

目標車頭時間の視覚情報提示が 先行車追従行動に与える影響

平岡 敏洋¹・橘 崇弘²・葛西 誠³・松本 修一⁴

¹非会員 京都大学大学院助教 情報学研究科 システム科学専攻 (〒 606-8501 京都市左京区吉田本町)

E-mail: hiraoka@sys.i.kyoto-u.ac.jp

²非会員 京都大学大学院 情報学研究科 システム科学専攻 (〒 606-8501 京都市左京区吉田本町)

E-mail: tachibana@sys.i.kyoto-u.ac.jp

³正会員 東京理科大学助教 理工学研究科 土木工学専攻 (〒 278-8510 千葉県野田市山崎 2641)

E-mail: kasai@rs.noda.tus.ac.jp

⁴正会員 文教大学准教授 情報学部 情報社会学科 (〒 253-8550 神奈川県茅ヶ崎市行谷 1100)

E-mail: shuichi@shonan.bunkyo.ac.jp

車載機器に視覚情報を提示することで、安全運転やエコドライブを促す運転支援システムに対する期待が高まっており、一部はスマートフォンアプリやカーナビゲーションシステムなどに組み込まれている。しかしながら、安全運転やエコドライブを促すのではなく、渋滞になりにくい運転を陽に促すシステムに関する取組みは盛んではなく、国内外で先行的な公道実験が始まっているものの、ドライバへの情報提供のためのインタフェース設計など多くの課題が残されている。そこで本研究では、運転者の先行車追従行動を変化させ、渋滞発生を抑制することを狙いとして、車頭時間を一定に保つように促すインタフェースを加味した運転支援システムの構築を目指す。第一報となる本稿では、先行車との車頭時間と、目標車頭時間との差によって線の太さと色に変化する枠を、リアルタイム表示する視覚情報インタフェースを提案する。さらに、ドライビングシミュレータ実験により、システムの利用が先行車追従行動に与える影響と渋滞抑制効果を検証する。

Key Words : *In-vehicle information system, Headway-time, visual information display, efficient following behavior*

1. はじめに

環境、経済、そして安全に配慮した運転が重要視されるなか、安全運転¹⁾や、エコドライブ²⁾、優先行動(利他行動)³⁾など、他者に優しい運転法、ならびにその支援法に関する研究が注目されているが、本研究では渋滞発生を抑制する運転法に着目する。

渋滞解消に関する研究としては井口らの研究⁴⁾などがあり、渋滞の主な発生箇所であるサグやトンネルでの運転の仕方、実際に渋滞が発生したときにどのような振舞いをすれば非渋滞の状態に移行できるか、さらにそのときに測定した加速度に基づく追従モデルについて述べられている。また、越らの研究⁵⁾では、渋滞発生のメカニズムや、自由流から渋滞流への遷移について述べており、金澤らの研究⁶⁾では車間距離と車速を制御するACCを搭載した自動車を用いて、サグ部における交通流を円滑化するシミュレーションを行っている。

代表的な渋滞解消策である渋滞多発箇所の道路整備には莫大な時間と費用を必要とする。費用対効果を意識したソフト的対策として、パークアンドライドなどの交通需要マネジメント施策や、複数の交通機関の連携によるマルチモーダル施策など、需要を調整する手

法の導入が検討されている。

高速道路サグ部において車間時間が一定となる走行を実施した研究⁷⁾によると、渋滞緩和に正の影響があることと、その実現可能性の高さが報告されている。ただし、走行後のアンケートで、慣れない走行を強制されることで走りにくいという意見が多く得られた。

本研究では、自車両先端から先行車両先端までの車頭距離を自車速度で除した車頭時間を視覚情報提示することで、渋滞が発生しにくい先行車追従行動をドライバに促すことを目的とする。ただし、渋滞発生後に渋滞を解消する技術や、渋滞が目前に発生している際に渋滞箇所を回避するための技術は対象とせず、『交通流の円滑化に繋がる加減速行動を促すには、どのような情報をどのように提示したらよいのか?』という点に着目し、自車両が後続車に対して“渋滞を発生させにくい挙動”となるように促すシステムの構築を目指す。

2. 評価指標

(1) 衝撃波

交通流の渋滞を判定する代表的な指標の一つに衝撃波^{8),9),10),11)}がある。交通流のマクロ特性を表わす三つ

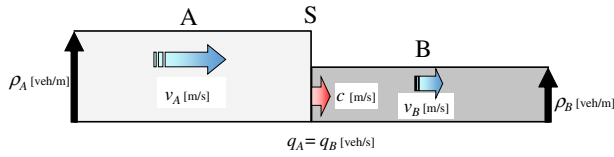


図-1 衝撃波

の指標は、地点交通流 $q[\text{veh/s}]$ 、地点速度 $v[\text{m/s}]$ 、交通密度 $\rho[\text{veh/m}]$ であり

$$q = \rho v \quad (1)$$

という関係式が成り立つ。

図-1のように、道路下流に存在する高密度低速度の交通流 B(q_B, v_B, ρ_B) に対して、上流から低密度高速度で交通流 A(q_A, v_A, ρ_A) が到着している状況を考える。交通流 B の末尾で密度が急激に変化するために、境界 S が上流に移動していく。これを衝撃波と呼び、その伝播速度を $c[\text{m/s}]$ とする。衝撃波面に入る車の台数は、衝撃波面から出る車の台数と同じであるため、

$$\rho_A(v_A - c) = \rho_B(v_B - c) \quad (2)$$

となる。この式を衝撃波伝播速度 c についてまとめると、

$$c = \frac{\rho_B v_B - \rho_A v_A}{\rho_B - \rho_A} \left(= \frac{q_B - q_A}{\rho_B - \rho_A} \right) \quad (3)$$

となる。上式の分子が零、すなわち交通流 A と B の流量が等しいときの衝撃波の伝播速度が零となる。

(2) 車頭時間

自車両と先行車両の位置、速度を $x_f, x_p[\text{m}]$, $v_f, v_p[\text{m/s}]$ とすると、車頭時間 (THW: Time-Head Way) $t_h[\text{s}]$ は車頭距離 $l[\text{m}]$ を用いて次式となる。

$$t_h = \frac{l}{v_f} = \frac{x_p - x_f}{v_f} \quad (4)$$

前節で述べた衝撃波はミクロ視点でも活用できる。先行車と追従車の 2 台からなる追従状態では、車頭距離 $l[\text{m}]$ に車両が 1 台存在するとみなすことができるので、

$$\rho = \frac{1}{l} = \frac{1}{x_p - x_f} \quad (5)$$

となる。式 (4)、(5) と式 (1) より次式が得られる。

$$q = \rho v_f = \frac{v_f}{l} = \frac{1}{t_h} \quad (6)$$

さらに、式 (5)、(6) を式 (3) に代入すると

$$c = \left(\frac{1}{t_{hB}} - \frac{1}{t_{hA}} \right) / \left(\frac{1}{l_B} - \frac{1}{l_A} \right) \quad (7)$$

となる。上式より、交通流 A と交通流 B の車頭時間が一定ならば、衝撃波の伝播速度が零となり、衝撃波が発生せずに渋滞を上流に伝播しない。つまり、各車両において車頭時間が一定となるように運転することで渋滞発生を抑制できると期待される。

(3) 目標車頭時間の算出

信号無しの単路において、すべてが普通乗用車の場合に、一車線の容量は $2000[\text{veh/h}]$ であることが知られている¹²⁾。しかしながら、多くのドライバーは車間時間 1 秒程度で車間を詰めて運転しており¹³⁾、これが要因となって、車頭時間増大が上流へ増幅伝播し、渋滞が発生することが指摘されている¹⁴⁾。この車間時間の短さについて熊谷¹⁵⁾は、先急ぎ衝動や、割込みを防ぎたいという心理を理由に挙げている。

そこで交通量が $1800[\text{veh/h}]$ 、すなわち車頭時間 2 秒を時空間的に一定に保てば、容量は低下せず渋滞しないことが期待される¹⁴⁾。車間時間¹を一定に保つ運転の実車実験では⁷⁾、大半の人が車間時間が 2 秒となる運転を達成できており、この運転は現実的にも実現可能と考えられる。この実験では、「0102 (ゼロイチ、ゼロ二)」の称呼によって車間時間をカウントさせる方法¹⁶⁾を実験参加者に教示して実行させたが、これは現実の運転環境における受容性や持続性を考慮していない。走行後のアンケートでは「慣れない運転方法で走りにくい」という意見が多く見られたが、この結果は強制された運転が走りにくいと解釈できる。そこで本研究では、インタフェースによって車頭時間の情報提示をすることでドライバーに対して一定車頭時間となる運転を促し、運転しやすくすることに新規性を見出す。

3. 一定車頭時間となる運転行動を促す視覚情報インタフェース

(1) 二種類の運転支援システム

ドライバーとシステムの関わり合いに基づいて、運転支援システムには直接型運転支援システムと間接型運転支援システムの 2 種類に分類できる¹⁷⁾。

前者は、システムがある判断基準に基づいて状況を判断し、その結果をドライバーに警報音や警告表示で伝えることや、操作介入を行うことで運転を支援する。

一方、後者は、ドライバーに対する情報提示や走行環境を整えることはするが、あくまでも行動主体は人間側にあり運転や判断を行うという形の支援方法をとる。直接型運転支援システムは、ドライバーの操作では危機回避が困難であるときには有効であるが、欠報時のオートメーションサプライズを考えると危険性をはらんでいる。すなわち、ドライバー主体の行動を促す間接型運転支援システムが望ましく、本研究では間接型運転支援システムとなる視覚情報インタフェースを提案する。

¹ 車頭時間 (THW) ではなく車間時間である点に注意されたい

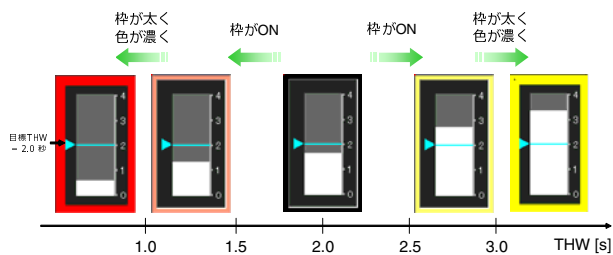


図-2 THW と棒表示の対応関係

(2) 車頭時間情報インタフェース

本研究では、図-2 に示すように、先行車に対する THW を白いバーでリアルタイムに表示する視覚情報インタフェースを提案する。

THW に応じてインタフェース中心に配したバーが上下方向に伸び縮みする。2.(3) 節で述べたように、目標 THW を 2 秒として、インタフェースにおいて青線を表示する。ドライバは白いバーが上下に伸び縮みするのを見ながら加減速することで THW が 2 秒となるように調節するが、バー表示だけでは、インタフェースを凝視しないと THW を把握することが困難であり、運転に支障をきたす恐れがある。

そこで視認負荷を軽減するために、THW に応じて棒の太さと色に変化する棒を表示する。目標 THW 2 秒を中心に ± 0.5 秒の範囲にある間は許容可能であるとして、その間はバーのみを表示する。つぎに、 $\pm 0.5 \sim \pm 1.0$ 秒の範囲にあるときは細く薄い色の棒が表示される。このような棒の ON/OFF は周辺視によって視認可能である。さらに THW が逸脱すると、棒を濃い色で太くすることで、ドライバの注意を惹くことを狙いとした。

なお、先行車との車頭時間が目標値よりも小さい状況は、危険な状況であることも加味して、赤い色の棒を表示することで減速を促す。一方、車頭時間が目標値よりも大きい状況を表す色については本研究では黄色としたが、直感的にこの色がドライバに対して加速を促しうるかについては検討の余地がある。

4. ドライビングシミュレータ実験による提案システムの効果評価

THW バーをリアルタイム表示する視覚情報インタフェースの存在が、ドライバや交通流にどのような影響を与えるかをドライビングシミュレータ実験によって検証する。本実験では 16 台からなる車群を作り、その交通流に発生する渋滞を観測する。

(1) 実験概要

a) 実験条件

本実験では、図-2 に示した THW を表示する視覚情報インタフェースを用いる運転と、用いない運転を比

較する。実験参加者は 10 代から 20 代の男性 12 名、女性 2 名の計 14 名 (19~29 歳、平均 21.1 歳、標準偏差 2.5 歳) であり、実験開始前にインフォームドコンセントによって実験参加の同意を得た。実験参加者からは、募集段階で、免許保有暦、運転頻度、運転に対する自信についての回答を得ており、その回答に基づいてできるだけ均一になるように 7 名ずつの 2 群 (I 群, II 群) に分けた。

実験に使用したドライビングシミュレータは先行研究^{1),2),18)}で使用したものと同一である。各実験参加者は合計 30 回の実験走行を行う。I 群の実験参加者は実験走行 1 から 15 までシステムあり走行、実験走行 16 から 30 までシステムなし走行を行い、II 群の実験参加者はシステムなし走行を 15 回した後に、システムあり走行を 15 回行う。

実験参加者に対して、車頭時間と図-2 に示したインタフェースに関して説明した後に、次の内容を教示した。

- なるべく普段どおりの『あなたらしい運転』を心がける。
- 速度制限は無いが、先行車や後続車の迷惑とならないような安全運転を行う。
- 危険事象に対しては適切な回避行動をとる。
- インタフェース使用時には目標車頭時間を保つような運転を心がける。
- 運転に支障がない範囲で、可能な限りサブタスク²を行う。

実験コースは全長約 3[km]、幅 7[m] の 2 車線で一方通行の直線道路である。自車両は左側車線を走行し、前方に先行車が 1 台、後方に後続車が 1 台、右側車線に 3 台の車が並走する。1 回目の走行では、先行車は図-3 に示す速度パターンで 305 秒かけて 3253[m] 進む。1 回目の走行において、実験参加者はこの先行車³に対して追従する。2 回目以降の走行 (n 回目) では、 $n-1$ 回目の

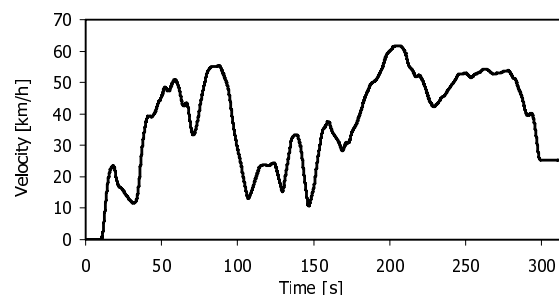


図-3 最初 (0 台目) の先行車速度パターン

² 本実験では、実運転時の認知負荷状態を擬似的に再現するために、道路上に設置されている標識に書かれてある数字を見て、ステアリングホイールの左隣にあるダイヤルスイッチを操作してメータ画面上のダイヤル値を合わせるというサブタスクを課す。200m ごとに設置してある標識の数字は 1 から 10 までの数字がランダムに表示される。

³ 本稿では、これを『0 台目の先行車』とする。

表-1 各地点での交通流率 [veh/h] (システムなし条件, システムあり条件, 増減)

Sub.	1500m			2000m			2500m		
	W/o	With	Diff.[%]	W/o	With	Diff.[%]	W/o	With	Diff.[%]
#1	2762.9	2871.7	+3.9	1760.2	1780.6	+1.2	2072.7	2165.7	+4.5
#2	2293.0	2318.6	+1.1	2083.1	1825.3	-12.4	2078.4	1988.1	-4.3
#3	3622.6	2890.5	-20.2	2177.2	1919.8	-11.8	2407.2	2057.8	-14.5
#4	3449.5	3476.5	+0.8	2470.0	1955.0	-20.8	2382.9	2740.4	+15.0
#5	3269.6	3366.3	+3.0	1985.1	1894.8	-4.6	2503.9	2335.4	-6.7
#6	1928.5	2494.6	+29.4	1229.0	1761.4	+43.3	1593.9	2182.0	+36.9
#7	1216.1	1368.7	+12.5	747.6	1018.1	+36.2	801.4	1118.3	+39.5
#8	2721.2	4087.9	+50.2	1886.7	2371.6	+25.7	2570.9	2764.2	+7.5
#9	3069.7	3848.8	+25.4	1922.2	2104.4	+9.5	2281.5	2605.4	+14.2
#10	2921.7	3568.2	+22.1	2744.8	2299.0	-16.2	3130.3	2592.3	-17.2
#11	2184.3	3419.5	+56.5	1433.4	1710.5	+19.3	1310.9	1922.3	+46.6
#12	2700.8	3194.6	+18.3	1731.8	2266.9	+30.9	1848.5	2451.3	+32.6
#13	2942.0	3227.5	+9.7	1815.4	2026.3	+11.6	2400.8	2330.1	-2.9
#14	705.0	1903.4	+170.0	540.6	1311.5	+142.6	682.3	1596.2	+134.0
Ave*	2556.2	3002.7	(+17.5)	1751.9	1874.7	(+7.0)	2004.7	2203.5	(+10.0)
S.D.	757.8	827.7		604.4	368.7		693.8	456.2	

*: この行における増減の値 (括弧で示した数値) は, 14 名の平均交通流率のシステム有無による差を示す点に注意されたい。

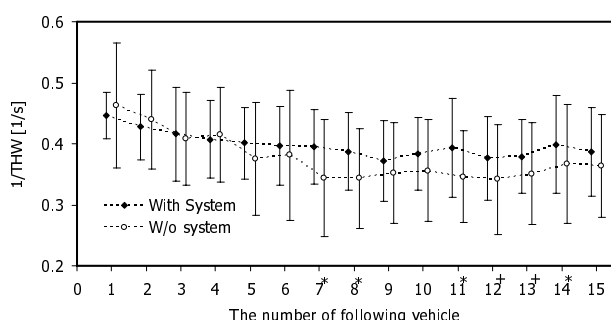


図-4 1 台目から 15 台目までの平均 1/THW [1/s]

自車両の速度パターンを先行車の速度パターンとする。つまり, 0 台目の先行車は事前に決定された速度パターンで走行し, その後の 15 台は, 実験参加者が順に追従して走行した車群となっている。また, 右側車線の先頭車両の動きは先行車の動きを 0.2 秒遅らせて再現し, 右側車線の残りの 2 台と後続車は, それぞれの前を走る車に対して Helley の追従モデル¹⁹⁾に従って走行する。

b) 実験手順

実験全体の説明を約 15 分間行った後に, DS に慣れるために 20 分間の練習走行を行う。その後, 実験参加者は約 5 分間の追従走行を 30 回繰り返すが, 前半と後半の 15 回で車頭時間情報インタフェースの有無が異なる。

(2) 実験結果と考察

a) 1/THW

システムの有無ごとに, 1 台目から 15 台目までの追従車両における 1/THW の平均値と標準偏差を図-4 に示す。はじめに, I 群と II 群での順序効果について分散分析で確かめたところ, 有意な差は見られなかった ($F(1, 10)=0.65, p=0.43$)。つぎに, 14 人の実験参加者でシステムの有無と追従台数を要因とする 2 要因分散分

析を行ったところ, システムの主効果が有意傾向 ($F(1, 13)=4.04, p < .1$), 追従台数の主効果が有意 ($F(14, 182)=12.93, p < .001$), そして交互作用が有意であった ($F(14, 182)=1.95, p < .05$)。

図-4 において, 7, 8, 11, 12, 13, 14 台目の追従走行における「*」,「+」の記号は, 多重比較の結果, システムの有無による差が有意(*) または有意傾向(+)であったことを示す。つまり, 後続車両になればなるほどシステムの有無の差が出ていることになる。システムを用いることで, 車群内の後方車両ほど THW の変動が小さくおさまっており (1 台目の平均車頭時間: 2.24 秒, 15 台目の平均車頭時間: 2.59 秒 (+15%)), システムを用いない場合には, 車群内の後方車両ほど THW の変動が大きくなっている (1 台目の平均車頭時間: 2.16 秒, 15 台目の平均車頭時間: 2.75 秒 (+27%))。以上より, 車頭時間情報インタフェースを提示することによって, 車群が伸展しても目標 THW2.0 秒に近い追従行動を維持できることが示唆される。

b) 交通流率

0 台目の先行車が 1500m, 2000m, 2500m 地点を通過してから, 実験参加者が運転する 15 台目の車両がその地点を通過するまでに要した時間を用いて算出した各地点における交通流率 [veh/h] を表-1⁴⁾に示す。

システムを使うことで, 各地点における平均交通流率は, 1500m 地点で 17.5%, 2000m 地点で 7%, 2500m 地点で 10%上昇している。なお, システムの有無による, 三箇所の通過地点における平均交通流率の差について分散分析を行った結果, 1500m 地点でのシステムの

⁴⁾ 'W/o' はシステム無し条件, 'With' はシステムあり条件を表す。さらに, 'Diff.' は各地点において, システム無し条件に比してシステムあり条件の交通流率が何%改善したかを表す。

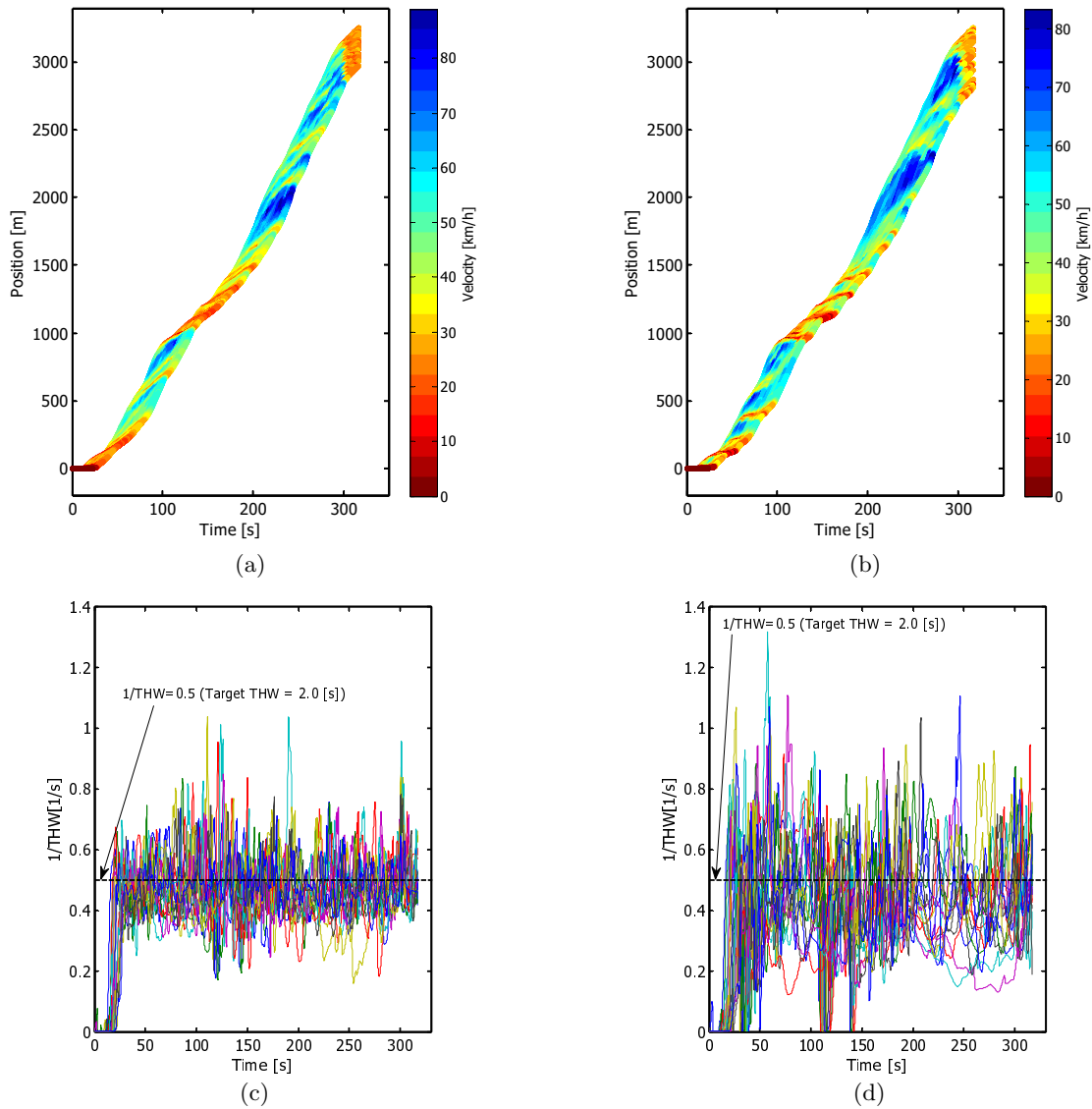


図-5 実験参加者 12 の走行データ（上段： t - s ダイアグラム，下段： $1/THW$ ，左：システムあり条件，右：システムなし条件）

有無による差は有意 ($F(1, 13)=18.45, p < .05$)，2500m 地点では有意傾向 ($F(1, 13)=3.28, p < .1$) であった。

以上より，目標 THW2.0 秒となるような運転を促すことによって追従行動が変化し，その結果として，交通流の円滑化，効率化が示唆される。

(3) 提案システムの効果が顕著に現れた実験参加者

実験参加者 12 の走行データを図-5 に示す。上段に Time-space diagram（以下， t - s ダイアグラム），下段に $1/THW$ の推移を示している。左図が提案システムを用いた場合，右図が用いなかった場合である。

車群 15 台目の 2500m 地点到達時間はシステムを用いた場合に 276.6 秒，用いなかった場合に 284.2 秒であった。この数値に基づく交通流率はそれぞれ 2451.3, 1848.5 [veh/h]⁵ と，システムを用いて目標車頭時間 2.0

秒となる運転を心がけた場合に交通流率が 32.6% 改善されていたことになる。

図-5 (a), (b) の t - s ダイアグラムにおける色は車速を表しており，赤い色ほど低速であることを示している。すなわち，赤色の縞状部が衝撃波となる。この縞模様が右下がりになっている場合に，衝撃波が上流へ伝達することを表わしており，これが伸展することで渋滞が発生する。図-5 (a), (b) を比べると，システムを使わない場合の 150 秒前後でゆっくりと上流に対して衝撃波が発生している様子がわかる。

さらに，図-5 (c), (d) を比較すると，車頭時間情報インタフェースを用いることで車頭時間が目標値 2 秒付近でバラつきが少なく推移している。また，図-5 (d) を見ると，インタフェースを用いなかった場合に，途中で車速が零となる状態が複数回存在することが示されている。この結果からも，インタフェースを用いることで，上記のような交通流率の改善ならびに衝撃波の抑制に繋がったと推察される。

⁵ 一般道における最大交通量 2000[veh/h] よりも約 2 割大きな値となったが，これはドライビングシミュレータと実車の違いに由来する誤差だと推察される。

表-2 主観評価結果

Sub.	Q.1	Q.2	Q.3	Q.4
#1	4	1	3	1
#2	4	3	4	3
#3	2	3	2	1
#4	4	4	2	4
#5	3	3	4	2
#6	5	4	4	4
#7	4	5	4	4
#8	2	3	4	3
#9	5	5	4	5
#10	4	2	5	4
#11	2	3	4	2
#12	5	5	4	4
#13	3	3	4	3
#14	5	2	4	2
Ave.	3.71	3.29	3.71	3.00
S.D.	1.14	1.20	0.83	1.24

(4) 主観評価

本研究で提案する車頭時間情報インタフェースに関する実験参加者の評価を得るために、実験終了後にアンケートを実施した。主な質問項目は以下のとおりである。アンケート結果を表-2に示す。

質問1：システムの表示はわかりやすいか（1. わかりにくい ↔ 5. わかりやすい）

質問2：システムは運転の妨げになったか（1. とても妨げになった ↔ 5. 全く妨げにならなかった）

質問3：システムによって運転に工夫したか（1. 全く工夫していない ↔ 5. とても工夫した）

質問4：システムを実際の運転で利用したいか（1. 全く感じなかった ↔ 5. とても感じた）

a) わかりやすさと利用動機づけの関係

質問1で「4. 少しわかりやすい」「5. わかりやすい」と回答した実験参加者は9名で、14名の平均点は3.71と、提案システムがわかりにくいインタフェースではないことがわかる。その一方で、質問4において「（実際の運転でシステムを）利用したいと感じた」または「5. とても利用したいと感じた」と回答した実験参加者は6名に留まった。

ここで質問1『わかりやすさ』と質問4『利用動機づけ』の関係について考察する。質問1で「2. 少しわかりにくい」と回答した3名の実験参加者は、質問4において「4. 利用したいと感じた」または「5. とても利用したいと感じた」とは回答していない。逆に、質問4で4以上を選んだ実験参加者は全員が質問1で4以上を選択している。すなわち、システムのわかりやすさと実際の運転におけるシステムの利用動機づけは密接に関係しているといえよう。

また、実験参加者1は、質問1で「4. 少しわかりやすい」と回答しながらも、質問4で「1. 利用したいと

は全く感じなかった」と回答している。質問2で「2. とても妨げになった」と回答しているうえに、上記四つの質問以外の自由記述で『システムに目が行きすぎてかえってしんどい』と回答していたことから、システムの煩わしさが原因となって、利用動機づけが高まらなかったと推察される。

以上のことから、より多くの人にとってわかりやすいシステムを設計する必要性が示唆される。

b) 運転工夫と交通流率改善度の関係

質問3において「4. 工夫した」以上と回答した実験参加者は11名で、14名の平均点は3.71であった。したがって、車頭時間情報インタフェースがある場合に、ドライバが運転を工夫する傾向にある。

つぎに、質問3の回答結果と交通流率の改善度との関係について考察する。改善度とは、システムなし条件に比してシステムあり条件のときの交通流率が何%向上したかを表すものであり、表-1中にその数値を示している。3地点で交通流率が5%以上改善した実験参加者6, 7, 8, 9, 11, 12, 14は質問4で「5. とても工夫した」または「4. 工夫した」と回答しており、交通流率が向上した実験参加者が提案システムを利用して運転を工夫したことがわかる。

一方、質問3で「2. 工夫していない」と回答した2名の実験参加者はともに交通流率が改善していないことが表-1に示されている。

c) システムの煩わしさと交通流率改善度の関係

システムを利用することによって運転を工夫し、実際の運転でも活用したいと述べ、交通流率も上がっている実験参加者は6, 7, 9, 12の4名である。この4名と同様に、実験参加者10は質問3で「5. とても工夫した」と回答し、質問1で「4. 多少はわかりやすい」と答えたにもかかわらず、交通流率は低下している。質問2に対する実験参加者10の回答は、「2. （システムは運転の）妨げになった」となっており、これが原因で流率が悪化したのではないかと考えられる。したがって、運転を妨げないように提案インタフェースを改良することで、交通流率の悪化を防ぐことができるのではないかと推察される。

5. おわりに

ドライバに対して車頭時間2秒の先行車追従運転を促すことで効率の良い交通流を実現することを目的として、車頭時間情報をリアルタイム表示する視覚情報インタフェースを有する運転支援システムを提案した。

14名の実験参加者によるドライビングシミュレータ実験において、提案システムの有無が車群に与える影響を比較して、以下の結果を得た。

- 提案システムを利用することで、車群の先頭から後方までの車頭時間が目標値 2 秒に近づき、そのばらつきも抑制される。その結果、円滑な交通流となり、交通流率が向上する。
- 提案システムを実際の運転で利用したいかという利用動機づけに関する質問において利用したいと回答した実験参加者は 14 名中 6 名に留まった。本研究で提案した視覚情報インタフェースの表示内容がわかりにくい、リアルタイム表示されるので視認負荷が高い、などの要因で、システムの利用がかえって運転の妨げになったと推察される。
- 14 名中 11 名の実験参加者が提案システムを活用することで運転を工夫した。一方、運転を工夫しなかった 2 名の実験参加者は交通流の効率は改善されなかった。

上記結果を鑑みて、1) 追加実験の実施、2) インタフェースの改良、3) システムに対する依存の影響評価、などが今後の課題として挙げられる。

謝辞： 本研究の一部は、土木学会実践的 ITS 研究委員会からの受託研究の補助によるものです。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 平岡敏洋, 高田翔太, 野崎敬太: 自発的な行動変容を促す安全運転評価システム, 自動車技術会論文集, Vol.44, No.2, pp.673-678, 2013.
- 2) 野崎敬太, 平岡敏洋: エコドライブ支援システムにおける能動的工夫の余地が運転者の動機づけに与える影響, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.15, No.1, pp.111-119, 2013.
- 3) 丸茂喜高, 鈴木宏典, 片山硬: 対向右折車への優先行動が交通流へ及ぼす影響, 計測自動制御学会論文集, Vol.48, No.10, pp.614-621, 2012.
- 4) 井口智彦, 脇田佑希子, 清水光輝, 玉城龍洋, 北栄輔: 多追従モデルを用いた道路合流部における渋滞の緩和, 日本機械学会論文集, C 編, Vol.75, No.758, pp.2695-2702, 2009.
- 5) 越正毅, 桑原雅夫, 赤羽弘和: 高速道路のトンネル, サグ部における渋滞現象に関する研究, 土木学会論文集, No.458/IV-18, pp.65-71, 1993.
- 6) 金澤文彦, 坂井康一, 鈴木一史, 岩崎健: 高速道路サグ部における ACC 車両との路車間連携による交通円滑化, 第 32 回交通工学研究発表会論文集, 2012.
- 7) 鈴木一史, 金澤文彦, 岩崎健: 高速道路サグ部における渋滞緩和のための走行方法に関する公道実験, 土木計画学研究・講演集, No.47, 2013.
- 8) 鈴木理基, 重野寛: 車車間通信の輻輳を考慮したショックウェーブ抑制手法, 情報処理学会論文誌, Vol.55, No.2, pp.801-811, 2014.
- 9) 鈴木宏典, 片山硬: ショックウェーブの伝播抑制が車群の安全へ与える影響, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会講演論文集, CD-ROM, 2012.
- 10) 鈴木宏典, 片山硬: ショックウェーブの伝播に基づく複数車両の追突リスク評価, 自動車技術会論文集, Vol.42, No.6, pp.1403-1408, 2011.
- 11) S. Ahn, M. Cassidy: Freeway traffic oscillations and vehicle lane-change maneuvers, Transportation and Traffic Theory, pp.691-710, 2007.
- 12) 一般社団法人 交通工学研究会, 道路交通技術必携 2013, p.148, 2013.
- 13) 中島源雄: 動的な環境における視覚特性, 国際交通安全学会誌, Vol.8, No.3, pp.6-16, 1983.
- 14) 大口敬: 高速道路における交通渋滞緩和策の最新動向, 自動車技術, Vol.67, No.10, pp.11-16, 2013.
- 15) 熊谷太郎, 志堂寺和紀, 松木裕二: 自動車運転者の心理特性-車間時間と移動効率の関係-, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J89-A, No.10, pp.822-830, 2006.
- 16) 関根英仁, 大畑和也, 松永誠二: 安全車間距離保持のための「0102(ゼロイチ, ゼロニ)」称呼の評価に関する研究, 日本交通心理学会大会発表論文集, Vol.73, pp.43-46, 2008.
- 17) 平岡敏洋: ドライバに安全運転を促す運転支援システム, 計測と制御, Vol.51, No.8, pp.742-747, 2012.
- 18) T. Hiraoka, S. Nishikawa, H. Kawakami: Driver-assistance system to encourage spontaneous eco-driving behavior, Proc. of 17th World Congress on Intelligent Transport Systems, CD-ROM, 2011.
- 19) W. Helley: Simulation of Bottlenecks in Single-lane Theory Traffic Flow, Theory of Traffic Flow, pp.207-238, 1959.

(2014. 4. 25 受付)

EFFECT OF VISUAL INFORMATION DISPLAY OF TARGET HEADWAY-TIME ON DRIVERS' CAR-FOLLOWING BEHAVIOR

Toshihiro HIRAOKA, Takahiro TACHIBANA, Makoto KASAI and Shuichi MATSUMOTO

Advanced driver-assistance systems which provide visual information to encourage safe-driving or eco-driving have attracted lots of attentions, and some functions have been already embedded in smartphone applications or car-navigation systems. Although some public road experiments have been performed both domestically and abroad, there are not so many researches and developments with respect to the systems to explicitly encourage smooth following behavior to prevent a traffic jam occurrence. Therefore, the present study aims to develop the driver-assistance system which encourages the drivers to keep a constant headway-time in order to prevent the traffic jam occurrence. This manuscript, as the first report of the study, proposes a visual information interface to display a target headway-time (2.0 seconds), a real-time information about actual headway-time, and a frame whose color and line width change according to the gap. Moreover, driving simulator experiments are conducted to verify the effectiveness of the proposed system on the prevention of the traffic jam occurrence.