

バスプローブデータを用いた路線バスの到着時刻予測に関する一考察

九州産業大学大学院 学生会員 ○大野 雄作

九州産業大学工学部 正会員 辰巳 浩

1. はじめに

路線バスの利便性向上を図る上で、情報提供は有効な手段のひとつであり、近年ではバスロケによる情報提供が多くの都市で実施されている。しかしながら、情報提供は「乗車する停留所にバスがいつ来るのか」を知らせるにとどまっており、今後、鉄道と同様の路線検索サービスを実施することにより、さらなる利便性の向上につながるといえる。そのためには、降車停留所の到着時刻を求める必要があるが、定時性に問題のある路線バスの場合は鉄道のようなダイヤ情報では不十分であり、渋滞の影響を考慮した到着時刻予測を行う必要がある。

そこで、本研究ではバスプローブデータを用いたケーススタディを行い、バス到着時刻の予測手法のあり方について検討することを目的とする。

2. 分析対象データ

本研究では、西日本鉄道(株)の福岡市内路線バス「雁の巣駅前発天神三丁目行き（系統番号 21A）」における2006年3月から2007年2月までの1年分のバスプローブデータを使用した。入手した生データには、様々なエラーが含まれており、特に始発停留所と終着停留所については、運転手の操作に起因すると思われるデータ欠損や異常値が数多く含まれていた。そこで本研究では、始発停留所と終着停留所のデータを分析対象外とし（以降、始発停留所の次の停留所を始発停留所、終着停留所の一つ前の停留所を終着停留所とする）、それ以外のデータについてはクレンジングを行った。当該路線は停留所数 20 カ所、路線長 15.72km、運行本数 53 本/日（土曜・日祝日は 42 本/日）であり、郊外部から一部都市高速道路区間を経て都心部に至る特性を有する。

3. 到着時刻予測手法に関する検討

本研究では、(1)翌日以降の便の到着時刻予測、(2)当日における始発前の便の到着時刻予測、(3)当日における始発後の便の到着時刻予測の3つのケースについて検討した。ここでは、各便の終着停留所の到着時刻を予測するものとする。

(1) 翌日以降の便の到着時刻予測

翌日以降の便については、過去の運行実績データにもとづく到着時刻予測手法について検討した。ここでは、表-1に示す4つの手法により、始発停留所から終着停留所のまでの所要時間を算出し、ダイヤ上の出発時刻に加えることで、終着停留所の到着時刻を算出した。ここで、手法2の理論値算出に用いた数量化理論Ⅰ類の結果は表-2に示すとおりである。また、手法3Aおよび3Bについては、予測の対象となる便のデータを除外して平均所要時間を算出している（(2)・(3)項の同手法（1A および 1B）も同様）。

表-1 翌日以降の便の所要時間予測手法

ダイヤ	ダイヤ上の所要時間
手法1	年間平均所要時間
手法2	数量化理論Ⅰ類による理論値
手法3A	月・曜日・時間帯別平均所要時間
手法3B	月・曜日・同一便別平均所要時間

表-2 数量化理論Ⅰ類の結果

アイテム	カテゴリ	カテゴリ数量	偏相関係数
月	3月	-0.538	0.182
	4月	-0.986	
	5月	-0.633	
	6月	-0.401	
	7月	0.845	
	8月	0.213	
	9月	-0.384	
	10月	-0.263	
	11月	0.418	
	12月	1.229	
	1月	-0.567	
	2月	0.7	
曜日	月曜	-0.181	0.116
	火曜	-0.419	
	水曜	-0.102	
	木曜	-0.043	
	金曜	0.712	
時間帯	6時	-1.4	0.566
	7時	5.276	
	8時	3.468	
	9時	0.39	
	10時	0.253	
	11時	-1.261	
	12時	-1.327	
	13時	-1.773	
	14時	-1.272	
	15時	-0.961	
	16時	-0.097	
	17時	3.152	
	18時	0.481	
	19時	-2.573	
	20時	-3.707	
	21時	-4.897	
定数項		36.432	
重相関係数		0.586	

表-3 翌日以降の便の到着時刻予測結果-年間（単位：分）

	95パーセンタイル	99パーセンタイル	標準偏差	残差平均
ダイヤ	12.92	19.77	3.972	5.849
手法1	8.75	16.12	4.321	0.558
手法2	6.58	12.59	3.579	0.570
手法3A	6.45	11.65	3.532	0.553
手法3B	6.56	11.35	3.661	0.554

表-3 は、それぞれの手法により算出した1年分の各便の予測到着時刻と到着時刻の実績値との残差について、95・99パーセンタイル値、平均、標準偏差を示したものである。表より、いずれの手法もダイヤ情報に比して高い

キーワード：路線バス、到着時刻予測、交通情報

連絡先：九州産業大学（〒813-8503 福岡市東区松香台 2-3-1 TEL/FAX 092-673-5692）

精度で予測できており、95・99 パーセンタイル値をみると、手法 3A および 3B が他の手法に比して僅かながら優れているといえる。

また、後項(2)、(3)との結果比較を行うために、2006 年 11 月のみ予測範囲とし、整理を行ったものが表-4 である。

表-4 翌日以降の便の到着時刻予測結果-11 月 (単位: 分)

	95パーセンタイル	99パーセンタイル	標準偏差	残差平均
ダイヤ	14.58	20.68	4.189	6.156
手法1	10.40	17.46	4.621	0.864
手法2	7.01	13.32	3.618	0.558
手法3A	6.45	11.26	3.456	0.488
手法3B	6.45	10.80	3.438	0.396

(2) 当日における始発前の便の到着時刻予測

当日における始発前の便の到着時刻予測では、当日の既出便のデータを使用することで、当日の道路状況を反映させることができ、予測精度向上の可能性が考えられる。そこで、表-5 に示す各手法により所要時間の予測値を算出し、実際の出発時刻に加えることで、終点到着時刻を算出した。ここで、手法 3A および 3B では過去の運行パターンから類似パターンを検索する必要があることから、ある程度の過去データが必要である。そこで、1 年のうちでもっとも平均的な道路状況であると考えられる 11 月分の全便を対象に予測を行った (3)項も同様)。

表-6 は各手法による予測到着時刻と到着時刻の実績値との残差について前項と同様の整理を行ったものである。なお、手法 1A および 1B は前項(1)の手法 3A および 3B と同様の手法である (本項では実際の出発時刻に加えているために結果が異なっている)。表より、95・99 パーセンタイル値をみると、手法 1A および 1B が他の手法に比して優れているといえる。

表-5 当日における始発前の便の所要時間予測手法

ダイヤ	ダイヤ上の所要時間
手法1A	11月実測平均所要時間(曜日・時間帯別)
手法1B	11月実測平均所要時間(曜日・同一便)
手法2A	同曜日同一便の過去5日分の平均所要時間
手法2B	同曜日同時間帯の過去5日分の平均所要時間
手法3A	同日既着便の直近5便それぞれの運行パターンが類似する過去データ(各便10本、計50本)の平均所要時間
手法3B	同日既着便の直近5便すべての運行パターンが類似する日の当該便の平均所要時間(10日分 計10本)
手法4	同日既着便の直近1~5便の平均所要時間
手法5	経路を3区間(雁の巣~和白、和白~女子大前、女子大前~天神)に分割した各区間の最新データ累計所要時間

表-6 当日における始発前の便の到着時刻予測結果 (単位: 分)

	95パーセンタイル	99パーセンタイル	標準偏差	残差平均
ダイヤ	14.79	20.79	4.245	6.301
手法1A	4.55	8.68	3.120	-0.487
手法1B	3.87	7.31	2.568	-0.487
手法2A	5.34	10.32	3.136	0.037
手法2B	6.29	11.33	3.291	0.121
手法3A	6.75	11.46	3.311	0.562
手法3B	7.28	12.69	3.447	0.619
手法4	8.37	13.52	4.870	-0.566
手法5	7.59	12.51	4.446	0.144

(3) 当日における始発後の便の到着時刻予測

当日における始発後の便の到着時刻予測では、当該便

の予測時点までの運行実績データを使用することで、より精度の高い予測を行える可能性があると考えられる。そこで、運行経路のほぼ中間停留所に当たる和白に当該便が到着した時点における終着停留所到着時刻の予測を行った。ここでは、表-7 に示す各手法により和白停留所から終着停留所までの所要時間の予測値を算出し、和白到着時刻に加えることで終着停留所到着時刻を算出した。

表-8 は各手法による予測到着時刻と到着時刻の実績値との残差についてこれまでと同様の整理をした結果を示している。表より、95・99 パーセンタイル値をみると、手法 1A および 1B が他の手法に比して優れているといえる。

表-7 当日における始発後の便の所要時間予測手法

ダイヤ	ダイヤ上の所要時間
手法1A	11月実測平均所要時間(曜日・時間帯別)
手法1B	11月実測平均所要時間(曜日・同一便)
手法1C	11月同曜日同一便の中から運行パターンの類似した2便の平均所要時間
手法2A	同曜日同一便の過去5日分の平均所要時間
手法2B	同曜日同時間帯の過去5日分の平均所要時間
手法3	雁の巣~和白間について当該便の運行パターンと類似する過去データ10便の平均所要時間
手法4	同日既着便の直近1~5便の平均所要時間
手法5	経路を2区間(和白~女子大前、女子大前~天神)に分割した各区間の最新データ累計所要時間

表-8 当日における始発後の便の到着時刻予測結果 (単位: 分)

	95パーセンタイル	99パーセンタイル	標準偏差	残差平均
ダイヤ	14.75	20.77	4.221	6.275
手法1A	3.83	7.96	2.605	-0.506
手法1B	4.02	7.67	2.657	-0.506
手法1C	6.05	10.32	3.355	0.184
手法2A	4.80	8.02	2.525	-0.046
手法2B	5.31	9.18	2.689	0.006
手法3	6.16	11.04	2.869	0.700
手法4	6.48	10.90	3.742	-0.568
手法5	5.51	9.62	3.416	0.031

4. まとめ

本研究では、路線バスの到着時刻予測手法について検討したが、いずれのケースにおいても月別・曜日別・時間帯別または月別・曜日別・同一便の平均所要時間を用いた予測手法がもっとも優れた結果となり、ダイヤ上の到着時刻に比して精度の高い結果を得ることができた。ここで、(2)項において既出便のデータを使用した手法が上記手法に劣る結果となった理由として、既出便が運行した時間帯の所要時間と予測便の時間帯の所要時間との相関は必ずしも高くはないことが挙げられる。また、(3)項の当該便の予測時点までの運行実績データを使用した手法においても高い予測精度を得ることができなかったが、和白までの郊外部では比較的渋滞が少なく、和白から以降の都心部で渋滞がしばしば発生する状況では、始発から和白までの遅れ状況と、和白から終着までの遅れ状況の相関が高くないことがその理由であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 大野雄作・辰巳浩：路線バスの運行所要時間予測に関する基礎的研究，土木計画学研究・講演集，Vol.38，104，2008