

## 道路案内標識評価システムの開発

桑 原 雅 夫\*  
 赤 羽 弘 和\*\*  
 牧 野 博 明\*\*\*  
 白 石 智 良\*\*\*\*

本研究においては、道路案内標識のデザインや設置位置などを評価するための安価な走行模擬システムの開発を行い、その適用性を実走行実験により検証した。走行模擬システムの機能は、実走行画像とコンピュータ・グラフィックスによる案内標識画像との合成と、運転負荷を代替する負荷操作の管理とに大別される。被験者の案内標識に対する反応を走行模擬システムと実走行実験とで比較した結果、同システムの実際の道路における案内標識評価への適用可能性が示された。

### 1. はじめに

我が国の道路標識の種類、様式、設置場所などは、「道路標識、区画線及び道路標示に関する命令」(標識令)によって規定されている。案内標識の設置に当たっては、この標識令に基づき、地名選択、文字の大きさ、配置、設置位置などが決定されている。

近年、特に大都市において道路網の整備が進展するにつれ、合流・分岐が短い間隔で連続するために基準どおりに標識を設置できない場合や、基準どおりに設置すると標識数が過剰になる場合が目立ってきている。また、複雑な道路構造を分かりやすく表示するために、さらに工夫を要する例も多い。

道路構造に適切に対応した案内標識体系を整備するためには、実際の道路・交通状況における運転者自身による標識の評価を、客観的に測定し分析する仕組みが必要である。

本研究では、道路線形、道路構造、標識の連続性、あるいは沿道の状況などの運転環境と運転操作との相互作用を再現しながら案内標識を評価する走行模擬システムを開発し、その有用性を実走行実験と比較して確認することとした。

### 2. 走行模擬システム

#### 2.1 特徴

この評価システムの特徴は、以下のようにまとめられる。

- ① 模擬画面上において、任意の標識を、任意のタイミングで表示できる。
  - ② 安全に実験でき、かつ再現性がある。
  - ③ 一般被験者の案内標識に対する評価を、客観的に測定し、分析できる。
  - ④ 運転者の運転操作に伴う心理的負荷を、模擬することができる。
  - ⑤ 通常のドライビング・シミュレータと比較して安価である。
  - ⑥ 走行画面を実走行のビデオ録画画像で構成するため、システムの運用費用も安価である。
- 本システムの基本機能には車線間同期、車線変更、標識表示、運転負荷などがある。

\* 東京大学生産技術研究所第五部助教授

\*\* 千葉工業大学工学部土木工学科教授

\*\*\* (財)日本交通公社調査部

\*\*\*\* 千葉工業大学大学院修士課程

1) 車線間同期

並行車線（走行・追越車線）の走行状況は別々に走行車の車内からビデオ録画しておくことが必要であるが、その際の各車線の走行速度差は、再生時に2台のビデオ・ディスク・プレーヤ（VDP）を同期制御することにより、補正される。

2) 車線変更

被験者に希望する車線を選択させることにより、分岐部における経路選択が模擬される。

3) 道路案内標識の表示

被験者の要求に応じ、その位置に対応した案内標識が表示される。標識の表示寸法は、被験者と標識との距離に比例させることができる。なお、ビデオ画像の解像度を補うために、標識の表示寸法は、走行画面上の実際の標識の寸法よりも拡大することもできる。

4) 運転負荷

実走行時の安全確認やステアリング操作、ペダル操作など、標識の認識や理解に影響する負荷要因は、マウス操作による負荷作業で代替される。

2.2 システムの構成

1) 機器構成

図-1に、本システムの機器構成を示す。パーソナル・コンピュータ（PC）1機は、3機のVDP及

びデジタル特殊効果装置（SEG 1）を、RS-232Cを通じて制御する。もう1機のPCは、運転負荷の模擬用である。

VDP 1には左車線走行画面、VDP 2には右車線走行画面、VDP 3には案内標識画面が記録されている。これらをSEG 1に合成させることにより、車線変更や標識表示を実現する。

車線間同期は、表示画面の位置に対応した並行車線画面のフレーム番号を計算し、検索命令を送信することで実現する。

車線変更は、VDP 1とVDP 2をSEG 1のワイプ（画像の重ね合わせ）により模擬する。

標識表示は、VDP 1またはVDP 2の走行画面にVDP 3の画面をワイプさせて行う。標識が1回の要求で1秒間（調整可）表示された後、元の走行画面が再表示される。標識位置を通り過ぎるまでは、繰り返して表示要求が可能である。

SEG 2は、運転負荷用輝点と走行画面を合成する。

2) 案内標識描画サブシステム

案内標識は、Macintoshのマックドロー Pro 上で描画する。矢印やルートマークなどは、部品としてライブラリーに登録され、それらと文字フォントとの組合せにより、簡易に標識を描画するこ

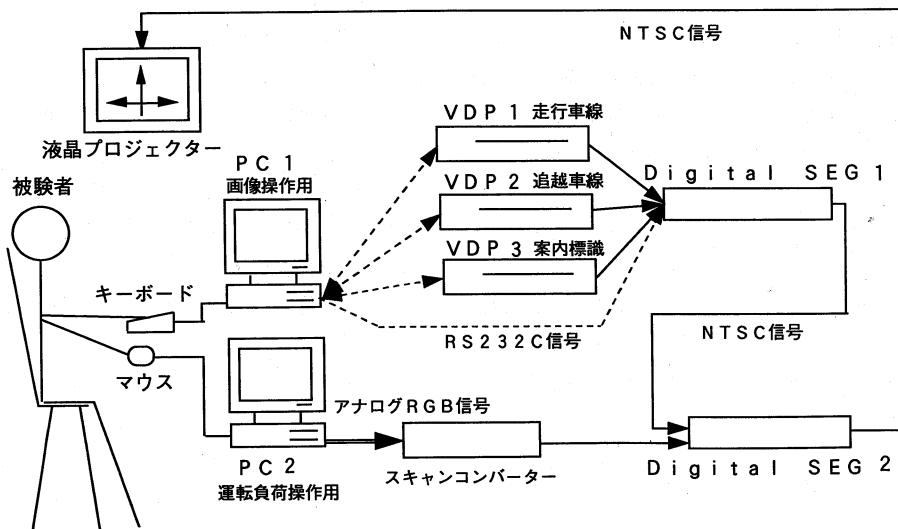


図-1 システムの機器構成

とができる。

描画画面の映像信号を、スキャン・コンバータとデジタル SEG を通して変換し、ビデオ録画する。

### 2.3 被験者の操作

被験者はマウス及びキーボード上の3つのキーを用いて、以下の操作を行う。

#### 1) 運転負荷代替操作

図-2 は、SEG 2 により合成される運転負荷用輝点と走行画面の例である。輝点は、枠中央から左右いずれかの端に向かって、乱数により設定された加速度による等加速度運動を行う。被験者は、この輝点が枠端に達しないように、マウスにより枠中央への引き戻し操作を行う。輝点が枠端に達すると、PC により警報が発せられる。輝点の加速度を自由に変えられるため、運転負荷の水準を任

意に設定して実験することができる。

#### 2) 標識表示操作

表示されている走行画面において、ある案内標

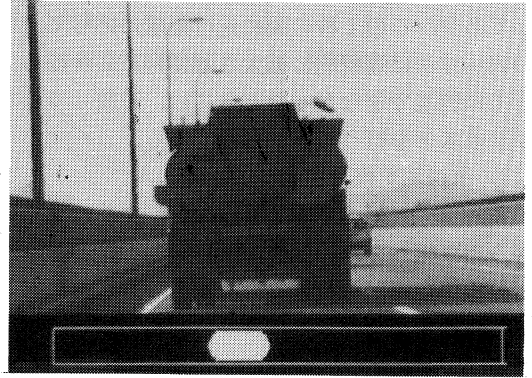


図-2 運転負荷輝点と走行画面の例

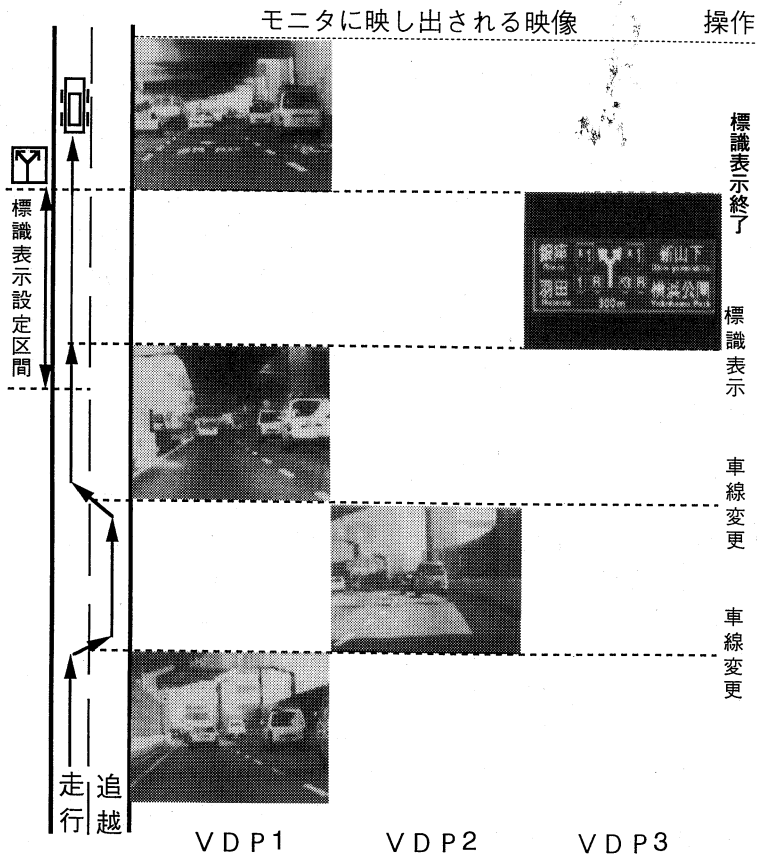


図-3 車線変更及び標識表示の仕組み

識が運転者から視認可能な位置に現れると、PCから被験者に対して案内標識表示リクエストの受けつけ開始がピーブ音で知らされる。これ以降、標識の消失点までは、キーの押下に応じて標識が表示される。表示時間は、現状では約1秒に設定しており、この1秒の間に走行距離に応じて標識の表示寸法は連続的に拡大されていく。一回の表示では判読できなかったときには、連続して表示リクエストを行うことが可能である。

3) 車線変更操作

キーボード上の2つキーの押下により、左車線から右車線への車線変更、又は右車線から左車線への車線変更が行われる。被験者が分岐部においてこの操作を行うことにより、経路選択が模擬される。

図-3は、以上の操作による車線変更及び標識表示の仕組みを示す。この例では、被験者は当初は走行車線を選択しており、モニタ画面にはVDP1の画像が表示されている。被験者が車線変更操作を行うと、画面はVDP2の画像に切り替わり、再び車線変更を行うことにより、画面はVDP1の画像に戻る。

案内標識が近づきあらかじめ設定された標識表示区間においてキー操作が行われると、モニタ画面にはVDP3の映像が表示される。標識表示終了後、モニタには選択されている車線の画像が再表示される。

3. 案内標識の評価方法

ドライバーの標識判読時の心理的反応を客観的に表すものとして、心理的・生理的心身反応、内観報告、アンケートなどが考えられる。本研究では、まず心理的・生理的心身反応を案内標識の客観的評価指標とすることを試み、心拍数、皮膚電気反射、脳波の測定を行った。しかし、外乱の影響を十分に除去することができず、有効な測定値が得られなかった。このため、内観報告とアンケートを代替手法として検討した。

1) 内観報告

内観報告では、被験者に自己の経路選択に対する不安度を、案内標識の各設置点において走行中

表-1 内観報告の評価水準の設定

不安度	内 容
2	分からない、不安だ
1	分かりづらい、やや不安だ
0	分かる、自信がある

表-2 アンケートにおける不安要因の分類

要因	内 容
1	標識上の矢印と道路線形との関係が分かりにくい。
2	標識に表示された地名を知らない。期待した地名がない。
3	標識の設置位置、設置間隔が不適切である。
4	その他（障害があり見えない。見忘れた。原因を忘れた。など）

表-3 被験者の条件

運転歴が、1年以上であること。
運転頻度が、月に数回以上であること。
実験コース及び周辺における運転経験がほとんどないこと。

に回答させた。運転操作に対する影響および回答の曖昧性を極力取り除くため、水準は3段階に設定した。表-1に、評価水準の設定を示す。

2) アンケート

アンケートは、内観報告の補完的な役割をなす。内観報告において不安度が上昇した地点がある場合に、その要因を走行終了後に必要に応じて複数回答させた。表-2に、要因の分類を示す。

4. 標識評価実験

4.1 実験方法

首都高速保土ヶ谷料金所から横羽線、狩場線、横浜新道を経由し、保土ヶ谷IC付近までの区間において、10名の被験者による実走行実験を行い、本システムの評価を行った。図-4に、実験コースを示す。被験者には、実験前にコース上の案内標識に表示されている地名が示されている略図を示し、目的地のみを指定して、そこに向かって走行してもらった。表-3には、実走行実験及び模擬実験共通の被験者の条件を示す。

模擬システムによる実験における諸条件の設定は実走行実験と、基本的には同様である。しかし、

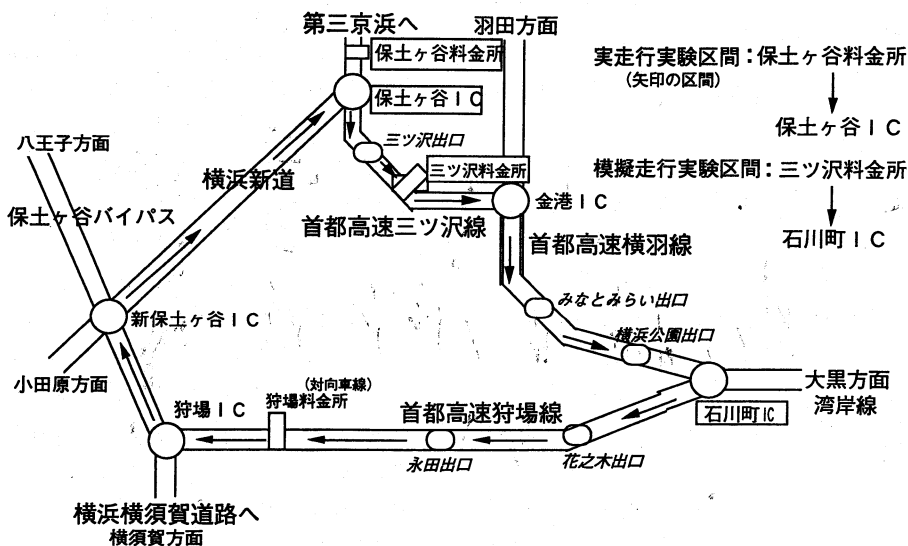


図-4 横浜実験ルート (簡略図)

以下の点が異なる。

- ① 実験区間は技術的制約のため、一部短縮し、三ツ沢料金所から石川町ICまでの区間とした。
- ② 運転負荷は、輝点移動の加速度の大きさを変化させることにより、5段階の水準を設定した。

表-4 に運転負荷の水準別の被験者数を示す。

#### 4.2 実験結果

図-5 に、実走行と模擬走行の評価結果を各標識別にまとめた。不安度は、実走行実験及び模擬実験の各運転負荷レベルごとの被験者の回答（表-1の0, 1, 2）の単純平均である。同図の円グラフは、アンケートの回答において挙げられた不安要因の内訳を示す。模擬走行における不安要因は、運転負荷レベル別に整理すべきところであるが、サン

プル数が少ないため全体をまとめた結果である。

これら結果より、次のことが言える。

- ① 実走行と模擬走行とで、不安度の変動パターンはほぼ一致している。横浜公園出口、石川町ICにおいて、いずれも不安度が増大している。
- ② 運転負荷レベルが高くなるほど、標識に対する不安度も大きくなる。負荷水準を低めに設定したときの結果が、実走行に近い。ちなみに、“各負荷レベルの不安度の平均値は実走行の値と同じである”という仮説についてt検定を行った結果、負荷なしと負荷微弱については、50%以上の確率で仮説を棄却することはできなかったが、負荷レベル弱と中は95%、負荷レベル強は80%の確率で仮説は棄却された。
- ③ 実走行と模擬走行とにおける不安要因の構成は、ほぼ一致している。模擬走行において“その他”の要因が相対的に多いのは、被験者が運転負荷操作に気を取られ過ぎること、あるいはビデオ映像の精細度の不足が原因と考えられる。

表-4 運転負荷レベル別被験者数

負荷レベル	被験者数
(負荷なし)	5
微弱	5
弱	7
中	7
強	7

5. まとめと今後の課題

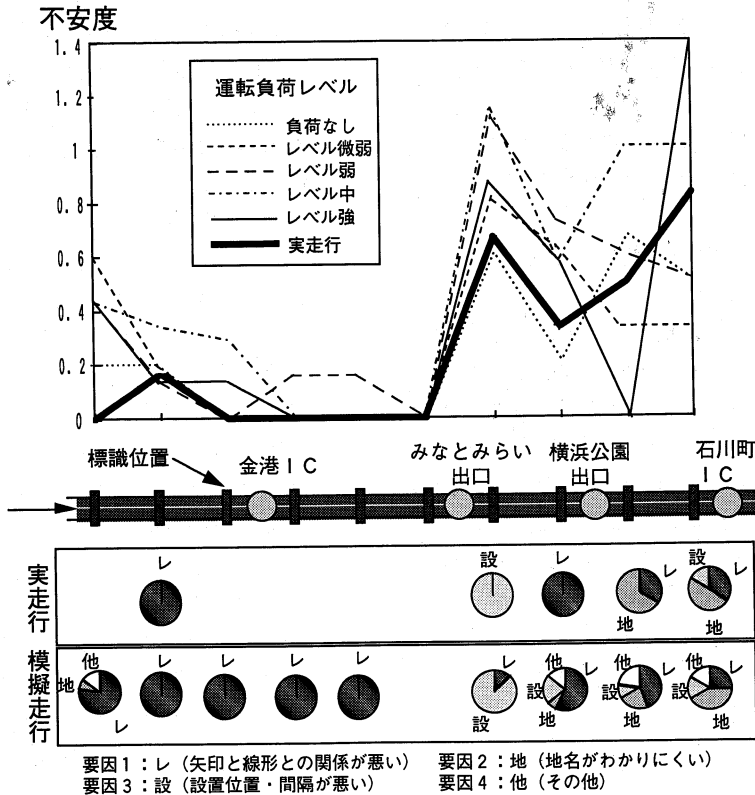
本研究で得られた成果は、以下のようにまとめられる。

- ① これまでのドライビングシミュレーションとは構成が異なり、案内標識の評価に焦点を絞った低廉なシステムを構築することができた。
- ② 運転負荷操作を導入することにより、被験者に実走行時と同程度の負荷を経験させる可能性を示した。

今後のシステム構築の課題として、以下が挙げられる。

- ① 実走行試験と模擬実験の結果が所要の精度で合致するように、運転負荷パラメータ値を同定する。
- ② 2台のPCをRS-232Cで接続して同期さ

- せ、運転負荷輝点の動きと道路線形とを対応させる。例えば、右カーブ部では輝点を右に偏位させ、運転操作感覚の再現性を改善する。
- ③ 走行画面のビデオ録画時に、カメラの方向を運転者の視線方向に対応させ、模擬走行時の違和感を減少させる。
- ④ マウス操作やキー操作を、ジョイスティックやステアリング操作で置換することにより、走行模擬システムの操作性を向上させる。
- ⑤ 現行システムでは標識画面と走行画面とは、モニタ上で完全に置換表示されるが、これを走行画面の一部に標識が表示されるように改良する。
- ⑥ 運転負荷の水準を、道路線形などに併せて自動可変とする。
- ⑦ 現システムは片側2車線までの道路で模擬が可能であるが、3車線以上の道路について



不安要因の比較

図-5 実走行と模擬走行の評価結果の比較

も対応できるように改善する。

また、評価に関する課題としては、

- ① 標識の表示要求回数、輝点の警報回数なども評価指標として取り込むこと、
  - ② 不安度が標識によるものか、あるいは道路線形などのその他の要因によるものなのかを明確に識別できる方法の提案、
  - ③ 単一の標識ではなく、連続する標識群としての評価方法の開発、
- などが挙げられる。

#### 謝辞

本研究をまとめるに際し、横浜国立大学工学部建設学科の大蔵泉教授、首都高速道路公団管制部長の森田綽之氏、東洋大学工学部土木工学科の尾崎晴男講師より、貴重なご意見を数多くいただき、ここに改めて謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) (社)日本道路協会；“道路標識設置基準・同解説”，1987
- 2) 建設省土木研究所道路部交通安全研究室；“案内標識の表示内容に関する評価分析（その2）—案内標識地名選定シミュレーション—”，土木研究所資料第2351号
- 3) 林喜男他；“車載情報機器によるドライバーの作業負担の増加と安全性”，IATSS Review, Vol. 15, No. 1, pp. 51~56, 1989
- 4) 西村千秋他；“皮膚電位水準による自動車運転時の覚醒水準評価の試み1”，人間工学, Vol. 23, No. 2, 1987
- 5) 西村千秋他；“皮膚電位水準による自動車運転時の覚醒水準評価の試み2”，人間工学, Vol. 23, No. 2, 1987
- 6) 大門樹他；“車載情報機器搭載時における運転者の特性に関する研究”，人間工学, Vol. 29, No. 3, 1993
- 7) 村田厚生；“心拍変動性指標（HRV指標）によるメンタルワークロードの測定”，人間工学, Vol. 28, No. 2, pp. 91~97, 1992
- 8) 吉村勲他；“生理・心理機能の統合的時系列解析による疲労判定に関する研究”，人間工学, Vol. 29, No. 3, 1993

(1995年12月8日受付)  
(1996年5月21日再受付)