

第IV部門

交通流の可聴化による渋滞予兆検知の可能性の検討

立命館大学大学院 学生員 ○酒井紫帆

立命館大学 正会員 塩見康博

1. はじめに

高速道路での交通渋滞による経済損失，排気ガスによる環境汚染は依然として重要な社会問題であり，生産性向上のためにも喫緊の課題である．その対策として，高速道路では交通渋滞を捉え，それに対応した情報提供などの交通マネジメントが行われている．しかしながら，より実効性の高い対策を実現するためには渋滞予兆を検知し未然に防ぐことが有効であると考えられる．

これまでも渋滞の予兆を試みた研究事例¹⁾は少ないものの，総じてその精度は高くはない．また，予兆検知に必要な特徴量や指標自体，必ずしも明確ではない．そこで本研究では，可聴化というデータ分析方法に着目する．可聴化とは数値データを音響に変換し，聴覚を通じてデータ分析者に情報を伝達することであり，視覚と比べて聴覚が小さな違いを捉えることができるという特徴を利用した手法である．本稿では可聴化による渋滞予兆の検知の可能性について検討することを目的とする．

2. 使用データの概要

本研究では中国自動車道上り線，宝塚西トンネル周辺である 20.32kp と 20.9kp に設置された車両感知器により取得された追い越し車線の時刻と速度データを使用する．速度は 1 秒間隔の 30 秒移動平均をし，30 秒間交通量を算出する．ボトルネック位置は日没前が 20.32kp，日没前後に 20.9kp に変わる¹⁾ため，日没前に渋滞が発生する 2010/4/25，4/30，5/2，5/9，8/1，8/10，8/12，8/21，8/22，9/11 のデータを使用した．本研究では山岡ら²⁾の渋滞発生基準を採用し，2 台連続して時速 40km 未満の車両が観測された時点を渋滞発生とした．

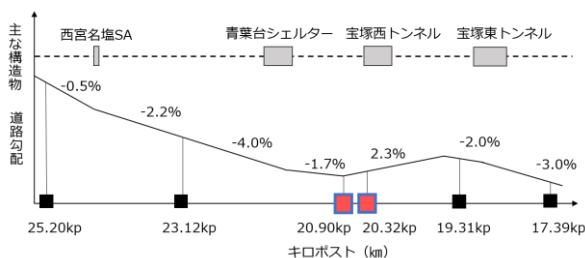


図1 対象区間概要

3. 可聴化システムの概要

音は高さ，音量，音色の三要素により定まる．本研究で使用する音色は Sin 波とする．

3.1 音設計

速度変化を式(1)により周波数 f に変換し速度が低下するほど音が低くなる．周波数変化範囲の 5%が時速 50km，95%が時速 90km となるよう α を定めた．

$$f = \frac{f_{\max}}{1 + \exp(\alpha(v - v_{\text{center}}))} + f_{\min} \quad (1)$$

$f_{\max}$: 最大周波数 330(Hz)
 $f_{\min}$: 最小周波数 110(Hz)
 v_{center} : 渋滞発生直前の速度 70(km/h)
 v : 30 秒移動平均速度(km/h)
 α : $\frac{\log 19}{-20}$

交通量変化を式(2)により音量 V に変換し交通量が多くなるほど音量が大きくなる．1 日の最大交通量前後となる 25(台/30s)が音量変化範囲の 95%になるよう α を定めた．

$$V = \frac{V_{\max}}{1 + \exp(\alpha(Q - Q_{\text{center}}))} + V_{\min} \quad (2)$$

$V_{\max}$: 最大音量 0.5
 $V_{\min}$: 最小音量 0.05
 Q_{center} : 渋滞発生直前の交通量 20(台/30s)
 Q : 30 秒間交通量(台/30s)
 α : $\frac{\log 19}{-5}$

このように変換したデータを SuperCollider というソフトウェアを使用し，実時間 1 秒のデータを 1/15 秒の音へ変換をする．

3.2 2 地点の交通流の可聴化

20.32kp 地点と 20.9kp 地点の速度と交通量の変化を可聴化することで渋滞の伝播及び渋滞直前の 2 地点の速度バランスの変化を捉えることを目標とする．

自由流の場合，20.9kp の交通流は一定時間後に 20.32kp に到達すると考えられる．20.9kp の速度変化と一定時間後の 20.32kp 速度変化を同時にプロットすると，図 2 のように 2 地点の速度変化がほぼ一致ようになる．渋滞発生直前はボトルネックになっている 20.32kp 地点から速度が低下していくため，2 地点の速度変化は一致しなくなり大きな速度差が生まれる．2 地点の交通流の変

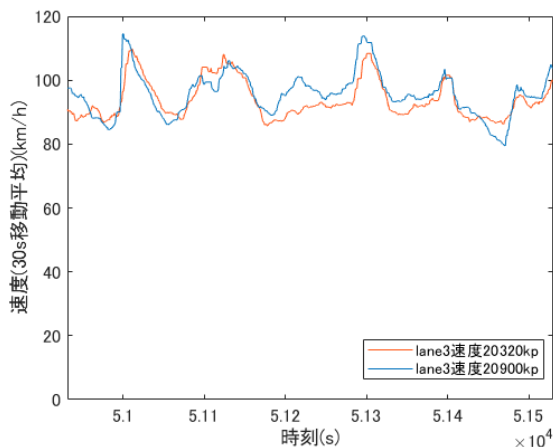


図2 時刻をずらした2地点の速度変化

化を可聴化したものを同時に流すと速度差が式(3)に従い
うなりが発生する。

$$f(t) = \sin(2\pi f_1 t) + \sin(2\pi f_2 t) \\ = 2 \sin\left(2\pi \frac{f_1 + f_2}{2} t\right) \cos\left(2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t\right) \quad (3)$$

f_1 : 20.32kp の周波数

f_2 : 20.9kp の周波数

t : 時間

以上のような設定で音の高さ、音量、うなりの変化で
交通流の特徴付けをした。

4. 評価実験

音の聞き分けが可能か評価するため、音の印象評価と
可聴化問題・可視化問題に回答してもらった。63人の被
験者が参加した。5分間の速度と交通量データを使用す
る。交通流状態を自由流、臨界流、渋滞流に区分した。
中でも臨界流に関しては渋滞発生直前となっているもの
はどのデータかを区別してもらうため、以下の4種類に
区分した。

A : 渋滞発生時刻から85～90分前の自由流

B : 渋滞発生10～15分前の臨界流

C : 渋滞発生から30秒～5分30秒前の臨界流

D : 渋滞発生から10～15分後の渋滞流

印象評価では形容詞尺度を利用して対象とするものの
印象をとらえる手法であるSD法を使用した。各々の音
の印象について11個の7段階両極尺度を用いた質問に回
答してもらった。可聴化問題と可視化問題は音を聞くも
しくはグラフを見てA, B, C, Dのどれに当てはまるか
答えてもらった。使用するデータは同じものとした。

5. 結果

(1)印象評価

A, B, C, Dの印象を因子分析すると、因子1が「安
定の要素」、因子2が「音の明るさの要素」、因子3が

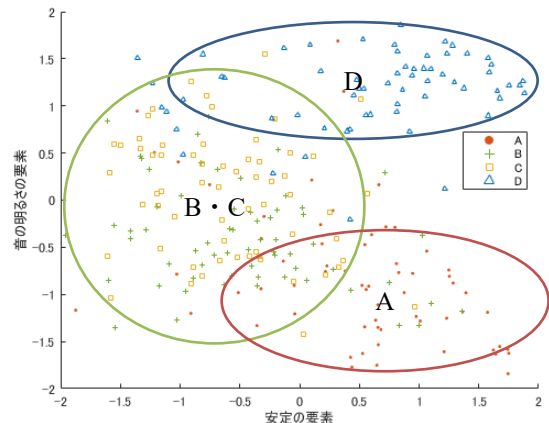


図3 因子1, 2の因子得点

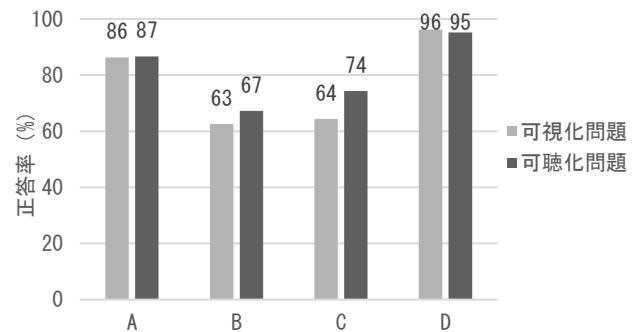


図4 正答率の比較

「音量の要素」となった。図3より自由流、臨界流、渋
滞流は因子1, 因子2の要素で区別されていることがわ
かる。しかし、BとCは本実験の質問項目では区別され
ていない。因子3の各々の印象は区別されていなかった。
(2)可聴化問題と可視化問題の比較

図4は各問題の正答率を示したものである。各日付の
正答率についてt検定を行った結果、Cに関してのみ有
意水準5%において有意差が確認された。すなわち、可
視化との比較で可聴化の方が渋滞発生直前の状況を判別
し易いといえる。

6. おわりに

本研究では可聴化を用いて交通流判別が可能か検討した。
結果、自由流、臨界流、渋滞流の音の印象に違いをつく
ることができた。また、可視化で判別しにくい交通流も
可聴化することで判別し易くなる場合があることも判明
した。本研究では限定的なデータのみで評価実験を行っ
たため、今後は渋滞予兆の検知へ向け対象とするデータ
の日付を増やしていく必要がある。

【参考文献】

- 1) 塩見康博, 谷口知己, 宇野伸宏, 嶋本寛: 個別車両データを用いた単路部ボトルネックにおける速度変動予測と車線変更誘導による渋滞抑制効果の検証. 高速道路と自動車 56, pp.30-40, 2013.
- 2) 山岡努, 片倉正彦, 大口敬, 鹿田成則. 車両感知器パルスデータによる渋滞検出に関する研究. 土木計画学研究・講演集, No23-1, pp. 559-562, 2000.