

出会い頭事故防止システムのBluetooth Low Energy スキャンに 要する時間を考慮した対向車位置データ補正に対する一検討

A Study on Oncoming Vehicle Position Data Correction Considering the Time Required for Bluetooth Low Energy Scanning of a Cross-Car Accident Prevention System

○村越陽¹, 佐々木芳樹²

*Hinata Murakoshi¹, Yoshiki Sasaki²

Abstract: In recent years, research has been conducted to detect approaching vehicles in advance in systems for preventing collisions at intersections with poor visibility [1][2]. Earlier, we proposed an anti-encounter system using Bluetooth Low Energy (BLE) broadcast communication and GPS[3][4]. However, the system did not take into account the information processing time of BLE, resulting in a difference between the position data received from the oncoming vehicle and the current position data. In this paper, we propose a method for correcting the position data of oncoming vehicles that takes into account the time required for the program processing and BLE scanning of a vehicle-encounter accident prevention system, and confirm it through actual measurements. The results show that the error rate can be reduced to less than 1/8 by applying the correction method.

1. まえがき

近年、見通しの悪い交差点の出会い頭事故防止システムにおいて、車両の接近を事前に検知するための研究が行われている[1][2]。先に我々は、Bluetooth Low Energy(以下、BLE)のブロードキャスト通信およびGPSを用いた出会い頭事故防止システムを提案した[3][4]。しかし、BLEの情報処理時間を考慮しておらず、対向車からBLEを受け取った位置データと現在の位置データに差異が生じた。

本稿では、出会い頭事故防止システムのプログラム処理に要する時間および、BLE スキャンに要する時間を考慮した対向車位置データ補正方法について提案を行い、実測により確認を行ったので報告する。

2. 本論

図1に、提案した出会い頭事故防止システムの処理チャートを示す。同図において、送信側を対向車、受信側を自車とした。まず、送信に要する時間について述べる。対向車は、受信したGPS信号のアドバタイジング準備に約56ms、BLEアドバタイジングに1sを使用する。なお、GPS信号待受時間は不定値を取る。次に、受信に要する時間について述べる。自車は、BLEスキャンに2s、スキャンしたBLEデータの処理に約70msを使用する。次に、自車と対向車の相互関係について述べる。自車は、対向車が送付したBLEをスキャンした後に座標推定処理を行う。そのため、自車が対向車の座標を推定完了した時刻と、対向車がGPS信号を受信した時刻には時間差 t_{zz} が発生する。時間差 t_{zz} の内訳

としては、対向車のアドバタイズ準備時間、自車内における対向車座標推定処理時間、BLE スキャン時間に分けられる。ただし、BLE スキャン時間は、図1に示すとおり対向車のアドバタイズ時間と重なるBLE受信時間のみが有効となる。時間差 t_{zz} を考慮せずに対向車の座標を推定した場合、自車にて対向車座標の推定を完了時刻における実際の対向車座標と、推定した対向車座標に誤差が生じる。この誤差は、対向車の移動速度に応じて増大するため、時間差 t_{zz} を考慮した対向車座標の推定を行う。

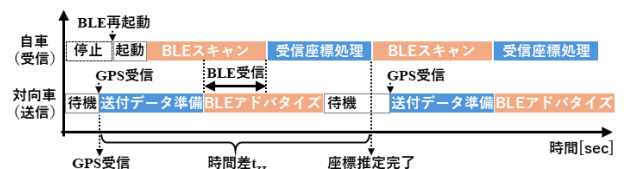


図1 提案システムに要する処理時間

図2に、対向車の座標予測方法を示す。同図において、青丸は対向車が取得したGPSの座標 $D_N(N=0,1,2,\dots)$ を、赤丸は自車が対向車の座標 $D'_N(N=0,1,2,\dots)$ を計算完了した時間における実際の対向車の座標を示す。また、対向車がGPSデータを取得した時刻を $t_{send-D}(D=0,1,2,\dots)$ 、自車が対向車座標の計算を完了した時刻を $t_{receive-D}(D=1,2,\dots)$ とした。自車が対向車座標の計算を完了した時刻のなかでも、特に最新のデータ処理完了時刻を t_{now} とした。同図に示すとおり、時刻 t_{send} に対向車が取得したGPS座標データと、時刻 t_{now} に自車が対向車座標を計算したタイミングにおける実際の対向車

1: 日大理工・院(前)・電子 2: 日大理工・教員・電子

座標には差異が生じる．そのため，時刻 t_{now} において自車が計算した対向車座標は，時刻 t_{send} から時刻 $t_{\text{send-4}}$ の間に対向車の GPS 座標データ D'_N から D'_{N-4} を基に緯度および経度の最小二乗法を行い推測をした．時間 t_{zz} を用いた場合，座標 D_N における緯度 D_{Nlat} は下式(2)で計算できる．

$$f_{xlat} = \frac{n \sum_{i=0}^n t_{\text{send}-i} D'_{Nlat-i} - \sum_{i=0}^n t_{\text{send}-i} \sum_{i=0}^n D'_{Nlat-i}}{n \sum_{i=0}^n t_{\text{send}-i}^2 - (\sum_{i=0}^n t_{\text{send}-i})^2} \dots (1)$$

$$D_{Nlat} = \frac{f_{xlat}}{t_{\text{now}} - t_{\text{receive-1}}} \times t_{zz} + D'_{Nlat} \dots (2)$$

式(1)において n は， $n=5$ であり， $(t_{\text{send}}, D'_{Nlat}), (t_{\text{send-1}}, D'_{Nlat-1}), \dots, (t_{\text{send-4}}, D'_{Nlat-4})$ を用いる．また，座標 D_N における緯度 D_{Nlon} は式(2)の緯度の部分を経度にすることで算出できる． $t_{\text{now}} - t_{\text{receive-1}}$ は対向車の GPS モジュール更新頻度に依存する．今回，GPS モジュールの更新頻度を 1s に 1 回としたため， $t_{\text{now}} - t_{\text{receive-1}} = 1[\text{s}]$ とすると式(2)は，

$$D_{Nlat} = (f_{xlat}) \times t_{zz} + D'_{Nlat} \dots (3)$$

と変形することが可能である．式(3)において D_{Nlon} は式(2)の緯度の部分を経度にすることで算出できる．

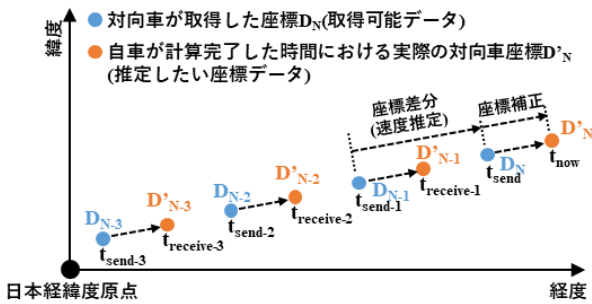


図2 対向車の座標予測方法

図3に，対向車の移動速度に対する推定座標と真値の誤差を示す．使用器具としては，BLE モジュールとして ESP32- WROOM-32E を 2 台，GPS モジュールとして AE-GPS を 2 台使用した．また，移動媒体として自転車 700C アルミクロススポーツ 21-3，速度データはスマートフォンのアプリケーション(Speedometer)を使用した．今回，受信側の位置は固定して行った．同図において，横軸は自転車の移動速度を，縦軸は真値からの誤差を示す．なお，速度計として用いたスマートフォンのアプリケーション(Speedometer)の誤差は±5km/h である．同図に示すとおり，真値からの誤差は

3m 以内に収まっている．また，誤差は速度に依存せず一定となることが分かる．補正を行っていない場合は時速 30km/h で毎秒約 8.2m の誤差となることから，補正を行うことで誤差を 8 分の 1 以下にすることが可能であることを示している．一方で，5km/h の時のみ補正無しよりも誤差が大きくなっている．これは速度計の精度±5km/h に対し，移動速度 5km/h を測定することは測定精度が不十分であったからであると考えられる．ただし，対向車速度が十分に低速な状況でのみ誤差が発生するため，安全確保上の問題は生じないと考えられる．

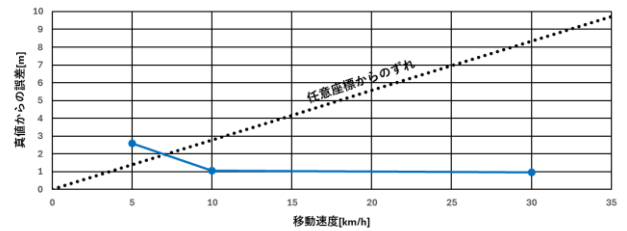


図3 各移動速度における真値からの誤差

3. まとめ

今回，出会い頭事故防止システムのプログラム処理に要する時間および，BLE スキャンに要する時間を考慮し受信した対向車の位置データ補正について検討を行った．その結果，補正を行うことで誤差を 8 分の 1 以下にすることが可能であることを明らかにした．

今後は，自車と対向車の ESP32 を同期させ，複数台で BLE 通信を行った際に，処理時間に応じて対向車の予測座標を変化させる予定である．

4. 参考文献

- [1] 三谷哲雄，須藤晃成，入谷忠光，山中英生：“小交差点出会い頭事故防止のための路上設置型 ITS システム”，pp2-4，土木計画学研究講演集，2008．
- [2] 羽鳥遼平，春名恒臣，岡田陽次郎，重野寛：“交差点における出会い頭事故防止を支援するプロトコルの検討”，pp3-35 - 3-36 情報処理学会第 70 回全国大会，2008．
- [3] 村越陽，佐々木芳樹：“BLE のブロードキャスト通信およびGPSを用いた出会い頭事故防止システムに対する一検討”第 67 回日本大学理工学部学術講演会，M-7，pp691-692，2023．
- [4] 村越陽，佐々木芳樹：“Bluetooth Low Energy のブロードキャスト通信を使用した衝突地点予測に対する一検討”令和 6 年電気学会全国大会，4-181，pp296-297 ， 2024/3/14 徳島．