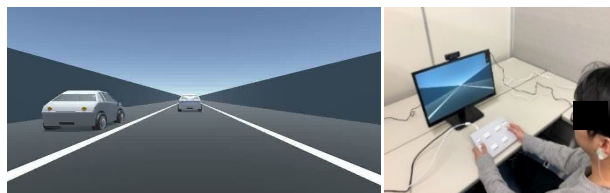


図2 実験風景

主観評価は、作業課題前(Pre) 各セクション後に、「眠気」について9段階(「なし」~「かなり」)で評価してもらった。反応時間は、円形刺激が呈示されてからボタンを押すまでの時間とした。脳波は両耳朶連結を基準電極とし、頭皮上2部位(Pz, Oz)から導出して時定数1.5s、LPF100Hz、サンプリング周波数500Hzで記録した。

反応時間は、個人ごとにセクションの反応遅れRMSを算出した。反応遅れRMSは「個人ごとに発揮できる最高のパフォーマンス(個人の全測定値の速い方から5%の平均値)」と「各測定値」の差の二乗平均の平方根である。脳波の分析にはPzを用い、個人内でセクションごとに加算平均処理をしてERP波形を算出した。刺激後250msから500msの区間における最大陽性波をP300として、潜時と振幅を個人ごとに算出した。潜時は認知処理の時間、振幅は注意資源量として用いた。統計処理として、各指標について、各セクションの群内の平均値に対して回帰直線を当てはめ、群間で比較した。

(2) 制御の意識と視認行動

実験参加者は普通自動車免許を持つ大学(院)生の18名とし、内的統制群9名、外的統制群9名の2群に群分けした。レベル2の自動運転を模擬するため、ドライビングシミュレータ(以下DS)を使用した。コースは片側2車線の直線区間が主体で緩やかなカーブを組み合わせた高速道路場面とした。ハンドルは走行に合わせ自動操舵させ、実験参加者には常にハンドルを把持するように求めた。覚醒低下を促進するため、実験室の照度を約5lxとした。作業課題は視覚Go/No-Go課題とした。サイドミラー相当位置(俯角:約8.5deg、水平右方向:約30.0deg)に円形(低頻度:30%)と四角形(高頻度:70%)の視覚刺激(以下、周辺刺激)を4.0~8.0sのonset間隔でランダムな順に持続時間1.0sで呈示した(図3)。また、先行車周辺に20~40sの

onset 間隔で円形刺激を呈示した。そして、どちらも円形刺激にのみステアリング・スイッチによるボタン押しを要求した(10分×4セクション)。

主観評価は、作業課題前(Pre)各セクション後に「眠気」について9段階(「なし」~「だいたい」)で評価してもらった。

Complacency(周辺に注意を配ろうという意識が疎かになっていた)は、実験の前半・後半に対し、6段階(「あてはまらない」~「あてはまる」)で評価してもらった。反応時間は、周辺刺激の円形刺激が呈示されてからボタンを押すまでの時間とした。視認行動は、3つの小型カメラを用いて、DS画面の周辺刺激呈示位置、参加者の目線(正面方向、周辺刺激方向)を30fpsで同時録画した。

反応時間は、個人ごとに各セクションの平均値、標準偏差を算出した。視認までの所要時間として、3つの動画から「周辺刺激が呈示されてから周辺刺激を視認するまでのフレーム数」をカウントして視認までの所要時間に換算し、個人ごとに各セクションの平均値、標準偏差を算出した。反応時間と視認までの所要時間は、ベースライン(以下BL)を個人ごとに算出し、各セクションの平均値に対するBLからの変化率を解析に用いた。BLは練習試行後半の3分間の平均値とした。各指標について、LoC×セクションの二要因分散分析を行なった($\eta^2=0.1$)。



図3 DSの運転タスクの様子

4. 研究成果

(1) 制御の意識と脳波

セクションが進むと、2群ともに眠気が増加し、平均値は5.0「わりと」相当まで達した。反応遅れRMSは、内的統制群でほとんど変化は見られなかったが、外的統制群では増加傾向が見られた(図4)。脳波P300は、総加算平均波形において、2群ともに400ms前後に陽性波(P300)が見られた(図5)。次にP300に着目すると、潜時は2群ともに遅延する傾向が見られた。振幅は内的統制群の方が全体を通じ、大きく見られた。しかし、セクションが進むと、内的統制群は振幅が若干減少し、外的統制群は振幅が増加した(図6)。

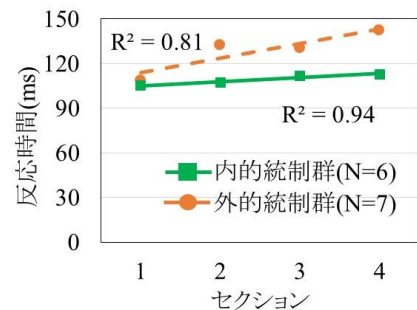


図4 反応遅れRMSの推移

内的統制群は眠気に伴い、認知処理の時間が増え、投入する注意資源量は減少するが、自動運転下でも自発的に制御しようとする態度から反応時間の遅れには現れないように努めている可能性が考えられた。一方で、外的統制群は眠気と認知処理の時間の増加に伴い、注意資源量をより投入するようになるが、受身な態度から作業課題の遂行が疎かになり、反応時間の遅れに現れた可能性が考えられた。

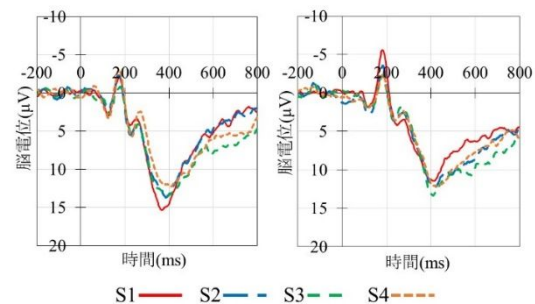


図5 ERPの総加算平均波形の推移(左:内的統制群 右:外的統制群)

(2) 制御の意識と視認行動

眠気は、セクションの主効果が見られ($p<0.01$)、セクションが進むと有意に増加した。

Complacencyは、セクションの主効果が見られ($p<0.01$)、2群ともに後半になると有意に増加した。また、LoCの主効果も見られ($p<0.1$)、全体を通じ、内的統制の方が有意に大きかった。反応時間のBLからの変化率に、LoCの主効果が見られた($p<0.1$)。内的統制群ではBLからほとんど変化していないのに対し、外的統制群は全体を通じ、BLより1.04~1.07倍であった。視認までの所要時間のBLからの変化率は、セクションの主効果が見られた($p<0.01$)。内的統制群はS1の時点でBLからほとんど変化しなかったが、S2以降は1.04~1.07倍であった。一方、外的統制群はS1の時点で1.06倍であり、S2には1.10倍になった。さらにS4では1.14倍になった(図6)。

内的統制群は眠気の増加に伴い、視認するまでの時間に遅れが生じた。しかし、自発的な態度から**Complacency**の状態であると強く自覚することで、反応時間には遅れが生じないように努めていた可能性が考えられた。一方で、外的統制群は眠気の増加や**Complacency**の状態であると自覚する前から、受身な態度により、本来よりも反応時間に遅れが生じた可能性がある。また、内的統制群よりも視認までの時間が大きい傾向だったが、個人差が大きく明

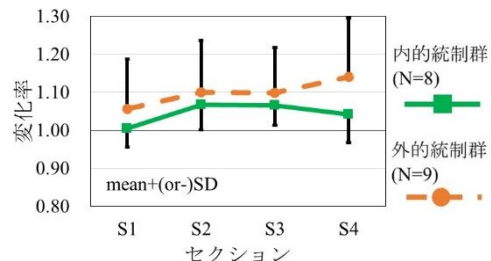


図6 視認までの所要時間のBLからの変化率の推移

瞭ではなかった。外的統制群では、自身の行動をコントロールする能力であるセルフコントロール等の他の要因の関与も考えられた。

(3) 研究により得られた仮説

視認までの時間等は個人差が大きく、LoCのみでは説明ができない結果もあった。先行研究からは、図7に示す関係が考えられた。LoCの「行動をコントロールする要因をどのように求めるか」という考え方の違いと、セルフコントロールの「自身をコントロールし、実際にどれくらい意識し行動できるかどうか」の違いの、二要因が、準自動運転下でのモニタリング中のドライバ行動に関係するという仮説である。内的統制者は制御の主体を自身に求める自発的な考えから、セルフコントロールの得手不得手に関わらず、自身をなるべくコントロールしながら適正なモニタリングをするように努めると考えられる。しかし、行動には現れないが、セルフコントロールの不得意な者はネガティブな気分を伴いながらそれに従事することが考えられる。一方、外的統制者は、制御の主体を自動運転に委ねてしまう受け身的な考えがあり、セルフコントロールが得意な者はまずは自身をコントロールしようとするが、モニタリングに単調感などを感じると徐々にそれが疎かになると考えられる。また、セルフコントロールが不得意な者は適正なモニタリングとはならず、見逃しが大きな問題にならない程度の **Effort** でモニタリングを行うものと考えられる。

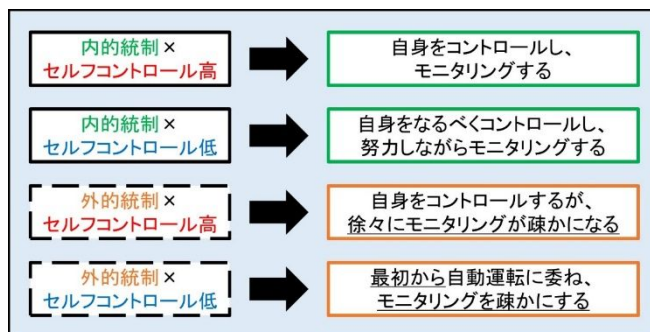


図7 LoC × セルフコントロールとドライバ行動

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 青木佳人・石橋基範
2. 発表標題 自動運転模擬場面における覚醒水準の変化とパーソナリティの関係
3. 学会等名 日本人間工学会第61回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青木佳人・石橋基範
2. 発表標題 パーソナリティが自動運転下での周辺への視認行動に及ぼす影響
3. 学会等名 日本人間工学会関東支部第50回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青木佳人・石橋基範
2. 発表標題 自動運転模擬場面における覚醒水準の低下に伴う反応時間と脳波の変動
3. 学会等名 自動車技術会関東支部2019年度学術研究講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石橋基範
2. 発表標題 覚醒低下が自動運転におけるテイクオーバー時の運転行動に及ぼす影響
3. 学会等名 計測自動制御学会システム情報部門学術講演会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青木佳人・石橋基範
2. 発表標題 ドライバのパーソナリティが自動運転下の覚醒水準と反応時間の変化に及ぼす影響
3. 学会等名 自動車技術会関東支部2018年度学術研究講演会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関