

ドライバーの内的情報処理における視覚的記憶に関する研究*

A Study on Visual Memory at Inner Information Processing of Driver*

魚津 宗** Roberto Abraham TOKUNAGA*** 萩原 亨****

By Tsukasa UOTSU**, Roberto Abraham TOKUNAGA***, Toru HAGIWARA****

1. ドライバーの内的情報処理

自動車を運転中のドライバーは、車両の運行に必要な不可欠なさまざまな情報を車両の外部（一部は車両の内部）から取り入れて車両の運行に役立てている。ドライバーが走行中に必要な情報としては、主に以下の5点があげられる。

- ・ 道路標識（信号、道路情報電光表示板を含む）
- ・ 歩行者の動き
- ・ 他車の動き
- ・ 車内の様々な計器類
- ・ 道路の線形、路面状態

運転走行中のドライバーが上記の情報を必要とするときの目的として、以下の3点が上げられる。

- ・ 確実に目的地に到着する
 - ・ 安全走行
 - ・ 道路状況（路面状態、道路の混雑状況等）把握
- 取り入れた情報は、しかる後まで運転者は記憶している必要がある。そして、車両の進行にあわせて、運転者は新しい情報を頻繁に最新の物にしてゆく。また、緊急回避など瞬時の判断時にも、非常に短い時間だが瞬間的な短期記憶を伴う。運転中のドライバーは、いかなる状況のときも必ず「情報入手」→「記憶」→「運轉動作」というタスクを常に行っていると言えよう。

*Key Words: 交通情報、交通安全、ITS

**正会員、工修、日本鉄道建設公団

（東京都豊島区西池袋 1 丁目 11-1、TEL:03-5954-5233
FAX:03-5954-5241）

***学生員、北海道大学大学院都市環境工学専攻

（札幌市北区北 13 条西 8 丁目、TEL:011-706-6214）

****正会員、工博、北海道大学大学院都市環境工学専攻

（札幌市北区北 13 条西 8 丁目、TEL:011-706-6214）

FAX:011-726-2296, E-mail:hagiwara@eng.hokudai.ac.jp)

ドライバーの内的情報処理の流れを図 1 に示す。

ドライバーは車外から得られるさまざまな情報を視認する（図 1-①）。視認した情報を読み取る（図 1-②）。読み取った情報が必要であるか、否かを判断し、不必要な情報は記憶から消去する（図 1-③-a、フィルタリング）。必要な情報は記憶に維持する（図 1-③-b）。記憶された情報を必要なものだけ再生する（図 1-④）。

この一連の情報処理過程の中で①・②・④については今までさまざまな定量的な分析・評価がなされている。①の分析・評価方法としては、注視点の測定として眼球運動の測定があげられる¹⁾。②の分析・評価方法として従来から多く利用されている「主観的評価」に加えて精神的作業負担（心電図や発汗測定による）のような定量的な計測・観測があげられる²⁾。また、④は車両の挙動を調べることによって、①、②の分析・評価の一環としてとらえられる。①・②・④の総合的な分析として大蔵³⁾らによって「提供情報量と判読性との関係についての一分析」がなされている。16mmフィルムを用いた地名判読実験では、文字数（地名数）が多くなるほど判読時間も長くなっていた。

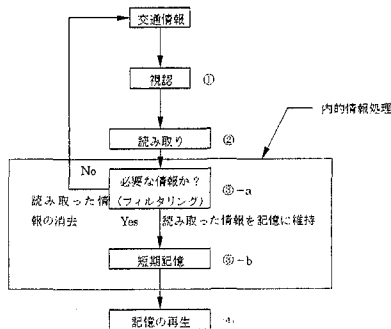


図 1 ドライバーの視覚的情報処理図

このように、①・②・④については、既存の研究が存在するが、③についての研究は少ない。これは記憶のメカニズムが医学的に解明されても、フィルタリング・記憶動作・記憶の再生を定量的に取り扱うのが困難であるからに他ならない。

フィルタリングについては、個人によって情報の選択の基準（重要度など）が違うため本研究では扱わないが、その後の処理について、つまり「フィルタ動作が終わった」と仮定して、ドライバーは提供される情報をどのくらい記憶し、どのくらい保持できるかについて、ドライバーの内的情報処理に関する短期記憶容量を知る必要がある。そして、その研究の中で定量的評価を行うために、記憶の対象となるものの情報の大きさを調べる定量的な指標について検討する必要がある。

2. 短期記憶

山田ら⁴⁾によれば、人間の記憶のうち、意識的かつ即時的な記号処理に用いられる部分があると考えられており、それを短期記憶と言う。短期記憶は表象を意識に上った状態で保持するための（仮想的な）記憶構造である。Brown⁵⁾と Peterson⁶⁾らは、短期記憶の記憶率の低下に関して一連の実験を行い、長期記憶とは異なる一時的な記憶構造を人間が持っていることを示した。3桁の連続する数字を記憶させた被験者は記憶のリハーサルをさせない状況にて、20秒後には記憶がほとんど0近くまで欠落することを示した。

一方、Miller⁷⁾は、人間が保持できる短期記憶容量について検討した。Millerは、短期記憶する項目のことを「chunk」と定義した。1文字を1chunkとみなすならば直接記憶の範囲は数文字であるが、もしいくつかの文字を一つの単語に再符号化してこれを1chunkとみなすならば、人間の直接記憶の範囲としてより多くの文字、つまりより多くの情報量を保持できることを示した。

また、Miller⁷⁾は、被験者に短時間で記憶させる実験を行い、記憶の衰えについて調べることによって記憶の容量の限界を証明した。提示された対象を記憶するのに十分な時間を与えられ、5～9 chunk

を記憶した被験者は、一定時間後に記憶の維持が0まで衰えることがわかった。他の研究成果と合せて検討した結果、人間が短期に記憶できる「chunk」の個数の限界は、 7 ± 2 個であることを示した。

3. 内的情報処理に関する研究

ここまで、記憶の対象となるものの情報の大きさを検討する必要性を示した。情報の大きさについてさまざまな研究がなされている。

画像情報と提示時間の関係は、難波⁸⁾により研究された。難波⁸⁾によれば画像の情報量は表示されている文字や項目を数え上げることで定義した。そして、かな文字1文字は6ビット、項目は14ビットの情報量に相当すると述べている。かな文字で数える理由は、人間が画像を認識する場合に識別したものを一度音声に変換して認識しているのではないかとこの仮定に基づいている。

例えば、案内標識に「千葉」と「東京」があったとき、難波⁸⁾の定義を用いると、「東京」の方が情報量が多くなる。しかしながら、ドライバーは実際に地名の記憶の際に、二つの地名に表示量の差を感じておらず、二つの地名をそれぞれ記憶する精神的負担は変わらないと推察できる。極端に長い地名、あるいは一般に知られていない地名を除いた場合において、一つの地名は同じ表示量として定義できるのではないかと。

また、国際交通安全学会108プロジェクトチーム⁹⁾により、道路標識の情報量とドライバーの視覚情報処理についての研究がなされている。その結果、

- ・標識が伝えようとする情報が多すぎると正答率が低下する。
- ・視覚ノイズが大きいと、標識自体が含む情報数が適切であっても正答率は低下する。
- ・情報数も限界を超えず、視覚ノイズが少なくても、標識の内容（文字、方向の示し方など）が多義的、曖昧なものは、標識板そのものは検出できても誤認されるか、または意思決定に時間がかかる。しかしながら、この研究は情報数の定義が曖昧で、根拠がはっきりしていない。

4. 本研究の目的

本研究の目的は、運転者が視覚的に読み取った情報を一度に記憶できる限界表示量を調べる。そして情報を記憶してから読み出すまでの時間によって記憶がどれだけ衰えるかを表示量毎に調べる。このことを調べるために、提供されている情報の一例として道路標識を取り上げ、道路標識の表示量として「chunk」を用いて表現し、定量的な検討を行った。

5. 「chunk」を用いた提供情報量の定義

既存の情報量定義の問題点から、実際のドライバーの記憶方法を考慮した情報量の定義が必要である。そこで本研究では、2章で紹介した Miller⁷⁾ の短期記憶の方法で取り上げた「chunk」を用い、標識の表示量を「chunk」を用いて表す事にする。そして、各種の標識について統一した表示量の定義「何を1chunk とするのか」が必要となる。

以下は、各標識に対する表示量の定義である。

(a) 案内標識

案内標識は、方向を示すデザインと各方向の行く先を示す地名を表示している。もちろん地名については1地名で1chunk であるが、それと方向をどう関連させるのかが問題である。ドライバーの考え方としては、方向先の地名を覚えてなくても交差点の形態を覚えている事が多い事から、方向と地名を切り離して考えた。つまり方向を全体で（何方向であろうとも）1chunk とした。また、各方向に路線番号が挿入されている場合、その路線番号一つ一つを1chunk とした。

(b) 規制標識

デザインそのものがシンボライズされていることから標識一種類を1chunk とした。また、補助標識については、補助標識一種類を1chunk とした。

(c) 各種情報電光表示板

これはほとんど文章主体であることから、一品詞を1chunk とした。ただし意味をなさない助動詞、助詞、接続詞はchunk とみなさない。

6. 実験

(1) 実験手法

本研究では運転者による情報の記憶について調べるために、実験はパソコンのディスプレイ上で室内にて行った。被験者は、道路標識の種類や表示量を変えた画面を記憶し、表示した標識の内容を全て紙面に筆記にて回答した。被験者は、20代から50代までの32名であった。表1は、被験者構成別の人数について示した。プロドライバーは、トラックとタクシーのドライバーであった。

被験者は、マウスでボタンをクリックすることによって、本のページをめくるような感覚で次の問題に移ることができる。設問は全部で25問～26問、1実験に約30分を要した。設問の並びは実験毎及び被験者毎にランダムに替えた。設問をランダムに並び替えた理由は、設問の並びによる影響を避けるためである。なお、標識の表示時間は、情報の読み取り→記憶の時間として2.5secに固定した。また、標識を表示してから回答させるまでの間に、標識の内容とは関連のない質問を被験者に与えた。これは、室内実験で実際の運転状況に近い作業負担を与えるためである。

(2) 実験内容

表2～表5に示すように室内実験は、それぞれ異なる実験目的を持った4つのグループに分けて実験を行った。被験者はそれぞれのグループで異なる被験者を用意した。ただし4つのグループの結果に関連性を持たせるために、4つの実験全てを行う被験者が5名含まれていた。実験で実際に使用した標識の一部を図2～図6に各グループごとに示す。同じ質問について、記憶してから回答してもらうまでの経過時間の違いによる正答率を調べる実験、および同じ経過時間についての標識表示量の違いによる正答率を調べる実験を行った。

本実験の内容と目的をまとめて示す。

(a) 表示量と正答率の関係:①②グループの実験から、各標識の表示量毎の正答率を調べる。

(b)経過時間が正答率に及ぼす影響：①グループの実験から、経過時間による記憶の衰えを表示量ごとに調べる。

(c)標識の混在状態における表示量と正答率の関係：実際の道路上には、複数種の標識が同時に表示される事が多い。③グループの実験から、標識の混在状態において被験者が一度にどれだけの標識を記憶する事ができるのか検討した。

(d)地名数の増減および一地名あたりの文字数の増減が正答率に及ぼす影響：5章で案内標識の表示量について、地名一つで 1chunk、また路線番号が挿入されるとき、路線番号一つ一つを 1chunk と定義した。しかし、地名について一地名 2 文字の場合と、一地名 3 文字の場合によって chunk の定義を変える必要が無いのかどうか、検討する必要がある。その検討方法として、②グループにおいて、一地名 2 文字の場合の正答率と一地名 3 文字の場合の正答率を比較した。また、②グループの実験から路線番号の挿入が正答率に及ぼす影響の実験を行った。

(e)作業負担の有無が正答率に及ぼす影響：①～③グループの実験において標識とは関係ない質問を与えたが、その質問が正答率に及ぼす影響を検討する必要がある。①グループの結果と④グループの結果から、質問の有無が正答率に及ぼす影響を調べた。

7. 実験結果

(1) 標識の表示量による正答率

図 7 は、規制標識の表示量による正答率である。但し、補助標識は挿入していない。実験結果から 2chunk までは、正答率が 100% であった。3chunk 以上になると正答率にばらつきが生じてくるが、全体的に平均値に着目すると、表示量が増加するほど正答率が減少している事が分かった。

図 8 は、補助標識を含んだ規制標識の表示量による正答率である。図 7 の補助標識の無い場合と比較して、正答率が低下しているが、2chunk までは、正答率が 80% 以上の高い値を示していた。表示量が増加するほど正答率が減少している事が分かった。

表 1 被験者構成人数

構成	人数	計
学生	14 人	32 人
一般ドライバー	6 人	
プロドライバー	12 人	

表 2 ①グループ

実験目的	・経過時間と記憶の衰えの調査 ・表示量による正答率の調査
使用した案内標識	
案内標識に用いた地名	
使用した規制標識	1 ～ 5 chunk の規制標識を用いた
経過時間	1, 10, 20, 30sec

表 3 ②グループ

実験目的	・表示量による正答率の調査 ・地名数、文字数の増減、路線番号の挿入による正答率の調査 (案内標識)
使用した案内標識	
案内標識に用いた地名	 地名数は 1～3 地名
使用した電光表示板	1,3,5,7,9chunk の電光表示板
経過時間	10sec に固定した

表 4 ③グループ

実験目的	・標識の混在状態における表示量と正答率の関係
使用した標識	①、②グループで表示した標識を組み合わせて用いた
経過時間	10sec に固定した

表 5 ④グループ

実験目的	・質問の有無の正答率への影響
使用した標識	①グループと全く同じ
実験内容	質問を省いて①グループと全く同じ設問を使用し、質問有りの①グループの正答率と比較する。
経過時間	1, 10, 20, 30sec

但し、表示量が少ないときにも正答率にばらつきが生じており、表示量が少なくても補助標識を含む事によって全く思い出せない被験者が生じている事が判った。

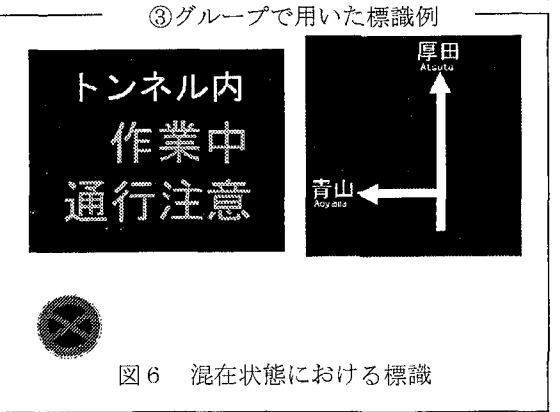
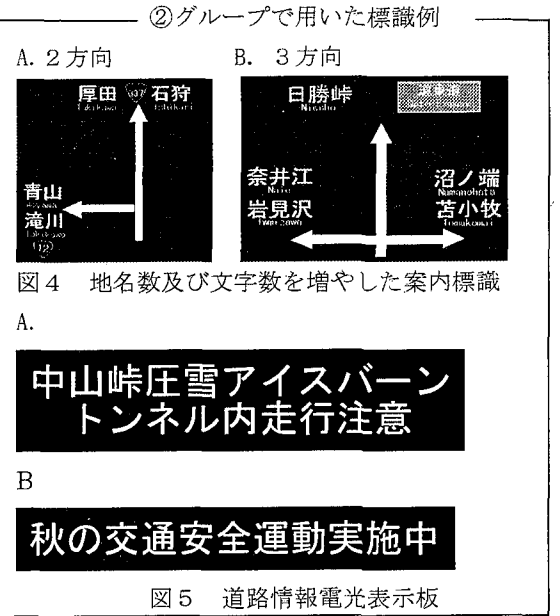
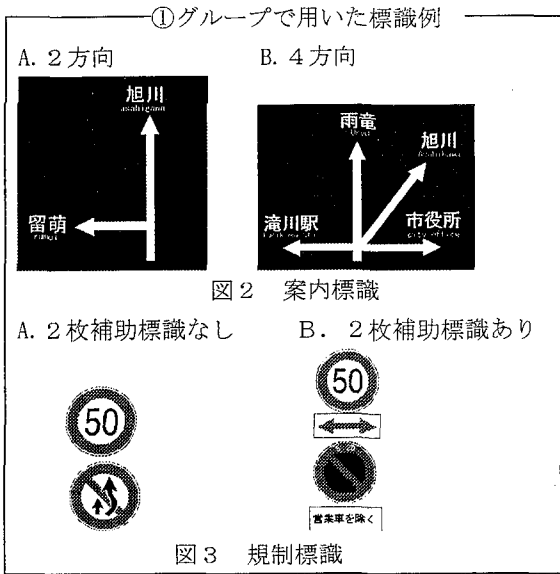
図9は、各種情報電光表示板の表示量による正答率である。表示量が増加するほど正答率が低下しているのが判った。表示量別に見ると、5chunkまでは正答率が80%以上の高い値を示し、5chunkより表示量が増加すると、正答率が大きく低下している事が判った。

(2) 設問からの経過時間による正答率
図10は、2方向(表示量は3chunk)の案内標識の経過時間による正答率を示したものである。経過時間が増加すると正答率が減少する事が分かるが、減少する割合は小さい。これは、経過時間を要因とした分散分析の結果からも有意差は認められなかった。経過時間が増えても80%以上の高い正答率を示している事が判った。

図11は、5方向(表示量は6chunk)の案内標識の経過時間による正答率を示したものである。経過時間の増加に伴い、正答率が大きく低下していることが判り、分散分析の結果からも正答率に有意差が見られた。全体的に正答率は、50%以下と低い水準に留まっている事が判った。

(3) 標識の混在状態における表示量と正答率
図12は、標識の混在状態における表示量毎の正答率の結果である。表示量の増加にしたがって平均正答率が低下している事がわかった。しかしながら、表示量が一番少ない2chunkでも平均正答率が80%強となっており、1節及び、2節の標識の単独表示における正答率と比較して、正答率が低下していることがわかった。そしてそれぞれの表示量について正答率のばらつきが非常に大きかった。

(4) 地名数の増減および一地名あたりの文字数の増減による正答率
図13は、2方向の案内標識の結果である。2文字と3文字との比較では、どの地名数においても地



名の文字数による正答率の差は見られなかった。分散分析の結果からもそれぞれの地名数において有意な差は見られなかった。図 14 は、3 方向の案内標識の結果である。2 文字と 3 文字との比較では、いずれの地名数においても地名の文字数による正答率の差は見られなかった。分散分析の結果からもそれぞれの地名数において有意な差は見られなかった。

以上の結果から、本研究の範囲内ではあるが、一地名 2 文字と 3 文字が短期記憶に与える影響は小さく、どちらの場合も 1 chunk と考えることができた。

(5) 作業負担の有無による正答率の差

図 15 は表示量毎の質問の有無による比較である。結果から質問を与えた実験の結果のほうが質問を与えない実験の結果よりも正答率が低下している事が判った。分散分析の結果からも質問の有無によって正答率に有意な差が認められた。よって質問を与える事によって被験者に作業負担を与える事ができたといえる。

8. 考察

(1) 表示量と記憶の低下について

図 16 は、各標識における表示量 (chunk 数) ごとの正答率を表したものである。それぞれ一点が 15 人の被験者の平均正答率を示している。この結果から、どの標識も表示量が増加するに連れて正答率が低下していくことがわかる。

(2) 表示量と記憶の限界量について

図 17 は、各標識における表示量 (chunk 数) ごとの累加百分率 (正答率度数) を表したものである。これは、表示量毎にすべての標識の正答率をまとめたものである。ただし、条件を等しくするために、全て質問を与えた標識、表示時間が 10 秒の標識を取りまとめたものである。また、全ての標識を同一のグラフ上に表すことができるのかどうかを調べるために、標識の単独表示の場合と混在表示の場合による分散分析を行った。その結果、5 chunk までは、標識を単独表示させた場合と標識の混在の場合との正答率に差は見られないが、6 chunk 以上は、有意な差が見られた。

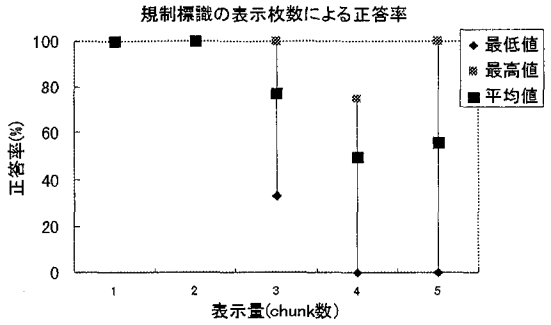


図 7 規制標識の表示量による正答率

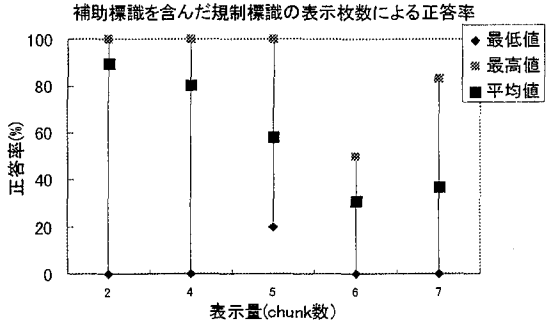


図 8 補助標識を含んだ規制標識の表示量による正答率

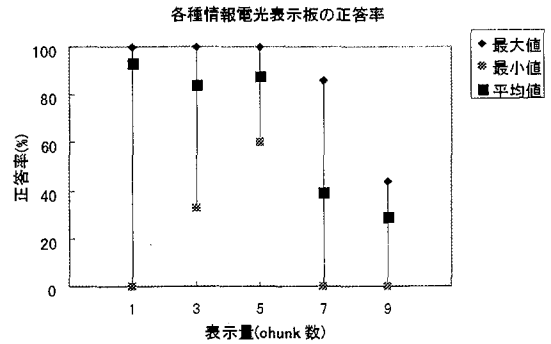


図 9 各種情報電光表示板の表示量による正答率

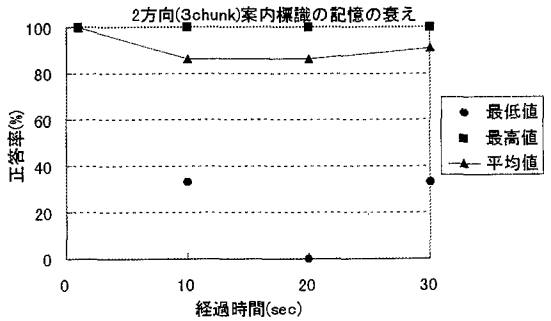


図 10 経過時間による 2 方向案内標識の記憶の衰え

よって、累加百分率（正答率度数）は、5chunk までの曲線を示し、5chunk までの表示量について検討する。参考までに 6chunk の曲線も併記しておく。図 17 から、85パーセントタイル値で検討すると、ドライバーが完全（正答率 100%）に記憶できる表示量は 1 chunk となった。また、50パーセントタイル値で検討すると、ドライバーが記憶できる表示量は 3 chunk 以下となった。

(3) 経過時間と記憶の衰えについて

図 18 は、表示量毎の経過時間による正答率を示したものである。グラフ上の一点は 15 人の被験者の平均正答率を示したものである。経過時間による正答率の減少の割合が非常に小さいことが判った。この理由として、本研究において記憶の対象としたものが標識であることが要因であると考えられる。

なぜなら標識は、ドライバーにとって既に記憶されているからである。そのためドライバーは時間がたつにつれて標識の記憶が薄れづらかったと言えよう。案内標識の地名についても同様であった。ドライバーが案内標識について必要としている情報は、自分自身の目的地の方向である。ドライバーにとって目的地は事前に記憶している既知の地名であるから、その方向との突き合わせだけで済む。よって比較的記憶が低下しにくい。本研究においても、実験に用いた案内標識の地名は、北海道内の都市名を用いている。

9. まとめ

短期記憶における標識の表示量の指標として「chunk」を提案し、標識の短期記憶について「chunk」と正答率の関係を表すことができた。実験結果から、実際の運転時における作業負担に近い質問ありの場合で、3chunk まではどの標識もほとんどの運転者が記憶可能な標識となっている。経過時間による記憶の低下も、あまり見られなかった。また、4 chunk 以上の表示量になると完全に記憶している被験者の割合が 50%以下となり、運転者にとってあいまいな記憶となっていた。時間の経過に比例して記憶も衰えていた。よって、視覚探索終了後に運転者が一度（2.5sec）に短期記憶できる最大

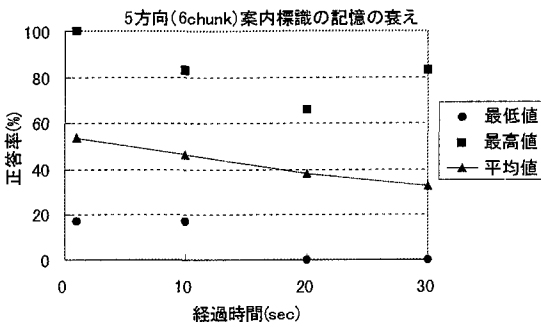


図 11 経過時間毎の 5 方向案内標識の記憶の衰え

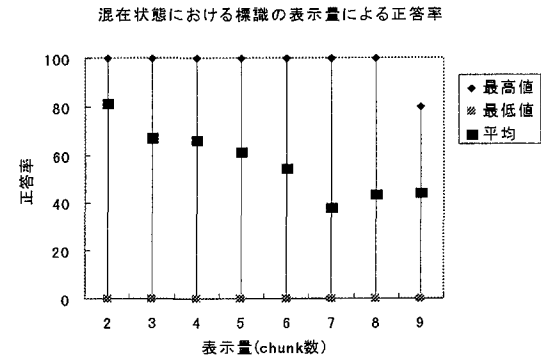


図 12 標識の混在状態の表示量による正答率

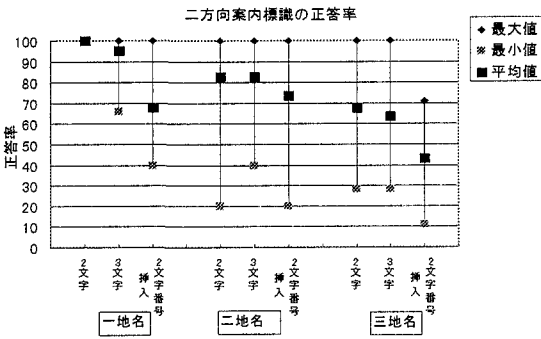


図 13 2 方向案内標識の文字数、地名数の増減による正答率

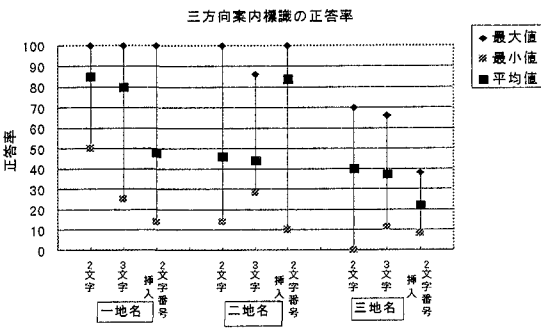


図 14 3 方向案内標識の文字数、地名数の増減による正答率

の表示量は 3chunk 以下となろう。2 章で紹介した Miller⁶⁾ らによる実験の結果と比較すると、経過時間による正答率の低下の割合、表示量の増加に伴う正答率の低下の割合が、類似した傾向を示していた。記憶限界の chunk 数に差が見られた原因は、被験者が対象を記憶するために与えられた時間の違いにあると言えよう。本研究において、被験者が対象を見る時間は 2.5 秒と短く、与えられた chunk 全てを記憶できなかった。

近年になりカーナビゲーションシステムや ITS など、ドライバーに道路情報を提供する様々な手段が開発され実用化されている一方で、ドライバーに提供される情報量が増加してきている。運転走行中のドライバーにとって短時間にどのくらい情報を理解し、記憶の中に保持できるかについての検討は、この先ますます重要になろう。

参考文献

- 1) 萩原・加来：運転者の注視点とその評価に関する研究、土木計画学研究論文集、Vol.6、1988
- 2) 大門・川嶋：車載情報システムの評価における新たな視点、自動車技術会、前刷集 952、1995
- 3) 大蔵・宇留野・内海：案内標識の情報量に関する一分析、交通工学、Vol.16 No.3、1981
- 4) 山田・橋田：短期記憶の有限性を考えた言語操作のモデルについて、情報処理学会第 27 回全国大会、1983
- 5) Brown,J.: Some tests of the decay theory of immediate memory. Quarterly Journal of Experimental Psychology,10,12-21,1959
- 6) Peterson,L.R. et. al.: Short-term retention of indivisual verbal items., Journal of Experimental Psychology, 58, 193-198, 1959
- 7) Miller,G.A.: The magical number seven plus or minus two; Some limits on our capacity for processing information. Psychological Review , 63,81-97,1956
- 8) 難波誠一：画像情報量と提示時間、NHK 技術研究、Vol.35,No.163, 1983
- 9) 国際交通安全学会 108 プロジェクトチーム案内標識の有効性に関する実証的研究、国際交通安全学会誌 Vol.6 増刊号, 1980

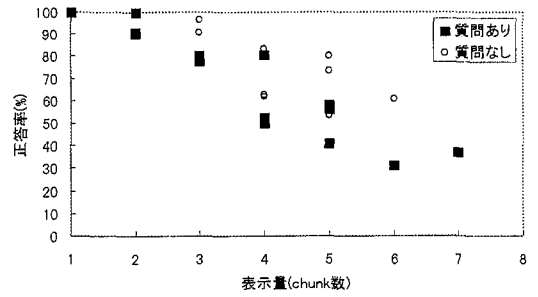


図 15 質問の有無による表示量毎の正答率

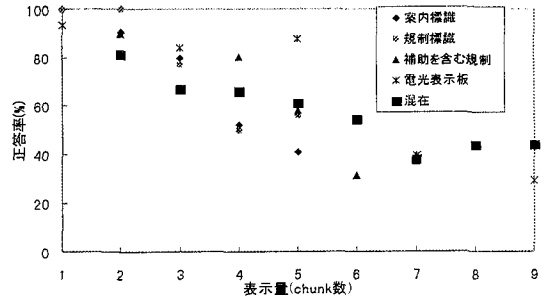


図 16 表示量による各標識の正答率

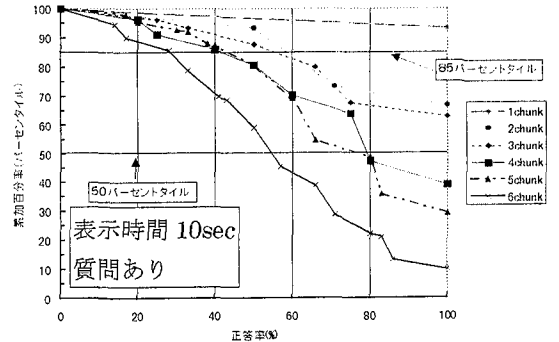


図 17 表示量毎の累加百分率 (正答率度数)

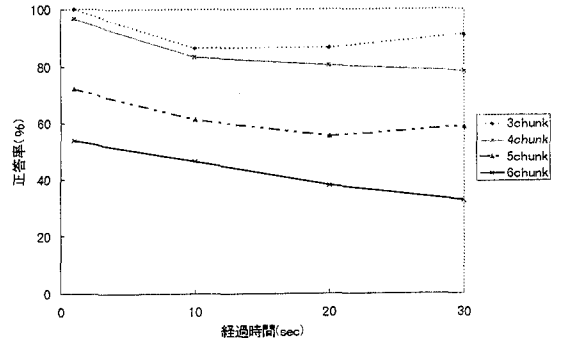


図 18 表示量ごとの経過時間による正答率 (質問あり)

概要

ドライバーは、自動車運転中に「車両の運行に必要な情報の入手」→「短期記憶」→「運転動作」というタスクを常に行っている。ドライバーは、提供される情報をどのくらい記憶し、どのくらい保持できるかについて、ドライバーの内的情報処理における、短期記憶容量を知る必要がある。本研究では、記憶の対象物の情報の大きさの指標として、Millerの理論による「chunk」を適用することを提案する。記憶の対象物として道路標識を用い、短期記憶容量の定量的な評価を室内にて行った。その結果、ドライバーにとって時間が経過しても記憶が衰えることもなく、記憶の維持が可能な標識の表示量は3chunk以下であることを示した。

ABSTRACT

The present study estimates a capacity of driver's short-term memory in terms of the informational value of road traffic signs. Miller(1956) proposed the concept of a chunk. The capacity of short-term memory is 7 ± 2 chunks of information. The present study defines a number of chunks corresponded with each road traffic sign. Experiments using in the latest computer technology conducted how many chunks subjects can memorize during 2.5 seconds. Findings indicated that subjects could memorize less than 3 chunks, and retention interval had a little effect on decreasing a number of memorized chunks.