

1. はじめに

適正速度超過による自動車事故を予防するうえで有効と考えられる路面表示のひとつに、減速マーク表示がある。この表示は、横線・山形・ドット等の形状をしたマークを適切な間隔で事故危険区間に連続的に配置したものであり、ドライバーの注意を喚起し、加速を抑えて減速を促すという効果をもつ。しかし、マークの間隔をどのように配置すればどの程度の減速を促すか（以下、配列効果と呼ぶ）については不明な点が多い。本稿では、減速マーク表示の配列効果の発現の背後にある「ドライバーの速度認識の構造」について考察する。

減速マーク表示の配列のうち隣接する 2 つの間隔に着目したとき、それらが前後で狭くなった瞬間にもたらされる視覚刺激は、ドライバーの速度知覚に作用し、その作用を通じて車速を減速させると考えられる。そこで、任意の配列のもとでの車両の実速度の変化率とドライバーが知覚する速度の変化率との関係に着目する。本稿では、知覚速度の変化率それ自体を隠れ状態とみなし、この遷移を隠れマルコフモデル（以下、HMM と略す）に基づき実速度の時系列データから推計する。本研究の目的は、離散型 HMM による速度認識構造表現を通じて、横線型減速マーク表示の様々な配列パターンが実速度と知覚速度の変化率に与える配列効果を分析する事である。

2. 分析の枠組み

(1) 走行環境

本稿では、減速マーク表示の設置区間を直線に限定する。地方部の自動車専用道路を想定し、走行する車線は幅員 3.50m、中央帯は幅員 1.50m、左側路肩は幅員 1.75m とし、表示の横線の幅は 0.45m とする。表示上を走行する車両の実速度のデータは、ドライビングシミュレータを用いた室内実験によって収集する（図 1）。分析者は、被験者（ドライバー）に対して、各員が設定する任意の目標速度でなるべく定速に運転するように指示する。直線の走行区間のうち、前半の 1,000m は、等間隔の表示上で各員が定速走行に至るための助走区間であり、後半の 500m は、同じ間隔の表示が連続して 100m 配置された後にそれとは異なる間隔の表示が再び連続して 100m



図 1 シミュレータの運転席からみた映像

配置されるということが続く区間である。この後半の区間では、様々な配列パターンを試行しつつ、被験者には速度計が見えない状況下で実速度データを収集する。

(2) 分析モデル

離散型 HMM とは、離散時間マルコフ過程に従って遷移する離散状態の各々が、ある決まった確率分布に従う出力変数をもつというモデルである。本研究では、知覚速度の変化率と実速度の変化率の各々を 8 つの範囲に分割する。そして、知覚速度の変化率を意味する離散状態の数を 8 個、実速度の変化率を意味する出力変数の値の数を 8 個とした HMM を考える。状態遷移は、自己の状態を含め全ての状態間で行われると仮定する。また、状態推移確率は斉時的、出力変数は定常的と仮定する。

分析では、まず、8 個の状態のどこから始まるかを示す初期分布をランダムに設けたうえで、実験から得たデータを基に、Baum-Welch アルゴリズムを通じて AIC 最小の状態推移確率および出力確率を推計する。次に、これらのパラメータの下で、実速度の幾つかの時系列パターンを想定し、Viterbi アルゴリズムを通じて各々のパターンに対する状態遷移の最大確率パスを推計する。

3. 実験の概要

(1) 被験者

本研究の実験に参画した被験者は、表 1 の通りである。実施した室内実験は、以下の 2 つである。

(2) 実験 I

実験 I では、ドライビングシミュレータを用いて、減速マーク表示の配列パターンと実速度の変化率との関係を調べる。そのために、配列パターン毎に走行中の車両の速度・位置情報を取得した。

(3) 実験Ⅱ

実験Ⅱでは、車速で流れる走行動画を速度計無しで見てもらい、実速度・知覚速度の各々の変化率を調べる。

表1 実験Ⅰ・Ⅱにおける被験者

	被験者数	データ数
実験Ⅰ	11人	1584個
実験Ⅱ	11人	1408個

表2 実験Ⅰで用いた配列パターン

パターン	初期間隔(m)	区間(m)					
		助走	①	②	③	④	⑤
		0 ～ 600	600 ～ 700	700 ～ 800	800 ～ 900	900 ～ 1000	1000 ～ 1100
		各区間の白線間隔の減少率(割)					
1	12	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2	12	0	1	1	1	1	1
3	12	0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4	12	0	1.5	1	0.5	0.5	0.5
5	12	0	0.5	1	1.5	1	0.5
6	12	0	0.5	0.5	0.5	1	1.5
7	12	0	0	0	0	0	0
8	7	0	1	1	1	1	1

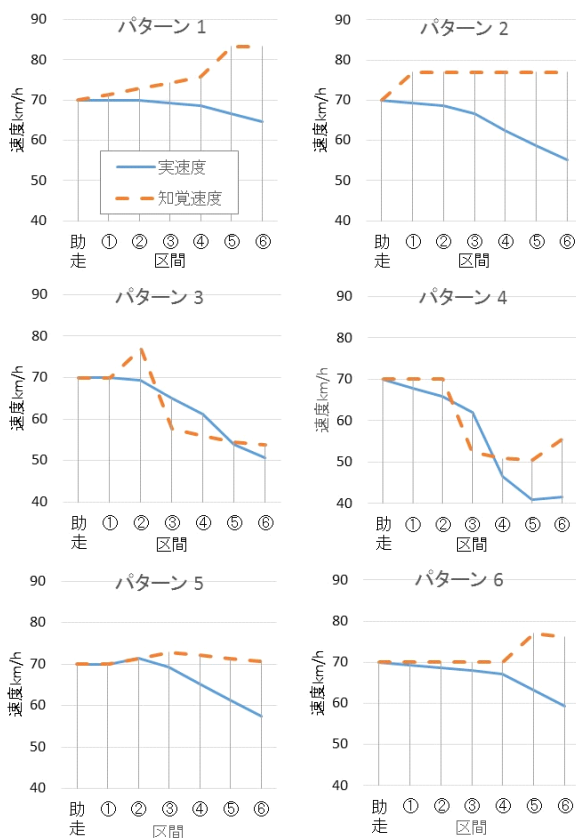


図2 配列パターン毎の実速度・知覚速度の推移(その1)

そのために、まず、12m間隔の表示の上を 70km/h で走行する動画を流し、次に、8通りの速度変化あるいは4通りの間隔変化を伴う走行動画を流すことで、被験者から知覚速度の変化率の主観値を取得した。

4. 分析の結果

実験Ⅰから得られた全被験者データの平均として、配列パターンごとに実速度の変化率の推移を推計した。更に実験Ⅱを加え、HMMを用いて、配列パターンごとに知覚速度の変化率の推移を推計した。これらに基づき、実速度と知覚速度の初期値を 70km/h と設定した場合の両速度の推移を推計した。結果を図2と図3に示す。

5. 考察

本実験に限った分析結果より、次の4つの知見を得た。

- ① 配列が異なると知覚速度・実速度の推移が異なる。配列パターンの相違は、車両の実速度の推移のみならずドライバーの知覚速度の推移も変化させる。
- ② 配列が異なると実速度は概ね過大に知覚される。配列パターンに因らず、知覚速度は実速度より概ね高い。
- ③ 間隔を徐々に狭くしなければ減速はしない。表示は間隔を徐々に狭くすると車両を減速させる一方、等間隔ならば減速効果はほとんどない。
- ④ 間隔の初期値が異なれば、その後の間隔の変化率は同じであっても、知覚速度・実速度の推移は異なる。

本研究では、実験の走行環境として直線区間を設定し、被験者は任意で目標速度を設定するものとした。このような設定のもとでは知見②が得られたが、一方で別の走行環境としてカーブ区間を設ける場合、カーブに依存した目標速度が速度認識構造に新たに影響する可能性があるため、その設定では必ずしも知見②と同様の知見を得るとは限らないと考えられる。また、知見④は、最初の間隔が短すぎる場合に、ドライバーが間隔の変化率によって車両の実速度を知覚し辛いことを示唆する。最初の間隔には効果に適した最小の値があると考えられる。

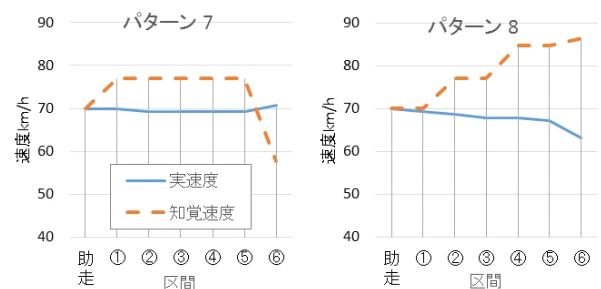


図3 配列パターン毎の実速度・知覚速度の推移(その2)