

道路環境が渋滞の発生・波及に 及ぼす影響の分析

令和6年3月

中国地方研究会

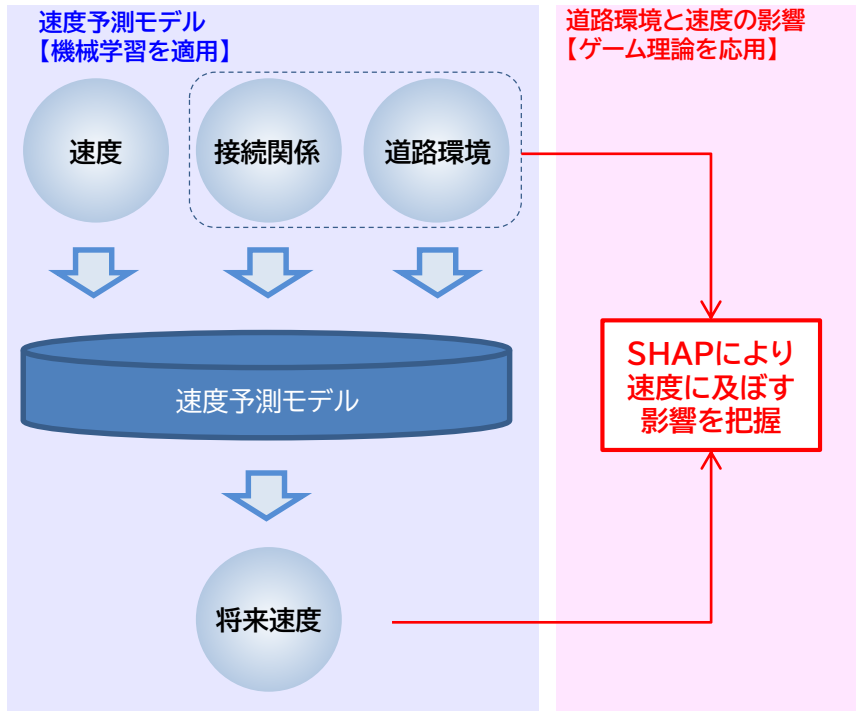
■分析方法(予測モデルの構築→影響把握)

分析. 1: バス停及び横断歩道などが速度に及ぼす影響

- ETC2.0データを機械学習させ、速度予測モデルを構築する。
- モデル予測結果（速度）と道路環境の関係性を分析し、道路環境が速度に及ぼす影響を把握する。
- 速度予測モデルでは、道路環境（バス停の有無、横断歩道の有無）及び周辺道路との接続関係を考慮する。

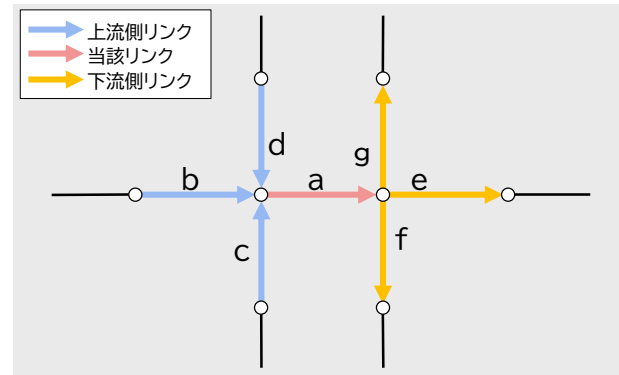
研究イメージ

- t 時点の速度をもとに、 Δt 時間後の速度を予測する機械学習モデルを構築する。
- 機械学習モデルでは、内部構造が複雑なため、要因把握が困難となる。
- ゲーム理論の手法を応用し、道路環境が速度に与える影響を把握する。



速度予測モデル

- 1年間のETC2.0速度を機械学習させることで、10分後の速度を面的に予測するモデル。
- 周辺道路リンクとの接続関係を踏まえた道路環境(上流側or下流側のバス停の有無、横断歩道の有無)を特徴量として考慮する。



リンク	接続関係
a	当該道路
b	直進で流入
c	右折で流入
d	左折で流入
e	直進で流出
f	右折で流出
g	左折で流出

- ◆ モデルの特徴量としてリンク毎に以下を設定
 - バス停の有無
 - 横断歩道の有無
- ◆ 特徴量を変更した際の速度を予測可能
 - 例えば、下流側バス停撤去時の速度 等

道路環境と速度の影響把握手法

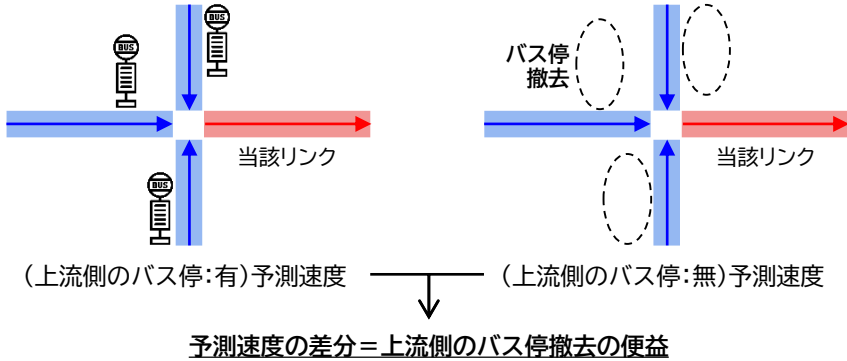
分析. 1: バス停及び横断歩道などが速度に及ぼす影響

- 構築した速度予測モデルにより、道路環境の有無による予測速度の差分を算出する。
- 予測速度の差分から道路環境の有無毎のSHAP値を整理し、速度に対して道路環境が寄与する量を把握する。

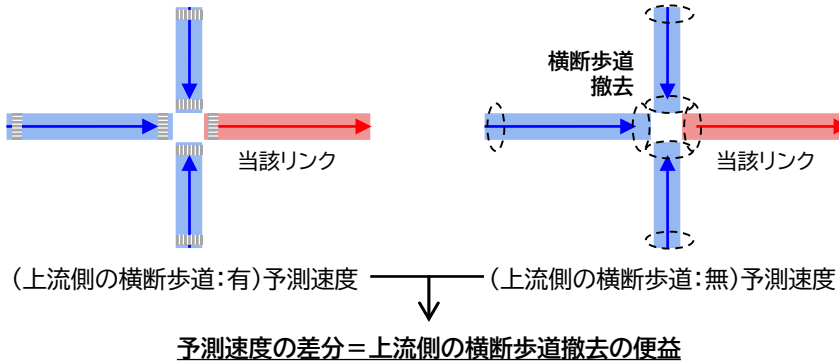
道路環境が及ぼす影響の把握方法

- 道路環境の有無を変化させた状況毎に、速度予測モデルによるシミュレーションを実施
- 状況毎の予測速度を観察し、道路環境が速度に及ぼす影響を推定 (SHAP値で推定)

シミュレーション例：上流側のバス停を撤去



シミュレーション例：上流側の横断歩道を撤去



影響把握の考え方：SHAP値

- 協力ゲーム理論において、複数プレイヤーの協力で得た便益の分配を算出する手法を機械学習に応用
- 個別の道路環境の組合せによる(マイナス方向も含む)相乗効果としてSHAP値を算出し、道路環境が速度に及ぼす影響を把握

異なる道路環境		各地点の道路環境	予測速度の差分
A	上流側のバス停	A	8 <small>A(上流側のバス停)撤去時の速度差</small>
B	上流側の横断歩道	B	6 <small>B(上流側の横断歩道)撤去時の速度差</small>
C	下流側のバス停	C	2 <small>C(下流側のバス停)撤去時の速度差</small>
		A,B	20
		B,C	10
		A,C	15
		A,B,C	26 <small>A, B, C 撤去時の速度差</small>

各地点で様々な組合せで存在

足し算以上の効果

複数の道路環境が組み合わさる場合、各道路環境の貢献度(便益)は不明

A, B, Cが組み合わさる場合

参加順	A 限界貢献度	B 限界貢献度	C 限界貢献度	合計
A→B→C	8	12	6	26
A→C→B	8	11	7	26
B→A→C	14	6	6	26
B→C→A	16	6	4	26
C→A→B	13	11	2	26
C→B→A	16	8	2	26
SHAP値	12.5	9	4.5	26

各道路環境の貢献度としてSHAP値を算出
⇒各道路環境が予測速度に及ぼす影響を把握

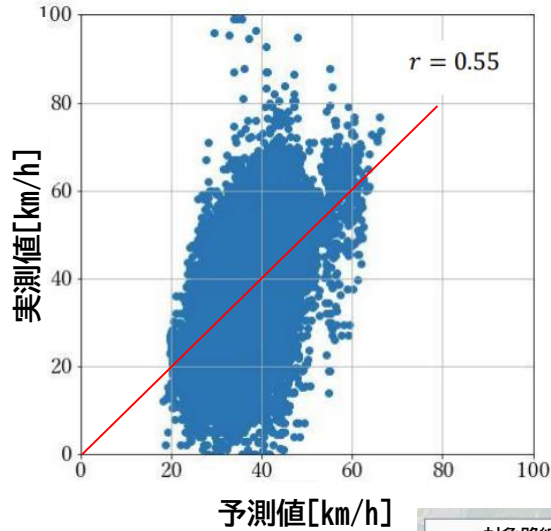
速度予測モデルと道路環境が速度に及ぼす影響

分析. 1: バス停及び横断歩道などが速度に及ぼす影響

- ・ 広島デルタ内の幹線道路ネットを対象に過去のリンク速度を機械学習させ、速度を予測した。
- ・ 20～60km/hの中速域は捉えた一方で、低速域や高速域に対する予測精度が課題である。
- ・ 影響要因分析の結果から、上流側・下流側の道路環境ともに、概ね妥当な結果が得られた。

速度予測モデルの試行

- ・ 試行モデルでは、現在の速度をもとに、10分後の速度を予測
- ・ 20km/h～60km/hの速度は捉えられている。
- ・ 一方、20km/h以下や60km/h以上の速度は捉えられていない。



使用データ: ETC2.0プローブデータ
(2017年4月～2018年3月)

対象NWにおける道路環境が速度に及ぼす影響

- ・ 以下を対象に、道路環境が速度に及ぼす影響を把握
 - (上流側) 横断歩道 / バス停
 - (下流側) 横断歩道 / バス停
 - (自己リンク) バス停
- ・ 符号条件を踏まえると、概ね妥当な結果
 - 上流側の道路環境は、符号が正となっており、流入交通量を減少させるため、速度上昇に寄与する傾向
 - 下流側の道路環境は、符号が負となっており、交通容量の低下につながるため、速度低下に寄与する傾向

道路環境		SHAP値
上流側	横断歩道	1.4
	バス帯	1.1
下流側	横断歩道	-1.7
	バス停	-0.1
自己リンク	バス停	0.5

単位: km/h

分析フローと対象区間

分析. 2:合流などが
速度に及ぼす影響

- 令和5年3月に開通した東広島バイパスに着目し、同区間を走行する車両のETC2.0データを用いて、開通前後の旅行時間信頼性の分析を行うとともに、合流部による速度低下への影響を把握する。
- ①区間全体(仁保2丁目←御園宇ランプ分岐)及び②区間全体を3分割した詳細区間別に、平均旅行時間とばらつきを比較し、東広島BP開通前後の旅行時間信頼性を確認する。
- 東広島BP整備による旅行時間信頼性の向上を確認するとともに、②区間別の詳細確認より、平均旅行時間やばらつきに増加傾向がみられた区間については、③ボトルネックや渋滞が波及する区間を把握する。

分析フロー

①東広島BP開通前後の旅行時間信頼性の比較

- 平均旅行時間とばらつきを確認
- 対象区間：仁保2丁目←御園宇ランプ分岐

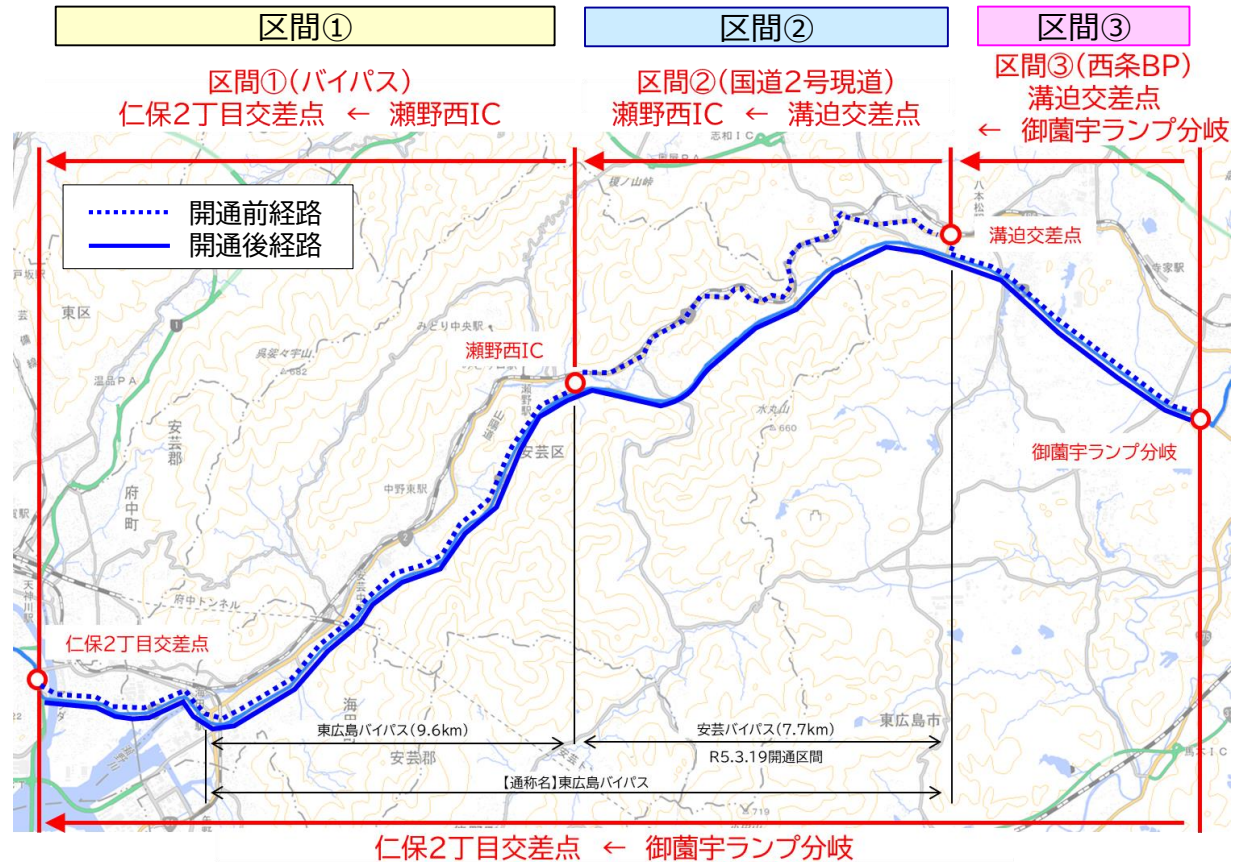
②東広島BP開通前後の旅行時間信頼性の区間別比較

- 平均旅行時間とばらつきを確認
- 対象区間は3区間
 - 区間①：仁保2丁目←瀬野西IC
 - 区間②：瀬野西IC←溝迫交差点
 - 区間③：溝迫交差点←御園宇ランプ分岐

③渋滞箇所と波及区間の把握

- 走行状況、道路構造等を整理
- ボトルネック、渋滞の波及区間を把握
- 対象はBP整備後にばらつきが増加した区間

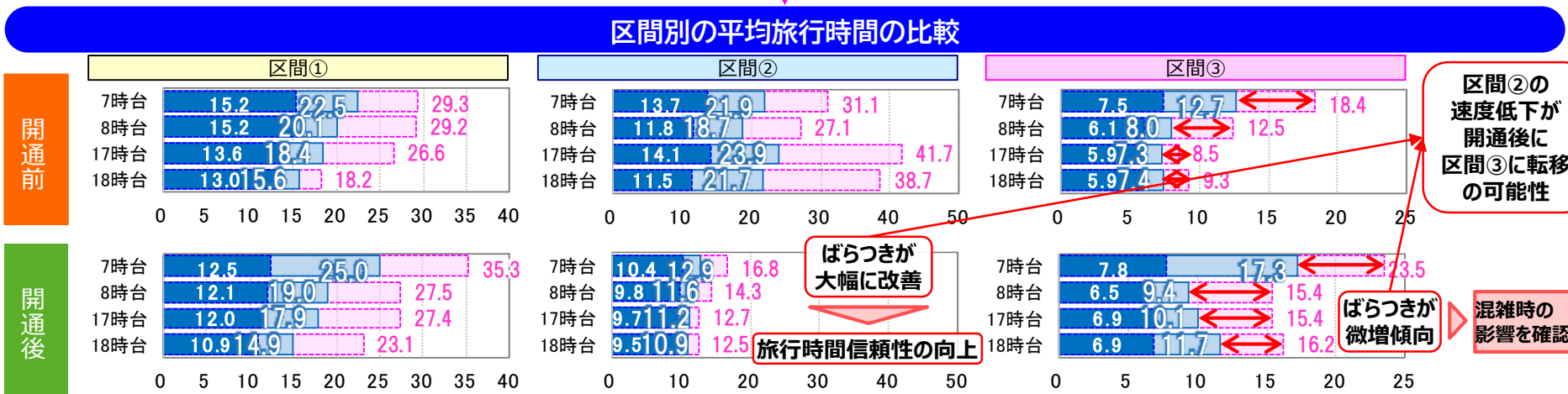
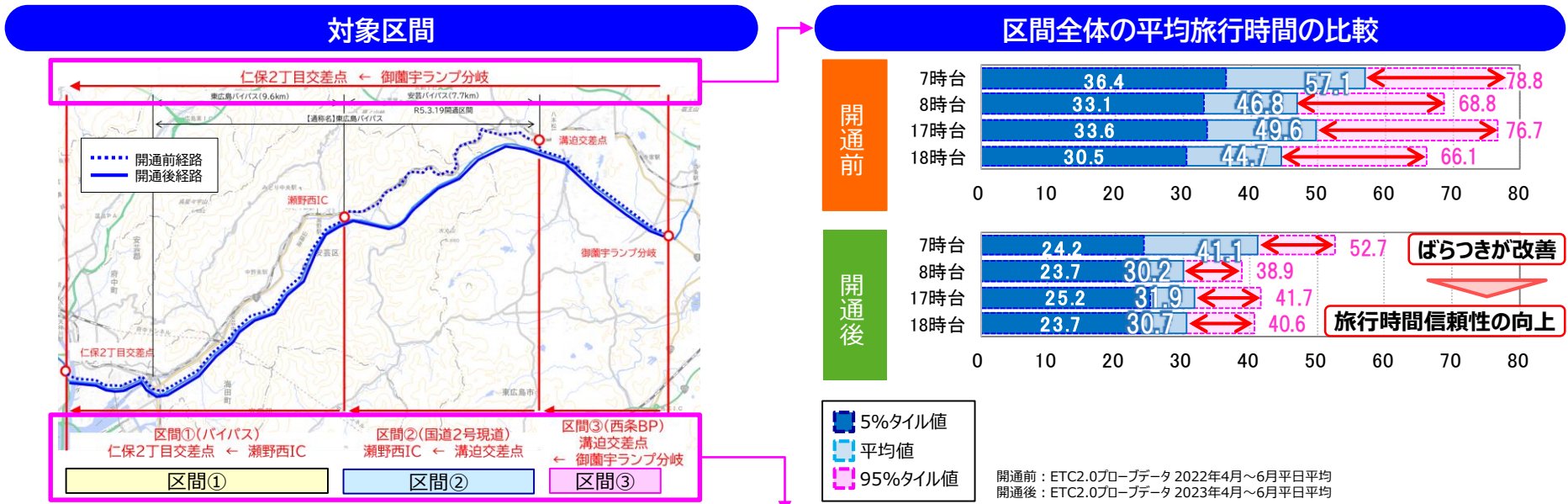
分析対象区間



平均旅行時間とばらつきの変化(区間全体と区間別)

分析. 2:合流などが速度に及ぼす影響

- 区間全体（御園宇ランプ分岐→仁保2丁目交差点）の平均旅行時間を東広島BP開通前後で比較した結果、BP開通後は、平均旅行時間とばらつきが短縮しており、朝夕ピーク時の旅行時間信頼性に大きな改善が見られた。
- 次に、区間別に平均旅行時間とばらつきを詳細に確認すると、大幅な改善（区間②）が見られた一方で、朝夕ピーク時の平均旅行時間とばらつきに増加（区間③）が確認された。

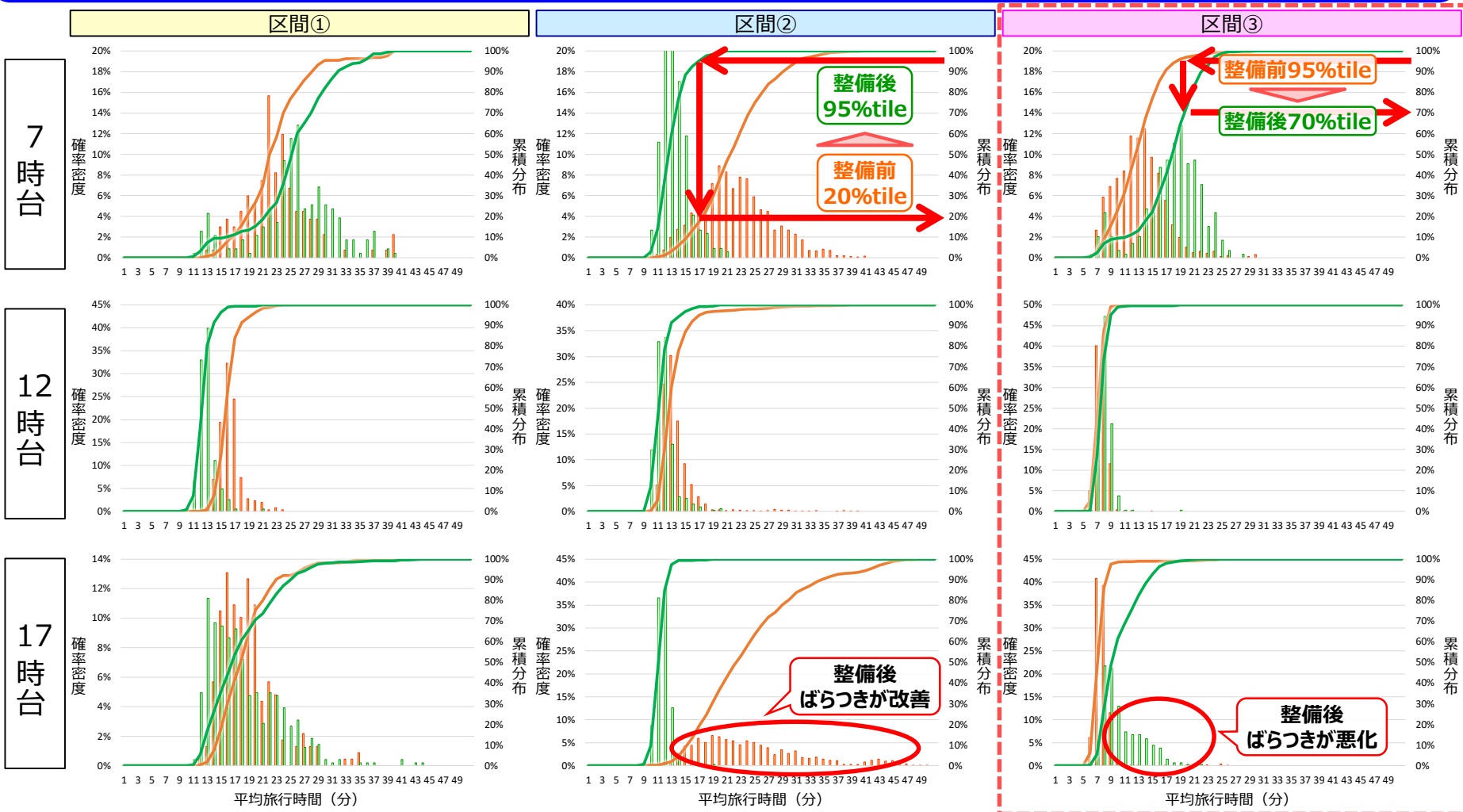


東広島BP整備による時間信頼性評価(旅行時間)

分析. 2:合流などが速度に及ぼす影響

- ピーク時間帯及びオフピーク時間帯について、整備前後における平均旅行時間の分布を比較した。
- 改善効果の大きい区間②の7時台は、整備前の20%tile旅行時間が、整備後の95%tile旅行時間へ改善した。
- 一方で、区間③の7時台では、整備前の95%tile旅行時間が、整備後の70%tile旅行時間へ低下した。

区間別の平均旅行時間の比較



■ 開通前(確率密度) — 開通前(累積分布)
■ 開通後(確率密度) — 開通後(累積分布)

開通前: ETC2.0プローブデータ 2022年4月~6月平日平均
 開通後: ETC2.0プローブデータ 2023年4月~6月平日平均

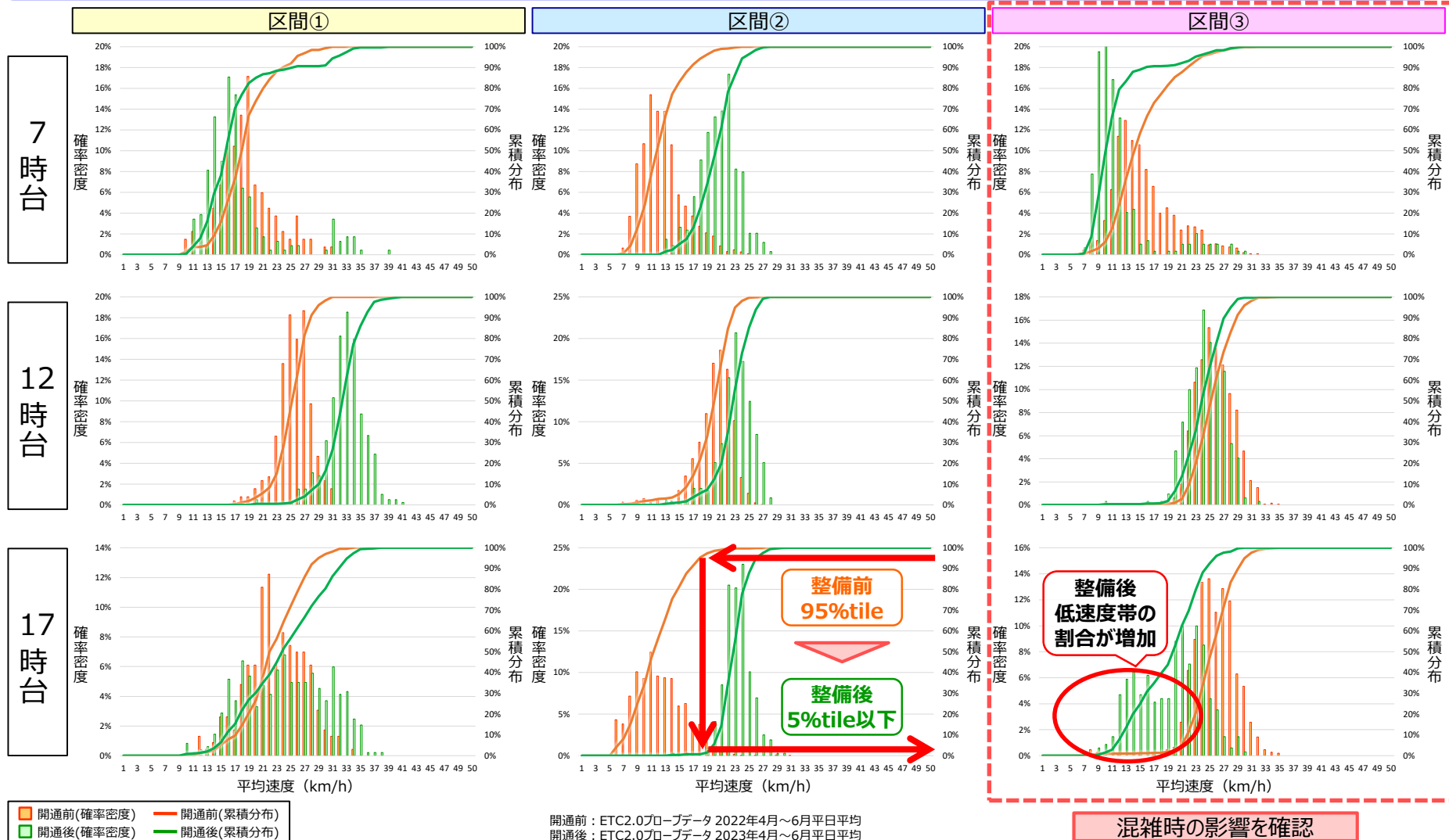
混雑時の影響を確認

東広島BP整備による時間信頼性評価(速度)

分析. 2:合流などが速度に及ぼす影響

- ・ ピーク時間帯及びオフピーク時間帯について、整備前後における速度の分布を比較した。
- ・ 改善効果の大きい区間②の17時台では、整備前の95%tile速度が、整備後の5%tile速度以下へ改善した。
- ・ 一方で、区間③の17時台では、整備前に比べて整備後の方が低速度帯の占める割合が増加した。

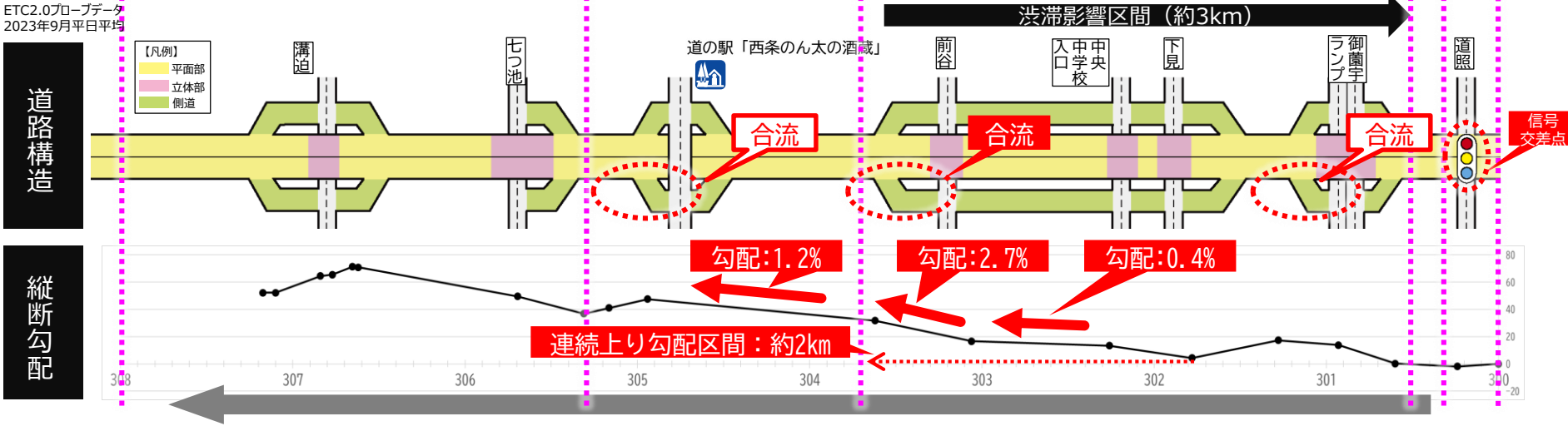
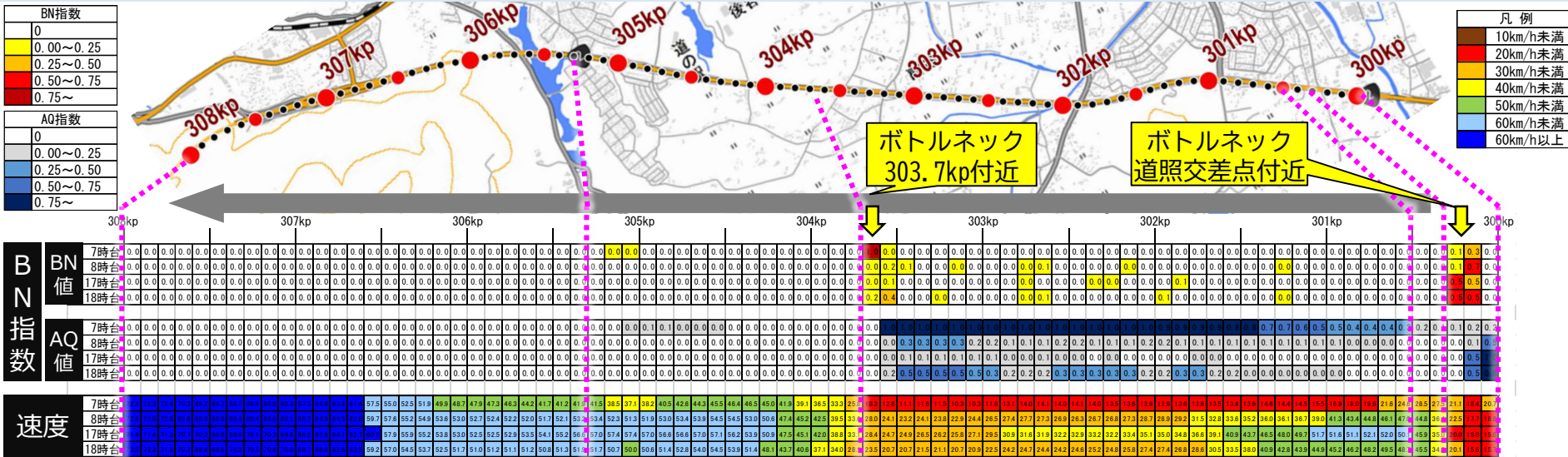
区間別の平均速度の比較



朝夕ピーク時の走行状況(合流部の影響)

分析. 2:合流などが速度に及ぼす影響

- ・ 区間③の走行状況や道路状況を整理し、2か所のボトルネックを確認(303.7kp付近、道照交差点)した。
- ・ 303.7kp付近のボトルネック箇所は1区間(100m)であるのに対して、朝ピーク時は約3kmの渋滞影響区間となる。
- ・ 303.7kp付近は、約2kmの連続上り勾配区間を走行した後に、側道からの車両が合流する箇所であることから、一定区間の連続上り勾配走行後に、合流が加わり、ボトルネックとなっていると推察される。



ETC2.0プローブデータ
2023年9月平日平均

- 渋滞波及の規則性をETC2.0速度を用いて学習し、10分後の速度を面的に予測するモデルを作成
- 道路環境の有無が速度に及ぼす影響を把握する手法として以下を実施
 - バス停や横断歩道等の有無が速度に及ぼす影響を把握
 - 地域間の道路NWを対象に合流部が速度に及ぼす影響を把握

<速度予測モデル>

- 広島市内の道路NWを対象に速度を予測する機械学習モデルを構築
- 低速域や高速域では精度に課題がある一方、20~60km/hの中速域の捕捉を確認

<道路環境の有無が速度に及ぼす影響>

- バス停や横断歩道の有無が速度に及ぼす影響は、符号条件から妥当な結果を確認
- 東広島BP開通を例に、旅行時間信頼性分析を行い、開通後の旅行時間信頼性の向上と速度低下箇所の転移の可能性を確認
- 道路状況を踏まえて、合流部が速度に及ぼす影響(ボトルネック箇所及び渋滞影響区間)を把握