

## 電子接続による自動走行車両用センサーシステムについて A Situational Awareness System for Electrical-Articulated Vehicle

山口佳樹<sup>1,2</sup>  
Yoshiki Yamaguchi

### 1. はじめに

電子接続とは、情報通信技術により物理的な接続を必要とせず、車両を仮想的に接続する技術である。電子接続は自動運転バス (IMTS: Intelligent Multi-Mode Transit System) [1] を実現する基盤技術として研究されており、2005年の愛知万博における会場輸送システムにおいて光通信および無線系車間通信により実現されている。

本論文では、近年の情報通信技術の向上により、この電子接続がより簡易に実現可能になったことに注目した。そこで電子接続モデルについて現技術を基に再定義し、その電子接続モデルを基に、必要とされるセンサーシステムについて議論する。

### 2. 研究背景

#### 2.1 自動運転と電子接続と現行法

自動運転技術そのものへの注目が高まっているが、その技術を利用する多くの生命を危険にさらす可能性が高いという意味で、リスクやシステムとしての信頼性への配慮はもちろん現行法などについても抑えておく必要がある。

日本が加盟しているジュネーブ道路交通条約(1949年) [2] では、運転者が車両の操縦をしなければならないとあり、自動運転といえども運転者の制御下にあることが必要条件とされる。また、日本は非加盟であるが、同様の国際条約としてウィーン道路交通条約(1968年)があり、こちらも運転手の存在については明確に規定している。ここで表1に自動運転化レベルを示す。

表1 自動化レベル及びそれを実現する自動走行システム・運転支援システムの定義 ([3] の図表1 を一部改編)

自動運転レベル	概要	左記を実現するシステム
レベル1	加速・操舵・制動のいずれかをシステムが行う状態	安全運転支援システム
レベル2	加速・操舵・制動のうち複数の操作をシステムが行う状態	準自動走行システム
レベル3	加速・操舵・制動を全てシステムが行い、システムが要請したときは運転手が対応する状態	
レベル4	加速・操舵・制動を全て運転手以外が行い、運転手が全く関与しない状態	完全自動走行システム

<sup>1</sup>筑波大学システム情報系, 茨城県つくば市天王台 1-1-1 Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba, 1-1-1 Ten-ou-dai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8573, Japan

<sup>2</sup>産業技術総合研究所人工知能研究センター, 東京都江東区青海 2-3-26

Artificial Intelligence Research Center, AIST, AIST Tokyo Waterfront, 2-3-26, Aomi, Koto-ku, Tokyo 135-0064, Japan

電子接続も最終的にはレベル4の自動運転技術と組み合わせて利用されると考えるが、現行法下では許されていない。また、レベル1~3の自動操舵に関してもかじ取り装置に関する規則 (UN-R79) において10km/h程度のごく低速な範囲にとどまっている。換言すると、「手放し」運転は、駐車補助などごく限定範囲に留められている。

そこで本論文における電子接続では、本来はその使用が限られるものではないが、先頭車両に運転手がいることを想定し、その運転手が接続された後続車両を同時に運転するとしてモデル化する。

#### 2.2 準自動運転と電子接続を組み合わせる社会的意義

準自動運転技術と接続車両の組み合わせは、「準」と限定はされてはいるものの、大量輸送やエネルギー効率という観点において注目を集めていく技術と考えられる。

例えば、企業および企業グループという形でこの技術を応用するならば、高速道の入り口まで貨物車両 (電子接続による無人車両) を運搬し、高速道内は超々接続技術により、少数の運転手での大量輸送が可能になる。つまり、長距離ドライバー等の負担の軽減 (健康被害の削減) はもちろん、自然渋滞の解消や車両全体のエネルギー利用効率の向上 (CO2排出量の削減) などが期待できる。

また、ラストワンマイルという概念を交通インフラに適用することを考えると、バス停から家や目的地ではなく、出発地から到着地までを結ぶ公共交通の拡張も考えられる。これには、過去の運行状況のBigData解析や効率的な配車を実現する人工知能的手法なども並行して開発する必要があるが、超高齢社会を支える技術として非常に魅力的なものと考えられる。

### 3. 提案する電子接続モデル

#### 3.1 提案モデルとセンシングシステムの関係

電子接続は、日本の法制度や交通事情と親和性が高いことから実社会への導入障壁が低く、この導入による社会貢献が明確なことが特徴として挙げられる。電子接続の実現には様々な要素技術の研究・開発が要求されるが、その中でも、センサーシステムはコア技術として挙げられる。

これは、電子接続車両という交通インフラの細やかなサービスは人間によってではなく、そのほとんどが情報技術によって解決される必要があるからである。つまり、センシングしない情報の処理は不可能であるため、可能な限りセンシング可能なデータを収集し、必要な情報のみを選別し実時間で提示するセンシングシステムの研究・開発に今後は注目が集まると思われる。

そこで本研究では、まず電子接続モデルについて定量的に定め、それを実現するためのセンシングシステムの要求仕様について明らかにし、その技術的難度等について議論することとした。

### 3.2 接続可能台数について

現行法(車両全長 25m 以内)に基づく、車長が約 3m の場合、最大 8 台まで電子接続できる。しかし、緊急停止時に車両の玉突きを避けるためには、機械および無線等の時間遅れによる空走距離を考慮した設計が重要となる。天候や路面等の不確定要素を考慮すると、時速 20km を基準とした場合、市販車両をベースとしたら 5 台、電子接続用車両(無線ユニット動力部の一体化)の場合は 7 台の接続が最大と見積られる(図1)。

空走距離の算出は、電子接続の場合は無線および無線スイッチにおける時間遅れを考慮して算出を行っている(図2)。図2には比較の意味で人間における空走距離の変化を示すが、これは反応までの時間(400~500ミリ秒)、足の移動(200ミリ秒)、踏込時間(100~300ミリ秒)を元に算出されている<sup>1)</sup>。

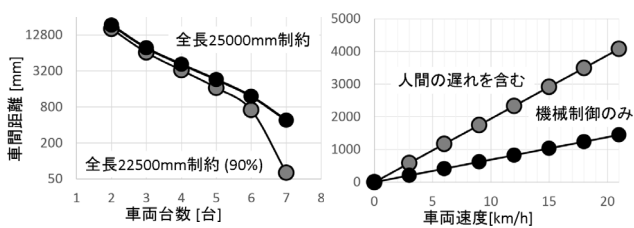


図1 台数と車間距離の変化 図2 反応時間と空走距離の変化

なお、図1および図2において制動距離を取り扱っていない。これは前後の電子接続車両にも同様の制動距離が存在するため、先頭車両が別の物体とぶつからない限り問題発生はない、とモデルを単純化しているためである。

### 3.3 センシング範囲について

電子接続車両の速度によってセンシング範囲は大きく異なる。ここでは、電子接続車両として、電気自動車として制御が可能なゴルフカー [4] を想定した。センシング範囲は、ゴルフカーの走行速度の範囲である 20 [km/h] を最大時速と仮定して、算出を行った。

ここで、図3に電子接続車両により把握が必要な領域を示す。図3に示す様に、電子接続車両で取り扱う実空間は大きく4つの領域に分けることができる。

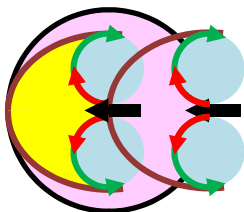


図3 電子接続車両が要求する把握が必要な範囲  
(黄色) 自車両の移動により衝突リスクがある領域、  
(桃色) 自車両の以外の移動も含め衝突リスクがある領域  
(水色) 車両最小回転半径内のため衝突が発生しない領域

1 つめは、電子接続車両の移動に伴い物体と衝突する可能性のある領域である。これは、図3では黄色で表わさ

れているが、衝突する可能性のある物体の運動状態に関わらず注意が必要な領域である。2 つめは、運動する物体(以下、移動物体)が存在することで初めて衝突する可能性が生ずる領域であり、この部分は桃色で表現されている。この範囲は、移動物体の速度によって大きさが変わるが、社会インフラと言うことから自転車の走行速度(20 [km/h])程度とした。3 つめは、上記範囲内に関わらず衝突が発生しない領域であり、これは主に電子接続車両の最小回転半径に依存する。最後は、センシングが不要な領域(ブレーキや操舵等で衝突が回避されることが保証される領域)であり、この部分は白く表現されている。

電子接続車両は、車両が連続して走行していることから、後方の状況については後方車両の前方面のセンサで取得が可能である。一方、自動運転という制約から、全ての取得された情報は先頭車両の運転手に送信され、運転手の視線で問題を把握する必要があることから、上記では画像処理が必要となる。

第一ステップとしては、測定領域が 12[m]程度、視野角 60 [度]、45 [frame/s] の Time-of-Flight (TOF) センサを 6 個利用して周囲状況把握および先頭車両への運転手に適切に情報を提示することを想定している。

### 4. おわりに

電子接続車両と言うことを前提とし、かつ社会インフラとしての低速運転を前提としたことから、Velodyne のような高価格なレーダーを用いなくてもよい可能性を提示することができた。昼夜を問わず安定した情報提示を可能にするため TOF センサの導入を想定しているが、この処理速度とコストについても実用可能なレベルにできると考えている。今後の研究では、上記に想定したセンシング環境を具体的に用意し、技術的課題がどこにあるかを明確に示していく予定である。

### 参考文献

- [1] 青木啓二, “自動運転バス「IMTS」の開発現状について,” 鉄道総合技術研究所 (RRR), 2008-2, pp. 10-13, 2008.
- [2] (邦訳) 外務省, “道路交通に関する条約(略称: 道路交通条約),” 1949年9月9日. [オンライン]. Available: [http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/treaty/pdfs/B-S39%282%29-0533\\_1.pdf](http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/treaty/pdfs/B-S39%282%29-0533_1.pdf). [アクセス日: 2016年6月27日].
- [3] 内閣府 政策統括官(科学技術・イノベーション担当), “SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)自動走行システム研究開発計画,” 2015.
- [4] ヤマハ発動機株式会社, “ゴルフカー,” [オンライン]. Available: <http://www.yamaha-motor.co.jp/golfcar/>. [アクセス日: 2016年6月27日].

<sup>1)</sup> 人間の反応は、個人差が存在するが、スポーツ競技(フライング)で 100 ミリ秒と定められているように、情報機器と比較すると大変遅い。