

「人にやさしい車社会を実現するための感情共有技術の研究」

齊藤義仰（ソフトウェア情報学部、准教授）、村山優子（ソフトウェア情報学部、教授）、西岡大（ソフトウェア情報学部、助教）、高橋幹（地域連携本部、特別客員研究員）、中野裕貴（ソフトウェア情報学研究科、学生）

車をより人にやさしい存在とするためには、機械的な側面からの運転支援技術だけではなく、人間的な側面からの運転支援技術が必要である。本研究では、運転者や歩行者が他者の感情を認識可能とすることで、人にやさしい車社会の実現を目指す。周囲の感情を認識することで、運転者に思いやりのある運転を促したり、危険運転をする車を回避するように促したりできるかを、ドライビングシミュレータを用いて検証した。

1 研究の概要

車は世界で10億台以上[1]、日本で7600万台以上[2]が人々に利用されており、現代社会において必要不可欠な存在である。しかし、平成24年度は66万件の交通事故が発生し、約4400名の死者と約82万人の負傷者を出しており[3]、車は人にとって危険な存在であるとも言える。近年の車には、横滑り防止装置（Electronic Stability Control : ESC）やアンチロックブレーキシステム（Antilock Brake System : ABS）等の運転支援技術が導入され、交通事故発生件数は減少してきた。実際に、交通事故件数が最多だった平成15年度から現在にかけて、95万件から66万件へと大きく減少した。しかし、ここ数年の交通事故件数の減少は頭打ちし、走行制御などの機械的な側面からの運転支援だけでは限界が見え始めている。最終的に運転性能に影響を与えるのは、車の運転をする人間である。交通事故件数をさらに減少させるためには、人間的な側面からの運転支援技術により、安全運転を促すことが必要である。

一方で、運転者の感情が運転性能に影響を与えることが認知されている。代表的な例として Road Rage[4]がある。Road Rageとは、他車からの割り込みや追い越し等により、運転者が怒りの感情から報復行動を起こし、危険運転を行うようになる現象である。このように、感情と

いう人間的な側面が人の行動に与える影響を検証・応用することが、近年の大きな研究分野となっている。実際に、人間の感情を利用した運転支援の研究が盛んに行われている[11-16]。これらの研究は、運転者の感情検出に関する研究と、運転者の感情が及ぼす影響とその活用方法に関する研究に大きく分けることができる。しかし、運転者の感情に着目した研究は多いが、他者の感情に着目した研究は少ない。そのため、他の運転者や歩行者の感情が、運転性能に与える影響については、まだ明らかになっていない。例えば、横断歩道や交差点で停止した際に、他の運転者や歩行者からの感謝・信頼の感情を知り得れば、その後も人を思いやる運転を継続するのではないかと考えられる。また、事前に Road Rageのように怒りの感情を持つ運転者が周りにいることを知り得れば、それを回避するように安全に向けて行動するのではないかと考えられる。

本研究では、運転者や歩行者が他者の感情を認識可能とすることで、人にやさしい車社会の実現を目指す。本稿では「適切な他者感情を適切な状況で認識させれば、運転者と歩行者に安全な行動を促すことができる」という仮説に基づき、他者感情認識による運転支援手法を提案する。さらに仮説を検証するため、提案手法を用いて運転者に安全運転を促したり、運転者や

歩行者に危険な自動車から離れるように促したりできるかを、ドライビングシミュレータを用いて検証する。

2 研究の内容

本研究では、適切な他者感情を適切な状況で運転者と歩行者に認識させることで、運転者や歩行者に安全な行動を促すことを目指す。提案モデルでは、まず他者感情認識システムが、他車の運転者や歩行者の感情を取得する。感情の取得については、センサによって感情を自動検知する方法や、歩行者または運転者がスマートフォンなどを用いて感情情報を能動的に送信することで、他者感情を取得する方法が考えられる。システムは他者感情を取得すると、周辺または任意の歩行者または運転者に通知する。通知方法については、様々なメディア（文字、音声や画像等）が考えられる。そして、歩行者または運転者に他者感情を認識させることにより、感情の変化を引き起こし、安全行動を促す。この時、通知する他者感情はネガティブな行動を引き起こすものではなく、ポジティブな行動を促すものに限定されるものとする。

本稿では、感情の取得方法については範疇外とし、他者の感情は既知であるとする。また、他者感情通知には、普及が進んだスマートフォン上に画像を表示して実現するものとする。その上で、他者感情通知を受ける対象を運転者とし、運転者の他者感情認識と安全行動の関係性の検証に限定し、ドライビングシミュレータを用いた実験を行う。

2.1 関連研究

本節では、まず関連研究として基本的な人間の感情について述べる。その後、人間の感情を運転支援に応用するための既存研究を述べる。既存研究については、運転者の感情検出に関する研究と、運転者の感情が及ぼす影響とその活用方法に関する研究に分けて説明し、本研究との違いを示す。

2.1.1 人間の感情

人間の感情については、心理学の分野で研究

が行われてきた。人間の感情と表情の関係性について、Ekmanは6つの基本感情[5]があると述べている。Ekmanは人間の表情を調査し、人間の基本感情を「happiness」、「surprise」、「fear」、「sadness」、「anger」、「disgust」の6つに分類した。この6つの基本感情、または「neutral」の感情を追加した7つの基本感情が、画像処理を用いた表情認識の分野で広く利用されている[6-8]。

人間の感情を応用する研究においては、Plutchikの感情モデル[9]がしばしば利用される。Plutchikは人間の感情を「joy」、「trust」、「fear」、「surprise」、「sadness」、「disgust」、「anger」、「anticipation」が属する、8つの基本感情の次元があるとしている。また、垂直方向を感情の強度とした、3次元の円環状モデルとして感情を表現した。当該モデルでは、類似した感情は円状に隣接し、相反する感情は対面に配置されている。また、2つの基本感情の組み合わせとして、「love」、「submission」、「awe」、「disapproval」、「remorse」、「contempt」、「aggressiveness」、「optimism」という8つの複合的な感情を定義している。

Parrotは感情を構造化して分類[10]し、一次感情として「Love」、「Joy」、「Surprise」、「Anger」、「Sadness」、「Fear」の6つに分類している。さらに、一次感情から二次感情、二次感情から三次感情へと派生する、木構造の分類を行っている。

このように多種多様な人間の感情が提唱されているが、共通する感情もいくつかある。本稿では、特に「喜び (happiness / joy)」と「恐怖 (fear)」の感情に注目して実験を行う。

2.1.2 運転者の感情を利用した運転支援

センサを用いて運転者の感情を検知することで、運転者の状態を把握する研究が数多く存在する。Jonesら[11]は、運転者の声から感情を検知する、車内感情認識システムを構築している。Rienerら[12]は、センサにより取得した運転者の心拍変動から、感情を検知する手法を提案している。Haakら[13]は、運転者の脳波を解析することで感情検知を試みている。さらに、Anzengruberら[14]は、運転者の顔の表面温度から感情を検知するシステムを作成し、ドライ

ビングシミュレータによる評価を行っている。
このように、多様なセンサから得られた情報で、
運転者の感情を検知することが可能である。

検知した運転者の感情を利用し、運転者の感情が運転性能に与える影響の調査や、運転者の感情を利用して安全運転を促す研究もされている。Jeonら[15]は、運転者の「怒り (angry)」と「恐怖 (fear)」の感情が、運転性能に与える影響を調査した。その結果、怒りの感情を持った運転者は、恐怖の感情を持った運転者よりも、多くの運転ミスをすることがわかった。また、恐怖の感情を持った運転者は、怒りの感情をもった運転者よりも、運転にかかる負担が大きいことがわかり、運転者の感情が運転性能に影響を与えることが示された。Cliffordら[16]は、運転者の感情状態に合わせ、ナビゲーションシステム等の車内音声の感情表現を変化させることで、事故を減らすことができると述べている。運転者の感情が「喜び (happy)」のときは「活気に満ちた (energetic)」車内音声、運転者が「動揺 (upset)」しているときは「落ち着いた (subdued)」車内音声の有効であることが、実験により明らかになった。

一方で、これらの研究は、運転者の感情に注目した運転支援の研究であり、他車の運転者の感情や歩行者の感情といった、他者の感情を利用した運転支援の研究は少ない。本研究は、他者の感情が運転者の運転性能に与える影響を調査し、安全運転への応用を目指す点で従来研究とは異なっている。

2.2 実験方法

「適切な他者感情を適切な状況で認識させれば、運転者と歩行者に安全な行動を促すことができる」という仮説を、ドライビングシミュレータを用いて検証する。本節ではまず、実験環境として使用したドライビングシミュレータと、スマートフォン上で実装した他者感情通知のためのプロトタイプシステムについて述べる。その後、「喜びの他者感情認識」と「恐怖の他者感情認識」の効果を検証するための、シミュレーションシナリオについて説明する。

2.2.1 実験環境

実験には、岩手県立大学いわてものづくり・ソフトウェア融合テクノロジーセンター内にある、三菱プレジジョン社製研究・開発用D3Simドライビングシミュレーションシステム[17]を用いた。ドライビングシミュレータは図1のように、実車ボディを利用した運転席により、実車同様の運転操作を行うことができる。また、前面180度とミラー越し後方にシミュレーション映像が表示され、高度な模擬操縦実験を行うことができるドライビングシミュレータである。シミュレーションシナリオはPC上で簡単に作成可能であり、車や歩行者の配置や挙動、外部機器との連携、運転操作等のログ保存が可能である。ただし、本ドライビングシミュレータには反力装置がついていないため、実際と運転感覚と異なり、車酔いを引き起こしやすい。特に、曲がり角や加速・減速操作で酔う場合が多い。そのため、シミュレーションシナリオに曲がり角を入れない、1回にかかる実験時間を短縮するなどの工夫をした。

ドライビングシミュレータと連携し、特定イベントが発生した際に、他者感情を通知するためのプロトタイプシステムをスマートフォン上に実装した。実装したプロトタイプシステムを図2に示す。実装にはAndroid端末を用いた。今回の実装では、「喜びの他者感情」と「恐怖の他者感情」の通知には画像を用いた。実験開始時には何も表示されていないが、特定イベントが発生すると短い効果音とともに画像が表示され、数秒経過後に非表示となる。スマートフォンは、運転席のダッシュボード上に固定し、運転しながらスマートフォンに表示されている画像が見られるようにした。



図1：実験で利用したドライビングシミュレータ



図2：スマートフォンを用いた喜び（上）と恐怖（下）の感情通知

2.2.2 実験シナリオ1：喜びの他者感情認識

実験シナリオ1では、喜びの他者感情認識が与える影響について検証を行う。シナリオの概要を図3に示す。

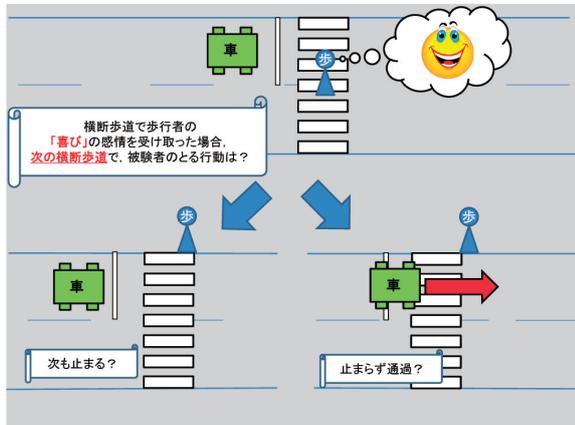


図3：喜びの他者感情認識を用いた実験シナリオ

本シナリオでは、いくつかの横断歩道が存在する。まず、シナリオ開始位置の目の前に信号無しの横断歩道があり、歩行者が渡ろうと立ち止まっている。運転者である被験者には、必ず最初の横断歩道では止まるように指示をする。車が止まると、歩行者は横断歩道を渡り始め、渡り終わると他者感情の通知が行われる場合は、スマートフォン上に図2の喜びの画像が表示される。その後、後続の車がいる状態で直線の道

路を運転してもらう。途中で、信号なしの横断歩道が1つ存在するが、ここには歩行者は存在しない。実験シナリオの最後の方に、信号なし横断歩道がさらに1つ存在し、ここでは歩行者が存在する。この時、他者感情の通知が行われた場合と行われない場合で、横断歩道で止まる割合に変化があるかを検証する。仮説が成り立てば、喜びの他者感情認識により、横断歩道で止まる行動を取ると考えられる。

2.2.3 実験シナリオ2：恐怖の他者感情認識

実験シナリオ2では、恐怖の他者感情認識が与える影響について検証を行う。シナリオの概要を図4に示す。本シナリオでは、被験者には長い直線道路を走行してもらう。ある程度走行すると、後方から大型トラックが現れ、高速で他車を追い抜きながら、危険な運転で被験者の車に接近する。この時、危険運転をするトラックを目撃した後方の車や歩行者が、恐怖の感情を抱くと想定する。そして、他者感情の通知が行われる場合は、スマートフォン上に図2の恐怖の画像が表示される。この時、他者感情の通知が行われた場合と行われない場合で、被験者が危険な存在を察知し、減速やミラー確認といった危険回避の行動を取るかどうかを検証する。仮説が成り立てば、恐怖の他者感情認識により、危険回避行動をとり、後方の危険運転で近づく車の存在に気が付くと考えられる。

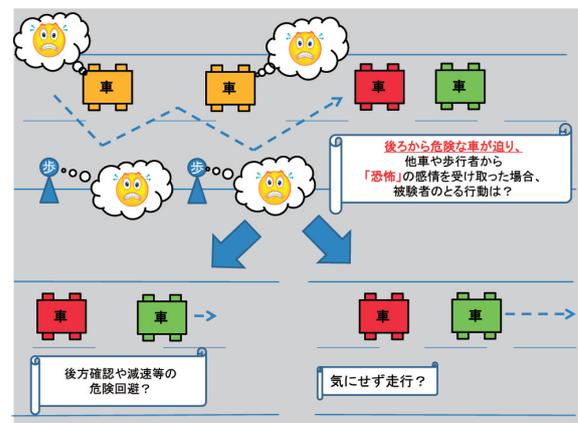


図4：恐怖の他者感情認識を用いた実験シナリオ

2.2.4 実験結果

実験には、岩手県立大学ソフトウェア情報学

部の学生22名（19歳～23歳、男性19名、女性3名）の協力を得た。被験者には、スマートフォン上に画像が表示されるかもしれないということだけを伝えた。ドライビングシミュレータの運転操作に慣れてもらうために操作練習を行った後、実験シナリオ1（喜びの他者感情認識）と実験シナリオ2（恐怖の他者感情認識）を実施した。実験シナリオの実施順番は、影響を考慮してランダムとした。また、他者感情が与える影響を検証するため、他者感情通知を行う場合と行わない場合の両シナリオを用意し、ランダムに実施した。さらに実験では、シミュレータ上の運転操作ログに加えて、被験者の運転行動を観察できるように、ビデオカメラにより被験者を撮影し録画した。

3 これまで得られた研究の成果

本節では、実験結果について述べ、周囲の感情を認識することで運転者に安全運転を促すことができたかどうかを考察する。

3.1 実験シナリオ1（喜びの他者感情認識）の結果

実験シナリオ1の結果を表1に示す。他者感情の通知があった場合、横断歩道で停止した被験者6名に対し、停止しなかった被験者は4名であった。一方で、他者感情の通知がなかった場合、停止した被験者は6名だったのに対し、停止しなかった被験者は6名であった。他者感情認識がなかった場合は50%の被験者が停止したのに対比、他者感情認識があった場合は、横断歩道で停止する割合が60%と若干ではあるが高くなった。また、停止しなかった被験者の運転行動を録画映像で確認したところ、他者感情認識があった場合は、4人中3人の被験者が横断歩道で歩行者がいるかどうかの確認行動をとった。その中の1人は歩行者の存在に気がついたが、ブレーキを押すのが遅れたため停止できなかった。一方で、他者感情認識がなかった場合は、6人中2人の被験者のみが横断歩道で確認行動をとっていた。よって、喜びの他者感情認識は、運転者に安全運転を促す効果があると考えられる。

表1：実験シナリオ1の結果

	停止	非停止
通知あり	6(60%)	4(40%)
通知なし	6(50%)	6(50%)

3.2 実験シナリオ2（恐怖の他者感情認識）の結果

実験シナリオ2の結果を表2に示す。録画映像により確認したところ、他者感情の通知があった場合、ミラー確認や減速といった危険回避行動をとった被験者が8人に対し、危険回避行動をとらず、直前まで危険運転で接近する後方のトラックに気がつかない被験者は3名であった。一方で、他者感情の通知がなかった場合、危険回避行動をとった被験者が2名だったのに対し、回避行動をとらなかった被験者は9名であった。他者感情認識がなかった場合は18%の被験者しか危険回避行動をとらなかったのに対し、他者感情認識があった場合は73%の被験者が危険回避行動をとった。よって、恐怖の他者感情認識は、運転者に危険を察知させ安全運転を促す効果があると考えられる。

表2：実験シナリオ2の結果

	回避行動あり	回避行動なし
通知あり	8(73%)	3(27%)
通知なし	2(18%)	9(82%)

3.3 考察

今回の実験では、喜びと恐怖の他者感情認識双方において、運転者に安全行動を促すことがわかった。しかし、喜びの他者感情認識よりも、恐怖の他者感情認識の方が明確な違いが示された。喜びの他者感情認識で、他者感情の通知がなかった場合でも、横断歩道で停止する割合が高かった原因として、実験シナリオの構成にあったと考えられる。実験シナリオ1は、まず被験者に最初の横断歩道で停止するように指示しており、喜びの他者感情認識があってもなくても横断歩道に意識が行き、横断歩道に関する実験であることが悟られてしまった可能性があ

る。実験シナリオを見直し、被験者に横断歩道を意識させないようにすれば、明確な差分が現れる可能性がある。

また、今回の実装では画像によって他者感情の通知を行っている。しかし、利用している画像が、適切に喜びおよび恐怖の感情を被験者に認識させているかどうかは明確になっていない。また、画像以外にも音声やメッセージとした別メディアで他者感情を通知したほうが効果的な可能性もある。他者感情を通知する手段についても、今後検討が必要となる。

さらに、本稿では運転者の他者感情認識と安全行動の関係性のみ焦点をあてている。そのため、他者感情認識による運転者の感情変化については、明らかになっていない。仮説としては、他者の喜びの感情により、運転者も喜びの感情となり、思いやりのある運転が可能となると考えられる。また、他者の恐怖の感情により、運転者も恐怖の感情となり、危険回避行動といったリスクを恐れる運転をするようになると考えられる。この仮説についても、実験後に被験者にアンケート調査を実施するなどして、検証していきたい。

4 今後の具体的な展開

今後は、実験シナリオの見直しと、他者感情の通知方法の検討を行う。また、他者感情認識による運転者の感情変化を調査し、運転者の感情変化と安全行動の関係性について検証していきたい。さらに、感情共有技術を応用したアプリケーションの開発を行う予定である。

5 論文・学会発表等の実績

- ・ 齊藤義仰、中野裕貴、西岡大、村山優子、高橋幹：人にやさしい車社会を実現するための感情共有技術の研究、パネル展示、地域イノベーション戦略「いわて環境と人にやさしい次世代モビリティ開発拠点」プロジェクト 平成25年度 成果報告会 (2014)。
- ・ 齊藤義仰、中野裕貴、鈴木清寛、西岡大、村山優子、高橋幹：人にやさしい車社会を実現するための他者感情認識技術の検

討、情報処理学会研究報告、2014-DPS-158(25)、pp.1-6(2014)。

6 受賞・特許

なし

7 その他

参考文献

- 1) 日本自動車工業会 (2010年末)、http://www.jama.or.jp/world/world/world_2.html
- 2) 自動車検査登録情報協会 (平成25年1月末)、<http://www.airia.or.jp/number/pdf/01.pdf>
- 3) 警察庁 平成24年中の交通事故の発生状況、<http://www.npa.go.jp/toukei/index.htm#koutsuu>
- 4) Galovski, T. and Blanchard, E.: Road rage: a domain for psychological intervention? *Aggressive Violent Behavior*, Vol. 9, Issue 2, pp. 105-127 (2004).
- 5) Paul Ekman: Facial Expression and Emotion, *American Psychologist*, pp. 384-392(1993).
- 6) Michael J. Lyons, Julien Budynek, and Shigeru Akamatsu: Automatic Classification of Single Facial Images, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 21, No. 12, pp. 1357-1362(1999).
- 7) Dragoş Datcu and Leon Rothkrantz: Facial expression recognition in still pictures and videos using active appearance models: a comparison approach, *Proceedings of the 2007 international conference on Computer systems and technologies (CompSysTech)*, No. 112, pp. 1-6(2007) .
- 8) Erica Costantini, Fabio Pianesi and Michela Prete: Recognising emotions in human and synthetic faces: the role of the upper and lower parts of the face, *Proceedings of the 10th international conference on Intelligent user interfaces (IUI)*, pp. 20-27(2005).
- 9) Robert Plutchik: The nature of emotions, *American Scientist*, pp.344-350(2001).
- 10) W. Parrott: *Emotions in social psychology*, Psychology Press(2001).
- 11) Christian Martyn Jones and Ing-Marie

- Jonsson: Automatic recognition of affective cues in the affective cues in the speech of car drivers to allow appropriate responses, OZCHI' 2005 pp. 1-10(2005).
- 12) Andreas Riener, Alois Ferscha and Mohamed Aly: Heart on the road: HRV analysis for monitoring a driver's affective state, AutomotiveUI' 09, pp. 99-106 (2009).
 - 13) Paul van den Haak, Rinde van Lon, Jaap van der Meer and Léon Rothkrantz: Stress assessment of car-drivers using EEG-analysis, CompSysTech' 10, pp. 473-477 (2010).
 - 14) Bernhard Anzengruber and Andreas Riener: "FaceLight" - Potentials and Drawbacks of Thermal Imaging to Infer Driver Stress, AutomotiveUI' 12, pp. 210-216 (2012).
 - 15) Myoungsoon Jeon, Jung-Bin Yim and Bruce N. Walker: An Angry Driver Is Not the Same As a Fearful Driver: Effects of Specific Negative Emotions on Risk Perception, Driving Performance, and Workload, AutomotiveUI' 11, pp. 137-140(2011).
 - 16) Clifford Nass, Ing-Marie Jonsson, Helen Harris, Ben Reaves, Jack Endo, Scott Brave and Leila Takayama: Improving Automotive Safety by Pairing Driver Emotion and Car Voice Emotion, CHI' 05, pp.1973-1976 (2005).
 - 17) 三菱プレシジョン株式会社 D3sim, <http://www.mpcnet.co.jp/product/simulation/researchpurpose/research/d3/>