

人的・環境的要因の関係に着目した高速道路合流部における事故防止策の提案 —路面標示と標識類が適切に機能連携する配置計画の検討—

代表研究者 大阪大学大学院工学研究科 准教授 飯田 克弘

【まとめ】

本研究では、DSを用いた室内走行実験を通じて、交通量の変動を考慮した、情報伝達効果の高い案内標識・路面標示の配置方法について検討した。その結果、案内標識は1回の配置で情報伝達効果が高いこと、路面標示は視認性の向上や複数回配置をすることで情報伝達効果が向上することが分かった。一方、運転者心理からは、前方に高車が存在する場合に案内標識の注視時間が制限され、走行中の煩わしさが増加することが把握できた。

1. 研究の目的

近年、都市高速道路のネットワーク整備が進展し、短区間に複数の分合流部が存在するなど、ネットワーク形状も複雑化している。この状況に対して各道路管理者は、案内標識・路面標示などの情報提供施設を配置し、運転者に先行案内情報を提供している。既往研究によれば、運転者が先行案内情報を十分に取得できない場合、急な車線変更など危険な運転挙動が誘発されると指摘されており¹⁾、上述したネットワーク整備の進展を鑑みれば、運転者に先行案内情報を適確に伝達することは重要な課題となる。

そこで現在、各情報提供施設を対象に、標示内容・デザインの検討が行われている。中でも筆者ら²⁾は、運転者の視線が集中しやすく、端的に情報を伝達できる路面標示に着目し、運転者が適確に先行案内情報を取得可能な路面標示デザインを検討している。さらに、普段の運転では、路面標示でなく案内標識を利用するという被験者の意見が存在すること、その一方で案内標識を注視した場合に路面標示を見落とす恐れがあることを指摘している。このことは、上述した標示内容・デザインの検討だけでなく、施設配置方法に焦点を当てた研究が必要であることを示唆している。

また都市高速道路は、高車を含む交通量が多い。既往研究によれば、交通量が多くなるにつれて、標識の認知率が低下する可能性³⁾や、路面標示の視認・判読に影響が出る可能性²⁾が指摘されている。すなわち、上述した

案内標識・路面標示の配置を検討する際には、このような交通量変動も考慮する必要がある。

以上より本研究では、都市高速道路における先行案内情報を運転者に適確に伝達するために、交通量の変動を考慮して、情報伝達効果の高い案内標識・路面標示の配置方法を検討することを目的とする。

ここで情報伝達効果とは、「標示の視認・判読を通して、適切な車線判断ができること」を指し、標識類の設計・設置に関して従来から考慮されている事項⁴⁾に準拠している。これを路面標示にも適用し、かつ、案内標識と路面標示を組み合わせ、配置を評価した既往事例は存在しない。

一方、交通事故に繋がる運転挙動の発生には、運転者心理も関係する⁵⁾と指摘されている。そこで本研究では、上記の研究目的の達成を目指すと同時に、運転者心理に着目した施設配置上の留意点の抽出を行うこととする。

2. 研究対象区間と基本施設配置

2-1 研究対象区間の設定

研究対象区間は、阪神高速道路 15号堺線（上り）0.6~1.1kpとした（図1）。



図1 研究対象区間 出典：阪高エーマップ

この区間の下流には、事故多発地点である 1号環状線との合流部（以下、堺環合流部）が存在する。山口ら⁶⁾は、この堺環合流部を対象とした事故発生要因分析を行い、図2に示す追突事故発生要因を提示している。

図2に示す通り、15号堺線には、合流部手前まで黄色の車線境界線が敷設されており、進行方向終端部において、走行車線から追越車線へ急な車線変更が集中する。これが追突事故発生要因と考えられることから、その対策として、上流での行先案内情報の充実が必要とされていた⁷⁾。

そこで筆者ら²⁾⁸⁾は、路面標示を用いた行先案内情報を考案し（図3）、ドライビング・シミュレータ（以下、DS）を用いた室内走行実験を通じて、複数の路面標示を比較評価している。本研究でも、図3と同様の行先案内情報を取り扱い、DSを用いた室内走行実験を通じて、研究目的の達成を目指す。

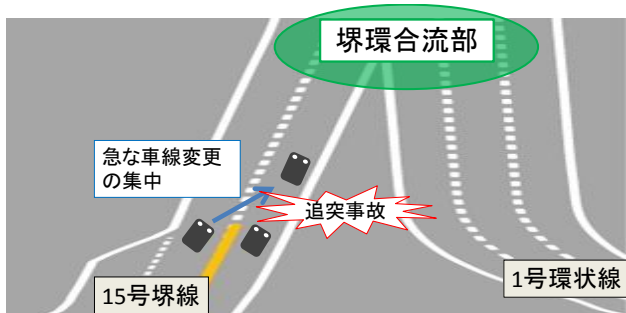


図2 追突事故発生要因⁶⁾

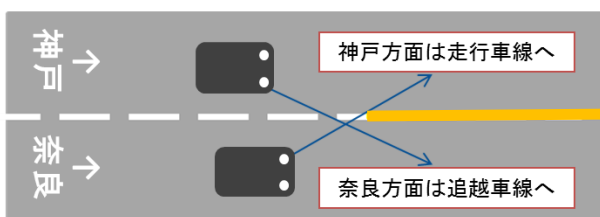


図3 行先案内情報の内容

2-2 配置する情報提供施設

(1) 路面標示

路面標示の設置に関する規定は「道路標識、区画線及び道路標示に関する命令」⁹⁾（以下、「標識標示令」）に記載されているが、行先案内情報を提供する路面標示の規定は無く、デザインに対する具体的なガイドラインが存在しない。この状況に対し先行研究²⁾では、行先案内情報の伝達に効果的な路面標示デザイン案を提示している（図4）。この路面標示は、

運転者が正しく車線を判断でき、また交通量の変動による影響を受けにくいデザインであることが明らかとなっている。そこで本研究では、図4の路面標示を採用することとした。



図4 採用する路面標示

(2) 案内標識

標識標示令に規定されている「方面及び車線を指定（107-A）」の案内標識をベースとして、図4の路面標示に対応する案内標識を考案した（図5）。この際、道路管理者である阪神高速道路株式会社（以下、阪神高速社）よりデザイン上の意見を収集している。



図5 考案した案内標識

2-3 基本施設配置の選定

図1の研究対象区間には、既に多数の標識類が設置されている。既往研究¹⁰⁾によると、都市高速道路では、運転者にほとんど注視されていない標識が存在することが明らかになっている。そこで本研究では、このような標識類を実験場面から除くこととした。まず始めに、研究対象区間における実走調査を行い、既存の標識類に対する注視状況を把握した。その結果と、阪神高速社の意見を参考に、図6に示す基本施設配置を決定した。その中で、図4,5の路面標示と案内標識を配置する区間を設定した（図6中のエリア①、エリア②）。

3. 施設配置代替案

3-1 前提条件

都市高速道路のカーブ区間が伴う分合流部では、堺環合流部を始めとして、黄色実線の車線境界線が敷設されていることが多い。

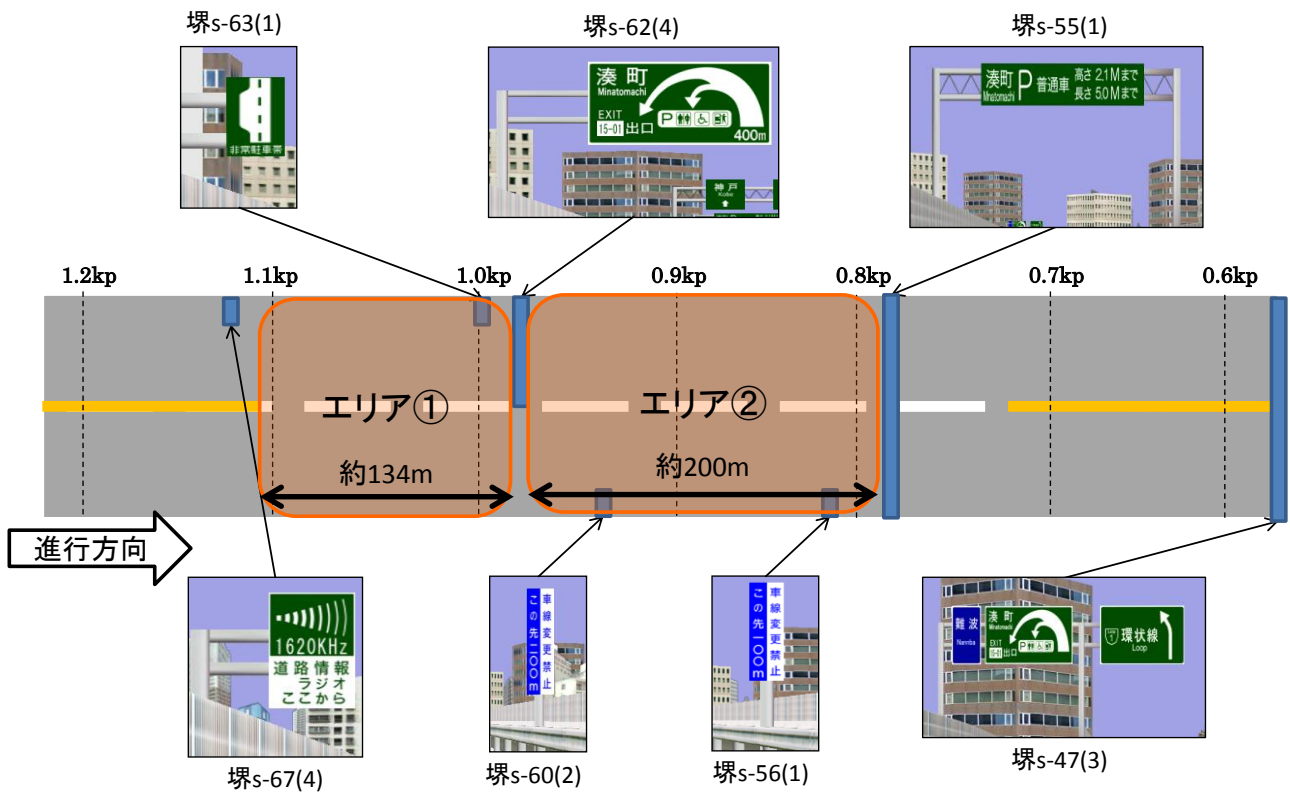


図 6 基本施設配置

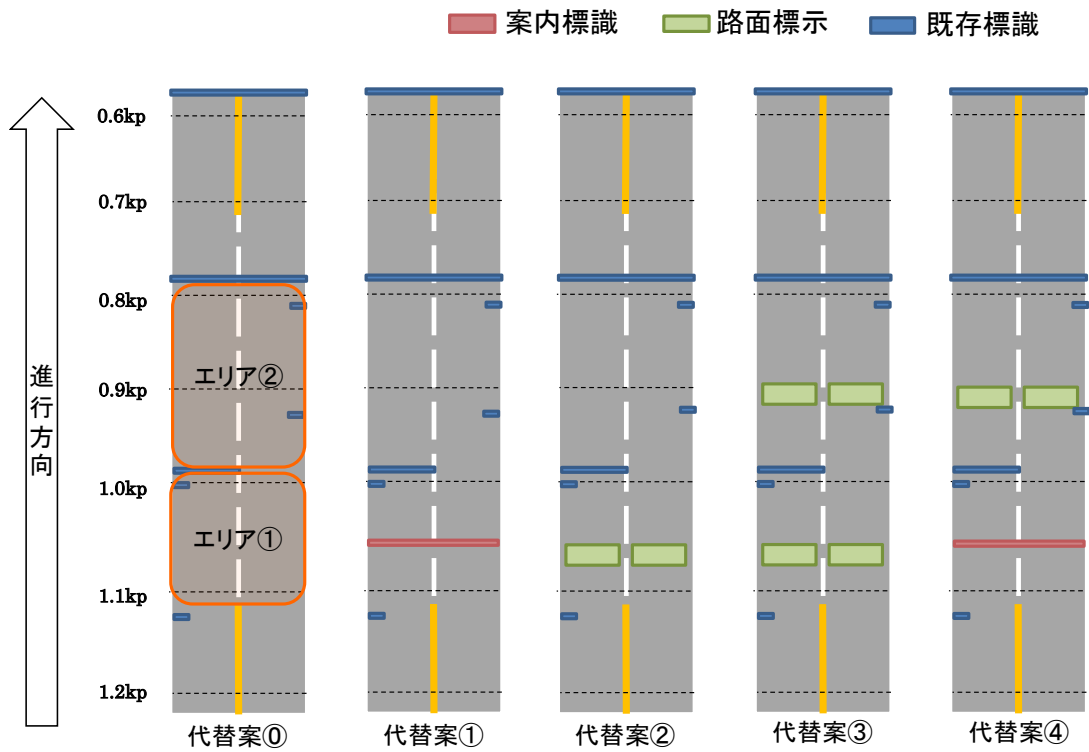


図 7 代替案一覧

この車線境界線の進行方向始端部の上流近傍で先行案内情報が提供されると、その後の車線変更の余裕が少なくなり、急な車線変更など危険な運転挙動に繋がる恐れがある。したがって図 4.5 の路面標示と案内標識は、図

6 中のエリア①において優先的に配置することとする（以下、前提条件 I）。

また、既往研究¹⁾によれば、案内標識を配置する際には文脈性（標示の順序）を考慮すべきであることが指摘されている。研究対象

区間には、湊町 PA に関する案内標識である「堺 s-55(1)」及び「堺 s-62(4)」が存在する。これらとの文脈性を考慮して、図 5 の案内標識は、エリア①において配置することとする(以下、前提条件Ⅱ)。

以上の 2 つの前提条件を踏まえて次節では、具体的に案内標識と路面標示の配置案(以下、代替案)を考案する。なおこれ以降では、図 6 の基本施設配置を便宜的に代替案⑩と呼ぶ。

3-2 代替案の考案

まず、案内標識と路面標示の情報伝達効果を比較するために、各々を 1 回配置する代替案を考案する。この際、3-1 節で述べた前提条件Ⅰを考慮し、代替案⑩のエリア①に案内標識を配置したものを代替案①、路面標示を配置したものを代替案②とする(図 7)。

また、既往研究¹⁾によると、適切な回数で繰り返し標示を行うことで情報伝達効果が向上する可能性が指摘されている。そこで、エリア②において標示を 1 回追加した代替案を考案する。この際、3-1 節で述べた前提条件Ⅱを考慮し、追加する標示は路面標示とする。代替案②に路面標示を追加したものを代替案③、代替案①に路面標示を追加したものを代替案④とする(図 7)。

なお、各代替案における案内標識・路面標示の配置位置は、既存の案内標識の判読を妨げることがないように、必要視認距離¹¹⁾が最低限確保されるように留意して決定した。ここで必要視認距離とは、運転者が案内標識の情報を判読するために必要な距離を指し、「消失距離」+「判読所要距離」で求められる(図 8)。消失距離は案内標識と消失点間の距離を指し、判読所要距離は運転者が案内標識の情報を判読する間に進む距離を指す。

4. 室内走行実験

3-2 節で考案した代替案を評価するため、DS を用いた室内走行実験を実施した。

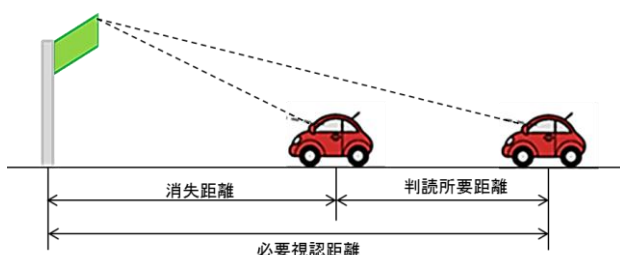


図 8 必要視認距離¹¹⁾

4.1 実験概要

被験者は 20 歳から 49 歳の非高齢者 25 名、60 歳以上の高齢者 25 名の計 50 名とし、高速道路を年 5 回以上運転する、関西在住の男性で構成した。

実験では、代替案を周辺交通条件(4-2 節で詳説)と組み合わせて、3 次元 CG で再現した 15 号堺線上に表示し、この映像を投与刺激として、被験者に走行してもらった。走行区間は図 7 の 0.6~1.2kp である。走行開始前に目的地(神戸、または奈良)を伝え、走行中に出てくる情報から適当と思われる車線を判断するよう指示をした。また走行速度は、走行区間の平均速度²⁾である 65km/h を目安として走行するように伝えた。

4-2 周辺交通条件の設定

本実験では、周辺交通条件として、交通量の変動と、前方車両が低車か高車のいずれかの場合を想定した。ここで、交通量の変動に関しては、既往研究²⁾に準拠し、平均車頭距離の変動で表現することとした。

研究対象区間の平均車頭距離の分布を、図 9 に示す。本実験では、図 9 の平均車頭距離の中から、発生頻度が高く代表的な交通量を表現している「中央値(74.2m)」、及び発生頻度は低いが多量な交通量を表現している「最小値(58.7m)」の 2 つの値を採用した。

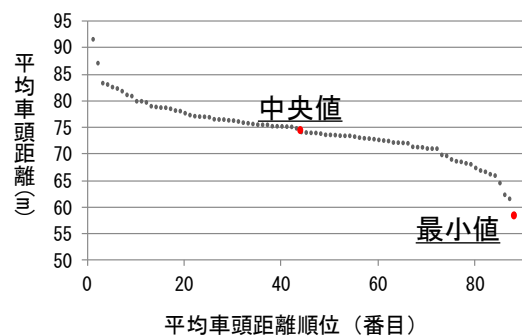


図 9 平均車頭距離の分布²⁾

上記 2 つの平均車頭距離を用いて、それぞれ周辺車両を配置し、前方車両を低車と高車に変動させてみたところ、前方車両が高車かつ、平均車頭距離が「最小値」の場合において、案内標識の判読開始可能地点が下流側に移行させられることが分かった。そこで本実験では、平均車頭距離が「最小値」の場合においてのみ、前方車両が高車の条件も設定することとした。以上より、本実験で用いる周辺交通条件は表 1 の 3 種類となる。

表 1 周辺交通条件

	平均車頭距離	前方車両
中央値	74.2m	低車
最小値_低車	58.7m	低車
最小値_高車	58.7m	高車

4-3 実験工程と取得データ

実験工程を図 10 に示す。まず、DS における運転操作に慣熟してもらうため、実験走行の前に練習走行を行った。具体的には、筆者らが既往研究¹²⁾で使用した道路モデル(延長約 5.4km)を、被験者が運転操作に慣熟したと申告するまで走行してもらった。この練習走行後にアイカメラ(ナックイメージテクノロジー社製、EMR-9)を装着し、4-1 節の条件に従って実験走行を行った。

実験走行では、まず 1 回目に、全ての被験者に共通して代替案⑩を走行してもらった。そして 2 回目以降に、代替案①~④の中からランダムな順番で計 3 回(一部被験者のみ 4 回)走行してもらった。前述の通り、本研究では情報伝達効果を「標示の視認・判読を通して、適切な車線判断ができること」と定義しているため、①視認、②判読、③車線判断を評価項目として定め、それぞれに対応するデータを取得した。まず、1 回走行するごとに、走行開始前に伝えた目的地に向かうためには走行車線と追越車線のどちらの車線を走行すべきと判断したか(評価項目③:「車線判断」に対応)、及びそのように判断した理由に関してヒアリングを行った。その後、評価対象の案内標識・路面標示に対する視認・判読の有無に関するヒアリングを行った(評価項目①:「視認」、②:「判読」に対応)。また、視認「有」、判読「無」の被験者に対しては、判読しなかった(できなかった)理由についても同時にヒアリングを行った。結果として、代替案 4 種類、周辺交通条件 3 種類の全ての組み合わせにつき 14 サンプルずつ、計 168 サンプルのデータを取得した。なお、各組み合わせにおける 14 サンプルの内訳は、非高齢者、高齢者同数となるよう配慮している。

さらに実験終了直後に、運転者心理を把握するためのヒアリングを行った。全ての走行について、アイカメラで記録された視野映像

と視線軌跡を、PC を用いて被験者に提示し、各走行場面に対して感じた「煩わしさ」の度合いについて、5 段階の尺度評価を求めた。また、具体的に煩わしさを感じた対象(標示類や周辺車両など)を指摘してもらい、その理由についても同時にヒアリングを行った。

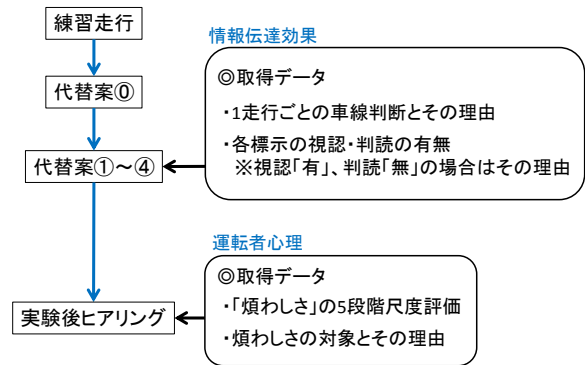


図 10 実験工程

5. 実験結果

5.1 車線判断の観点からの評価

4-3 節で述べた取得データの内、「1 走行ごとの車線判断」は、被験者が走行開始前に伝えた目的地に向かう途中において、案内標識または路面標示を視認・判読し、車線を判断した総合的な結果であると言える。そこで、まず始めに、「1 走行ごとの車線判断」を用いて、車線判断正解率(車線判断を正しくできたサンプルが占める割合)を算出した。その算出結果を表 2 に示す。

表 2 車線判断正解率

	周辺交通条件		
	中央値	最小値_低車	最小値_高車
代替案①	100%	100%	100%
代替案②	71%	71%	71%
代替案③	86%	93%	79%
代替案④	100%	100%	100%

表 2 を見ると、案内標識を配置した代替案①と代替案④の車線判断正解率が、いずれの周辺交通条件下でも 100%であることが分かる。被験者が回答した車線判断理由からは、全ての被験者が案内標識の神戸または奈良の標示より、車線を正しく判断できていたことが分かった。

一方、路面標示を配置した代替案②と代替案③の車線判断正解率は、代替案①及び代替案④と比較して低い。車線判断理由からは、「標示が発見できなかった」「標示を発見した

が判読できなかった」ことで、車線判断が不可能な被験者が存在したことが分かった。

ここで、表2の車線判断正解率に対して分散分析、Tukeyの加法性検定を行ったところ、代替案-周辺交通条件間の交互作用、及び周辺交通条件の主効果は存在しなかったが、代替案の主効果が存在した($p < 0.01$)。さらに多重比較を行ったところ、いずれの周辺交通条件下においても、代替案①と代替案④が最も評価が高く、次に代替案③、代替案②の順で評価が低くなることが分かった。次節では、代替案間で車線判断正解率に差が生じた原因について、視認・判読の観点から考察を行う。

5-2 視認・判読の観点からの評価

(1) 代替案①と代替案②について

まず、代替案①と代替案②における、評価対象の案内標識と路面標示に対する視認率(標示を視認したサンプルが占める割合)と判読率(標示を判読したサンプルが占める割合)を算出した。その結果、案内標識の視認率・判読率がいずれの周辺交通条件下でも100%であったのに対して、路面標示の視認率は79%、判読率は71%に留まった。これらの視認率・判読率について、案内標識と路面標示の間で有意な差があるのか検証するためにZ検定を行ったところ、視認率・判読率のいずれにおいても路面標示が有意に低い結果となった($p < 0.05$)。これは、5-1節で述べた代替案②について車線判断が不可能であった被験者の回答理由の結果と符合している。そこで、路面標示を視認・判読できなかった原因を探るために、アイカメラが記録した視線軌跡の解析を行ったところ、路面標示を視認・判読できなかった被験者は、路面標示の視認可能地点以降、路面標示下流の案内標識「堺s-62(4)」もしくは前方車両を注視していたことが分かった。その結果、路面標示を視認できない、あるいは視認が遅れて判読できないことに繋がったと考えられる。

ここで、どれくらい視認が遅れても判読できるのかを探るため、路面標示に対する視認点の算出を行った。その分布を、図11に示す。

図11を見ると、路面標示を視認した多くの被験者が、路面標示の判読開始可能地点より下流で視認していることが分かる。すなわち、視認と同時に判読を開始している状況である。また、判読ができた被験者の視認点は、

1.080kpより上流に集中しており、1.080kpより下流で視認した場合にはいずれも判読ができていない。ここで、路面標示を判読した場合の路面標示に対する平均注視時間は約0.90secであり(5-4節で詳説)、走行区間の平均速度が約65km/hであることを考えると、路面標示を判読する間に進む距離は約16mとなる。これは判読限界距離と考えられるため、上述した1.080kp(路面標示手前15m)より下流で視認した場合には、判読する余裕がなかったと推察される。このことより、本実験で用いた路面標示を判読させるためには、カラー化など視認性を向上させる対策を施すことで、判読限界距離到達までに視認させる必要があると言える。

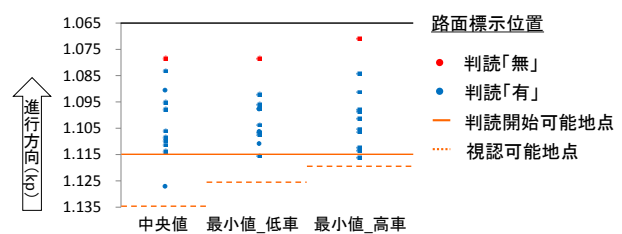


図11 路面標示に対する視認点の分布

(2) 代替案②と代替案③について

まず、代替案②と代替案③における、上流路面標示に対する視認率・判読率を算出し、それぞれについて代替案間で有意な差があるのか検証するためにZ検定を行ったところ、いずれの周辺交通条件下でも、代替案間で有意な差はなかった。これより、代替案③の車線判断正解率が向上した原因は、以下に示す2種類のサンプルの存在に絞られる。

- ・「上流路面標示を視認・判読できず⇒下流路面標示を視認・判読した」
- ・「上流路面標示を視認のみ⇒下流路面標示を視認・判読した」

これらのサンプルの存在を確認するため、代替案③の実験結果について、上流路面標示と下流路面標示の視認・判読の有無によりサンプルを分類した。紙面制約上、ここでは周辺交通条件「中央値」の結果を表3に示す。

表3を見ると、前述した2種類のサンプル、すなわち上流路面標示を判読できなくても下流路面標示は判読できたサンプルが存在することが分かる(表3中の青塗部分)。この結果は、他の周辺交通条件下においても確認できている。また、上流路面標示と下流路面標示

のいずれか1回でも判読できれば、正しく車線判断ができていたことを併せて考えると、代替案③では、下流に路面標示を追加したことで、上流で路面標示を判読できなくても下流で判読できるようになり、代替案②と比較して車線判断正解率が向上したと言える。したがって、路面標示を配置する場合には、前述した視認性の向上の他に、複数回配置することで視認の機会を増やし、判読の可能性を高めることが効果的であると言える。

表 3 サンプル分類結果

上流	下流	人数	車線判断
視○-判 ○	視○-判 ○	6名	正
	視×-判×	3名	正
視○-判 ×	視○-判 ○	1名	正
視×-判×	視○-判 ○	2名	正
	視×-判×	2名	不可能

注)「○」は「有」を、「×」は「無」を表す。

(3) 代替案①と代替案④について

まず、代替案①と代替案④における、評価対象の案内標識に対する視認率・判読率を算出した結果、両代替案ともに100%であった。これは、全ての被験者が案内標識を視認・判読したことを表しており、5-1節で述べた車線判断理由の結果とも符合していると言える。

同時に、代替案④における下流路面標示が、車線判断に直接影響したわけではないことが分かった。

5.3 運転者心理の把握

本節では、被験者の心理に着目した分析を行い、これまでの分析過程に現れていない施設配置上の留意点の抽出を行う。

まず始めに、被験者に5段階の尺度評価を依頼した、各走行場面に対して感じた「煩わしさ」の度合いについて、代替案、周辺交通条件ごとに集計・平均した結果を表4に示す。表4の結果に対して分散分析を行ったところ、代替案-周辺交通条件間の交互作用、及び代

替案の主効果は存在しなかったが、周辺交通条件の主効果が存在した ($p<0.01$)。さらに多重比較を行ったところ、いずれの代替案においても、周辺交通条件「最小値_高車」の際に、有意に煩わしさが増加することが分かった ($p<0.01$)。そこで、煩わしさを感じた対象を明らかにするため、被験者が指摘した煩わしさの対象を標示類と周辺車両に分類し、代替案、周辺交通条件ごとに集計を行った。その結果を図12,13に示す。

表 4 煩わしさの度合いの平均値

	周辺交通条件		
	中央値	最小値_低車	最小値_高車
代替案④	1.44	1.56	2.56
代替案①	1.32	1.50	2.07
代替案②	1.32	1.39	2.21
代替案③	1.36	1.32	2.43
代替案④	1.32	1.25	2.14

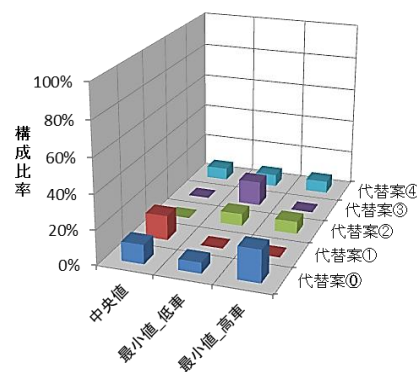


図 12 標示類に対する煩わしさ

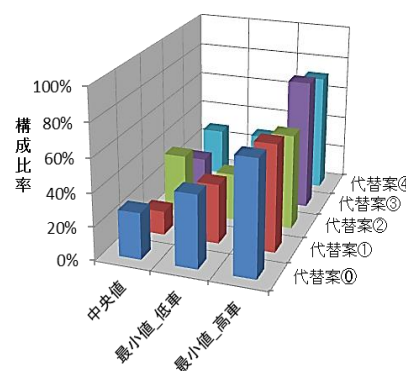


図 13 周辺車両に対する煩わしさ

図12,13を見ると、標示類を煩わしさの対象とした被験者の構成比率(図12)と比較して、周辺車両を煩わしさの対象とした被験者の構成比率(図13)が高いことが分かる。すなわち、本実験において被験者が煩わしさを

感じた対象の多くは周辺車両にあると言える。特に、周辺交通条件「最小値_高車」の場合には、いずれの代替案においても周辺車両を煩わしいとする構成比率が 50%を超えている。また被験者の回答から、周辺車両の中でも、主な煩わしさの対象は前方車両であることが分かっている。その理由としては、周辺交通条件「最小値_高車」の際に、「標識が見えづらい」という意見が圧倒的に多かった。このことが、表 4 の結果において、有意に煩わしさを増加させた原因であると言える。すなわち、周辺交通条件は、案内標識の視認・判読に、運転者心理を介して間接的に影響を与えることが分かった。

5-4 注視時間の検証

5-3 節の結果を受けて本節では、評価対象の案内標識・路面標示に対する平均注視時間を周辺交通条件間で比較することで、周辺交通条件が案内標識・路面標示の判読に与える影響に関して考察を行う。

案内標識（代替案①）に対する平均注視時間の算出結果を図14に、路面標示（代替案②）に対する平均注視時間を図15に示す。なお、注視とは、既往研究¹³⁾より、視線停留時間 0.165sec 以上、眼球移動速度 10deg/sec 以下のものと定義した。

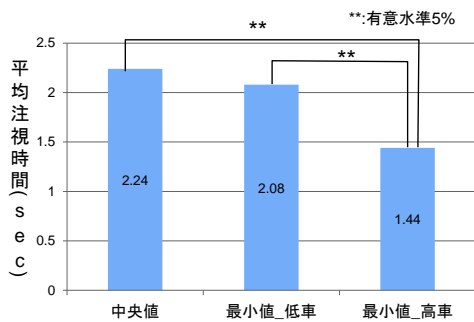


図 14 案内標識に対する平均注視時間

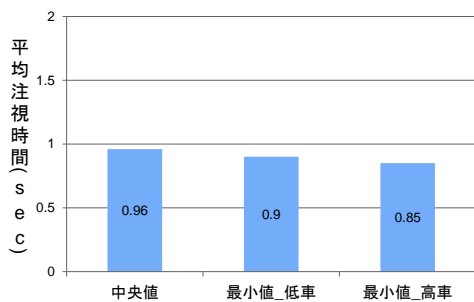


図 15 路面標示に対する平均注視時間

まず図 14 に着目すると、周辺交通条件「最小値_高車」の際に、有意に平均注視時間が制

限されていることが分かる ($p < 0.05$)。これは、4-2 節で述べた通り、前方の高車の存在によって、案内標識の判読開始可能地点が下流側に移行させられることに起因している。また、5-3 節における分析で、周辺交通条件「最小値_高車」の際に「標識が見えづらい」という意見が圧倒的に多く、煩わしさが有意に増加していた事実とも符合している。

一方、図 15 に着目すると、周辺交通条件間で平均注視時間に差がないことが分かる。すなわち、本実験で用いた周辺交通条件は、路面標示の判読に影響を与えないと言える。また、案内標識に対する平均注視時間と比較して短く、短時間で判読ができる点も路面標示を配置する利点として挙げられる。

6. おわりに

本研究では、都市高速道路における行先案内情報を運転者に適確に伝達するために、交通量の変動を考慮した情報伝達効果の高い案内標識・路面標示の配置方法について、DSを用いた室内走行実験を通じて検討した。得られた知見を以下に整理する。

- 案内標識は 1 回の配置で情報伝達効果が高い (5.1, 5.2(1),(3))。
- ただし前方に高車が存在する場合、案内標識の注視時間が制限され、走行中の煩わしさが増加する (5.3)。
- 路面標示は周辺交通条件の影響を受けず、短時間で判読可能である (5.1, 5.4)。ただしこの効果を発揮させるためには、判読限界距離到達までに運転者が視認する必要がある (5.2(1))。
- また路面標示は、複数回配置を行うことで、情報伝達効果が向上する (5.2(2))。

以上の結果を総合すると、都市高速道路においては、案内標識の配置が情報伝達に有効である一方で、高車を含む交通量の変動を考慮した場合には、上記対策を施した路面標示の活用も望ましいと言える。今後は、路面標示の視認性の向上策、及び適当な配置回数などについて、検討を行う必要がある。

謝辞

本研究は、平成 25 年度公益財団法人三井住友海上福祉財団の研究助成を受けて行われた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 堀野定雄：なぜ見える、なぜ見えない，照明学会誌，第 82 巻，第 3 号，1998.
- 2) 飯田克弘，梶原雄哉，日笠誠：交通量の変動が視認・判読に与える影響を考慮した路面標示デザインの検討，第 33 回交通工学研究発表会論文報告集，pp.160-165，2013.
- 3) 三井達郎，矢野伸裕，木平真：運転者の規制標識認知に影響する要因に関する研究，土木計画学研究・論文集，Vol.18，No.5，2001.
- 4) 社団法人 日本道路協会：道路標識設置基準・同解説，1987.
- 5) 交通工学研究会：交通工学ハンドブック，技報堂出版，p.930，1984.
- 6) 飯田克弘，山口将夫，管芳樹，加賀山泰一：人的・環境的要因の関係に着目した都市高速道路合流部の事故発生要因分析，第 31 回交通工学研究発表会論文報告集，pp.67-70，2011.
- 7) 阪神高速道路株式会社：阪神高速道路の交通安全対策 第 2 次アクションプログラム，p.17，2010.
- 8) 飯田克弘，日笠誠：路面標示を用いた都市高速道路合流部における事故防止策の検討，第 32 回交通工学研究発表会論文報告集，pp.139-146，2012.
- 9) 総理府・建設省令第 3 号：道路標識，区画線及び道路標示に関する命令，1960.
- 10) 荒川太郎，長田絢子，松沼毅，大近翔二：首都高速道路におけるアイカメラを活用した交通安全施設の評価，第 32 回交通工学研究発表会論文報告集，pp.167-170，2012.
- 11) 社団法人 建設電気技術協会：道路情報板の表示方式の変遷及び視認距離，Kensetsu Denki Gijyutsu，Vol.176，pp.20-22，2012.
- 12) 飯田克弘，小島悠紀子，阪本浩章，平井章一：情報提供施設の改良によるジャンクション部での路線間違い対策検討，第 32 回交通工学研究発表会論文報告集，pp.389-396，2012.
- 13) 福田亮子，佐久間美留男，中村悦男，福田忠彦：注視点の定義に関する実験的検討，人間工学，Vol.32，No.4，pp.197-204，1996.