

バスプローブデータに基づく バス路線の信頼性評価

Huahua WANG¹・松室 美帆²・佐々木 邦明³・豊木 博泰⁴

¹学生会員 早稲田大学大学院創造理工学研究科建設工学専攻 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)

E-mail: wanghh25@toki.waseda.jp

²正会員 大林組 (〒108-6101 東京都港区港南二丁目 15 番 2 号)

³正会員 早稲田大学教授 理工学術院 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)

E-mail: sasaki.k@waseda.jp

⁴非会員 山梨大学教授 工学部電気電子工学科 (〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11)

E-mail: toyoki@yamanashi.ac.jp

地方の路線バスは、自家用車との競争によって衰退の一途をたどっている。自家用車の増加に伴って、渋滞が悪化し、所要時間の増加や時間信頼性の低下が起きているが、地方都市のバスは専用レーンなどの整備が困難な 2 車線区間を走ることが多く、自動車の混雑による影響を受けさらに利用者を減らしているという現状がある。本研究はバスプローブデータを用いて、バスの所要時間信頼性を検討するものである。地方部のバスの信頼性は乗車バス停への到着時刻の信頼性、乗車時の目的地までの所要時間の信頼性の 2 つの側面があり、それぞれがネットワーク特性に応じて異なる特性を持っている。

本研究では、山梨県甲府市にて収集されたバスプローブデータを用いて、甲府市周辺地域のバス路線についてこれらの指標について実証的に示し、道路渋滞対策にバスの遅延への影響を取り込むための信頼性評価を行った。

Key Words: travel time reliability, local bus network, bus probe data

1. 研究の背景と目的

(1) 研究の背景

公共交通のサービスレベルが低い地方部において、自家用車が主要な移動手段として利用され、バスの利用率が非常に低いのが現状である。自家用車の増加に伴う混雑により、所要時間の増加や旅行時間の変動が発生し、専用レーンなどの整備が困難な 2 車線道路を走ることが多い地方都市のバスはこの影響を受け、所要時間の増加だけでなく、その信頼性も悪化している。地域公共交通は子ども・高齢者や車の運転ができない人にとって重要な役割を果たしつつ、さらに環境に優しい移動手段でもある。また、近年では、経済の発展と社会活動の高度化により、単なる交通サービスの向上に止まらず、包括的な移動を含めたサービスを提供することも求められている。より良い生活サービスを提供するためには、公共交通の運行実態を把握することが重要だと考えられる。

2017 年 3 月に「標準的なバス情報フォーマット(GIFS-JP)」が国土交通省で制定されて以来、バスデータの整備は活発化している。路線バスに GPS 等を設置することにより、バスロケーションシステムとして活用し、同時に運行状況などのデータが収集されているが、それを用いた研究は土木計画の分野では限定的である。また、道路混雑の影響は、主に自動車を対象として検討されてきたが、地方部ではバスも大きく影響を受けている。しかし、これまでその影響は重視されてこなかった。

(2) 研究の目的

上記の背景を踏まえて、本研究ではバスの走行プローブデータを活用することにより、地方部における路線バスの遅延状況を明らかにし、運行遅延が利用者にとどのような影響を与えているかを分析し、路線バスの時間信頼性を評価することを目的とする。

本研究では特にバスの目的地への到着時刻の信頼性を、

乗車バス停への到着時刻の信頼性と、乗車時の目的地までの所要時間の信頼性の2つに分解し、それぞれのネットワーク特性に応じた特性について、データを用いて考察していく。

2. 既存研究の整理と本研究の位置づけ

(1) 既存研究の整理

JIS 工業用語大辞典（第 4 版）によると、信頼性とは“定められた期間及び定められた条件のもとで装置が求められた機能を果たす能力”である。この定義を拡張した時間信頼性とは、“旅行時間に関する信頼性であり、速達性の機能を安定的に果たす能力”である¹⁾。

a) 時間信頼性指標と交通行動モデルに関する研究

中山²⁾はこれまでに分析に利用してきた時間信頼性指標を概ねに3種類に分類した。

- ・ 便益計測可能指標：PT・各%マイル値・AD など平均旅行時間と時間の変動を同時に考慮しており、容易に貨幣換算ができる指標
- ・ 信頼度：設定した旅行時間以内でトリップをできる確率で、0.0-1.0 の値を取る無次元単位の指標
- ・ 変動指標：BT・BPII・PII・分散・変動係数などの単にばらつきや変動を定量化したもので、そのみでは路線評価に適合しない

また、中山²⁾はこれまでに行われてきた信頼性を考慮した交通行動モデルをスケジュールモデル・期待効用モデル・統計値モデルの3つに分類した。いずれも利用者の交通行動の観察データから、信頼性の価値を推定するアプローチを示した。

b) 時間信頼性の評価及び応用に関する研究

宇野ら³⁾はバスプローブデータを利用し、時間信頼性指標として平均値・標準偏差・%マイル値を用いて、所要時間信頼性の観点から道路ネットワークのサービス水準を評価する方法を構築した。また、バスプローブデータを補正して道路の時間信頼性を計測する所要時間分布の補正法ならびに所要時間分布の合成手法を提案した。

小山ら⁴⁾は路線バスのダイヤからの遅延時間変動の分布形に着目して時間信頼性評価を行った。路線バスの実績所要時間データから遅延時間変動の分布形が多様であることを示し、独自のアンケート調査から得られた選好意識データを用いて遅延時間分布に関する SP モデルを構築するとともに、交通手段選択に関する利用者行動のデータから RP モデルを構築し、遅延時間分布の形状の時間信頼性評価への影響を検証した。

山崎ら⁵⁾は長期時系列データを用いたバス到着予測手法の開発とサービス方法の提案をした。本研究と同じようなデータを数年分使って機械学習に適用させた。GPS 情報のずれを修正して時系列データを作成することでバ

スの動きを詳細に確認可能にし、新たな予測手法による予測精度向上のために時系列データを可読性に優れた決定木に適用すべきとした。

(2) 本研究の位置づけ

従来の研究は自動車に関する道路の時間信頼性を評価するものが多い。その際には、自動車の平均速度や旅行時間から道路の渋滞状況を把握し、渋滞対策を講じるのである。しかしながら、路線バスも道路渋滞による遅延が発生しており、それが利用者の減少の一因となっていることが指摘されてきた。そこで、山崎らの研究を踏まえて、バスの信頼性を乗車時間の信頼性と所要時間の信頼性の2つに分けて、ネットワークとしてのバスの時間信頼性を評価する手法の構築に着目する。

3. 研究の対象地域とデータ

(1) 対象地域と路線

本研究ではバスコンシェルジュシステムによってデータが収集されている山梨県を対象地域とする。図-1 に山梨県公共交通網を示す。

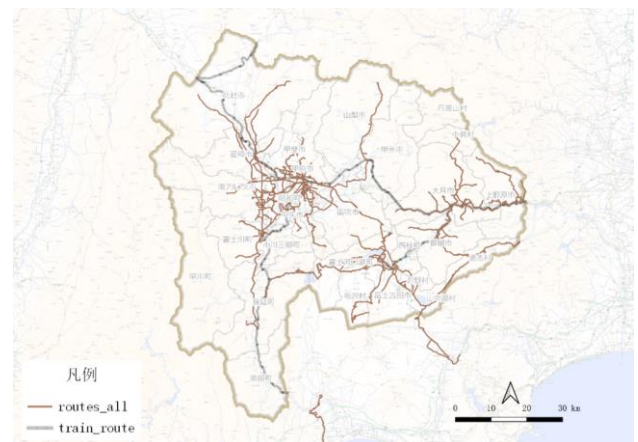


図-1 山梨公共交通網

(「GTFS-JP」オープンデータより作成)

山梨県ではバス利用の減少が続いており、図-2 に示すように 2015 年には系統がピーク時 (1971) の約 1/2、輸送人員がピーク時 (1964) の約 1/7 まで縮小している。

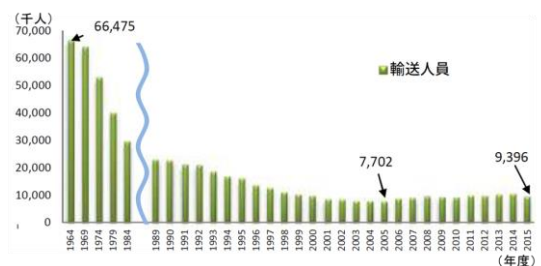


図-2 山梨県内の乗合バス輸送人員の推移

(出典：山梨県バス交通ネットワーク再生計画)

また、H17 年の甲府都市圏の PT 調査から、交通手段分担率において、自動車が 69%を占めているのに対し、バスがわずか 1.2%にすぎないことがわかる⁵⁾。同調査によると、バス利用者は代替手段を持たない 15-19 歳の学生層、及び女性や高齢者が多数を占めている。

(2) バス遅延の定義および評価手法

路線バスの遅延は到着時刻と時刻表とのずれと定義されることが多いが、地方部の頻度の低いバスは、利用者の感覚では、到着遅延が出発遅延と走行遅延の二部分に分けられると考えられる。図-3 に三者の関係を示す。本研究では以下の通りに三者を定義する。



図-3 バス遅延の内訳

- 出発遅延：出発バス停においてバスの到着時刻と時刻表の出発時刻の差
- 走行遅延：乗車区間において、実際の所要時間と時刻表による所要時間との差
- 到着遅延：バスの到着時刻と到着バス停の時刻表との差

出発遅延は、始発からそのバス停までの走行遅延に一致する。そのため、それぞれの特定の区間の遅延を、各バス停間を最小区間として、遅延の和によって表現していく。このように最小区間で定義される遅延を組み合わせることで、バスの遅延を利用者からみた「出発遅延・走行遅延・到着遅延」と定義し、各種の遅延の現状を把握し、その影響を定量的に検討する。

(3) 使用するデータ

使用するデータは「やまなしバスコンシェルジュ」システムが収集するバスの位置情報に基づく「バス通過時刻データ」である。路線の分析には2018年1年間の平日データのみを抽出し、ネットワークの分析には2019年のデータを用いることにする。分析指標として、遅延の大きさを示す「平均値」と遅延時間のばらつきを示す「標準偏差」を用いる。

4. 路線の時間信頼性

時間信頼性は一般的にネットワークで評価するが、バスは経路の変更ができないことなどを考慮して、一路線ごとに評価を行う。本研究で対象とする路線は山梨交通

70 系統の敷島団地発・小瀬スポーツ公園行の全長 14,912mの路線を選択した。この路線はバス停 47 箇所を含んでいる。片道 52 分で、平日に 7:40-18:15 の間に 6 便が走行している低頻度の路線である。対象路線の 70 系統の位置情報は図-4 に、使用するデータの詳細は表-1 に示す。

表-1 使用データ

ダイヤ	便番号	運休日	日数	平日	土休日
7:40-8:32	1	12/29-1/3	189	120	69
10:00-10:52	2	—	301	212	89
12:00-12:52	3	12/29-1/3, 土休日	179	179	0
15:00-15:52	4	12/29-1/3, 土休日	198	198	0
16:40-17:32	5	—	295	206	89
18:15-19:07	6	12/29-1/3, 土休日	169	169	0



図-4 70 系統路線の位置情報

(「GIFS-JP」オープンデータより作成)

(1) 遅延状況

a) 出発遅延と到着遅延

出発遅延は出発時刻と時刻表とのずれと定義した。今回用いる「バス通過時刻データ」には乗降時間がないため、同じバス停に対して、到着・出発時刻は同じである。各バス停での日ごとの発着遅延をバスの通過時刻と時刻表の差で算出した。図-5、図-6に、区間ごとの発着遅延の平均値と標準偏差を便ごとに示した。

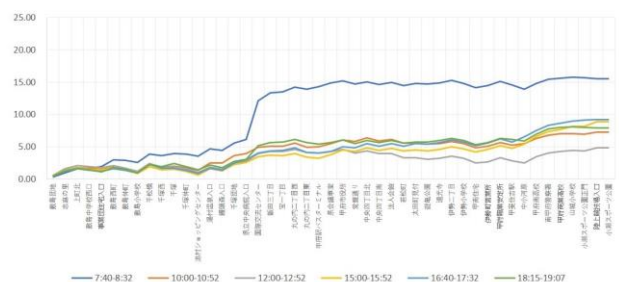


図-5 出発・到着遅延の平均値

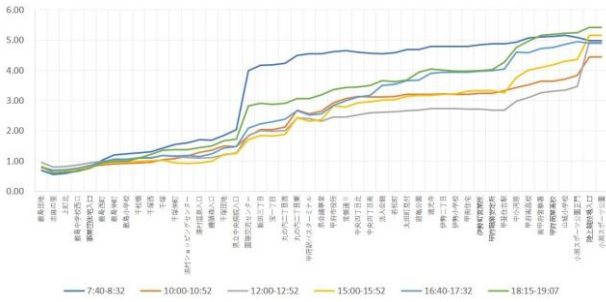


図-6 出発・到着遅延の標準偏差

b) 走行遅延

隣接するバス停の日ごとの走行遅延を区間の実際の所要時間と時刻表による所要時間の差として求める。また、任意区間の走行遅延の平均値と標準偏差を得るため、最小区間のそれを確率変数と仮定して計算を行う。算出方法は式(1a)と(1b)によって表す⁹⁾。

$$\mu = \sum_{i=1}^n \mu_i \tag{1a}$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \sigma_i^2 \sigma_j^2 \rho_{ij} \tag{1b}$$

(2) 遅延の発生する区間と原因の考察

道路渋滞は主に交差点で発生しており、遅延が大きい区間は交差点を含める区間であると想定されるが、データからはそのような区間の走行遅延が必ずしも観測されない。これは多くの場合遅延とならないように、時刻表には交差点での遅延はすでに考慮されており、区間の規定所要時間を長めに定めていると考えられる。一方、交差点を含めた区間の手前の区間において、走行遅延が大きいことがデータから示された。よって混雑による遅延は、想定以上に延長した時に発生していると考えられる。

(3) データによる検証

以上の分析に基づき、「平成 17 年甲府都市圏パーソントリップ調査」のデータを用いて遅延指標と、同区間のバスの利用状況の関係を検証する。

a) 遅延指標と手段分担モデル

本研究では車と路線バスの 2 手段を選択肢とする手段選択ロジットモデルを構築する。なお、車にはタクシー、ハイヤーも含む。対象路線沿いに属するゾーンを発着としているバス利用者サンプルを 385 件抽出した。式(2a)と(2b)に車とバスの効用関数を示す。なお、バスの利用が少ないため、今回のパラメータの推定にはバスの利用を全部抽出した上で、バスの分担率が 20%となるように車の利用をランダムに抽出した。推定用のサンプルの比

率の調整のため推定後に定数項の修正を行った。

$$U_{car} = Available_{car} * (t_1 * Time_{car} + \alpha) \tag{2a}$$

$$U_{bus} = Available_{bus} * (t_1 * Time_{bus} + d_1 * E_{delay} + d_2 * V_{delay}) \tag{2b}$$

t_1 : 所要時間のパラメータ

d_1/d_2 : 遅延の平均分散のパラメータ

α : 定数項

PT 調査が H17 のものしかないため、H17 のデータと H30 の遅延を用いたが、この間大きな道路改修等がないため、当時の遅延を近似できると考えた。そのパラメータの推定結果を表-2 に示す。今回のサンプルで計算した結果、以下のことがわかった。

- 出発・到着遅延モデルにおいて、遅延の分散がバス利用者にとって不効用になっている。一方、遅延期待値は正のパラメータになった。特に到着遅延モデルでは、有意な係数となったことから、遅延の期待値が大きな区間で効用が高く推計された。
- 走行遅延モデルにおいて、所要時間と遅延平均が不効用となっており、走行遅延平均の1分の増加は所要時間 2.75 分の増加に相当する。ただし、こちらは分散が正で有意な係数を取り、走行遅延の分散が大きな区間では効用が正になっている。
- これらの遅延は走行遅延の分散が大きな区間の後が出発遅延の分散が大きくなることから、混雑の激しい区間の後の区間ではバスの遅延自体よりも到着の信頼性が不効用になると考えられる。

表-2 パラメータの推定結果

変数	出発遅延		走行遅延		到着遅延	
	係数	t値	係数	t値	係数	t値
t1	0.05	1.92	-0.28	-2.87	0.06	2.18
d1	0.28	1.25	-0.77	-2.17	1.76	2.27
d2	-0.25	-1.78	1.12	2.94	-0.64	-2.81
α_{car}	3.10	4.07	4.64	6.82	15.07	2.04
α_{bus}	-0.90	-	-0.90	-	-0.90	-
修正済 ρ^2	0.676		0.712		0.684	

b) 遅延指標と利用率

遅延指標とバスの利用率との相関関係を分析した結果を表-3 に示す。P値が有意水準を超えるため相関無しの仮説は棄却できる。出発遅延の平均と分散が負の値になっており、出発遅延と遅延の変動が大きいほど、利用率が低くなる。この結果は以下の2点で解釈できる。

- 「バスがいつも遅れてくる」ことが利用率を低減させる上に、遅延のばらつきが大きいほど、待ち時間が不安定になり、利用者にとってスケジュールが成り立ちにくくなる。
- また、出発が遅れると到着にはさらなる遅れが出

ることが一般的に考えられるので、出発遅延が利用率に与える影響が大きいと云える。

表-3 遅延指標と利用率の相関関係 ($p < 0.05$)

	出発遅延		走行遅延		到着遅延	
	平均	分散	平均	分散	平均	分散
相関係数	-0.63	-0.72	0.23	0.27	0.50	0.49
p 値	0.019	0.006	0.045	0.024	0.058	0.064

5. 地域のバス所要時間信頼性

一路線の分析を踏まえて、次にネットワーク全体での信頼性を確認する。山梨県には複数のバス会社が存在するが、今回に分析に利用するのは、甲府盆地一帯に営業路線を持つ山梨交通会社が運営している路線バスのネットワークである。独立した路線・データが取れていない路線・令和2年3月31日に廃止した路線を全部除いて、ネットワークには 109 路線と 919 バス停が含まれる。図-7にネットワークとしての路線バス網を示す。

一路線の信頼性に対して、地域全体で信頼性を確認する意味は、複数の路線が同じリンクを通過するとき、各バス停およびバス走行区間は路線とは別に遅延状況の算出ができることである。さらに、利用区間には一路線が運行されているに限らないので、利用者から見ると、一路線の信頼性より、利用する区間の信頼性に関心がある。そこで、バス停やリンクそのものに着目して指標を計算した。

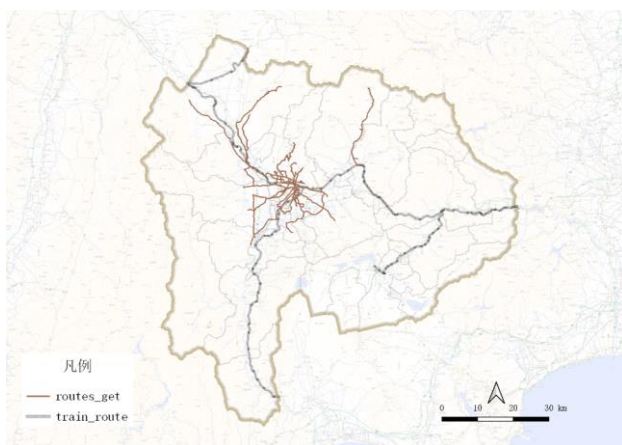


図-7 ネットワークとしての路線バス網
(「GIFS-JP」オープンデータより作成)

(1) 各区間における平日と休日の遅延状況

図-8～図-9に出発・当客遅延の平均値、図-10～図-11に出発・到着遅延の標準偏差を、平休日別に示した。全体的に見ると、平日は休日より遅延の平均値と標準偏差が高く、両方とも中心市街地に近いほど遅延とその変動

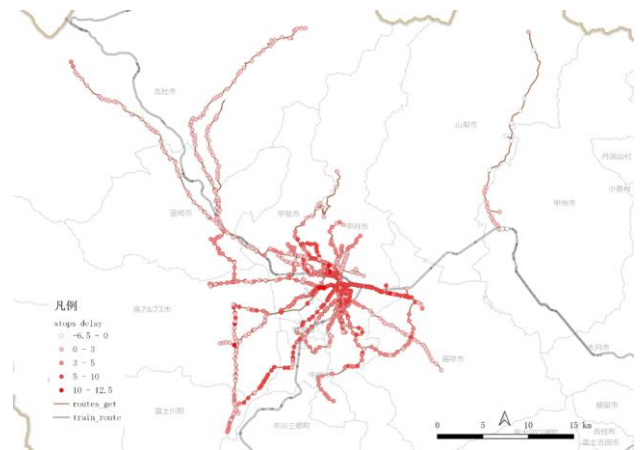


図-8 平日の出発・到着遅延の平均値

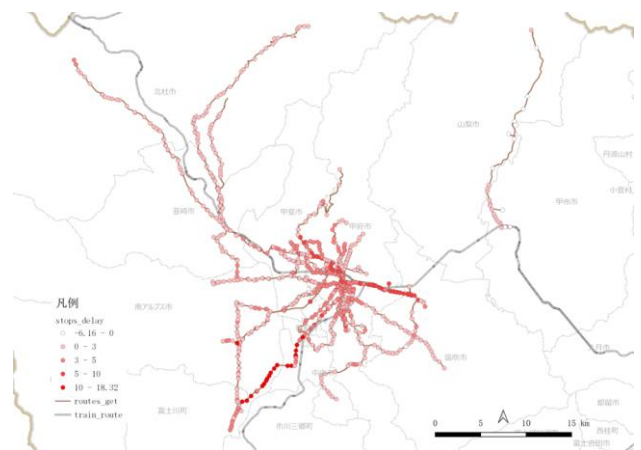


図-9 休日の出発・到着遅延の平均値

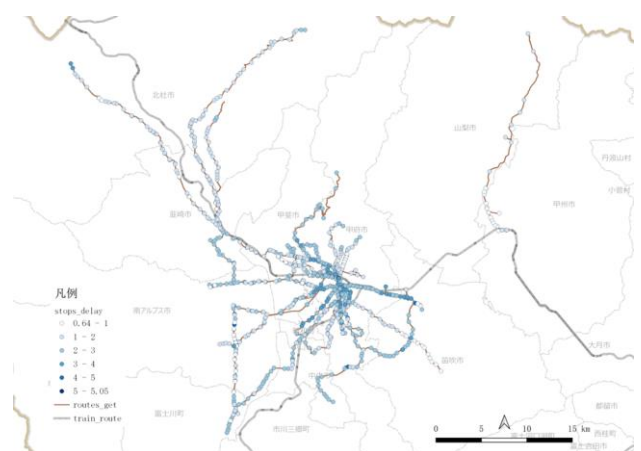


図-10 平日の出発・到着遅延の標準偏差

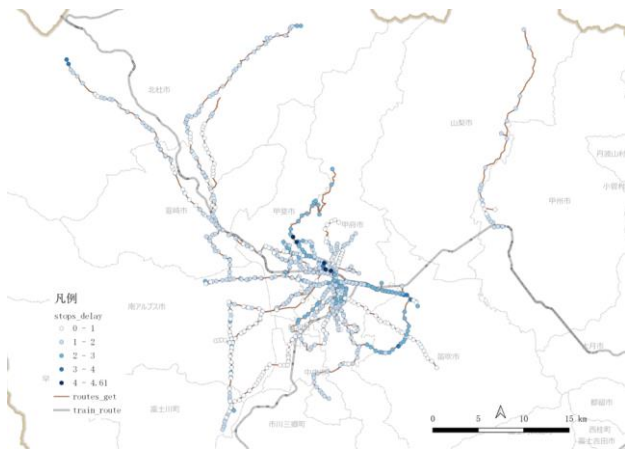


図-11 休日の出発・到着遅延の標準偏差

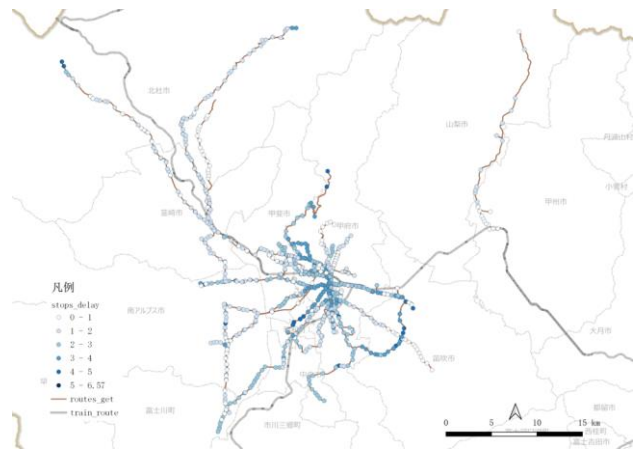


図-14 休日ピーク時の出発・到着遅延の標準偏差

(2) 各区間における平日のピーク時とオフピークの遅延状況

朝のピーク時を 7:00-9:30 と定義し、ピークおよびオフピークのバス停の遅延状況を平日・休日別に図-12～図-15 に示した。平日ピーク時はオフピークより遅延の平均値と標準偏差が高く、都市圏中心部に限らず、周辺地域でも遅延が発生している。休日には特定の箇所以外はそれほど大きな渋滞による影響がみられない。

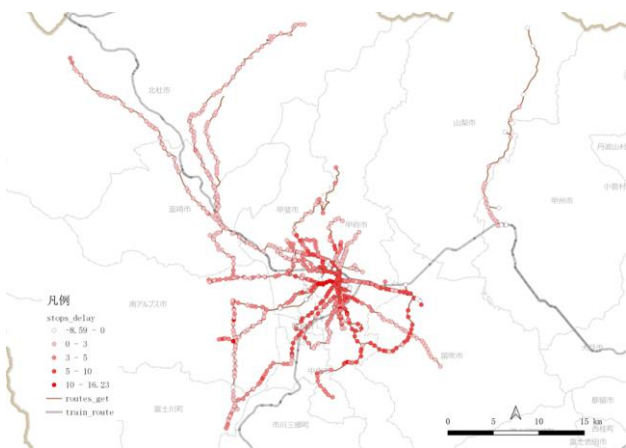


図-12 平日ピーク時の出発・到着遅延の平均値

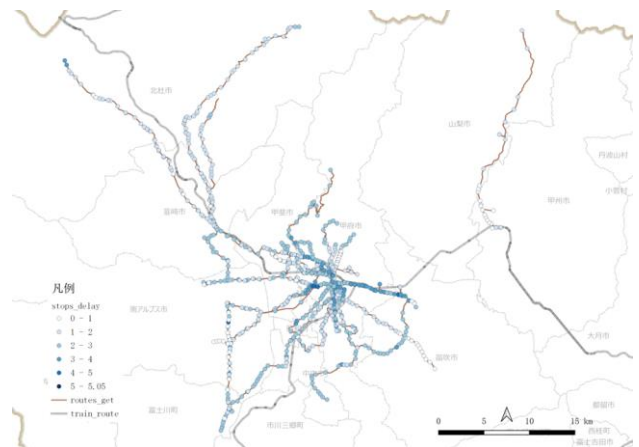


図-15 休日オフピークの出発・到着遅延の標準偏差

(3) 各バス停の通過頻度と遅延状況の比較

通過頻度が高いほど、遅延による影響が緩和すると想定される。図-16 と図-17 を比較すると、中心市街地において、頻度が高い区間だとしても、遅延状況は良いとは言えない。これはバス頻度が高い道路には車の利用も多く、道路渋滞が路線バスの遅延によって反映されると考えられる。中心市街地以外のところにおいては、頻度が高いほど、遅延が小さくなる区間が見られる。

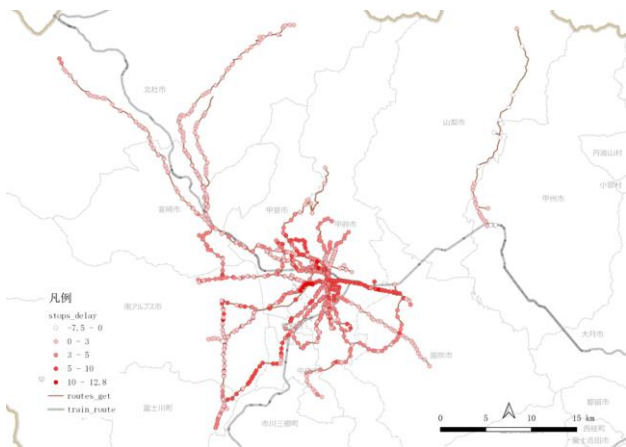


図-13 平日オフピークの出発・到着遅延の平均値

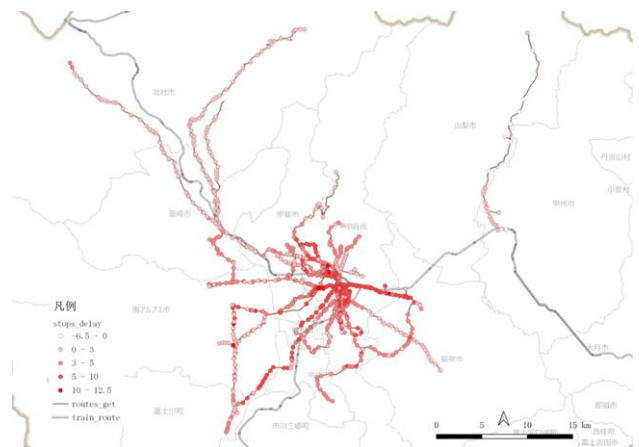


図-16 平日の出発・到着遅延の平均値

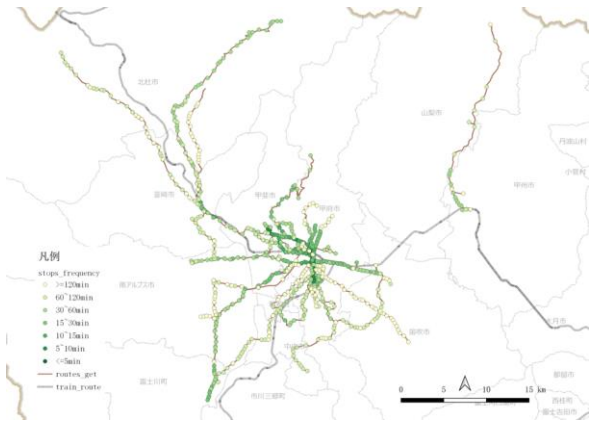


図-17 各バス停における運行頻度

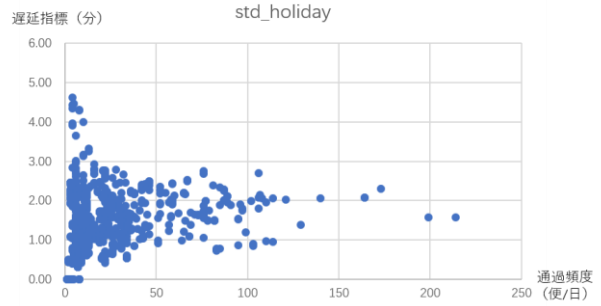


図-21 通過頻度と遅延標準偏差の関係・休日

a) 通過頻度と遅延状況の相関関係

区間に着目して、遅延の平均と通過頻度を確認したのが図-18～図-21である。遅延の平均値は5分を、標準偏差は2分を中心に変動する。一日100便を超えた場合、遅延およびその変動が一定の範囲に収束していくことが示されている。

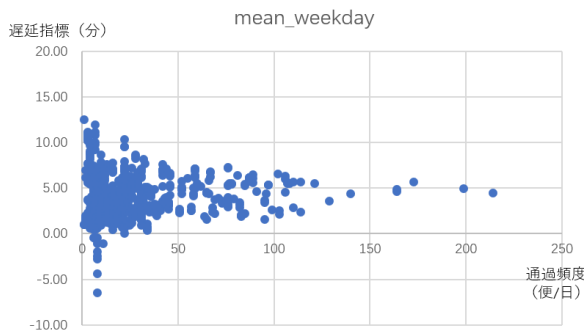


図-18 通過頻度と遅延平均値の関係・平日

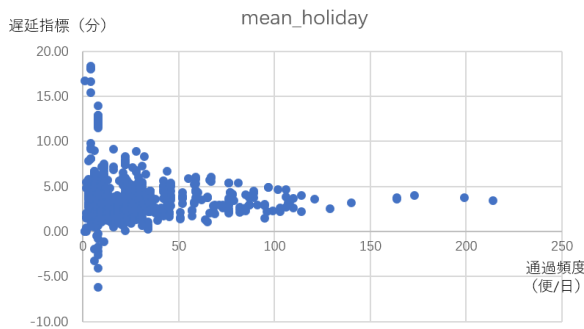


図-19 通過頻度と遅延平均値の関係・休日

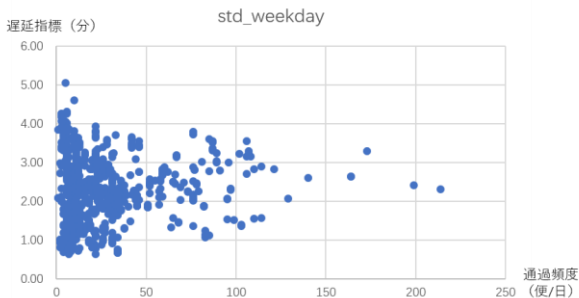


図-20 通過頻度と遅延標準偏差の関係・平日

b) 通過頻度と遅延状況の相関関係の検定

各バス停における通過頻度と遅延状況について、相関を分析したのが表-4である。平日の標準偏差と通過頻度との負の相関が最も大きいと見られるが、検定を行ったところ、負の相関関係が有意であることが示された。つまり、平日においては、通過台数が多いバス停、つまり中心市街地付近のバス停が遅延の標準偏差が減少していくことが示された。これは、遅延自体というよりも、平日は中心市街地は比較的混雑が激しく、道路状況が安定していると考えられることができる。

表-4 通過頻度と遅延状況の相関関係 ($p < 0.05$)

	平日		休日	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
相関係数	-0.07	-0.16	-0.09	-0.03
p値	2.2×10^{-16}	2.2×10^{-16}	2.2×10^{-16}	3.8×10^{-12}

(4) 各区間の運行頻度と遅延状況の相関関係

続いて区間に着目して分析を行う。バス停間の区間は48397区間あり、各区間の運行頻度と遅延状況の関係を、図-22から図-25に示す

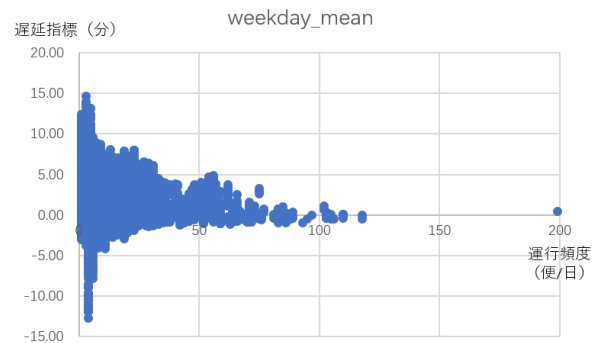


図-22 運行頻度と遅延の平均値の関係・平日

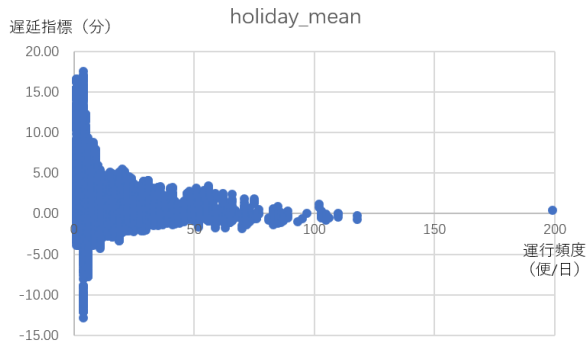


図-23 運行頻度と遅延の平均値の関係・休日

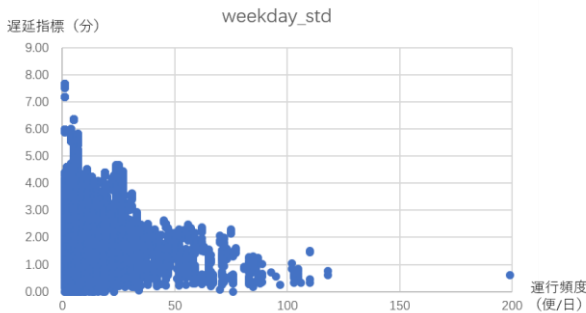


図-24 運行頻度と遅延の標準偏差の関係・平日

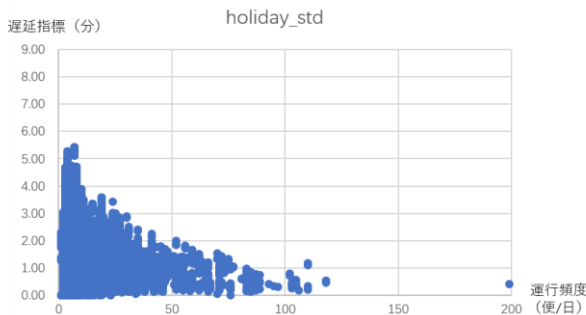


図-25 運行頻度と遅延の標準偏差の関係・休日

これらの結果から、各区間において運行頻度が高いほど、遅延が一定の範囲に収束していく。平均値は0分を中心に変動し、標準偏差は負の値がないため、だんだん0に近づいていく。つまり、運行頻度が高い区間は遅延の分散が小さく信頼性が高くなると言える。

相関関係の検定にあたって、各区間における運行頻度と遅延状況は、表-5に示すように、すべて負の関係になっており、かつ有意であった。各区間における通過頻度と遅延状況の関係と同じく、平日の標準偏差との負の相関が最も大きき結果が得られた。

表-5 運行頻度と遅延状況の相関関係 (p<0.05)

	路線数	P値	頻度	P値
平日_平均	-0.02	1.3*10 ⁰⁶	-0.07	2.2*10 ⁻¹⁶
平日_標準偏差	-0.14	2.2*10 ⁻¹⁶	-0.16	2.2*10 ⁻¹⁶
休日_平均	-0.06	2.2*10 ⁻¹⁶	-0.09	2.2*10 ⁻¹⁶
休日_標準偏差	-0.09	2.2*10 ⁻¹⁶	-0.03	3.8*10 ⁻¹²

6. まとめ

本研究では、バスロケーションデータを活用することによって、山梨県路線バスの遅延状況を把握し、特にネットワーク全体の遅延実況について分析を行った。はじめに、一路線を対象に、交通手段選択モデルを構築して、パラメータの推定結果から遅延の大きさおよびその変動が利用者に対する影響を定量的に示した。さらに、ネットワーク全体についての時間信頼性の分析では、区間ごとにバス路線を混合し、それらの運行頻度と各区間における出発・到着遅延について集計したところ、負の相関関係がみられた。検定を行った結果、いずれも頻度や本数と信頼性指標は有意な相関を持ち、本数が多いところでは、遅延という意味においては信頼性が高くなることが示された。一方、郊外部などでは、頻度が低く、路線のバスが限定されることから、信頼性が低いと判定されたところも存在した。

現在、同じデータを活用して、渋滞評価に活用する検討が山梨県道路交通円滑化・安全委員会において検討が進められている⁷⁾。今後は、今回得られた知見や指標を活用して、渋滞改善の判定等を行っていきたい。

今後の課題として、時間信頼性とバスの利用率・利用者数の関係をさらに分析し、時間信頼性を利用者便益計測計測に活用する。それによって、バス遅延による道路渋滞による損失額を推計でき、従来の道路交通の渋滞改善指標の一つとして利用することを検討している。

参考文献

- 1) 中山晶一郎, 「道路の時間信頼性に関する研究レビュー」, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.6, No.1, pp.95-114, 2011.
- 2) 宇野伸宏, 永廣悠介, 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・論文集, No.23, pp.1019-1027, 2006.

- 3) 小山真弘, 岩倉成志, 柳下浩, 「路線バスの遅延時間の分布形状に着目した時間信頼性評価」, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.72, No.5(土木計画学研究・論文集第 33 卷), I_793-I_799, 2016.
- 4) 山崎将貴, 荒木大輝, 名倉陽太, 豊木博泰「長期時系列データを用いたバス到着予測手法の開発とサービス方法の提案」, 第 13 回日本モビリティ・マネジメント会議, 2018.
- 5) 山梨県, 「甲府都市圏の人の働き~平成 17 年甲府都市圏パーソントリップ調査結果から~」, 2008.
- 6) 土木学会, 「非集計行動モデルの理論と実際」, 技報堂, pp.123-143, 1995.
- 7) 甲府河川国道事務所, 山梨県道路交通円滑化・安全委員会, 第 21 回委員会資料, https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000784822.pdf

A STUDY ON EVALUATION OF LOCAL BUS DELAY IN RURAL AREAS

Huahua WANG, Miho MATSUMURO, Kuniaki SASAKI and Hiroyasu TOYOKI

The purpose of this study is to evaluate the travel time reliability of local bus by utilizing bus location data in Yamanashi prefecture. The reliability of travel times of local buses that are infrequent in rural areas can be divided into two parts: departure time reliability and travel time reliability. Each of those has different characteristics depending on network characteristics. In this study, we first constructed three modes of transportation selection models by analyzing one route, and showed the effects of different time reliability on users quantitatively. In addition, we expanded it to the whole bus network and clarified the actual delay on the network. Furthermore, in the analysis of travel time reliability as a network, the negative correlation between the operation frequency and the departure /arrival delay at each bus stop.