

# 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

\*大阪大学大学院 正会員 飯田克弘  
 大阪大学大学院 学生会員 ○梶原雄哉  
 大阪大学大学院 学生会員 日笠誠

## 1. はじめに

近年、日本の高速道路のネットワーク整備は進展しており、それに伴い高速道路ネットワークの形状は複雑化している。この状況に対し、道路管理者は分岐箇所路面標示や情報板・標識・看板を設置することで、経路選択を支援している。既往研究によると、前走車に追従して走行する場合、運転者の視線はおよそ85%の時間、近くの路面及び路線側に集中すること<sup>1)</sup>、路面標示は見落とされる可能性が低いこと<sup>2)</sup>が明らかになっており、これらの観点から運転者の経路選択支援の手段として路面標示は重要な役割を担っている。

方面案内・誘導に関する情報を提供する路面標示は安全・円滑な交通に資すると考えられ、全国各地の高速道路で用いられている。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」<sup>3)</sup>(以下、「標識標示令」)に記載されている。しかし、案内・誘導に関する情報を提供する路面標示は標識標示令に規定されていないため、デザインに対する具体的なガイドラインが存在しない状況となっている。

路面標示のデザインを取り扱った先行研究として、筆者らの研究<sup>4)</sup>が挙げられる。この研究では阪神高速道路15号堺線(図1)を対象区間とし、室内走行実験を実施することで、表1に示す路面標示代替案(以下、代替案)を視認性、可読性、内容理解性、車線判断正解率の点から評価した。



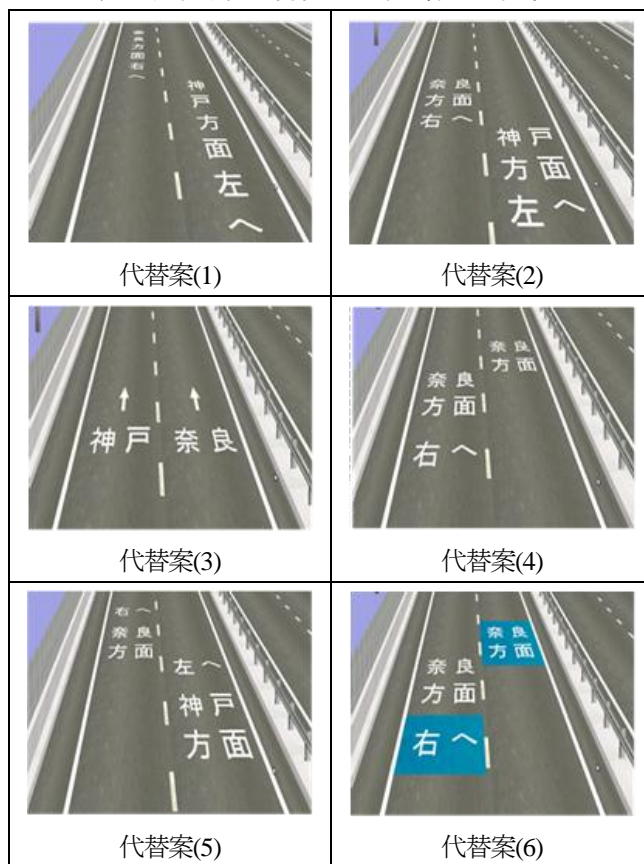
※出典：阪神高速道路エーマップ

図1 先行研究の対象区間

Keywords: 路面標示、分合流部、室内走行実験  
 \* 連絡先: iida@civil.eng.osaka-u.ac.jp  
 (Phone) 06-6879-7611

実験の結果、代替案の違いによる車線判断正解率の差が明らかとなった。しかし最も車線判断正解率が高い代替案(3)は視認性が相対的に低いなど、デザインには改良の余地が残されていることも明らかになった。また、この実験では、対象区間の車両検知器が記録した5分間交通量中央値の状況(平均車頭距離75m)に基づき自車以外の車両(以下、周辺車両)を配置しており、交通量の多い状況での評価が行われていないことも課題として挙げられる。本研究では、先行研究で得られた知見を用いて、表1に示す代替案のデザインを変更する。そして交通量を変動させる条件下で室内走行実験を行い、路面標示の評価を行うことで、先行研究の課題を克服することを目的とする。

表1 先行研究で評価した路面標示代替案<sup>4)</sup>



## 2. 交通量変動の表現

本研究では、先行研究に準拠し、自車両と周辺車両の位置関係および路面標示の見え方を比較するために、交通量の状態を平均車頭距離で表現することとした。

本研究で取り扱う周辺車両の平均車頭距離は、先行研究と同様、阪神高速道路 15 号堺線 1.0km 付近の車両検知器が記録した 5 分間交通量と平均速度（期間：2011 年 4 月 18 日～22 日、時間帯：6:30～18:00）に基づき算出した。なお、渋滞時には車両で路面標示が隠れることで、その機能が期待できないことが想定されるため、5 分間交通量および平均速度のデータは非渋滞領域のものを使用した。

まず、車両検知器が記録した平均速度のデータより、平均速度の分布を求めた。そして第 1 四分位点から、1.5IQR（IQR は、第 1 四分位点と第 3 四分位点の差の大きさ）より小さいデータおよび、第 3 四分位点から、1.5IQR より大きいデータを異常値として除去したところ、速度域は 59.6～70.2km/h となった。

この速度域における平均速度の分布の形状を知るため、ヒストグラムを作成し、統計量を算出した（表 2）。尖度・歪度を用い、ジャック-ベラ検定<sup>5)</sup>を行ったところ、有意水準 5%で「平均速度のデータが正規分布由来である」という仮説は棄却されなかったため、平均速度のデータは正規分布に従うものとし、平均値±標準偏差に当たる 63～67km/h の範囲で、平均車頭距離を算出することとした。この範囲に該当する平均車頭距離の分布を図 2 に示す。

表 2 速度域 59.6～70.2km/h における平均速度の統計量

平均値	64.9
標準偏差	2.01
歪度	-0.18
尖度	0.06

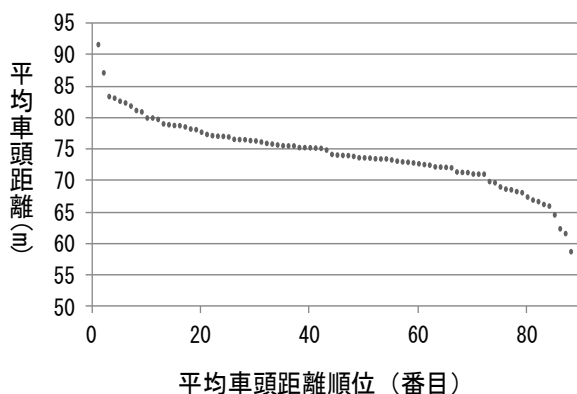


図 2 平均速度 63～67km/h を記録した時点の平均車頭距離分布

図 2 に示すデータ（サンプル数 88）の中から、本研究で取り扱う周辺車両の平均車頭距離を選定する。まず先行研究と同様の交通状況を表現するために、平均車頭距離の中央値（74.2m）を採用する。

次に、路面標示の視認・判読に最も大きな影響を与えることが想定される交通状況を表現するために、平均車頭距離の最小値（58.7m）を採用する。そして、日常的に発生する平均車頭距離の範囲を把握するため、平均車頭距離の分布より、第 1 四分位点から 1.5IQR より小さいデータおよび第 3 四分位点から 1.5IQR より大きいデータを除去する。この範囲内で最小値（64.6m）も採用する。

### 3. 本研究で評価する路面標示代替案

先行研究との整合性を確認するため、先行研究で対象とした代替案を本研究でも評価する。この代替案には、評価結果が相対的に高かったものを採用する。そして採用した代替案に対し、先行研究で得られた知見を用いてデザインを変更する。

表 1 に示す代替案(1)～代替案(6)のうち、代替案(4)と代替案(6)は奈良方面に関する内容しか標示されていないため、目的方面が神戸方面の場合、多くの被験者が走行すべき車線を誤ったことが分かっている。また代替案(2)は視認性、可読性、内容理解性いずれの項目でも評価が低く、多くの被験者が「右へ」「左へ」を見落とし、走行すべき車線を誤ったことが分かっている。以上より、本研究ではこれらの代替案は採用しないこととした。

#### ① 代替案(1)のデザイン変更

代替案(1)の車線判断正解率は比較的高い値を示していたが、「右へ」「左へ」の見落としが原因で車線判断を誤る場合が確認されている。そこで、車線判断正解率の向上を意図して代替案(1)のデザインを変更する。同じ文字数で車線判断正解率が高かったものは、代替案(5)である。代替案(5)の評価結果は「奈良方面」「神戸方面」と「右へ」「左へ」の間に設けたスペースによる影響が大きいと考えられている。そこで「奈良方面」「神戸方面」と「右へ」「左へ」の間にスペースを設けることとした。

一方、先行研究で実施した実験後のヒアリングからは、路面標示のデザインに関して「『方面』という標示が不要」という意見が多く得られている。最も車線判断正解率が高かった代替案(3)の標示量も勘案し、代替案(1)から「方面」という標示を削除することとした。以上の変更を加えたものを代替案(1')とする（図 3）。



図 3 代替案(1')

#### ② 代替案(3)のデザイン変更

先に述べた通り、代替案(3)は最も車線判断正解率が

高いが、視認性が相対的に低いという評価が得られている。そこで、視認性の評価が相対的に高かった代替案(5)、代替案(6)を参照し、視認性の向上を意図したデザイン変更を行う。

最も視認性の評価が高かったのは、代替案(6)であった。つまり路面標示の着色は、視認性の向上に効果を発揮すると考えられる。しかし、着色には、使用する色、着色部位、着色面積など規定すべき項目が多く、本実験で考える全ての場合を評価することは不可能である。よって、着色によるデザイン変更は今後の課題とした。

代替案(5)は「文字数が多い」「道路幅一杯に文字が書かれている」という理由で視認性のウェイトが高くなっていた。この知見を活用し、代替案(3)の見た目の標示面積を大きくするために、矢印を「右へ」「左へ」に変更し、走行車線と追越車線で標示をずらすこととした。なお矢印を「右へ」「左へ」に変更した関係上、左右の行先地名の標示を入れ替えた。以上の変更を加えたものを代替案(3')とする(図4)。



図4 代替案(3')

なお、代替案(3')のデザインは、代替案(5)から「方面」の標示を除いたものと一致する。代替案(5)は、可読性、内容理解性に関する相対的評価が低くなっており、その理由として「文字数が多く読みにくい」「どう読んでよいか分からない」ことが指摘されている。「方面」の標示を除くことで、この指摘に応えることが可能である。つまり、代替案(3')を用いて、代替案(5)のデザイン変更を代表させることができる。

#### 4. 室内走行実験

室内走行実験では、ドライビング・シミュレータ(以下、DS)を使用する。3章で述べた代替案のCGを、図5に示す地点に標示し、被験者に模擬走行してもらうことで、後述する評価項目に関するデータを取得した。この際、周辺車両は、2章で求めた平均車頭距離に基づき初期配置される。また、先行研究と同様、被験者車両と周辺車両との位置関係を固定するため、周辺車両の速度を被験者車両と同一とした。

##### 4.1 評価項目の選定

本研究で行う評価は、先行研究との整合性を取る必要があるため、先行研究と同様、以下①～④の評価項目を

採用した。

- ①視認性：路面標示の発見しやすさ
- ②可読性：書かれている文字の読み取りやすさ
- ③内容理解性：書かれている内容の理解しやすさ
- ④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

#### 4.2 実験概要

被験者の年齢層の構成比率は、年齢別運転免許保有者数<sup>6)</sup>を参照し、20~49歳が25名、50~59歳が8名、60歳以上が12名の計45名とした。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。

実験走行区間および代替案の標示位置を図5に示す。なお標示位置に関しては、黄色実線の車線境界線上流で、他の標識・看板が比較的少ない場所となるよう留意した。また1度見落としても再度確認できるように、2箇所で標示した。

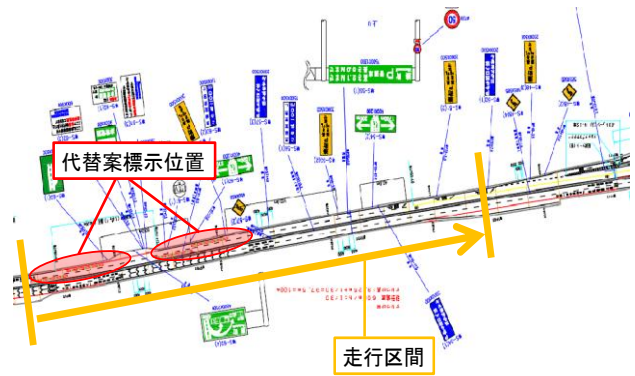


図5 走行区間および代替案標示位置

まず、被験者にはアイマークレコーダ(以下、EMR)を装着してもらう。そして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。

実験走行では、走行ごとに標示する代替案と周辺車両の平均車頭距離を変更し、2回(あるいは4回)走行してもらった。なお、走行開始前に目的方面(奈良方面または神戸方面)を伝え、走行開始時の車線は走行車線または追越車線のいずれかとした。ただし、走行開始前に伝える目的方面と、走行開始時の車線の組み合わせによる4通りの走行パターンが、代替案および平均車頭距離条件ごとに偏らないよう考慮した。さらに、代替案、平均車頭距離条件、目的方面、走行開始時の車線の組み合わせで被験者の年齢層に偏りが出ないように、年齢構成比率に近い割合で実験を配列した。

1回走行するごとに、走行開始前に伝えた目的方面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④：車線判断正解率に対応)、およびそのように判断した理由に関するヒアリ



ングを行った。なお、ヒアリングの文言から、被験者に正解の車線が伝わらないように留意した。さらに、標示した代替案について評価項目①～③に関する5段階の尺度評価を求めた。実験の工程を図6に示す。

結果として、代替案4種類、平均車頭距離条件3種類の全ての組み合わせにつき12サンプルずつ、計144サンプルの走行データを取得した。

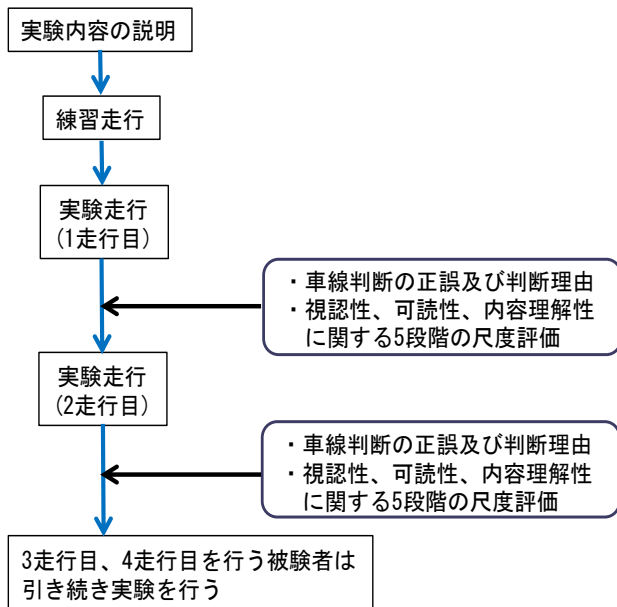


図6 実験の工程

## 5. 実験結果

144 サンプルの走行データの内、走行中に視線軌跡が路面標示上に一度も重ならなかったにも関わらず、被験者が路面標示の内容を判読して車線を判断したと回答しているサンプルに関して、矛盾が認められるため分析から除外した(12 サンプルが該当)。まず代替案、平均車頭距離条件ごとに、車線判断を正しくできたサンプルが占める割合(=車線判断正解率)を求めた(表3)。分散分析およびTukeyの加法性の検定を行ったところ、要因間の交互作用および代替案の主効果は存在しなかったが、平均車頭距離条件の主効果は有意水準10%で確認することができ、58.7mより64.6mの時の方が高い値を示すことが分かった。この結果から、日常的に起こる可能性は低いが、本研究で想定した交通状況の中でも最も平均車頭距離が小さい場合、車線の判断を誤る可能性が高い傾向があると言える。

さらに表3を見ると、平均車頭距離の減少に伴い車線判断正解率が低下している代替案や、どの平均車頭距離条件においても車線判断正解率が変動しない代替案が存在していることが分かる。そこで代替案ごとに平均車頭距離条件の変動による影響を考察した。

表3 代替案、平均車頭距離条件ごとの車線判断正解率

	平均車頭距離条件		
	58.7m	64.6m	74.2m
代替案(1)	75%	91%	82%
代替案(1')	80%	92%	100%
代替案(3)	100%	100%	100%
代替案(3')	80%	100%	91%

### 5.1 分析方針

5.2で、まず代替案ごとに平均車頭距離条件と車線判断正解率の関係を考察する。そして、案内・誘導に関する情報を提供する路面標示を構成する行先地名および進行方向の標示<sup>7)</sup>がどのように見られているか、つまり判読の傾向を比較することで、平均車頭距離の変動が車線判断正解率に与えた影響の要因を分析する。本研究では、判読の傾向を表す指標となる数値として、平均総注視時間および注視率を採用した。平均総注視時間および注視率の算出方法を以下に示す。

まず標示内容を以下の4項目に分類する。

- ・走行車線に書かれた行先地名の標示
- ・走行車線に書かれた進行方向の標示
- ・追越車線に書かれた行先地名の標示
- ・追越車線に書かれた進行方向の標示

そして、EMRを用いて計測した視線軌跡をもとに、上記4項目に対する各被験者の注視時間を算出する。なお、注視の定義は視線停留時間0.165sec以上、眼球移動速度30deg/sec以下のものと定義した<sup>8)9)</sup>。次に、それぞれの項目の注視時間について、全被験者の平均値を算出する。この数値を各項目の平均注視時間とする。そして4項目の平均注視時間の合計を平均総注視時間とし、平均総注視時間に対し、それぞれの項目の平均注視時間が占める割合を注視率と定義した。

5.3では、代替案のデザインを変更した効果を、3章で述べたデザイン変更方針に基づき検証する。なお、5.2で平均車頭距離の変動による影響が解明されなかった点に関しては代替案のデザイン変更が影響していると考え、5.3で考察を行う。

### 5.2 平均車頭距離条件の影響分析

#### ① 代替案(3)

どの平均車頭距離においても、車線判断正解率は100%を示している(表3)。さらに平均総注視時間および注視率の構成比率は平均車頭距離条件の3群間で有意差は見られなかった(図7)。したがって、平均車頭距離条件の変動は判読に影響を与えないと言える。

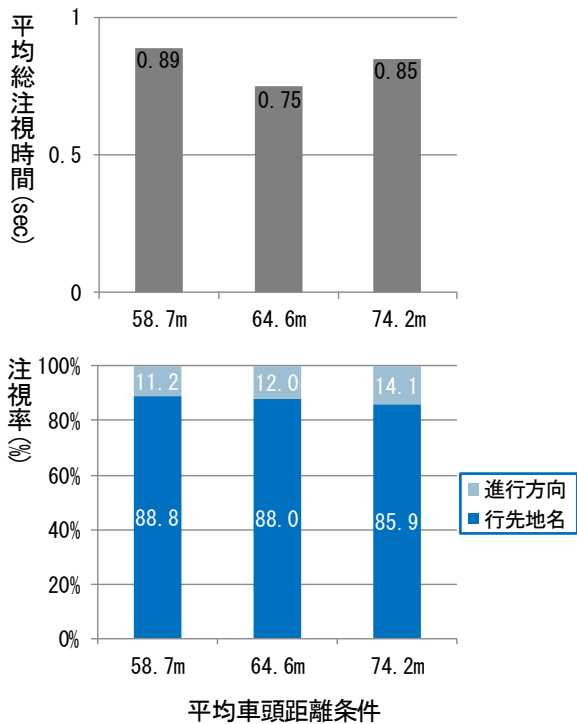


図7 代替案(3)の平均総注視時間および注視率

② 代替案(1')

平均車頭距離の減少に伴い、車線判断正解率が低下している(表3)。一方、注視率は平均車頭距離条件の3群間で有意差は見られないが、平均総注視時間は平均車頭距離条件58.7mと74.2m間の差に有意傾向が見られ、平均車頭距離の減少に伴い、平均総注視時間が増加していることが分かる(図8)。

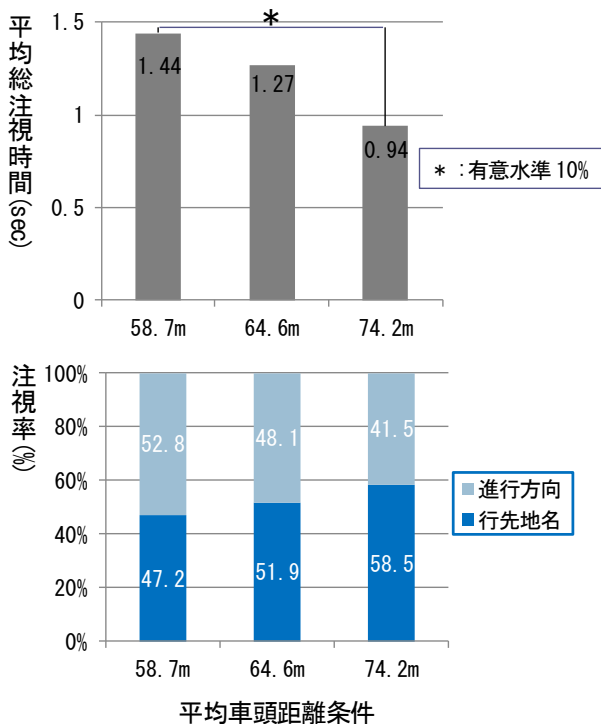


図8 代替案(1')の平均総注視時間および注視率

実験映像を確認したところ、平均車頭距離条件74.2mで走行した12サンプルのうち、10サンプルは奥に書かれた行先地名の標示、2サンプルは手前に書かれた進行方向の標示から判読していた。一方、平均車頭距離条件58.7mで走行した10サンプル全てにおいて、手前に書かれた進行方向の標示から判読していた。この理由として、判読開始時に奥に書かれた行先地名の標示は周辺車両と重なり、判読が不可能な状態であったことが挙げられる。この結果から、代替案(1')は平均車頭距離が短い場合、進行方向、行先地名の順に判読せざるを得ないが、読み慣れていない順序のため判読に時間がかかり、かつ正確に判読しきれない場合が生じたと考えられる。

③ 代替案(1)

代替案(1')と同様、平均車頭距離の減少に伴い、車線判断正解率は低下しているが、平均車頭距離条件74.2mの時に車線判断正解率が82%と低下している。注視率は平均車頭距離条件間で有意差は見られないが、平均総注視時間は平均車頭距離条件58.7mと74.2m間の差に有意傾向が見られ、平均車頭距離の減少に伴い、平均総注視時間が増加していることが分かる(図9)。

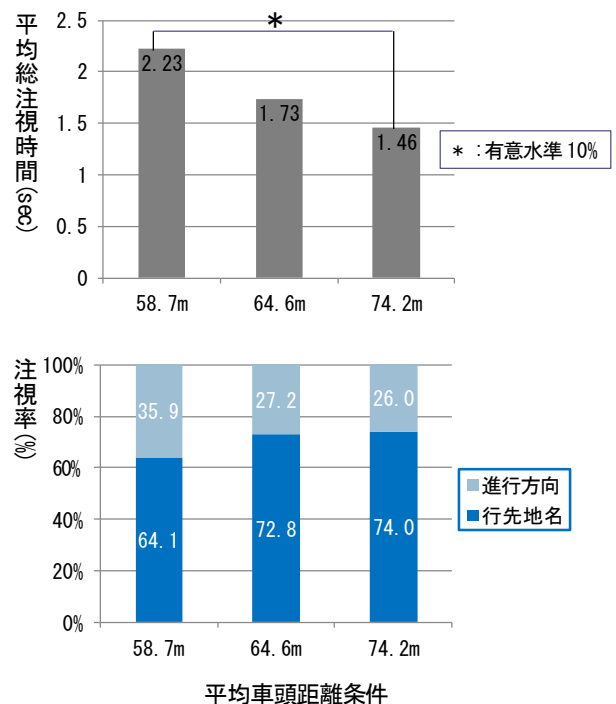


図9 代替案(1)の平均総注視時間および注視率

実験映像を確認したところ、平均車頭距離条件58.7mで走行した12サンプル全てにおいて、判読開始時では、奥に書かれた行先地名の標示は周辺車両と重なり、判読が不可能な状態であった。一方、平均車頭距離条件74.2mで走行した11サンプルのうち、4サンプルは奥に書かれた行先地名の標示、7サンプルは手前に書かれた進行方

向の標示から判読していた。

以上の結果から、代替案(1)も代替案(1')と同様、平均車頭距離の減少に伴い車線判断正解率が低下したと推察できるが、平均車頭距離条件 74.2m で車線判断正解率が 82% に低下した原因に関しては、平均車頭距離条件間の比較では解明されなかった。この点に関しては 5.3 でデザイン変更による影響を考察する。

#### ④ 代替案(3')

代替案(1)および代替案(1')と同様、平均車頭距離の減少に伴い、車線判断正解率は低下している。一方、平均車頭距離条件 74.2m の時には車線判断正解率が 91% と低下している。しかし平均総注視時間および注視率は、平均車頭距離条件の 3 群間で有意差は見られなかった(図 10)。代替案(1)および代替案(1')は平均車頭距離の変動が判読の傾向に影響を与え、その結果車線判断正解率が低下したことを考慮すると、代替案(3')の車線判断正解率は他の代替案とは異なる原因で低下したと考えられる。この点に関しては 5.3 でデザイン変更による影響を考察する。

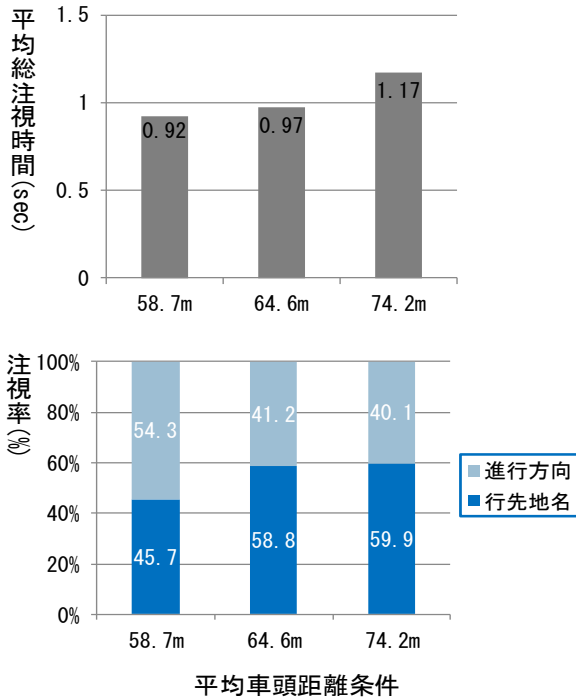


図 10 代替案(3')の平均総注視時間および注視率

### 5.3 代替案間の影響分析

#### ① 代替案(1)と代替案(1')

代替案(1')を作成した目的は車線判断正解率の向上である。表 3 より、全ての平均車頭距離条件下で、代替案(1')の車線判断正解率は代替案(1)の車線判断正解率を上回っていることが分かる。

次に、代替案(1)の車線判断正解率が平均車頭距離条件

74.2m の時に低下した理由について考察する。平均車頭距離条件 74.2m の代替案(1)と代替案(1')の注視率を比較すると、「方面」の標示があることで、「右へ」「左へ」「奈良」「神戸」の標示の注視率が低下していることが分かる(図 11)。代替案(1)は平均車頭距離の増加に伴い平均総注視時間が減少しているが注視率は変動していないことを考慮すると、平均車頭距離の増加に伴い、「方面」の標示の影響が相対的に大きくなっている。平均車頭距離 74.2m の時にはこのことが原因で、「右へ」「左へ」「奈良」「神戸」の標示が正確に判読しきれない場合が生じたと考えられる。

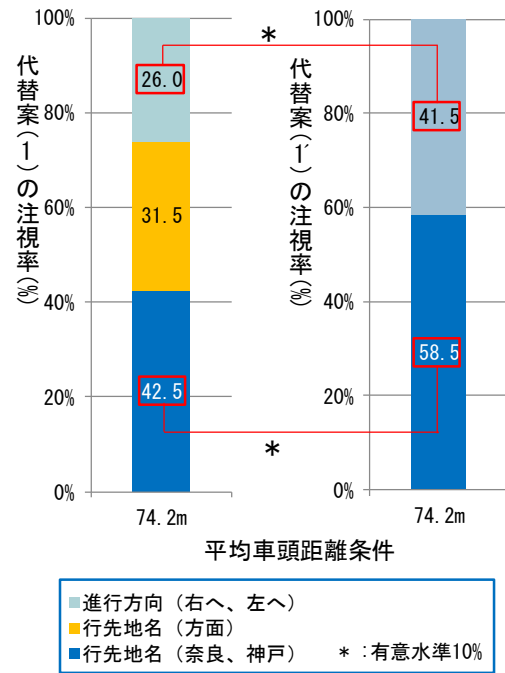


図 11 代替案(1)と代替案(1')の注視率

#### ② 代替案(3)と代替案(3')

代替案(3')を作成した目的は視認性の向上である。そこで代替案(3)と代替案(3')の視認性を比較したところ、図 12 の結果となった。特に平均車頭距離条件 74.2m の時には有意水準 5% で有意差が確認された。したがって、代替案(3')を作成した目的である「視認性の向上」は達成できたと言える。

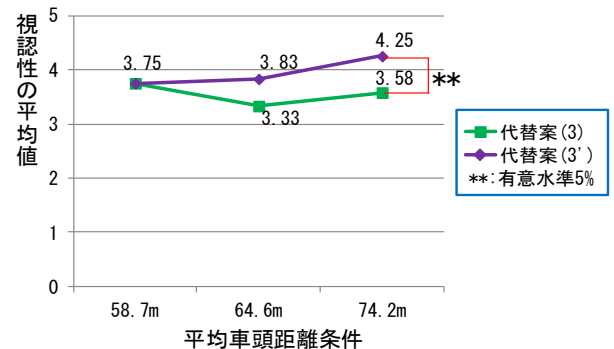


図 12 代替案(3)と代替案(3')の視認性

次に、代替案(3')の車線判断正解率が他の代替案と異なる傾向を示した原因について考察する。図13より、代替案(3)と代替案(3')の注視率を比較すると、代替案(3')の方が進行方向の注視率は高い値を示した。特に平均車頭距離条件 58.7mの時には有意水準5%で有意差が確認され、64.6m、74.2mの時には有意傾向が確認された。つまり矢印で書かれた標示を「右へ」「左へ」といった文字に変更することで、進行方向を表す標示の判読に時間を要することが分かる。代替案(3')の注視率は平均車頭距離条件間で有意差はないこと(5.2)を考慮すると、代替案(3')の判読傾向は平均車頭距離条件間で変わらないが、進行方向の標示を矢印から文字に変更したことによる影響がどの平均車頭距離においても存在しているため、他の代替案と異なる車線判断正解率の傾向を示したと考えられる。

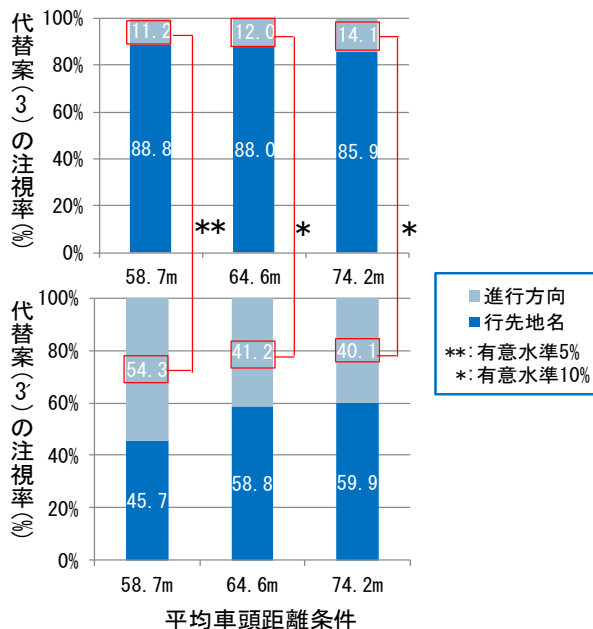


図13 代替案(3)と代替案(3')の注視率

## 6. おわりに

本研究では、先行研究で対象とした路面標示に機能向上を目的としたデザインの変更を加え、交通量の多い状況でそれらの評価を行った。得られた知見を以下に示す。

- ・ 矢印で進行方向を標示することで平均車頭距離の変動に関わらず全ての被験者が正しい車線を走行することが分かった(代替案(3))。逆に文字で進行方向を標示した場合、矢印で標示した場合と比較して判読に時間がかかり、車線の判断を誤る可能性が高いことも明らかとなった(代替案(3'))。
- ・ 奥に行先地名、手前に進行方向の標示を縦方向に設置した路面標示(代替案(1), (1'))は平均車頭距離の減少に伴い車線判断正解率が低下する傾向にあることが明らかとなった。またその原因として判読の順序が進行方向→行先地名と強制される可能性を指摘

した。また、「方面」の標示があることで、平均車頭距離が十分にある場合でも、その他の標示部分に対する注視率が低下し、車線判断正解率が低下する可能性も示すことができた。

以上を踏まえると今回の実験で使用した代替案(3)のように、奥に設置した矢印の標示で進行方向を指示し、手前に行先地名(「方面」を除く)を標示する形式は交通量の多い道路における経路選択支援に最も適したデザインだと言える。一方、今回の実験では2箇所に路面標示を設置したが、分析の対象とした132サンプルのうち、5サンプルは上流側に設置した路面標示に対する注視が認められなかった。つまり、上流側の路面標示に対する見落としが発生している状況である。都市高速道路では合流部が連続する区間が存在し、路面標示を2箇所に設置するのが困難な箇所も存在する。今後は、路面標示と情報板・標識・看板との関係性を考慮し、運転者の経路選択支援のあり方について引き続き検証する必要がある。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、阪神高速技研株式会社より車両検知器データをご提供頂いた。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 牛生扇：歩行者 人動車 道，三栄書房，pp.134-135, 1995.
- 2) 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集 CD-ROM，pp.389-396, 2012.
- 3) 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.
- 4) 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集 CD-ROM，pp.139-146, 2012.
- 5) A test for normality of observations and regression residuals, Jarque, C.M. and Bera, A.K., International Statistical Review, 55(2), pp.163-172, 1987.
- 6) 警察庁交通局運転免許課，運転免許統計，平成23年
- 7) 社団法人日本道路協会，道路標識設置基準・同解説，1987.
- 8) 古市朋輝・春日哲・門間健・岩崎征人，都市高速道路の事故多発曲線部における運転者の注視行動の空間的变化，土木学会第57回年次学術講演会，IV-332, 2002.
- 9) 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, Page.197-203, 1996.