

都市高速道路における 実測車両軌跡データの解析と可視化

理学専攻 情報科学コース 2340681 SONG XI (指導教員：伊藤 貴之)

1 はじめに

近年、自動車の台数が大幅の増加に伴い、交通渋滞や環境問題が深刻な社会課題として注目されている。特に、高速道路における交通流の円滑な流れを阻害する渋滞は、経済的損失をもたらすだけでなく、都市部の生活環境にも悪影響を及ぼしている。このような課題を解決するために、交通状況の可視化と分析を目的とした多くの研究が進められている。

高速道路の交通状況を正確に把握するためには、時間的・空間的に膨大なデータを解析し、その結果を直感的に理解できる形で提示することが求められる。これまでの研究の多くが交差点や都市全体の道路に焦点を当てており、高速道路の特定区間における詳細な分析は十分に行われていない。

さらに、高速道路の渋滞分析においては、速度低下や車線変更、交通密度の変化などの要因が複雑に絡み合っており、それらの影響を定量的に評価し、効率的に管理する方法が求められている。従来の研究では、数学的手法などを用いた分析が進められているが、ユーザーにとって直感的でわかりやすい可視化が不足しているという課題がある。

そこで、本研究では、高速道路の特定区間を対象に、時間的・空間的・多次元の視点を統合したユーザーフレンドリーな可視化システムを提案する。このシステムでは、交通データの時空間的な変化や車両の挙動を視覚的に把握できる環境を提供し、渋滞要因などのデータに隠された特徴を発見することを目指す。

2 提案手法

2.1 データ概要

本研究では、阪神高速 13 号東大阪線の約 2.6km 区間で収集された 0.1 秒間隔の車両軌跡データを使用する。このデータには、車両 ID、位置、速度、加速度、車線情報などが含まれており、詳細な交通解析に適している。

2.2 データ前処理

データ解析の効率化を図るため、データ前処理を実施した。具体的には、1 秒間隔でダウンサンプリングを行い、速度および加速度の平均値を計算した。また、緊急停車帯に関連するデータを除外し、最終的にレコード数を 613 万件から 61 万件に削減した。

2.3 提案する可視化システム

図 1 に示すように、本システムは、Guo ら [B: Guo 11] が提案した時間、空間、多次元の 3 つの視点を統合的に活用する可視化システムのデザイン

フィロソフィーを採用している。時間的視点では、タイムスペース図を用いて交通の時間的な変化を可視化し、重要なパターンを特定する。空間的視点では、車両シミュレーションを通じて物理空間での車両挙動を直感的に把握する。多次元的視点では、車線変更や加速度などの属性を解析し、車線変更分析平行座標プロットや加速度分析散布図を活用することで、詳細なデータ探索を可能にしている。

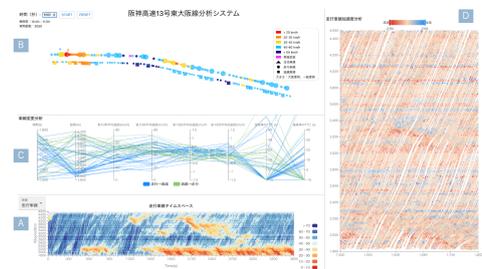


図 1: 提案する可視化システム。(A) 時空間の車両軌跡; (B) 車両シミュレーション; (C) 車線変更分析; (D) 加速度分析。

3 実行例

3.1 交通量 (密度) の増加による速度低下

図 2 に示すとおり、渋滞発生地域では車両密度が特に高いことが確認され、短時間で多数の車両が合流車線に流入すると走行車線の密度が急増し、渋滞を引き起こした。この影響は追越車線にも波及し、連鎖的な渋滞現象を誘発することが観察された。

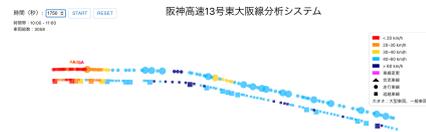


図 2: 交通量 (密度) の増加による速度低下

3.2 大型車混入率の増加による速度低下

図 3 に示すとおり、短い距離内で大型車両が密集すると、車両密度が低い場合でも、減速の影響が迅速かつ大きく波及し、連鎖的な速度低下が発生する。この結果、局所的な渋滞が発生し、さらに広範囲に拡大するリスクが高まることが確認された。

3.3 地形の変化による速度調整

図 4 に示すように、下り坂から上り坂へと変化する

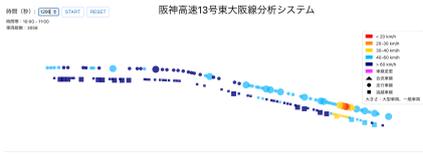


図 3: 大型車混入率の増加による速度低下

サグ部分など、勾配の変化点付近では集団的な速度調整の傾向が見られた。また、追越車線の平均速度が走行車線より高いことから、速度調整の動作が大きくなり、その結果、追越車線における加速度の変化が走行車線よりも顕著であることが明らかになった。一方、臨界流や渋滞流の状態では、自由流のような集団的な加速・減速の動きは顕著に見られず、より頻繁かつ不規則な加速・減速が観察された。さらに、減速度の伝播も確認された。

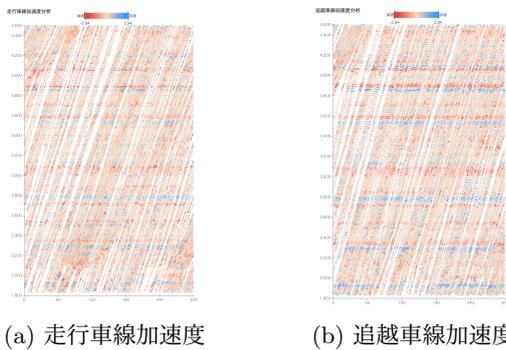


図 4: 加速度分析

3.4 車線変更による減速波の伝播

減速が発生している地点で車線変更を行うと、速度低下が強まり、減速波が広範囲に伝播する傾向がある。図 5 に示すとおり、合流部分では走行車線の負担が重く、減速地点での車線変更が減速波の伝播をさらに促進した。

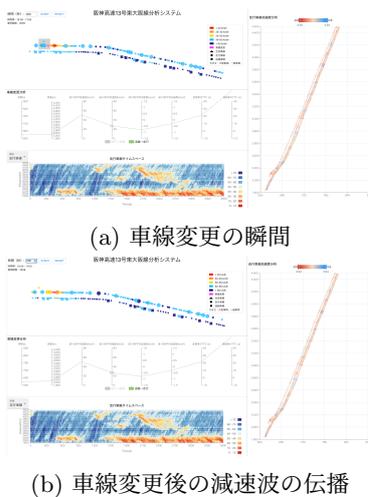


図 5: 車線変更による減速波の伝播

3.5 リスクの高い運転

図 6 に示すように、後続車の TTC が小さい車線変更

更は、主に合流部分で発生しており、多くの場合、走行車線から追越車線への車線変更に該当する。

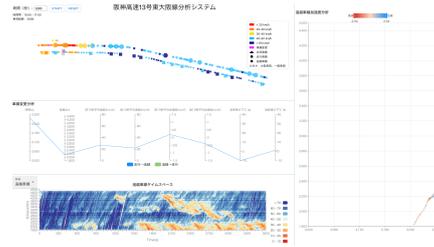


図 6: 後続車の TTC が小さい車線変更

3.6 その他のシナリオ

本研究では、車線変更禁止区間におけるルール違反にも着目した。図 7 に示すように、車線変更禁止区内での車線変更は、主に車線変更禁止が始まる地点付近で発生することが確認された。



図 7: ルール違反

4 まとめ

本研究では、都市高速道路の交通データを効率的かつ直感的に理解するため、時間、空間、多次元的視点を統合した可視化システムを提案した。本システムにより、交通流の解析において以下の重要な洞察を得ることができた。具体的には、交通量（密度）の増加や大型車両の混入率、地形の変化が交通流の安定性や速度低下に与える影響を定量的に把握することが可能であった。また、加速度分析ビューや車線変更分析ビューを用いることで、合流部における車線変更が減速波の伝播や渋滞の拡大に及ぼす影響を視覚的かつ直感的に理解できることが示された。

今後の課題として、以下の取り組みを予定している。まず、より詳細な不適切な運転行動や危険な状況を特定し、その改善策を検討するため、3Dシミュレーション環境の構築を進める。これにより、安全教育や運転行動のフィードバックにおける実用性を高めることが期待される。次に、ニューラルネットワークを用いた交通状況の予測モデルを導入することで、交通の流動性を向上させるとともに、渋滞や事故の発生を未然に防ぐための戦略を提案する。さらに、他のデータセットを調査・分析し、より多様な条件下での有効性を検証することで、新たな知見を得ることを目指す。

謝辞：本研究で使用したデータセットを提供してくださった Zen Traffic Data に感謝の意を表す。

参考文献

[B: Guo 11] Guo, H., et al. "Tripvista: Triple perspective visual trajectory analytics and its application on microscopic traffic data at a road intersection." In 2011 IEEE Pacific Visualization Symposium, IEEE, 2011, pages 163–170.