

信号灯色情報を車内投影する自動車運転支援システムの一考察

渡邊飛翔¹ 山田隆亮¹

概要: 点灯色予測情報をもとに、自動車の速度と位置を加味して点灯色の予測と現在の点灯色の残り時間を車内に投影する。

キーワード: 自動車, 運転支援システム, 信号機, 点灯色予測

A Study on Driver Assistance System for Vehicle using Projection Mapping of Traffic Signal Color Information

TSUBASA WATANABE^{†1} TAKA AKI YAMADA^{†1}

Abstract: A driver assistance system for vehicle using projection mapping of traffic signal color information is developed that the predicted signal color at the coming crossroad and the rest time for the change are displayed in realtime on a pillar of car.

Keywords: Vehicle, Driver assistance system, Traffic lights, Lighting color prediction

1. はじめに

自動車が抱える社会問題の一つとして交通事故が挙げられる。令和元年(2019年)の交通事故発生件数は約38万件でそのうち交差点または交差点付近での交通事故が約20万件と全体の約55%を占めている[1]。中でも信号機付き交差点での交通事故発生件数が約6万件と全体の約16%を占めており、信号機無しの交差点の事故件数は約10万件と全体の約26%を占めている。

信号機付き交差点において、熟練運転手は先々の歩行者信号の変化も見逃さず、数秒先の未来を予測しながら運転しているが、道路状況によって信号情報が目視出来ないときに、交差点で他の車が急加速や急減速するヒヤリとした場面によく出会う。交通事故の抑制や運転手の負担軽減などを目的として様々な自動車運転支援システムの研究がされている。

自動車運転支援システムには信号情報を活用する以外にも先進運転支援システム(ADAS: Advanced Driving Assistant System)という総合的な運転支援システムが存在し、最新の自動車の多くにすでに設置されている。ADASには「アダプティブクルーズコントロール」という運転手が設定した速度での低速走行を実現するものや、高速道路などで運転手がウィンカーを出さずに車線を逸脱したりする可能性をフロント部分に設置したカメラが察知し、警報音やハンドル振動、表示などで知らせる「車線逸脱警報」、前方の障害物と衝突する危険性をレーダーが察知し運転手へ警告する「衝突被害軽減制御装置」、夜間や雨天時な

どの周囲がよく見えないとき状況下において自動車の周囲の熱源を赤外線カメラで察知し、ディスプレイに表示させる「ナイトビジョンシステム」、そのほかにもカメラで交通標識を認識したり、運転手にとっての死角から接近する自動車をレーダーで察知し警告を促したりするものなど様々な運転支援システムが存在する[11]。

上記のようにさまざまな運転支援システムが存在するなか信号灯色情報の利用は信号通過支援、赤信号減速支援、アイドリングストップ支援、発信遅れ防止支援等に寄与し、安全かつエコな運転を促すと期待されている。

信号灯色情報が中継機を経由して自動車向けに配信される通信ネットワークが整う前提において、信号灯色情報を受信し、時刻補正の上で点灯色変化の予測時刻を計算し、運転手に提示する運転支援システムを提案し、実現イメージをまとめたので報告する。

2. 信号灯色情報についての従来の研究

(1) 信号情報活用運転支援システム

信号情報活用運転支援システム(TSPS: Traffic Signal Prediction Systems)は光ビーコンから取得した道路状況を用いて信号交差点の交通を円滑に通行するための運転を支援するシステムである。光ビーコンから取得できる道路状況と、自車の位置や速度を用いて交通状況や運転シーンに応じた情報の提供を行うことで、無駄な加速や減速を抑え、安全でスムーズな走行やドライブを促す[6]。TSPSはすでに商業化されており今後の規模拡大が期待される。

¹ 大阪工業大学 情報科学部 情報システム学科
Osaka Institute of Technology

(2) 路車間通信システム

専用周波数を活用した運転支援システムでは、路車間通信システム(DSSS:Driving Safety Support Systems)など、車両同士や道路に設置された路側インフラ設備との無線通信によって得られる情報を運転手に知らせる技術の標準化等が進められている。表示とブザー音による注意喚起を行う「赤信号注意喚起」、赤信号で停車したときに赤信号の待ち時間の目安を表示する「信号待ち発信準備案内」、前方の交差点にて赤信号で停止することが予測される場合にドライバーが無駄な加速をし続けないように支援する「信号情報利用型エコアクセルガイド」などが含まれる[14]。

(3) 歩行者向け信号灯色情報配信

歩行者向けに信号灯色情報を配信する先例には、写真1に示すようにプログレスバー形式の待ち時間表示などがある。近年では、視覚障がい者向けに近距離無線を通じて利用者のスマホに交差点名と信号灯色情報を配信し、これに対応したスマホアプリが音声で読み上げるシステムがある[5]。しかし、この情報を運転手に直接音声で伝えると、カーナビゲーションシステムの音声による経路案内や、ラジオ等の音声と重複する可能性があり、重複した場合には正しく聞き取れない可能性がある。



写真1 信号待ち時間例(大阪駅前前)

(4) 研究課題

運転熟練者でも道路状況によっては信号情報を目視で取得できない場合がある。道路情報は取得できるが、信号情報を取得できないため、信号機の点灯色の変化の瞬間は急な判断を必要とするため、運転手の判断ミスが事故につながる可能性がある。実用化されている運転支援システムがあるが、まだ一部の車両、一部の道路でしか利用できない。

対応する信号の位置、自動車の位置や速度、道路状況、交差点近くの信号制御装置から自動車内に届くまでの通信の遅延によって、運転制御に関わる未来予測は変わるため、運転手に信号灯色情報を呈示するシステムのあるべき姿に

ついて検討の余地がある。

3. 信号灯色情報を車内投影する提案方式

信号灯色情報が中継器を経由して自動車向けに配信される通信ネットワークが整う前提において、信号灯色情報を受信し、時刻補正の上で点灯色変化の予測時刻を計算し、運転手に提示する運転支援システムを提案する。提示方法に関しては、運転中の安全性を損なわずに提示する方法として自動車の屋根を支える支柱のうち最もフロントガラスに近い支柱(Aピラー)に投影する。

3.1 運転支援システム

提案する運転支援システムの全体像を車外環境と車内環境の2つに分けて図1と図2に示す。

3.1.1 想定する車外環境

図1に示すように、交通管制システムは道路上に設置された感知器から交通情報を収集分析し、交通渋滞の緩和や、交通事故の抑制を目的に信号機を自動で制御している[8]。交通管制システムから交通情報と、点灯色情報DBから前方の信号機の予定情報を走行中の自動車に向けてラジオ形式で送信する。

車外環境は感知器、交通管制システム、中継機、信号機、点灯色情報DBから構成する想定とし、感知器は光ビーコンや電波ビーコン等の道路上に設置され情報を収集、配信する。交通管制システムは道路交通の安全と円滑を基本としたシステムで警察が管理する。

信号機は道路上に設置されている交通信号機の事をいい、道路における交通の安全の確保、交通の円滑を目的に進行許可・停止指示などの信号を示す装置である。点灯色DBは信号機ID、色状態、残り時間、更新時刻から構成されており、どの信号機かを特定することが可能で、信号機の点灯色とその点灯色が残り何秒点灯するかが把握できる。

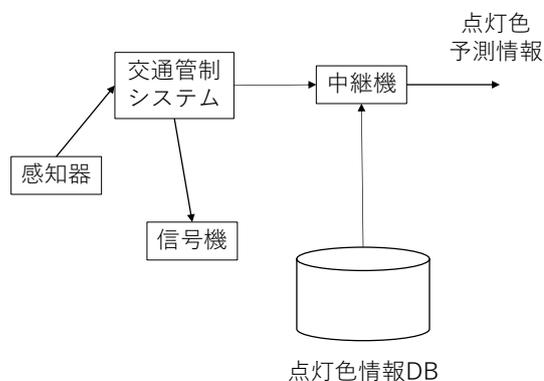


図1 想定する車外環境

3.1.2 車内環境

自動車は点灯色予測情報を受信し、自動車に搭載されている各種センサを用いて、自車の速度と位置を割り出し、前方の信号機の点灯色が残り何秒で変化するかを計算し、現在の走行速度で信号機が通過可能かを割り出す。割り出した情報をプロジェクタに送信し、Aピラーに投影することで、運転手に情報を提示する。

車内環境では点灯色予測情報受信システム、解析システム、進行判断出力システム、車載器から構成されているものとし、信号情報受信システムは車外環境の中継機から送信された点灯色予測情報を受信するシステムのことをいう。車載器は自動車に標準搭載されているGPSやカーナビゲーションシステムなどの事をいい、これらの車載器から現在の速度や位置を割り出す。解析システムは点灯色予測情報受信システムから取得した点灯色予測情報と、各種車載器から取得した現在位置、速度を基に前方の信号機つき交差点を現在の速度で通過可能かを算出する。進行判断出力システムは解析システムで算出された結果を投影するシステムのことをいう。

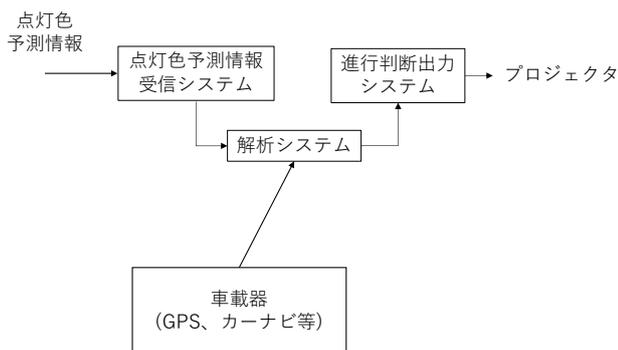


図2 車内環境

3.2 点灯色データベース

点灯色データベースは点灯色テーブルと信号情報テーブルをそなえ、それぞれ表1、表2に示す。

信号情報テーブルは信号機ID、道路ID、道路管理者というフィールド名の項目を備える。道路管理者は道路を管理している主体のことを言う。国土交通大臣や都道府県、市町村などがこれに当たる。次に、道路IDは一意に道路を特定し、道路番号のことを指す。信号機IDは一意に信号機を特定し、例えば、交差点内の4基の信号機にはそれぞれ別のIDを付与する。

表1に例示した信号情報テーブルにおいて、路管理者が大阪府で道路IDが139番の大阪府道139号枚方茨木線にある信号機ID001のことを示す。

中継機は点灯色データベースを管理し、交通管制システムの管理する信号情報を集約保持すると共に、自動車向けに点灯色情報を発信する。信号情報テーブルと点灯色テーブルは信号機IDで連結されている。点灯色データベース

は信号機ID、色状態、残り時間(秒)、更新時刻というフィールド名の項目を備える。信号機IDは上記の信号情報テーブルの信号機IDと同じものを指す。色状態は現在の点灯色の事を指す。残り時間(秒)は現在の点灯色が次の点灯色に変化するまでの時間のことを指し、例えば青信号に40秒の時間が与えられていて30秒経過していたら残り時間は10秒となる。更新時刻は上記の信号情報テーブルの情報を記録された時刻の事を指す。

表2に例示した点灯色テーブルにおいて、信号機ID001の色状態が「青」で次の色である「黄」に変化するまでの残り時間が6秒という情報が12:00:00に記録されたことを示す。

表1 信号情報テーブル

道路管理者	道路ID	信号機ID
大阪府	139	001
...		

表2 点灯色テーブル

信号機ID	色状態	残り時間(秒)	更新時刻
001	青	6	12:00:00
...			

3.3 信号機の処理フロー

信号機の信号灯色変化を下記の処理で行う。

Step 1. 各信号機のタイムラグをなくすために同期時刻を設ける。

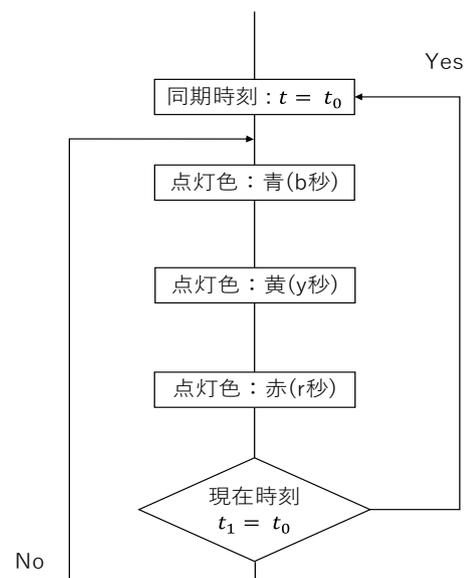


図3 信号機の処理フロー

- Step 2. 信号機の最初の点灯色を「青」と仮定して、「黄」「赤」の順に点灯させる。各点灯色にはあらかじめそれぞれ点灯している時間を設定しておく。
- Step 3. 現在時刻と同期時刻を照らし合わせ、現在時刻と度設定している同期時刻が一緒ならば、時間を同期させ、一緒でなければ Step2 に戻る。

3.4 中継機の処理フロー

中継器は信号灯色譲歩を自動車に配信する。その処理フローを以下に示す。

- Step 1. 信号機と同様に中継機にも同期時刻を設ける。
- Step 2. 交通管制センターが収集分析した交通情報を交通管制システムから取得する。
- Step 3. 交通管制システムから前方の信号機の予定情報を取得する。
- Step 4. 信号情報 DB から現在の点灯色の経過時間や残り時間を取得する。
- Step 5. 点灯色予測情報として走行中の自動車に向けて発信する。
- Step 6. 現在時刻と同期時刻を照らし合わせて、現在時刻と同期時刻が一緒ならば時間を同期させ、一緒でなければ Step2 に戻る。

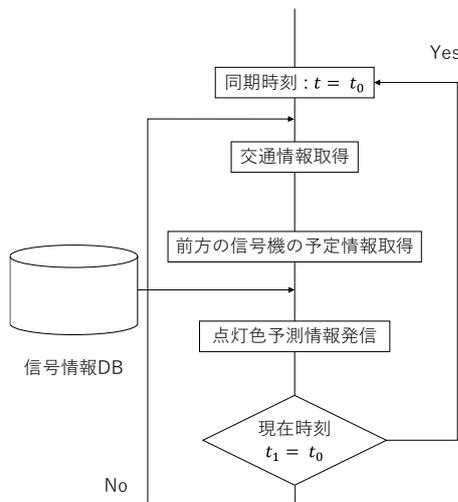


図 4 中継機の処理フロー

3.5 車載器の処理フロー

車載器の処理フローを以下に示す。自動車の速度はタイヤの外周の長さと同回転数が分かれば速度が計算可能である。タイヤの外周は自動車ごとに決まっているのでタイヤの回転数が判明すれば速度の計測ができる[12]。さらに自動車の位置は GPS(Global Positioning System)を用いて特定している。各国が保有している GPS 用衛星すべてを全地球測位システム(GNSS:Global Navigation Satellite System)という。GNSS 用衛星は内蔵した原子時計を利用した正確な時刻と、衛星の軌道情報を発信している。この2つの情

報を4つの衛星から同時に受信することで自動車は位置を把握できる[13]。

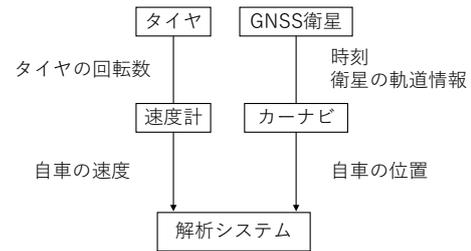


図 5 画面出力への処理フロー

4. 試作システムと評価実験

4.1 試作システムの概要

中継機から得られる自車の速度と位置をもとに前方の信号機の点灯色の变化目での時間と、交差点を通過可能かの支援情報をプロジェクタから A ピラーに投影する。実験に使用したプロジェクタの概略仕様を表 3 示す。

表 3 実験に用いたプロジェクタ

項目	仕様
製品名	BenQ MA616T
最高光度	2500 ルーメン
コントラスト比	13000:1
アスペクト比	4:3
最大表示色	10 億 7000 万色
騒音レベル	32dB
パネル画素数	800×600
対応解像度規格	VGA~UXGA

4.2 投影画像

試作システムの出画面を 図 6、図 7 に示す。図 6 は前方の信号機の点灯色の切り替えまでの時間のみを表示する。図 7 は時間情報に加え前方の信号交差点を現在の速度で通過可能かも表示する。



図 6 出力画面 1



図 7 出力画面 2

4.3 実現イメージ

試作システムの出漁画面 1、出力画面 2 を自動車の A ピラーに投影し、実現イメージをまとめた。それぞれ写真 1、写真 2 に示す。投影した自動車は 1500cc クラスのコンパクトカー[15]である。

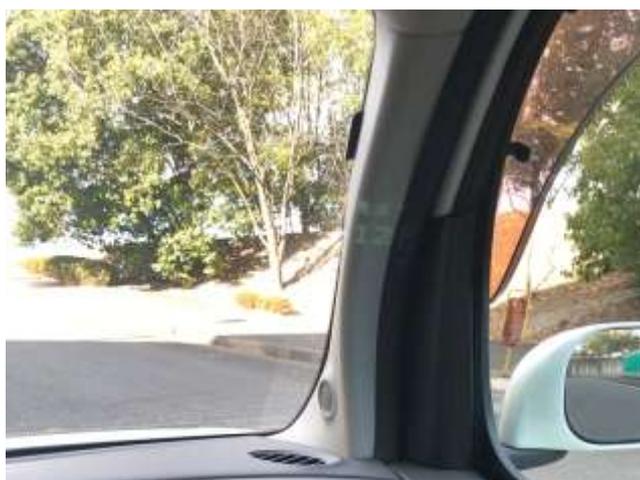


写真 2 実現イメージ 1

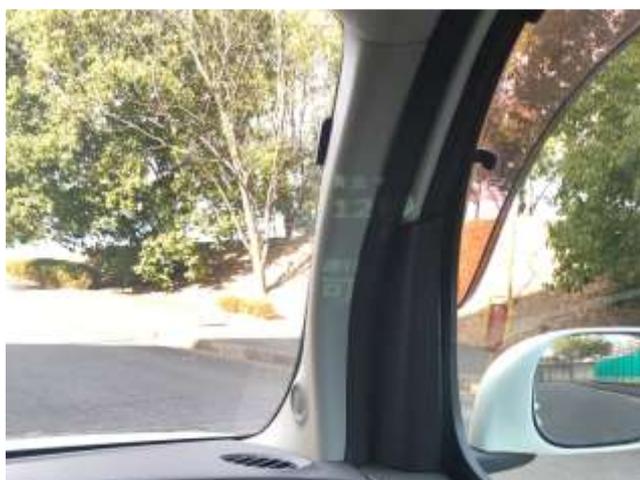


写真 3 実現イメージ 2

4.4 外に漏れ出る光に関する考察

写真 2 を撮影した際の投影状況を車外から撮影した写真を写真 4 に示す。写真 4 中央のプロジェクタのレンズ中央の白色部は図 6 の白文字の出力部分に相当する。オリジナル写真データにおいて白色部の画素値は(255,255,255)の白色だった。この写真を撮影したカメラのセンサの感度を越えた明るさであり、斜め横から撮影した写真 4 においてもある程度高い光量が確認できた。実験に用いたプロジェクタの最高光量 2500 ルーメンは、例えば広く放射されれば 4.5 畳部屋での吊り電球の光量に相当する。本来プロジェクタの光を直視するのは危険を伴う行為だが、写真 4 撮影時に目視で見て眩しさを特に感じることはなかった。



写真 4 外に漏れ出る光

4.5 A ピラー投影に関連する研究

近年の車体安全化設計では、自動車の屋根やフロントガラスを支える A ピラーが太くなる傾向にある。A ピラーの太さは車体の安全性と運転手の視野の広さとのトレードオフ関係にある。A ピラーの死角対策は自動車メーカーを中心に多種多様な研究がなされている。

ダッシュボード上のカメラで A ピラーの裏側を撮影した映像をプロジェクタから A ピラー上に即時投影することにより、A ピラーが透明化したかのように見せる透明化技術を Y.J.Cho らが公開している[10]。同様のアプローチでは、米国 Society for Science & the Public 主催の科学コンテスト Broadcom MASTERS にて、2019 年当時 14 歳の A.Gassler が死角の除去による自動車の安全性の向上と題したプロジェクトを発表し、カメラ映像を A ピラーに投影するときの投影面を工夫した発明やその実証実験によって最高賞となる Samueli Foundation を獲得している[2][3]。

自動車の A ピラーを題材として、不透明な物体の周囲に鏡とハーフミラーを組み合わせたマントをかぶせることによって、物体が透明化したかのように裏側が見える透明化

技術を B.Debasish らが公開している[9]。電気を使わずに光学的に透明化を実現しようとする基本アイデアは自動車に限らない広い応用範囲を考え得るものの、実用化時期についてははまだよく見えていない。

透明化技術によって A ピラーが透けて見えると、隠れていた歩行者や対向車を見落とさずに済むため事故を未然に防ぐ効果が期待される[7]。提案システムは A ピラー上で透明化技術と共存しうる。

5. おわりに

信号灯色情報が中継機を経由して自動車向けに配信される通信ネットワークが整う前提において、信号灯色情報を受信し、時刻補正の上で点灯色変化の予測時刻を計算し、運転手に提示する運転支援システムを提案した。運転手にとって運転中に取得できる情報が増加することで制動判断の材料が増加し、結果的に運転手の負担軽減や、交差点付近に限らず運転中の急制動を抑制しうる。

今後の課題には次の内容が含まれる。本研究には筆者が所持する自動車[15]を使用した。他車種での試作システムの実験を行えていない。車種依存性の検証が必要である。そのほか、見やすいフォントや文字の大きさが運転手によって様々なため拡張機能としてフォントや文字の大きさを選択できるようにする必要がある。

参考文献

- [1] 警察庁交通局(総務省統計局配信)：令和元年中の交通事故の発生状況、<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/>、(参照日：2020年12月26日)
- [2] “Teen girl invents simple, yet innovative way to remove blind spots in cars”, Mashable, <http://mashable.com/> (参照日：2020年12月26日)
- [3] “14歳の少女が車の死角をなくして交通事故を減らすシステムを開発、「シンプルだがエレガント」との評価”、2019, GIGAZINE, <http://gigazine.net/> (参照日：2020年12月26日)
- [4] 丸茂喜高、山崎光貴、鈴木宏典、道辻洋平. 予測された信号現示を路面に呈示する運転支援システムの検討. 2019, 自動車技術論文集, Vol. 50, No. 4, p.1145-1150
- [5] “信号機「青」「赤」スマホから音声で 警視庁が整備へ”, 2020, 朝日新聞 2020年11月25日朝刊.
- [6] “信号情報活用運転支援システム(TSPS)”, <https://www.vics.or.jp/know/service/tsps.html>、(参照日：2020年12月26日)
- [7] “トヨタ、自動車の A ピラーを透明以下する技術が公開特許に一電力無しで実現可能”, 2017, CNET Japan, <https://japan.cnet.com/article/35106388/>、(参照日：2020年12月26日)
- [8] 交通信号機の仕組み見聞録：交通管制センターの仕組み、<https://shingouki.crap.jp/ControlCenter.html>、(参照日：2020年12月26日)
- [9] Banerjee Debasish and Iizuka Hideo. Apparatuses and Methods for Making an Object Appear Transparen. 2017, Patent-USA 2017-0227781.
- [10] CHO Yong Joo. Pillar Display System for Blind Spot of Vehicle. 2018, Patent-USA 2018-0290593.

- [11] “チューリッヒ保険会社：ADAS(線審運転支援システム)とは。自動運転とは違うの? ”, <https://www.zurich.co.jp/>、(参照日：2020年12月30日)
- [12] “KoKaNet 子供の科学の Web サイト：自動車のスピードメーターはどういうしくみになっているの? ”, <https://www.kodomonokagaku.com/read/hatena/5064/>、(参照日：2021年1月7日)
- [13] “「カーナビ」はどうやって現在位置を特定している? GPS の仕組み”, <https://gazoo.com/column/daily/20/01/11/>、(参照日：2021年1月7日)
- [14] ITS Connect、<https://toyota.jp/technology/safety/itsconnect/>、(参照日：2021年1月18日)
- [15] 日産 CUBE 諸元、<https://history.nissan.co.jp/>