

短期記憶を考慮した運転者への経路情報提供形式に関する研究

A Study on Form of Route Selection's Information to Driver in Consideration of Short-Term Memory

北海道大学大学院 ○学生員 中川 剛士 (Koji Nakagawa)
 北海道大学大学院 正員 萩原 亨 (Toru Hagiwara)
 北海道大学大学院 正員 内田 賢悦 (Ken-etsu Uchida)
 北海道大学大学院 フェロー 加賀屋 誠一 (Seiichi Kagaya)

表 1 実験グループ構成

提供情報形式	地図情報	音声情報1	音声情報2
構成人数(人)	19	19	19
年間走行距離(Km)	8277	9041	7553
免許保持期間(年)	3.5	3.6	3.5
実験内容の理解度	7.2	6.7	7.6

1. はじめに

現在、ドライバーは、車内・外に多数の情報源を持ち、自動車を運転している。多数存在する情報源の中でも、近年急速に普及してきている、カーナビに関する研究¹⁾が、本研究室にて、過去に行われた。その研究は、PCを用いた室内実験により、ドライバーへの情報提供形式について、音声情報と地図情報の2種類の情報提供形式を比較検討したものである。結果は、音声情報による情報提供を行うことで、ドライバーの記憶システムに与える負荷を抑えることが可能になり、並行して行う作業により生じる負荷が多少大きいものでも、記憶システムの対応が可能であるといったものであった。また、音声情報は短期記憶で処理され、地図情報はワーキングメモリで処理されるという結果も得た。しかし、この既存研究は、実際に車を運転・制御するといった作業を並行して行った際に、同様の結果を得られるかといった点で、大きな疑問を残している。

これらの背景を踏まえ、本研究では、実車走行時に、ドライバーに与える負荷を最小限に抑える情報提供形式を検討することを目的とする。

2. 実験内容

2.1 実験日時・場所・被験者

本実験は、10月27日～11月18日の毎週日・月曜日午前9時～16時に手稲自動車学校場内コースにて実施した。

被験者は、免許を保持している学生、57名であった。表1に実験グループ構成を示す。本実験では、提供情報形式の違いにより、グループ分けをランダムに行った。各グループを構成する被験者の年間走行距離・免許保持期間の平均とアンケート結果より得た、実験内容の理解度の平均値(10段階評価で値が大きいほど理解できたことを示す。)を見ても、グループ間に大きな差はなく、実験条件以外に被験者間要因は生じなかったと考えられる。

2.2 経路探索

(1) 実験経路

本実験では、57名の被験者全てが、図1に示した3種類の経路を走行した。経路探索の目的は、指定された経路に沿って、目的地まで向かうといったものである。各経路の総走行距離は、各経路とも1キロ程度である。実験経路は、過去に行った研究結果(経路の複雑さは、経路の規則性に何らかの関係があるということ)を参考にし、本研究室にて事前調査を行い決定した。各経路の特徴は、表2に示す。

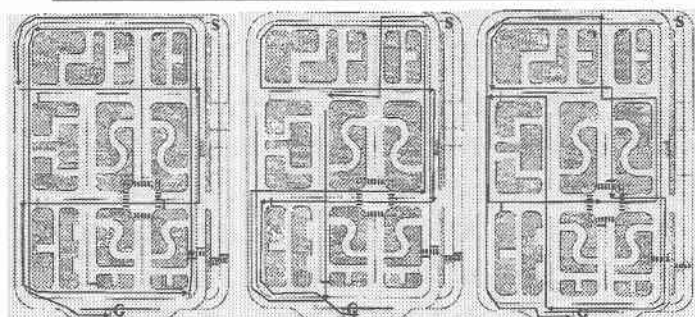


図 1 実験経路図

表 2 実験経路の特徴

経路1	単純な規則性を持った経路
経路2	単純な規則性を複数個持ち合わせた経路
経路3	規則性を持たない経路

表 3 情報提供形式の内容

地図情報	地図
正情報	地図+音声情報+カーナビディスプレイ
誤情報	地図+音声情報(誤情報含む)+カーナビディスプレイ

実験経路の違いを設けることにより、経路の複雑さと規則性の関係、経路の複雑さが経路暗記や車の操作等の並行して行う作業への影響、ドライバーの記憶システムに与える負荷を明らかにしようと考えている。

(2) 提供情報形式

経路探索を行う際の補助として、地図情報と2種類の音声情報を提供した。地図情報とは、経路図を事前に暗記することにより、目的地まで走行するといったものである。この地図情報は、全ての被験者に提供した。音声情報1(以後、正情報と記述)は、カーナビの音声情報を模したもので、右左折を行う必要のある交差点手前で、右左折の指示を行うものである。音声情報2(以後、誤情報と記述)は、基本的には正情報と同じであるが、提供される情報が全て正しい情報とは限らないという点で、大きく異なる。また、音声情報が提供される被験者には、カーナビのディスプレイに経路全体図と走行中の現在地を示したものを情報源として提供した。各グループの提供情報内容を整理したものは、表3に示す。

表3に示したように全ての被験者は、走行直前に経路

を暗記した。暗記時間は30秒とし、30秒後に被験者は、経路の書き込まれていない実験コース図に、暗記した経路を書き込んだ。それにより、暗記できたかどうかを確認した。記入する段階で、走行経路を暗記できていない被験者は、経路図を渡し、直前まで経路の暗記を行った。

2.3 短期記憶課題とワーキングメモリ課題

本実験は、被験者の安全を確保するために、自動車学校の場内コースにて実施した。そのため、ドライバーにかかる負荷が、実際の走行環境より小さいと考えられる。そこで、2重課題法を用いることにより、被験者にかかる負荷を実際の環境に近づけることにした。

(1) LED 課題（短期記憶課題）

本実験環境には、他車・歩行者・自転車等の走行をするにあたり、障害となりうるものが存在しない。そのため、被験者が行う周辺視の回数が、通常より減少すると考えられ、被験者にかかる負荷が小さくなると想定できる。LED 課題は、本実験環境の中でも、被験者に周辺視を行わせるために、課した課題である。

LED 課題は、運転席前方のダッシュボード上部に設置した6個のLEDのどれか1つが点灯したことを認知したら、ハンドルに設置されたボタンを押すといったものである。LEDの点灯時間は1秒間で、点灯間隔は最低4秒で、プラス6秒の幅を持ち、ランダムな間隔で点灯するように設定した。点灯時間などの設定は、事前に何度か行ったテスト実験の中で、より現実に近い負荷を与えられるものを用いた。

この課題は、短期記憶を使用することにより、情報を処理し、ボタンを押すといった出力を行うと考えられる。短期記憶により情報を処理すると考える理由は、LEDが点灯したという情報は、ボタンを押した後、保持している必要性がない情報であるために、すぐ消去される可能性が高いからである。この理由より、本研究では、LED課題を短期記憶課題として扱っていく。

(2) 足し算課題（ワーキングメモリ課題）

足し算課題で扱った数字は、1～5の5種類の数字で、各経路とも足し算を行う回数は3回とした。また、1・2回目に行った足し算の答えも次の足し算を行う際に必要とした。よって、各経路を1巡すると、数字は7個暗記しなければならないことになる。数字を7個扱ったのは、人間の短期記憶容量が7チャンク程度であるということが、既存研究により明らかになっていたためである。よって、足し算した答えを暗記しないと、他の作業で記憶容量を使用することが不可能になる。

この課題は、LED課題とは異なり、ワーキングメモリを利用することにより、情報が処理される課題であると考えられる。なぜなら、得た情報をすぐに消去することができないという点と、得た情報に対して足し算という内部処理を行う必要があるからである。以後、この課題は、ワーキングメモリ課題として扱っていく。

2.4 NASA-TLX 法

本実験では、上述してきた客観的メンタルワークロード以外に、NASA-TLX法を用いることにより、主観的メンタルワークロードの評価を行った。TLX法は、本来宇宙飛行士の主観的メンタルワークロード測定法として

表 4 NASA-TLX 法項目の説明

項目名	端点	項目の説明
精神的要求	小・大	実験中に、道路環境を見る、情報を聞く、点灯した光源の番号を覚えるなどの知覚的活動に対して、どの程度必要でしたか。
身体的要求	小・大	実験中に、ハンドル操作を行う、車を制御する、質問に答える等の身体的活動はどの程度必要だと感じましたか。
忙しさ	小・大	実験の中で、行った課題の頻度等に対して、時間的な圧力をどの程度感じましたか。
努力	少ない・多い	実験中に行った課題を達成するために、どの程度、力を発揮できたと思われますか。
達成度	良い・悪い	実験中に行った課題の達成度はどの程度でしたか。
不満度	良い・悪い	実験中に、不安、ストレス、苛立ちなどをどの程度感じましたか。

用いられてきたために、既存の評価指標のまま用いることはできない。そこで、本実験に適した形式に各項目の説明を変更し、9段階評価にて測定を行った。各項目の説明を表4に示す。

2.5 計測

本研究では、客観的メンタルワーロードを経路探索における達成度、事前暗記の正答率、LED課題の反応時間と正答率、足し算課題の正答数を計測することにより評価する。主観的メンタルワークロードに関してはNASA-TLX法を用いたアンケートにより測定し評価する。客観的データは、Labviewとビデオカメラ（4台）を用いることにより測定した。

2.6 実験計画

本実験では、独立変数として、情報提供形式・経路の複雑さ・LED課題・足し算課題を用いた。情報提供形式は、被験者間変数として、残りの3つは被験者内変数として用いた。また、従属変数としては、経路探索の達成度、LED課題の反応時間、正答率、正答数を用いた。

2.7 実験手順

本実験は、1グループを3人構成にして行った。この3人は、異なる情報提供形式で実験に取り組んだ。最初に、実験の説明を3名同時に受け、その後に1人ずつテスト走行を行った。そして、テスト走行が終わった被験者から、今行った走行実験に対するTLXの評価を行った。そして、経路の暗記を行い、次の実車走行に取り組んだ。この流れを、3人の被験者が図1に示した3種類の経路を1回ずつ走行するまで行い、実験は終了となる。走行経路の順序は、各被験者で異なるように設定した。なぜなら、順序による学習効果と、太陽光の影響によるLEDの見にくさの影響をできる限り防ぐためである。

3. 実験結果

3.1 経路探索

(1) 事前暗記—平均正答率

事前暗記は、実走行を行う前に行うために、提供情報形式によるグループ分けは意味をなさない。しかし、この後で行う、実走行時の正答率と比較しやすくするために、グループ分けを行った状態で、分析を行った。

図2は、各グループ別の平均正答率を比較した図である。経路1の正答率は、全員が1で、最も高くなった。次いで、経路2、経路3という順に平均正答率が下がった。また、標準偏差は、経路2・3共に0.4程度であった。

分散分析結果（表 5）の被験者内効果の検定結果より、交互作用は見られず、経路による差は有意であった。被験者間効果の検定結果では、提供情報の差が有意でなかった。更に多重比較を行った結果、提供情報によらず経路 1 と経路 2、3 には有意な差が見られた。また、地図情報提供時のみ、経路 2・3 の間にも有意な差が見られた。

(2) 実走行—平均正答率

図 3 は、実走行時の経路選択正答率の平均をグループ別に比較した図である。地図情報・誤情報のグループでは、経路が 1,2,3 と変化するにしたがって、正答率が下がり、標準偏差は大きくなった。正情報のグループでは、経路 2 で最も正答率が低くなり、経路 3,1 の順で高くなった。逆に、標準偏差は、小さくなった。

表 6 は、実走行時の平均正答率に対する、分散分析表である。被験者内効果の検定結果より、交互作用は見られず、経路における差は有意だった。被験者間効果の検定結果では、提供情報による差は有意でなかった。しかし、多重比較を行った結果、経路 3 において、地図情報提供時と正情報提供時で差が有意だった。また、地図情報・誤情報提供時の経路 1・3 間で差が有意だった。

3. 2LED 課題（短期記憶課題）

(1) LED 課題—正答率

図 4 は、LED 課題の平均正答率をグループ間で比較した図である。経路 1 では、地図情報が最も低くなり、次いで、正情報、誤情報といった順に正答率が上がった。標準偏差は、提供情報に関係なく、ほぼ同じ値となった。経路 2 には、提供情報に関わらず正答率が 0.73 程度となった。標準偏差は、経路 1 と同様にほぼ同じ値となった。経路 3 では、正情報を提供したときに正答率が最も高くなった。標準偏差は、地図情報を提供したときに最も小さくなり、正情報を提供したときに最も大きくなった。経路を比較すると、経路 1 の正答率が最も高くなり、経路 2・3 の正答率は、ほぼ同じ値となった。

分散分析を行った結果を表 7 に示す。被験者内効果の検定結果より、交互作用は見られず、経路における差は、10%水準において有意だった。被験者間効果の検定結果より、提供情報による差は、有意でなかった。また、多重比較を行った結果においても、提供情報間に有意な差が存在する組み合わせはなかった。経路間においては、誤情報を提供したときの経路 1・3 間の差が 10%水準において有意だった。

(2) LED 課題—反応時間

図 5 は、LED 課題の平均反応時間をグループ間で比較した図である。経路 1・2 では、地図情報提供時に最も反応が遅くなった。経路 3 では、提供情報に関わらず、反応時間はほぼ同じ値となった。しかし、経路 3 の標準偏差は、正情報を提供したときにのみ、小さくなった。経路 1 でも、標準偏差に関しては、同様の結果が得られた。

分散分析を行った結果を表 8 に示す。被験者内効果の検定結果より、交互作用は見られなかった。また、経路による差は有意でなかった。被験者間効果の検定結果より、提供情報による差は有意でなかった。多重比較を行った結果、経路 1 における地図情報提供時と誤情報提供時の間の差が、有意だった。

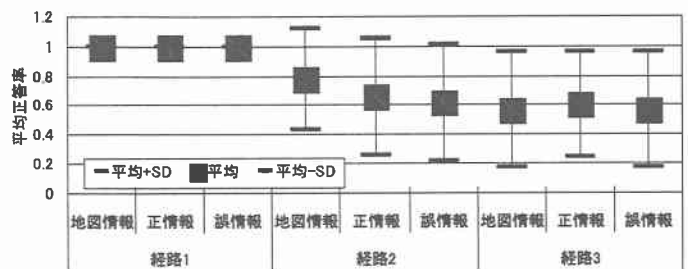


図 2 事前暗記—平均正答率

表 5 分散分析表（事前暗記—正答率）

被験者内効果	平方和	自由度	平均平方	F値	有意確率
経路	5.48	2	2.74	29.234	0
経路*情報	0.187	4	0.047	0.498	0.737
誤差	10.122	108	0.092		
被験者間効果	平方和	自由度	平均平方	F値	有意確率
情報	0.0815	2	0.041	0.398	0.673
誤差	5.526	54	0.102		

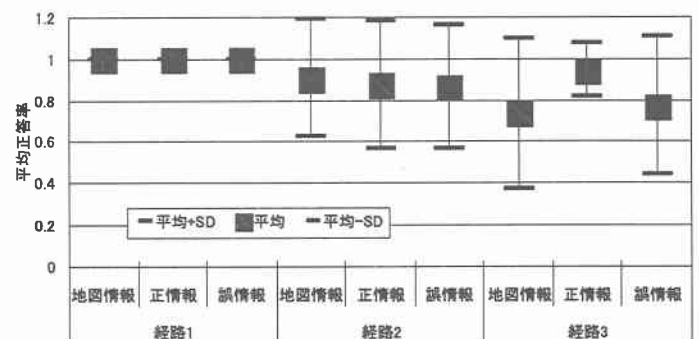


図 3 実走行—平均正答率

表 6 分散分析表（実走行—正答率）

被験者内効果	平方和	自由度	平均平方	F値	有意確率
経路	0.973	2	0.486	8.96	0
経路*情報	0.358	4	0.089	1.6448	0.167
誤差	5.864	108	0.054		
被験者間効果	平方和	自由度	平均平方	F値	有意確率
情報	0.131	2	0.0654	1.04	0.36
誤差	3.395	54	0.0629		

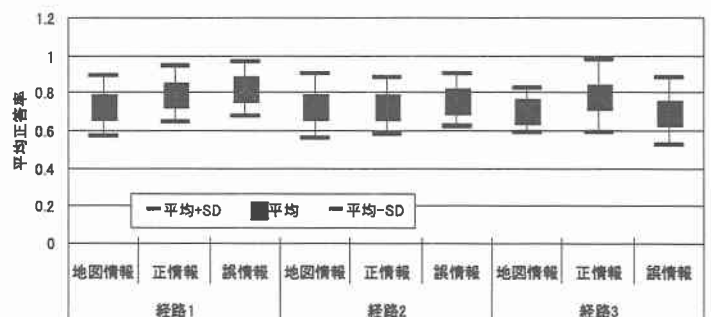


図 4 LED 課題—平均正答率

表 7 分散分析表（LED 課題—正答率）

被験者内効果	平方和	自由度	平均平方	F値	有意確率
経路	0.073	2	0.037	2.662	0.075
経路*情報	0.099	4	0.025	1.796	0.135
誤差	1.404	102	0.014		
被験者間効果	平方和	自由度	平均平方	F値	有意確率
情報	0.0534	2	0.027	0.594	0.556
誤差	2.294	51	0.045		

3.3 足し算課題－正答数

図6は、足し算課題の平均正答数をグループ間で比較した図である。経路1の正答数は、提供情報に関わらず、ほぼ同じ値となった。経路2では、地図情報・正情報提供時の正答数がほぼ同じくらいとなり、誤情報提供時の正答数のみ低い値となった。経路3では、正常法廷教示の正答数が最も高くなり、地図情報提供時の正答数が最も低かった。全ての情報提供形式において、経路1の正答数が最も高くなり、経路3の正答数が最も低くなった。

分散分析を行った結果は、表9に示す。被験者内効果の検定結果より、交互作用は見られず、経路による差は有意だった。被験者間効果の検定結果より、提供情報による差は、有意でなかった。また、多重比較を行った結果、地図情報提供時の経路1・3間の差が有意だった。

3.4 NASA-TLX 法

図7は、TLX法に用いた6項目の平均値をグループ別に比較したものである。ここで扱う評価値は、値が高くなればなるほど、被験者が感じた負荷が大きいことを示す。前に実験計画にて述べたように、情報提供形式は、被験者間変数であるため、各グループにより、評価基準値がことなった。そのため、経路の違いによる差は見られたが、提供情報による差は、見られなかった。分散分析結果でも同様の結果を得た。経路1、2、3の順に総合値が高かった。

4. まとめ

本実験では、3種類の情報提供形式が様々な課題に対して与える影響について検討してきた。その結果、正情報提供時には、経路3のような規則性を持たない経路において、正答数・正答率を高くした。また、地図情報や誤情報を提供した場合と比較すると、標準偏差が小さくなった。これより、音声情報の有効性を明らかにすることができた。

TLX法や経路選択、LED課題の反応時間等の結果では、経路が1,2,3と変化するにつれて、評価値が高くなり、また、正答率が下がる傾向にあった。このような点から、経路の複雑さは、運転者の経路選択に影響を与えることが明らかになった。また、経路の複雑さは、経路の規則性に何らかの関係を持つことも、同様の結果より、明らかになった。しかし、具体的に、どのような関係があるかまでは、今回の実験では明らかにできなかった。

短期記憶課題とワーキングメモリ課題の経路3における結果より、音声情報は短期記憶で処理され、地図情報はワーキングメモリで処理されるのではないかと考えた結果が得られた。しかし、現段階では、詳しい因果関係などが明白になっていないため、この点に関しては発表時にもう少し具体的な結論を述べたいと思う。

最後に、実験場所を提供してくださった手稲自動車学校様、そして、実験に協力してくださった被験者の方々、本当にありがとうございました。

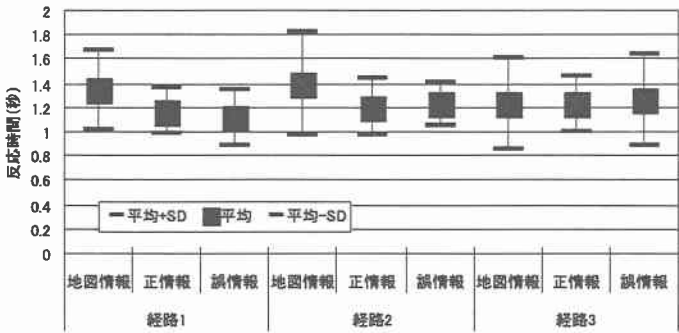


図5 LED 課題－反応時間

表8 分散分析表 (LED 課題－反応時間)

被験者内効果	平方和	自由度	平均平方	F値	有意確率
経路	0.202	2	0.101	1.453	0.239
経路*情報	0.488	4	0.122	1.756	0.144
誤差	7.087	102	0.0695		
被験者間効果	平方和	自由度	平均平方	F値	有意確率
情報	0.584	2	0.292	1.921	0.157
誤差	7.748	51	0.152		

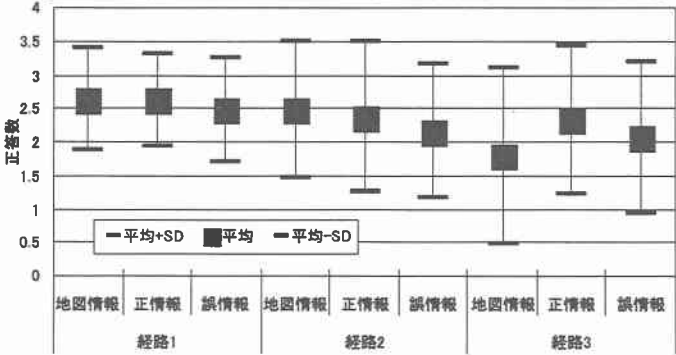


図6 足し算課題－正答数

表9 分散分析表 (足し算課題－正答数)

被験者内効果	平方和	自由度	平均平方	F値	有意確率
経路	7.906	2	3.953	4.702	0.011
経路*情報	2.62	4	0.655	0.779	0.541
誤差	90.807	108	0.841		
被験者間効果	平方和	自由度	平均平方	F値	有意確率
情報	1.31	2	0.655	0.474	0.625
誤差	74.667	54	1.383		

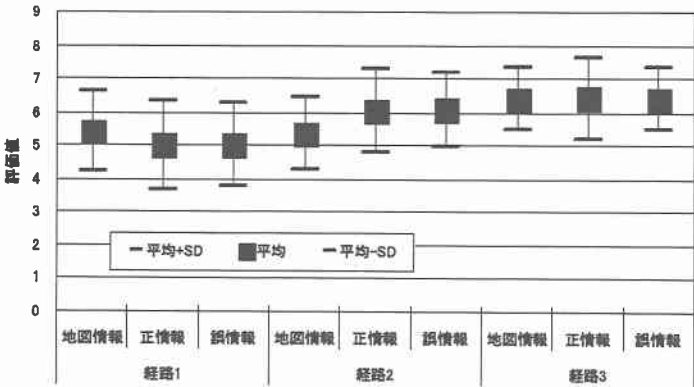


図7 NASA-TLX 法－総合値

参考文献

1) 中川剛士、萩原亨、内田賢悦、加賀屋誠一：道路情報獲得過程における運転者の情報処理に関する研究、土木計画学研究・講演集、No24, pp217-220, 2001