

都市鉄道の列車遅延の 拡大メカニズムに関する研究

研究員 仮屋崎 圭司

Research Fellow Keiji Kariyazaki

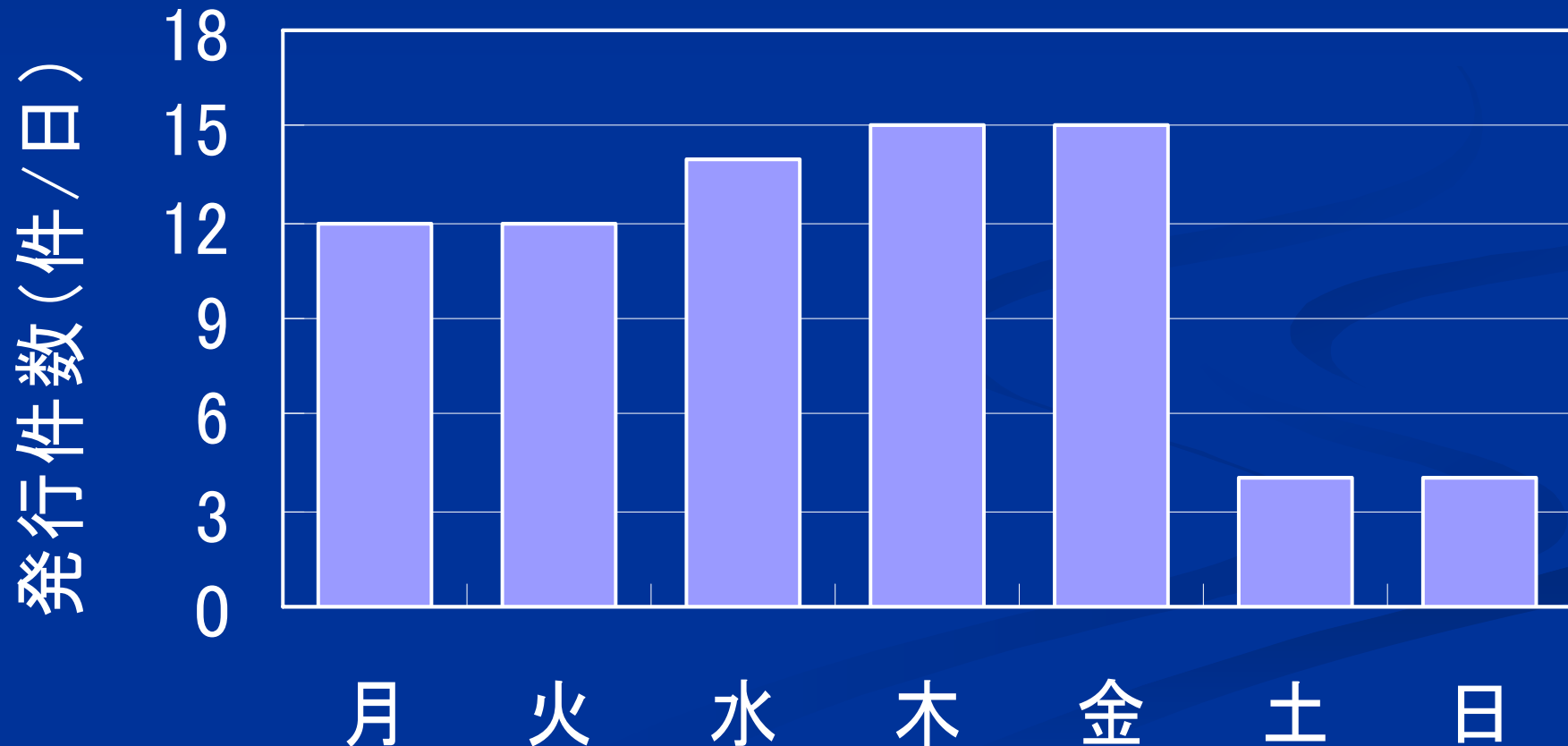
本日の報告内容

1. 背景と目的
2. 遅延の発生と波及
3. 旅客量による遅れと列車密度による遅れ
4. 列車密度と走行速度
5. まとめと今後の課題

定常的な遅延の発生

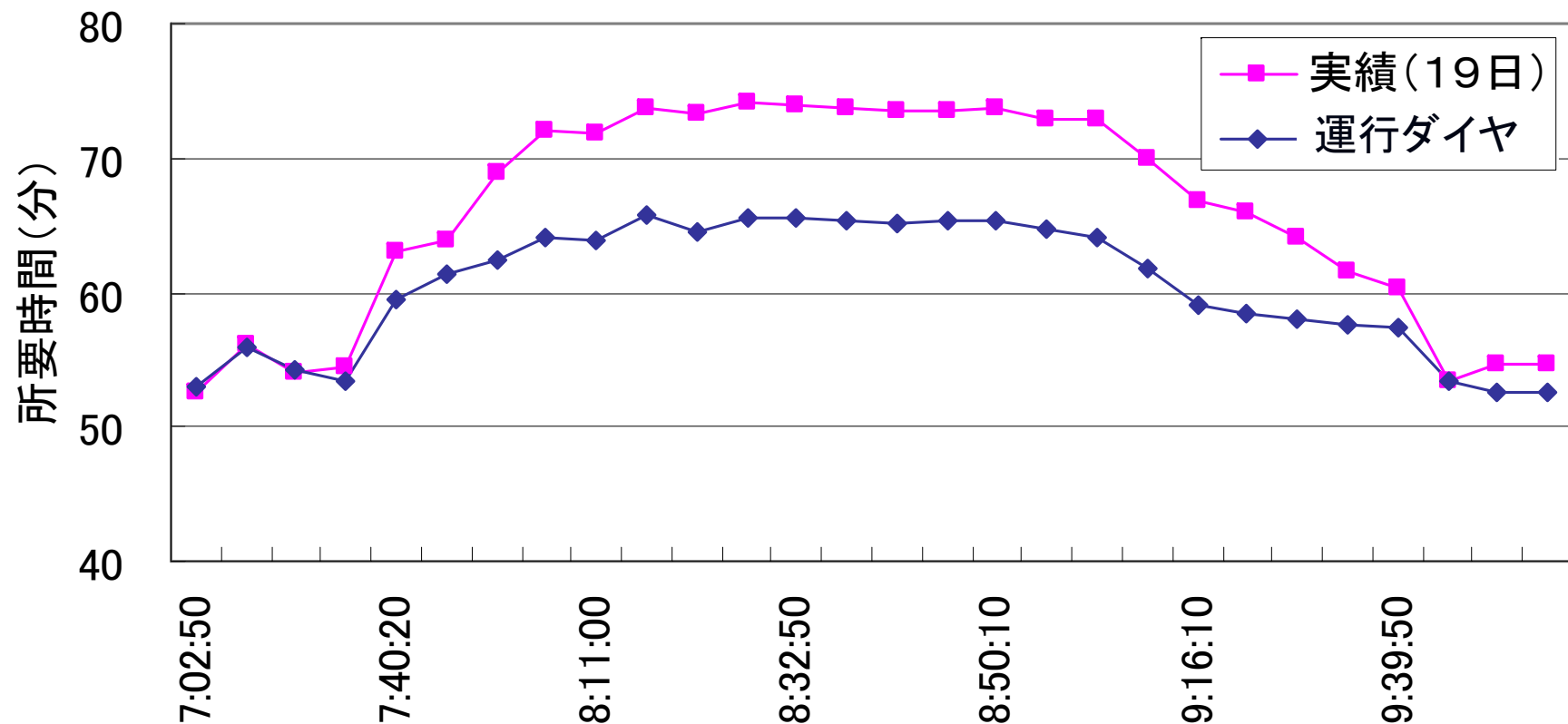
東京メトロ9路線の遅延発行履歴(H20.8.27～H20.10.27)

〔5分以上の遅延に対して朝・昼・夜の3回/日発行〕



所要時間の増加

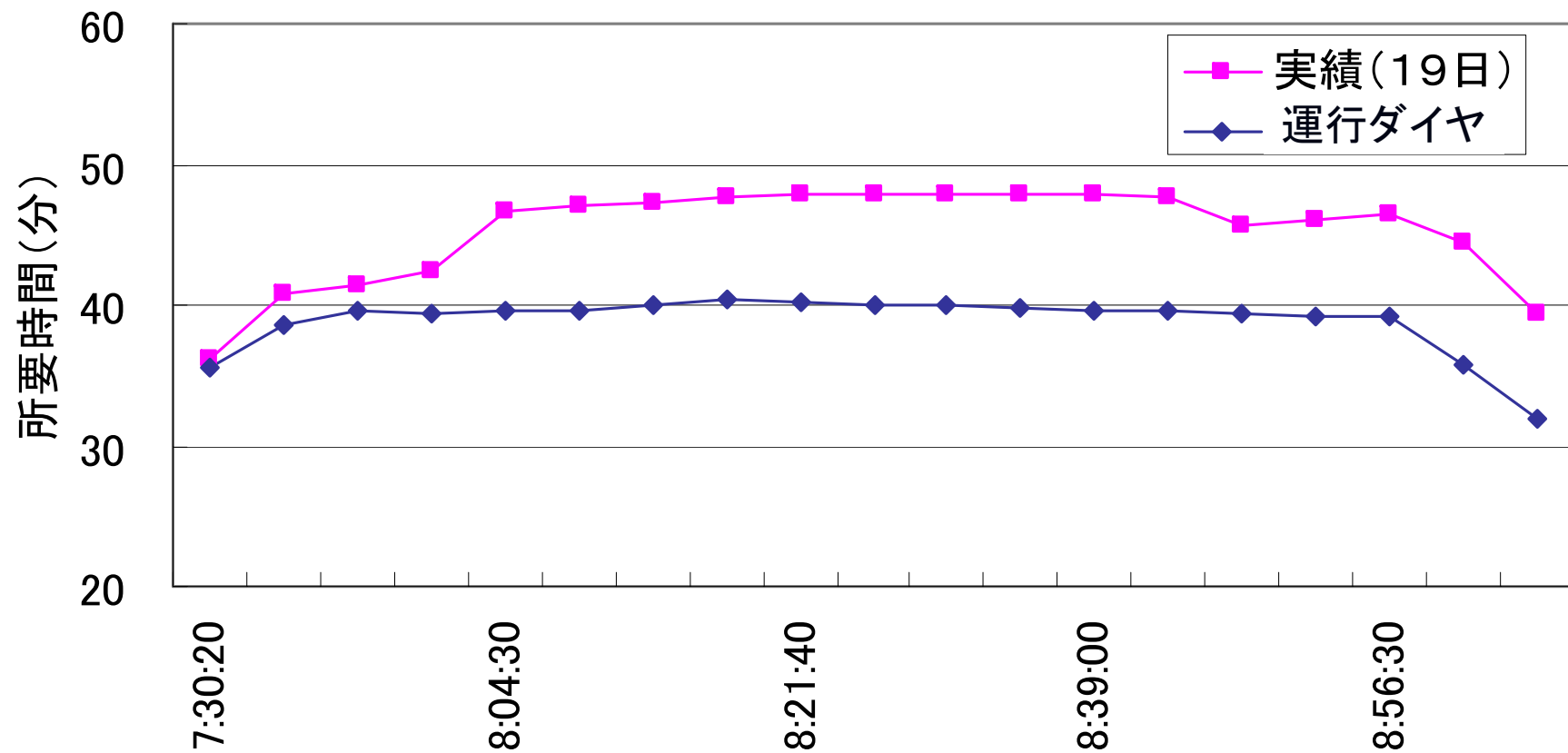
田園都市線 中央林間～渋谷間(普通)



ダイヤ上の各列車の渋谷駅到着時間

所要時間の増加

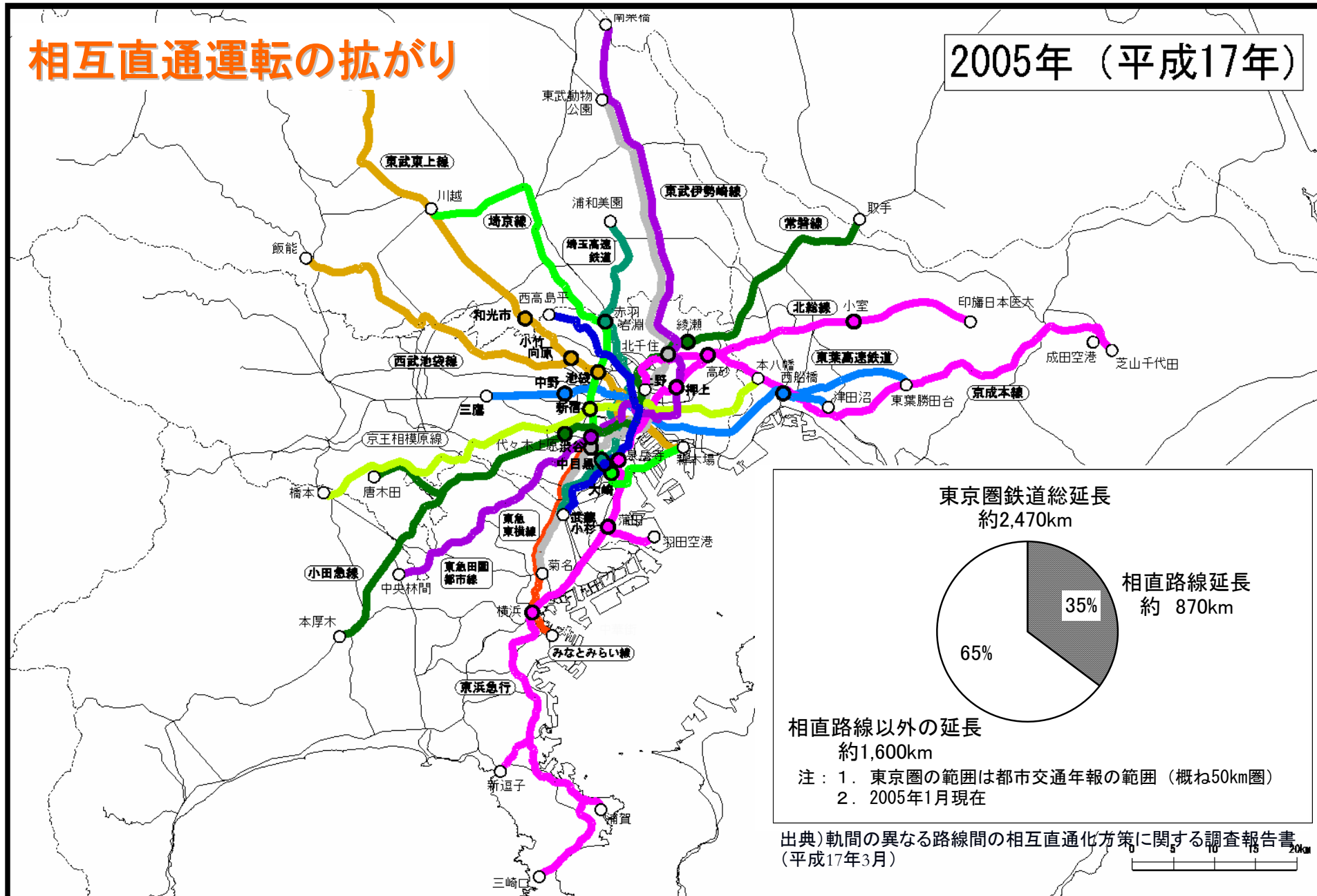
田園都市線 長津田間～渋谷間(急行・準急)



ダイヤ上の各列車の渋谷駅到着時間

相互直通運転の拡がり

2005年（平成17年）



研究の背景と目的

1. 通勤・通学時の慢性的な遅延
2. 発生した遅延の広域化（回復の困難性）



遅延の発生・波及メカニズムを究明



鉄道の信頼性回復のための対策

本日の報告内容

1. 背景と目的
2. 遅延の発生と波及
3. 旅客量による遅れと列車密度による遅れ
4. 列車密度と走行速度
5. まとめと今後の課題

遅延発生・波及の要因

1. トラブル等による遅延の要因

- ・人身障害事故
- ・踏切事故
- ・自然災害(水害、風害、雪害、震害、雷害、霧害etc.)
- ・沿線支障(火災、線路内立入り、線路内支障etc.)
- ・電気施設故障
- ・土木施設支障
- ・車両故障
- ・鉄道係員に関する支障(保守作業事故etc.) etc.

*** 遅延が長時間におよぶ可能性がある**

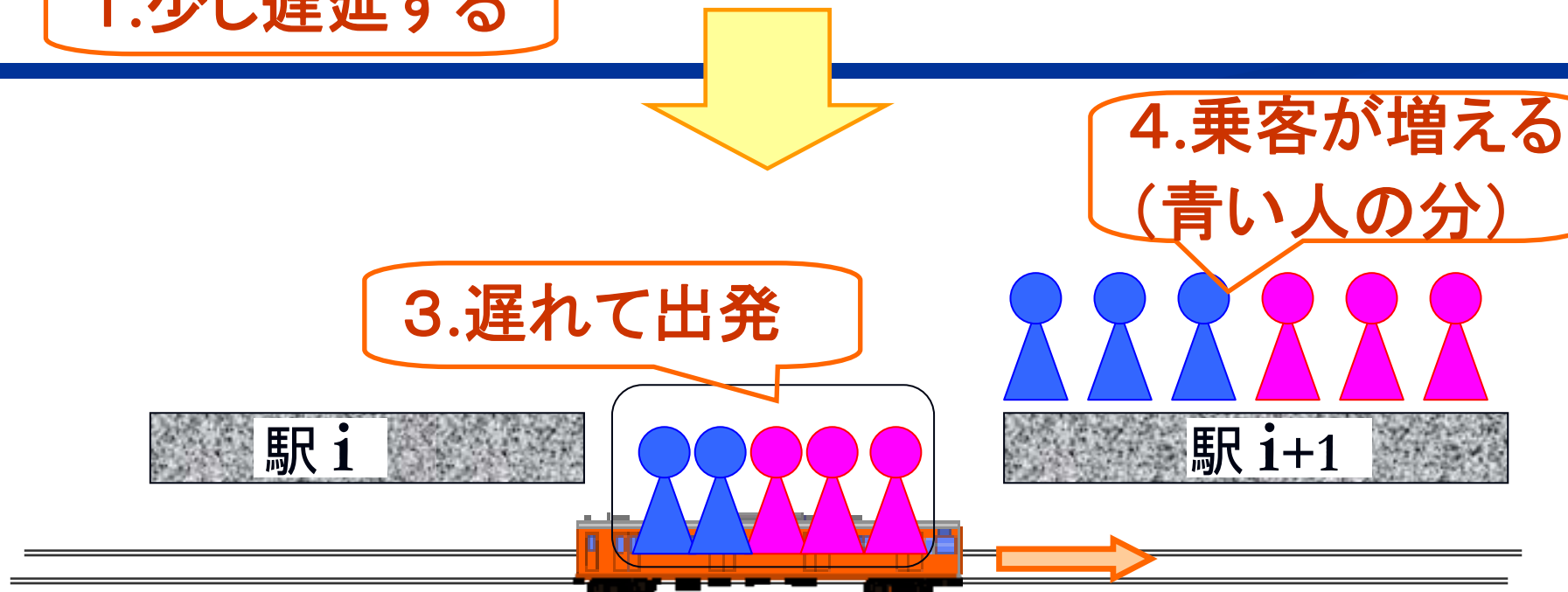
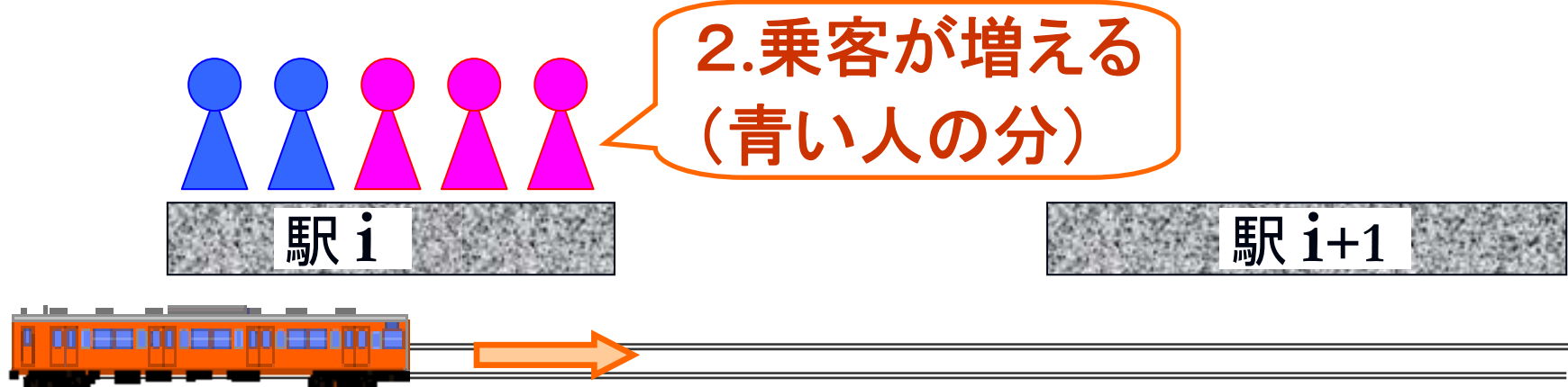
2. 利用者要因による駅停車時間の増加 〔定常的な短時間の遅れ〕

- ・乗降時間の増加（混雑，利用者行動）
- ・駆け込み乗車
- ・ドアの再開閉（車両ドア，ホームドア）
- ・車内発病

【遅延の発生・波及】

列車のダンゴ運転の発生と遅延の波及

遅延の発生と波及(ダンゴ運転)



3. 線路上の列車混雑要因による 駅間走行時間の増加

- ・先行列車による 駅進入制限
走行速度の低下
減速、停止、再加速
- ・後続列車の遅れによる発車時間の調整

【遅延の発生・波及】

閉そく区間短縮 ， 高頻度運行
優等列車の存在 ， 相互直通運転

列車運行データ(実績値)

対象路線:

東急田園都市線 → 東京メトロ半蔵門線 →
→ 東武伊勢崎線

対象駅: 中央林間 ~ 渋谷 (全27駅)

表参道 ~ 押上 (全13駅)

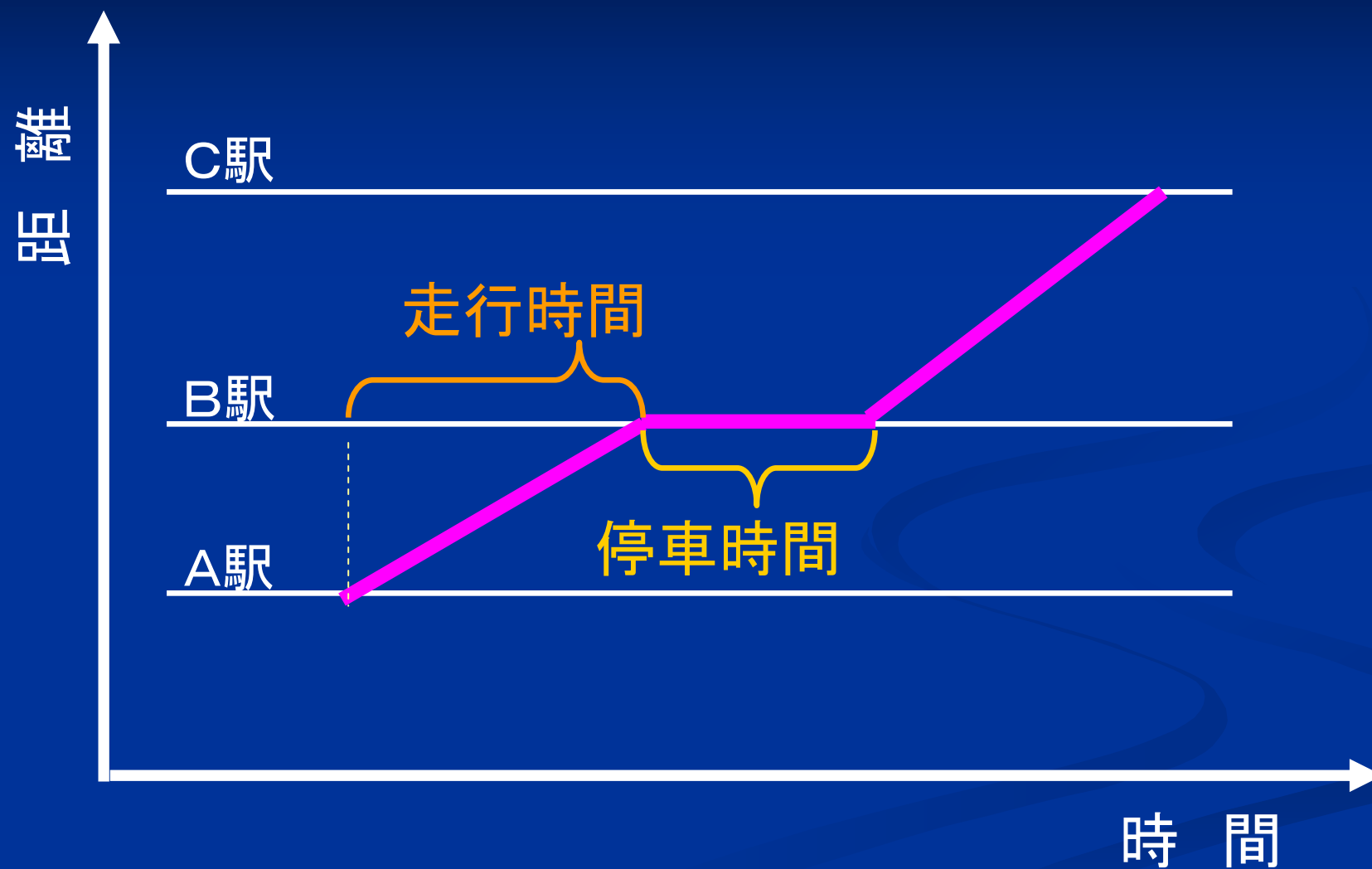
日時: 平成21年1月14日(水) 晴

7:00~12:00

平成21年1月19日(月)~21日(水) 晴

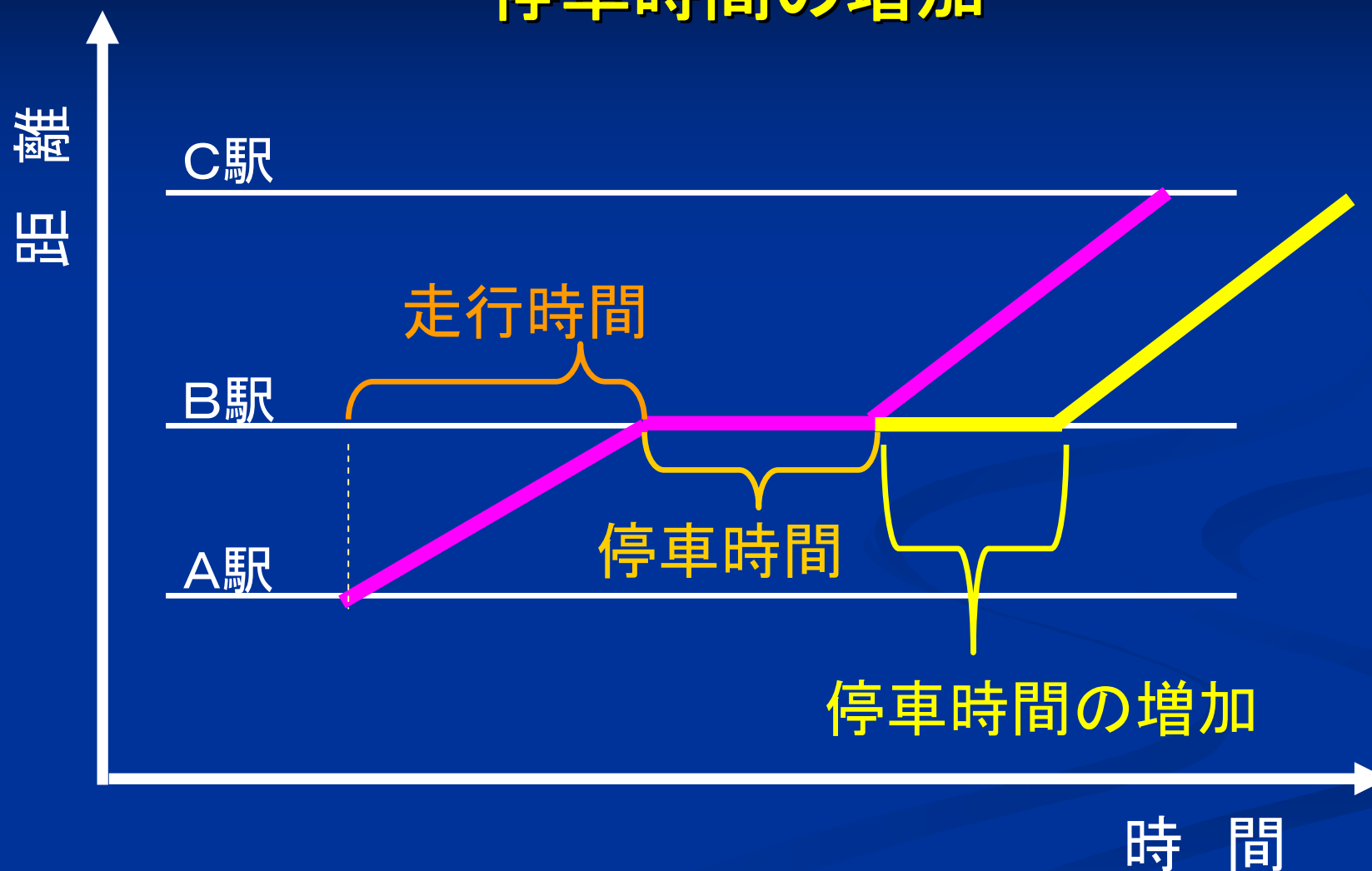
7:00~11:00

ダイヤの模式図



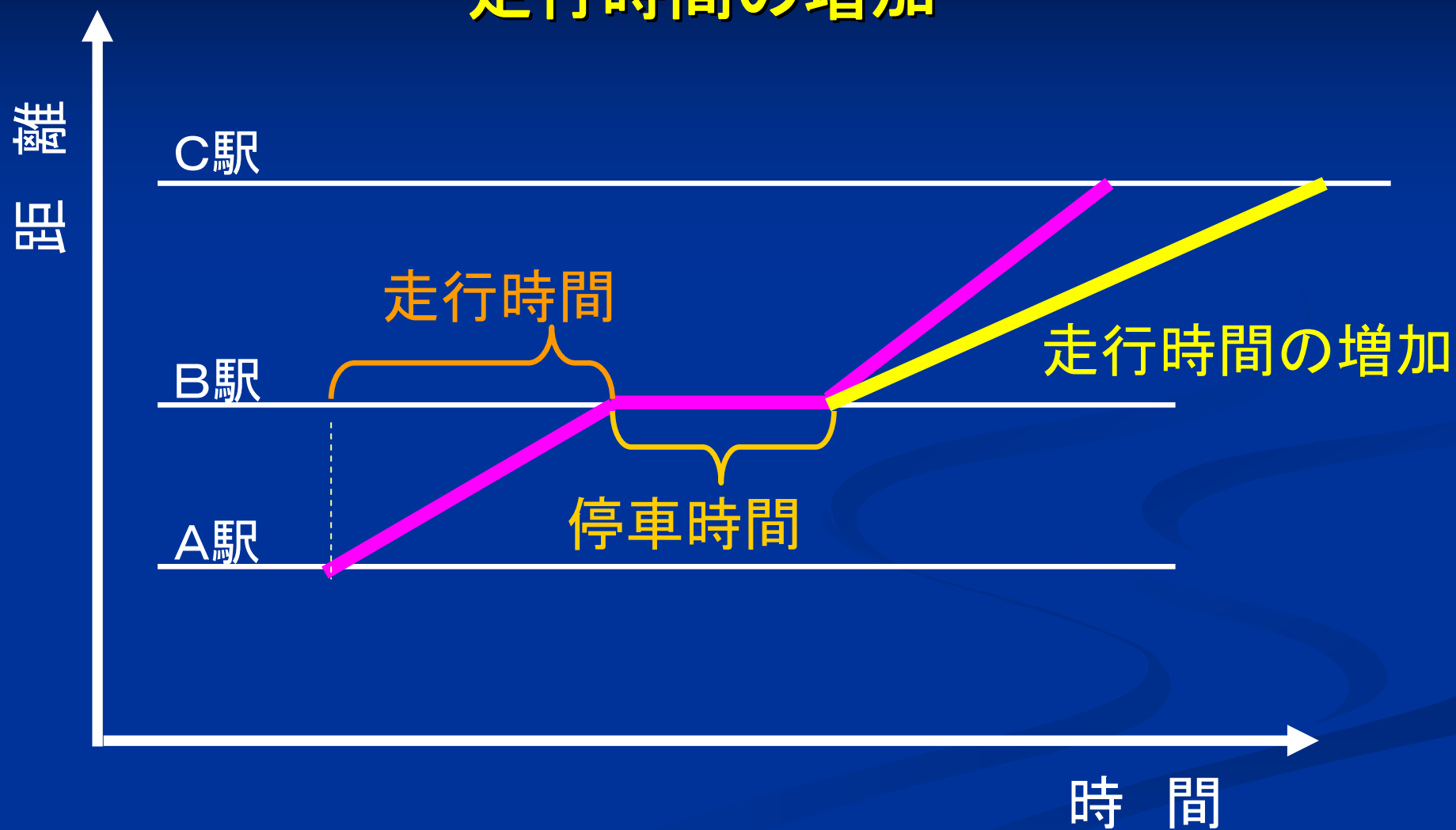
ダイヤの模式図

停車時間の増加



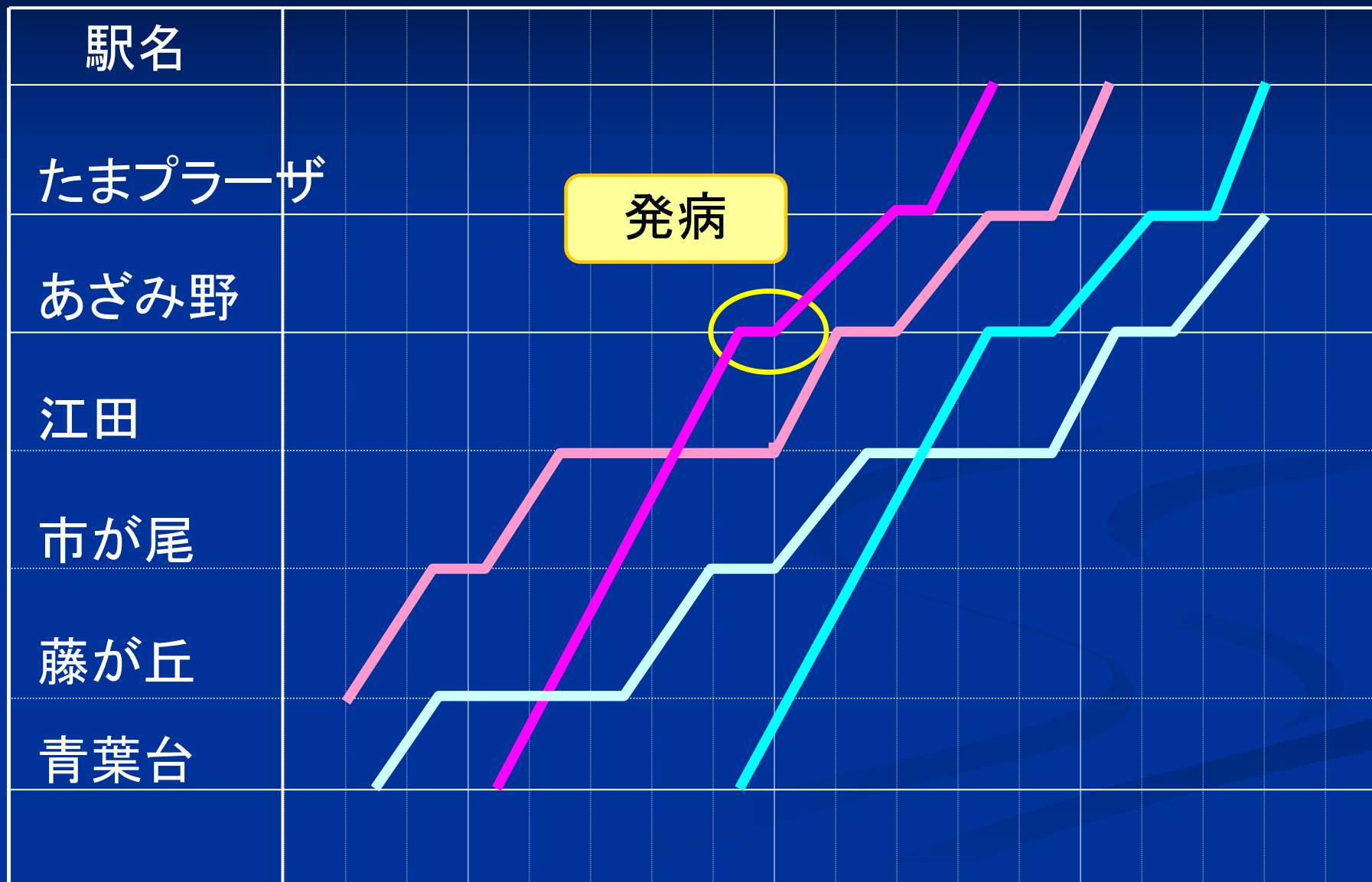
ダイヤの模式図

走行時間の増加



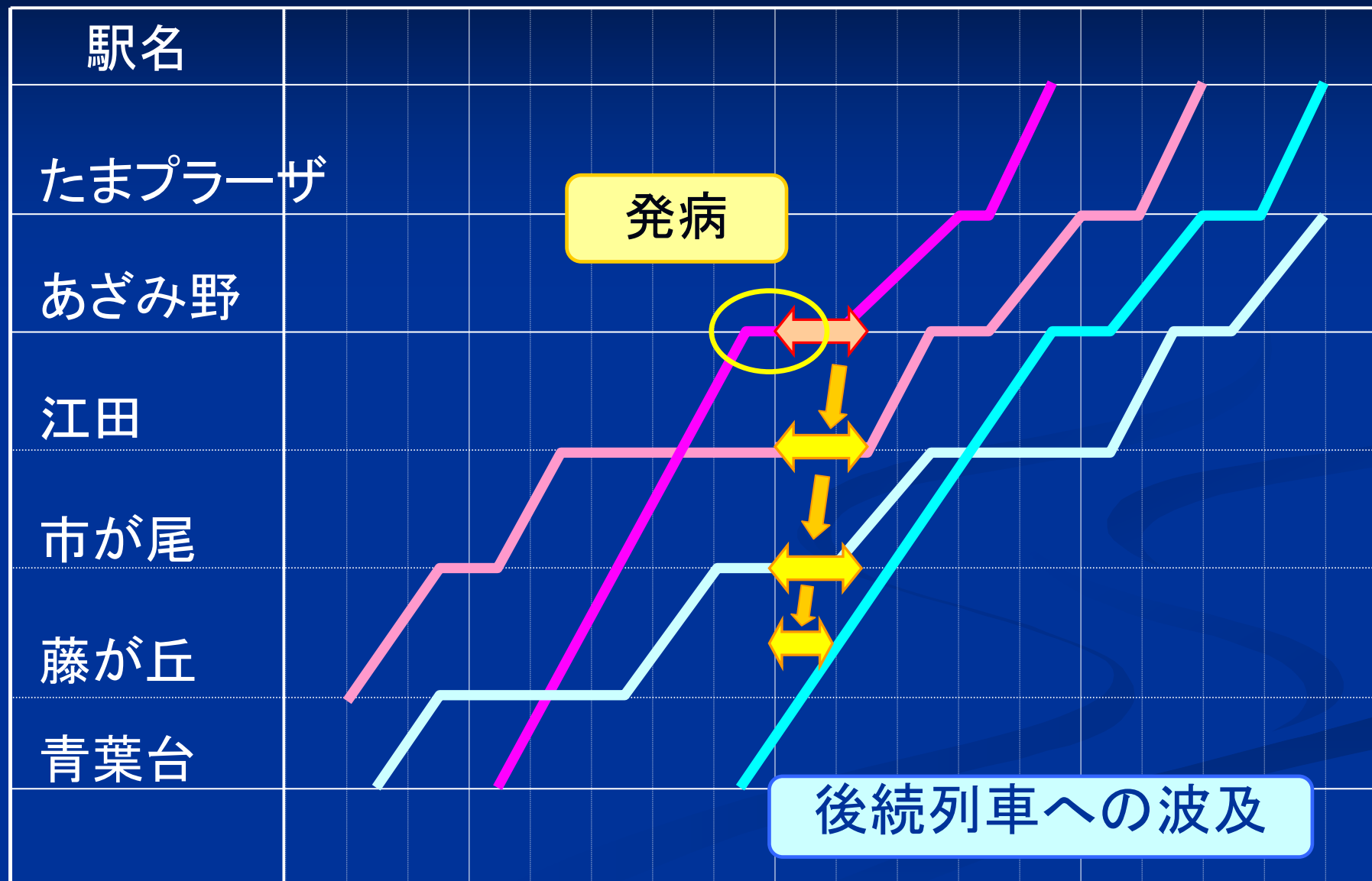
遅延の発生と波及（後続列車）

（1月19日実績7:20頃）



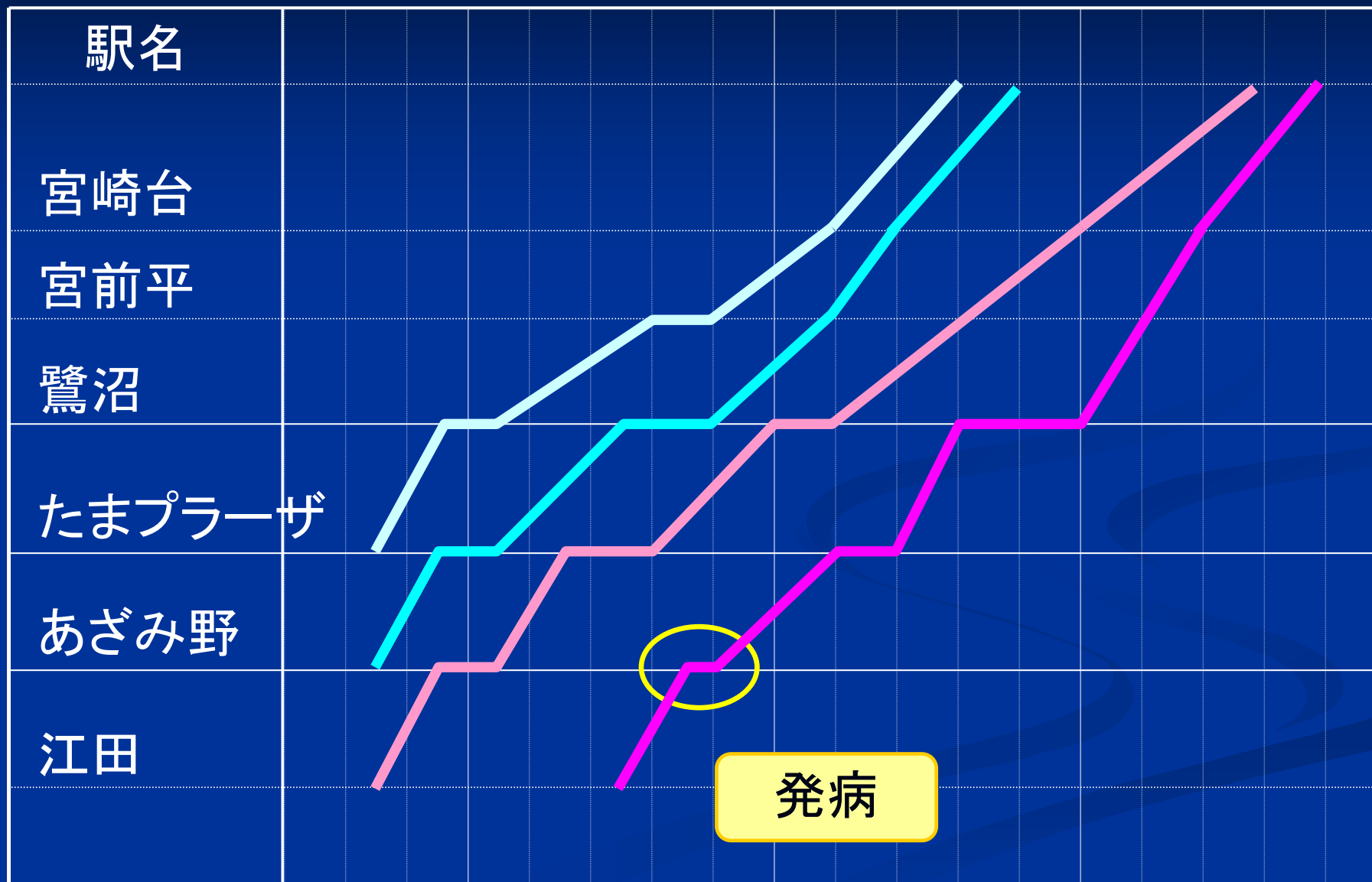
遅延の発生と波及（後続列車）

（1月19日実績7:20頃）



遅延の発生と波及(先行列車)

(1月19日実績7:20頃)



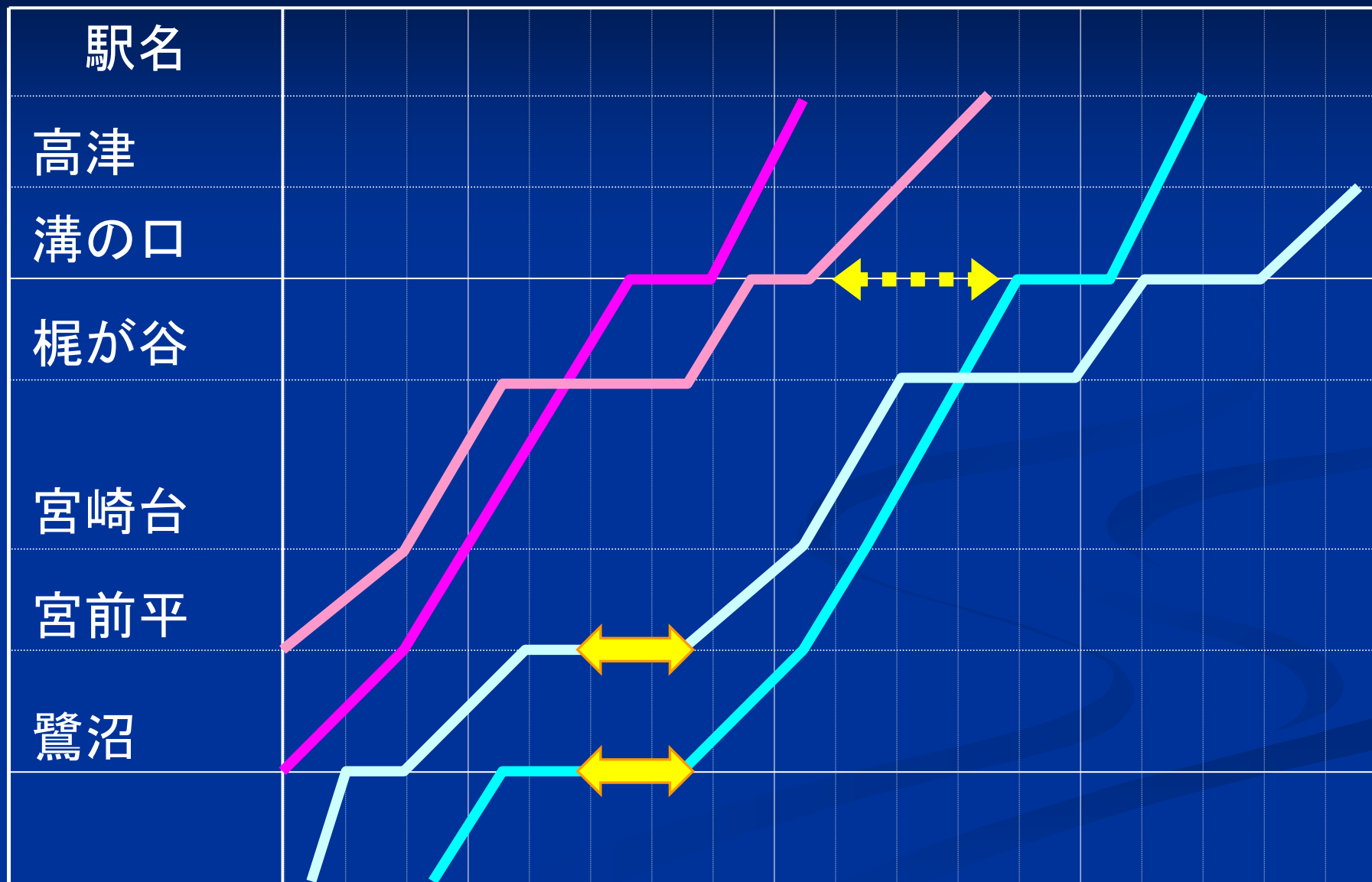
遅延の発生と波及(先行列車)

(1月19日実績7:20頃)



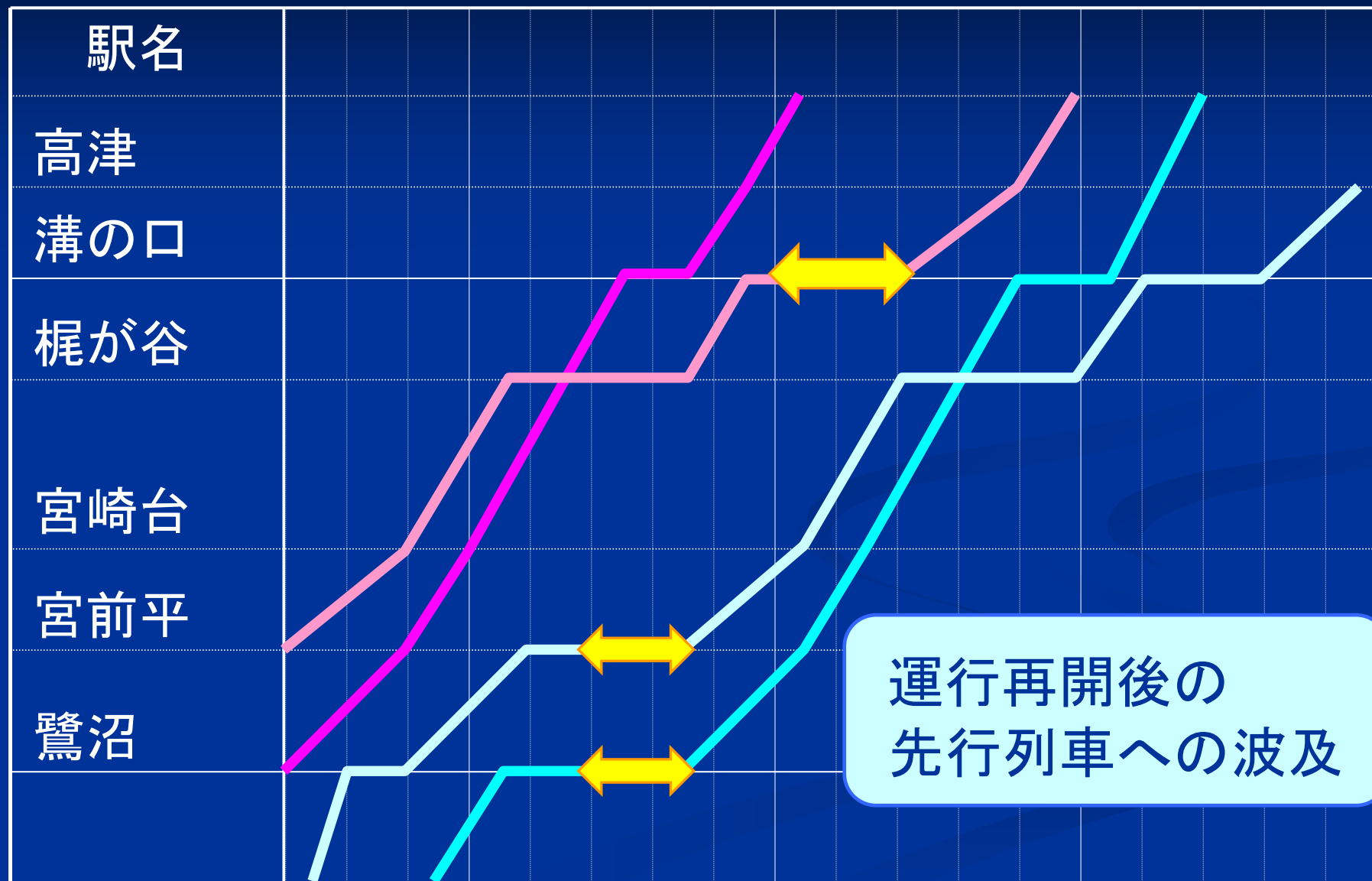
遅延の発生と波及(運行再開後)

(1月19日実績)



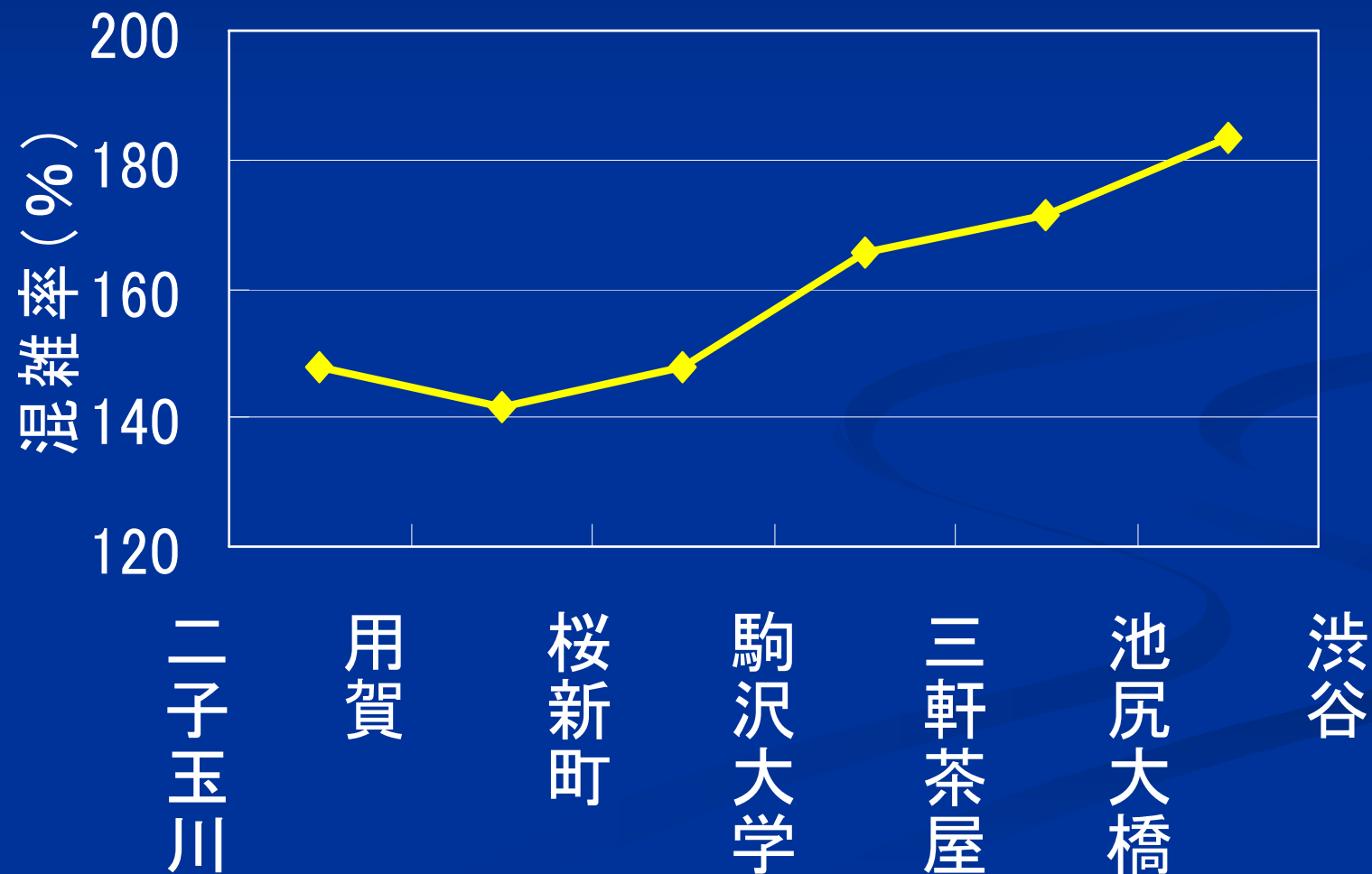
遅延の発生と波及(運行再開後)

(1月19日実績7:30頃)

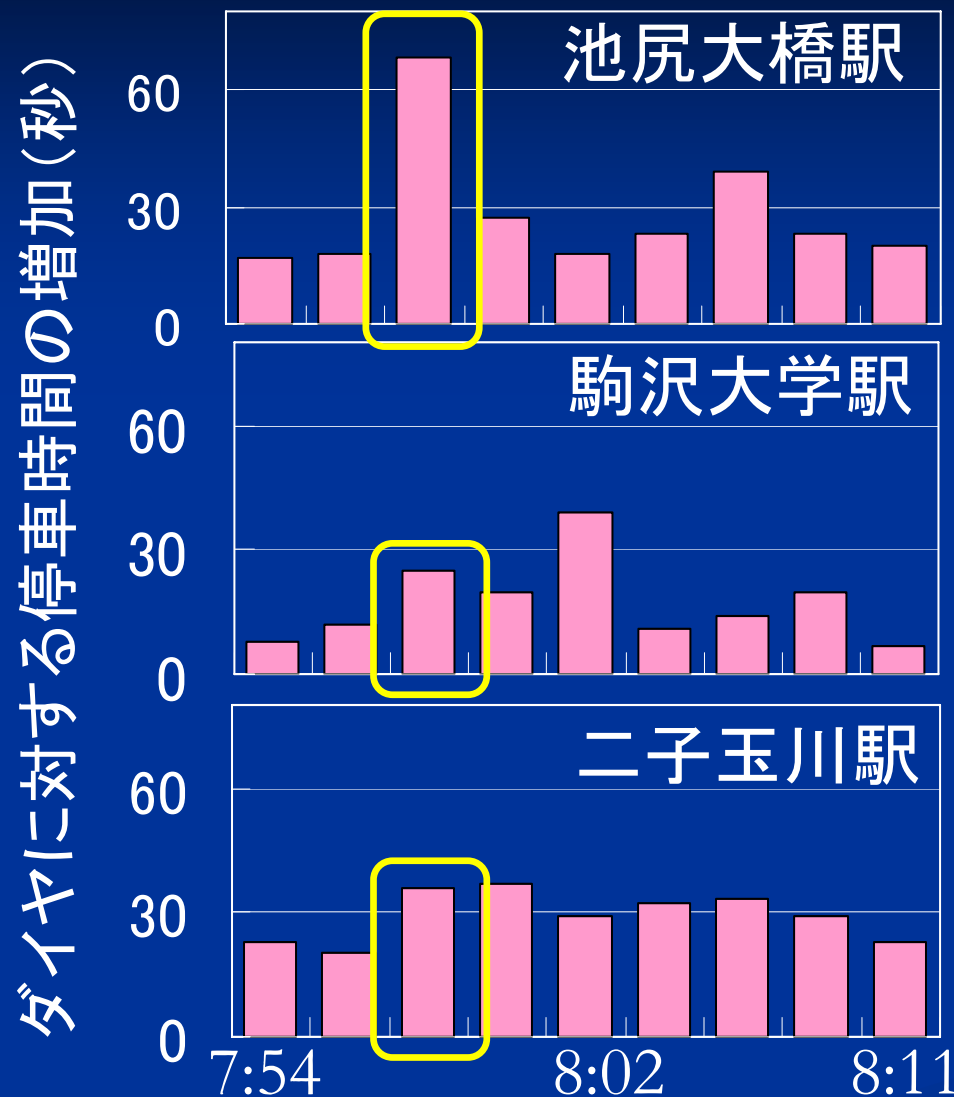


混雑率の変化

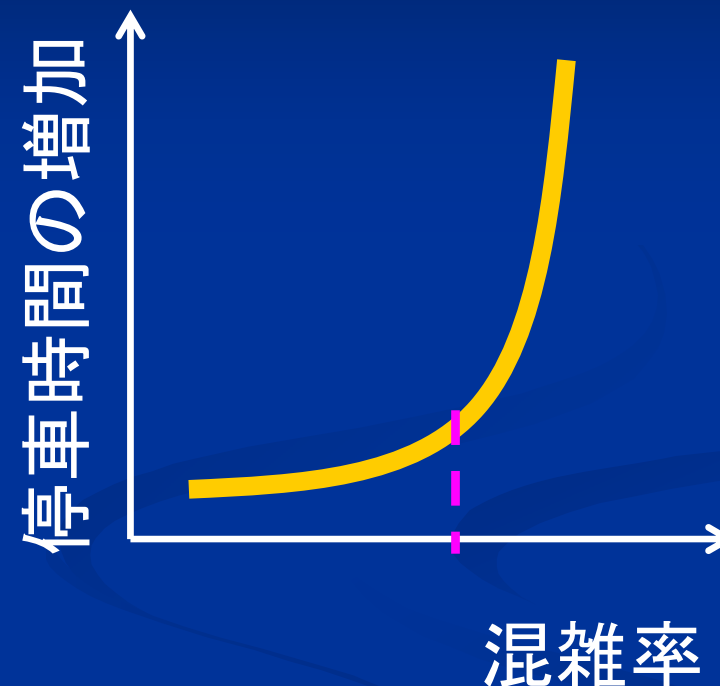
8:30渋谷駅到着列車(10号車)



遅れた列車の遅延の増大



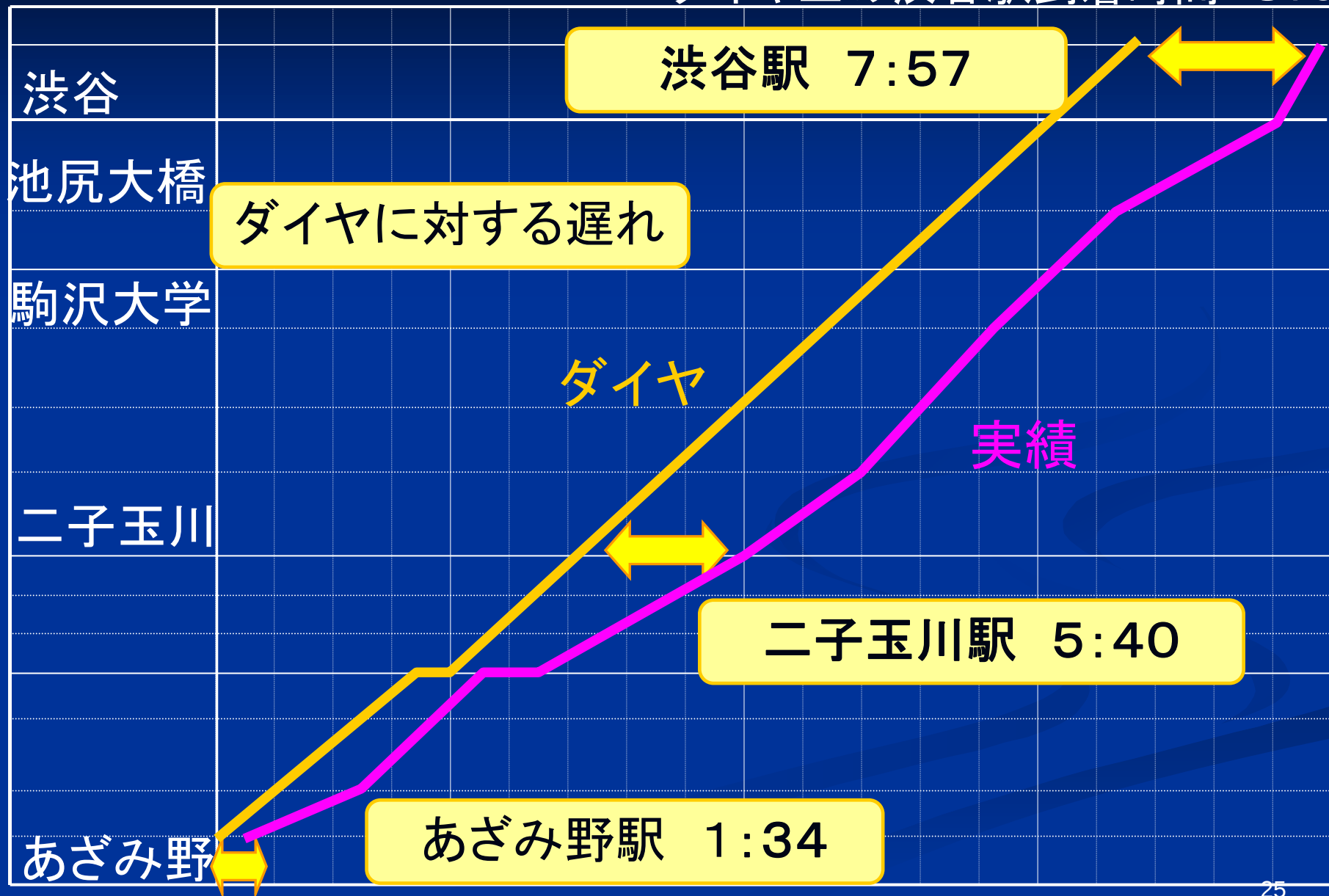
各列車のダイヤ上の渋谷駅到着時間



臨界点の存在

遅れた列車の遅延の増大

ダイヤ上の渋谷駅到着時間 8:01



8:00

8:20

半蔵門

約8分

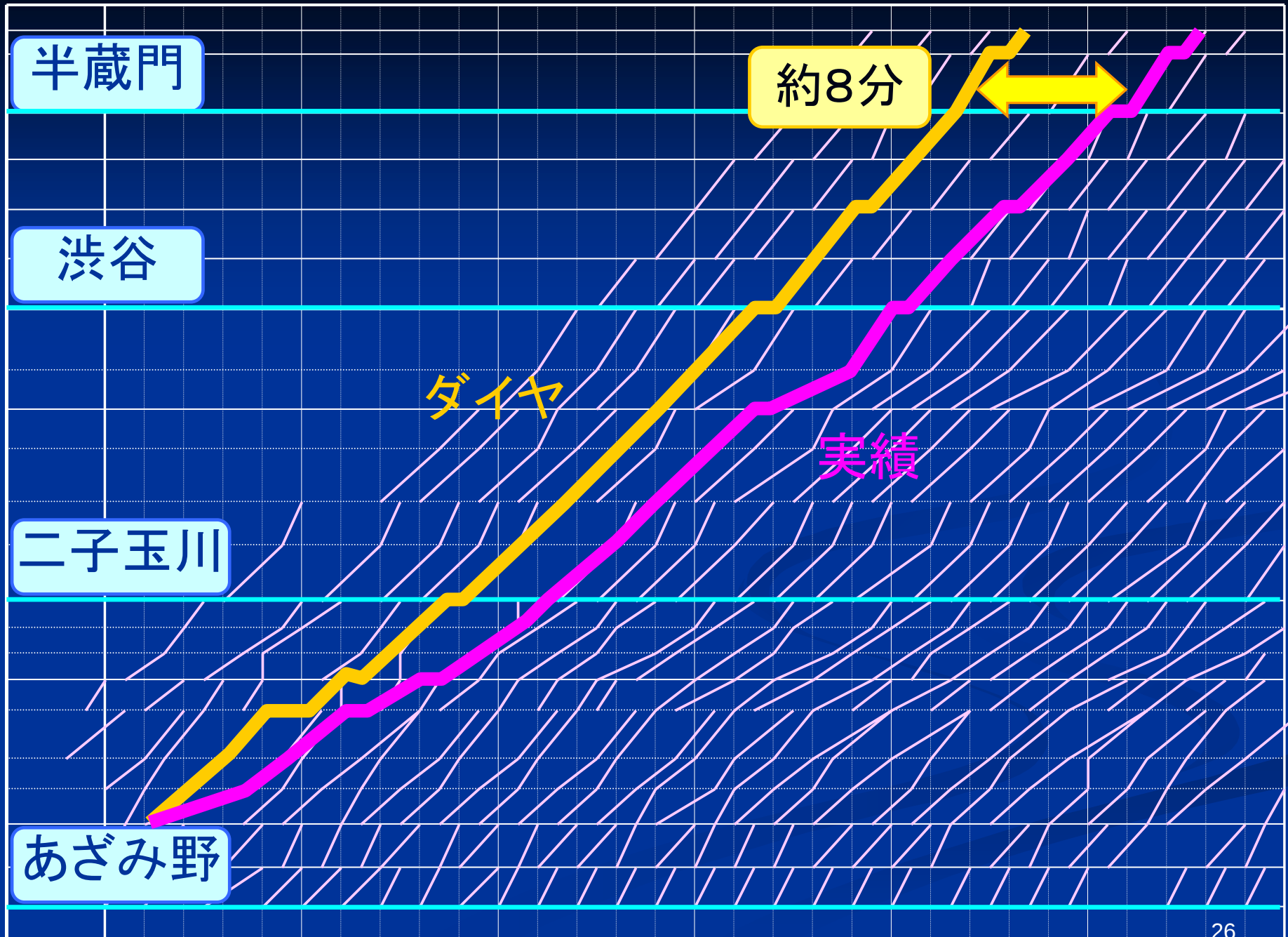
渋谷

ダイヤ

実績

二子玉川

あざみ野



8:20

9:00

半蔵門

約11分

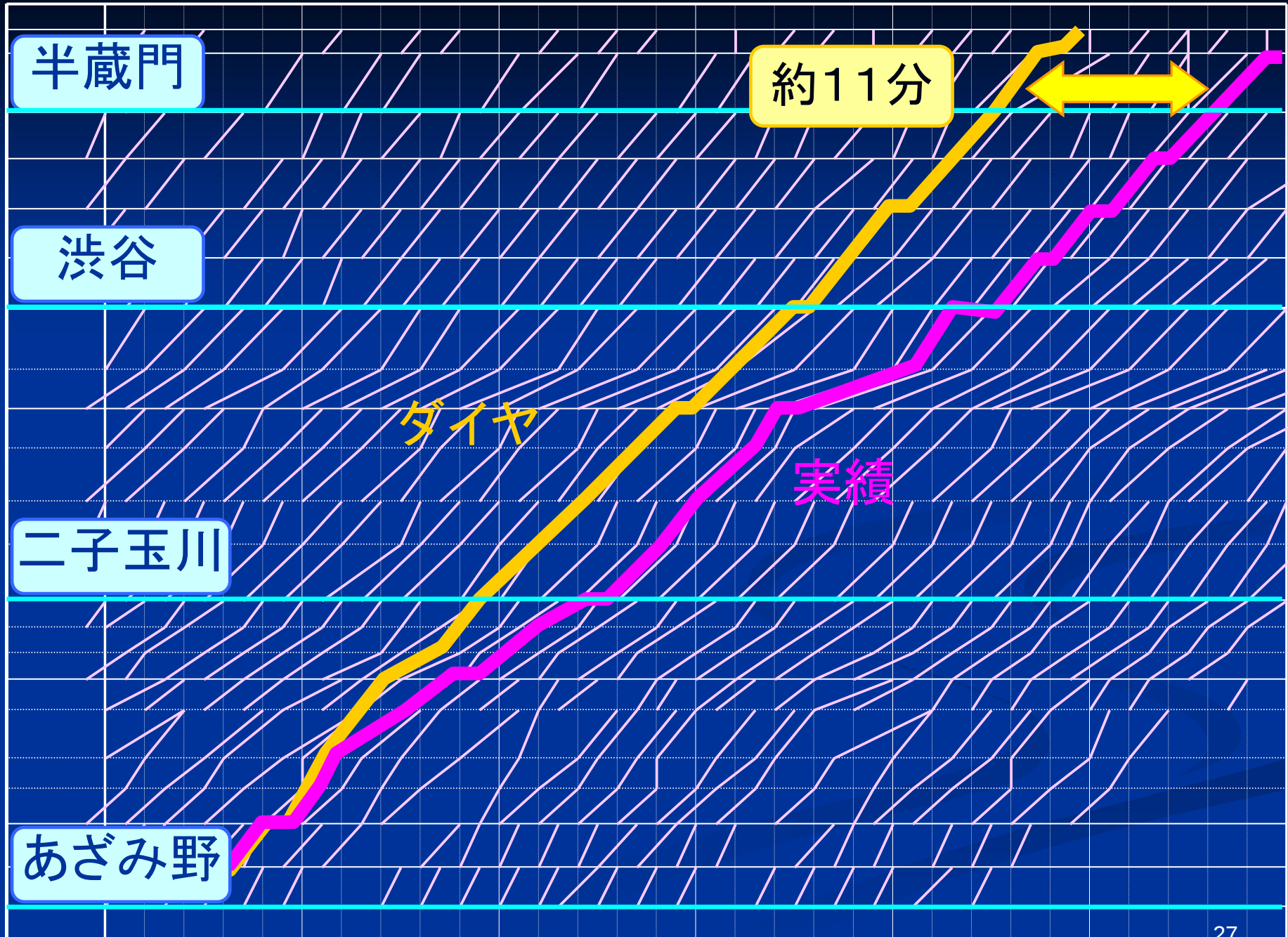
渋谷

ダイヤ

実績

二子玉川

あざみ野



9:00

9:30

半蔵門

約13分

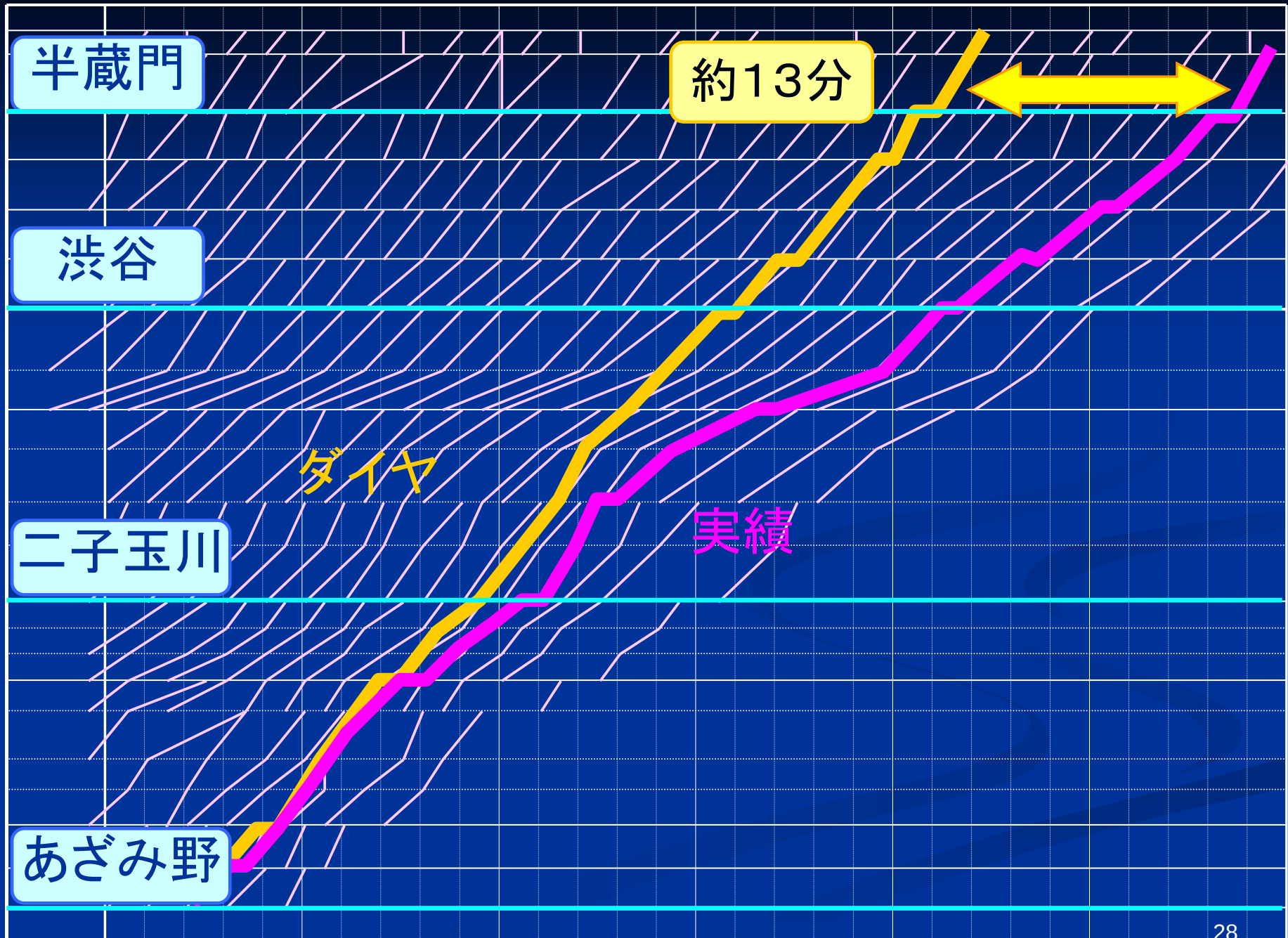
渋谷

ダイヤ

二子玉川

実績

あざみ野

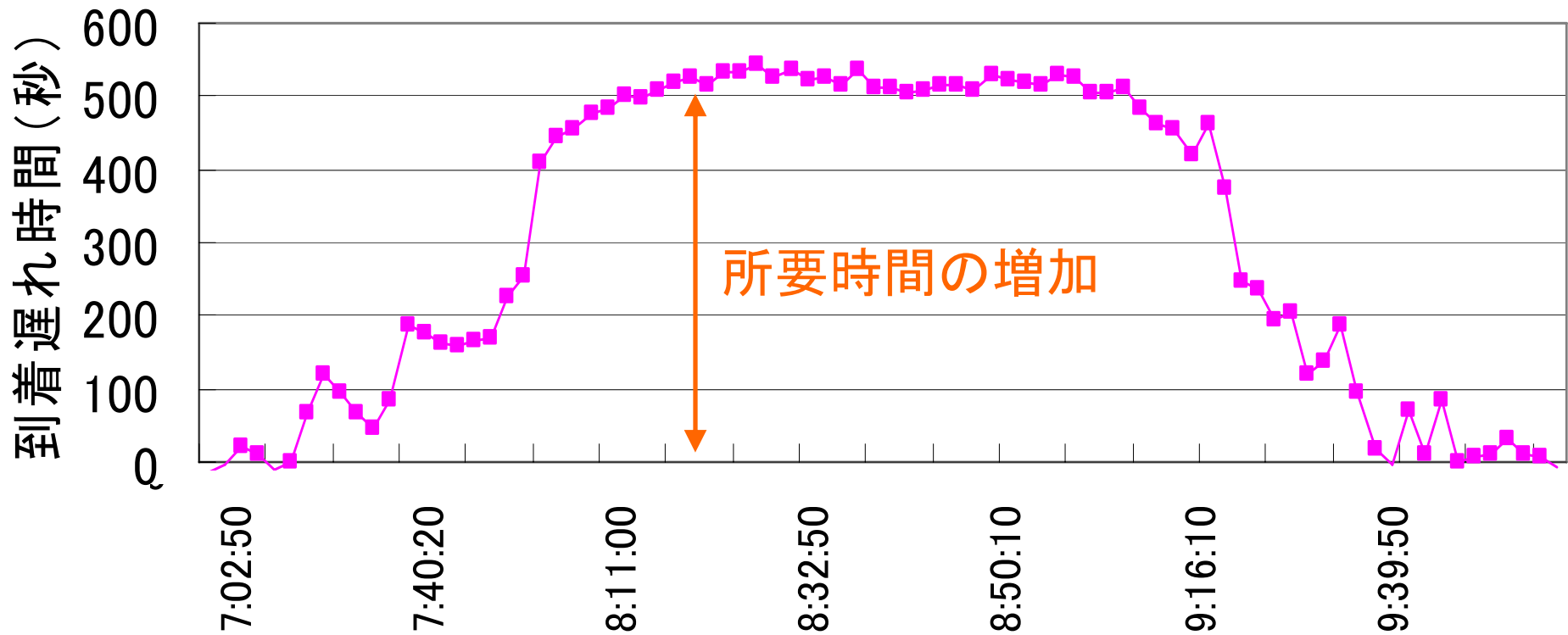


本日の報告内容

1. 背景と目的
2. 遅延の発生と波及
3. 旅客量による遅れと列車密度による遅れ
4. 列車密度と走行速度
5. まとめと今後の課題

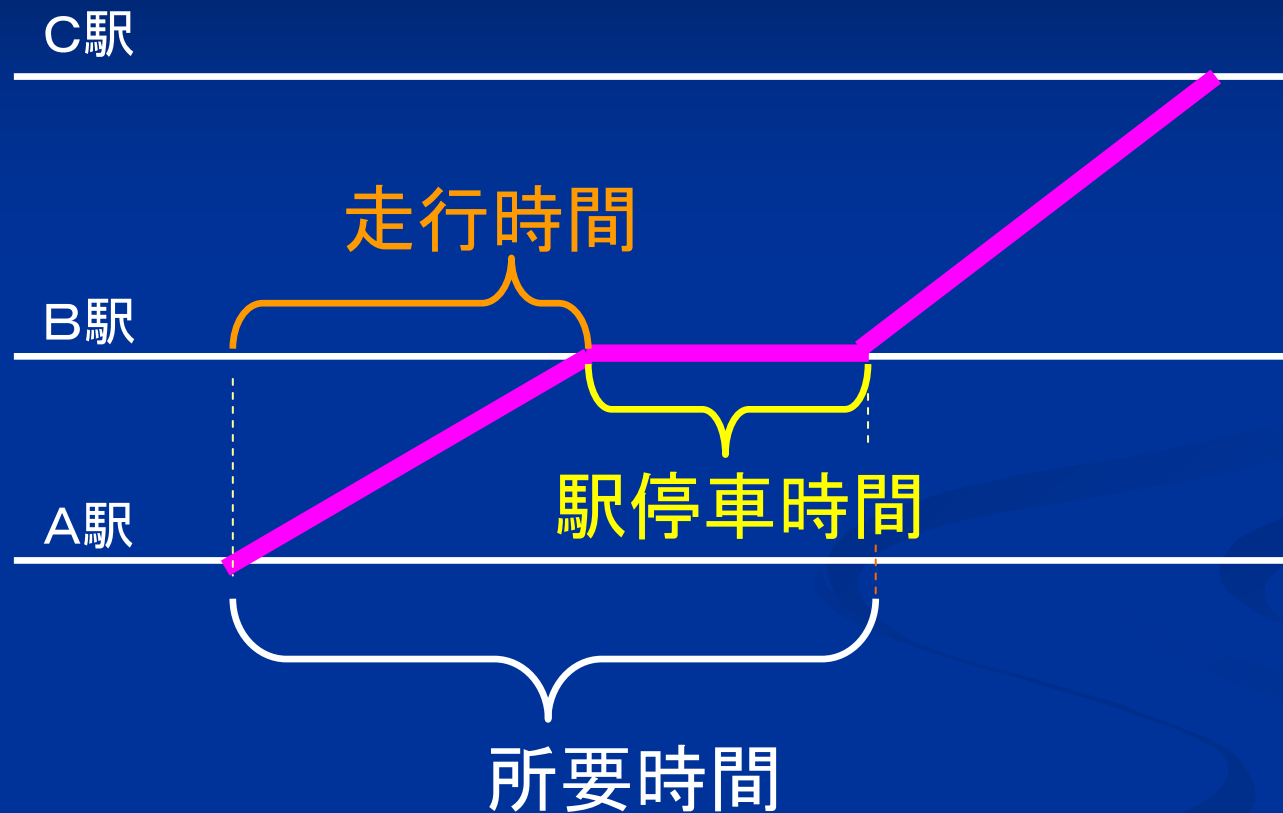
ダイヤに対する遅れの変化

渋谷駅（1月19日）



各列車のダイヤ上の渋谷駅到着時間

所要時間の定義

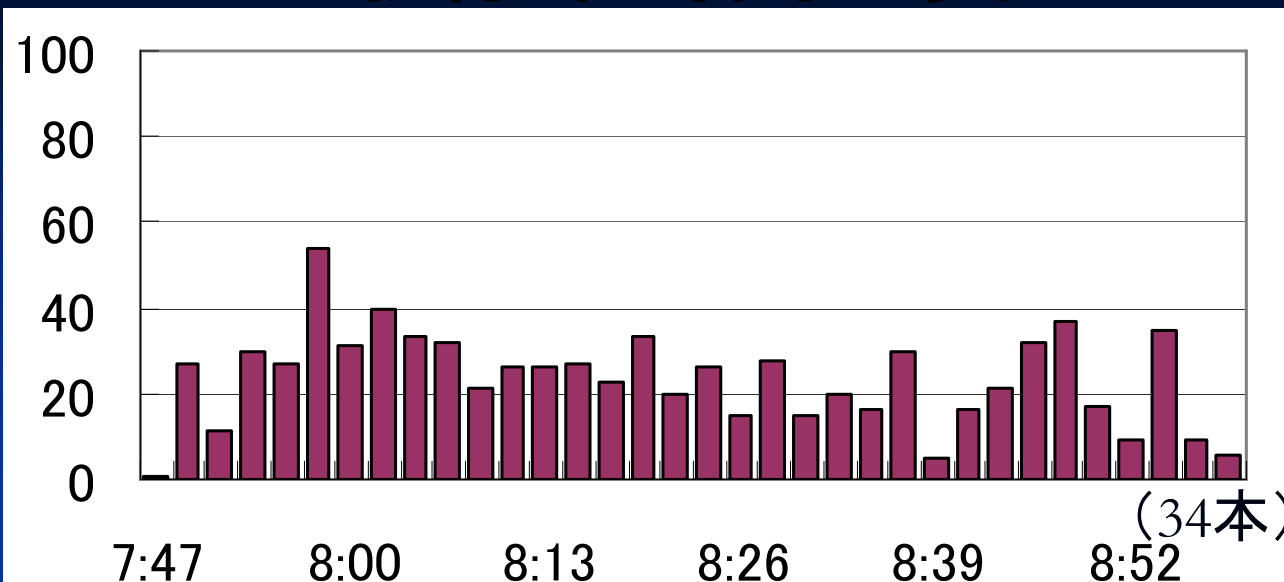


$$\text{所要時間} = \text{走行時間} + \text{駅停車時間}$$

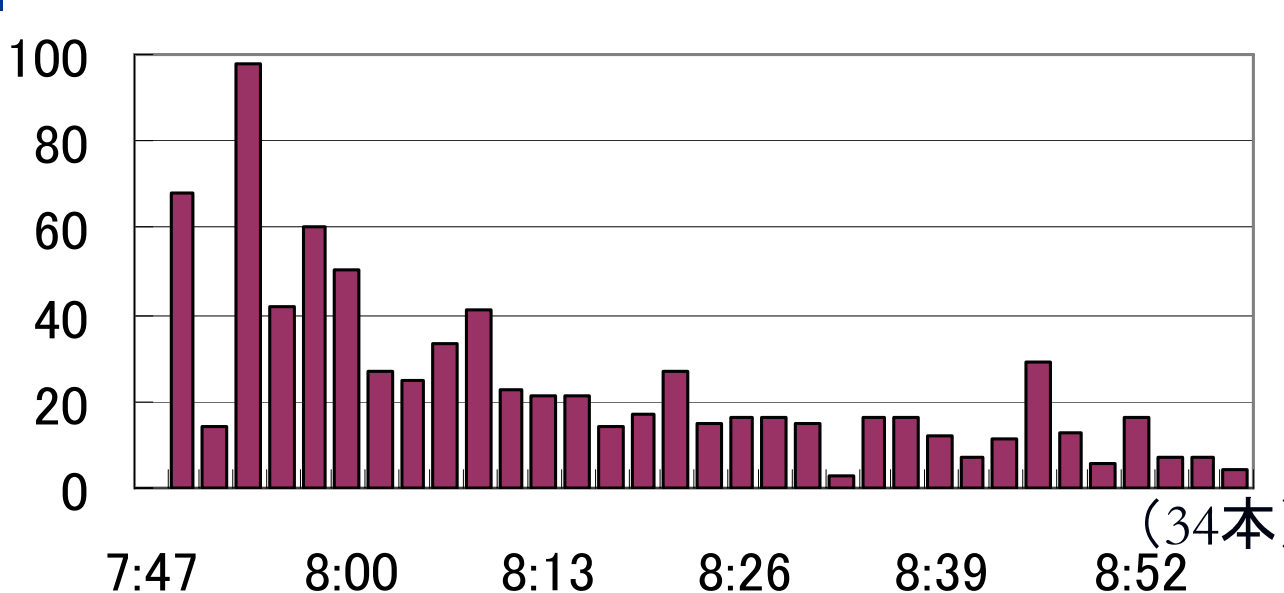
駅停車時間の変化

ダイヤに対する
停車時間の増加(秒)

渋谷駅



三軒茶屋駅

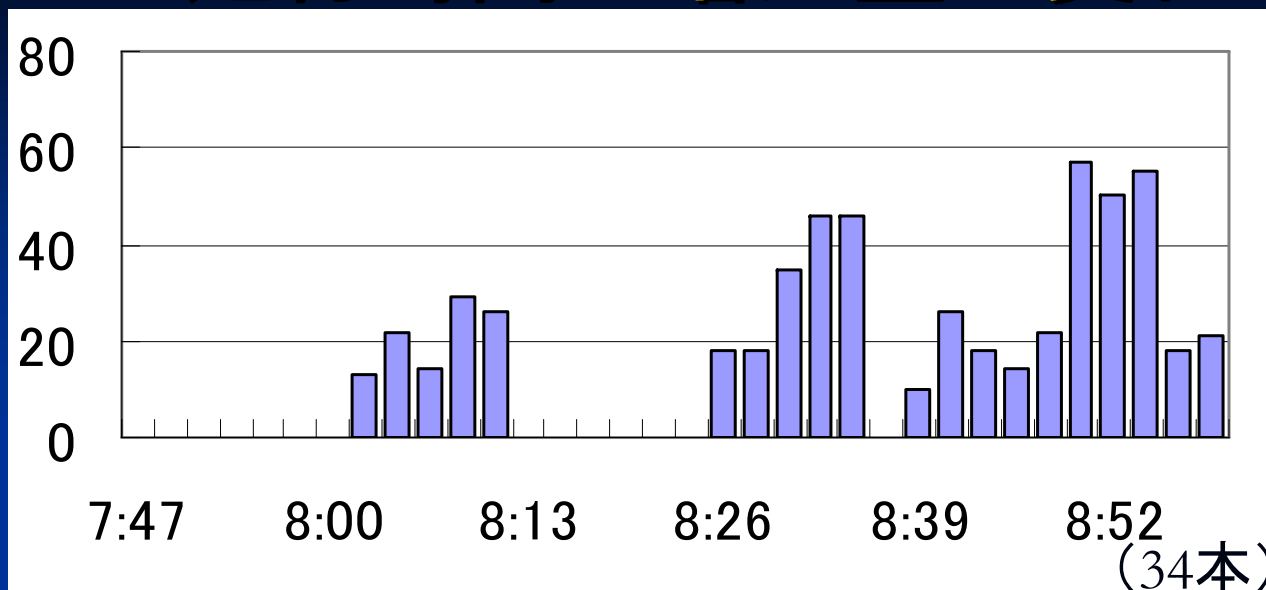


各列車のダイヤ上の渋谷駅到着時間

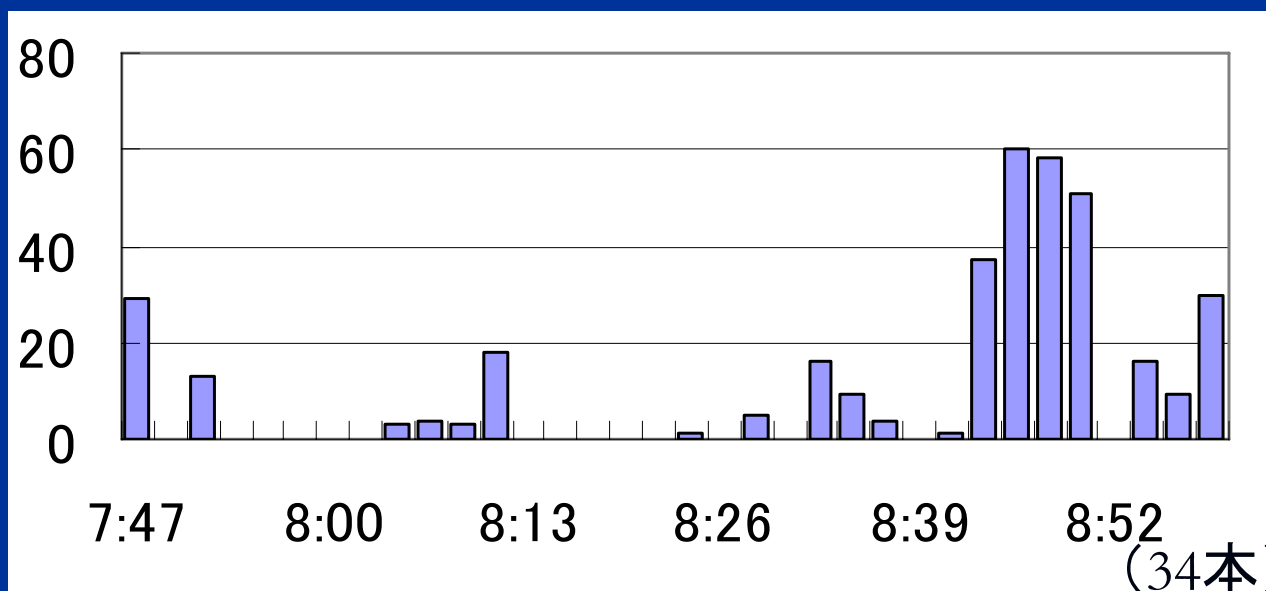
(C) Mr. Keiji KARIYAZAKI, Institute for Transport Policy Studies, 2009

走行時間の増加量の変化

ダイヤに対する
走行時間の増加(秒)



渋谷駅
と
池尻大橋駅



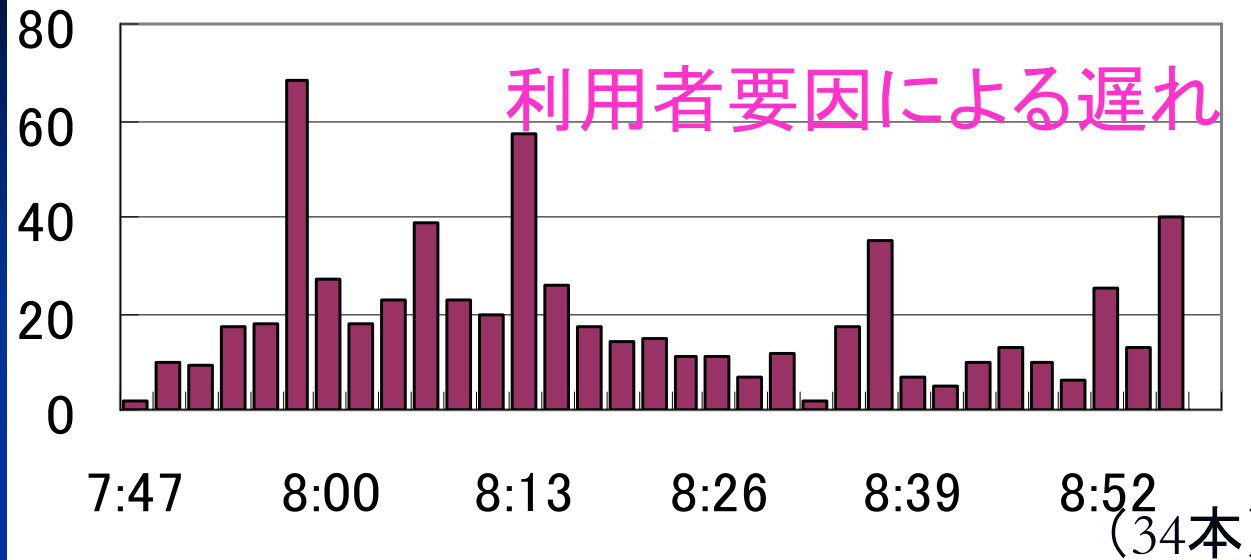
三軒茶屋駅
と
駒沢大学駅

各列車のダイヤ上の渋谷駅到着時間

駅停車時間と走行時間の増加量の変化

ダイヤに対する
走行時間の増加
停車時間の増加

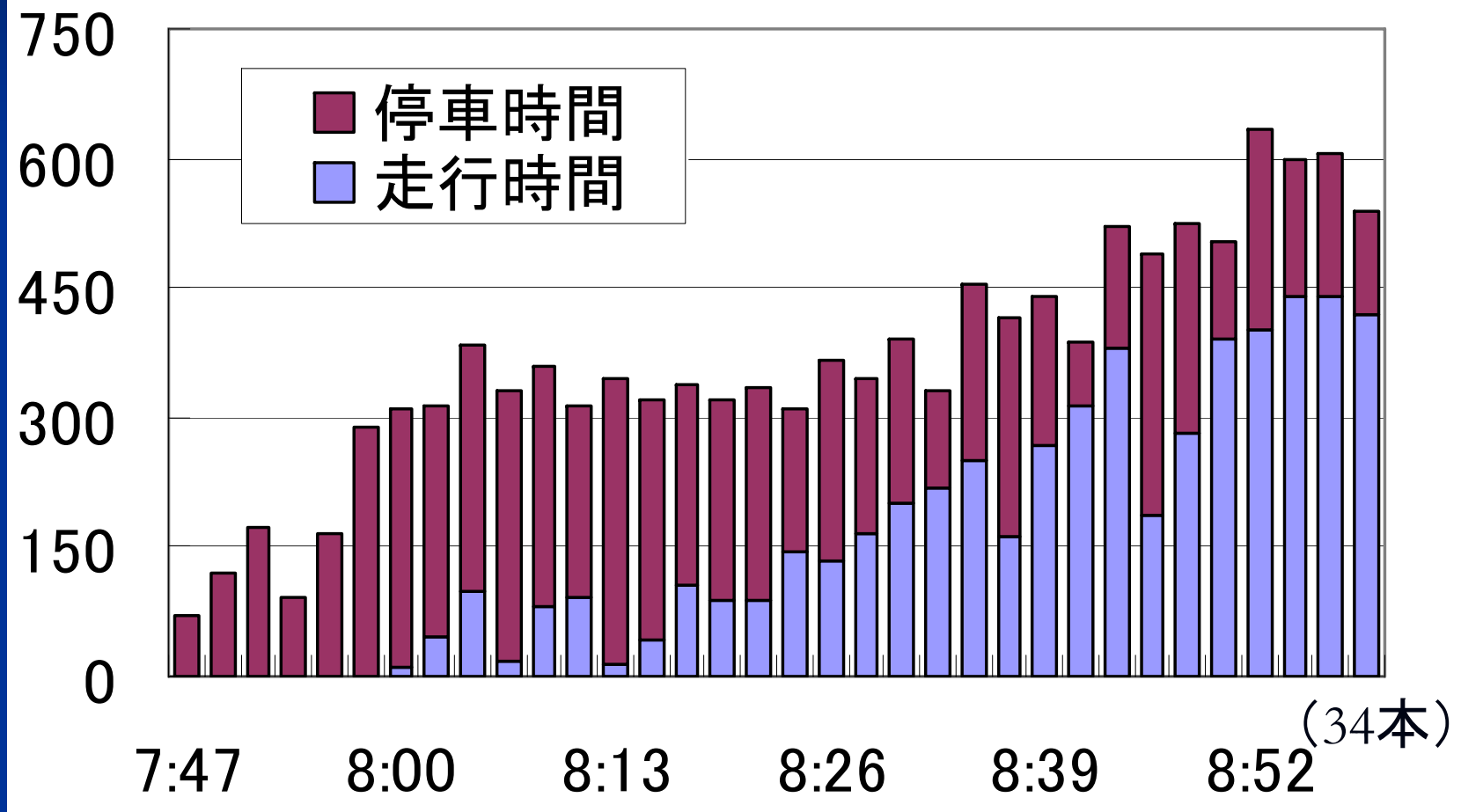
(秒)



ダイヤに対する遅れの内訳

溝の口駅～半蔵門駅(1月19日)

ダイヤに対する
所用時間の増加(秒)



各列車のダイヤ上の渋谷駅到着時間

9:00

9:30

半蔵門

渋谷

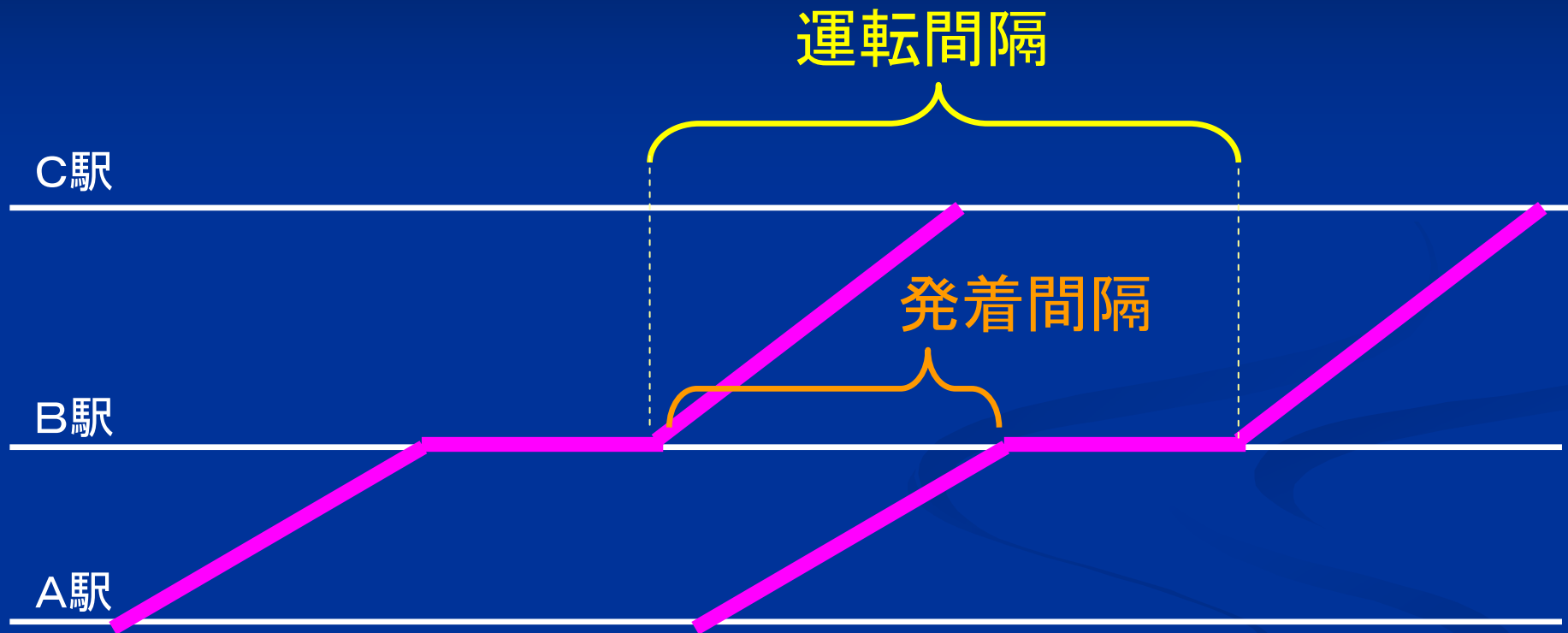
二子玉川

あざみ野

ダイヤ

実績

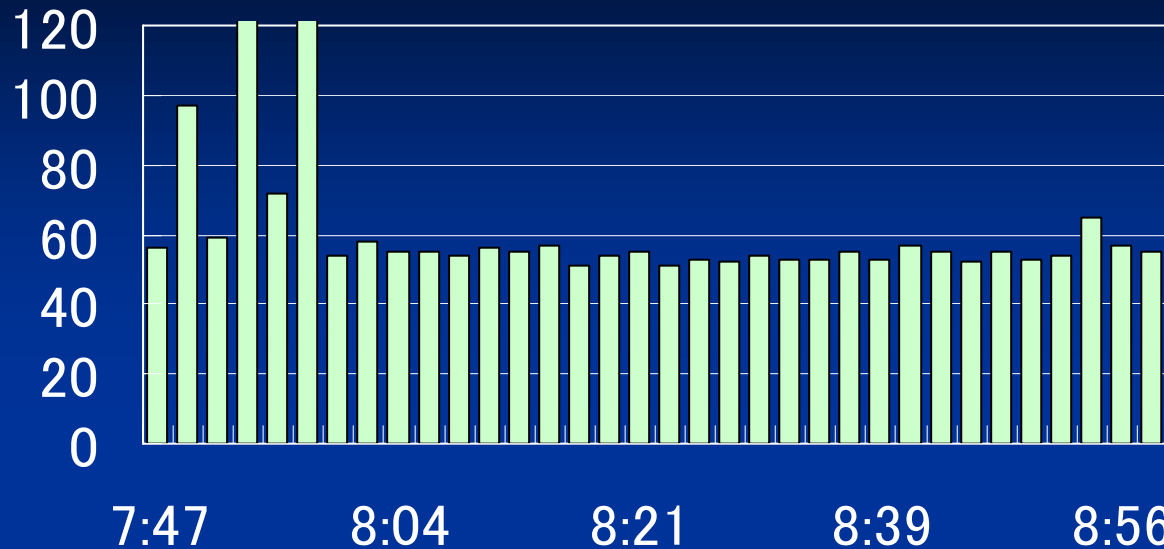
運転間隔と発着間隔の定義



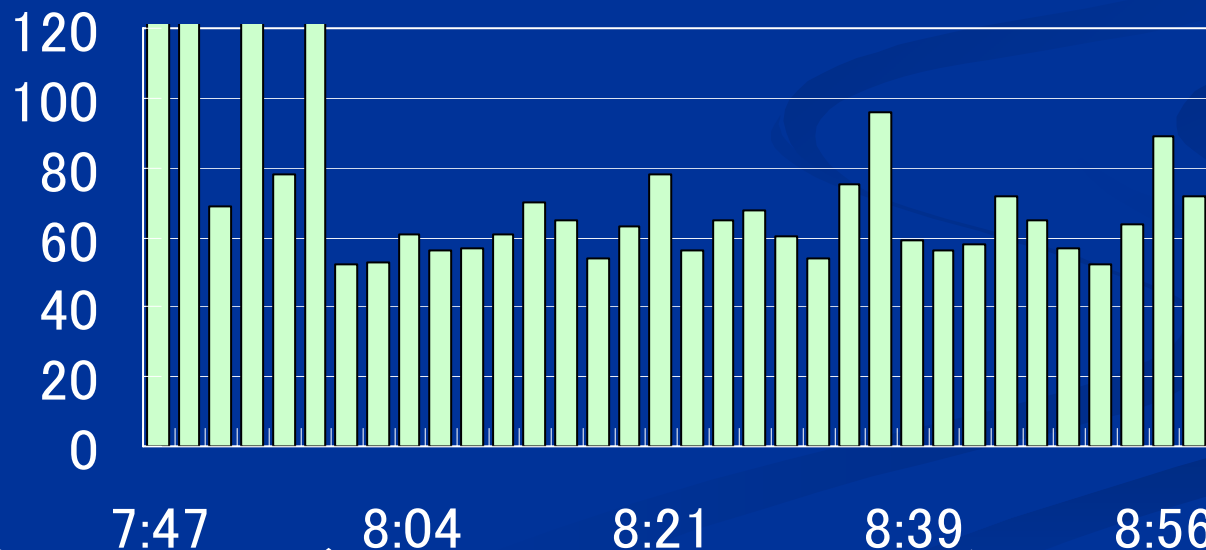
$$\text{運転間隔} = \text{発着間隔} + \text{駅停車時間}$$

各列車の発着間隔

発着間隔(秒)



渋谷駅



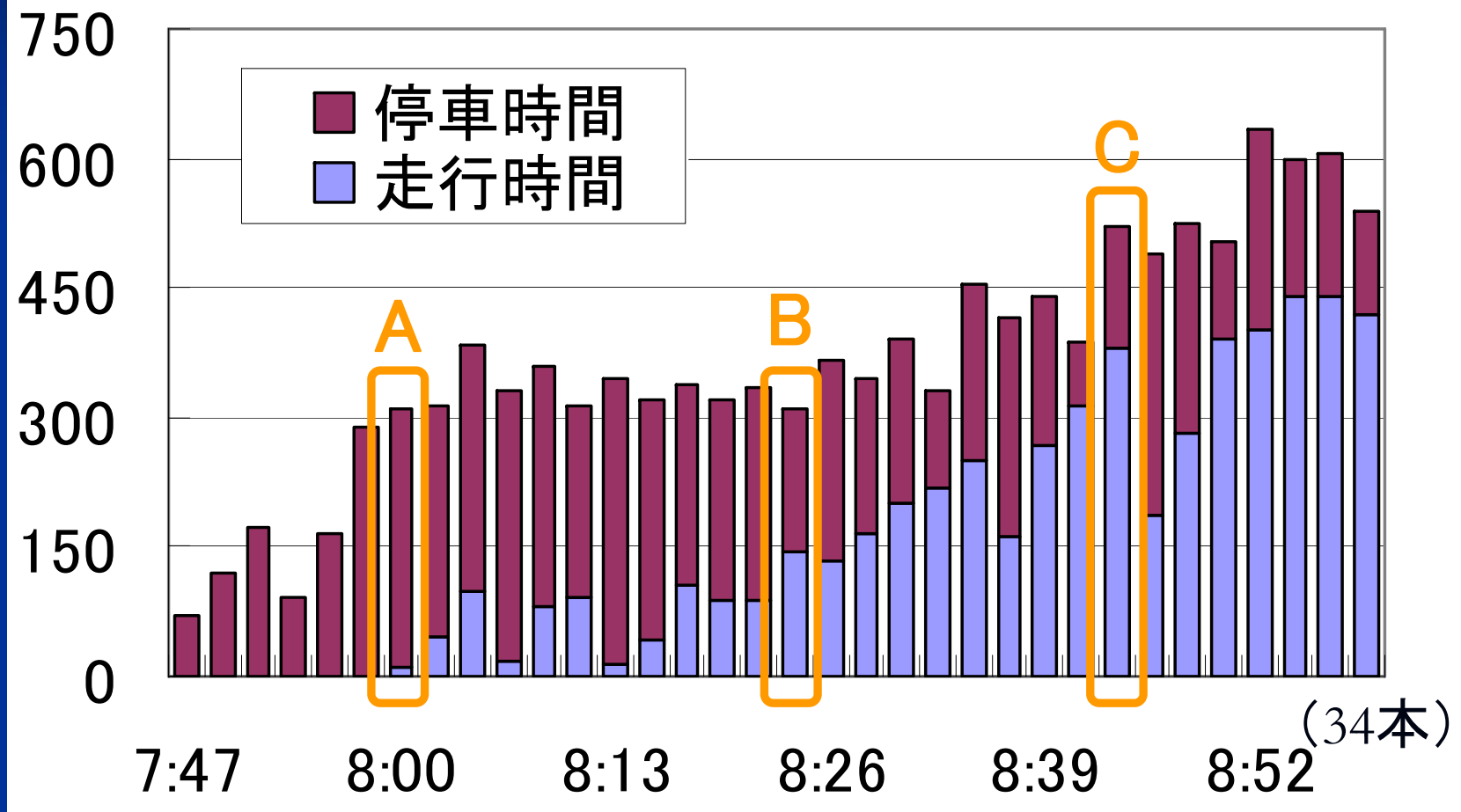
池尻大橋駅

各列車のダイヤ上の渋谷駅到着時間

ダイヤに対する遅れの内訳

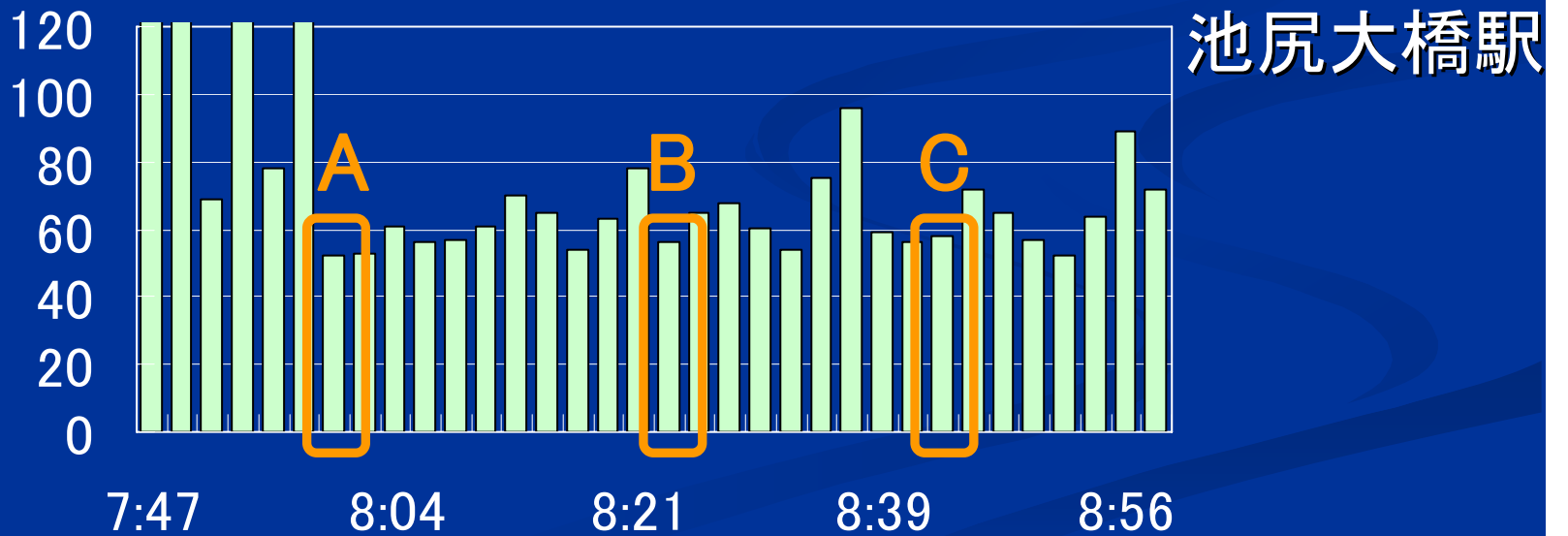
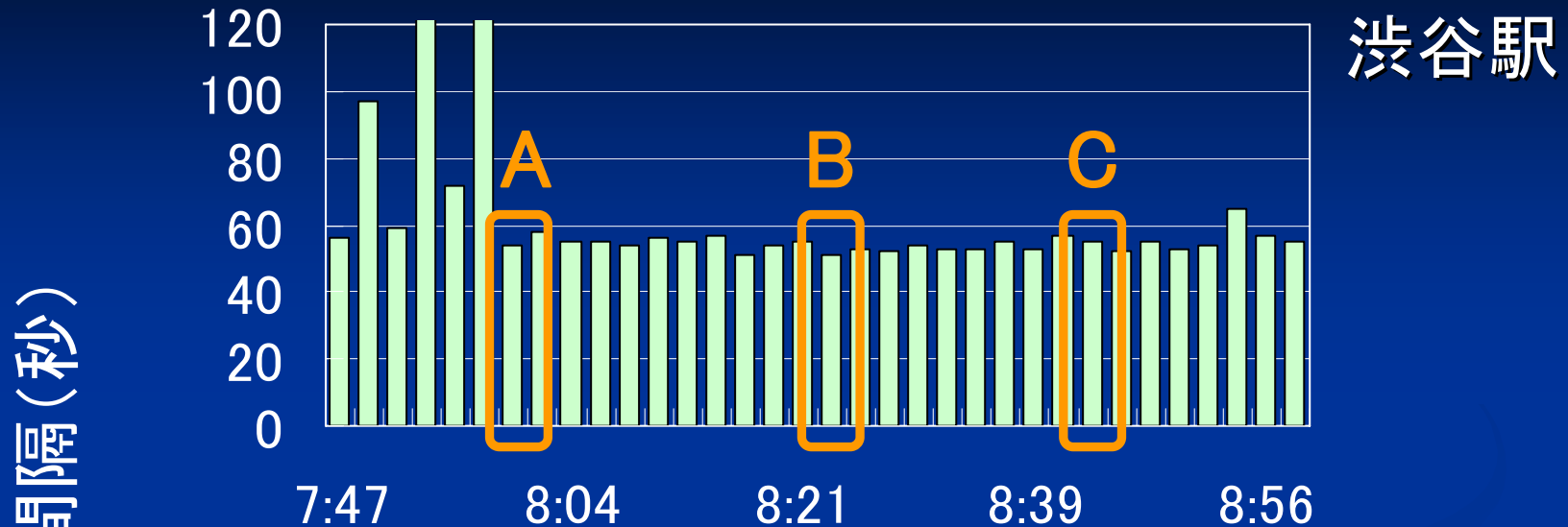
溝の口駅～半蔵門駅(1月19日)

ダイヤに対する
所用時間の増加(秒)



各列車のダイヤ上の渋谷駅到着時間

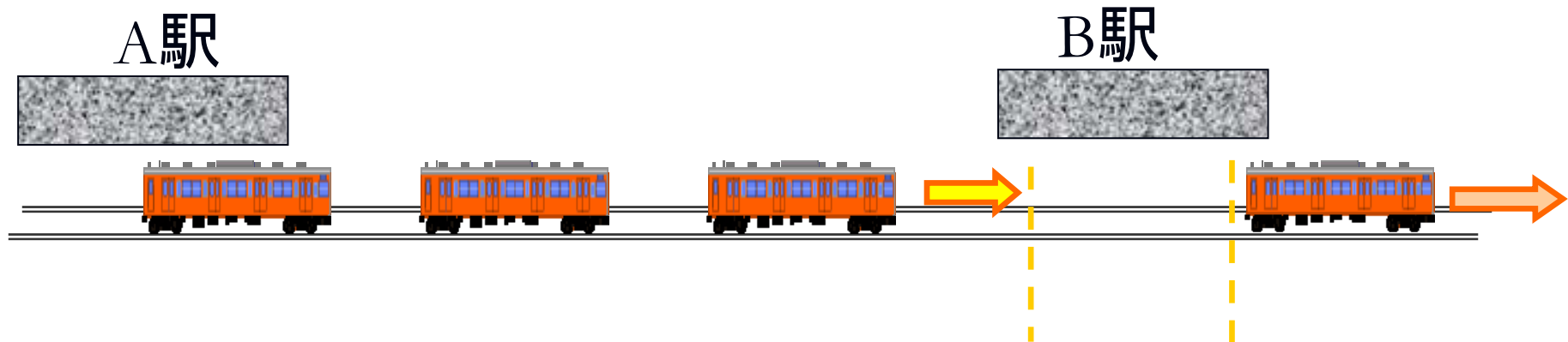
各列車の発着間隔



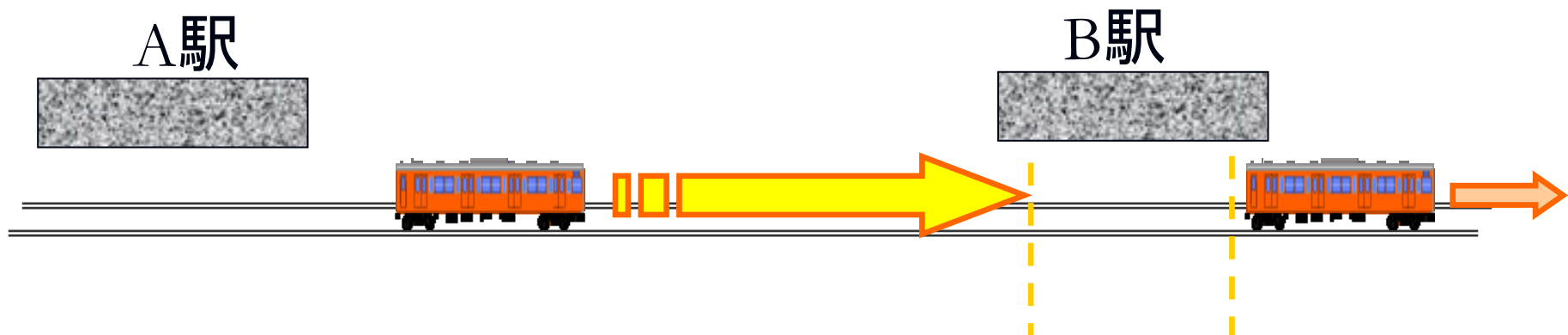
各列車のダイヤ上の渋谷駅到着時間

列車間隔と駅の到着時間

先行列車との間隔が小さい場合



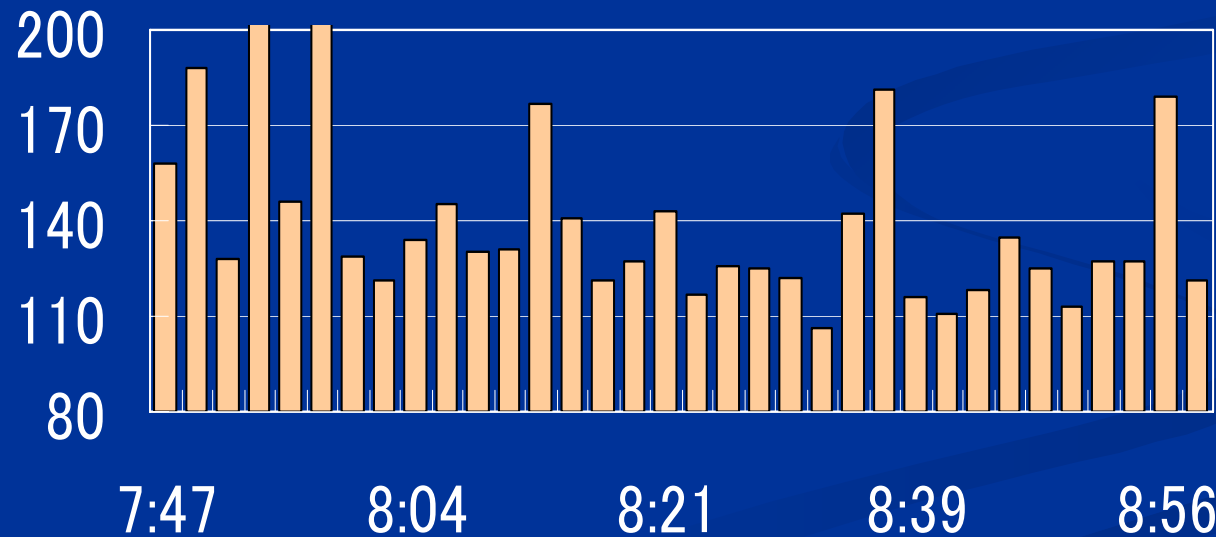
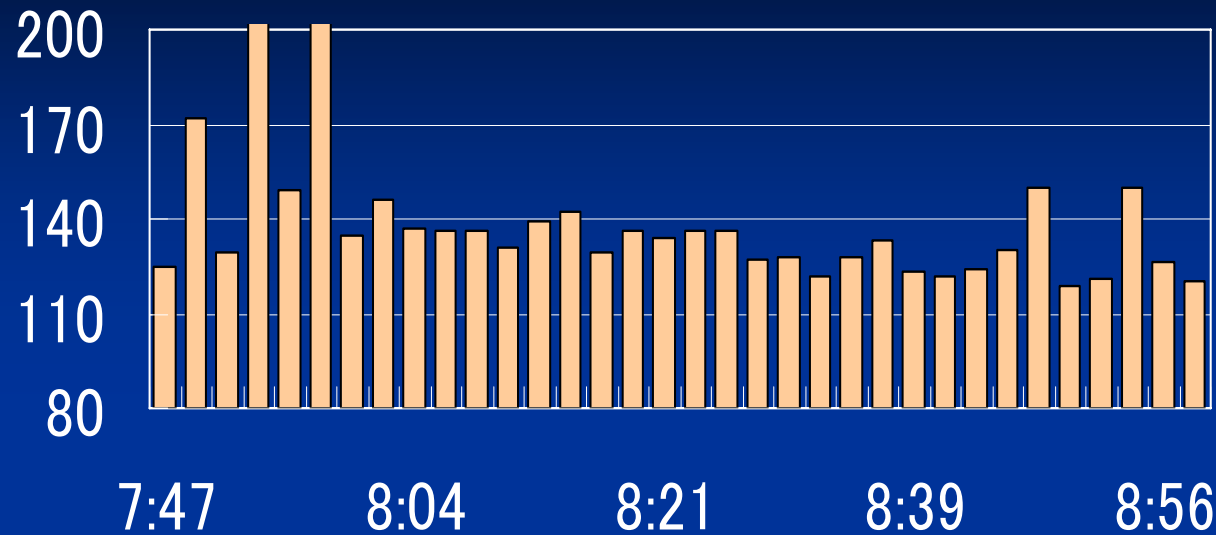
先行列車との間隔が大きい場合



ダンゴ運転の発生が列車間隔に依らない領域がある

各列車の運転間隔

運転間隔(秒)



各列車のダイヤ上の渋谷駅到着時間

【田園都市線→半蔵門線】 渋谷駅(9/4)7:38~9:38



(C) Mr. Keiji KARIYAZAKI, Institute for Transport Policy Studies, 2009

【田園都市線→半蔵門線】 渋谷駅(9/4)7:38～9:38



本日の報告内容

1. 背景と目的
2. 遅延の発生と波及
3. 旅客量による遅れと列車密度による遅れ
4. 列車密度と走行速度
5. まとめと今後の課題

各列車の運行状態(ダイヤ)

(19日) 9:00~9:04

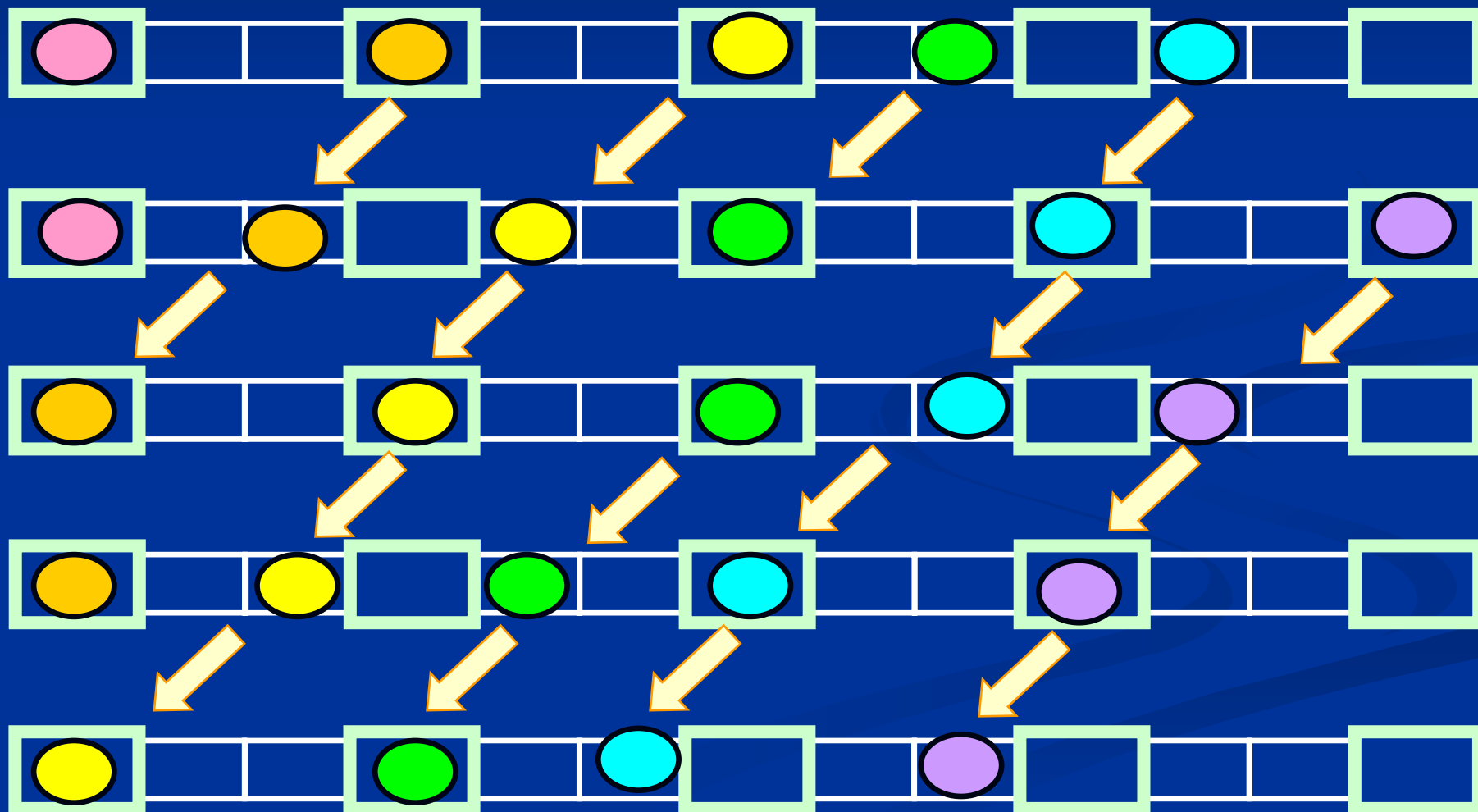
渋谷

池尻大橋

三軒茶屋

駒沢大学

桜新町



各列車の運行状態(実績)

(19日) 9:00~9:04

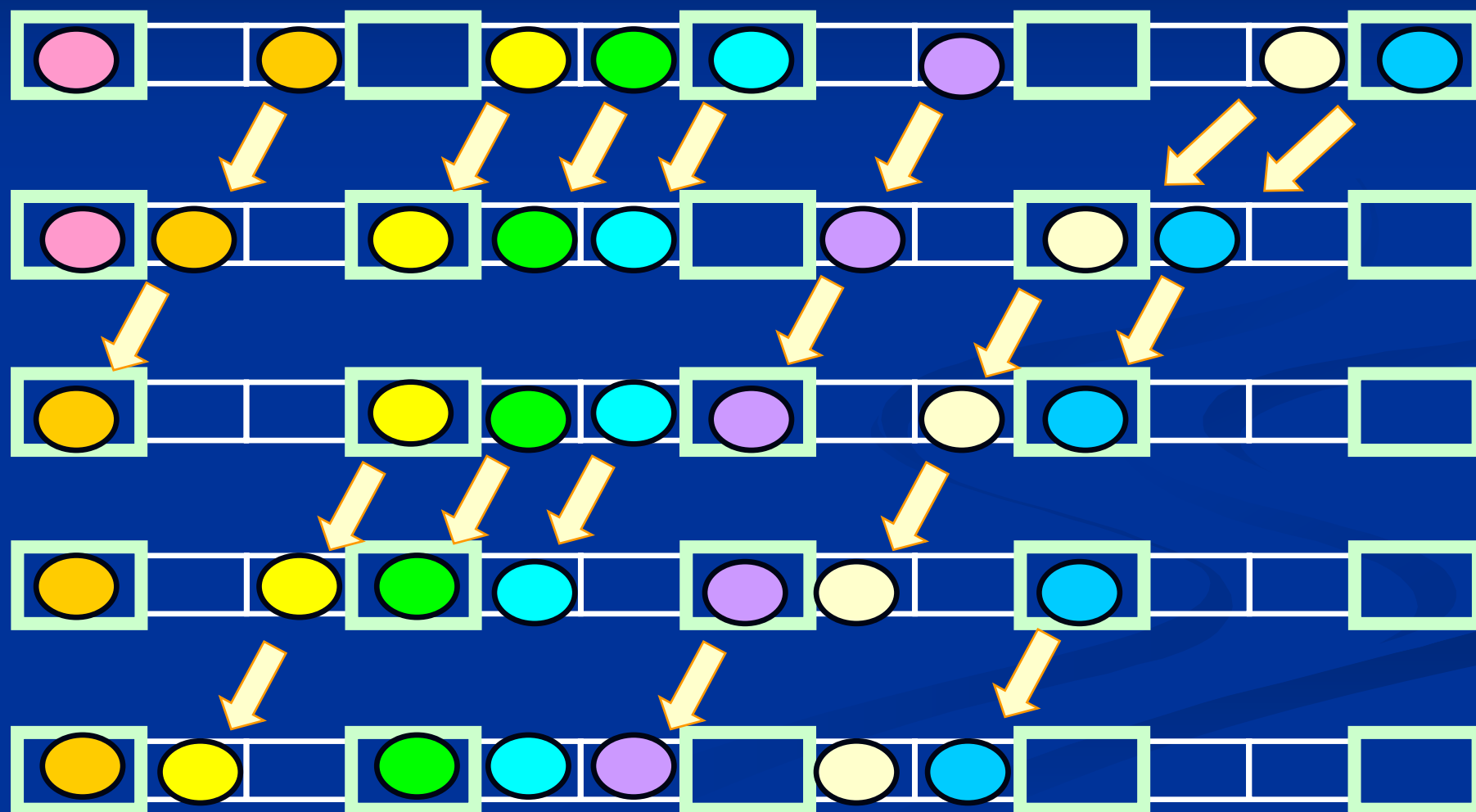
渋谷

池尻大橋

三軒茶屋

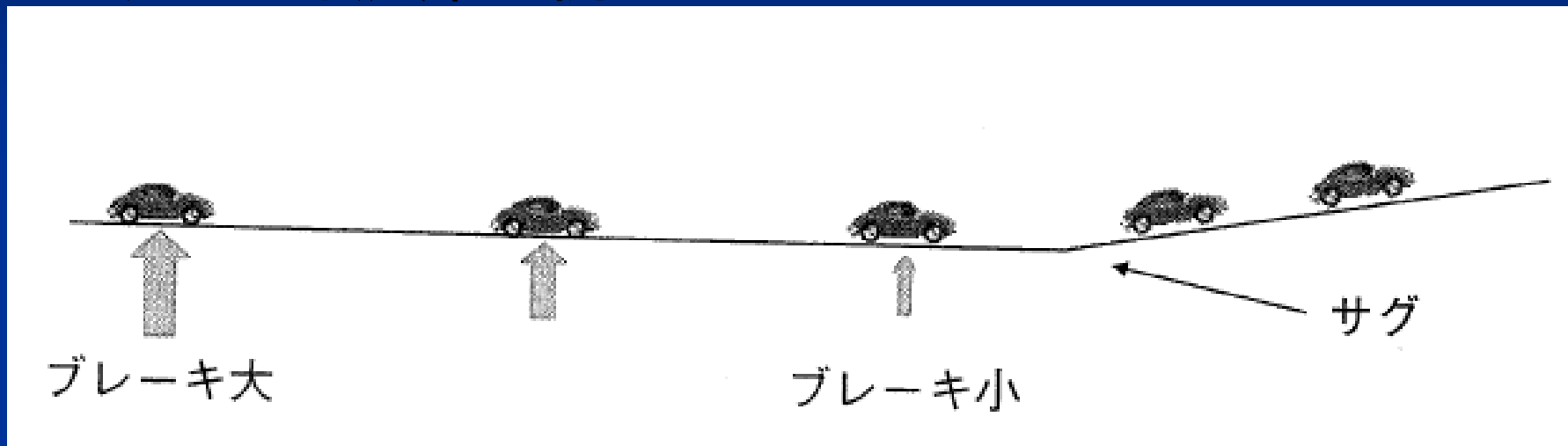
駒沢大学

桜新町



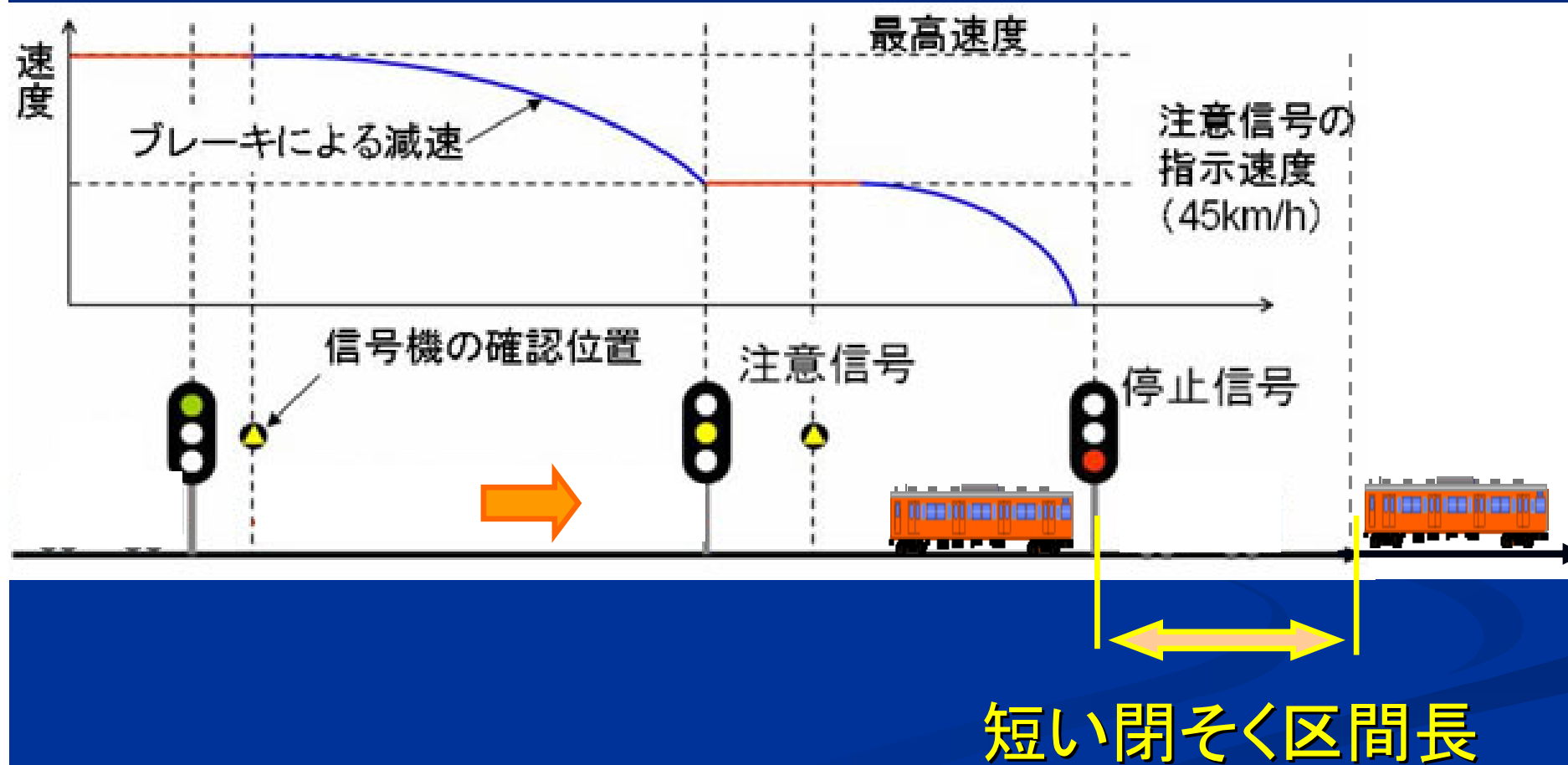
自動車交通の渋滞

サグによる渋滞の例

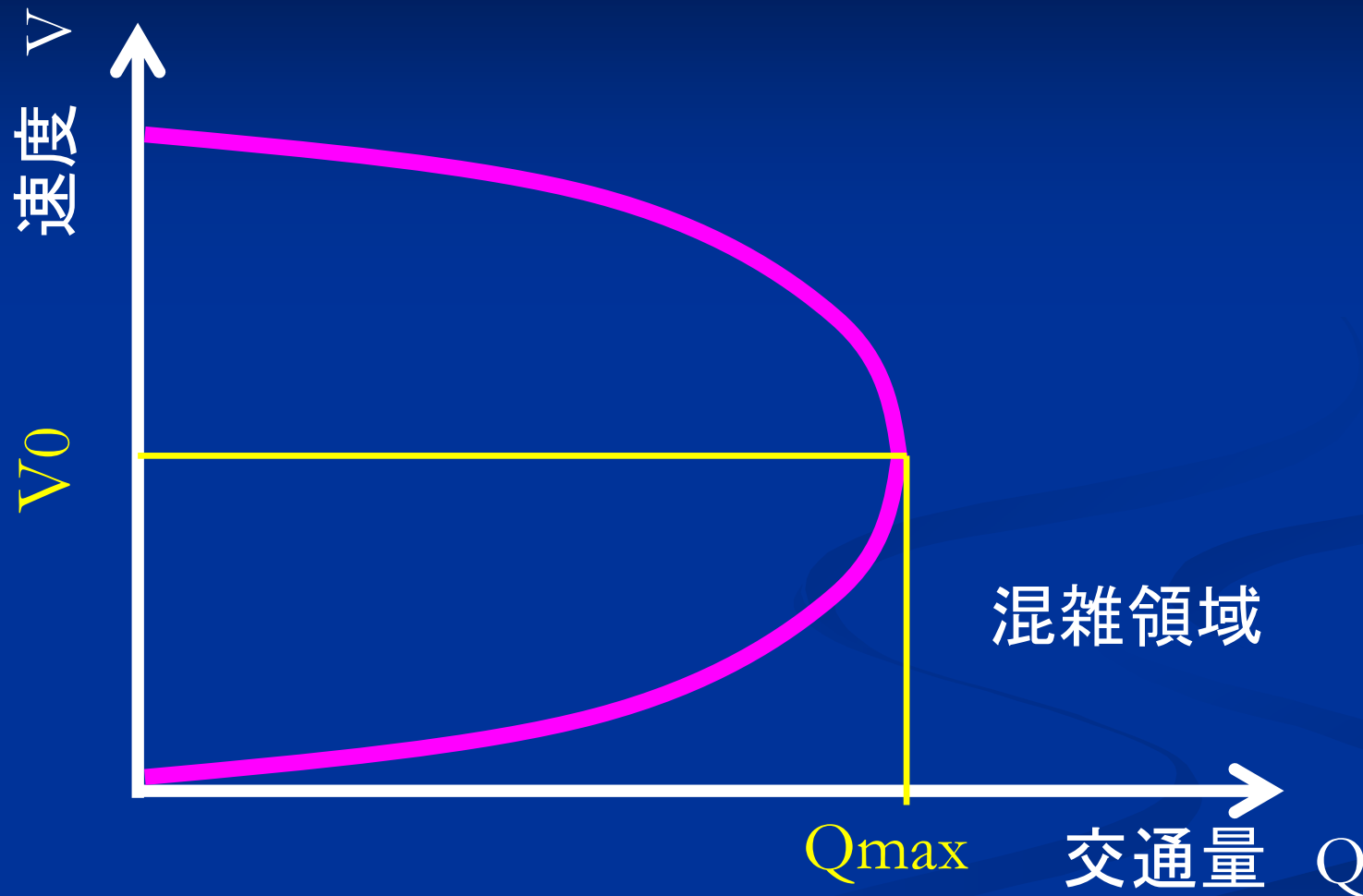


下り勾配から上り勾配へ変わる場所では、
自然と速度が落ちる。
後続の車は危険を感じてスピードを落とし、
後続の車へと速度低下が伝播する。

鉄道の閉そく(列車間隔)



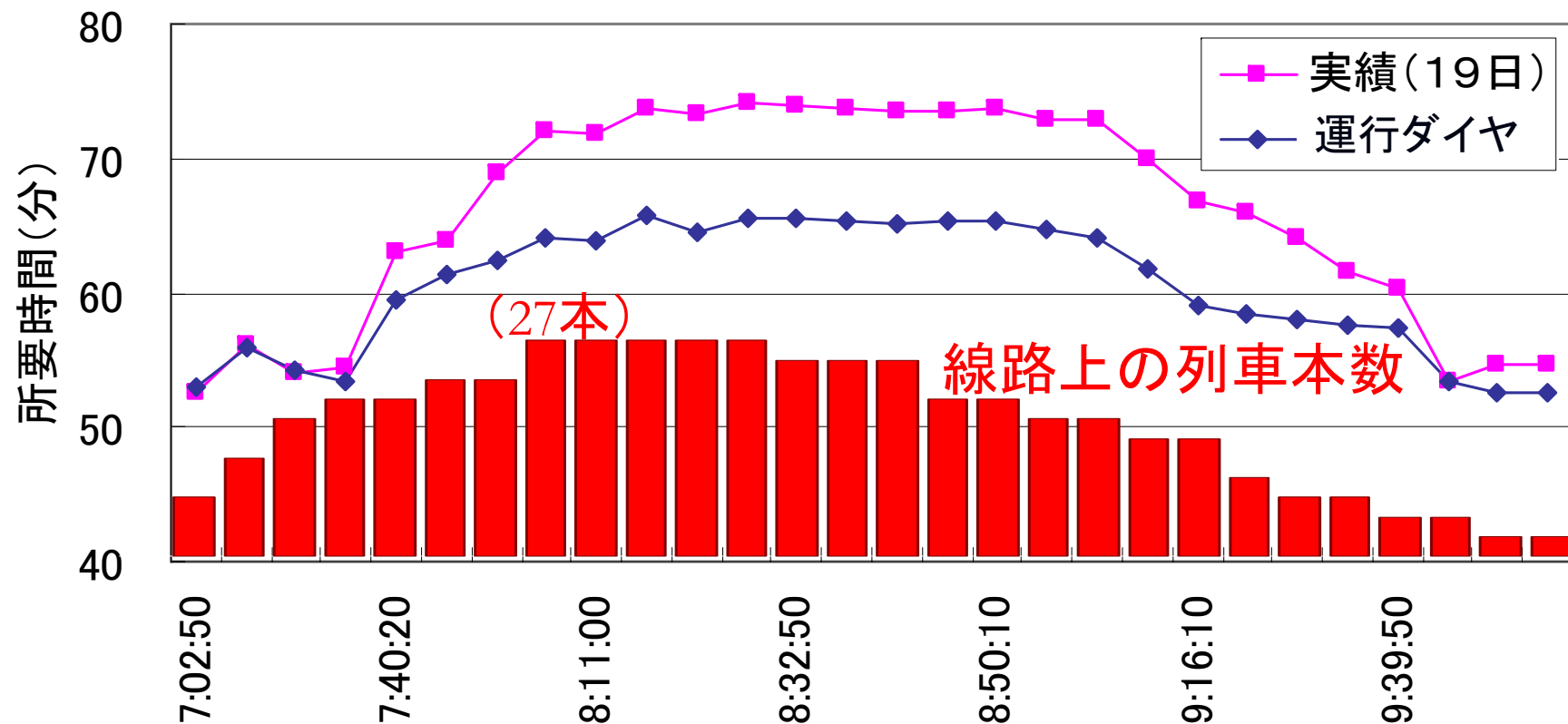
自動車交通におけるQV曲線



【QV曲線】 交通量と速度の最適値がある

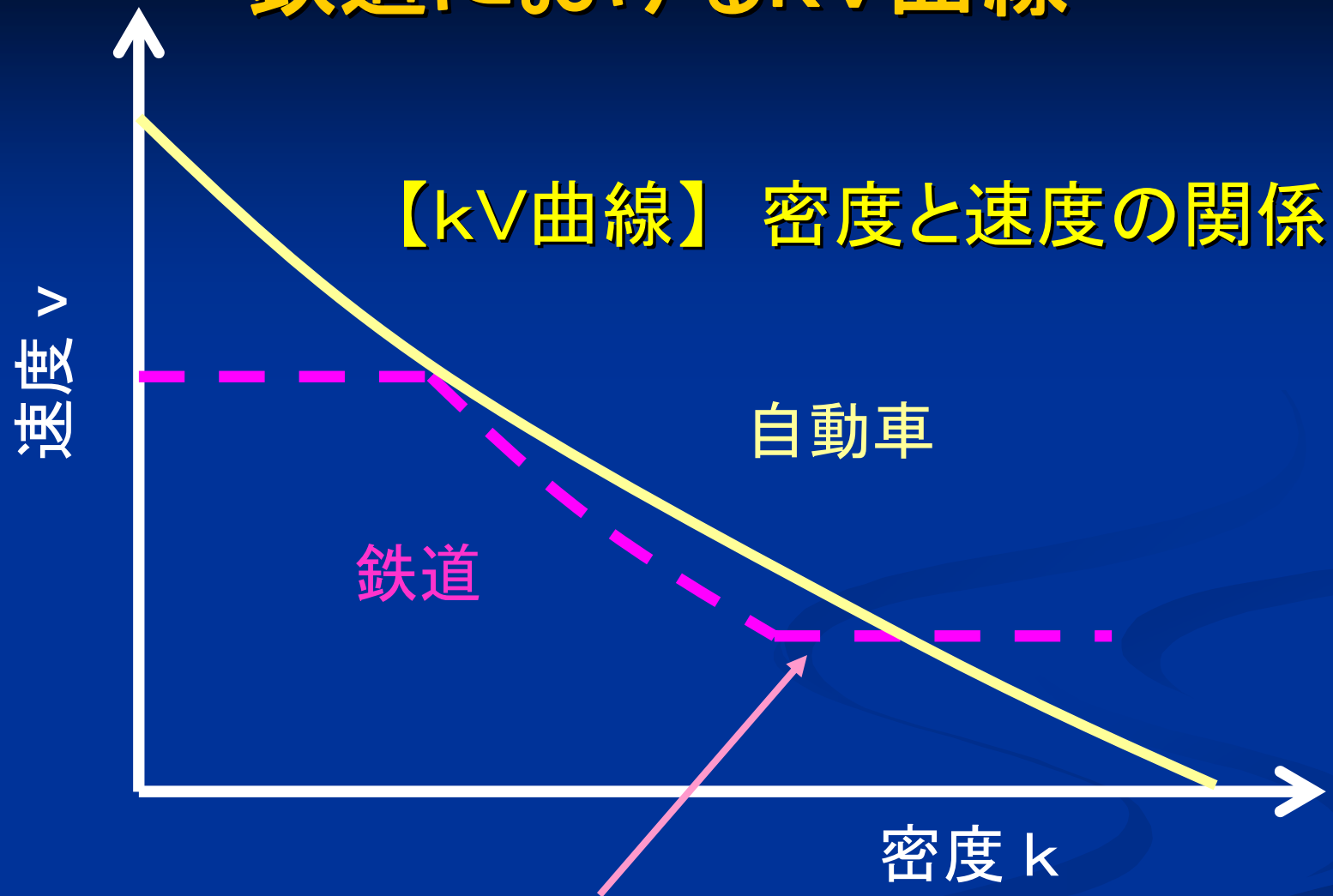
運行本数と所要時間

田園都市線 中央林間～渋谷間(普通)



ダイヤ上の各列車の渋谷駅到着時間

鉄道におけるkV曲線



ボトルネック駅の列車出発間隔(駅停車時間)で
線路上の全列車の走行速度が決まる

本日の報告内容

1. 背景と目的
2. 遅延の発生と波及
3. 旅客量による遅れと列車密度による遅れ
4. 列車密度と走行速度
5. まとめと今後の課題

まとめと今後の課題

- ・ダンゴ運転の発生が列車間隔に依らない領域が存在する。
- ・道路交通と同様に、鉄道独自の交通流理論の検討が可能である。



- ・鉄道の交通流理論から、列車運行の最適化を検討し、既存施設の有効活用の可能性を検証する。
- ・そこから得られる知見から、遅延の解消に必要な対策の検討を行う。

ご清聴ありがとうございました
Thank you so much