

バスロケータとデジタコデータによる路線バスの急減速発生状況の分析

An Analysis of Conditions of Occurrences of Sharp Deceleration of Buses on a Regular Route Based on Data Acquired by a Bus Location System and a Digital Tachograph system

○財津 陽亮¹, 南部 繁樹², 米田 幸司³, 赤羽 弘和⁴

○Yosuke ZAITSU¹, Shigeki NANBU², Koji YONEDA³, Hirokazu AKAHANE⁴

本研究では、路線バスが法定により走行速度等を0.5秒周期で計測、記録したデジタルタコグラフデータと、バスロケーションシステムによるバス停での閉扉等の時刻と位置の高精度データとを統合的に分析し、乗客の車内転倒を招きかねない急減速の発生箇所と発生時刻を推定した。この結果と同時に収集した一般車プローブデータとを比較し、道路交通状況、バスの運行状況との関係を分析した。その結果、片側1車線区間において対向交通量が多いためバスが車群の先頭となっている状況、あるいは時刻表からの遅れを取り戻す状況において、バス停車前で急減速に至っている可能性が推定された。このような分析結果は、道路環境整備、路線バスの安全運行管理等に資することが期待される。

Keywords: デジタルタコグラフ, バスロケーションシステム, プローブデータ, 安全運転

1. はじめに

今日、一般車両から収集されるプローブデータは、渋滞情報や通行実績マップなど、道路サービス水準の様々な評価場面で活用されつつある。

さらに、同様に一般車両から収集可能な急減速データは、ドライバーのヒヤリハット事象や交通事故の発生特性の把握など、安全運転支援への活用が期待はされているが、急減速発生の原因特定には、急減速発生時の交通状況や運転状況の把握が必要となる。

村上¹⁾らは特定区間の動的交通データを豊富に収集・蓄積可能なバスプローブ調査に着目し、バス路線の起終点間、および特定区間を対象とする重回帰分析による旅行時間補正手法、およびバスプローブデータを直接的な対象としたバス停停止判別に基づく速度補正手法を提案した。

塩見²⁾らはバスプローブデータを用いて都市道路網における所要時間分布への影響要因として、交通信号、沿道の商業地域の割合、指定最高速度、1車線当たりの交通量が存在することを明らかにした。

永廣³⁾らはバスプローブデータを活用し、バス運行道路網の任意のOD間の所要時間分布を推定するための方法論を提案した。

松中⁴⁾らはバス停停車挙動による影響を簡便に除去可

能なデータ処理プログラムを開発した。

最所⁵⁾らはバスロケーションシステム(以降、BLSと表記)データにより収集されるバス停における閉扉時刻に、バス停前後における加減速の平均値をパラメータとして設定することにより、一般車両の走行軌跡を推定する手法を開発した。

財津⁶⁾らは、GPSに基づくBLSデータの位置と時刻の精度が高いことを利用し、デジタルタコグラフシステム(以降、DTSと表記)による計測データの時刻補正を、一定精度で実行可能な手法を開発した。この補正により、最大で22秒程度あった時刻誤差が、55走行中54走行で±1~2秒程度に収まることを確認している。

本研究では、BLSデータと時刻補正されたDTSデータによる走行速度および加速度データを統合分析し、特定の箇所や交通状況におけるバスのヒヤリハット事象とその発生特性を把握する。

一般車では事故回避のための行動と想定される急減速は、ヒヤリハット事象にとどまることがほとんどであるが、バスでは乗客の車内転倒/負傷に繋がる可能性が高くなる。この分析により整理された急減速の多発箇所、発生状況等のリスク情報を、バス運転士に適切な内容で提供することにより、バスの運行の安全性の向上を目指す。

-
- 1 正会員, (株) トラフィックプラス
〒810-0072 福岡県福岡市中央区長浜 2-4-1 東芝福岡ビル 10 階
e-mail: zaitzu@trafficplus.co.jp Phone: 092-791-5268
 - 2 正会員, (株) トラフィックプラス
 - 3 非会員, 西日本鉄道 (株)
 - 4 正会員, 工博, 千葉工業大学



図1 データ収集対象バスルート

表1 データ収集対象バスルートの概要

区間	片側車線数	主要交差点間の交通状況 (道路交通センサデータによる)	沿道環境
A	1	交通量：12,395 台/12h 混雑度：1.59 平均旅行速度：16.7km/h	郊外部 ↓ 都心部
B	2	交通量：29,551 台/12h 混雑度：1.33 平均旅行速度：12.2km/h	都心部

表2 収集データの概要

データセット名	内容
BLS データ	バス停に停車して閉扉した時刻と位置とがGPS 信号に基づいて記録される。また、バス停を発進してから3分が経過する毎に、時刻と位置が記録される。
DTS データ	走行速度とエンジンの回転数が0.5秒間隔で記録されており、高い精度で速度変動の把握が可能。法定により全運行時に記録されるが、記録時刻の精度が低い。
一般車プローブデータ	データ収集を行ったバス路線において、対象となるバスの始点バス停出発と同時に走行を開始し、終点バス停に到着するまでの間、GPS 信号に基づく位置データを時刻と共に1秒間隔で記録。

表3 データ抽出対象のバス走行

所属営業所	桧原営業所
行先番号	69番 (9458号車、9459号車)
平均運行数	8往復/日
データ収集期間	平成22年9月13日(月)～19日(日)
総走行数	55走行

2. 急減速発生箇所の特定に使用したデータ

データ収集を行ったバス路線は、西日本鉄道株式会社が運行する桧原営業所・博多駅間である。図1に同バスルートを、表1にバスルート概要を示す。

本研究では、BLS データと DTS データ、一般車プローブデータの3種類のデータを収集した。表2に、同データの概要を示す。当該路線を対象に抽出された BLS データ、DTS データは、西日本鉄道株式会社より提供された。表3に、抽出対象のバス走行を示す。一般車プローブデ

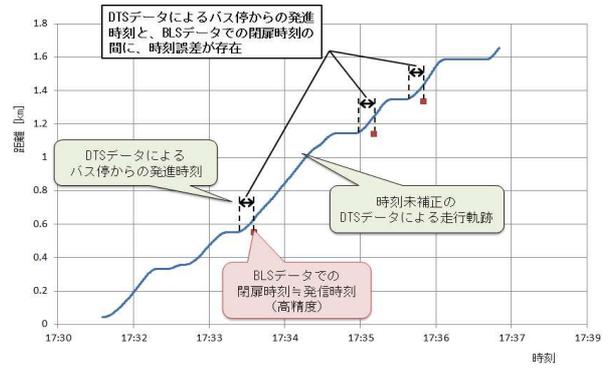


図2 時刻未補正のDTS データ走行軌跡



図3 時刻補正後のDTS データ走行軌跡

ータは、本研究における比較基準データとして、調査車両にプローブ車載器を搭載し、データ収集期間中のある1日に臨時収集した。各データは全て電子道路地図と照合し、分析用のデータベースを作成した。

今回収集した DTS データについては、記録時刻の精度が低く、分析の障害となる大きさの誤差が含まれていると想定する必要がある。一方で、BLS データは、バス停における閉扉時、及び、バス停出発後3分周期での位置と時刻を記録収集するのみであるが、GPS 信号に基づいたデータであることから、位置と時刻には高精度が期待できる。これを利用した財津⁶⁾らの補正手法により、最大で22秒程度あった時刻誤差が、55走行中54走行で±1~2秒程度に収まることを確認している。図2、及び図3に、時刻補正前後のバスの走行軌跡例を示す。

3. DTS データによる急減速発生位置の特定

時刻補正した DTS データの中の走行速度から、差分計算により加速度を推定した。図4に、この加速度の累積頻度分布を示す。同図の下限0.01%に相当する -3.8m/s^2 を、急減速基準値とした。

交通信号制御における減速度の上限値は 3m/s^2 程度であること、バス車内では立っている乗客に配慮して上限を 2m/s^2 程度⁷⁾としていることから、この基準は概ね妥当と判断した。

図5のバスの走行軌跡上に、急減速発生点およびバス停位置を表示した。特定の位置、分けても停止線近傍に、発生が集中している傾向が確認できる。

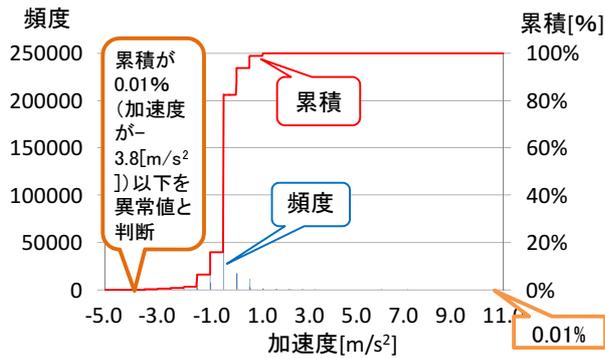


図4 加速度の累積頻度分布

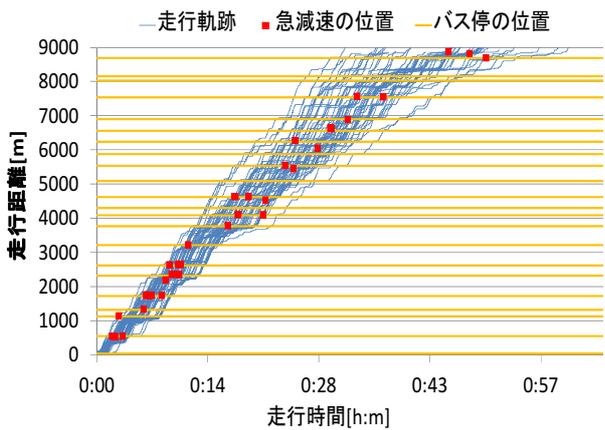


図5 バスの走行軌跡と急減速発生位置

4. 急減速発生原因の分析

表4に、バス停位置と、その近傍における急減速の発生回数を示す。この中から、特に急減速の発生回数が多かった、上長尾バス停近傍での走行状況等を分析した。同バス停は、片側1車線区間に位置し、バスベイが未設置である。

図6に、急減速発生時のバスの走行速度、及び一般車走行速度の時間変動を、バス停での閉扉時刻を時間軸の原点として示す。一般車プローブ車両は、分析対象バスと同時刻に走行を開始するが、バスの追従走行を行わないため、片側1車線区間で停止中のバスを追い越せない状況を除いて、バス停では停止しない。同図においては、分析対象バスがバス停停車した位置(ルート起点からの累積距離)を、一般車が通過した時刻を閉扉時刻とした。

急減速が発生したケースでは、バス停への接近時速度が、同一区間を走行した一般車プローブ車両の走行速度と同程度か、多少とも高い傾向が見られる。

図7と図8に、朝夕の交通混雑時間帯において、同一位置における一般車と路線バスの走行速度の散布図を示す。なお、前者の走行速度は、後者の走行速度の計測地点前後における走行速度に基づく補間計算により推定した。

図7の8時台では、一般車は比較的高い速度を維持し

表4 バス停の位置と急減速の発生回数

バス停番号	停留所	ルート起点からの累積距離[km]	急減速発生回数
1	松原営業所	0.038	-
2	松原三ツ角	0.553	3
3	桜町	1.124	1
4	松原榎町	1.327	1
5	上長尾	1.729	6
6	長丘五丁目	2.316	1
7	下長尾	2.626	3
8	小笹二丁目	3.208	4
9	小笹	3.765	1
10	平和五丁目	4.081	1
11	平和三丁目	4.310	3
12	南山荘通	4.626	1
13	山荘通	5.084	3
14	平尾	5.536	1
15	那の川二丁目	5.888	1
16	那の川	6.238	1
17	百年橋	6.561	1
18	美野島二丁目	6.899	2
19	駅南三丁目	7.541	1
20	駅東三丁目	8.033	2
21	駅東二丁目	8.157	1
22	博多駅	8.685	-

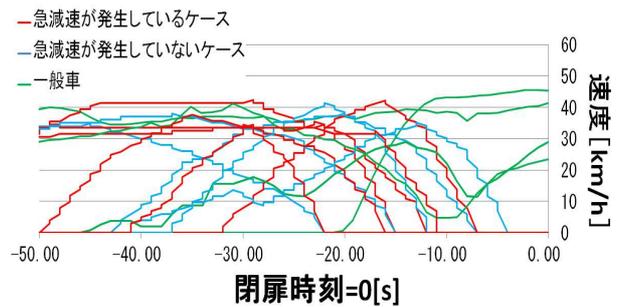


図6 各走行速度の比較

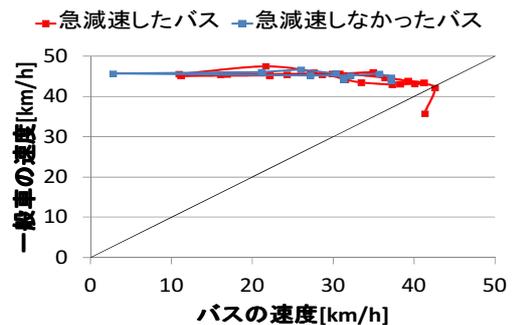


図7 上長尾バス停付近の速度比較(8時台)

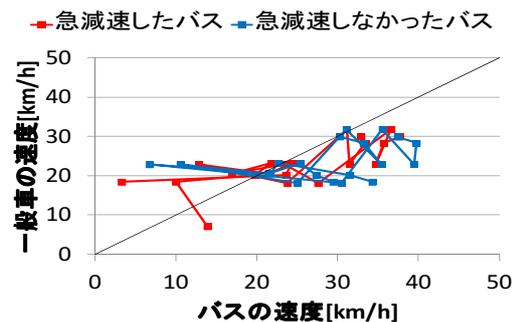


図8 上長尾バス停付近の速度比較(17時台)

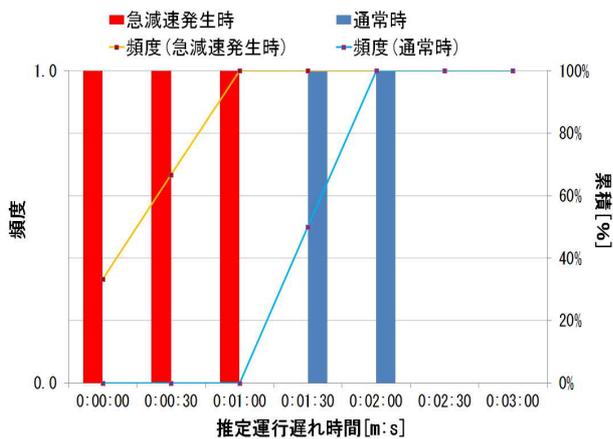


図9 上長尾バス停における運行遅れ(8時台)

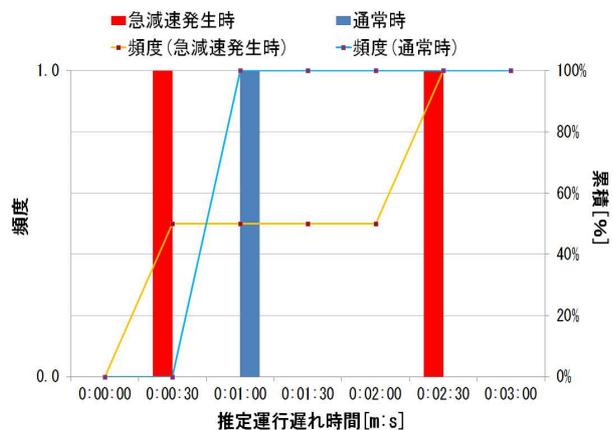


図10 上長尾バス停における運行遅れ(17時台)

ており、それよりもバスは概ね低速であった。これは、郊外方向の対向交通量が少なかったため一般車がバスを追い越しやすい状況にあり、バス停停車中のバス等にはほとんど影響されず走行速度を維持できていたためと推定される。しかし、急減速したバスの接近速度は一般車より高く、その状況からバス停停止に至っていることが分かる。したがって、このケースでは、一般車の影響を受けず、バス単独の行動選択の結果として、急減速に至ったと推測される。

図8の17時台では、一般車の走行速度自体が20~30km/時程度と低い。一方で、バスが一般車より高速だった時間も長かった。これからは、郊外方向の対向交通量が多かったために一般車がバスを追い越し難しく、バスが車群先頭車として走行していた状況が推定される。

急減速に至ったケースと至らなかったケースとでは、バスが一般車より高速であった状況において、前者の方の速度差がより小さいように見て取れる。これは、先頭車であるバスと、後続の一般車とが、より高い追従関係にあったとも推測される。したがって、特に後続一般車による心理的影響で、バス停間において走行速度が通常より高速となり、その結果としてバス停においては急減速に至った可能性が推測される。

5. バスの運行遅れと急減速の関係

路線起点の松原営業所の出発時刻と上長尾バス停における閉扉時刻との差、および両地点における時刻表に基づく通過予定時刻差とを比較し、運行遅れの発生状況を推定した。図9と図10には、その発生頻度と累積相対頻度を、急減速の有無別、および時間帯別に示す。同図より、特に8時台において、急減速が発生したケースの運行遅れが、発生しなかったケースより小さくなっている。

これを、前節の分析結果と考え合わせると、朝ピークには、いわゆる運行回復のために、遅れは減少した反面、バス停車前では急減速に至ったとの可能性が浮上する。この背景には、朝ピーク時間帯には、他時間帯よりも多くの利用需要が発生し、その乗降に要する時間が相対的に長くなっていることが推測される。ただし、この仮説を検証するためには、バスの走行速度と運行遅れの時間的、および空間変動に関して、より詳細かつ慎重な分析が必要である。

6. 結論と今後の展開

本研究では、BLSデータとDTSデータを統合分析することにより、乗客の車内転倒/負傷に繋がる可能性が懸念される路線バスの急減速の発生状況を推定した。特に急減速が集中発生したと推定されたバス停近傍において、路線バスの走行速度、加速度、および同一時間帯、同一地点を対象に補間計算で推定した一般車プローブの走行速度とを、朝ピークと夕ピーク別に比較分析した。さらに、同様に路線バスの運行遅れ時間と急減速の発生状況との関係を分析した。その結果、以下が推定された。

- 1) 8時台には、より多くの利用者による長い乗降時間のために発生した運行遅れの回復のために、バス停間を通常より高速で走行したケースで、遅れは減少した反面、バス停車前では急減速に至ったとの可能性が推測された。ただし、この仮説を検証するためには、バスの走行速度と運行遅れの時間的および空間変動に関して、より詳細かつ慎重な分析が必要である。
- 2) 17時台では、対向交通量が多かったために一般車がバスを追い越し難しく、バスが車群先頭車として走行していた状況が推定された。さらに、先頭車であるバスと後続の一般車とが、より高い追従関係にあった状況で、バス停間において走行速度が通常より高速となり、その結果としてバス停においては急減速に至った可能性が推測された。

上記のような推定は、ドライブデータレコーダにより事故や急減速の直前の計測データに基づく分析のみでは、実現困難である。すなわち、本研究が提案するデータ収集、処理法の特徴が活かされる領域の一つである。

今後は、本研究に基づき、バスの運行管理、道路環境の改善に資する安全対策を提案することが課題である。また、GPS 受信器内蔵型のデジタルタコグラフにより、計測データの時刻精度をさらに高め、バスの挙動分析をより精密化することも目指したい。

謝辞

本研究は、2012年に実施した「デジタルタコグラフデータのバスロケーションデータによる時刻補正」での成果を基に、分析を継続し、新たに、デジタルタコグラフデータによるバスの挙動に関する分析を試みたものである。また、西日本鉄道株式会社からは、バスロケーションシステムデータ、デジタルタコグラフデータの提供を受けた。さらに、千葉工業大学学生（当時）の泉山恭祐氏、浅田良久氏からは、データ処理等への協力を受けた。ここに記して謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 村上則男, 宇野伸宏, 飯田恭敬, 中川真治: 所要時間変動評価を目指したバスプローブデータ補正方法, 土木計画学研究・講演集(秋大会), Vol. 30, CD-ROM, 2004.
- 2) 塩見康博, 宇野伸宏, 森脇啓介: バスプローブデータを用いた都市道路網交通サービス水準変動要因分析, 第29回交通工学研究発表会論文報告集, pp. 101-104, 2009.
- 3) 永廣悠介, 宇野伸宏, 飯田恭敬, 田村博司, 中川真治: バスプローブデータを利用した所要時間信頼性評価手法の構築, 土木計画学研究・講演集(春大会), Vol. 31, CD-ROM, 2005.
- 4) 松中亮治, 谷口守, 端戸裕樹: バスプローブデータを用いた一般車両走行速度の推計方法に関する研究, 土木計画学研究・講演集(秋大会), Vol. 32, CD-ROM, 2005.
- 5) 最所崇, 財津陽亮, 南部繁樹, 赤羽弘和: 一般車データとの高精度統合が可能なバスプローブデータの収集・加工システムの開発, 交通工学研究会, 第31回交通工学研究発表会論文報告集, CD-ROM, 2011.
- 6) 財津陽亮, 南部繁樹, 赤羽弘和: デジタルタコグラフデータのバスロケーションシステムデータによる時刻補正, 交通工学研究会, 第33回交通工学研究発表会論文集(CD-ROM), 2013.
- 7) 日本鉄道電気技術協会: LRT 高速運転用信号システムの研究報告書, 日本財団, 2000. 参考文献