

簡易バスロケーションシステムのデータを用いたバスの停車・発車判定方法の検討

名城大学大学院 学生会員 ○坂田 暁彦
名城大学 正会員 松本 幸正
名城大学 鈴木 秀和

1. はじめに

バスのサービスレベル向上を目的としていくつかの事業者や自治体はバスの情報を動的に提供するバスロケーションシステムを導入している。しかし、バスロケーションシステムの精度は必ずしも良いわけではない。このため、正確なバスの到着予測や通過情報が望まれている。

本研究では、安価で簡易的に開発したバスロケーションシステムの試験運用で得たデータを基に、バスがバス停に停車・発車した場合のバス停通過判定の基準を検討し、その精度を検証する。

2. 簡易バスロケーションシステムの概要

開発したシステムでは、GPS を搭載したスマートフォン端末をバスに設置し、端末が管理サーバと通信を行い、位置をリアルタイムに取得する。利用する端末は OS に Android2.2 を搭載したスマートフォンである。この端末は位置情報の他に速度や方位を GPS から取得することができる。

端末はバスのダッシュボード部分に専用のケースに入れて設置した。ケースをバスに設置した様子を図 1 に示す。本システムでは 1 秒間隔で通信を行うため、1 秒毎の緯度と経度の位置情報がわかる。バス停の通過はその位置情報から判定する必要がある。

システムが正常に動作するか、また、通過判定の精度検証を行うために、愛知県日進市「くるりんばすー北コース」を対象に試験運用を行った。

3. 停車・発車判定の方法

バスがバス停を通過したかどうかの判定は、バスとバス停の距離が最も接近した時に行う。実際にバスロケーションシステムを運用する時はリアルタイムな情報で通過を判定する必要があるため、走行の全データを比較することによる最接近値の算出は行えない。このため、GPS から定期的に得られるバスとバス停の距離の前後の関係が接近から離反となった時、通過と判定する。バスがバス停に停車する場合を考えると、最接近状態がしばらく続くことにな



図 1 専用ケースの設置様子

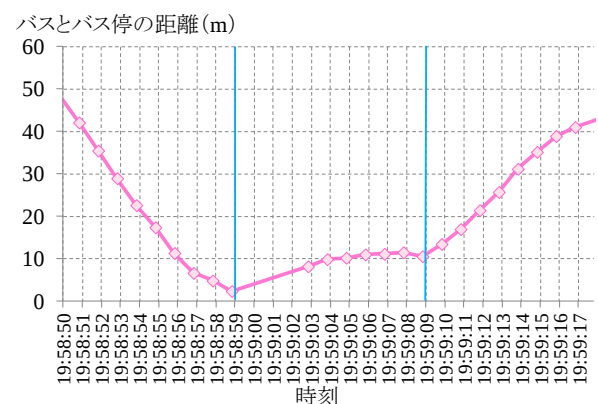


図 2 バス停車時のバスとバス停の距離の推移

る。この場合においては、バス停車後、動き出した時を発車とする。

本研究では、バスがバス停に停車せずに通過する場合は除外し、停車する時と、停車後に発車する場合の通過を考える。図 2 にバスがバス停に停車する時のバスとバス停の距離の推移を示す。19:58:59 で最も接近しており、その後、徐々に離反し、19:59:09 から大きく離反していることがわかる。この時の実際の停車時刻は 19:58:59、発車時刻は 19:59:09 である。距離の接近・離反のみで通過を判定する場合、19:59:03 で離反しているため間違った発車判定を行ってしまう。これは GPS の誤差などによる移動であり、実際に移動しているわけではない。このため、その他の指標を用いて、バスの停車・発車を判定する必要がある。

バスの停車、発車を判定する基準として、以下の 3 つを検討する。

基準 1 : バスとバス停の距離

基準 2 : バスの移動距離

基準 3：GPS から得られる速度

基準 1 はバスとバス停の距離が 16.5[m]未満となった場合に停車，それより大きくなった場合に発車と判定する．この値は式(1)により算出した．この模式図を図 3 に示す．

$$D = \sqrt{(v \times \Delta t / 2)^2 + (d)^2} + e \quad (1)$$

ここで， v [m/s]はバスの速度であり， Δt [s]は通信間隔， d [m]はバスとバス停の道路形状による距離， e [m]は GPS による誤差である．過去の走行データより，GPS による誤差は 99%タイル値で 13.5[m]であることがわかっているためこの値を使用する．

基準 2 はバスの現在の位置と 1 つ前（1 秒間隔であれば 1 秒前）の位置との距離の差が 0.65[m]未満になった場合に停車，それより大きくなった場合に発車と判定する．これは，停止している時の GPS のブレを調べた結果 99%タイル値が 0.65[m]未満であることからこの値を使用する．

基準 3 は GPS から得られる速度により停車を判定する．この速度が 0[m/s]になれば停車，0[m/s]より大きくなれば発車とする．

4. 停車・発車判定の精度検証結果

前項で述べた 3 つの基準によりバス停車・発車判定のシミュレーションを行った．この結果と，実際に観測したバスの停車・発車時間を比較した．観測した値を真値とし，判定した結果の誤差を基準別に表したものが図 4 である．比較したサンプル数は 118 である．

基準 3 においては，すべて停車・発車判定が行えているのに対し，基準 1 と基準 2 では 1~3%が判定を行えていないことがわかる．誤差においても基準 3 では停車で 81.2%，発車で 88.0%が 5 秒以内の誤差で判定できている．これより，基準 3 が 3 つの中で最も良い判定を行えることがわかる．

最も精度のよい判定が行える基準 3 を用いて，通信間隔を変えた時の発車判定のシミュレーションを行った．図 5 の横軸に誤差，縦軸にその誤差で発車判定が行えた割合の累積比率を示す．通信間隔を空けると誤差が増えているが，すべての通信間隔において，約 90%が誤差 10 秒以内で判定できていることがわかる．この時，通信間隔と同じ誤差が出てしまうのは仕方がないことであり，そこまでの誤差を

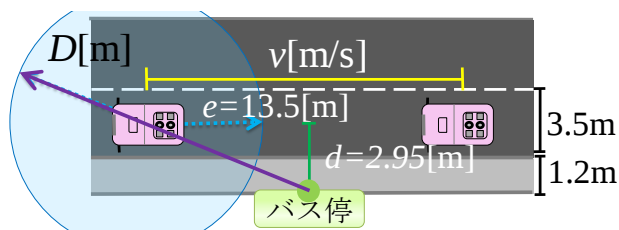


図 3 バスとバス停の距離の模式図

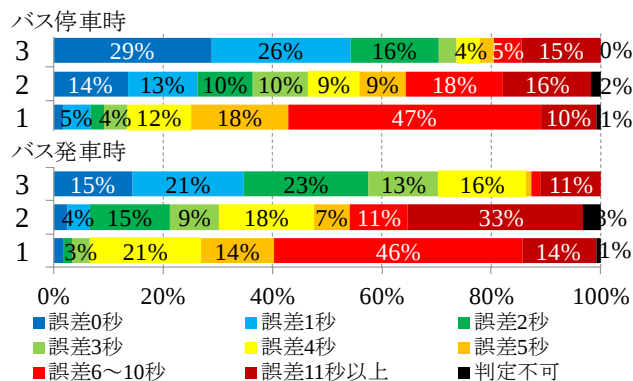


図 4 バス停車・発車時のシミュレーション結果

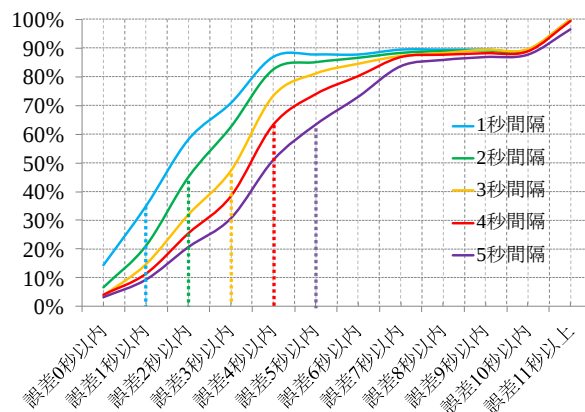


図 5 通信間隔変更時の発車シミュレーション結果

許容誤差とすると，4 秒間隔の時の許容誤差 63.4%と他の通信間隔に比べ最も高い．このため，4 秒がより効率良く判定が行える間隔であると考えられる．

5. おわりに

正確なバスの通過判定を行うために，バスの停車・発車判定シミュレーションを行なった．複数の判定基準を検討し，精度検証を行った．この結果，バスの位置情報だけでなく，速度情報を利用することで，精度の良い判定を行うことができた．通信間隔を空けても正確に発車判定を行えるためサーバ等の負担を軽減することができることがわかった．

今後はバスがバス停に停車せず，通過する場合の通過判定の精度検証を行う必要がある．

謝辞

本研究を行うにあたり，日進市生活安全課，名鉄バス株式会社の方々には調査の実施やデータ提供の面で多大なるご協力をいただきました．ここに記して謝意を表します．