

ライントレースカーと BLE 通信を活用した 疑似的な路車間通信システムの開発と実証実験

岡村 涼太郎[†] 浦山 康洋[†]

高知工業高等専門学校 ソーシャルデザイン工学科[†]

1. はじめに

近年、運転支援技術や自動運転技術が急速に発達している。自動ブレーキやペダルの踏み間違い抑制機能を搭載した新車乗用車の割合は令和元年の時点で80%を超えており[1]、令和3年には限定的なエリア（周遊バスなど）での自動運転の実証結果も報告されている[2]。その一方で、運転手の有無や走行エリアの影響を受けない「自動運転レベル 5（完全自動運転）」の実現にはまだまだ多くの課題が残されている。

完全自動運転の実現には、レーダーやカメラによるセンシング技術に加え、路車間さらには車車間での情報通信が必要不可欠である。これは、自動車による走行は自身だけでは完結せず、周りの交通状況や他ドライバーとのコミュニケーションが重要であることから明らかである。

本稿では複数のライントレースカーを用いて疑似的な路車間通信システムを構築する。当該システムにおいて、ライントレースカーの走行速度や進行・停止のタイミングを路車間のコミュニケーションによって決定する仕組みを実装する。

2. 疑似的な路車間通信システム

本稿で想定する疑似的な路車間通信システムを図1に示す。ここで、図1中の交差点に設置された制御機器が路車間通信の「路」に相当することに注意する。

本システムはBLE (Bluetooth Low Energy)機能を使用することによって実現される。はじめに、車両 A と B が BLE のアドバタイズ信号（接続要求）を発信しながら路面を走行する。次に、制御機器がアドバタイズ信号を受信し、当該信号のRSSI (Received Signal Strength Indicator: 電波受信強度)を取得する。それから、制御機器はRSSIの値を基に各車両の走行位置と進行方向を推定する。具体的な推定基準は以下の2つで

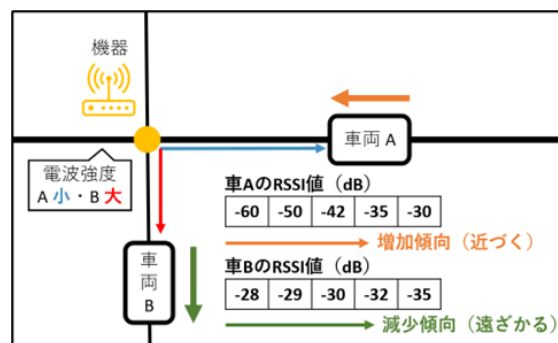


図1. システムの構成

ある。ここで、BLE の RSSI は-20dBm~-90dBm 程度の値を示すことが多く、電波強度が強い（弱い）ほど、値が大きく（小さく）なることに注意する。

- ① RSSI が大きい（小さい）場合、車両は交差点の近く（遠く）を走行していると判断する。
- ② 単位時間中に取得した複数のアドバタイズ信号に対するRSSIの時間変化量を調べ、RSSIが増加（減少）傾向を示していれば、車両は交差点へ近づいている（交差点から遠ざかっている）と判断する。

上記①と②の判断結果に基づき、当該機器は走行中の車両へ制御信号を送信する。すなわち、両車両の交差点の進入タイミングが近く、車両同士の衝突が危惧された場合には、減速信号あるいは停止信号を車両へ送信して衝突を自動で回避する。

3. システムの実装と実証実験

本章では、2章で説明した疑似的な路車間通信システムを実際に構築し、実証実験を行う。本実験では走行させる車両として OSOY00 社の Pie Robot Car for Raspberry Pi を2台用意した。当該車両における走行やBLE通信の制御はLinuxをインストールしたRaspberry Piで行っており、制御用のプログラムはPython言語で作成した。

3.1 予備実験

システムの実装に先立ち、本稿では2つの予備実験を行った。1つ目の実験では、制御機器と車両間の距離を変化させながらRSSIを繰り返し計

Development and Demonstration of Pseudo Road-to-Vehicle Communication System by using Line Trace Car and Bluetooth Low Energy

[†]Ryotaro Okamura and Yasuhiro Urayama, National Institute of Technology (KOSEN), Kochi College

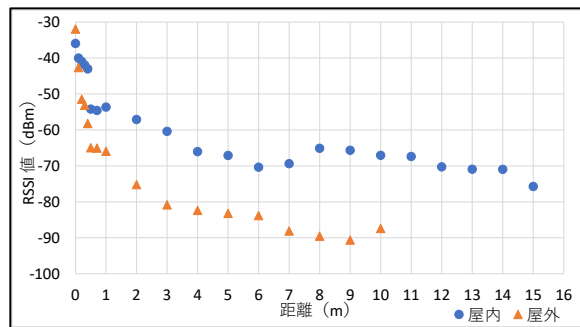


図 2. RSSI と距離の関係

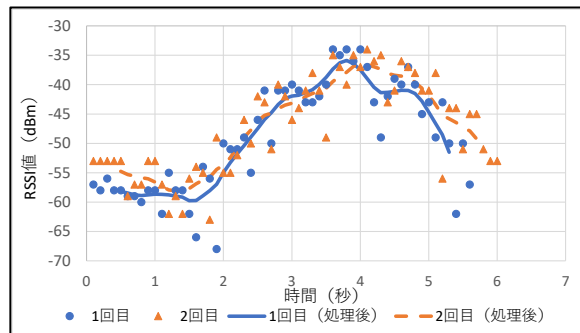


図 3. 車両走行時の RSSI

測し、通信距離と RSSI の関係性を調査した。図 2 にその結果を示す。なお、図 2 では観測地点ごとに RSSI の計測を 5 回行い、その平均値をグラフにプロットしている。図 2 より、RSSI の値は屋内外によらず、車両と制御機器の距離が離れるにつれて指数的に減少していることがわかる。また、RSSI の値は距離が 0m~1m の範囲で大きく変動していることから、交差点付近を走行する車両を制御するための指標として有効であると期待できる。

2 つ目の実験では、車両走行時における RSSI の値の変化を調査した。本調査では 1.2m の直線上の中間地点に制御機器を設置し、当直線上で車両を一定速度で走行させながら RSSI を計測した。図 3 にその結果を示す。図 3 の 1 回目、2 回目の計測結果より、走行時の RSSI は値の振れ幅が大きく不安定であることが読み取れる。一方で、それぞれの計測値の移動平均を算出してみると、RSSI の値は制御機器の目の前の地点をピークとした左右対称の波形を描いていることがわかった。

3.2 実証実験

本稿では、図 1 のような 2 本の直線が 1 点で直交するような環境で、BLE 通信を用いた疑似的な路車間通信システムの実証実験を行った。本実験では、車両 A は交差点から 80cm、車両 B は 90cm 離れた位置から同時にスタートし、両車両が交差点内で衝突しないよう制御機器が信号を送信する。なお、図 2 の予備実験の結果をもとにして、

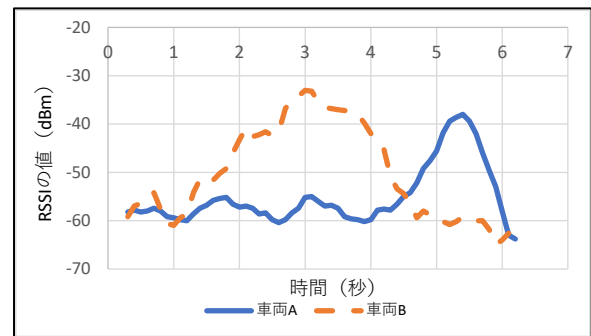


図 4. 実証実験時の RSSI

本実験では制御信号を送信する RSSI の閾値を -45dBm に設定した。

図 4 は本実験時に計測した 2 台の車両に対する RSSI の移動平均を示している。2 台の車両は同時にスタートしたのち交差点が近づくにつれ RSSI の値が増加していくが、車両 A の RSSI は時刻 0 から時刻 4 にかけて横ばいになっていることがわかる。これは車両 B が先に交差点に近づいたことで、制御機器が車両 A に対して停止信号を送ったためである。制御機器は車両 B が交差点より十分に離れたことを RSSI で確認した後、時刻 4 付近で車両 A に発進信号を送信し走行を再開させている。以上のように、本稿では RSSI の値を使って両車両の走行位置を把握し交差点内の衝突を回避するシステムの実装に成功した。その一方で、制御された車両の停止位置は想定よりも車両 1.5 台分ほど手前であった。また、車両が再発進するタイミングにも遅延があり、システムの改善が求められる結果となった。

4. まとめと今後の予定

本稿では BLE 通信による RSSI の値を用いた路車間通信を考案し、実証実験を行った。本実験では、交差点内を自動走行する 2 台の車両をシステムによって制御し、衝突を回避することができた。今後はより円滑な交通システムの実現を目指し、システムの改良を図る。

参考文献

- [1] 国土交通省 自動車局, “自動車の高度化に関する動向について”, <https://www.mlit.go.jp/jidosha/content/001420502.pdf>, Aug. 2022.
- [2] 自動走行ビジネス検討会, “自動走行の実現及び普及に向けた取り組み報告と方針 Version 5.0~レベル 4 自動運転サービスの社会実装を目指して”, http://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/jido_soko/pdf/20210430_02.pdf, Apr. 2021.