

高速道路への完全自動運転導入によるリスク低減効果の分析

筑波大学大学院 システム情報工学研究科 リスク工学専攻 博士前期課程 1 年

10 班 鄭起宅 田村聡 宮本智明 (アドバイザー教員 伊藤誠)

1. はじめに

1.1. 研究背景

現在、我が国の交通システムは、インフラ・車両のコンピュータ化が進み高度化している。しかし、交通事故の死傷者数は一定の割合で推移しており [1]、また、大都市や幹線高速道路では渋滞が多発している状況にある。東京の平均車速はわずか 18 [km/h] であり、ロンドンの 30 [km/h] や、パリの 26 [km/h] に及んでいない。平均時速が 1 [km/h] 遅いと燃費は 1% 悪化するといわれており [2]、渋滞域で事故の発生する確率が高くなるという研究結果もある [3]。したがって、日本のクルマ社会は環境に優しいとはいえない状態にあり、自動車交通における省エネルギー、安全対策がますます重要な課題となっている。

これらの問題を解決する方策の一つとして、経済産業省では「世界一やさしいクルマ社会構想」が掲げられ、ITS (Intelligent Transport System) をキーとした低炭素社会の実現が提唱されている。ITS は、最先端の情報通信技術を用いて人と道路と車両とを情報でネットワークすることにより、交通事故、渋滞などといった道路交通問題の解決を目的に構築する新しい交通システムのことである。具体例として ETC やナビゲーションシステムがあげられる。また、それらに加えて安全運転支援技術の開発が進んでいる。安全運転支援技術の開発を進めるプロジェクトとして、ASV (車両を中心とした安全運転の支援システム)、AHS (高速道路を中心とした安全運転の支援システム)、DSSS (一般道路を中心とした支援システム) などがあり、衝突被害軽減ブレーキのように実用化している技術も出てきている [4]。今後これらの技術が結集し、技術的に自動運転が実現可能になると考えられているが、こちらの方はコストや法制度の問題が大きな障害になると考えられる。したがって、それぞれの技術の利点・問題点を定量的に把握していくこと、および技術を利用する人間にとって最良の交通システムを考慮していく必要が出てきている。

1.2. 自動運転の定義

自動運転はまだ実現されておらず、定義も様々なものが提唱されていて統一されていない。したがって、本研究における自動運転を定義する必要がある。そこで今回は、「タスクを運転手から機械に渡した場合の運転」を自動運転と定義し、この自動運転には、プリクラッシュセーフティーシステムなどの運転支援技術も含むことにする。また、「人間の介入する余地を排除した場合の運転」を、完全自動運転と定義する。

1.3. 研究目的

自動運転が与える影響に関して、定量的によくわかっていないのが現状である。そこで今回は、以下にあげる二段階にわけた研究を行う。一点目は、ドライブシミュレータを用いて参加者に高速道路における混雑時の手動運転と、混雑時の完全自動運転を体験してもらい、平均速度、車間距離、アクセル・ブレーキワークの定量的分析と、アンケートによる主観的な評価を行う。アンケートでは、「自動運転で危険に感じる点は何か」「CO₂削減効果や渋滞減少などの効果のうち、どの効果が現れる時に自動運転を導入したいか」について聞く。二点目は、ドライブシミュレータを用いた分析をふまえた上で、交通流シミュレーションを用いて自動運転を模擬した走行を行った場合に、手動運転を模擬した走行と比較してどれだけ交通流、および CO₂ 排出量に変化するかについて分析する。そして、自動運転の持つリスク低減効果、問題点、および今後進むべき方向性を考察することを本研究の目的にする。

2. ドライブシミュレータを用いた分析

自動運転の導入によるリスクを評価するためには、手動運転の場合と自動運転の場合の車両の挙動の違いを比較検討する必要がある。そこで、本節ではドライブシミュレータを用いて参加者に手動運転および自動運転を体験してもらい、車間距離や速度変化などの定量的データを取得する。また、仮に自動運転を導入することによって安全度が改善されても、車間を詰めるなどの運転者の意図しない操作を機械が行うことがあった場合、客観的に安全であったとしても、運転者が主観的に安心できるとは限らない。

そこで、自動運転が行われた場合に、運転手がどのように感じるかということも非常に大切な観点なってくる。そこで実験後にアンケートを実施することで、被験者がどのような場面で主観的な不安を感じるかに関して分析し、考察を行う。

2.1. 分析手法

2.1.1. 参加者

本研究には、普通自動車運転免許を有し、日頃から運転をする男性8名(20歳代)が実験に参加した。

2.1.2. 実験装置

本研究では、forum8社製、UC-win/Road ドライブシミュレータを使用した。これは、シミュレーションソフトUC-win/Road Ver.3.4と対応しており、このソフトで作成した道路を走行することが可能である。本研究で使用したドライブシミュレータを図1に示す。



図1 ドライブシミュレータ

2.1.3. 走行コース

自動運転は様々な道路で導入されるが、一般道路は信号や障害物など変数が多いため分析がやや複雑になり、自動運転の想定やその効果の分析、および考察も難しくなる。したがって、本研究では現実的に自動運転が導入しやすい高速道路を対象に分析を行う。分析対象区間として、大学から最も近い高速道路で、高低差が少なく、混雑時や通常時などの様々な状況を再現可能という理由から、常磐自動車道の三郷料金所～守谷S.A.間の11.3km弱を設定する。

2.1.4. 計測要素

本実験では、速度、前車との車間距離、アクセル・ブレーキワーク、車線変更回数を計測した。

2.1.5. 自動運転と手動運転

本実験では、手動運転と自動運転の両方を参加者に体験させている。

自動運転は、シミュレーションソフトの自動モードを使用し、全車一括制御の完全自動運転が実現で

きたと仮定した。手動運転は、車線変更等の人工的な外乱を加えて、シミュレータを接続して実現させた。

2.1.6. 計測手順

参加者は合計3回の運転を行った。図2に示すように、参加者を4人ずつ2グループに無作為に分けた。どちらのグループも走行練習、実験説明を行った後、交通量を標準(2000[台/時間])にした条件の手動運転を行い、グループAは次に混雑時(4000[台/時間])の自動運転、混雑時の手動運転の順番で行った。逆にグループBは、混雑時の手動運転、混雑時の自動運転という順番で行った。そして一通りの実験が終了した後、アンケートをとり終了とした。

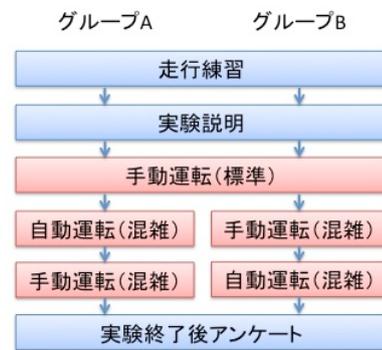


図2 グループ別実験手順

2.2. 評価方法

2.2.1. 計測データによる評価方法

2.1.4.に示した計測要素を分析し、手動運転・自動運転の比較をする。さらに、参加者のクセを見つけ、アンケートとの関連を見つける。

2.2.2. アンケートによる評価方法

アンケートでは参加者に自動運転を行った際の不安を感じた点を場合分けして聞き、そのうえ自由記述させた。さらに、自動運転を導入することによって改善するだろうと考えられる点について賛成か反対か聞き、そのうえ自由記述させた。具体的なアンケート内容を図3に示す。

これらの質問は、質問1に関しては、1、非常に不安から5、非常に安心まで5段階評価、質問2に関しては、1、反対から5、賛成まで5段階で評価する。また、質問2に関して、これらの4つのメリットで参加者が重視する順番をつけてもらった。

質問1：自動運転において、どの点に不安を感じましたか？
1, カーブ地点
2, 合流地点
3, 他車の割り込み
4, 自車の車線変更
5, 車間距離の減少
質問2：自動運転が導入されることで、以下にあげられる点が改善されるとした場合、高速道路への自動運転の導入に賛成しますか？
1, 渋滞が減少し、目的地までの時間が削減される。
2, 速度変化がなくなり、CO ₂ 排出量が削減される。
3, ガソリン代削減等によりコストが削減される。
4, 運転を行わないですみ、運転負担を軽減できる。その間別の仕事が可能になる。

図3 アンケート内容

2.3. 分析結果と考察

2.3.1. 計測結果

参加者全体の平均速度および、平均車間距離の平均値を表1に、それぞれの参加者の手動標準・手動混雑・自動混雑においての速度の標準偏差を示したものを図4に、車間距離の標準偏差を示したものを図5にそれぞれ示す。図5に関しては、参加者4,6の手動運転に欠損値がある。

表1 平均速度および、平均車間距離

	手動標準	手動混雑	自動混雑
平均速度 [km/h]	87.7	40.9	39.9
平均車間距離 [m]	46.8	34.8	21.2

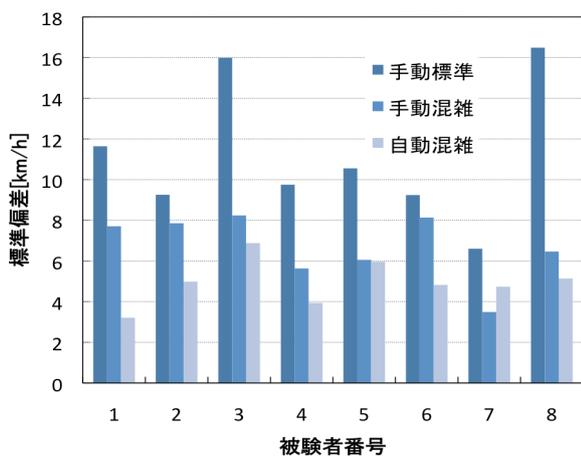


図4 速度の標準偏差

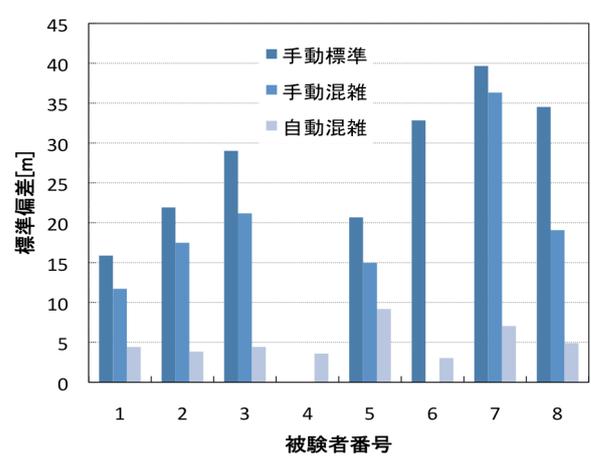


図5 車間距離の標準偏差

以上の結果により、平均速度は手動運転と自動運転でほとんど変わらず、自動運転を導入したことによる所要時間の短縮は今回のケースでは見られなかった。しかし、自動運転を導入することで車間距離が詰まり、より多くの交通量に対応可能であることが確認された。また、自動運転は速度の標準偏差、車間距離の標準偏差が手動運転より小さな値をとっており、効率の良い運転が実現できていることがわかった。

次に、手動運転と自動運転のアクセル・ブレーキワークの結果を図6,7に示す。(今回は具体例として参加者1のデータを掲載している)

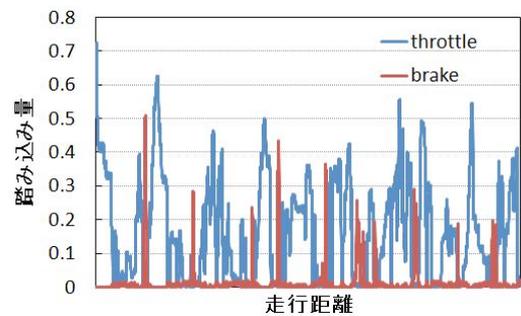


図6 手動運転のアクセル・ブレーキワーク

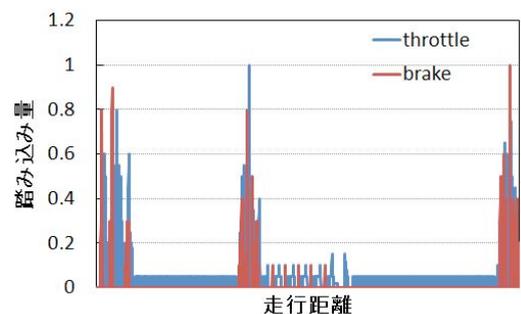


図7 自動運転のアクセル・ブレーキワーク

以上の図より、自動運転の方が手動運転の場合と比較して、アクセル・ブレーキワークが最小限に抑えられていることがデータから明らかになった。しかし、自動運転の方には、他者の割り込みの影響と考えられる急発進、急ブレーキが見られるため、制御方法に工夫が必要なことも確認できた。

また、手動運転では、エコ運転を意識している被験者はブレーキが少ないなどの個人差が大きく見られたが、適切な制御下で自動運転を導入することで、全車にエコ走行を行うことが可能になるというメリットもあると考えられる。

2.3.2. アンケート結果

表2 にアンケート各項目値の平均値を示す。

表2 アンケート結果の平均値

質問 1	平均値	質問 2	平均値
1	3.8	1	4.2
2	2.3	2	3.8
3	1.7	3	4.1
4	2.6	4	3.2
5	3.2		

以上より、自動運転の制御を行った場合、他車の割り込みがあった場合不安に感じる人が多いことが確認された。これは、図7におけるアクセル・ブレーキワークの定量的データからもうかがえる。次に、自動運転が導入されることにより考えられるメリットの中で、重視するものを順番にならべてもらった結果を表3 に示す。

表3 メリット内で重視する順番[%]

	時間削減	CO ₂ 排出量削減	コスト削減	運転負担軽減
1位	50.0	12.5	0.0	37.5
2位	37.5	12.5	50.0	0.0
3位	12.5	25.0	37.5	12.5
4位	0.0	37.5	12.5	50.0

*1位（重視する）4位（重視しない）の順番

以上の結果から、時間が削減できる点においては優先度が全体的に高いことがわかり、コスト削減についても、ある程度優先度が高いことがわかった。それに対して、CO₂排出量削減に対する優先度は全体的に低く、運転負担軽減は重要視する人としないうちに二分された。

時間削減を1位に選んだ4人（被験者1, 2, 5, 6）のうち3人は、4位に運転負担軽減を選んでいる結果が出た。このグループは自由記述で「運転しないとなまらない」というような自動運転に否定的な意見が多かったことが原因と考えられる。それに対して、運転負担軽減を優先度1位とした参加者（3, 4, 8）

のグループは、手動運転時の速度分散が大きい特徴があった。また、自由記述でも「自動運転を行うことにより、良い面が現れるから」というような自動運転に肯定的な意見が多かった。

以上の結果より、運転する楽しみを奪うこと、他車の割り込み時の制御方法が自動運転の問題といえる。しかし、それ以外の面では自動運転に否定的な参加者でも、その価値を認めているといえる。

3. 交通流シミュレーションを用いた分析

前節にて、ドライブシミュレーションを用いた分析を行ったが、参加者数が少なく、これらのデータのみから結論づけることはできない。また、自動運転にも様々な制御方法が考えられるため、それらを含めた交通流を評価する必要がある。そこで今回は交通流シミュレーションを用いて各種パラメータを変えることでそれぞれの交通流を模擬し、定量的データを得ることとする。

3.1. 分析手法

3.1.1. 使用モデル

交通流のモデルとしては、確率統計モデル、待ち合わせ理論モデル、流体モデル、追従モデルの大きく4種類が存在する。今回目的とする自動運転の効果の分析を行うためには、自動運転と手動運転のパラメータをそれぞれ設定し、一台一台の挙動に着目して比較し、その差を分析することができる追従モデルがもっとも適切である[5]。そこで本研究では、追従モデルの分析ができ、アニメーションで表現ができるユーデック株式会社のAimsunを使用して分析を行った。図8はAimsunのアニメーション表示された渋滞時の状況の一例である。

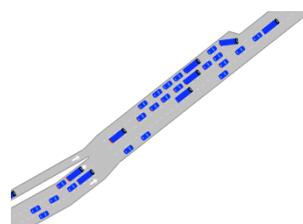


図8 渋滞時の状況の例

このソフトでは、各車両の挙動が時系列のシミュレーションにより記述され、時系列の基本単位時間刻みに各車両別に挙動が計算される。ここで1単位時間（今回は0.1秒）の挙動のアルゴリズムを1ステップとし、各ステップでまず車両が車線変更するかしないかを判断して、車線変更を行わない場合に追従モデルを適用する（図9）。実際道路上で車線変更する場合はそれほど多くないため、今回の分析では車線変更モデルのパラメータは変更せずに追従モ

デルのパラメータのみ設定する。

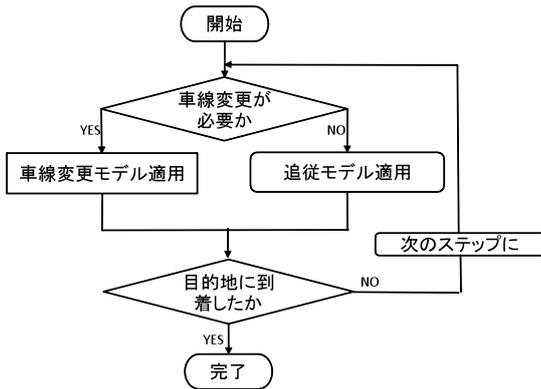


図 9 車両挙動のアルゴリズム

追従モデルの式は、前方車両を考えずに加速する場合と、前方車両の減速に反応し減速する場合の 2 つに大きく分けられる。加速の場合は (1) 式のように計算される。

$$V_a(n,t+T) = V(n,t) + 2.5a(n)T \times \left(1 - \frac{V(n,t)}{V^*(n)}\right) \sqrt{0.025 + \frac{V(n,t)}{V^*(n)}} \quad (1)$$

ここで、 $V(n,t)$ は時刻 t での車両 n の速度であり、 $V^*(n)$ は車両 n の希望速度である。 $a(n)$ は車両 n の最大加速度であり、 T は運転者の反応時間である。即ち、現時刻の速度には T 秒前の状況が反映される。次に、減速の場合の式を (2) 式に示す。

$$V_b(n,t+T) = d(n)T + \sqrt{d(n)^2 T^2 - d(n) \left[2 \left\{ x(n-1,t) - s(n-1) - x(n,t) \right\} - V(n,t)T - \frac{V(n-1,t)^2}{d(n-1)} \right]} \quad (2)$$

$d(n)(<0)$ は車両 n の最大減速度であり、 $x(n,t)$ は時刻 t での車両 n の位置座標である。 $x(n-1,t)$ は時点 t での前方車両 $n-1$ の位置座標である。 $s(n-1)$ は前方車両の長さであり、 $d'(n-1)$ は車両 n の運転者が感じる前方車両の減速度である。さらに $d'(n-1)$ を (3) 式のように計算する。

$$d'(n-1) = d(n-1) * \alpha \quad (3)$$

ここで、 α は感度であり、1 より高ければ前方車両の減速を実際より大きく感じて慎重になり、低ければ実際より小さく感じる。

時刻 $t+T$ の速度は (4) 式のように比較して小さい方をとる。

$$V(n,t+T) = \min\{V_a(m,t+T), V_b(n,t+T)\} \quad (4)$$

(4) 式にもとづき、車両 n の位置は (5) 式のよう

に記述される。

$$x(n,t+T) = x(n,t) + V(n,t+T)T \quad (5)$$

3.1.2. 分析対象

ドライブシミュレータを用いた分析と対応させ、分析対象区間として今回は常磐自動車道の三郷料金所～守谷 S.A.間の 11.3km 弱を設定する。分析対象区間の概略を図 10 に示す。



図 10 分析対象区間の概略

3.1.3. パラメータ設定

手動運転と自動運転を区別するため、パラメータを設定する必要がある。今回の分析では各車両運転者として、速度変動、反応時間、感度変動の 3 つのパラメータを設定する。さらに、交通量の多いときと少ないときの効果も比較するため交通量 [台/時間] を 1 つのパラメータとしておく。交通量に関しては、H17 年度道路交通センサス一般交通調査をもとにした [6]。車種として、小型車と大型車の 2 種類が 3:1 の比率で存在すると設定する。運転者パラメータの設定値を表 4 に、交通量 OD 表を表 5 に示す。

自動運転の制御方法も様々な方式が考えられるため、本研究では、4 つのパラメータをそれぞれ 2 ケースずつ設定し、全部で 16 ケースの分析を行った。交通量の多い場合を A、少ない場合を B とし A1~A8, B1~B8 のケースに分けている。それぞれのケースが手動運転や自動運転などのどの運転状態を模擬しているかまとめたものを表 6 に示す。ちなみに、A1 ケースがドライブシミュレータを用いた分析における混雑時の手動運転、B1 ケースが標準時の手動運転、A8 ケースが混雑時の自動運転とそれぞれ対応している。

表 4 運転者パラメータの設定値

反応時間[s]		遅	速
		2	0.1
感度		変動有	変動無
		1±0.5	1
速度[km/h]		変動有	変動無
小型	最大値	140	90
	平均値	90	90
	最小値	80	90
	標準偏差	10	0
大型	最大値	100	80
	平均値	80	80
	最小値	70	80
	標準偏差	10	0

表 5 交通量 OD 表

A 交通量(多): 全ての道路区間での断面交通量は 4000

		目的地			
		流山 I.C.	柏 I.C.	守谷 S.A.	合計
出発地	～三郷	800	800	1,600	3,200
	三郷料金所	0	0	800	800
	流山 I.C.	0	0	800	800
	柏 I.C.	0	0	800	800
	合計	800	800	4,000	5,600

B 交通量(少): 全ての道路区間での断面交通量は 2000

		目的地			
		流山 I.C.	柏 I.C.	守谷 S.A.	合計
出発地	～三郷	400	400	800	1,600
	三郷料金所	0	0	400	400
	流山 I.C.	0	0	400	400
	柏 I.C.	0	0	400	400
	合計	400	400	2,000	2,800

表 6 ケースの設定

ケース	速度変動	反応時間	感度変動	説明
1	有	遅	有	手動運転
2	有	遅	無	速度変動を許容したマイルドな自動運転
3	有	速	有	速度変動を許容したばらつきのある自動運転
4	有	速	無	速度変動のみを許容した自動運転
5	無	遅	有	速度のみを設定した自動運転
6	無	遅	無	マイルドな自動運転
7	無	速	有	ばらつきのある自動運転
8	無	速	無	自動運転

3.2. 評価方法

前節の式およびパラメータに基づき、時間、燃料消費、環境面に関する自動運転と手動運転の違いをそれぞれ評価する指標を設定する。第一に、時間指標として全ての自動車の平均速度と、三郷～守谷 S.A.区間内を通った車両の平均所要時間および標準偏差を設定する。第二に、燃料消費指標として表 7 のようなパラメータと表 8 のような式を設定して消費ガソリン量を計算する。今回は大型車も小型車と同様と見なしている。第三に、環境指標として CO₂ 排出量を計算する。ガソリン 1 [L] あたりの CO₂ 排出量を 2.36 [kg] [7] としてその値を計算する。CO₂ 排出量も大型車も小型車と同様と見なしている。各ケースにつき、10 回ずつ計算し、その平均値を採用している。また、所要時間に関して、標準偏差の 10 回平均を計算している。

表 7 パラメータ設定値

パラメータ	Fi	C1	C2	F1	F2	Fd
値	0.333	0.42	0.26	4.7	6.5	0.537

表 8 燃料消費率を算出する式

Vehicle State	Fuel Consumed (ml) during Δt
Idling	$F_i \Delta t$
Accelerating with acceleration a (m/s/s) and speed v (m/s)	$(c_1 + c_2 a v) \Delta t$
Cruising at speed v (m/s)	$(k_1 (1 + (\frac{v}{2v_m})^3) + k_2 v) \Delta t$
Decelerating	$F_d \Delta t$

3.3. 分析結果および考察

16通りのケース別の分析結果を表 9 に、所要時間と平均ガソリン消費量の関係に関してまとめたものを図 11 にそれぞれ示す。

表 9 ケース別分析結果

ケース	平均速度 [km/h]	s.t.	平均所要時間 [s]	s.t.	所要時間標準偏差の 10 回平均 [s]	平均ガソリン消費 [L]	平均 CO ₂ 排出量 [kg]
A1	69.5	1.42	595	19.71	62	1.19	2.82
A2	72.8	0.81	564	8.81	53	0.92	2.16
A3	86.0	0.14	471	0.75	40	0.61	1.44
A4	86.9	0.17	468	1.08	42	0.59	1.40
A5	74.2	1.24	547	11.66	42	0.94	2.23
A6	77.8	0.72	520	8.06	31	0.72	1.71
A7	85.3	0.14	473	1.28	23	0.59	1.38
A8	85.8	0.16	472	0.95	24	0.65	1.52
B1	86.4	0.28	471	1.28	40	0.59	1.40
B2	87.1	0.15	468	1.72	42	0.55	1.31
B3	88.2	0.21	462	1.10	44	0.56	1.32
B4	88.5	0.13	461	1.46	45	0.55	1.31
B5	86.0	0.10	471	0.78	24	0.54	1.28
B6	86.4	0.10	469	1.09	24	0.53	1.25
B7	86.7	0.12	469	0.92	24	0.54	1.28
B8	86.9	0.15	467	1.15	24	0.56	1.33

表 6 および図 11 より、ケース B つまり交通量の少ない場合は、手動運転の場合と自動運転の場合で、平均所要時間、平均 CO₂ 排出量共にほとんど差がみられないことが確認された。所要時間の標準偏差は、速度変化をつけているケース 1～4 までの方が多くなっている。それに対して、ケース A つまり交通量の多い場合は、ケース A1 (手動運転) の場合に比べて、ケース A8 (自動運転) の場合は平均所要時間に関しては約 20%、平均 CO₂ 排出量に関しては、50% 近くの改善がみられた。その結果、交通量が少ない場合とほぼ同じ程度の所要時間にまで改善されている。したがって、交通量が多いときに自動運転を導入すると効果のみられることが確認された。

また、自動運転内でも、制御方法を変えることで所要時間、CO₂ 排出量の変換ることが確認された。特に、反応時間を速くすることで、交通流が改善され、CO₂ 排出量も改善されることが確認された。それに加えて、速度の標準偏差も減少するため、渋滞

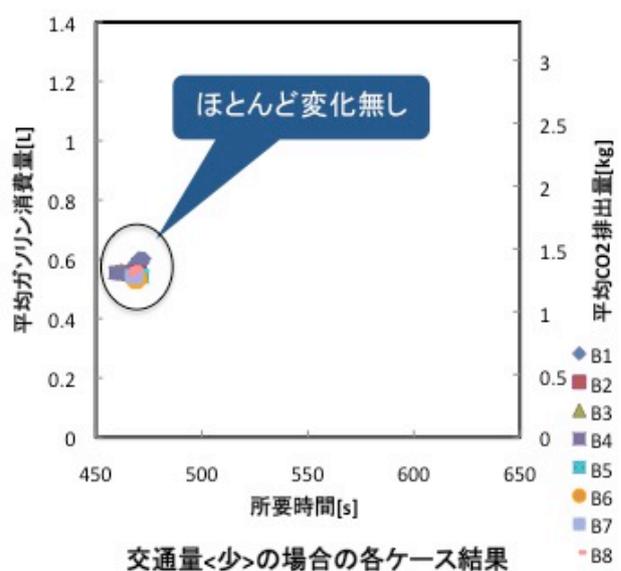
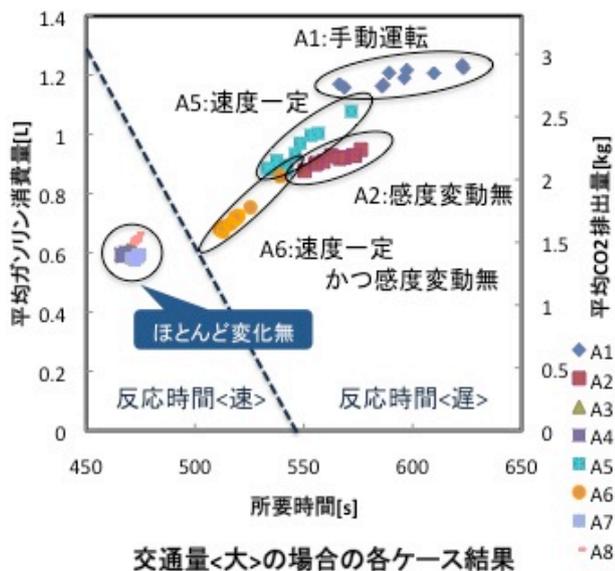


図 11 所要時間と平均ガソリン消費量・平均CO₂排出量の関係

時においても到着時間を推定しやすくなるというメリットも出た。しかし、反応時間を早めると、急発進や急ブレーキの増加が危惧されるため、実際に自動運転を普及させる段階になった場合は、最適なパラメータを設定する必要があるといえる。

4. まとめ

本研究では、自動運転が与える影響に関して、ドライブシミュレータを用いた分析と、交通流シミュレーション Aimsun を用いた分析を行った。

ドライブシミュレータを用いた分析では、計測結果から、自動運転を行うことで、速度・車間距離の変動の減ることが確認された。速度・車間距離の変動が減るということは、それだけ安定した走行になるということより、リスクが低減されると考えることができる。アンケートを用いた主観的な分析では、自動運転の制御を行った場合、特に他車の割り込みがあった場合に不安を感じる人の多い傾向が見られた。また、自動運転のメリットとして、時間の短縮を重視する人の割合が高く、運転負担の軽減に関しては、メリットとする人としらない人で大きな差が見られた。さらに、計測結果とアンケート結果で相関の見られる点が確認された。

交通流シミュレーションを用いた分析では、交通流が多い場合に、反応時間の速い自動運転を行った場合、所要時間が 20%程度、CO₂排出量が 50%弱手動運転を模擬した場合と比較して改善することが定量的に明らかになった。したがって、自動運転を導入することによるメリットが確認されたが、パラメータの設定によって交通流が大きく変化したため、実際に普及させる場合は、制御パラメータを考慮していく必要があることが確認された。自動運転を導入することで、安全面のリスク、および、環境リス

クを低減させるポテンシャルがあると結論づけられる。

今後の課題としては、ドライブシミュレータを用いた分析に関しては、今回は被験者の数、質共に限られたので、様々な年代、性別、運転歴を持った人を対象に分析を進めることがあげられる。交通流シミュレーションの分析に関しては、より現実に合わせた交通流モデルの開発、インフラを含めたトータルコストの分析を進めていくことが挙げられる。また、今回の演習では、リスク低減効果について定量的に踏み込むことができなかつたため、リスクの低減効果を経済効果として一つにまとめるなどの理論的な発展もしていく必要があるといえる。

5. 参考文献

- [1] 内閣府ホームページ 平成 18 年度交通事故の状況及び交通安全施策の現状,
http://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/h19kou_haku/genkyou/h1/h1_01.html
- [2] 経済産業省: 次世代自動車・燃料イニシアティブ (2007)
- [3] 大口ら: 高速道路交通流の臨界領域における事故率の検討, 交通工学 39 巻,3 号 41-46 (2004)
- [4] 伊藤誠: ITS における人間と機械の機能分担, 計測と制御 47 巻,2 号,107-112 (2008)
- [5] 加藤, 津川ら: 車々・路車間通信による予見的速度制御の交通流改善効果の一考察, 自動車技術会秋季学術講演会 40 巻,3 号,919-924 (2008)
- [6] (社) 交通工学研究会: 平成 17 年度道路交通センサス一般交通量調査 (2007)
- [7] ECCJ 省エネルギーセンターホームページ :
<http://www.eccj.or.jp/qanda/co2/qa.html>