

高度な自動支援システムの長期間の学習にみる多様性： 運転支援システムにおけるモード切替の学習を中心にして Diversity in learning to use ‘semi-automatic’ support system; monitoring and task switching in usage Adaptive Cruise Control (ACC)

富田瑛智^{1,2}・山本真之³・小栗崇治³・石川貴洋³・須藤智^{2,4}・原田悦子^{1,2}
 Akitoshi Tomita, Masayuki Yamamoto, Takaharu Oguri, Takahiro Ishikawa,
 Satoru Suto, & Etsuko T. Harada

¹筑波大学, ²JST-RISTEX, ³株式会社デンソー, ⁴静岡大学

¹University of Tsukuba, ²JST-RISTEX, ³DENSO CORPORATION, ⁴Shizuoka University
 tomita.akitoshi.ge@u.tsukuba.ac.jp

Abstract

This research examined the long-term learning processes to use semi-automatic support system called Adaptive Cruise Control (ACC) system. Three mid-aged adults participated the experiment and drove a car with ACC for 5 or 6 weeks in their everyday lives. The results showed different learning processes for each participants, and some factors which can explain the diversity of learning processes were detected; i.e., ACC knowledge, ACC monitoring, difficulties in switching ACC-HC driving, traffic monitoring, pursuits to control ACC, and/or attitudes to new apparatus/ functions.

Keywords — Advanced drive assistant system, Adaptive cruise control system, Long-term learning, monitoring, Task-switching

1. はじめに

近年、様々な機器の自動化が進められており、自動車という人工物もその例外ではない。自動車の高度運転支援システムの一つ、Adaptive Cruise Control (以下ACCと略記)はいわゆる自動運転の要素技術を高度運転支援システムとして利用しようとするものであり、それ単体では米国・国家道路交通安全局 (NHTSA) のいうところのレベル1 (特定機能の自動化) にあたる。すなわち「一定のスピードで走り続ける」というCruise Controlシステムに、前走車との距離を一定に保つ追従走行や、前走車に続いて止まる追従停車などを加えた、ドライバーの運転時のペダル操作を自動化するシステムである。

しかし、こうしたACCのような半自動化シス

テムは「完全な」自動システムと異なり、「自動化された機能」の on-off, すなわち「使うかどうか」「いつ使うのか」を利用者＝ドライバー決めなければならない。また、どのような道路状況でも利用できるわけではなく、特定の場面 (例えば、急カーブでの減速) では、ACCによる運転制御から人による制御 (Human Control ; 以下HCとする) へと移行しなければならない。したがって、ACCを利用する場合、ドライバーはACCの操作の学習に加えて上記のような「ACCによる運転とHCによる運転の切り替え」という課題を行なわねばならない。そして、その切替の効率や方略といった「いつ使うか」に関する学習も行わなければならない。

一般に、このような課題切替は人に認知負荷をもたらす (Verhaeghen & Hoyer, 2007)。ACCを利用する場合に (HCからACCへの) 切替にかかる負担が大きくなることも予測されるが、ACCモード (ACCを利用する運転様式) からHCモード (HCでの運転様式) への切り替えに問題が生じると危険場面に遭遇する (危険運転になる) 可能性が高く、大きな問題である。

本研究ではACCを搭載した自家用車を長期間 (5-6週間) にわたり運転した場合に、ACCの操作及びACCとHCのモード切り替えをどのように学習するかを検討した。そして、そこに現れた多様性 (個人間差) に注目し、学習に関わる要因およびACC学習における問題点を検討した。

2. 方法

長期間わたる参加者の自家用車の ACC 操作, ACC と HC の切り替え学習を検討するため, 5~6 週間の日常運転場面での ACC 利用度合いの記録を取ると同時に, 週に 1 回 (合計 5 から 6 回) 特定のコースを走行し (実験走行), 運転状況を多面的に記録した. 本報告では, テスト実走時のデータを中心に報告する.

2.1.参加者 自家用車を日常的に運転するが ACC の利用経験がない成人 3 名 (女性 1, 男性 2) であった. 年齢のレンジは 32 歳から 41 歳であった.

2.2.実験車両 ACC 機能が搭載された車両 2 台 (スバルレガシーツーリングワゴン (参加者 A, B), スバルインプレッサ (参加者 C)) を実験車両とした. ACC は全車速追従機能付きのものであり, 前方車両停車時に追従停車が可能であった. ACC はハンドルについたボタン操作により利用を開始し, 走行速度, 追従時の前方車両との距離の調整が可能であった. ACC は OFF, READY, SET, HOLD の 4 状態があり, メーターパネルおよびその周辺に現在の状態が表示された. ACC は READY 状態でクルーズ速度が設定できる状態になり, ドライバーの操作により SET 状態に移行することで設定した速度で追従走行を行う. 前方車両とともに追従停車した場合 HOLD と表示され停車し続ける

(HOLD はスバルレガシーツーリングワゴンのみ). ACC はドライバーがキャンセルボタンを押すことによって解除される (READY 状態となる) が, それ以外に, ドライバーがブレーキを踏む, もしくは特定の運転状況 (道路状況) になることにより, 自動的に解除された (READY 状態になった).

2.3.記録媒体 特定コース走行場面では VGA カメラ 8 台が設置され VGA4 分割器を通し, HD4 分割器から HD レコーダに出力することで前方, 後方, 足下, 手元, メーターパネル×2. 顔, 上半身が記録された. 日常走行場面では, それぞれの車両にドライブレコーダが設置され, 前方, 後方, 足下, メーターパネル, 手元の映像が記録された.

2.4.手続き すべての参加者は, 実験開始の前日に車両の一般的な操作に関する説明 (ACC を除く) を受け, 1 時間程度の練習走行を行った. 実験開始日 (実験走行 Trial 1) に, ACC の操作, ACC 利用可能状況についての教示を受けた. 具体的には, ACC の各ボタンの機能および解除方法の説明を受けた後, 「ACC は高速道路および自動車専用道路での利用を前提としている」という教示を受けた. 加えて, 初回の実験走行時には実験者が運転する ACC を利用するデモ走行に同乗し, 利用方法の確認を行い, また 1 時間程度の ACC 利用の練習を行った. その後, 実験走行を開始した.

実験走行のコースは高速道路, 自動車専用道路 (幹線道路), 一般道路を含んでいた. コースの走行時間は 1 時間 30 分程度であった. 実験走行時には ACC の利用を強いる教示は行わず, ACC 利用の有無および利用場所の決定は参加者に任された. 実験者による介入は, 安全上大きな問題が生じた場面または実走コースを間違った状況以外には行われなかった. 参加者は実験走行前と後に特性不安, 状態不安, ACC に対する主観評定に答えた. また, 特定コース走行中は, 運転に支障がない状況であれば発話思考することを求めた.

1 回目の実験走行実施後, 日常運転の記録を開始した. 日常運転では, ACC の利用に関して制限を設けなかった. 日常運転では参加者は 1 日毎に日記法により ACC の利用場面の記述および ACC に対する主観評価に答えた.

最後に, 実験期間終了時に, ACC に関する理解度調査を行った.

3. 結果と考察

まず, 特定コース走行時の道路区間 (高速道路, 自動車専用道路, 一般道) ごとでの ACC の利用時間割合の変化を見た (図 1). その結果, 3 名とも高速道路, 自動車専用道路ではほぼ全区間で ACC を利用しながら走行しており, 1 回目の実験走行時から最後の実験走行までその傾向は変化しなかった. この結果から, 高速道路, 自動車専用道路については, ACC はそれほどの習熟を必要と

せずに、利用可能であることが示唆された。

これに対して、一般道での ACC の利用は 1 名（参加者 B）を除いて、2 回目の実験走行以降ほとんど見られなくなった。2 名の参加者（参加者 A、参加者 C は 2 回目の実験走行、つまり、ACC 利用開始から 2 週間程度で ACC の利用場所、利用割合が固定化してきており、2 週間程度で ACC の操作や ACC の利用に適した場所について学習できたものと考えられる。同様の知見は、

Weinberger, Winner, & Bubb (2000) や平成 13 年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務成果報告書（基準創世研究開発事業）においても報告されている。残りの 1 名（参加者 B）も 2 週間程度で ACC の利用に習熟したとするならば、この 1 名のみ一般道での利用方法を積極的に学習しようと、試行錯誤を繰り返しているようにも見てとれる。しかし、実験開始時の教示で示しているように、ACC は高速道路および自動車専用道路での利用を前提としたシステムのため、一般道での利用は非常に難しく手動運転とは異なるリスク管理が必要となる。例えば、ACC はごく近い前方の情報（信号を除く）のみを処理するため、先の急カーブ前で加速する場面や、路肩の停車車両に追従停車してしまう場面に遭遇し、ACC を継続して利用することが難しい。参加者 A、C の 2 名において、一般道での利用が見られなくなったのは、一般道での利用の難しさによるためと示唆された。

テスト走行以外の日常場面での ACC 利用について分析したところ、参加者 A、参加者 C は実験開始後の 1 週目は区間にかかわらず利用していたが、その後は、両名とも高速道路や自動車専用道路、広い一般道路でのみ利用するように変化した。対して、参加者 B は一般道路で ACC を利用しており、その傾向は実験期間中ほとんど変化しなかった。この結果は、参加者毎の実験走行時の ACC 利用パターンと一致しており、日常的な運転時の学習結果が実験走行時の結果に反映されていると考えられよう。

次に、テスト走行時の映像データ及び発話から ACC の操作学習過程および ACC/HC モード切替

の学習に影響を与える要因について質的分析を行った。その結果、参加者ごとに ACC の操作方法は大きく異なり、この違いには、「ACC の理解」「ACC のモニタリング」「ACC/HC の切替負担」「道路状況のモニタリング」「コントロール欲求」「新奇な機器への態度」の 6 つの要因が関わることが示唆された。

例えば、参加者 A は実験初期の頃、道路状況をモニタリングできた場合に ACC を利用する場面が多く見られた（表 1）。また、1 度 ACC の ON/OFF を切り替えると（ACC/HC モード切替）、暫くの間は再度切り替えたがらない行動傾向が見られた。さらに、実験が進み ACC の理解が進むとそれまでの運転スタイルを変えて、ACC に運転制御を渡すようになった。その結果、高速道路では ACC に依存した運転を行い、通常はブレーキを踏むような危険な道路状況でも ACC に操作を任せブレーキを踏まない行動も見られた（表 2）。

一方で参加者 A は、一般道路では ACC を利用しなくなっていたが、これは、参加者 A にとって、ACC/HC のモード切替負担が高かったためと考えられた。高速道路では ACC/HC の切替頻度が低く済むこともあり、できるだけ ACC モードで居続けるという方略を取り、逆に一般道では ACC と HC を頻繁に切替なければならないため、使わない選択をしたものと考えられた。

これに対し、参加者 C は ACC 利用時も頻繁に HC による操作を行っていた。参加者 C は運転に対するコントロール欲求が高く、実験走行の初回から ACC のモニタリングを綿密に試みている場面が多く見られた（表 3）。また ACC/HC の切替があまり苦ではなかったためか、ACC/HC の切替を頻繁に行い、また「自分のコントロール嗜好にあった自動化モード」を探すなどを行っており、学習が進んだものと示唆される。

最後に参加者 B は、最も ACC の利用時間比率が大きかったが、ACC 利用中でもほとんど自分の運転スタイルを変えることはなく、アクセル、ブレーキ操作を自ら多用していた。参加者 B は ACC/HC の切替負担は少なく、自分の運転にうま

く ACC を埋め込んで利用しているよう見受けられた。しかし、実際には運転のコントロール権をほとんど ACC に渡さず運転しているようで、ACC 利用中であっても ACC の挙動（ACC のディスプレイ表示）やビーブ音に意識を向けずに利用しており、運転中の ACC の自動、手動解除が最も多かった。さらに、参加者 A, C は実験終了時に ACC のディスプレイ表示をほぼすべて理解していたのに対して、参加者 B はほとんど理解できておらず、参加者 B は長期間の学習期間でも ACC の操作、動作についてはそれほど学習が進んでいなかったと考えられる。

ACC の学習度合いについては、実験走行の前後に取得した状態不安尺度からも示唆された(図 2)。参加者 A, C が実験走行 1 回目終わりから 2 回目終わりにかけて状態不安が低下しているのに対して、参加者 B は実験走行前の状態不安が実験走行後よりも常に高くなっており、ACC の利用方法を理解しきれていないことから実験走行前に不安が表れたと考えられる。

本研究の参加者は比較的 ACC に対して親和性を持ちながら利用していたが、親和性の低い参加者の場合、学習の結果不利用になることも考えられる (Dzindolet, Pierce, Beck, & Dawe, 2002)。システムの不利用は特定の事象に接することでシステムに対する過剰な不信感を持つために生じると考えられ、このような不信状態（場合によっては過信状態）に陥らないようにすることも重要である (前東・三輪・寺井, 2013)。特にこのような半自動化した機器では、手動操作を自動操作に移行させる学習よりも、自動操作を利用した場合に、手動操作へと切り替えなければならないタイミングをうまく学習させることが、システムへの過信不信や事故の防止、今後の半自動化機器の発展に必要と示唆される。

こうした結果は、すでに人が既存のメンタルモデルを持つと考えられる機器(自動車の運転)が新奇な機能により半自動化システムが導入された場合、通常よりも複雑かつ、様々な多様性を持つ形で学習がなされることを示唆している。

参考文献

- [1] Verhaeghen, P. & Hoyer, W. J. (2007). Aging, focus switching, and task switching in a continuous calculation task: evidence toward a new working memory control process. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 14, 22-39
- [2] Weinbergera, M., Winnera, H., & Bubbb, H. (2000). Adaptive cruise control field operational test. *Proceedings of AVEC, 5th Int'l Symposium on Advanced Vehicle Control*, 171-177.
- [3] Dzindolet, M. T., Pierce, L. G., Beck, H. P., & Dawe, L. A. (2002). The perceived utility of human and automated aids in a visual detection task. *Human Factors*, 44(1), 79-94.
- [4] 前東晃礼・三輪和久・寺井仁. (2013) 自動化システムの使用と信頼の役割. *認知科学*, 21(1), 100-112.

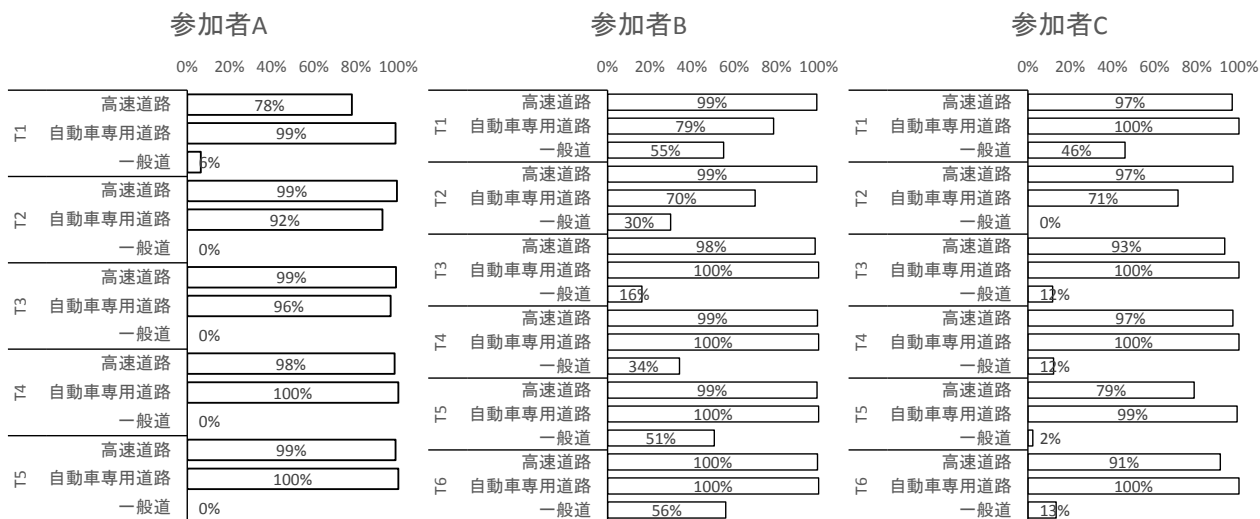


図1 参加者ごとの実験走行における各道路区分におけるACC利用割合の変化。T1～T6は実験走行1回目から6回目を示す。棒グラフが長いほどその道路区分走行時のACC利用率が高いことを示す。

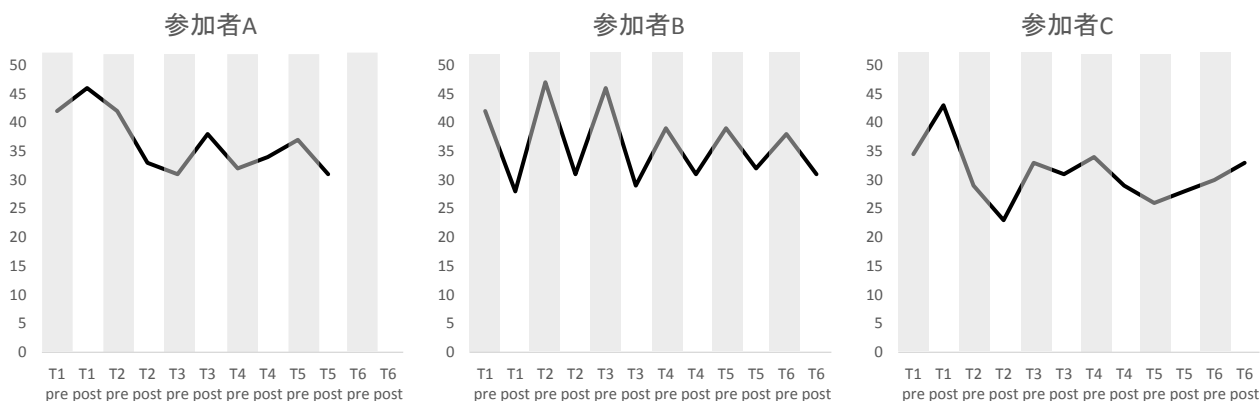


図2 各参加者の実験走行前、実験走行後の状態不安を示す。縦軸が状態不安の大きさを示し、横軸が実験走行の回数を示す。グレーの帯のかかった部分は実験走行前の状態不安を示し、白い部分が実験走行後の状態不安を示す。

表1 参加者Aの発話プロトコルと発話時の道路状況を示す。左表は道路状況をモニタリングできずにACCを解除した場面を示し、右表は道路状況をモニタリングできたため、ACCを利用しながら運転した場面を示す。

参加者A / Trial 1		参加者A / Trial 2	
時間	発話と状況	時間	発話と状況
	(高速道路を走行中) (ACCは85kmでSET状態) (数百メートル先に左から合流、すぐ前をトラックが走行中)		(高速道路走行中) (ACCは100kmでSET状態) (数百メートル先に左から合流)
25:16.2	また合流だなあ (実験車両の前にトラック、前方がよく見えない)	55:33.5	なかなかスピードを上げてますねえ (左をのぞき込み確認)
25:25.0	やーめた (ACCをボタンでオフにする) (合流地点通過)	55:39.9	合流大丈夫かな? (左をのぞき込み確認)
		55:42.8	大丈夫そうだ
		55:44.7	あ、なんか、大丈夫だった
		55:47.2	合流はない
		}	}
			(ACCは100kmでSET状態)
		00:01.5	車間は変わってないよね
	(高速道路走行中) (ACCは100kmでSET状態) (数百メートル先に左から合流)	00:07.3	(前の)トラックが(道を)譲った (数百メートル先に左から合流)
57:59.5	合流、合流車両に注意 (見通しがよく、2台合流してくるのが見える)	00:11.4	合流かまた
58:03.7	ブレーキを、踏んでみる (2台の車両が前方と後方に合流してくる)	00:15.1	合流大丈夫かな
		00:24.3	後ろ (比較的開けており、合流車量の確認がしやすい)
		00:28.5	合流車は…ない (左をのぞき込み確認)
		00:32.6	オッケー
		00:38.2	大丈夫

表2 参加者Aおよび参加者Cの発話プロトコルと道路状況を示す。表左は高速走行中に直前に割り込まれた場面を示す。表右は高速走行中に参加者CがACCによるビーブ音に反応してビーブ音の意味を学習している場面を示す。

参加者A / Trial 2		参加者C / Trial 1	
時間	発話と状況	時間	発話と状況
	(高速道路走行中) (左車線走行中、右車線のすぐ隣にトラック(なかや)がいる) (ACCは100kmでSET状態)		(高速道路走行中) (ACCは90kmにSET中) (ACCが前方車両を発見し追従開始のビーブ音を発する)
03:01.5	なかやこわいなかや (トラックが隣にいることに気づいている)		ピッ
03:03.3	なかやこわい	06:28.3	はい(ビーブ音に対する返事)
03:16.4	とっきゅうです (トラックが右前方に移動)	06:29.9	ピッ(ビーブ音を復唱)、あ、トラック
03:25.9	くしゃみでそう (トラックが実験車両の直前で左車線に割り込み)	06:32.9	(前のトラックに)ついてるのか (ACCが前方車両を見失いビーブ音を発する)
03:28.8	おおおお—— (直前に割り込まれたがブレーキは踏まず) (ACCにより90kmまで減速)		ピッ
03:31.8	すげーなあ	06:36.6	ピッ(ビーブ音を復唱)
03:37.3	なかやこわいよ	06:38.5	あ、(追従マークが)消えちゃ、消えた
		06:42.9	ってことは今一人で走ってる、と
		06:49.0	うん
		}	}
		08:28.9	あそっか
		08:32.8	だから
		08:34.6	ピッと前の車に反応したらすぐ に…
		08:38.5	自分でアクセル踏まなきゃいけない