



バス事業改善プロジェクト

株式会社リオス 移動体ビジネス事業部 システムソリューション部
システム開発グループ 上田 将平

キーワード：バス、バスロケ、GTFS、オープンデータ、公共交通

概要：弊社は2017年4月に、両備グループ内のバス事業者である両備バス、岡電バスにバスロケーションシステム「Bus-Vision」（以降、バスロケと記す）を導入した。バスロケ導入により運行実績の把握が可能となり、実績データの分析により遅延の常態化や一部路線での早発といった課題が明らかになった。これらを解決すべく、バス事業者や専門家なども巻き込み、公共交通をより良くすることを目的とした「バス事業改善プロジェクト」が発足され、バス事業の根本的な品質向上を図ることとした。本プロジェクトにより、バスロケデータを活用した適切なダイヤデータの自動生成、弊社バスロケの遅延予測精度向上を行い、課題の解決を図った。さらには商用バスロケとしては日本初のオープンデータ公開を実現し、本プロジェクトの活動結果が広くお客様の目に触れるように取り組んだ。

1. はじめに

地方圏では、路線バスの利用者が減少することでバス事業者の経営状況が圧迫され、赤字路線を廃止せざるを得ない等、維持が困難な状況にある^①。両備グループは、ITと公共交通を組み合わせることで路線バスのさらなる利用促進と収支改善、バス事業者とシステム会社のさらなる連携強化を目標とするバス事業改善プロジェクトを2017年12月に発足した。

バス事業改善プロジェクトは、両備ホールディングス、両備グループ内のバス事業者（両備バス、岡電バス、中国バス、井笠バス）、地域公共交通総合研究所、両備システムソリューションズ、リオスから構成される。本プロジェクトでは、バスの利用促進のために、主に以下2点を目標として活動を行ってきた。

- ダイヤ改善、バスロケ改善
- 経路検索データ整備

はじめに、ダイヤ改善を行った経緯として路線バスにおける遅延の常態化が挙げられる。遅延の主な原因は、交通状況、天候、車内の混雑状況などである。両備グループ内のバス事業者も例外ではなく、遅延が常態化している。

バスの遅延許容分数に関するアンケート「バスの遅れ、何分まで許せる？」^②によると、回答総数170,849件のうち、許容分数を5分とする人が

45.2%と最も多く、次点で許容分数を10分とする人が32.9%である。また、路線バスのサービスを良くしてほしい項目として、時刻表通りに運行することが上位に挙げられている^③。このことから、路線バスにおける遅延対策が重要課題であると考えられる。遅延対策として、運行履歴から得られた分析データをもとに、遅延を抑えるためのダイヤ改正をシステムにより支援する取り組みを行った。また、改善ダイヤの導入により遅延は改善されたが、バスロケ機能の1つである到着予測の実績との時間乖離が判明し、改善を試みた。

次に、経路検索データ整備を行った経緯として、インターネット上には路線バスの情報が分散していることが挙げられる。バス運行情報は、各バス会社のWEBサイトに掲載されているが、一般利用者は、乗りたい区間をどの事業者が運行しているかを把握していない。そのため、求める情報を直感的に得られず、場合によっては乗ることを諦める事態も発生するであろう。

対策として、オープンデータフォーマットを基に経路検索データの整備を行い、大手検索サイトに提供することで情報集約を助長することとした。例えば2017年に日本でGoogleの地図アプリを利用した人は約3300万人（月平均）と見積もられており、Googleに情報を提供することでより多くの人に路線バスの情報を表示し、利用促進が見込める。岡山県下では宇野バスが国内でも早期にオープンデータ化対応を実現しており、対策は目下の目標となっていた。

2. ダイヤ改善, バスロケ改善

バス事業改善プロジェクトでは、1章に記載した目標を達成するため、お客様へのサービス向上を行う必要があると考えて以下を実施した。

- データ分析
- ダイヤデータ生成・効果測定
- バスロケ予測改善・効果測定

データ分析やダイヤ生成については、分析を専門にしている有識者とともに、弊社で体制を組み進めた。バスロケ予測改善については、現状の分析結果、運行実態を基にして弊社主導のもとで活動を進めた。

2.1 データ分析

現状を認識するためには実績を把握する必要がある。ダイヤ改善には、バスロケに蓄積された1年以上の運行履歴データを活用した。運行履歴データには、各バス停の通過予定と実績が記録されている。

運行履歴データを利用して、トラフィックブレイン社の「Dia Brain」⁽⁴⁾から各種統計データを出力する。出力データを表計算ソフトに取り込むことで、系統毎の時間帯別遅延サマリ(図2.1.1)や、一系統における便毎の遅延推移(図2.2.2)などの表やグラフを作成し、運行履歴データの見える化を実施した。データ分析結果をもとに、バス事業者へ実態との差異をヒアリングし、遅延となる要因を整理することで、適切なダイヤデータ生成の一助とした。

lineNm	routeCd	routeNm	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
岡山西大寺線	210041	西大寺→東山・千日前・市役所入口→岡山駅		0	9	21	15	7	7	5	4	3	4	5	8	13	16	
	210011	西大寺→東山・天満屋→岡山駅	1	4	8	19	15	8	6	5	4	4	4	6	8	13	7	2
	210072	モーニングライナー 西大寺→岡山駅			2	17												
	210042	岡山駅→市役所入口・千日前・東山→西大寺				5	8	6	6	6	5	5	10	10	12	16	11	8
	210012	岡山駅→天満屋・東山→西大寺		3	7	13	10	7	5	4	5	5	6	8	9	11	8	4
倉敷吉岡線	290632	倉敷駅→倉敷市役所・青葉町・連島→轟橋車庫			3	9	3	3	4	5	5	4	5	5	8	9	5	5
	290634	倉敷駅→倉敷市役所→水島協同病院前			4	11												
	290631	轟橋車庫→連島・青葉町・倉敷市役所→倉敷駅		2	4	4	3	3	3	2	3	2	2	3	4	5	3	2
倉敷循環線	290502	【C2】倉敷循環線左回り 成人病センター・堀南・市役所→倉敷駅					3	4	4	5	5	4	4	5	6	8	6	6
	290501	【C1】倉敷循環線右回り 市役所・堀南・成人病センター→倉敷駅	0	3	5	4	3	3	4	4	3	4	4					1
新倉敷芸大線	290811	倉敷芸科大学→新倉敷駅				2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	4	2	3
	290812	新倉敷駅→倉敷芸科大学			2	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2

図 2.1.1 系統毎の時間帯別遅延サマリ(赤色が濃くなるほど遅延)

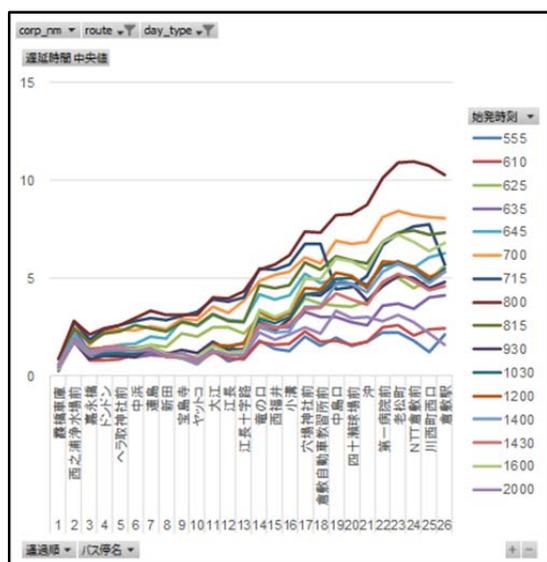


図 2.2.2 一系統における便ごとの遅延推移

2.2 ダイヤデータ生成

ダイヤデータ生成には、バスロケ運行履歴の統計データだけではなく、ロータリーや歩道の切り欠き(バスベイ)などを考慮して調整バス停の設定を行うことで、早発と遅延の両方を抑えるダイヤデータの生成を可能とした。調整バス停とは、バスが予定より早く出発してしまいそうな場合に、待機して時間調整を行う停留所である。

ダイヤ改善対象として、データ分析結果を基に、特に予実の乖離が大きい路線を選定した(表 2.2)。対象路線の中でも、岡山西大寺線では、午前6時から8時までの通勤ラッシュで30分ほどの遅延が発生していた。この遅延要因としては、周囲に鉄道が無いため乗車する人が多く、道幅も狭い、さらに通勤ラッシュ時に混雑する旭川を横断する橋を通過する系統であることが挙げられる。システムで生成したダイヤデータはそのまま導入するわけではなく、事業者、運転士へのヒアリングなども通じて、実運行に無理ないダイヤデータとなるよう調整した。

表 2.2 ダイヤ改善対象路線

会社	ダイヤ改正日	路線
両備バス	2018/04/01	小溝線, 吉岡線, 倉敷循環線, 倉敷芸科大線
	2018/04/09	岡山西大寺線
岡電バス	2018/02/01	三野線, 妙善寺線, 理大東門線
	2018/04/01	火の見線
中国バス	2018/04/01	府中線

2.3 ダイヤ改善効果測定

ダイヤ改善対象の路線のうち、大規模に実施した 5 路線における遅延時間の変化を測定した(図 2.3.1)。昨年の実績データと比較すると、各路線の時間帯別の最大遅延時間は、一区分を除き減少した。また、最大遅延時間の中央値は全体では、昨年と比較して 10.3 分から 5.6 分に減少した。結果、ダイヤ改善対象路線の殆どの場合において、遅延時間が減少しており、本取組によってダイヤを概ね改善できたと考える。

路線	行先	年	朝(7-10) 昼(10-16) 夜(16-19)		
			2017	2018	2017
倉敷芸科大線	倉敷駅	2017	10.7	7.0	10.3
	倉敷芸科大	2017	8.3	10.2	13.9
小溝線	倉敷駅	2017	9.3	6.8	7.9
	霞橋車庫	2017	3.4	9.1	11.3
吉岡線	倉敷駅	2017	9.9	8.5	13.4
	霞橋車庫	2017	9.8	9.3	11.1
倉敷循環線	右回り	2017	7.8	8.8	
	左回り	2017	4.2	7.4	10.8
西大寺線(天満屋経由)	岡山駅	2017	22.0	10.1	12.8
	西大寺	2017	13.7	11.6	16.0
西大寺線(千日前経由)	岡山駅	2017	25.8	11.9	17.5
	西大寺	2017	10.3	11.0	17.6

図 2.3.1 最大遅延時間の中央値 (分)

2.4 バスロケ予測改善

2 章 3 節のダイヤ改善を実施する中で、実運行とバスロケの予測時間に誤差があることが判明した。バスロケの予測処理においては、1 便前の走行実績を基にした停留所間の区間分を用いて予測を行っている。ただし、実績が予定時間より短くなった場合は、予定時間を優先する。

分析を進めたところ、特に朝のラッシュ時間帯などが該当するが、急激な遅延、遅延解消を契機にバスロケの到着予測時間と運行実績に大きな乖離が生まれることがあった。

また、運行の終盤である終点停留所の 1, 2 個前の停留所では、運行遅れを緩和するための見込み時間が設定されているが、この見込み時間を加算してしまい、到着予測が遅れ気味になっていることが分かった。

遅延を発生させる原因として、岡山市内の川をまたぐ橋の本数が少ないことや、商業施設周辺の混雑が挙げられる。また雨天時にも急激な遅延が発生しやすく、予測と実績の乖離が大きくなる傾向にある。このような環境的要因も踏まえつつダイヤ改善と併せて予測処理の最適化を検討した。

今回、改善した計算方式としてバスロケの予定と実績の乖離時間を計算し、予定時間に加算することで、予測時間とする方式とした。これにより、運行の終盤である終点停留所付近での予測と実績の乖離が小さくなることを見込まれる。予測改善として、データを月単位、年単位で蓄積することで平均値を取る方法も考慮したが、ダイヤ改正が発生して所要時間に変化が出ると、学習時間が必要となるため、今回はその方式を採用しないこととした。

2.5 バスロケ予測効果測定

両備バスの岡山西大寺線における、ラッシュ時の予測処理改善前と改善後の予実情報を比較した。(図 2.5.1)

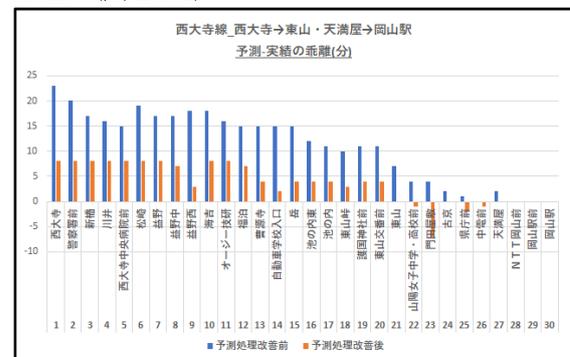


図 2.5.1 改善前後の予測と実績の乖離 (分)

改善前と改善後における予測の時刻と実績の時刻の差（分）を表しており、改善前よりも改善後の方が差の絶対値が小さくなっている。平日かつ晴れの条件下において、改善前は、予測と実績の差が最大 23 分であったのが、改善後は最大 8 分となった。予測と実績の乖離が概ね解消されていることがわかる。

ただし、今回ダイヤ改善を行わなかった特定路線について予測処理の効果測定を行った所、改善前は、予測と実績の差が最大 13 分であったのが、改善後は最大 15 分となった。ダイヤ改善対象外の路線に関しては、本取組による改善はあまり見られなかった。

現在は図 2.3.1 で記載した一部路線のみの導入となるが、最終的には全ての路線に対してダイヤ改善を行い、改善版の予測処理と相性が良くなるようにすることで、この方式の予測が最大限に活かされる。予測方式はバスロケ内で任意に変更することを可能とした。

3. 経路検索データ整備とオープンデータ化

3.1 オープンデータフォーマット

本章で扱うオープンデータのフォーマットについて記す。オープンデータとは、組織や個人が持つデータを、インターネットを通じて広く公開し、第三者に利活用の機会を供することを指す⁶⁾。

公共交通のオープンデータ化は、欧米を中心に進んでおり、公共交通事業者自らが時刻表データや路線図を WEB サイト上で公開している。さらに、これらのデータを活用したアプリの開発が第 3 者により活発に行われている。

日本では、公共交通のオープンデータ化はあまり浸透しておらず、一部の事業者で行われるのみに留まっている。

3.1.1 GTFS

General Transit Feed Specification（以降、GTFS と記す）は、公共交通機関の時刻表と地理的情報に関するオープンデータフォーマットである。GTFS 形式で Google にデータを提供することにより、Google Map 上での公共交通機関の静的データ（時刻表、運賃など）の表示が可能となる。

3.1.2 GTFS-Realtime

GTFS-Realtime は、公共交通機関のリアルタイムな運行状況に関するオープンデータフォーマットである。本フォーマットには、リアルタ

イムの出発および到着時刻や遅延などの運行情報が含まれている。GTFS-Realtime 形式で Google にデータを提供することにより、Google Map 上での公共交通機関の動的データ（遅延や車両位置）の表示が可能となる。

3.1.3 標準的なバス情報フォーマット

標準的なバス情報フォーマットは、GTFS を基に日本独自の情報として営業所情報や、時刻表に付与する記号情報などの項目を追加したオープンデータフォーマットである。本フォーマットは、インターネット等の経路検索におけるバス情報拡充を目的として国土交通省により定められている。また、GTFS との互換性を持つため、Google への情報提供に本フォーマットを使用することが可能である。

オープンデータとして公開し、Google、Yahoo!などに情報提供することで、Google Map など、アプリ上でのバスロケ情報表示が可能となり、より多くの人に正確なバスの運行情報を知っていただくことが可能となる。

3.2 経路検索データ整備の取り組み

2 章でダイヤ改善、バスロケ改善を実施したが、広くお客様の目に触れないと効果は少ない。そこで、利用者数の多い、Google Map 上でのバスロケ情報表示を目標として標準的なバス情報フォーマットおよび GTFS-Realtime での Google への情報提供に取り組んだ。また、作成したデータを Google へ提供するだけでなく、オープンデータ化にも取り組んだ。

バスロケが保持するデータをもとに作業を開始したが、ここで次の問題点が発覚した。

- データ不足、整合不備
- 事業者ごとに保持する形式の違い

データ不足の例としては、料金が挙げられる。弊社バスロケでは、料金を保持する形式としていなかった。

新たにデータ入力を進める必要があったが、事業者ごとに全く違う形式でデータを保持しており、かなりの時間、労力を必要とした。

具体的には、当初はバス事業者各社の WEB サイトに掲載されている三角運賃表の利用を考えていたが、主要停留所の情報しか記載されておらず取込は難しかった。代替として運賃箱などのデータからバスロケに料金データを取り込むこととした。サイトの運賃表からデータを取り込む場合は、停留所区間毎の料金となるようにデータを加工する必要があるが、運賃箱など

のデータは、停留所区間毎の料金が保持されているため、三角運賃表と比べると容易であった。

他にも、表示される路線名、系統名などが Google Map に適した形式となっていなかったため、オープンデータ用に表示名称を修正するなどの調整が必要となり、多くの時間を要した。

3.3 取組結果

2018年7月27日より、標準的なバス情報フォーマットおよび GTFS-Realtime での情報提供を開始し、バスロケが保持する遅延などのバスの運行情報を Google Map 上に表示されるようになった(図 3.3.1)。これにより、より多くの人に対してバスロケデータの提供を行えるようになった。

また、両備グループのバスロケサイト上でダウンロードできるようにし、オープンデータとして公開した(図 3.3.2)。

本取組が商用バスロケーションシステムとして日本初の標準的なバス情報フォーマットおよび GTFS-Realtime 対応、オープンデータ化となった。今後、他のバスロケ導入ユーザに対しても取り組む予定である。

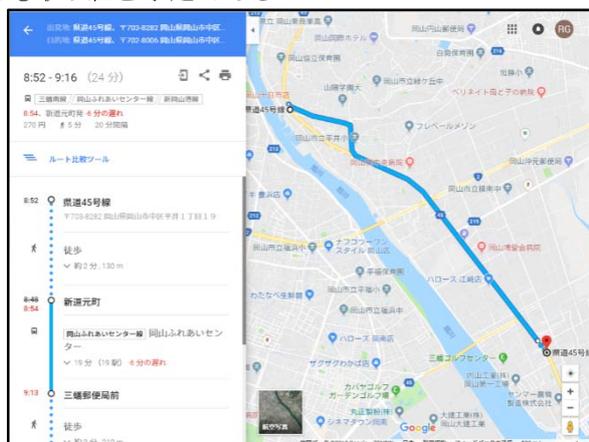


図 3.3.1 Google 経路検索結果



図 3.3.2 オープンデータダウンロードページ

本取組は、土木計画学研究発表会および公共交通オープンデータ最先端都市フォーラムで、公共交通のオープンデータ化事例として紹介された。岡山は 2018 年現時点で、日本の中でも有数のオープンデータ最先端都市となった。

4. 結論

本プロジェクトを通じて、バスロケの実績データを活用して、運行データの分析及び、遅延を抑えたダイヤデータを作成し、遅延を抑えることに成功した。

これまで有効活用できていなかった膨大な実績データをうまく取込み、新たなサービスへの活路を開いたと言えるだろう。

さらにバスロケの予測処理を見直すことで、ダイヤ改善後の路線に関しては予測と実績の時間の乖離を小さくすることに成功した。

Google へのバスロケデータ提供により、Google Map 上での時刻表データや、リアルタイムな運行状況の表示が可能となった。また、バスロケデータをオープンデータとして公開した。本取組は、商用のバスロケーションシステムとしては日本初である。

今後の課題として、ダイヤ改善、バスロケ改善で得られた知見をもとに、バスロケにデータ分析機能およびダイヤ改善支援機能を実装し、機能強化を図る。また、検証した予測改善を随時適用する。

経路検索データ整備に関しては、バスロケ全ユーザのオープンデータ化と、Google への情報提供にとどまらず、他社サービスへの情報提供を目標とする。今回対応した Google への情報提供では、任意項目である経路 (shapes) の情報提供を行っていない。そのため、実際のバスの運行経路とは異なる経路が表示される可能性がある。今後は、バスロケの運行履歴データを活用することで、経路情報の自動生成を目指す。

参考文献

- (1) 国土交通省 地方運輸局：“2 地域公共交通の現状”，<<http://www.tb.mlit.go.jp/kinki/kansai/program/02.pdf>> (参照 2018.08.20)
- (2) デイリサーチ：“バスの遅れ、何分まで許せる？”，<<https://research-panel.jp/rpdr/view.php?eid=321915>> (参照 2018.08.20)
- (3) 京都市交通局：“市バスお客様アンケート調査の結果について”，<<http://www.city.kyoto.lg.jp/kotsu/cmsfiles/contents/0000133/133511/2.pdf>> (参照 2018.08.20)

- (4) 太田恒平, 森慶太, 平本清志, 前川雄佑, 伊藤昌毅: “バスロケータを基にした路線バスの遅延対策ダイヤ改正” (第 57 回土木計画学研究発表会発表資料), < http://t-brain.jp/wp-content/uploads/2018/06/improving_bus_schedules_based_on_real-time_bus_arrival_information_paper.pdf > (参照 2018.08.20)
- (5) 大向 一輝: “日本におけるオープンデータの進展と展望”, 情報管理, 2013, 56 巻, 7 号, p. 440-447, 公開日 2013/10/01