

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：32714

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00143

研究課題名(和文)自動運転における運転権限移譲のための情報提示方式

研究課題名(英文)Study for transition from automated to manual driving

研究代表者

清原 良三 (Kiyohara, Ryoza)

神奈川工科大学・情報学部・教授

研究者番号：70646637

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：自動運転のレベル3に関しては自動運転から手動運転への権限移譲が必ず発生する。本研究では、3つのフェーズに整理した。(1)ドライバの状態を確認するモニタリングフェーズ、(2)ドライバを覚醒させる覚醒フェーズ、および(3)覚醒を確認するフェーズからなる。モニタリングをするには、コンテキストが重要な要素となるため、コンテキストの整理をした上で、覚醒および覚醒を確認するタイミングに関して実験評価を行った。結果として、自動運転中に何をしているかといったことや、危険性の認識が重要な要素となり、ドライバが十分余裕を持って覚醒できるどうかが決まることがわかり、頻繁に覚醒させることの重要性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

自動運転レベル3は市場に投入されるかされないかと言われている。限定的なエリア以外では通常運転が必要であり、自動運転から手動運転に切り替える際の権限移譲を実施して良いかどうかの判断が事故防止の観点から重要である。ドライバは常時運転状況に関しているはずであるので、問題があるはずはないが、現実にはドライバはスマートフォンのゲームをするなどつい夢中になるケースもある。このような場合を想定して、如何にドライバを覚醒させ、交通流に影響のない形で、しかも安全性を保つことは渋滞抑制、交通安全の観点からも意義のあることである。

研究成果の概要(英文)：Main driver have to be changed from automated to manual in the level 3 automated vehicles. In this study, we have divided three phases during this transition. These are (1) phase of monitoring driver's status, (2) phase of awaking, and (3) phase of confirmation of driver's status. Driver's status depends on the driver's context. Therefore, it important what driver is doing during automated driving. We experiment and we have shown the importance of awaking

研究分野：高度交通システム

キーワード：自動運転 レベル3 運転権限移譲 モニタリング 覚醒

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

自動運転に関する技術開発が世界各国で盛んに行われている。自動運転技術により、スムーズな交通流や、交通事故の削減、CO₂ の削減が期待されている。自動運転は Society of Automotive Engineers (SAE) により 5 つのレベルに定義されている[1]。現時点では、研究開発が進み、法整備の問題が解決できればレベル 3 の自動運転車両を市場に投入できるような状況[2]でもあり、近い将来確実にレベル 3 の車両が市中に登場する。

しかしながら、レベル 3 の運転においても、解決すべき課題は多数ある[3]。その中でも自動車を制御する権限移譲に関しては技術的課題としても大きな要素である[4]。自動運転の権限移譲が発生する中でも、特に自動運転中のシステムからドライバに権限移譲する場合が課題となる。極端な場合では、例えばドライバが寝ているだけでも権限移譲してしまうと事故に直接つながるからである。権限移譲が発生する場合は、以下の 3 つの場合に分けられる。

- ・ 自動運転のできる限定エリアから出る場合
- ・ システムの異常などの都合により権限移譲する必要がある場合
- ・ ドライバからの要請で権限移譲する場合

限定エリアから出る場合は、経路があらかじめ決まっているため、どこで権限移譲しなければならないか明確にわかっているが、システムの異常や想定外の周辺状況などはあらかじめわかっているわけではない。

また、ドライバの要請での権限移譲の場合は、ドライバは運転可能状態であることが明確である。緊急時の権限移譲においても最低 4 秒程度は必要であると実験からも示されている[5]。一方限定エリアから出る場合に関しては以下に示す課題がある。

- ・ システムがドライバの状態を把握すること。
- ・ システムがドライバを覚醒させること。
- ・ システムがドライバが覚醒したことを確認すること。

ドライバが寝ていたり、ゲームや仕事をしているなど数秒で復帰できるかどうかの状態を把握し、限定エリアから出る以前の段階で、ドライバが運転できる状態にする必要がある。運転できる状態にするのを覚醒させると呼ぶことにし、なんらかの手段で覚醒させる。実際に運転できる状態になったかどうかを確認することで、権限移譲ができる。

例えば、この一連のフローがないために、2018 年 3 月 18 日ウーバーテクノロジーズ社がアリゾナ州で起こした事故で、49 歳の歩行者を時速 64 キロではねて死亡させている。運転席には自動運転システムの稼働状況を監督者も同乗していたが、同乗者は携帯電話でテレビ番組を視聴し、対応できずに事故を起こしてした[6]。このような事故を防ぐためにも必須である。

2. 研究の目的

自動運転システムでは、運転者が慣れるまでは、自動運転システムを信用せずに、監視をすると考えられるが、時間の経過とともに、信頼できるものと判断すると、監視の意欲低下が十分に予想できる。この監視の意識低下により、緊急時に対応できない側面とともに、非緊急時の場合にも、自動運転可能領域の終了場面時、権限移譲の依頼を運転者に通知したとき、運転者が自動運転解除依頼を確認することができずに権限移譲が安全にできないことが想定できる。

つまり、このような意識低下は避けられないものであるため、運転者の状態をカメラ、センサーなどで取得し、取得した情報をもとに運転者の状態を判断するシステムが必要である。権限移譲が不可能と判断したときは運転者に警告するとともに適切な対応をすることで、緊急時の対応やスムーズな権限移譲を可能とし、権限移譲の問題を解決することができる。

3. 研究の方法

本研究は、自動運転普及期においては、限定的な場合のみ自動運転となり、一部手動運転が優先される状況が発生すると想定される場合において、権限移譲に関するものであり、ドライバ、自動車、道路といったコンテキストが重要なポイントになる。

平成 28 年度にコンテキストの中でも最も重要なコンテキストである位置情報に関して追及し、人間の意識の中の地図である認知地図の構成過程に着目し、ドライバ視点のランドマークを中心として、走行回数などに応じてコンテキストが変わることまで判明していた。

平成 29 年度は車両ととりまくコンテキストを網羅的にリストアップし、これをカテゴリ別に分類し、イベントに応じて状況が変わる状態遷移表を作成した。この状態遷移表に状態に応じた危険度を定義した。しかし、実際の危険度はそれぞれの状況に応じて、危険イベントが起きた場合にいかに反応するかと言っても過言ではない。そのため、危険度を決定するための基礎実験をドライビングシミュレータで実施し、危険度の基礎的な評価データを取得した。

平成 30 年度は、さらに危険度とドライバの運転時の操作の関係を分析し、運転挙動から危険性を調べ、前方車両とブレーキの関係を分析した。特に、真に疲れていることを脳内の血流と比

較することで確認できた，危険性が判明した際の注意喚起に関して基礎的な実験まで完了した．平成31年度は，実際のコンテキストとして”ながら運転”など注意散漫時を判定した場合に，その状態からどのようなタイミングで，またどのように情報を提示すればドライバの状態を変えることができるのかに関してドライビングシミュレータを利用して実験を繰り返し，単に注意散漫というだけでなく，どのようなことに対して注意散漫になっているということと，権限移譲に関するドライバの慣れが課題であることがわかり，それに対する対応案まで示すことができた．

4．研究成果

自動運転レベル3の実用化が間近である．レベル3では高速道路など限定的な場所でのみ自動運転可能であり，一般道などでは人が運転する必要がある．限定エリアから非限定エリアに出る際には必ず自動車を制御する権限の委譲が発生する．権限を委譲するには，人が運転できる状態でなければ事故の危険性がある．本報告では，権限移譲に関して，3つのフェーズに整理した．(1) モニタリングフェーズ，(2) 覚醒(注意喚起)フェーズ，(3) 覚醒確認フェーズである．モニタリングフェーズでは，ドライバのコンテキストが重要であり，コンテキストマップや，状態遷移に関して整理し，位置コンテキストの重要性などを認識した．特にコンテキストによっては，覚醒しにくいなどの特性があると考えたが，良く知っている場所では問題がないと推定できる．良く知っているかどうかは，何度そこに行ったかよりも，ランドマークの影響が大きいことが実験を通じてわかった．手動運転に戻るときドライバへの影響を推定でき，早目の覚醒の重要性などがわかった．

一方覚醒という観点で考えた場合，何をしているかが重要であることが，実験を通じて明確になってきたため，覚醒の手法も様々な方法で実施し，その有効性を示すとともに，覚醒したことを確認する手法に関しても提案を実施し，簡単な評価まで完了した．一般的な覚醒のための情報提示は，視覚，聴覚，触覚があるが，聴覚の中でも瞬時のアラームや，触覚は種類が増えたときに何のアラームかわからないという欠点がある．また視覚は瞬時にわかるような文言がありうるが見てないと伝わらない．聴覚でも読み上げなどは時間がかかる問題がある．そのため，アラームと視覚の組み合わせが良いことがわかるが，それでも権限移譲までの時間と，実際に何をしているかに依存するところが大きい．

そこで，実験によれば，限界点に近づくにつれ，頻度高く，残り時間読み上げ方式が有効であることがわかったが，それでも自身過剰から権限移譲が間に合わないことがあるため，若干の余裕を持つことが必要である．この余裕時間は覚醒したかどうかの判断時間と合わせて持つことにより判断まで含めることができる．覚醒の判断は模擬的な手動運転をさせることにより基準からのずれがすくなければOKという手法が有効であると考えられた．

<引用文献>

- [1] SAE, "Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles," Ground Vehicle Standard J3016 201806, 2018
- [2] 清水直茂, "レベル3 実現に冗長系や LiDAR、Audi が自動運転の先駆者に," <https://xtech.nikkei.com/dm/atcl/mag/15/397260/080200185/> (accessed 2020/04/12)
- [3] 井熊均, 井上岳一, "「自動運転」ビジネス勝利の法則-レベル3 をめぐる新たな攻防-", 日刊工業新聞社 (B&T ブックス), 2017
- [4] UNECE : WP29, Regulation No.79 Automatically Commanded Steering Function (ACSF), Results of the Study on ACSF Transition Time (ACSF-04-15), <https://wiki.unece.org/display/trans/ACSF+4th+session>, (accessed 2020/04/12).
- [5] 竹本雅憲, 内藤貴博, 塩谷武司, 北島洋樹, 中嶋豊, "高速道路の合流時および退出時における自動運転からの運転交代場面での行動分析," 自動車技術会論文集, Vol.50, No3, pp.904-910 (2019)
- [6] 下山哲平, "【最新版】自動運転の事故まとめ ウーバーやテスラの死亡事故、日本の事例を解説," 自動運転ラボ, <https://jidouten-lab.com/y/1615> (accessed 2020/04/13)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 古川義人, 清原良三	4. 巻 60(10)
2. 論文標題 自動運転車両の普及過渡期における非優先道路から優先道路への進入待機時間の削減手法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1809-1817
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松山聖路, 徳永雄一, 清原良三	4. 巻 58(10)
2. 論文標題 認知地図の構築過程に着目したスマートフォンによる運転者の地点把握度推定手法	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1606-1616
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計17件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 森田 一成, 橋本優汰, 中屋拓海, 清原良三
2. 発表標題 レベル3自動運転における運転権限移譲時の覚醒判断手法
3. 学会等名 研究報告高度交通システム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Atsushi Segawa, Ryoza kiyohara
2. 発表標題 Reducing Waiting Time at an Intersection with Autonomous and non-Autonomous Vehicles
3. 学会等名 The 12th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 瀬川篤志, 清原良三
2. 発表標題 自動運転車両普及期の路車間通信による交差点進入待機時間削減手法の広域への影響評価
3. 学会等名 情報科学フォーラム(2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森田 一成, 染谷 一輝, 清原 良三
2. 発表標題 視線検知を利用した運転権限移譲判断手法
3. 学会等名 研究報告マルチメディア通信と分散処理
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirotō Furukawa, Ryoza Kiyohara
2. 発表標題 A Study of Entering to T-Junction with Safety Driving
3. 学会等名 International Conference on Consumer Electronics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirotō Furukawa, Ryoza Kiyohara
2. 発表標題 Traffic Flow in the Mixed Environment of Autonomous and Human-Operated Vehicles
3. 学会等名 International Conference on Mobile and Ubiquitous Networking (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroto Furukawa, Ryozo Kiyohara, Yuich Tokunaga, Masashi Saito
2. 発表標題 Vehicle Control Method at T-Junctions for Mixed Environments Containing Autonomous and Non-Autonomous Vehicles
3. 学会等名 The International Conference on Advanced Information Networking and Applications (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古川義人, 清原良三
2. 発表標題 自動運転車両普及期における交差点での交通流改善手法の検討
3. 学会等名 情報処理学会DICO2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tatsuro Hara, Ryozo Kiyohara
2. 発表標題 Vehicle Approaching Model for T-junction during Transition to Autonomous Vehicles
3. 学会等名 The 32nd International Conference on Information Networking (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuki Chigira, Yuichi Tokunaga, Ryozo Kiyohara
2. 発表標題 A Study of Driver's Contexts for Visibility of Equipment on Vehicle
3. 学会等名 International Workshop on Informatics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroto Furukawa, Masashi Saito, Yuichi Tokunaga, Ryozo Kiyohara
2. 発表標題 A Method for Vehicle Control at T-Junctions for the Diffusion Period of Autonomous Vehicles
3. 学会等名 20th International Conference on Network Based Information Systems (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 古川義人、清原良三
2. 発表標題 自動運転車両普及期における適切な交通流実現手法の検討
3. 学会等名 情報処理学会ITS研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 千明優喜、古川義人、清原良三
2. 発表標題 ドライバのコンテキストを活用した危険性認識
3. 学会等名 情報処理学会CDS研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 原 達郎, 清原 良三
2. 発表標題 自動運転普及期における適切な交差点侵入モデル
3. 学会等名 情報処理学会DPSワークショップ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 古川 義人, 徳永 雄一, 齋藤 正史, 清原 良三
2. 発表標題 自動運転車両普及期における渋滞軽減のための車両制御方式
3. 学会等名 報処理学会DICOM2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 千明優喜, 松山聖路, 齋藤正史, 清原良三
2. 発表標題 認知地図の構築過程に着目したドライバの地点把握度認識実験と評価
3. 学会等名 情報処理学会ITS研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松山聖路, 徳永雄一, 清原良三
2. 発表標題 認知地図の構築過程に着目したドライバの地点把握度認識手法の提案と活用
3. 学会等名 ITS シンポジウム 2016
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 清原良三, 他	4. 発行年 2019年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 512
3. 書名 車載HMIの開発動向と自動運転、ADASへの応用	

〔産業財産権〕

[その他]

Key Note Speech: Ryoza Kiyohara, "Autonomous Vehicle and its issues," Universitas Internasional Batam, 2018

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	山門 誠 (YAMAKADO MAKOTO) (90749433)	神奈川工科大学・創造工学部・教授 (32714)	