

目玉型装置を用いた自動運転車における外部への情報伝達に関する研究

渡辺 怜那

慶應義塾大学 総合政策学部
s17910rw@sfc.keio.ac.jp

要旨

自動運転車に対する不安は各国でいくつも挙げられており、その原因追求が求められている。通常、ドライバーの表情や動作を見ることで得られる情報が、運転手のいない自動走行車では通用しないことが問題であると考え、本研究ではドライバーの目の代わりになるような情報伝達装置の開発を行う。過去にも慶應義塾大学大前学研究室において、目玉型表示装置の研究を行ってきた。本研究ではその改良版として取り組んでいく。

キーワード: 自動運転、コミュニケーション、安心感、信頼性

1 はじめに

近年、世界中で自動運転車に対する関心が高まっている。自動走行が可能になることで、ドライバーが運転の負担から解放され、ストレスフリーな移動が実現できる。さらに、公道を走る全ての自動車が自動運転化されれば、渋滞や交通事故の削減にも繋がると予想されている[1]。自動運転車にはレベルが5つに分けられており、ドライバーが自動運転システムに全てを任せることができるとは最高レベルの5にあたる[2]。レベル4に至っては、高度運転自動化ではあるものの、主に高速道路など単調な道路に限る。すでに各自動車企業で近い将来にレベル4を搭載する自動運転車を販売するという声が上がっているが、交通事故データベースによると、高速道路での交通事故はわずか3%程度[3]。国内で起きている交通死亡事故数を見ると、そのほとんどが歩行中によるものであった[4]。

このような背景から、本研究ではまだ未知の領域とされるレベル5の完全自動運転車が公道を走ることを想定して、歩行者および自転車が無人の自動運転車両とコミュニケーションをするためのツールを開発する。このとき、いかに利用者からの信頼性を獲得するかが鍵となる。なぜなら、自動運転車に対する不安として「システムの誤作動」が特に多く挙げられるためである。第一生命経済研究所が、2018年に国内で20~60代の男女を対象に調査したアンケートによると、都市規模別および地域特性別で見ても、70%以上の割合で「車が安全に作動しているか」が不安であると答えていた[5]。これは「きちんと自動運転車両に認識されているのか」、「前を横断して良いのか」など、歩行者と自動運転車が上手にコミュニケーションを取れていない証拠なのである。よって、筆者はこれまで通りに歩行者や自転車が自動車とのコミュニケーションを取るために、ドライバーの眼球運動を再現する、情報伝達装置の

開発に取り組む。すでに自動運転車が歩行者や自転車にメッセージを伝えるための手段として、文字表示や音などによる情報伝達方法が注目されているが、本研究のように、自動車に目玉をつける事例は未だに少なく、新たな発見が期待できると考えた。

2 研究の方法

本研究では、目玉型装置を実験車両のヘッドライトの上部分に設置させ、慶應義塾大学新川崎タウンキャンパス内で複数の被験者を対象にアンケート調査を行う。年齢は18歳~23歳の男女が対象である。まず目玉型装置のプロトタイプ製作から始まり、次に3Dプリンタでその出力を行う。その後、サーボモーターを用いてプログラムを制御し、シリアル通信でLiDARから検出した位置情報に合わせて、目玉部分が歩行者または自転車を追跡する。この時、ただ追跡するのではなく、人間のドライバーの目の動きをできる限り細かく再現することを目指す。図1のように(1)まず進行方向を注視し、(2)障害物を検出した場合には追跡、(3)その後安全確認を行う。最終的には、この一連の流れを被験者に歩行者の目線で体験してもらい、「安心感を与えられているか」「見られている感覚はあるか」などの質問を含めたアンケート調査を実施する。

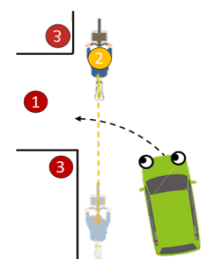


図1: 目玉型装置の動作イメージ

(1)進行方向へ目を動かし曲がる意思を周知させ、(2)横断者がいる場合はその追跡を行い、(3)左右の順で安全確認をする。

3 これまでの研究

3.1 第1次プロトタイプ製作

大前学研究室では過去に2種類のプロトタイプが製作されており、筆者はどちらもサポートする形で関与している。第1次プロトタイプでは15cmの発泡スチロール半球を用いて眼球部を再現している。黒目部分は塗装を行い、アクチュエータには2足歩行ロボット用のサーボモーターを取り付け、2軸制御を可能にしている。ただし、2つのサーボモーターの連結部分で、中心軸が大幅にずれていたことにより、指令値の算出が複雑化した。最終的には透明なカプセルを被せ、悪天候でも使用できるようにした。このユニットを2つ用意し、本研究でも使用する実験車両(トヨタ・エスティマ)に搭載させた状態を図2に示す。



図2：第1次プロトタイプを自動運転車に搭載した状態
二つのユニットはヘッドライトの上に設置されている。

3.2 第2次プロトタイプ製作

第1次プロトタイプでは駆動部がずれていたことが問題となっていた。第2次プロトタイプではサーボモーターの代わりに、LEDを用いて目玉を表示させている。ただし、LEDなどを用いた電子的な目玉型装置は「見られている感覚」に欠けていることが、第1次プロトタイプ製作時の考察で明らかとなった。立体的でない目玉は、人物が立っている位置を注視していても、被験者からはより広い空間で見られているように感じてしまうからである。そこで、第2次プロトタイプではLEDテープを球型の発泡スチロールに接着し、目玉を再現した(図3)。実車に搭載する際には透明カプセルは使用せず、そのままヘッドライトの上部分に設置させた。

結果、目のアイコンを自由に再現できるという利点はあったものの、被験者はシンプルな目のアイコンが一番「見られている」と感じる事がアンケート調査で明らかになった。さらに同ユニットは裸の状態を実車に搭載したため、悪天候には不向きであった。

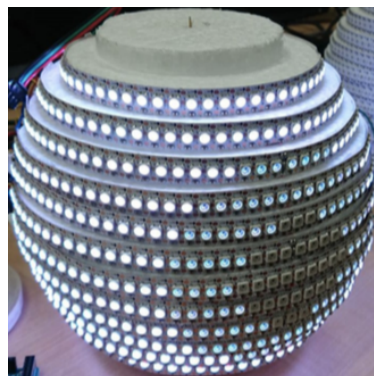


図3：LEDテープを使用した目玉型表示装置
図に表示されているシンプルなアイコンのほか、まぶた表示、色表現、ハートマークの仕様が含まれている。

4 現在の進捗

4.1 第3次プロトタイプ製作

本研究ではこれまでの研究結果を参考にしながら、3Dモデリングをする前に、まずは市販で売られているもので第3次プロトタイプの製作に取り組んだ。使用したサーボモーターは2足歩行ロボットキットから取り出したものである。白目部分にはスポンジボール、黒目部分には同ロボットキットのスペアパーツを採用した(図4)。複雑な構造はできるだけ避け、外見もシンプルさを追求した。このモーターは後ほどの実験にも使用する。



図4：全てのパーツを組み合わせた状態のプロトタイプ

4.2 3Dプリンタを用いたモデルの出力

プロトタイプを参考にしながら、無料オンライン3Dモデリングソフトでモデリングを行った。出力時間の削減のため、無駄のないモデルの構築を目指した。下のモータを隠すように蓋つきの土台を作成し、白目部分は縦に割ることでサイズを抑えた。黒目は別々で出力され、後から白目部分に接着させる。しかし、初めにモデリングを行なったものは、上モータが中心軸からずれていた。このままでは、目玉を横に動かした際に、下の土台より前に白目が突き出してしまう。よって、どの角度を設定しても中心軸がずれないように修正したものを図5に示す。土台は蓋をなくし、下からくぐらせるようにしてモーターを設置できるよう大幅に修正を加えた。それぞれのパーツを組み合わせた状態を図6に示す。

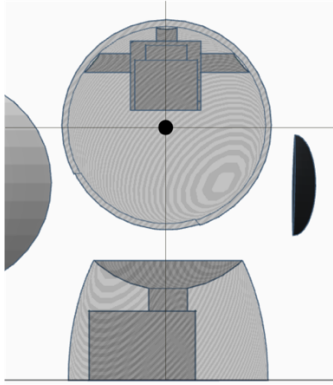


図5：モーターの中心軸

中心軸とはモーターの回転部分を指しており、白目部分はモーターをかぶせるようにして設置するため、回転部分はカバーから少し外れた位置になっている。

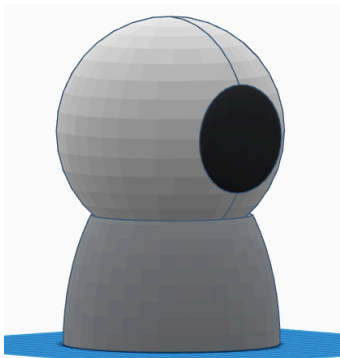


図6：全てのパーツを組み合わせた状態の3Dモデル

土台の上を回転するように動く、市販の扇風機をイメージして目玉型装置のモデリングを行なった。

4.3 プログラム

先述したように、立体的でない目玉型装置は「見られている感」に欠けている。平面上に目玉を表示した場合、認識されている人物の位置が近いほど、実際の焦点と人物が見られていると感じた位置にズレが生じる。よって、本研究では球体の目玉を製作し、かつ一点を注視するために、黒目が見る先(軸)の交差点を徹底する。

まずはモーターの制御を行った。一つ目の目玉型装置につき2自由度のモーターがあり、目を再現するには装置を2つ用意することから、計4つのモーターを同時に制御する。キーボード操作で縦横軸の動きが制御できたことを確認したのち、次に大前学研究室で使用している実走行データの実時間再生ソフトウェアを用いて、実車実験に近い環境で制御を行った。自動運転車両とモーターでシリアル通信をすることが目的である。アクセルおよびブレーキペダルストロークに合わせて、白目部分に設置されているモーターが上下に動き、土台に設置されているモーターは操舵トルクに合わせて左右に動くようにした(図7)。

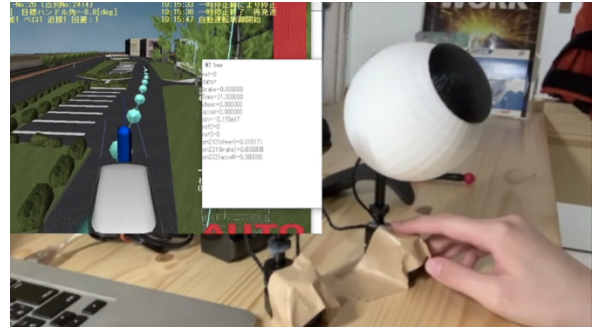


図7：走行データ再生ソフトウェアを用いたモーターの制御
自動運転モードで左に回転したあと、加速しながらハンドルをまっすぐしている様子。

5 現状の課題

3Dプリンタを用いることにより、被験者に「見られている感」をより与えることができる。またモーターを含めた場合でも重量は非常に軽い。目玉型装置は過去の研究と同様に自動運転車のヘッドライトの上に設置する。つまり、雨風がある環境も考慮することが求められる。この点についても、従来の発泡スチロールを使用したLEDの目玉型装置に比べて、3Dプリントは十分な効果が期待できる。ただし、実際に車外に取り付ける際には、裸の状態では不十分であると考え、第1次プロトタイプと同様、目玉型装置の上に透明なカプセルを被せる予定である。

サーボモーターについて、単に人物へ焦点を合わせるのではなく、より人間の目に近い滑らかな動きが必要である。例えば車両の前を横断しようとする歩行者を左折時に検出した場合、機械のような速度で目玉を回転させるのではなく、あくまでも自然な動きを目指す。歩行者に近い目玉はゆっくりと動かし、もう片方は少し速めに設定する。ただし、このままでは被験者が譲られているのか、ただ認識されているだけなのか判断しづらい。よって、何らかの意思表示方法を自動運転車側に加える必要があると考えている。

6 今後の予定

事前に記録した走行データを再生するソフトとモーターが正常に通信できたことを確認した。次に実車実験を行う。歩行者の位置を検出する際に使用するのは、32層のレーザーレーダーである。これを自動運転車両(同エステイマ)に設置し、相対位置で歩行者の位置を検知する。次にモーターをどのように動かすかを考える。縦横軸の動作はもちろん、斜めにも動くようにプログラムを組んでいく。その際には目玉の動く速度も考慮する。歩行者の追跡ができるようになった後、図1で述べたそのほかの動作をプログラムに追加していく。

また上記とは同時進行で3Dモデルの再出力を行う。現在は図6に示すモデルを出力している。使用しているフィラメントの色に制限はあるものの、必

要な場合には、モデル出力後にカラースプレーなどを使用して色を加える。

評価方法はアンケート方式をとる。「見られている感」に着目した質問をいくつか用意し、最終的には目玉型装置を加えたことで「安心感」あるいは「信頼感」を得られたかを検証する。また可能であれば、明るい環境だけでなく、夜間でも目玉型装置が正常に動作するかの確認を行う。

7 参考文献

- [1] 日本学術会議(2017)「自動運転のあるべき将来に向けて—学術界から見た現状理解—」(<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t246-1.pdf> 最終アクセス日：2020年11月8日)
- [2] SAE International (2018) Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles (<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t246-1.pdf> 最終アクセス日：2020年11月8日)
- [3] 古川修 (2019) 『自動運転の技術開発—その歴史と実用化への方向性—』, グランプリ出版, 序章, 13-14.
- [4] 警察庁交通局(2018)「平成29年における交通死亡事故の特徴等について」(<https://www.npa.go.jp/toukei/koutuu48/H29siboubunnseki.pdf> 最終アクセス日：2020年11月7日)
- [5] 第一生命経済研究所(2018)「自動運転の普及と消費者意識—社会課題解決に向けた自動運転技術への期待と社会受容性—」(<http://group.dai-ichi-life.co.jp/dlri/pdf/ldi/2018/rp1807b.pdf> 最終アクセス日：2020年7月25日)