

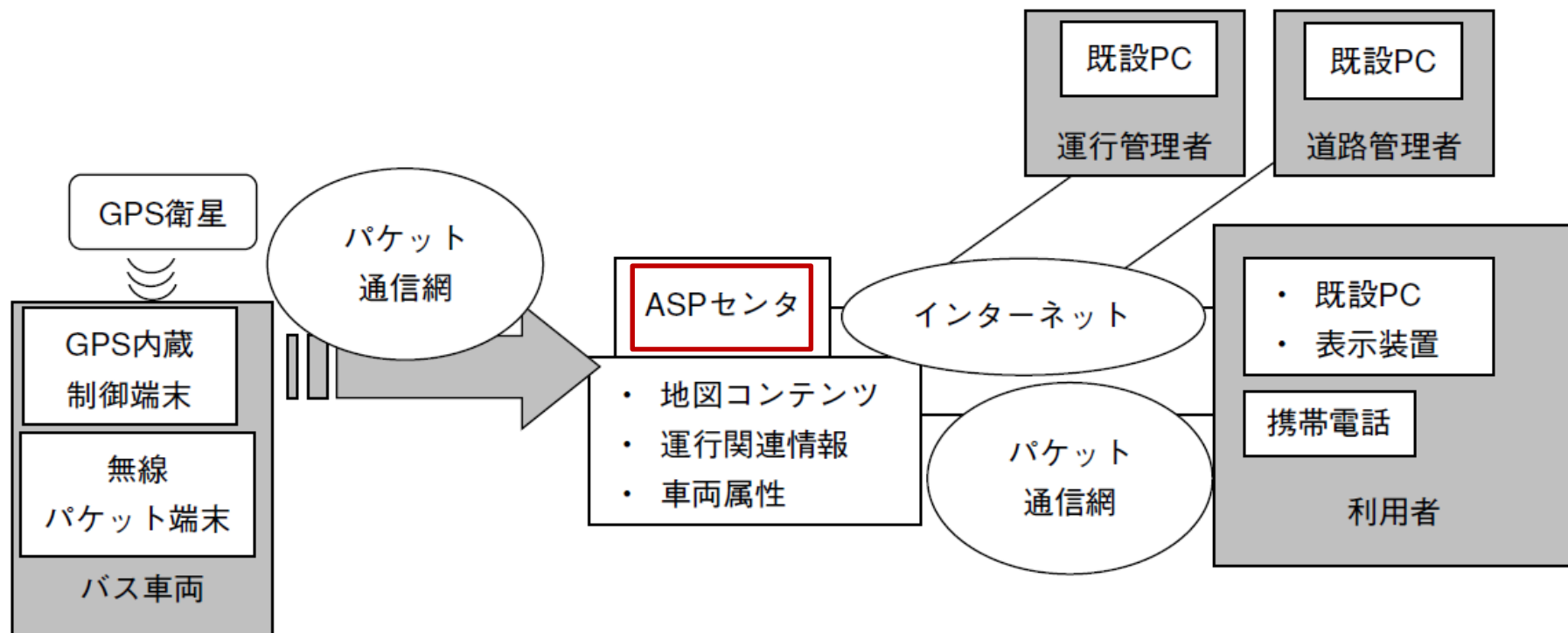
2020年11月18日 第106回まちべん資料

バスロケデータの利活用について

(公財)豊田都市交通研究所
主任研究員 楊 甲

バスロケ(バスロケーションシステム)の概要

- バス車両に搭載したGPS車載端末からバスの位置情報を収集し、PCや携帯電話等でバス利用者への情報を提供しており、バスの運行情報を登録する機能を有するもの
- 道路管理者向けの渋滞情報等に関する情報収集としての役割も併用している場合あり
- これらの機能によって、バス利用者の利便性向上、バス運行管理の効率化、道路に関する調査の効率化を推進することが可能となる



注: ASPとはApplication Service Providerの略語で、ソフトウェアをインターネットなどを通じて利用者に提供するサービス事業者のことである。

出典: 江藤ら、ASPを利用した自治体向けバスロケーションシステム、沖テクニカルレビュー、第200号 Vol.71 No.4、2004年10月。

バスロケの事例紹介(豊田市のおいでんバス)

- おいでんバスのリアルタイムの運行情報をみちナビとよたのHPに掲載中。運行時間帯におけるおいでんバス各路線の運行状況が示されている(下図に参照)
- 豊田市交通政策課が該当HPを運営中。基幹バスや地域バスの時刻表等が検索できる

バス位置情報の見本を表示する

[6.旭・足助線] 足助病院→小渡

バス運行情報 [13時37分]の情報 | あと14秒で更新します。 最新情報に更新

現在のバス位置



久木北300m

発車まで
お待ちください。

発車まで
お待ちください。

停留所をクリックすると詳細情報が見られます。
次の時刻を表示

運行状況	通常運行中		
足助病院	-	15:25	16:50
足助高校前	-	15:26	16:51
香嵐渓	-	15:26	16:51
一の谷口	-	15:27	16:52
足助学校下	-	15:28	16:53
足助田町	-	15:29	16:54
足助	-	15:30	16:55
林間	-	15:33	16:58
豊岡	-	15:34	16:59
久木	通常運行	15:35	17:00
八森	13:37	15:37	17:02
上八森	13:38	15:38	17:03
新盛	13:39	15:39	17:04
瀬田口	13:40	15:40	17:05

路線 route

- 1. 藤岡・豊田線(加納経由)
- ▶ 藤岡支所→豊田市
- ▶ 豊田市→藤岡支所
- 2. 小原・豊田線
- ▶ 上仁木→豊田市
- ▶ 豊田市→上仁木
- 2. 藤岡・豊田線(西中山経由)
- ▶ 藤岡中学校前→豊田市
- ▶ 加茂丘高校前→豊田市
- ▶ 豊田市→藤岡中学校前
- ▶ 豊田市→加茂丘高校前
- 5. 旭・豊田線
- ▶ 広瀬→豊田市
- ▶ 豊田市→広瀬
- ▶ 小渡→豊田市
- ▶ 豊田市→小渡
- 6. 旭・足助線
- ▶ 小渡→足助病院
- ▶ 足助病院→小渡
- 7. 稲武・足助線

参考：豊田市での基幹バス路線の一覧

- 都市部の基幹交通を担うための基幹バスには、おいでんバス及び名鉄バスの2種類あり
- おいでんバスは市内を走るコミュニティバスで、その位置づけとしては地域住民の移動手段を確保するため、豊田市が費用を負担して当該バス路線をバス事業者に委託運行中
- 名鉄バスはバス事業者が独自で運営している公共交通機関
- 本研究で用いたバスロケのデータはおいでんバスの位置情報を記録しているもの

		バス	No.	問合せ先	
基幹バス	とよたおいでんバス	藤岡・豊田線(加納経由)	①	豊栄交通(株)豊田北営業所	0565-43-0158
		小原・豊田線	②	名鉄バス(株)豊田営業所	0565-32-1371
		藤岡・豊田線(西中山経由)	②		
		旭・豊田線	⑤		
		旭・足助線	⑥		
		稲武・足助線	⑦	(株)オーワ 足助営業所	0565-67-2222
		稲武・足助線(快速いなぶ) 「水別広場」は上り便では乗車のみ、下り便では降車のみ。「勘八中根」、「豊田スタジアム東」は上り便では降車のみ、下り便では乗車のみ。	⑦		
		さなげ・足助線	⑧		
		下山・豊田線	⑩	豊栄交通(株)本社営業所	0565-74-1110
		名鉄バス	岡崎・足助線	③①	名鉄バス(株)岡崎営業所
大沼線	③②				
矢並線	③③		名鉄バス(株)豊田営業所	0565-32-1371	

標準的なバス情報フォーマット

- 静的データ(GTFS-JP)や動的データ(GTFS-RT)の2種類のフォーマットが含まれる
- 静的データや動的データの提供によって、バス運行状況を考慮した経路検索は可能となる

「標準的なバス情報フォーマット」とは、バス事業者と経路検索等の情報利用者との情報の受渡しのための共通フォーマットです。

「標準的なバス情報フォーマット」制定の目的

- 1 バス情報を利用者ニーズに合わせて提供
 - ・データ化されていないバス事業者によるデータ整備の促進
 - ・バス事業者と情報利用者との情報受渡しの効率化・迅速化
 - ・乗換案内等での他のモードとのシームレス案内の実現
 - 2 バス事業者の経営基盤強化
 - ・蓄積されたデータの活用による事業改善
 - ・MaaS※(マース)への戦略的参画
- ※MaaS: Mobility as a Service

「標準的なバス情報フォーマット」の構成

静的データ「GTFS-JP」と動的データ「GTFS Realtime」の2種類のフォーマットを包含しています。



情報提供や交通分析に利用、バスロケとも連携可能(GTFS Realtime)

区分	フォーマット名	対象とする情報
静的データ	GTFS-JP	停留所、路線、便、時刻表、運賃等
動的データ	GTFSリアルタイム 略称:GTFS-RT	遅延、到着予測、車両位置、運行情報等

いずれも国際的に広く利用されている「GTFS」(General Transit Feed Specification)を基本としているため、整備した情報が迅速に世界中の経路検索サービスに反映されるという特長があります。

「標準的なバス情報フォーマット」による公共交通オープンデータ一覧

全国90社(2019年2月時点)のバス事業者や自治体が標準フォーマットによるオープンデータ配信を行っています



情報源: 鶴田鉄兵「GTFS・『標準的なバス情報フォーマット』オープンデータ一覧
http://tshimada291.sakura.ne.jp/transport/gtfs-list.html
図表作成: 伊藤昌毅

参考：豊田市のバスの静的データ提供(GTFS-JP)

- おいでんバス及び地域バスの静的データ(停留所、路線、便、時刻表、運賃等)はオープンデータとして、豊田市役所のHPに掲載されている
- 路線改編に対応した最新状況を反映するため、静的データは随時に更新されている

オープンデータ 豊田市のバス情報 (2020年8月1日更新)

[ツイート](#) [LINEで送る](#)

ページ番号1033043 更新日 2020年11月16日 [印刷](#)

豊田市内を走行する「とよたおいでんバス」と「地域バス」のオープンデータ(標準的なバス情報フォーマット)です。路線改編等により随時データを更新しますので、ご利用される場合は交通政策課(電話番号:0565-34-6603)まで一度ご連絡ください。

表 掲載対象路線

	対象路線	路線数
おいでんバス	豊田・渋谷線 土橋・豊田東環状線 保見・豊田線 さなげ・足助線 小原・豊田線 藤岡・豊田線(加納経由) 藤岡・豊田線(西中山経由) 旭・豊田線 下山・豊田線 旭・足助線 稲武・足助線/快速いなぶ 中心市街地玄関口バス	12路線
地域バス	松平地域バス 高岡地域バス 保見地域バス 石野地域バス 藤岡地域バス 稲武地域バス 上郷地域バス 旭地域バス 足助地域バス	9路線

市政情報

- ▶ [情報公開](#)
- ▶ [情報公開・情報保護](#)
- ▶ [豊田市オープンデータカタログ](#)
- ▶ [豊田市オープンデータカタログページ利用規約](#)
- ▶ [オープンデータ 町字名の読み方一覧\(2019年4月1日更新\)](#)
- ▶ [オープンデータ 水防倉庫一覧\(2017年6月5日更新\)](#)
- ▶ [オープンデータ 統計データ\(2020年11月12日更新\)](#)
- ▶ [オープンデータ 市税の納期限一覧\(2020年4月1日更新\)](#)
- ▶ [オープンデータ 訪問理美容サービス協力店一覧\(2020年6月29日更新\)](#)
- ▶ [オープンデータ 福祉・保健関係施設一覧\(2020年7月更新\)](#)
- ▶ [オープンデータ 豊田市地域包括支援センター一覧\(2020年4月1日更新\)](#)

参考：豊田市のバスの動的データ提供(GTFS-RT)

- おいでんバスの遅延情報をGoogleが提供している経路検索サービスのGoogle Mapへ掲載することで、利用者は利用するバス運行情報をリアルタイムに調べることは可能となる
- 参考事例として、市役所から大沼町までの公共交通機関の経路検索結果を以下に示す

The screenshot shows a Google Maps interface with a route search from Toyooka City Hall (豊田市役所) to Onizumi (大沼町). The route is highlighted in orange and includes a callout box indicating a 11-minute delay (1時間 11分). The left sidebar shows the route details, including the bus line (とよたおいでんバス10下山・豊田線) and the estimated arrival time (17:10). A red box highlights the bus line name, and a red arrow points to it from a black box labeled 'リアルタイム遅延情報' (Real-time delay information).

リアルタイム遅延情報

出発地: 豊田市役所、〒471-8501 愛知県豊田市西町3丁目
目的地: 大沼町、〒444-3242 愛知県豊田市

15:59 - 17:10
(1時間 11分)

とよたおいでんバス10下山・豊田線

16:07、豊田本町発・定刻
500円 歩 30分

16:07 豊田本町

とよたおいでんバス10下山・豊田線 大沼
約 41分 (25駅) 定刻・下山方向 番ホーム

16:48 業務センター前

徒歩
約 22分, 1.4km

17:10 大沼町
〒444-3242 愛知県豊田市

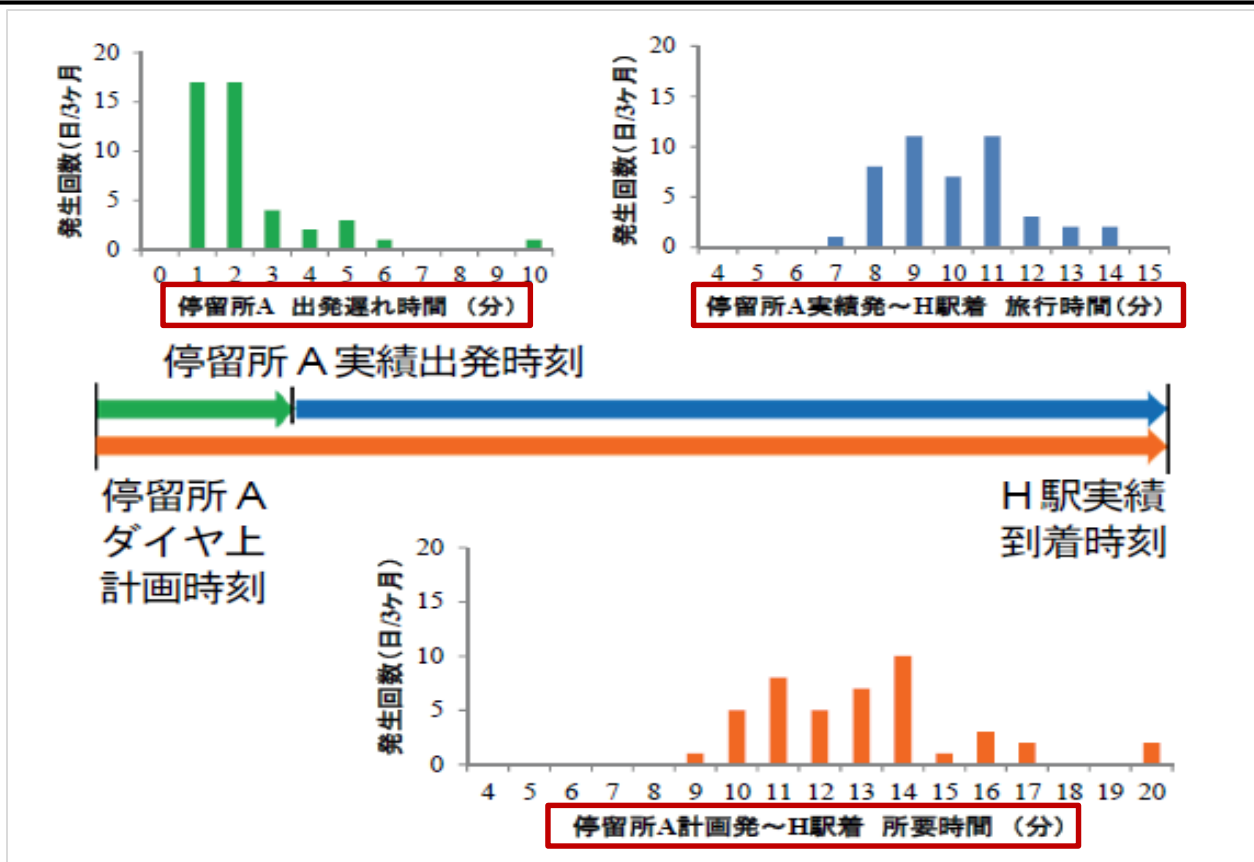
料金: 500円

切符などの情報
豊田市

ルートおよびその他の情報は参考情報としてご利用ください。これらの情報は、混雑具合や工事、天候等の影響により実際の状況とは異なる場合があります。移動時間は実際の標識や案内板等に従ってください。

バスロケデータの利活用(時間信頼性・旅行時間信頼性)

- 時間信頼性は路線バスを対象にダイヤからの遅延時間の分布形に着目し、バス路線が提供しているサービスレベルを評価している手法
- 旅行時間信頼性は道路の信頼性評価の一つとして、旅行時間の平均値・分散およびパーセンタイル値といった指標値により評価されている手法
- 停留所遅延時間分布は停留所間の旅行時間分布と比較して異なることが分かる



出典: 小山ら、路線バスの到着時刻分布形状に着目した時間信頼性評価、第52回土木計画学研究発表会・講演集、2015年3月。

バスロケータに関する研究所先行研究の紹介

- H28年度自主研究はバスロケータを用いた渋滞状況の簡易的な評価指標を構築済
- 天候、トヨタ自動車稼働の影響を考慮した道路交通状況を把握するため、下図に示す区間におけるバス旅行時間を解析し、旅行時間の変化から、それらの影響度合いを把握済
- 具体的には、時間帯を朝6時から4時間(通勤時間帯)に絞り込み、対象区間のバス旅行時間の平均値を算出・比較し、平均値の差に関する有意性の有無を把握



図 森→豊田本町の運行区間

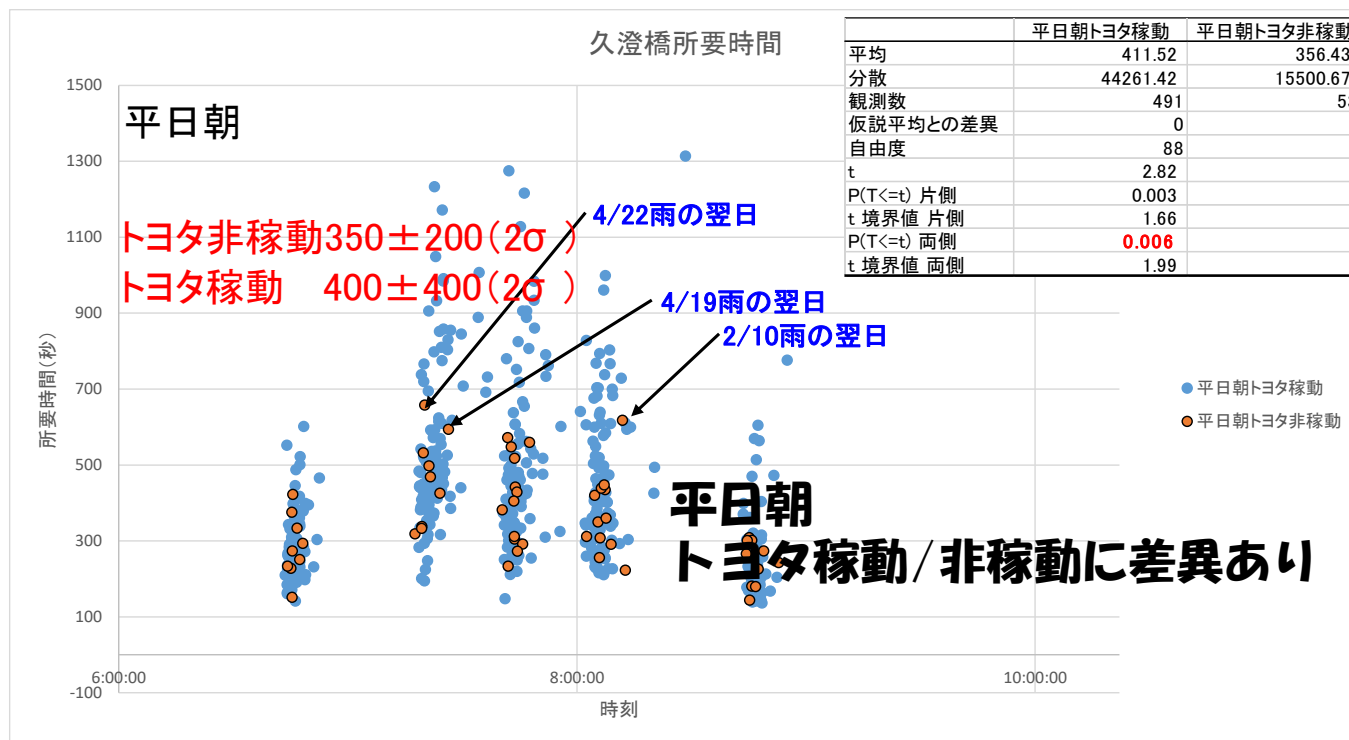


図 四郷→上原の運行区間

参考：先行研究による分析結果例

- 平日の朝通勤時間帯において、トヨタ自動車稼働有無別の下山・豊田線の森バス停から豊田本町バス停までの旅行時間の分析結果を以下に示す
- 前提条件は停留所間の旅行時間は正規分布に従うこと。ただし、既往研究では旅行時間は必ず正規分布に従うことはないことを示したため、構築した評価指標改善の余地あり

(11)解析結果⑥(2016.1.1~6.30 平日朝 トヨタ稼働/非稼働)



*) 平日 トヨタ非稼働: 1/4,5,2/8,9,10,11,4/18,19,20,21,22,5/9,6/1

本研究目的及び先行研究*との違い

- 長期間にわたるおいでんバスのバスロケデータを用いて、バス運行路線に含まれる道路区間別の旅行時間や速度の平均値やそれらの変動を把握することで、豊田市の道路渋滞分析を行うことを目的とする
- 本研究は2016年度に実施した先行研究*と比較した違いを以下に示す

(1) サンプル数の増加

- ◎先行研究は2路線の6か月間のバスロケデータを整理し、旅行時間の分析を実施した。
- 本研究はバスロケデータをさらに活用することを念頭に入れて、全てのバスルートや停留所の位置情報をデジタル道路地図に電子化するとともに、対象期間を拡張し、1年間のバスロケデータを整理し、旅行時間の分析を実施する。

(2) 旅行時間分析手法の改良

- ◎先行研究は道路渋滞状況を分析した前提条件として、道路区間の旅行時間は正規分布に従うことである。
- 本研究は道路区間の旅行時間に適用する混合正規分布に従うことを設定する。

(3) 路線定時性分析の実施

- ◎先行研究は道路区間の旅行時間の分布を分析した。
- 本研究は道路区間の旅行時間の分布のみならず、バス停留所に到着する定時性も分析対象とする。(報告書本文に参照)

本研究の分析手法(混合正規分布)

○本研究では、バス旅行時間を把握するにあたり、混合正規分布を用いて旅行時間をモデリング。そのメリットは交通状況の**混雑状態・非混雑状態**に応じた旅行時間を把握することは可能であるため、**正規分布の結果**と比較して優位性を持つ

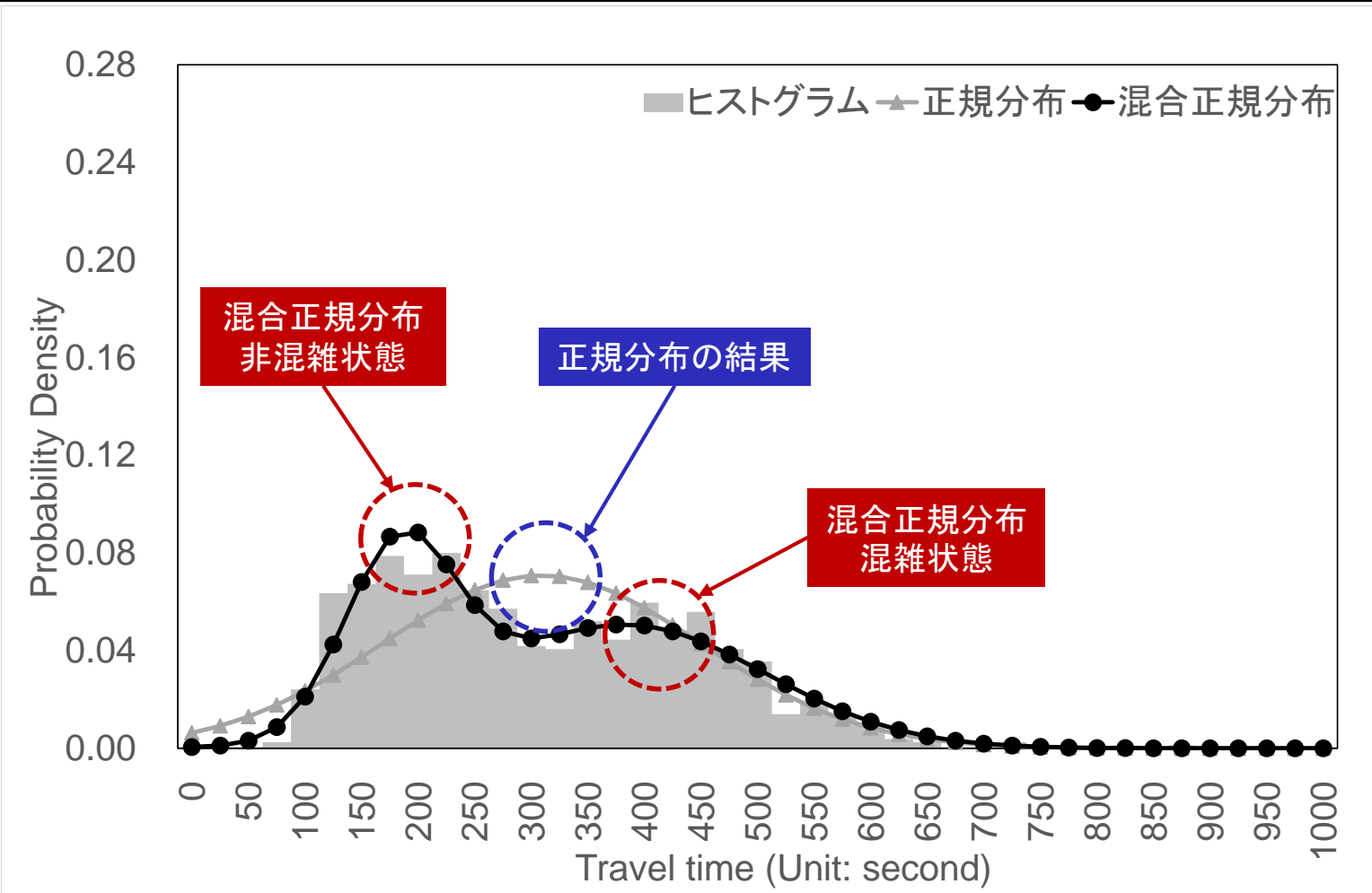


図 旅行時間に適用した混合正規分布VS正規分布の例

参考：バス旅行時間を解析するための手法比較(既往研究)

○既往研究(Ma et al., 2016)ではバスの旅行時間の分布の最適な解析手法を検討するため、既往研究では使われている解析モデルの比較を実施済。その結果、混合正規分布はほかのモデルと比較して、適合度が最も高いことが分かる

Table V. Descriptive summary of Anderson–Darling (AD) significance value and candidature distributions performance (link level)

Model	Mean_sig*	Median_sig*	SD_sig*	Cases_pass [†]	Cases_top3 [‡]
Normal	0.51	0.53	0.37	45 347	19 864
Weibull	0.36	0.23	0.37	35 305	8 677
Logistic	0.55	0.62	0.36	47 772	18 657
Gamma	0.51	0.60	0.40	40 163	9 383
Lognormal	0.52	0.62	0.40	40 311	16 121
Loglogistic	0.54	0.67	0.40	40 737	16 586
Burr	最大 0.51	0.68	最小 0.44	33 946	22 713
Gaussian mixture models (GMM)	0.75	0.94	0.35	49 563	34 246

The bold value indicates the best model identified under each performance measure.

*sig is the AD test significance value.

[†]A passed distribution with AD *p*-value > 0.05. The total number of cases is 56 316.

[‡]The total number of cases being listed as the top 3 and the total number of cases is 146 247.

注：アンダーソン–ダーリング検定(英: Anderson–Darling test)は統計学における仮説検定の一種である。有限個の標本が帰無仮説で提示された分布と異なっているかどうかを調べるために用いられる。

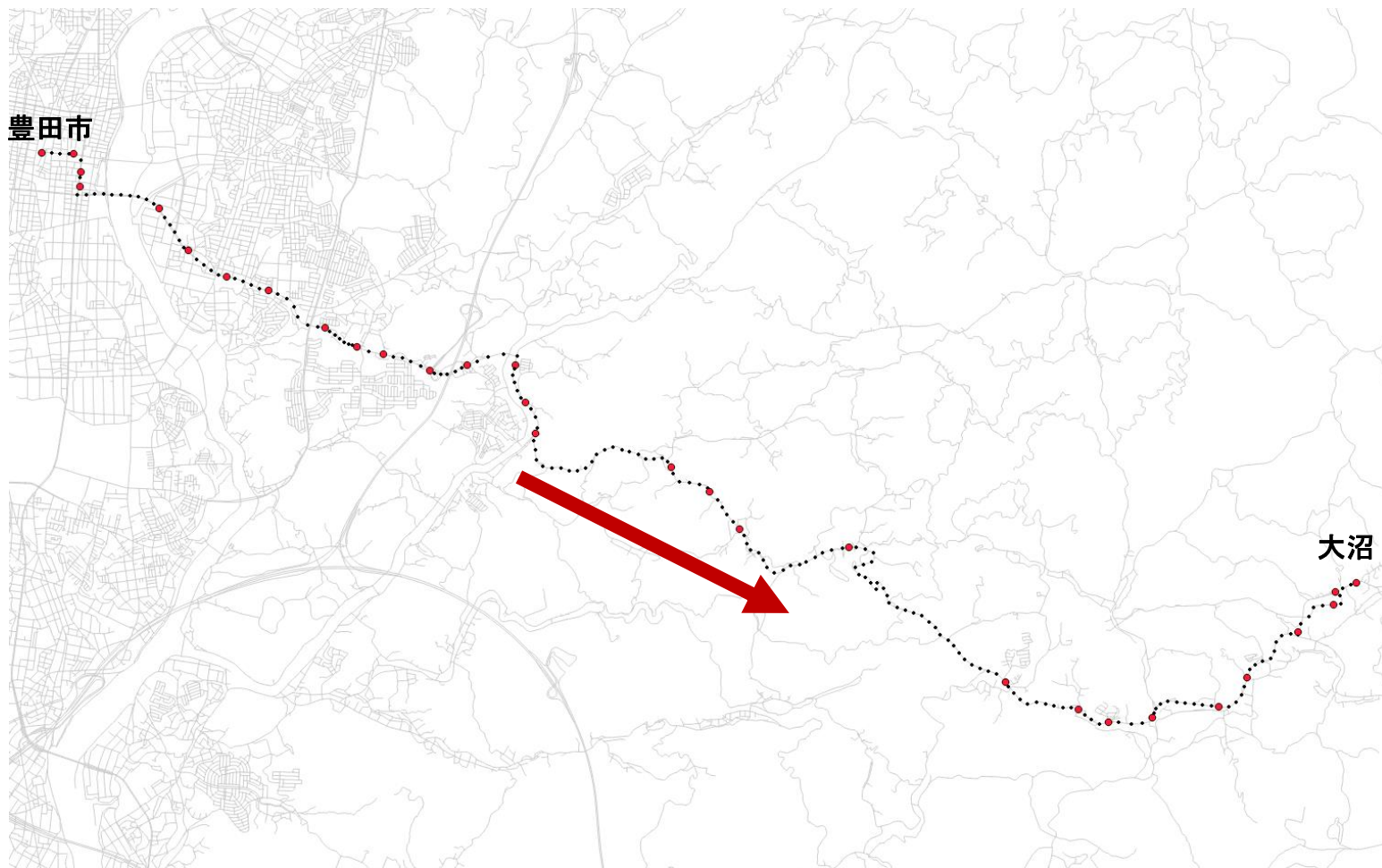
おいでんバスロケデータの内容

- 通常、GPSログの収集間隔は約30秒であるが、場合によって30秒ではないものあり
- 観測点(唯一番号)はバスロケ管理事業者がバスの遅延時間を算出するため、約100m毎に定めたポイント。バス運行車両に対して、システムは観測点番号が取得できない場合有

固有番号1	固有番号2	GPSログ時刻	経度	緯度	観測点番号	サーバー時刻
154615391	10	2016/6/1 5:10:34	137.1541	35.07983	¥N	2016/6/1 5:10:34
154615439	10	2016/6/1 5:14:40	137.1542	35.07962	¥N	2016/6/1 5:14:40
154616531	10	2016/6/1 5:48:00	137.1588	35.08267	¥N	2016/6/1 5:48:00
154616557	10	2016/6/1 5:48:29	137.1608	35.08268	¥N	2016/6/1 5:48:29
154616654	10	2016/6/1 5:50:27	137.1626	35.09074	¥N	2016/6/1 5:50:27
154616767	10	2016/6/1 5:52:40	137.1635	35.09718	¥N	2016/6/1 5:52:40
154616921	10	2016/6/1 5:55:30	137.1631	35.10473	¥N	2016/6/1 5:55:30
154616949	10	2016/6/1 5:55:59	137.1636	35.10597	¥N	2016/6/1 5:55:59
154616976	10	2016/6/1 5:56:29	137.1654	35.10869	¥N	2016/6/1 5:56:29
154617008	10	2016/6/1 5:56:59	137.1659	35.10938	¥N	2016/6/1 5:56:59
154617037	10	2016/6/1 5:57:30	137.1668	35.11085	¥N	2016/6/1 5:57:30
154617065	10	2016/6/1 5:58:02	137.1672	35.11364	¥N	2016/6/1 5:58:02
154617091	10	2016/6/1 5:58:29	137.1677	35.11699	¥N	2016/6/1 5:58:29
154617117	10	2016/6/1 5:58:59	137.1681	35.11916	¥N	2016/6/1 5:58:59
154617149	10	2016/6/1 5:59:32	137.1671	35.1215	¥N	2016/6/1 5:59:32
154617174	10	2016/6/1 5:59:59	137.166	35.12397	¥N	2016/6/1 5:59:59
154617202	10	2016/6/1 6:00:29	137.166	35.12408	¥N	2016/6/1 6:00:29
154617229	10	2016/6/1 6:00:59	137.1661	35.12551	¥N	2016/6/1 6:00:59

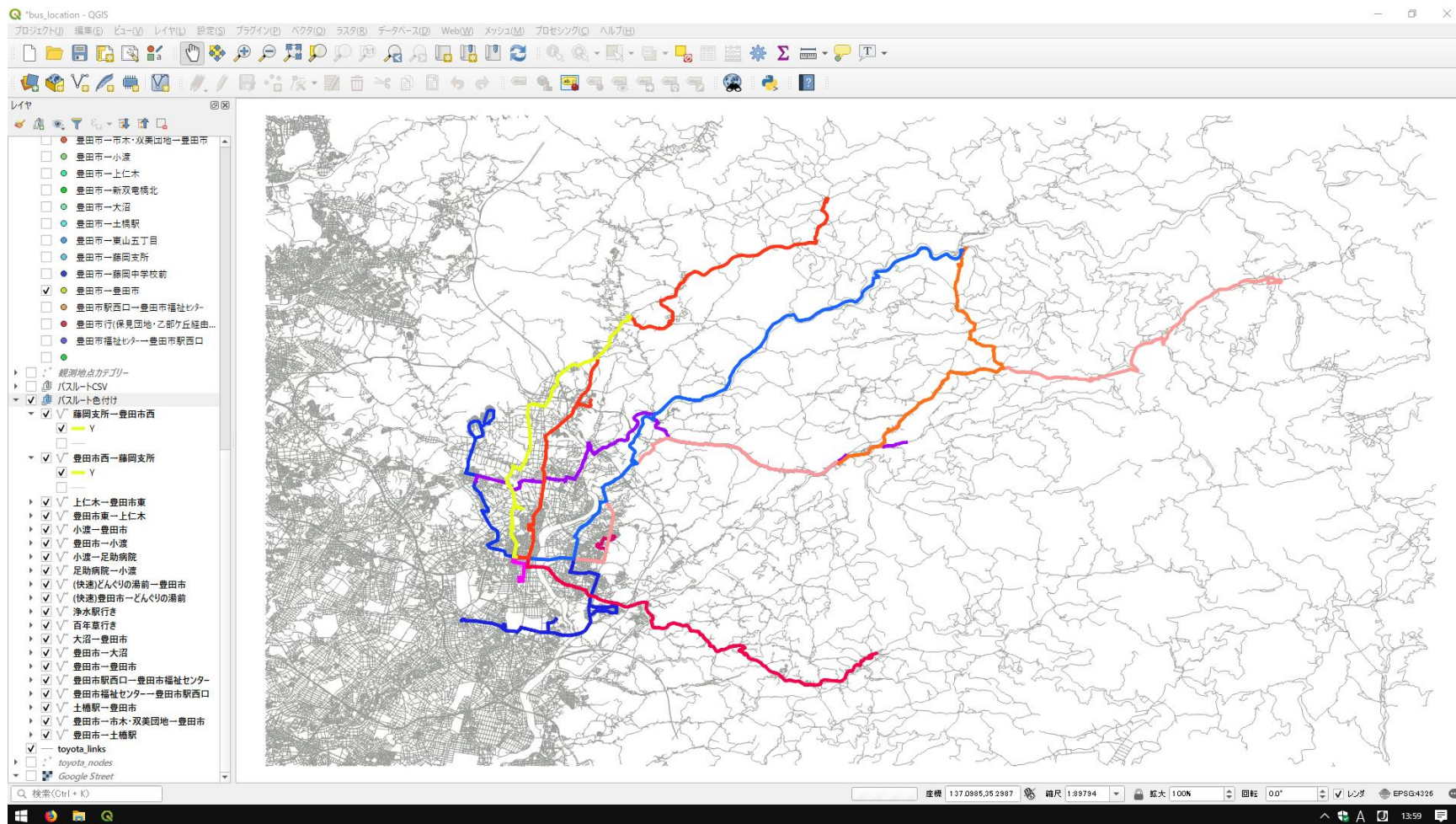
参考：バス路線の観測点(豊田市駅⇒大沼)

○下山・豊田線の豊田市駅から大沼までのバス路線に含まれる観測点を以下に示す
 ○バス停留所(●)及び非バス停留所(・)2種類の観測点が含まれる



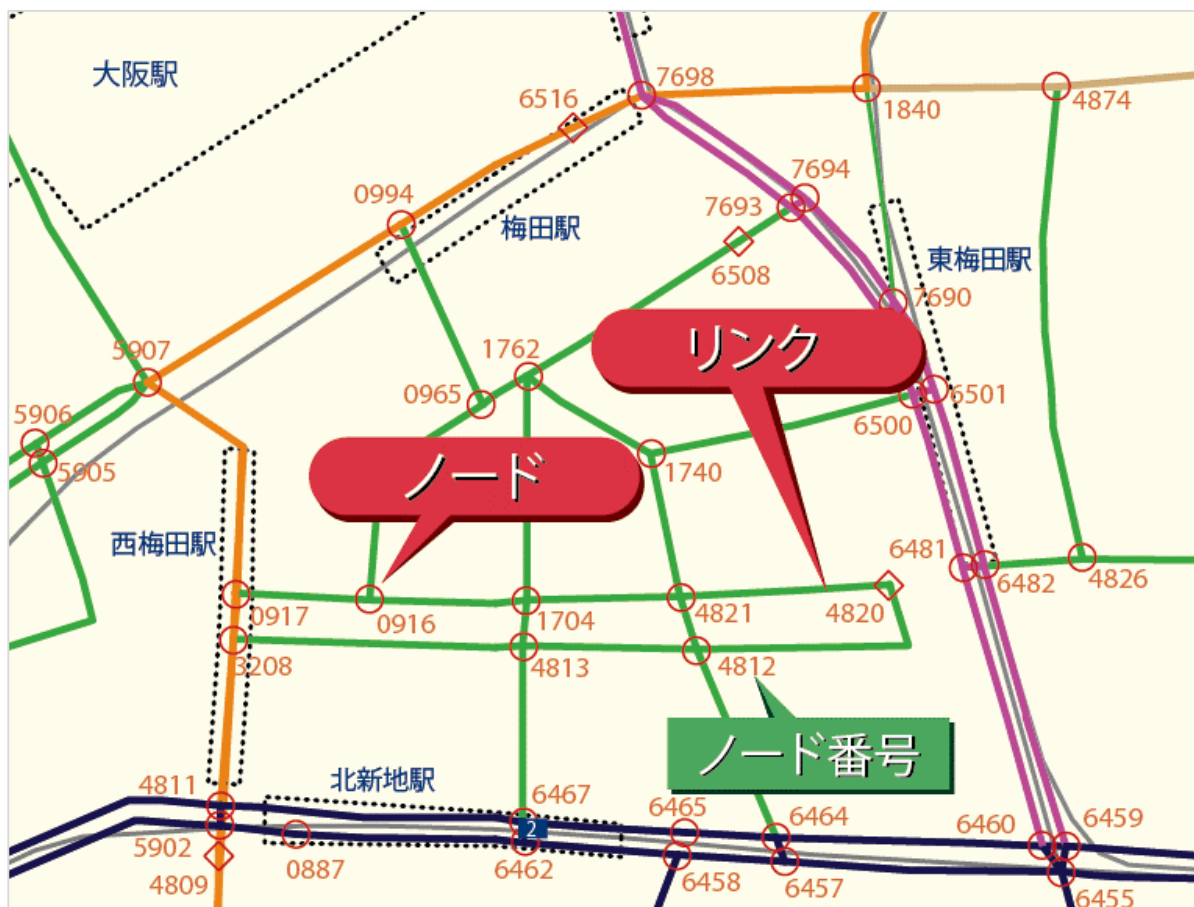
おいでんバス運行ルート of 基盤データの整備

- バス運行情報の静的データ(路線、停留所等)を用いて、研究所が保有しているデジタル道路地図上に、バス運行ルートの電子化を完了
- バスルートの基盤データを活用し、ルートのノードペア間のバス旅行時間の把握は可能



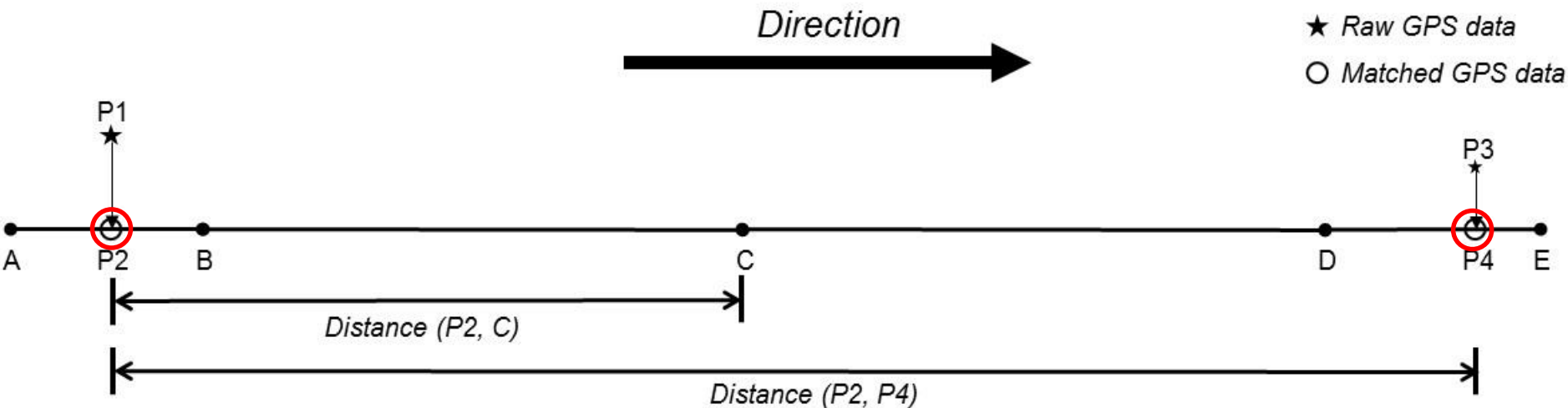
参考: デジタル道路地図

- デジタル道路地図とは、車で道路を移動する時に活用することを想定した地図がデータ化されたもの。そのうち、道路網は「ノード」と「リンク」の組み合わせによって表現されている
- ノードは交差点その他道路網表現上の結節点を表す
- リンクはノードとノードの間の道路区間を表す



道路区間旅行時間算出方法

- バスロケデータのマップマッチングした結果(○)を用いて、隣接するGPSポイントの中に含まれるデジタル道路区間のノードの流入時刻 $TS(B)$ 、 $TS(C)$ 、 $TS(D)$ を推定。そして、隣接するノードの流入時刻の差分によって、道路区間の旅行時間を算出
- 信号交差点や利用者の乗降行動による影響を考慮していないことに留意する必要あり



ノードC流入時刻: $TS(C) = TS(P2) + (D(P2, C) / D(P2, P4)) \cdot (TS(P4) - TS(P2))$

ノードB流入時刻: $TS(B) = TS(P2) + (D(P2, B) / D(P2, P4)) \cdot (TS(P4) - TS(P2))$

区間BC旅行時間: $T(BC) = TS(C) - TS(B)$

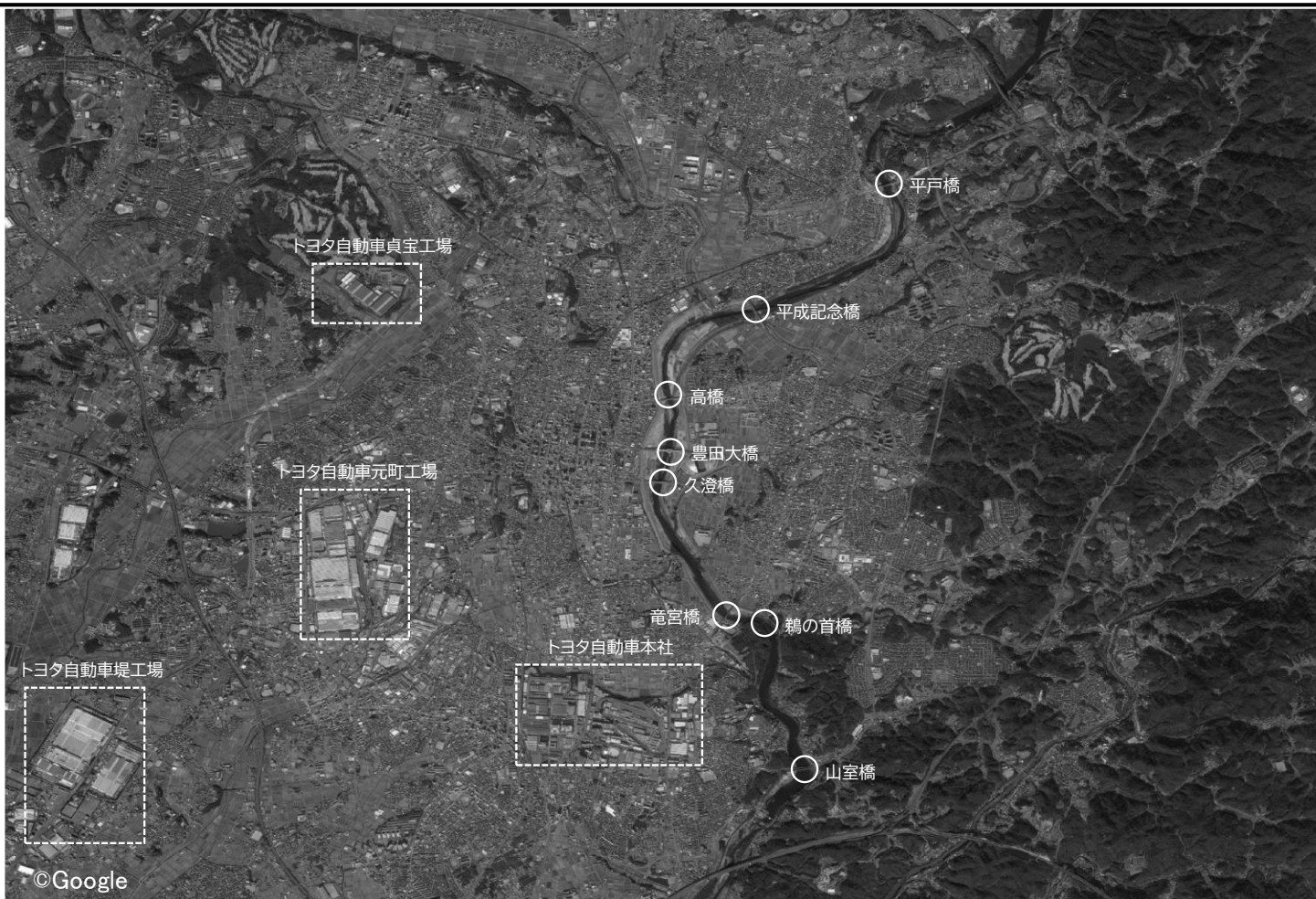
道路区間別旅行時間を代表するデータベースの構築

○バスロケデータのマップマッチング結果をもとに、デジタル地図上の道路区間を表現するリンクの方向別通過時間を把握。これらの結果をデータベースとして構築し、必要に応じて、対象道路区間の旅行時間を算出することが可能となる。(61559→22104:合計136秒)

通し番号	リンクID	流入点ID	流出点ID	流入時刻	流出時刻	時刻差分
2	738055	61713	22126	20160101063825	20160101063904	39
3	737434	22126	21784	20160101063904	20160101063911	7
4	737435	21784	22133	20160101063911	20160101063919	8
5	738066	22133	61559	20160101063919	20160101063929	10
6	737440	61559	21786	20160101063929	20160101063934	5
7	737439	21786	61558	20160101063934	20160101064023	49
8	738058	61558	22128	20160101064023	20160101064024	1
9	737424	22128	21780	20160101064024	20160101064117	53
10	737423	21780	22108	20160101064117	20160101064126	9
11	738014	22108	22104	20160101064126	20160101064145	19
12	737427	22104	21781	20160101064145	20160101064148	3
13	737428	21781	22105	20160101064148	20160101064152	4
14	738015	22105	22107	20160101064152	20160101064201	9
15	738019	22107	61703	20160101064201	20160101064237	36
16	738007	61703	22101	20160101064237	20160101064242	5
17	738000	22101	22098	20160101064242	20160101064308	26
18	737997	22098	22097	20160101064308	20160101064322	14
19	737990	22097	22093	20160101064322	20160101064340	18
20	737408	22093	21772	20160101064340	20160101064343	3

道路ボトルネックを対象としたバス旅行時間の分析対象

- 豊田市では、矢作川の東側・西側の間に移動する自動車は必ず八つの橋を通らなければいけないため、これらの箇所は道路ボトルネックであると考えられる
- トヨタ自動車社員の通勤行動は道路渋滞の要因となることが報告された(トヨタ稼働影響)
- 本研究は久澄橋、豊田大橋、山室橋を含めた道路区間を対象としたバス旅行時間を分析



参考:久澄橋を含めた道路区間の地図

- 森バス停から豊田本町バス停までの道路区間を対象として、赤い矢印が示した方向への走行する下山・豊田線のバス車両の旅行時間を分析
- 簡易な分析を実施するため、車両走行方向に従う最寄りのノード間の旅行時間を用いる



参考：豊田大橋を含めた道路区間の地図

- 豊田スタジアム東バス停から喜多町4丁目バス停までの道路区間を対象として、青い矢印が示した方向への走行する土橋・豊田東環状線のバス車両の旅行時間を分析
- 簡易な分析を実施するため、車両走行方向に従う最寄りのノード間の旅行時間を用いる



参考：山室橋を含めた道路区間の地図

- 大見町1丁目バス停から水源平和バス停までの道路区間を対象として、青い矢印が示した方向への走行する土橋・豊田東環状線のバス車両の旅行時間を分析
- 簡易な分析を実施するため、車両走行方向に従う最寄りのノード間の旅行時間を用いる



分析結果(基礎集計・モデル推定結果)【久澄橋】

- データ期間は平成26年4月1日(一部路線のダイヤ改正)～12月31日とする
- 平日において、トヨタ稼働有無別の通勤時間帯(始発から朝9時)・非通勤時間帯に着眼
- トヨタ非稼働と比較してトヨタ稼働日における通勤時間帯の旅行時間の平均値は高くなっている(320.70 vs 233.92)
- ただし、非通勤時間帯では旅行時間の平均値はほぼ同様(195.64 vs 192.51)

単位:秒	トヨタ稼働日 (通勤時間帯)	トヨタ稼働日 (非通勤時間帯)	トヨタ非稼働日 (通勤時間帯)	トヨタ非稼働日 (非通勤時間帯)
最小値	98.00	84.00	107.00	101.00
最大値	1140.00	1021.00	548.00	536.00
平均値	320.70	195.64	233.92	192.51
標準偏差	140.52	65.06	102.96	69.16
歪度	0.74	2.59	1.10	1.70
尖度	1.02	23.85	0.68	5.92
変動係数	0.44	0.33	0.44	0.36
サンプル数	787	1289	60	101
平均値1	394.27	361.62	330.87	480.88
標準偏差1	123.52	174.34	96.58	55.92
平均値2	195.16	191.84	172.99	186.57
標準偏差2	48.38	54.62	38.64	54.95
混合係数	0.63	0.02	0.39	0.02

モデル適合度の比較結果【久澄橋】

○トヨタ稼働日(平日・通勤時間帯)、トヨタ非稼働日(平日・通勤時間帯)ともに、混合正規分布の適合度が比較的に良いことが見られる。最終尤度結果から、いずれものデータに適用した混合正規分布は正規分布と比較して、モデルの適合度が高いことが分かる

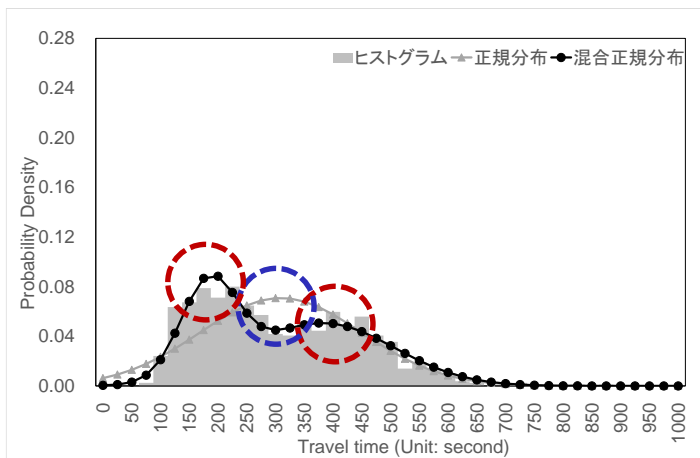


図 トヨタ稼働日(平日・通勤時間帯)

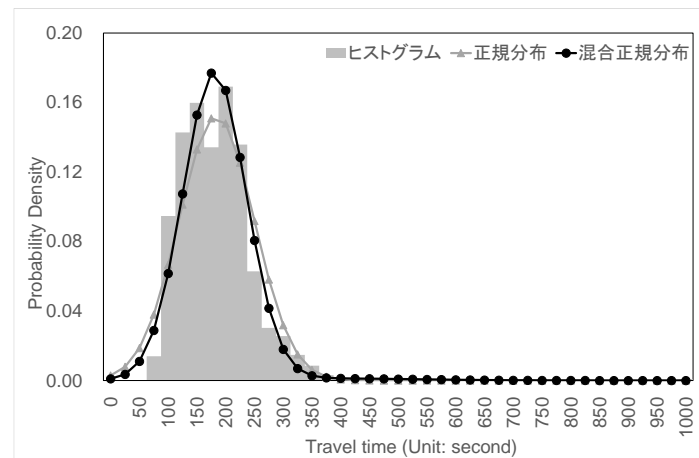


図 トヨタ稼働日(平日・非通勤時間帯)

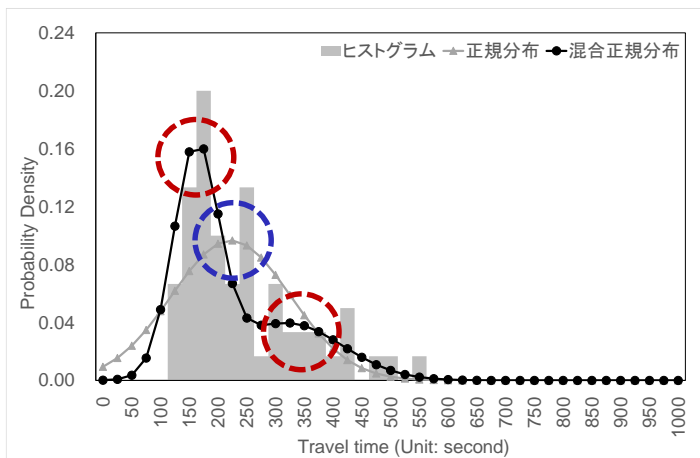


図 トヨタ非稼働日(平日・通勤時間帯)

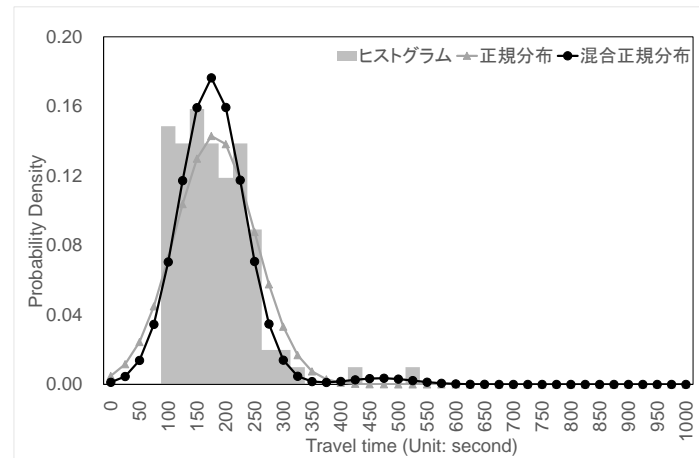


図 トヨタ非稼働日(平日・非通勤時間帯)

分析結果(基礎集計・モデル推定結果)【豊田大橋】

- データ期間は平成26年4月1日(一部路線のダイヤ改正)～12月31日とする
- 平日において、トヨタ稼働有無別の通勤時間帯(始発から朝9時)・非通勤時間帯に着眼
- トヨタ非稼働と比較してトヨタ稼働日における通勤時間帯の旅行時間の平均値は高くなっている(223.57 vs 184.00)
- ただし、非通勤時間帯では、旅行時間の平均値はほぼ同様(163.24 vs 165.35)

単位:秒	トヨタ稼働日 (通勤時間帯)	トヨタ稼働日 (非通勤時間帯)	トヨタ非稼働日 (通勤時間帯)	トヨタ非稼働日 (非通勤時間帯)
最小値	86.00	82.00	92.00	94.00
最大値	852.00	965.00	497.00	490.00
平均値	223.57	163.24	184.00	165.35
標準偏差	116.65	57.75	81.79	47.87
歪度	1.41	4.98	1.89	1.85
尖度	1.54	48.95	3.56	9.42
変動係数	0.52	0.35	0.44	0.29
サンプル数	1759	3721	144	297
平均値1	339.77	409.63	300.47	322.96
標準偏差1	117.93	205.29	97.39	109.50
平均値2	157.21	158.88	151.45	162.07
標準偏差2	36.19	39.29	31.57	39.42
混合係数	0.36	0.02	0.22	0.02

モデル適合度の比較結果【豊田大橋】

○トヨタ稼働日(平日・通勤時間帯)、トヨタ非稼働日(平日・通勤時間帯)ともに、混合正規分布の適合度が比較的に良いことが見られる。最終尤度の比較結果からいずれものデータに適用した混合正規分布は正規分布と比較して、モデルの適合度が高いことが分かる

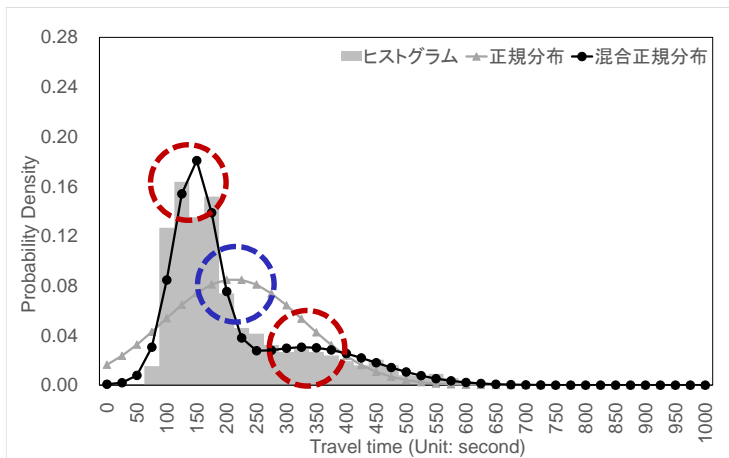


図 トヨタ稼働日(平日・通勤時間帯)

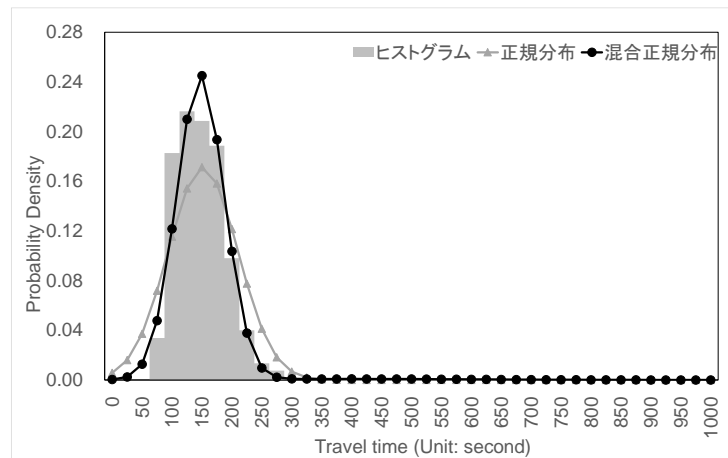


図 トヨタ稼働日(平日・非通勤時間帯)

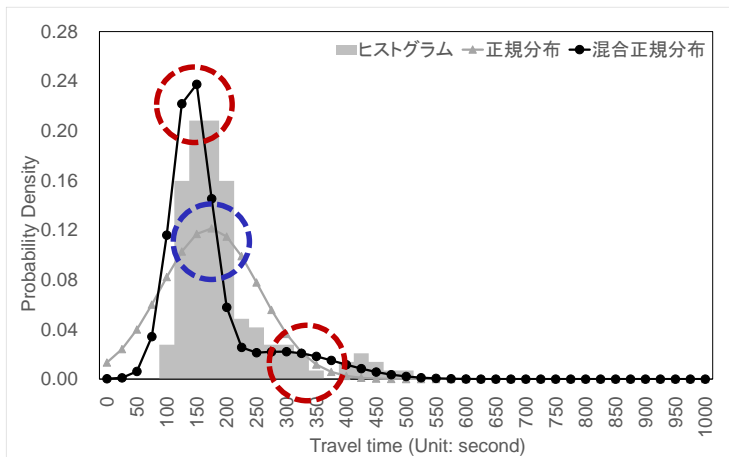


図 トヨタ非稼働日(平日・通勤時間帯)

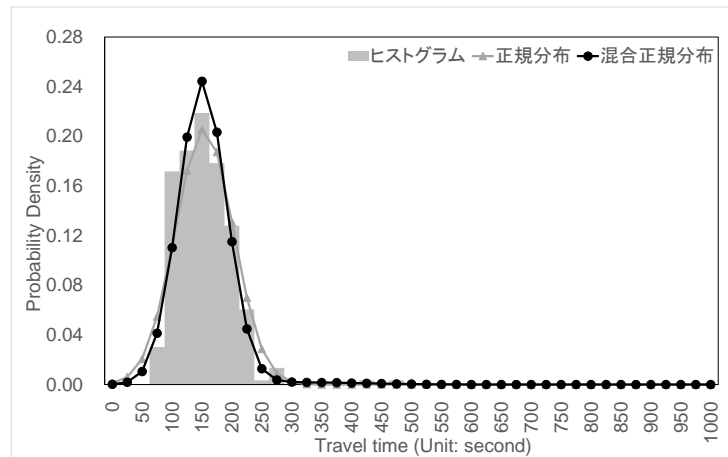


図 トヨタ非稼働日(平日・非通勤時間帯)

分析結果(基礎集計・モデル推定結果)【山室橋】

- データ期間は平成26年4月1日(一部路線のダイヤ改正)～12月31日とする
- 平日において、トヨタ稼働有無別の通勤時間帯(始発から朝9時)・非通勤時間帯に着眼
- トヨタ非稼働と比較してトヨタ稼働日における通勤時間帯の旅行時間の平均値は高くなっている(335.21 vs 230.78)
- ただし、非通勤時間帯では、旅行時間の平均値はほぼ同様(164.69 vs 165.51)

単位:秒	トヨタ稼働日 (通勤時間帯)	トヨタ稼働日 (非通勤時間帯)	トヨタ非稼働日 (通勤時間帯)	トヨタ非稼働日 (非通勤時間帯)
最小値	109.00	63.00	108.00	109.00
最大値	1005.00	528.00	850.00	294.00
平均値	335.21	164.69	230.78	165.51
標準偏差	193.16	34.33	160.89	32.03
歪度	0.92	1.04	2.02	0.69
尖度	0.01	5.06	3.54	1.02
変動係数	0.58	0.21	0.70	0.19
サンプル数	1792	3314	145	264
平均値1	440.46	242.78	434.87	285.68
標準偏差1	176.97	65.78	182.83	5.91
平均値2	167.38	162.81	152.67	163.78
標準偏差2	31.37	30.84	24.93	29.37
混合係数	0.62	0.02	0.28	0.01

モデル適合度の比較結果【山室橋】

○トヨタ稼働日(平日・通勤時間帯)、トヨタ非稼働日(平日・通勤時間帯)ともに、混合正規分布の適合度が比較的に良いことが見られる。最終尤度の比較結果からいずれものデータに適用した混合正規分布は正規分布と比較して、モデルの適合度が高いことが分かる

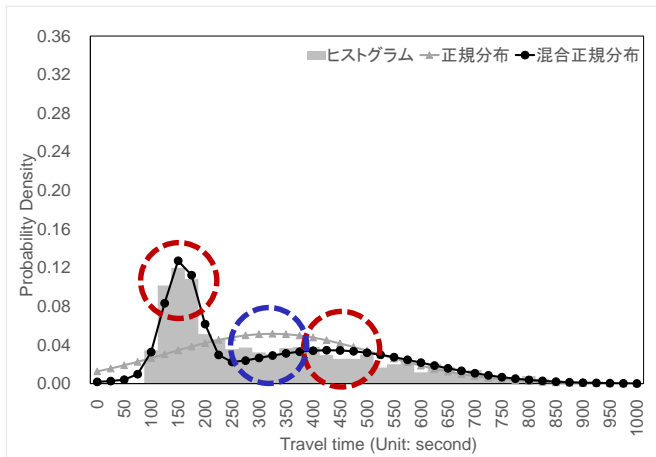


図 トヨタ稼働日(平日・通勤時間帯)

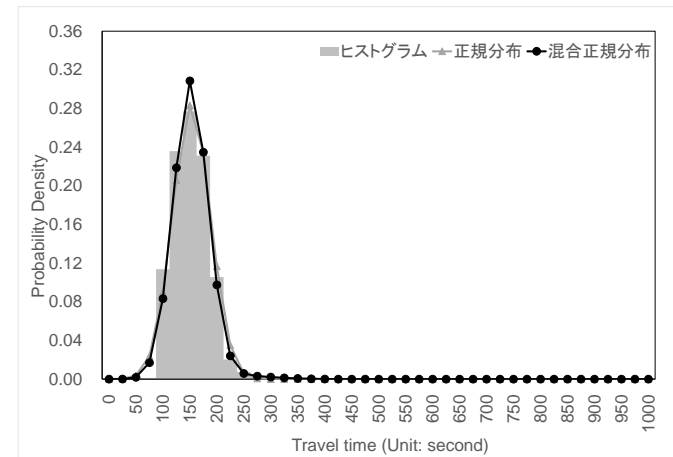


図 トヨタ稼働日(平日・非通勤時間帯)

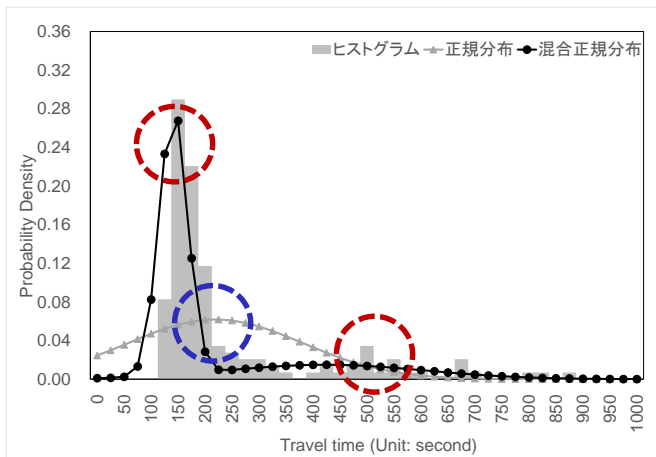


図 トヨタ非稼働日(平日・通勤時間帯)

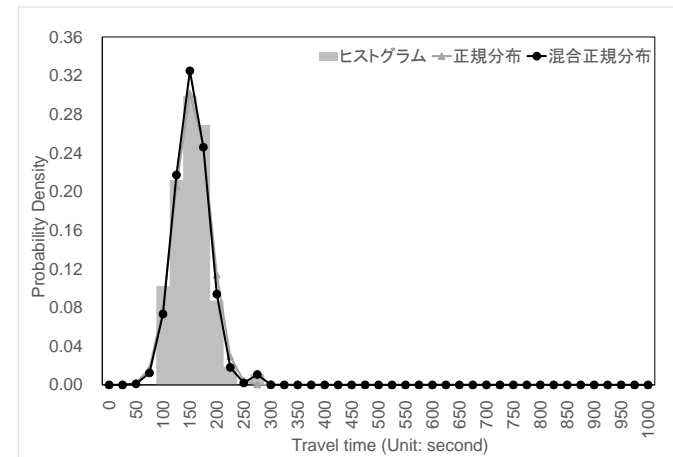


図 トヨタ非稼働日(平日・非通勤時間帯)

参考：モデルの尤度比較結果

- すべての道路区間について、何れのグループにおいても、混合正規分布の対数尤度は正規分布の対数尤度と比較して値が大きく、モデルの適合度が比較的に高いことが分かる
- これらの結果から、旅行時間に適用した混合正規分布の分析手法の優位性が確認できた

対象区間	グループ名称	正規分布対数尤度	混合正規分布対数尤度
久澄橋を含めた道路区間	トヨタ稼働日(通勤時間帯)	-2175.030	-2143.965
	トヨタ稼働日(非通勤時間帯)	-3131.437	-3075.264
	トヨタ非稼働日(通勤時間帯)	-157.517	-152.239
	トヨタ非稼働日(非通勤時間帯)	-247.847	-242.223
豊田大橋を含めた道路区間	トヨタ稼働日(通勤時間帯)	-4719.398	-4483.083
	トヨタ稼働日(非通勤時間帯)	-8847.493	-8368.297
	トヨタ非稼働日(通勤時間帯)	-363.948	-341.664
	トヨタ非稼働日(非通勤時間帯)	-681.768	-667.352
山室橋を含めた道路区間	トヨタ稼働日(通勤時間帯)	-5200.442	-4988.907
	トヨタ稼働日(非通勤時間帯)	-7131.173	-7072.739
	トヨタ非稼働日(通勤時間帯)	-409.084	-357.042
	トヨタ非稼働日(非通勤時間帯)	-559.950	-555.453

まとめ

○本研究の実施を通じて得られた主な成果及び課題を以下に示す

(1) 本研究の実施を通じて得られた主な成果

- 国内だけでなく、海外の研究動向を整理した。そして、旅行時間分析に用いた混合正規分布モデルを構築した。
- おいでんバスロケデータをさらに活用するため、バスルートや停留所の位置情報を研究所が保有しているデジタル道路地図に電子化した。
- おいでんバスロケの生データが解析できるPython言語の分析ツールを開発したため、バスロケシステムの管理会社が運用しているサーバーに蓄積したバス車両の位置情報データを迅速に解析することは可能となった。
- 豊田市内での道路渋滞箇所である久澄橋、豊田大橋、山室橋を対象としたバス停留所間の旅行時間を把握するための分析手法を提案した。

(2) 課題

→ 本研究では、バス乗降者数のデータを取り入れた旅行時間の分析にまだ及ばないため、今後は更なる詳細な研究分析が望まれる。

ご清聴、ありがとうございました。

ご不明点等ございましたら、以下までご連絡下さい。

✉: yang@ttri.or.jp

☎: 0565-31-7543