

インド・アーメダバードにおける BRTS の走行特性・遅れに関する分析

Analysis of Delay and Running Performance of BRTS in Ahmedabad, India

日本大学 学生会員 ○橋本 諒平

日本大学 正会員 石坂 哲宏 福田 敦

日本大学 非会員 Kakarla Anand

1. はじめに

インドの都市アーメダバードでは、経済成長による自動車やバイクの保有台数の急増に対して、2009年に市内を放射的に網羅する Bus Rapid Transit System (以下、BRTS) が導入された。また、市内の南北・東西を結ぶメトロの導入が予定されている。現在の公共交通分担率を見ると約 15% であるが、将来、具体的な目標として機関分担率の内の 40% を公共交通機関に置き換えている。現時点では、通勤・帰宅時間では、市街地から郊外にかけて慢性的な渋滞が発生しており社会問題となっている。また、BRTS は全ての区間で他の自動車交通に影響を受けない専用区間を走行しているのではなく、非専用区間では一般の自動車交通の影響を受けてバスのサービス水準が低下していると想定されている。今後、BRTS の利用者を増加させるには、BRTS のサービス水準を的確に把握し、定時性の確保、遅れの減少を図ることが重要であると考えられる。そこで本研究では、目的として遅れに着目し、バスの運行軌跡である GPS データを用い、現在 BRTS がどのような箇所が遅れが発生しているのかなどを明らかにする。

2. 既存研究の整理

田原ら¹⁾はバンコクの BRT の定時性に着目し研究を行っており、利用者・非利用者に対して BRT に対しての意識調査を行っている。その結果 BRT の満足度は定時性と有意な関係性が有ることを明らかにした。Ankit ら²⁾は、アーメダバードの BRTS の旅行時間、定時性に着目し研究を行っており BRTS の旅行時間と路線バスの旅行時間の信頼性を比較している。その結果、朝のピーク時間に関しては、1 km あたり約 40 秒、BRTS の方が早く移動できることを明らかにした。また、旅行時間の変動は路線バスの方が約 2.5 倍高く、BRTS の方が旅行時間の信頼性が高いことを明らかにした。定時性に関しては決められた時間（早着 3 分、遅れ 5 分）に到着できるバスは約 10% であることを明らかにした。

今後、アーメダバードが公共交通へシフトして行く中で、満足度の向上が重要となる。即ち、定時性の向上が重要であると考えられる。そこで、本研究では、定時性の低下の要因である遅れに着目し、どのような箇所が遅れの原因が潜在しているのかについて解析を行う。

3. 研究方法

3.1 使用データと対象路線

本研究では Ahmedabad Municipal Corporation から提供された 2016 年 10 月の 1 か月分のデータを用いる。ただし、このデータは 1 か月分の完全なデータを所持している訳ではなく、1 日の運行の内、各路線の数本分の運行データを 1 か月分所持している。なお、GPS の間

キーワード：公共交通、BRT、遅れ

連絡先：千葉県船橋市習志野台 7-24-1-739C 〒274-8501 TEL : 047-469-5355

EMAIL : csry17015@g.nihon-u.ac.jp

隔は基本 10 秒間隔であるが、稀に数分間取得できていないデータが存在する。

対象路線は複数存在する路線の中から図-1に示す、市の南北を結ぶ Narol から Zundal (以下、Narol→Zundal を路線 1、逆方向を路線 2) を対象に分析を行う。



図-1 路線 1 と路線 2

3.2 遅れの箇所の算出

遅れの原因は非専用走行空間のように連続した区間が原因である場合と、交差点のように局所である場合が考えられる。そこで、双方に対応するため図-2のように路線 1, 2 に縦 25m のバッファを設け、各バッファ内で、速度の算出を行い、どの箇所で速度の低下が起きているのかの解析を行う。さらに、各バッファに到着するまでの旅行時間の比較を運行データごとに行う。



図-2 バッファのイメージ図

3.3 分析方法

(1) 時間帯別旅行時間

BRTS は、各バス停で発生する乗客の乗降時間、さらに非専用走行空間、交差点などが主な要因で遅れが発生すると考えられる。つまり、人々が BRTS を利用する時間、道路が混雑する時間で大きな遅れが発生すると考えられる。そこで、始点から終点までの時間帯ごとの平均旅行速度を求め、どの時間帯で遅れが発生しているのかを確かめる。

(2) 時間帯別の運行特性

定時運行の場合、日や曜日が異なっても時間帯別に見た際に運行状況の変動は小さいと考えられる。そこで、BRTS の運行の変動具合を時間帯別に時間距離線図で示し、変動具合の解析を行う。また、変動具合を詳しく見るため各バス停で標準偏差、変動係数の算出を行う。

(3) 遅れの場所の解析

BRTS の速度は 30km/h 以上の箇所が見られる。しかし、20km/h を下回る箇所も多く存在する。そこで、どのような箇所で 20km/h を下回るのかを確認し、この箇所を遅れの要因箇所と定義する。なお、今回は乗降客のデータを所持していないためバス停での減速・停止時間を加味しない。そのためバス停から 50m のデータを取り除き解析を行う。

4. 分析結果と考察

4.1 時間帯別旅行時間

図-3 は路線 1 の時間帯別の平均速度を示したものであり GPS データの終点の時間から始点の時間を引き各時間帯で平均化したものである。図より朝ピーク時間は深夜に比べると速度は低下するが、夜間のピークに比べ明確なピークは無い。夜のピーク時間は 17 時から 20 時頃までであると言える。非ピーク時間とピーク時間を比較すると、最大で約 8km/h 違う。これは、バス停でのサービスタイムの変動も要因として考えられるが、交差点や非専用走行空間での減速や停止などの影響も大きいと考えられる。

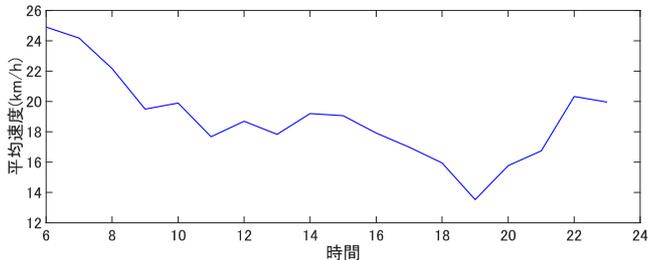


図-3 路線 1 の時間帯別平均速度

4.2 時間帯別の運行特性

図-4 は路線 1 のデータを時間帯別に時間距離線図で示したものである。また、表-1 は路線 1 の各時間帯の運行を標準偏差、変動係数で示したものである。なお、11, 14, 15, 18, 21, 22, 23 時台はデータ数が少なく、解析で偏りが出てしまう可能性があるため、この節では扱わない。図-4 から上記で定義したピーク時間では、軌跡の変動が大きく、各バスが同様な時間で運行ができていないことが明らかである。表-1 は、路線 1 の始点付近、中盤、終盤のバス停での各時間帯の旅行時間の標準偏差、変動係数を示したものである。バス停 No. 2 を見ると、他のバス停と比べ変動係数が高いことが分かる。理由としては、始点のバス停を出た直後に主要な円形交差点が存在し、ここで一般車との交錯が生まれる。これに伴い、変動係数が高くなると考える。また、各時間帯の変動係数から、ほとんどの時間帯で路線 1 の終盤の値は始点付近、中盤に比べ小さくなるのが分かる。これより、運行で遅れが出やすいのは路線 1 の始点から中盤にかけてであることが明らかである。

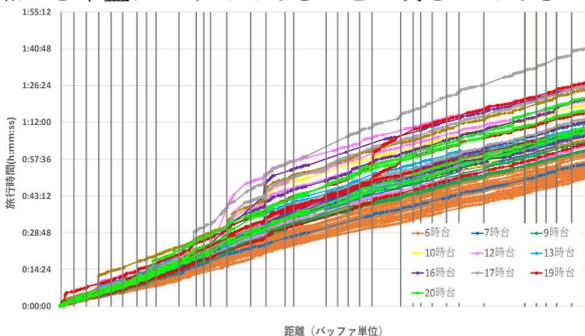


図-4 路線 1 の時間帯別時間距離線図

表-1 各時間帯の標準偏差と変動係数

バス停 NO.	6時台		7時台		9時台		12時台		13時台		16時台		17時台		19時台		20時台	
	標準偏差	変動係数																
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	24.3	0.2208	4.5	0.0491	23.2	0.1643	21.8	0.1769	-	-	19.8	0.1340	-	-	108.8	0.5412	3.5	0.0318
3	28.4	0.1503	14.5	0.0104	38.0	0.1520	14.6	0.0623	-	-	37.1	0.1594	22.2	0.0901	103.1	0.3542	42.5	0.1832
17	125.4	0.0940	78.0	0.0012	118.0	0.0711	455.6	0.2185	-	-	165.4	0.0889	386.7	0.1646	221.1	0.1200	195.9	0.1028
18	134.1	0.0914	97.0	0.0009	132.4	0.0754	349.8	0.1662	185.5	0.0882	401.1	0.1599	345.5	0.1457	272.8	0.1358	203.0	0.0991
19	138.8	0.0898	27.0	0.0150	122.2	0.0608	463.8	0.1903	61.0	0.0259	328.4	0.1406	367.5	0.1456	95.5	0.0419	226.0	0.1031
37	202.5	0.0642	138.2	0.0005	194.4	0.0520	472.1	0.1114	105.0	0.0253	439.2	0.1019	-	-	538.0	0.1183	321.5	0.0736
38	228.2	0.0715	255.2	0.0003	218.8	0.0567	448.8	0.1046	106.5	0.0252	399.7	0.0922	378.0	0.0809	537.6	0.1231	330.1	0.0757
39	172.1	0.0528	202.0	0.0003	228.6	0.0592	746.7	0.1534	-	-	472.2	0.1047	672.5	0.1287	532.1	0.1197	320.4	0.0721

4.3 遅れの場所の解析

図-5 は路線 1 のバフアごとの平均速度が 20km/h 以下である箇所を示す。平均速度が 20km/h 以下となる箇所は全体で 129 箇所(バフア)存在した。この内、専用走行空間は 57 箇所存在し、その内、約 72%が専用走行空間が一時的に切れる交差点部である。一方、非専用走行空間は 72 箇所存在し、約 71%が交差点であることが明らかとなった。このことから交差点での優先走行が低いと言える。また、非専用走行空間では他車との交錯で速度が低下すると仮定していたが、平均速度が 20km/h 以下になる箇所は少なく影響を受けずに運行が出来る区間も存在することが明らかになった。道路上での遅れにつながる一番の要因は交差点であると考えられる。表-2 は交差点の形状で影響がどの程度違うのかをまとめたものである。表-2 より、円形交差点や変形交差点では、ほとんどの箇所で平均速度が 20km/h 以下となることが確認できる。つまり、交差点の形状で、速度の低下の発生状況が異なり、円形交差点、変形交差点が遅れの要因として大きいと言える。これは、BRTS が交差点に流入する際のギャップなどが影響していると考えられる。

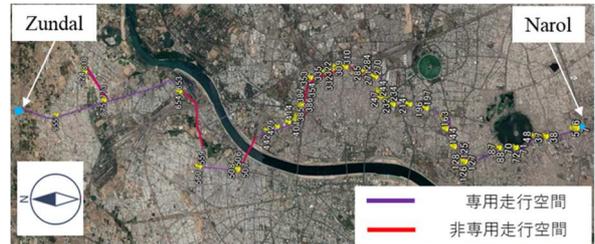


図-5 路線 1 の平均速度が 20km/h 以下の箇所

表-2 交差点の形状ごとの速度の低下

三枝交差点			円形交差点		
交差点数	平均速度20km/h以下	平均速度20km/h以上	交差点数	平均速度20km/h以下	平均速度20km/h以上
17	7	10	9	7	2
四枝交差点			変形交差点		
交差点数	平均速度20km/h以下	平均速度20km/h以上	交差点数	平均速度20km/h以下	平均速度20km/h以上
12	5	7	10	9	1

5. おわりに

本研究を通し、アーメダバードの BRTS のバス停外での遅れは、交差点が起因していることが明らかになった。現在、交差点は信号化されていない箇所が多く存在し、交差点内部で他方向から来る車両と混在しながら交差点を使用している。今後の研究として、優先信号の導入等でどの程度交差点での影響が減り、遅れが改善されるのかをシミュレーションを用いて解析を行う。

参考文献

- 1) 田原正博, 中村文彦, 田中伸治, 三浦詩乃, 有吉亮: 定時性に着目したバンコクにおける BRT の評価に関する研究, 交通工学論文集 第3巻 第4号, pp.A 46 - A 43, 2017.4
- 2) Ankit Kathuria, M. Parida, Ch. Ravi Sekhar : Route performance evaluation of a closed bus rapid transit system using GPS data, CURRENT SCIENCE, VOL.112, pp.1408-1409, 2017.4

謝辞 本研究は、JST/JICA による SATREPS の M2Smart プロジェクト(16667556)の研究で得られたデータを基に分析を行った。ここに謝意を表したい。