

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：12102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26540094

研究課題名（和文）緑内障患者のための盲導犬メタファーに基づく自動車運転支援

研究課題名（英文）Driver assistance for patients having visual field defects based on metaphor of guide dogs

研究代表者

伊藤 誠（ITO, Makoto）

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：00282343

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：視野に障害がある方は、自分自身の力だけでは安全な運転ができないかもしれない。しかし、少しの工学的な手助けによって、安全な運転ができる可能性もある。本研究は、視野障害者が自分自身で運転することを想定し、盲導犬のメタファーに基づいて、安全確保のためにあえてドライバの意に背く「利口な不服従」を行い得る運転支援システム的设计と運用の原理の構築に取り組んだ。利口な不服従が許容されるためには、運転支援システムに対する人の適切な信頼が重要であることから、信頼醸成のための訓練の方法について検討を行った。

研究成果の概要（英文）：It might be difficult for people having visual field defects to drive a car safely. With a small technological support, however, they could perform safe driving. By assuming people with visual field defects drive their car, this paper tried to develop guidelines of design and operation of a driver assistance system. Such a driving system may have to have a functionality that it rejects driver's order in order to attain safety. This could be a realization of so-called "intelligent disobedience" that guide dogs for blind people may do in order to save the user's life. In order to make such assistance system acceptable to drivers, their trust in the system would play the key role. This study thus investigated how to design systems to be trusted.

研究分野：認知システム安全工学

キーワード：ヒューマンマシンシステム

1. 研究開始当初の背景

緑内障など視覚的な知覚機能の障害と自動車事故との関係が明らかとなりつつあり、知覚機能に障害を有するドライバーへの医学的指導や、やむを得ない場合には運転免許の返納を促すなどの取組みがなされている。しかし、自動車の運転をしないことには日々の生活が困難な地域もあり、障がいをもつ人には、「他の人の手を煩わせることなく、自立した生活を送りたい」というニーズが高いことから、視野障害者を工学的に支援する技術の開発が必要であるが、そのような研究はまだほとんど行われていなかった。ここで問題となるのは、「頑張れば自分で運転できる程度の人」（現実に、これらの人々は現状では普通に運転をしているケースがある）に対して、安全を確保するために積極的に介入するシステムをどのように実現可能かという問いに対する答えを見出すことである。

2. 研究の目的

本研究は、盲導犬のメタファに基づいて、安全確保のためにあえてドライバーの意に背く「利口な不服従」を行い得る運転支援システム的设计と運用の原理を構築する。利口な不服従が許容されるためには、運転支援システムに対する人の適切な信頼が重要であることから、信頼醸成のための訓練を検討する。

3. 研究の方法

本研究で想定するドライバーは、視野の一部がかけていて、注意深く運転をしても見落としが起りやすい人である。ただし、このドライバーは、自身の知覚機能の障害を自覚しているとする。

本研究では、視覚的な知覚機能に障害を有するドライバーが必要とする支援と、その場面を明確化し、プロトタイプを検討した。横断してくる歩行者・自転車、右折してくる対向車両、等が出現する場面が重要であることから、これらの対象の認識・回避支援、とくに横断してくる歩行者の回避を研究対象とした(図1)。

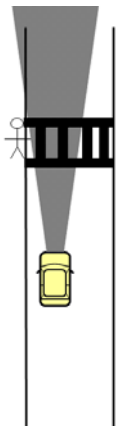


図1 横断してくる歩行者の回避（ドライバーの視野の外にいるため、ドライバーからは見えない）

ドライバーが気づいていないハザードに対して認識・回避を支援するようなシステムは、ドライバーを驚かせたり、不信感を抱かせかねない。この研究では、文献[1]にまとめた信頼の構造モデルを参照して、信頼感に影響を与える要因を分析するとともに、ドライバーの運転能力と行動を分析することを通じて、システムを適切に信頼できるようにするための訓練を検討した。

4. 研究成果

本研究では、視野障害のある人に対する運転支援の考え方を、人と盲導犬との関係に求めた。盲導犬は、安全確保のためにはときに主人（ユーザ）の指示に抗うこともある。これは、「利口な不服従」と呼ばれる。本研究で想定するシステムも、まさに安全確保のためにドライバーの指示に抗うかもしれないものである。検討の結果、本研究では、この考え方を、「盲導犬のメタファ」としてまとめた[4-6]。この考え方は、文献[1]などにも成果の一部としてまとめられている。

本研究では、図4に示すように簡易型のドライビングシミュレータを用いて、シナリオを構築した。これは、医療機関でも利用できる程度にあえて簡素化してある。



図2 簡易型ドライビングシミュレータ

本研究では、運転支援システム導入時に訓練を適切に行うことによって、過度な信頼を抑制しつつも、適切な信頼を醸成できるようになることを検証することを目指した。

検討の結果、ピンホール型の視野狭窄と、部分的に視野欠損が生じる場合とで、運転行動への影響が異なる可能性がわかってきた。そこで、運転行動への影響を詳細に分析することをはじめに行う必要が生じた。ここでは、ピンホール型の視野狭窄に着目し、運転行動データの収集・分析を行った。ピンホール型の視野狭窄は、網膜色素変性症などによって

起こりうることが知られている。

ピンホール型の視野狭窄でそれを自覚している状況は、健常ドライバにピンホールメガネ（図3）をかけさせることによって実現できた[3]。このようにすると確かに視野が10度程度に限定されることを、図4の簡易視野計で確認したうえで実験を行った。



図3 ピンホールメガネ



図4 簡易視野計

実際にドライバが直面する状況は、図5に示すような場面である。図1にあるような状況において、突然歩行者が進路を変えて、道路を横断する場合もある。そのような場合には、最初視野に入っていた歩行者が、視野外にはずれたあとで進路を変えるので、視野狭窄条件下では歩行者の進路変更には気づきにくい。図5では、自転車線前方に、ちょうど歩行者が進入した状況を表している。



図5 歩行者飛出し場面の例

本研究では、システムを適切に信頼できるようにするための訓練プログラムの開発のため、ドライバ自身の能力を自覚させる方法を考えた。すなわち、能力の不足を補うことの限界を自覚させる方法によって、結果としてシステムを信頼するようになるというアプローチを取ることとしたものである。

そこで、本研究では、健常者を対象として視野狭窄条件下における運転行動と事故回避能力の比較を行った[4]。視野狭窄のない条件（Baseline, 図6青の曲線）、視野狭窄のある条件で特に対策を講じず普通に運転した場合（NC, 図6オレンジの曲線）、視野狭窄のある条件で、できるだけ顔を動かして歩行者を見つけて回避するよう教示した条件（WC, 図6緑の曲線）の3つの条件を比較した。図6は、歩行者飛出しに対するブレーキ反応を表す。横軸は経過時間、縦軸はブレーキ反応ができていない人の割合を示す。時間がたてば徐々にブレーキ反応ができていない人が減っていく中で、Baselineでは4秒以内に80%のケースでブレーキ反応が行えている。これに対し、視野狭窄がある条件で特に対策を講じないと、ブレーキ反応が著しく遅れるのは当たり前であるが、顔をできるだけ頻繁に動かして歩行者を見つけようと心掛けたとしても、何もしないよりはましであるものの、Baselineほどのパフォーマンスを示すことはできない。また、顔を動かす回数と事故回数の関係が図7のようになっている。すなわち、最大限に顔を動かせば、事故をゼロに近づけることはできるものの、すべてのドライバにそれを強いるのは困難である。主観的にも、WC条件での回避に困難さを感じている割合が高いことがわかっている（図8）。

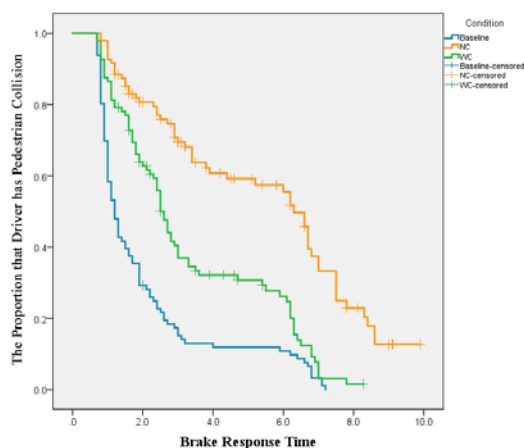


図6 ブレーキ反応時間

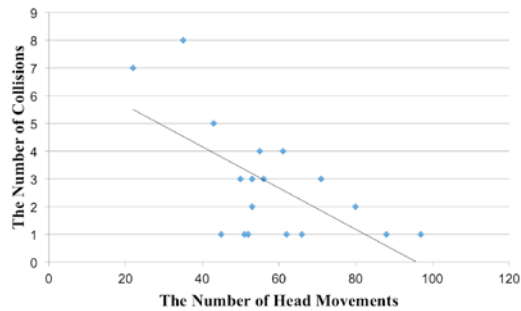


図7 顔を動かす回数と事故回数との関係

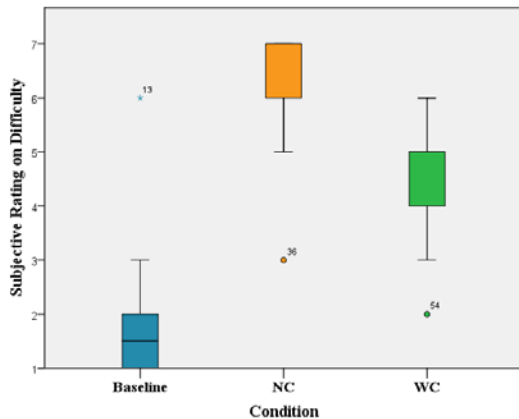


図8 歩行者回避の困難さに関する主観評価（7：困難さを強く感じる，1：困難さを全く感じない）

本研究における一連の取り組みの成果をまとめると次のようである。すなわち，人間の能力では対処が困難な場面では，システムが介入して安全を確保することが必要である（利口な不服従）。このような能力を持つシステムは，人間の意思に反する振る舞いをせざるを得ないことがあるが，本研究で行ったように人間が自身の能力の不足を実感できるシナリオを経験することによって，こうしたシステムがドライバに信頼されることが示唆された。運転支援システムに対する信頼感を醸成する訓練プログラムにおいては，こうした，能力低下を実感できるシナリオを組み込むとよいと考えられる。

本研究で得られた知見は，視野に障害がある人だけではなく，高次脳機能障害など，他の障害を有する方々にも適用できると考え，その検討も始めている[10]。

〔引用文献〕

- [1] 伊藤誠：「安全・品質問題と信頼」，日科技連出版，2016
- [2] 伊藤誠（編著），丸茂喜高（編著），平岡敏洋，和田隆広，安部原也，北島創：交通事故低減のための自動車の追突防止支援技術，コロナ社，2015.

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 2 件）

- [1] Jieun Lee, Makoto Itoh, Toshiyuki Inagaki: “Effectiveness of Driver Compensation to Avoid Vehicle Collision under Visual Field Contraction”, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting (Vol. 60, No. 1, pp. 1911-1915). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2016, 査読有
- [2] Jieun Lee, Makoto Itoh: “Driver Compensation: Reducing The Risk of Pedestrian Collisions under Visual Field Contraction”, Proc. IEEE SMC Annual Meeting (to appear), 2017, 査読有

〔学会発表〕（計 6 件）

- [1] 伊藤誠：「自動運転技術について」，京都府視覚障害者協会，京都，2016年11月23日（基調講演）
- [2] 伊藤誠：「自動運転と視覚障害者の運転について」，シンポジウム新しい『見え方』－最先端技術に対応したロービジョンケアを考える，臨床眼科学会，名古屋，2015年10月22日（招待講演）
- [3] Makoto Itoh: “Toward Overtrust-Free Autonomous Driving Systems,” Chalmers University, 2014年10月8日.（招待講演）
- [4] Jieun Lee, Makoto Itoh: Effectiveness of driver compensation to avoid vehicle collision under visual field contraction, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会, 2016年12月6日, 滋賀県大津市
- [5] Jieun Lee, Makoto Itoh, Toshiyuki Inagaki: Limitation of Driver's Compensation under Visual Field Contraction, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会, 2015年11月18日, 北海道函館市
- [6] 外川 佑, 村山 拓也, 佐藤 卓也, 崎村 陽子, 伊藤 誠：支援技術がもたらす脳卒中後の自動車運転再開の可能性について，ヒューマンインタフェース学会安全管理支援技術専門委員会，東京，2015年6月12日.

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.css.risk.tsukuba.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 誠 (ITOH MAKOTO)

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：00282343