

# 自動車運転者の情報処理に関する研究（第3報）

- 視覚情報獲得量に及ぼす走行時の運転負荷の影響 -

自動車安全研究領域 関根道昭 森田和元 益子仁一 岡田竹雄

## 1. まえがき

近年、自動車のナビゲーション装置の出荷台数が増加しており、2002年の国内出荷台数は222万台に到達している。ナビゲーション装置は運転者のわき見運転や注意力の散漫を引き起こすおそれがあるため、その安全性について十分に検討される必要がある。装置の操作性については、オクルージョン法がISOにおいて標準的な評価方法として審議されつつある。一方で、装置の視認や情報獲得に関する安全性について、標準的な評価方法は未だ確立していない。本研究は、ドライバが運転中に装置を見るときに視認時間と、そのときドライバが行う情報処理について考察し、安全性評価の基礎資料として役立つようとするものである。

運転者が車載のナビゲーション装置を走行時に見る場合には、一度に長時間見るのではなく、前方の安全を確認しつつ短時間反復して必要な情報を読みとることが多い<sup>1)</sup>。このような場合に実際に表示情報を見ている時間が同一であったとしても、一度に長時間見る場合と、短時間反復して表示情報を見る場合とで、獲得できる情報量が異なるであろうかという疑問が生じる。

この点について、すでに著者らは室内実験により、実際に表示を見ている時間だけではなく、その間の時間も情報獲得量に関係する場合のあることを明らかにしてきた<sup>2,3)</sup>。たとえば、運転中に表示装置を数回に分けて見ることを想定して、図1に示すように、0.5秒の表示を2秒間隔で4回反復して読みとる場合を考える。この場合、実際に表示を見ている時間（以下、「合計表示時間」という）は0.5秒×4回=2.0秒であるが、表示の最初から最後までまでの時間（以下、「総表示時間」という）は、表示の間の時間および視線移動時間（この場合一回につき5/30秒）を含んだ0.5秒×4回+2秒×3回+5/30×6回=9.0秒となる。表示の間の時間において、被験者に

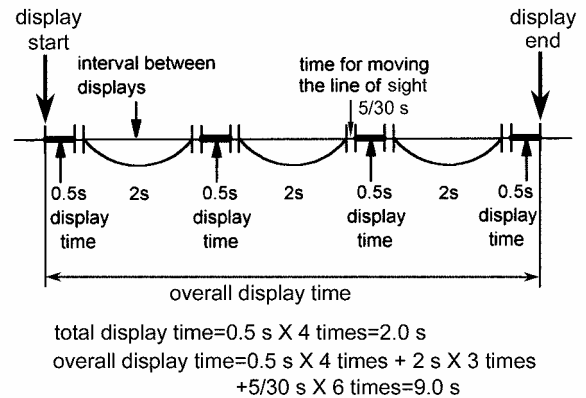


Fig.1 An example of display patterns

対して特に何も行わせない場合には、情報獲得量は総表示時間によって一意に決定されることを室内実験により既に明らかにした<sup>2)</sup>。この結果は、表示を実際に見ていない時間も情報獲得に有効であり、獲得した情報のリハーサル等が行われていることを示唆している。事実、表示の間の時間において、被験者に暗算作業を行わせて情報のリハーサルを妨害した場合には、獲得情報量は実際に表示を見ている時間である合計表示時間によって一意に決定されることが別の室内実験により明らかとなった<sup>3)</sup>。

以上の知見は、室内実験によるものであり、実際の運転時の状況を必ずしも再現しているわけではない。運転者が走行時に表示情報を反復して読む場合に、情報獲得量は実際に見ている時間によって決定されるのか、あるいは、表示の間の時間も関係するのかを明らかにすることが、本研究の目的である。

## 2. 実験内容

テストコース（埼玉県熊谷市）において乗用車を被験者に運転させ、車室内の表示装置に表示される地名を読みとらせた。被験者は乗用車を運転して60km/hの速度となるまで加速し、同乗する実験者がパソコン操作により表示装置に地名群を一定時間表

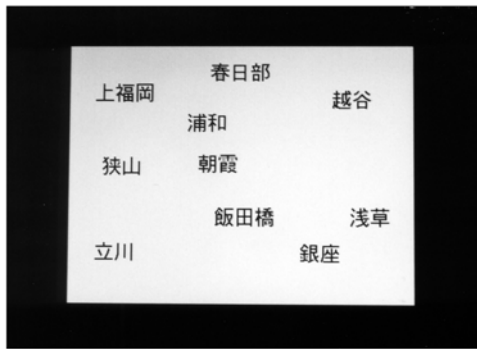


Fig.2 An example of display images

示した。地名群が消えたあと、被験者は車両を停止し、実験者に対して記憶した地名を口頭で伝えるという試行を繰り返した。この際、実際の交通状況を模擬するために、車間距離 20～30mをあけて先行車両を走行させた。

表示装置（液晶ディスプレイ）の取り付け位置に関しては、被験者のアイポイントから見て左方向に 40 度、下方向に 28 度の位置にその中心がくるようにした。液晶ディスプレイの中に 6 インチサイズの表示部分を設定し、その中に 10 個の地名を白色背景に黒文字として表示した（図 2）。文字の大きさは縦方向 6mm であった。

表示時間については、実際のナビゲーション画面の読みとりが必要となる時間を考慮して、1 秒、3 秒、6 秒、10 秒、15 秒の 5 種類とした。これらの表示時間について、各被験者に 6 回ずつ計 30 回無作為の順序で提示した。なお、地名群が表示される前に予告音としてブザー（ビープ音）を 0.3 秒間鳴らし、0.4 秒の空白のあと地名群を表示した。地名群が表示されている間、被験者は前方の安全を確認するために視線を前方に戻すことを繰り返しながら、地名を読みとっていた。

10 個の地名から構成される地名群については、35 種類を事前にパソコン内に作成して用意しており、これを毎回の試行ごとに表示した。実験を行った埼玉県地方を中心にその周辺地域から地名を選択し、おおよそ現実の地理的な位置関係を考慮して地名を配置した。実験にあたっては、練習走行を 5 回実施した後、本番走行を 30 回行ったので、計 35 回の試行となった。各試行に、上述の 35 種類の地名群を用いた。

被験者は 11 名（男性 6 名、女性 5 名）、平均年齢

は 22.5 歳（標準偏差 2.2 歳）であった。実験時の記録に関しては、被験者の顔面を 2 方向から撮影し、表示装置、前方風景の画像とともに 4 画像を 1 枚の画面に合成してビデオ画像として記録した。実験終了後、ビデオ画像をデジタル信号として解析用パソコンに取り込み、被験者の目の動きを確認しながら（1 フレームの時間分解能は 1/30 秒）、表示装置を見ている時間を解析した。

### 3. 実験結果

#### 3.1. 解析方法

今回の走行実験においては、被験者が実際に車両を運転しながら表示装置のほうに繰り返し視線を向けることになるので、表示装置を見ている時間は被験者に任せられることとなり、事前に実験条件として設定することができない。したがって、実験終了後のビデオ解析により合計表示時間と総表示時間とを求めることとした。ここで、表示装置を見ている時間を問題にするので、「合計表示時間」という表記ではなく、「合計視認時間」という表記が適切であるとも考えられるが、過去の室内実験時の解析結果とあわせるため、「合計表示時間」、「総表示時間」という表記をそのまま使用する。ここで、地名群の表示開始時間、表示終了時間および実際に被験者が表示装置を見る時間との関係で、図 3（2 回反復して読みとった例）に示すような 4 種類のケースが考えられる。なお、図中の太線は視線が前方風景と表示装置との間を移動することを表す。

ケース 1 は、被験者が前方を見ているときに表示が開始され、また、前方を見ているときに表示が終了する場合である。ケース 2 は、被験者が表示装置を見ているときに表示が開始され、前方を見ているときに表示が終了する場合である。ケース 3 は、前方を見ているときに表示が開始され、表示装置を見ているときに表示が終了する場合である。ケース 4 は、表示装置を見ているときに表示が開始され、表示装置を見ているときに表示が終了する場合である。

いずれの場合も、実際に表示装置を見始めてから見終わるまでの時刻を考慮して、図 3 に示す合計表示時間（=A+B）と総表示時間（=A+B+C、ここで C は視線移動時間を含む）とをビデオ画像を解析することにより求めた。

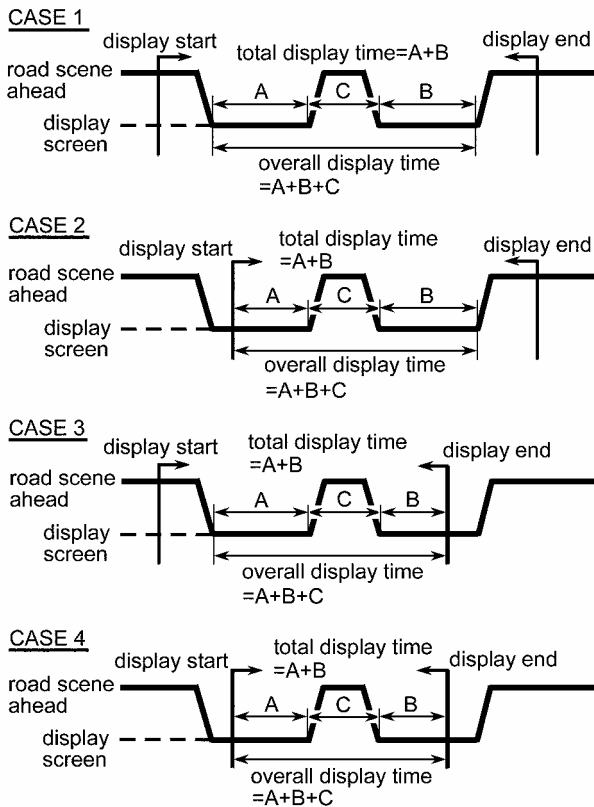


Fig.3 Total display time and overall display time in case of driving test

### 3.2. 実験結果

被験者が読みとって回答した地名数は、計 1287 件であり、そのうち正答したものは 1255 件 (97.5%) であった (表 1)。いずれの実験条件においても高い正答率を示しており、以後の解析にあたっては正答したものを扱うこととする。

読みとり地名数を縦軸に、合計表示時間を横軸にとったものを図 4 に、同じく総表示時間を横軸にとったものを図 5 に示す。読みとり地名数は最小 1 個から最大 7 個までに分布した。

Table 1 Ratio of correct answers

display time (s)	No. of answers	No. of correct answers	No. of incorrect answers	Percentage of correct answers
1	173	167	6	96.5
3	238	233	5	97.9
6	267	258	9	96.6
10	283	278	5	98.2
15	326	319	7	97.9
total	1287	1255	32	97.5

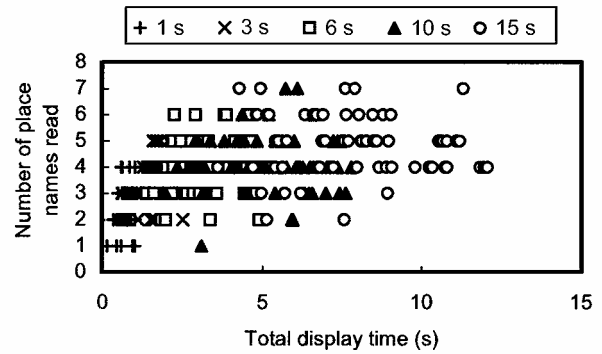


Fig.4 Number of place names read with respect to total display time

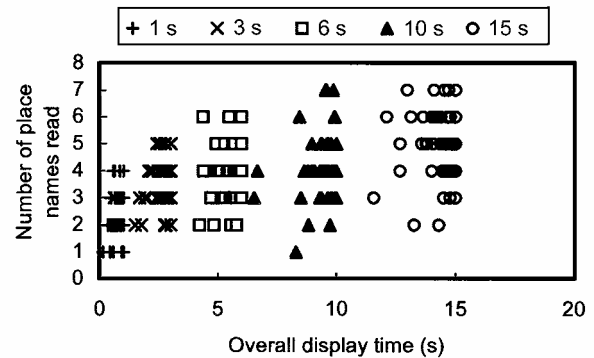


Fig. 5 Number of place names read with respect to overall display time

### 4. 考察

#### 4.1. 先行研究の結果

本研究における走行実験の結果を先行研究<sup>2), 3)</sup>における室内実験の結果と比較するために、表示の間の時間が、どの程度有効に情報獲得のために利用されていたか評価するための寄与度を計算した。その前に先行研究の結果について説明する。

過去に行った室内実験においては、合計表示時間、総表示時間をあらかじめ実験条件として設定することができた。参考文献 2 の実験結果を再録すると、図 6 (合計表示時間について整理)、図 7 (総表示時間について整理)となる。この実験においては、被験者に特に副次的な負荷を与えていなかった。

また、副次的な負荷の影響の有無を調べた別の室内実験 (参考文献 3) においては、無負荷の条件のほか、表示の間の時間において被験者に暗算作業を行わせた。これは、パソコンから一桁の数字を音声により伝え、被験者はその数字から 3 を引いた数字をすぐに口頭により回答するという作業である。

無負荷の場合の読みとり地名数の結果を示すと、

図8 (合計表示時間について整理), 図9 (総表示時間について整理)となる。また, -3の暗算作業を行わせたときの結果は, 図10 (合計表示時間について整理), 図11 (総表示時間について整理)となる。また, 図示をしていないが, 一部の被験者に -1の暗算作業を行わせた結果も, -3の暗算作業を行わせ

たときと同様の結果となった。

以上の結果をみると, 無負荷の場合には読みとり地名数は総表示時間により一意に決定され, 約2秒以上のデータについては総表示時間に比例して読みとり地名数が増加している。いっぽう, 副次的な暗算負荷のある場合には読みとり地名数は合計表示時

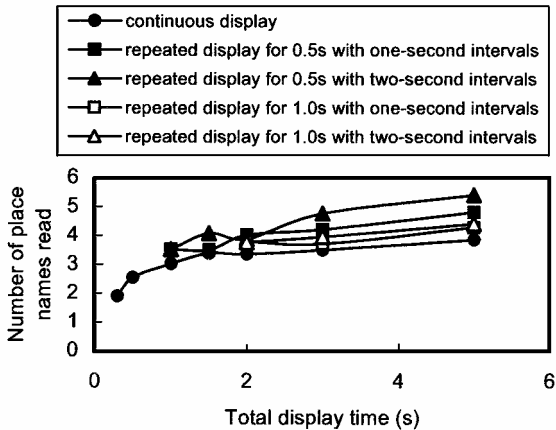


Fig.6 Number of place names read with respect to total display time without subsidiary task (ref.2)

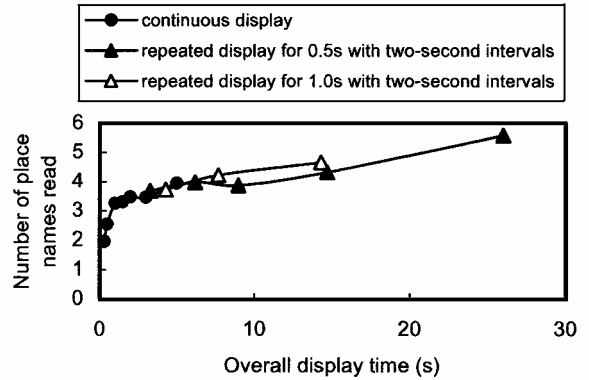


Fig.9 Number of place names read with respect to overall display time without subsidiary task (ref. 3)

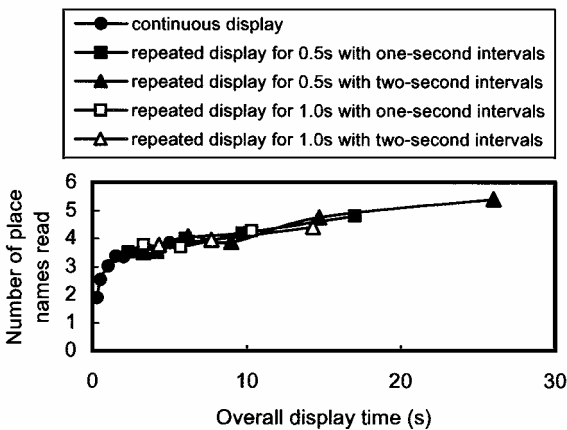


Fig.7 Number of place names read with respect to overall display time without subsidiary task (ref. 2)

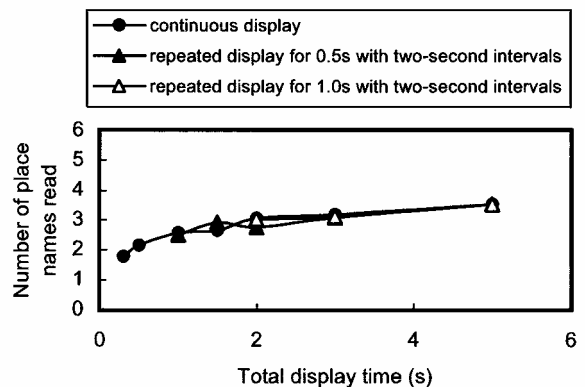


Fig.10 Number of place names read when conducting mental calculation of minus 3 (Lateral axis is expressed by total display time)

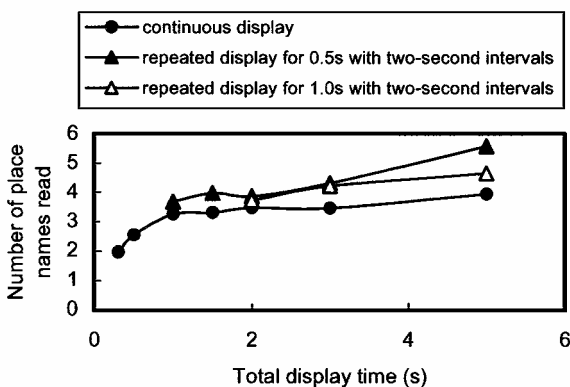


Fig.8 Number of place names read with respect to total display time without subsidiary task (ref.3)

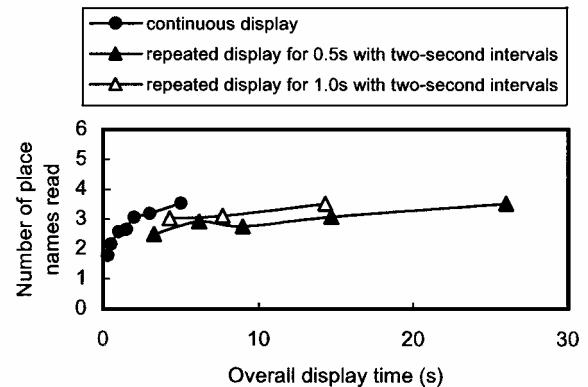


Fig.11 Number of place names read when conducting mental calculation of minus 3 (Lateral axis is expressed by overall display time)

間によって一意に決定され、約1秒以上のデータについては合計表示時間に比例して読みとり地名数が増加している。すなわち、無負荷の場合には、表示の間の時間において、情報のリハーサルなどが有効に行われていたものと考えられる。いっぽう、暗算作業を行わせた場合には、その時間における情報のリハーサルが妨害されて、表示の間の時間は情報獲得に有効に利用されなかったと考えられる。いずれにせよ、今回の室内実験条件の範囲では、ある値以上の表示時間に関して、読みとり地名数が総表示時間あるいは合計表示時間に比例して増加する結果となった。

#### 4.2. 解析にあたっての考え方

室内実験におけるこの結果を考慮して、以下のように走行実験時の結果を解析することとする。表示を視認する間の時間（視線移動時間を含む。以下、「視認間隔時間」という）の寄与度を0から1まで変更して、そのときの時間（以下、「等価表示時間」という）を計算する。図3の例で考えると、等価表示時間 =  $A+B+C$ （ここで、寄与度は0～1の値）となる。合計表示時間は  $=0$  の場合であり、総表示時間は  $=1$  の場合である。この等価表示時間と読みとり地名数との相関係数を求め、その値が最も大きい場合の寄与度を調べる。すなわち、読みとり地名数が等価表示時間に比例して増加するという前提で、最もばらつきの小さいときの寄与度を求める。視認間隔時間が、どの程度有効に情報獲得のために利用されていたのかを、この寄与度によって推定する。室内実験の例でいえば、無負荷の場合に総表示時間に比例して読みとり地名数が増加したということは、寄与度1の場合であるので、視認間隔時間がそのまま有効に情報獲得に利用されたものと考えられる。いっぽう、暗算負荷のある場合に合計表示時間に比例して読みとり地名数が増加したということは、寄与度が0の場合であるので、視認間隔時間は情報獲得に利用されなかったと考えられる。

この等価表示時間に関しては、視認間隔時間において、どの程度有効に情報処理が行われているのかを時間の概念に変換して考察するものであり、記憶そのものの現象を解析しているわけではないことに注意されたい。走行実験における表示情報の読みとりに関する記憶過程が、室内実験の無負荷の場合、あるいは、暗算作業をとまなう場合のどちらの特性

と似ているかを調べるために便宜的に使用するものである。

#### 4.3. 解析結果

寄与度と相関係数との関係を図12に示す。実験条件については、走行実験の場合、室内実験における無負荷の場合、パソコンから音声提示される一桁の数字から-3の暗算作業を行わせた場合、同様に-1の暗算作業を行わせた場合の5種類である。なお、解析対象とするデータは、無負荷のときの実験結果を参考にして、総表示時間に換算して2秒を超えるときの読みとり地名数のデータとした。

走行実験と無負荷の場合には寄与度が1に近いところで相関係数が高くなっており、逆に、暗算負荷の場合には寄与度が0に近いところで相関係数が高くなっている。両者のグラフは定性的に明確に異なる傾向を示す。走行実験時の情報獲得方法は、室内実験時において暗算作業を行わせた場合よりも無負荷の場合に近いと推測することが可能である。

#### 4.4. 運転行為が地名の記憶に及ぼす影響

一般に、認知心理学における記憶モデルでは、外部から入力した情報は感覚レジスタに入り、その後、短期記憶貯蔵に入り、情報の選択とリハーサルが行われてその符号化や意味的处理を受けやすくして長期記憶貯蔵への転送が行われると考えられている<sup>4)</sup>。今回の実験のように短時間の視認を反復する場合、短時間の視認により情報を入力し、表示の間の時間において短期記憶貯蔵内において情報のリハーサルと意味的判断が行われ、一部の情報は長期記憶に転送されているものと推測される。暗算などの作業負荷はリハーサルや意味的判断による情報の精緻化を

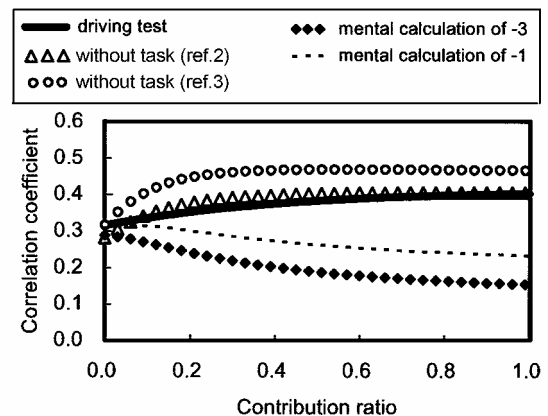


Fig. 12 Comparison of correlation coefficients under five experimental conditions

妨害するため、短期記憶貯蔵から長期記憶貯蔵への情報の転送を困難にする。今回の走行実験の結果は室内実験における無負荷の条件に近かったため、今回の走行実験における作業負荷は、前回の暗算による作業負荷よりも小さかったと考えられる。

ラスムッセン(Rasmussen)<sup>5)</sup>によれば思考作業は、(1)スキルベース(外からの刺激に対して意識をせずに出力を行う作業)、(2)ルールベース(外からの刺激に対して、ある決められたルールに従って出力を行う作業)、(3)知識ベース(刺激に対してゴールだけが決められていて、そのゴールに向かうための作業の方法を知識を基にして決定する作業)に基づく3階層に分類することが可能であるとされている。今回の一連の実験において、暗算作業はルールベースに基づく段階であると考えられる<sup>6)</sup>。いっぽう、運転行為はテストコースにおいて一定速度の先行車両に対する追従走行であったので作業負荷は小さく、スキルベースに基づく段階であると考えられる。今回の地名を記憶する作業に影響を及ぼすのは、ルールベースに基づく作業であって、スキルベースに基づく作業は影響をあまり及ぼさないものと考えられる。したがって、室内実験において通常走行時の運転負荷を再現して情報処理に関する実験を行う必要が生じた場合に、被験者に暗算作業を行わせてその代用とするのは、必ずしも適当ではないと考えられる。

ただし、走行時であっても、今回のようなテストコースでの余裕のある実験ではなく、実際の道路走行時には、各種の危険な場面等が発生することが予想され、その場合には被験者のルールベースに基づく高度な判断が必要となり、その結果、情報処理行為に影響が出ることが予想される。

## 5. まとめ

自動車の運転者が車載の表示装置に表示される情報を反復して読みとる場合の情報獲得量について実験的な検討を行い、その特徴を調べ、室内実験における同様の実験結果との比較を行った。その結果、テストコースにおける余裕のある走行時には、情報獲得量に及ぼす運転負荷は大きいものではなく、実際に表示情報を見ていない視認間隔時間についても、情報獲得に有効に利用されていることが推測された。

## 6. 参考文献

- 1) 坂口, 中野, 山本: 自動車用ディスプレイにおける視認性評価とその応用, テレビジョン学会誌, 50-11, 1760/1767 (1996)
- 2) 森田, 鈴木: 反復して表示情報を読みとる場合の情報獲得量, 計測自動制御学会論文集, 36-2, 211/219 (2000)
- 3) 森田, 坂本, 益子, 岡田: 副次的タスクを課した場合の反復読みとり時の情報獲得量, 計測自動制御学会第28回知能システムシンポジウム講演概要集, 235/238 (2001)
- 4) 舟橋: 短期記憶と作業記憶, Brain Medical, 10-1, 61/67 (1998)
- 5) J. Rasmussen: Skills, Rules, and Knowledge: Signals, Signs, and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models, IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics, 13-3, 257/266 (1983)
- 6) 遠藤, 藤垣: 思考作業の階層モデルと作業負荷特性の分析, 人間工学, 34-1, 1/8 (1998)