

自動運転車両における車線変更等に用いる入力デバイスに関する研究

日大生産工(院) ○蓮野 拓己 日大生産工 栗谷川 幸代

アルプスアルパイン株式会社 星 敏行, 小泉 秀文, 前畑 武晃, 河野 健二, 橋本 佳弘, 堀江 数馬

1. まえがき

近年、自動運転車両の開発が盛んにおこなわれている。自動運転の導入をめぐる自動操舵の国際規格で検討されたシステムには、自動運転時にドライバのストーク操作を起点とする自動車線変更、システムの判断をドライバが承認して行う自動車線変更、が挙げられ(1)、常時ハンドル把持の必要がないレベル3以上の自動運転車両の際には、ドライバからシステムに対しての車線変更等の要求をする場合やシステムによる車線変更等の判断をドライバが承諾・拒否する場合などに使用する入力デバイスは現在のストークのようなハンドル把持状態を前提としたデバイスである必要がない。

そこで先行研究(2)では運転経験者を対象とし自動運転時にドライバが能動的あるいは受動的に車線変更及び前車追越しを行う際の好ましい入力デバイス及びその操作方法を検討した。その結果運転経験のある実験参加者はこれまでの運転経験を基にデバイスおよびその操作方法を評価する傾向が示唆された。また自動運転の発展により現状の手動運転を主に経験しているドライバ以外にも手動運転の経験に乏しいドライバのようなユーザの多様化が考えられることから運転経験の違いによるデバイス操作方法の受容性の違いがあるかを明らかにするために運転経験者と運転未経験者を対象として比較検討を行った。

2. 評価対象とするデバイスと操作方法

評価対象とするデバイスは既存の車載デバイスであるスイッチと操作ノブを組み合わせた形式の入力デバイス（以下、提案デバイス）とハンドル上に設置した汎用のハンドルスイッチ（以下、HSW）を評価対象とした（図1参照）である。

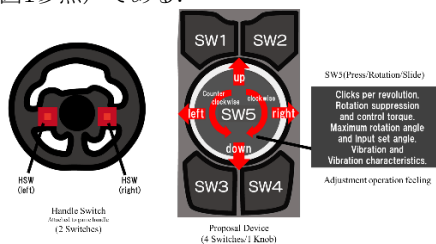


Fig.1 Evaluation Devices.

また、実験室実験(2)として、運転経験のある実験参加者を対象に上記デバイスを使用し実験参加者の操作方法を限定せず自由な意見を収集する形で、ドライバから自動運転システムに対し車線変更あるいは前車追越しを要求する場合、システムからの車線変更あるいは

は前車追越しの判断をドライバが承諾・拒否する場合における適切な操作方法の調査を目的とした実験室実験を行った結果から評価するデバイス操作方法を決定した。（表1参照）

Table 1 Evaluated operating methods.

Driving Scene	Operation	Operation Methods
Lane changing	Request	Press right HSW
		Slide SW5 to the Right.
Overtaking	Request	Press right HSW, then Press left HSW
		Slide SW5 to the Right, then Slide SW5 to the Left.
Lane changing/Overtaking	Agreement	Press SW5
		Press right HSW
	Rejection	Not do anything (for 5 seconds)
		Press left HSW
		Slide SW5 to the down

3. ドライビングシミュレータ実験

前章で選抜したデバイス操作方法の実用上の妥当性を確認するためドライビングシミュレータ（以下:DS）を用いて評価実験を行った。図2に実験の様子を示す。



Fig.2 Experimental Setting in the driving simulator.

3・1・1 評価対象とする運転場面

実験室実験と同じ運転場面の直線と緩やかな曲線からなる高速道路において、(A)片側2車線道路を走行中に1車線分の車線変更を行う場面と(B)片側2車線道路で前車追従状況から前車追越し（追い越し車線に移動して前車を追い越した後に走行車線に戻る）を行う場面の2条件を設定した。（図3参照）。

3・1・2 評価対象とするデバイス操作動機

実験室実験と同じデバイス操作動機を設定した。ここで、(ア)自動運転システムに車線変更(A)をドライバが要求する場合と前車追越し(B)をドライバが要求する場合はそれぞれ別条件としたが、前章の結果を踏まえて(イ)自動運転システムが判断した車線

Study on input devices for lane changing in self-driving car

Takumi Hasuno, Yukiyo Kuriyagawa,
Toshiyuki Hoshi, Hidefumi Koizumi, Takeaki Maehata, Kenji Kawano,
Yoshihiro Hashimoto and Kazuma Horie*

変更と前車追い越しをドライバが承認する場合は同じ条件，（ウ）自動運転システムが判断した車線変更と前車追い越しをドライバが拒否する場合は同じ条件とした。

ここで、デバイス操作を行う状況としては、複数の速度条件における前車追従時の他車両がいない場面での車線変更や前車追い越しを要求，承諾，拒否を行う状況（case1）や前車追従時に追従速度よりも速い速度で後方から来る他車両の後ろに車線変更の要求，承諾，拒否を行う状況（case2）のシナリオをDS上に作成した。

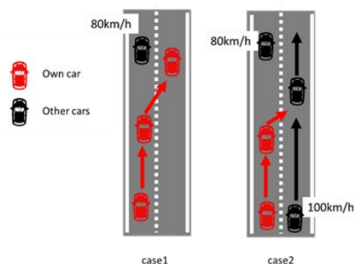


Fig.3 Experimental Scenarios.

3・2 実験手順

実験前に実験参加者にはDSやDS上でのデバイス操作に慣れてもらうため練習を行わせた。練習後に、前述の各評価状況を実験参加者に説明した上で、前章で選抜した操作方法を複数回体験させた。実験参加者が評価状況における操作に十分に慣れたと申告したら後述する操作方法に関する質問紙に回答させた。

3・3 計測項目

各評価状況において選抜した入力デバイスの操作方法の体験後、操作方法に関する総合評価として「（評価状況の操作方法として）利用したい」、操作感に関する評価として「操作がわかりやすい（覚えやすい）」、「操作がしやすい（負担が少ない）」について、Visual Analog Scale（以下、VAS）を用いて実験参加者に評価させた。「とてもそう思う」を100点、「そう思う」を50点、「どちらとも言えない」を0点、「そう思わない」を-50点「全くそう思わない」を-100点に設定して実験参加者の回答を点数化した。

3・4 実験参加者

本研究の実験参加者は自動車運転免許を保有して運転経験のある若年男性12名（年齢 21 ± 1 歳、運転歴 3 ± 1 年）と自動車運転免許を保有しておらず運転経験のない若年男性6名（年齢 20 ± 2 歳、運転歴なし）の合計18名である。

4. 実験結果

自動運転時にドライバが能動的あるいは受動的に車線変更及び前車追い越しを行う際の好ましい入力デバイス及びその操作方法に関する結果をまとめる。なお、運転未経験者は運転に対して経験がないことから不安感により安全を重視する群と安全を軽視する群に分かれると仮説を立てたため、回答の中央値が50点（VAS回答における「そう思う」）以上を本概要では高評価と解釈することにした。

4・1 車線変更の要求

ドライバが自動運転システムに対し車線変更を要求する際の操作方法として「（車線変更する側の）HSWを1回押下する」と「（車線変更する側に）SW5を1回スライドさせる」の2種類の操作方法を評価した。

図4に「利用したい」の評価結果を示す。図4より運転経験者では中央値を見ると「HSWを1回押下」，「SW5を1回スライド」の順で評価が高く、未経験者でも同じように「HSWを1回押下」，「SW5を1回スライド」の順で評価が高くなっている。実験参加者のコメントを見ると運転経験者・未経験者共に「SW5」は「HSW」と比べて直ちに操作できないという理由を挙げていたことから、自身の判断したタイミングで直ちに車線変更の要求ができる「HSWを1回押下」が好まれていると推察される。

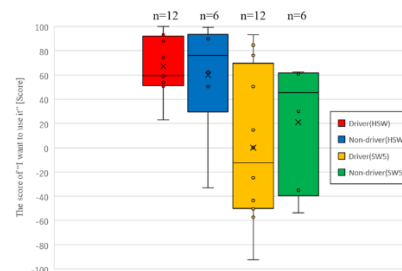


Fig.4 Evaluation results for “I want to use it.”
(Response in the lane change request)

4・2 車線変更及び前車追越しの承諾

自動運転システムからの車線変更及び前車追越しの提案をされドライバがそれを承諾する際の操作方法として「（提案された方向の）HSWを1回押下する」と「SW5を1回押下」という2種類の操作方法を評価した。図5に「利用したい」の評価結果を示す。図5より運転経験者では「SW5を1回押下」，「HSWを1回押下」の順で評価が高く、未経験者でも同じように「SW5を1回押下」，「HSWを1回押下」の順で評価が高くなっている。各操作方法の分布を比較すると、「SW5を1回押下」よりも「HSWを1回押下」の方がばらつきが生じている。コメントでは「システムの判断を承諾するだけなのでドライバの判断を必要としない簡単な操作がいい」ということが挙げられており、このことから「SW5を1回押下」が高評価されたのは「HSWを1回押下」と比較してシステムからの提示方向に関係なく承諾ができるため操作が分かりやすかったからであると思われる。

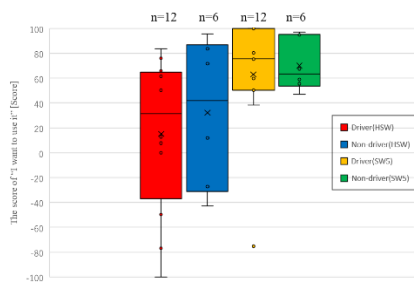


Fig.5 Evaluation results for “I want to use it.”
(Response in the lane change and the overtaking agreement)

4・3 車線変更及び前車追越しの拒否

自動運転システムからの車線変更及び前車追越しの提案をされドライバがそれを拒否する際の操作方法として「(提案されてから一定時間) 何もしない」, 「(提案された方向とは逆の) HSWを1回押下する」, 「SW5を下に1回スライドする」という3種類の操作方法を評価した. 図6に「利用したい」の評価結果を示す. 図6より運転経験者では「何もしない」, 「SW5を下に1回スライド」, 「HSWを1回押下する」の順で評価が高く, 未経験者では「何もしない」 「HSWを1回押下する」 「SW5を下に1回スライド」の順で評価が高くなっている. また「何もしない」の運転経験者の評価は「HSWを1回押下」・「SW5を下に1回スライド」よりも顕著に高い評価となっている. これは「何もしない」ということが現状の走行状態(前車追従状態)を継続することを表しているため直感的な操作方法であったことが要因であるとコメントから推察された. 未経験者の「何もしない」では中央値における評価は高評価であるが分布をみると高評価群と低評価群に分かれてばらつきが大きいことが分かる. 実験参加者のコメントを見ると, 拒否の場合は楽な操作方法が良いという意見が挙げられていて, システムを承諾時と同じようにドライバの判断を必要とせず簡単な操作方法であったからと思われる.

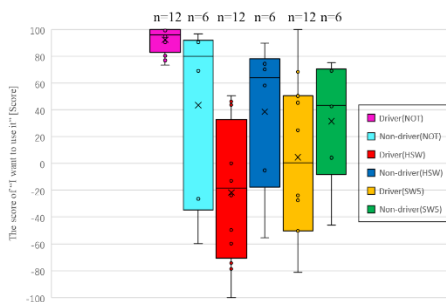


Fig.6 Evaluation results for “I want to use it.”
(Response in the lane change and the overtaking rejection)

4・4 前車追越しの要求

ドライバが自動運転システムに対し車線変更を要求する際の操作方法として実験者が実験実験(3)の結

果より提案した「HSW右を1回押下した後にHSW左を1回押下する」と「SW5を右に1回スライドした後にSW5を左に1回スライドする」の2種類の操作方法を評価した. 図7に「利用したい」の評価結果を示す. 図7より運転経験者では「HSW右を1回押下した後にHSW左を1回押下する」, 「SW5を右に1回スライドした後にSW5を左に1回スライドする」の順で評価が高いのに対し, 未経験者では逆の「SW5を右に1回スライドした後にSW5を左に1回スライドする」, 「HSW右を1回押下した後にHSW左を1回押下する」の順で評価が高くなっている. 運転経験者においては両操作方法で個人差が生じている. これはコメントから前車追越しという複数の運転操作(右車線変更→加速→左車線変更)が必要なるものをあらかじめデバイス操作をすることで実現するというものがこれまでの運転経験と感覚の違いが大きく好まれなかったということが伺えた.

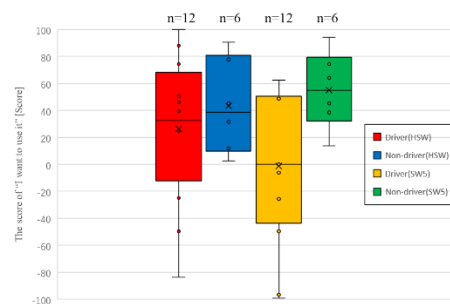


Fig.7 Evaluation results for “I want to use it.”
(Response in the overtaking request)

4・5 運転経験による操作方法受容性の比較

本実験を経て想定した評価状況における運転経験によるデバイス操作方法の受容性の比較考察をする.

ドライバが自動運転車両に対して車線変更を要求する場合においては, 運転経験者, 未経験者の両属性で「(車線変更する側の) HSWを1回押下する」の評価が最も高かった. コメントからは経験者では今までの運転経験から車両に対し運転に関してのドライバの意志を要求する際の入力デバイスとしてハンドル上に設置されている「HSW」が好まれていることが伺えた. 未経験者では「目の前にあり分かりやすい」, 「目線に近いから」, 「視線を動かさなくていいから」などのコメントから入力デバイスの視認性を重視し「HSW」が好まれていることが伺えた.

自動運転システムからの車線変更及び前車追越しの提案をされドライバがそれを承諾する場合においては, 運転経験者, 運転未経験者の両属性で「SW5を1回押下する」の評価が最も高かった. コメントからは運転経験の有無によらず, システムの判断の承諾時においては承諾の依頼内容にかかわらず簡単に承諾を行える操作方法が好まれていることが伺えた. 実験の状況として自動運転の判断や機能は常に安全に動作することを前提としていたため比較した操作方法の中で最も簡単にできる操作の評価が高くなったと思われる.

自動運転システムからの車線変更及び前車追越しの提案をされドライバがそれを拒否する場合においては,

運転経験者、運転未経験者の両属性で「何もしない」という操作方法の中央値による評価が最も高かった。これはシステム判断の承諾時と同じように依頼内容にかかわらず拒否を行うことができもっとも簡単な操作方法であるからと思われる。しかし運転未経験者では「何もしない」の「利用したい」の評価は経験者の結果と違って回答ばらつきがあり、経験者の評価と比較し低評価をした実験参加者がみられた。しかし「何もしない」の操作感評価（操作の覚えやすさ・負担のなさ）では全員が高評価（「そう思う」50点以上）だったことから、デバイス操作方法の利用意欲を下げる要因として操作感以外の要因があったと考えられたため、「利用したい」の項目で低評価をした運転未経験者のコメントを参照したところ、「操作をしないでただ待っていることが不安に感じた」や「提示があつてから拒否が成立するまでの時間がシステムに任せきりなので怖く感じた」といったように自動運転であってもドライバの意思表示となる操作ができないことに関しての不安感がうかがえた。またそれらのコメントをした参加者らの「SW5を下に1回スライド」に関してのコメントを見ると「システムより自分の判断を優先させるのに簡単な操作方法では不安」という意見があり、運転未経験者においてはシステムの判断を拒否する場面では単純な操作方法よりも一定の思考を必要とする操作方法である方が安心感を生じさせる可能性が示唆された。

ドライバが自動運転車両に対して前車追越しを要求する場合においては、運転経験者では2種類の操作方法で高評価された操作方法がなく、未経験者では「SW5を右に1回スライドした後にSW5を左に1回スライドする」が最も評価が高かった。運転経験者においてはコメントから前車追越しという複数の運転操作（右車線変更→加速→左車線変更）が必要なものをあらかじめデバイス操作をすることで実現するというものがこれまでの運転経験と感覚の違いが大きく好まれなかったということが伺え、今後の自動運転の普及によりドライバが自動運転システムによる前車追越しに慣れると受容性が上がる可能性が示唆された。また未経験者においては「（HSWでは）2つのスイッチを使用した操作なので嫌だった」や「（SW5は）片手で操作ができて楽」といったコメントから「HSW」による操作は両手での操作なのでわずらわしさを感じるということが伺え、このことから車両に前車追越しを要求するという広く市販されている車両にない機能の評価であっても、自動車の運転経験がないことによりシステムの実用性よりも操作方法の使用感や操作感を重視して評価をしていると推察される。しかし本研究では現段階の運転未経験者の実験参加者が少なく結果の断定ができるとは言えない。そのため今後の課題としてさらなる実験参加者への実験実施が挙げられる。

5. まとめ

本研究で得られた結論を以下に示す。

(1) ドライバが自動運転車両に対して車線変更を要求する場合には運転経験者の回答で高評価であった、デバイス位置の認識が容易で速やかに操作が行える「（車線変更する側の）HSWを1回押下する」操作方法が運転未経験者でも高評価であった。

(2) 自動運転システムからの車線変更及び前車追越しの提案をされドライバがそれを承諾する場合には運転経験者の回答で高評価であった、システムの提案方向の状況判断を必要とせず簡単な操作である「SW5を1回押下する」という操作方法が高評価であった。

(3) 自動運転システムからの車線変更及び前車追越しの提案をされドライバがそれを拒否する場合には運転経験者の回答で高評価であった、承諾時と同じようにシステムの提案方向の状況判断を必要とせず簡単な操作である「何もしない」が運転未経験者でも高評価であったが、運転未経験者においては安心感のために自動運転システムに対しての何らかの入力操作の必要性が示唆された。

(4) ドライバが自動運転車両に対して前車追越しを要求する場合には運転経験者では高評価された操作方はなかったが自動運転車両の普及により本システムの受容性が上がることが示唆され、運転未経験者においては車線変更の要求時に高評価であった入力デバイスと同じ入力デバイスを使用しなくとも操作が容易な「SW5を右に1回スライドした後にSW5を左に1回スライドする」が高評価された。

(5) 運転経験の違いによるデバイス操作方法の受容性の違いに関して運転未経験者の好むデバイス操作方は運転経験者において高評価だった操作方法と同じように操作が容易な操作方法が概ね受容される。しかし、システムの判断よりもドライバ自身の判断を優先させたい場合などでは単純な操作方法よりも一定の思考を必要とする操作方法である方が安心感を生じさせる可能性が示唆された。

本研究における実験は、日本大学生産工学部人を対象とする研究倫理審査委員会（承認番号S2018-014）の承認を得て実施している。

本研究を進めるにあたりご協力いただいた実験参加者の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 国土交通省、自動運転に係る国際基準の検討状況、平成28年度第2回車両安全対策検討会、(2016)。
- 2) 栗谷川幸代、蓮野拓己、星 敏行、橋本佳弘、後藤 厚志、小池飛鳥；自動運転車両における車線変更のための入力デバイスに関する研究；自動車技術会春季大会学術講演会(2020)、218
- 3) 蓮野拓己、栗谷川幸代、星敏行、小泉秀文、前畑武晃、河野健二、橋本佳弘、堀江数馬；自動運転車両における車線変更等に用いる入力デバイスに関する研究～運転経験によるデバイス操作方法受容性の比較～；第30回 交通・物流部門大会（2021）、TL8-1