

既設光ファイバーケーブルの DAS 観測データを用いた交通量カウンターの試行 Trial of Traffic Counting Using Fibre-optic Distributed Acoustic Sensing

○後藤浩之・宮澤理稔・楯田泰子

○Hiroyuki GOTO, Masatoshi MIYAZAWA, Yasuko KUWATA

Recently, Distributed Acoustic Sensing (DAS), a strain measurement technique using optical fiber cables, has been of interest in the fields of geophysical exploration and seismology. The authors attempted to estimate traffic flow based on DAS observation data in this study. Traffic vibration is clearly observed when a large vehicle passes by. Systematic wave groups that seem to correspond to traffic vibration of small vehicles are also observed. A comparison of the estimated traffic counts with the actual large vehicle traffic showed a very good correlation with the actual values.

1. はじめに

近年、物理探査や地震学の分野において、光ファイバーケーブルを用いた歪みの測定技術である Distributed Acoustic Sensing (DAS) が注目されている。DAS はリアルタイムかつ高サンプリングレートでケーブル側線上の歪みを稠密に測定できることから、断層帯の特定 (Lindsey et al., 2019)、浅部構造モデリング (Dou et al., 2017)、微小地震の特定 (Hudson et al., 2021) 等、様々な応用事例がある。また、既設の光ファイバーケーブルも活用できるため、インフラ施設に敷設されている既設のケーブルを活用した観測が期待できる。

このような背景のもと、京都大学防災研究所と京都国道事務所とで「光ケーブルをセンサーとした観測の共同研究に関する覚書」を交わし、令和3年度より国道9号に敷設された光ファイバーケーブルを利用した DAS 観測を実施している。DAS

観測による歪みデータは通行車両による交通振動を含むため、本観測技術を道路行政に活用する方法を検討することも有用である。そこで本研究では DAS 観測データから交通量を推定することを試みた。

2. DAS 観測データにみる交通振動

本研究では、京都国道事務所管内の国道9号に敷設された光ファイバーケーブルによる DAS 観測データを用いる。観測期間は2022年9月1日から10月20日まで、測線長は京都国道事務所を起点とする約50kmである。

DAS 観測データには、ケーブル軸線方向の約5m間 (ゲージ長) の伸縮が約5m間隔 (チャンネル間距離) で測定されている。図1に一例として21チャンネル分の5分間の記録を示すが、車両の通行に対応すると思われる波群が明瞭に確認できる

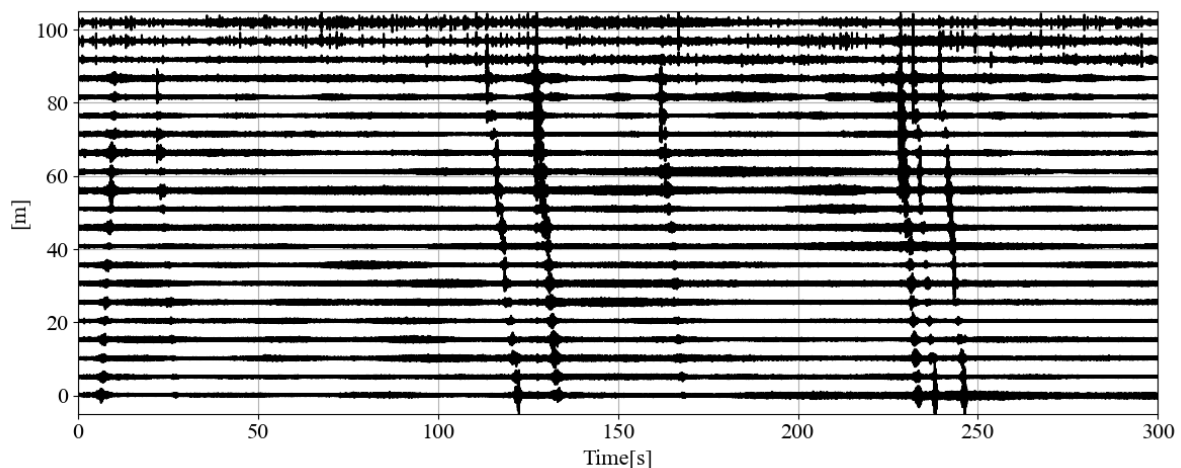


図1 歪みデータの例 (5分間)

ことがわかる。図中の右下方向に移動する波群が上り車線の交通振動，右上方向に移動する波群が下り車線の交通振動に対応し，上り車線の方がシグナルは明瞭であるが，両車線の交通振動をそれぞれ捉えられていることがわかる。

車両の通行に伴う振動成分を把握するため，ウェーブレット変換により交通振動の特徴の抽出を試みる。歪み記録を連続ウェーブレット（複素 Morlet ウェーブレット）変換により時間周波数軸上に投影したものを図 2 に示している。振動振幅が大きく明瞭な波群が大型車両に対応すると仮定すると，大型車両が通過した場合に 5Hz 以下に明瞭な振動が認められる。また，8Hz 以上には小型車両の交通振動に対応すると思われる系統的な波群も認められる。

3. 交通量カウントの試み

DAS 観測データに比較的明瞭に見られる大型車両を対象として交通量カウントを試みた。まず，歪みデータをチャンネル毎に離散ウェーブレット (Coiflet) 変換し，大型車両の交通振動に対応すると考えられる周波数スケールの信号（係数列）に変換する。この係数列のエンベロップからピークを抽出し，これを 1 台の車両による交通振動と仮定する。図 3 は，図 1 のデータについて交通振動を抽出した例を示している。系統的に見られる振動が 1 台の交通振動として抽出できていることがわかる。続いて，抽出された交通振動が認められる時刻を前後のチャンネルで比較し，上り方面に移動する車両か下り方面に移動する車両かを判別する。図 3 の場合，上り方面に 6 台，下り方面に 1 台と判別される。

本研究による交通量の推定値と，国道 9 号における実際の大型車両の交通量を比較する。実測値は 1 日毎のデータであるため，24 時間分の DAS 観測データについて交通振動を数え上げることで比較する。図 4 はある一週間のデータについて両者を比較した結果を示したものである。合計台数および上下線の推定値が実測値と非常に良い相関を示していることがわかる。しかし，推定値全体にバイアスがかかることや，下り車線で過小評価する傾向にある。より正確な交通量カウントのために検討を進めたい。

謝辞

本研究では，京都国道事務所の協力のもと国道

9 号に敷設された光ファイバーケーブルを利用させていただきました。記して感謝申し上げます。本研究は JSPS 科研費 21K18748 の助成を受けたものです。

参考文献

Dou et al.(2017) Distributed acoustic sensing for seismic monitoring of the near surface: a traffic-noise interferometry case study, *Scientific Reports*, 7, 11620.
 Hudson et al.(2021) Distributed acoustic sensing (DAS) for natural microseismicity studies: a case study from Antarctica, *JGR Solid Earth*, 126, e2020JB021493.
 Lindsey et al.(2019) Illuminating seafloor faults and ocean dynamics with dark fiber distributed acoustic sensing, *Science*, 266, 1103-1107.

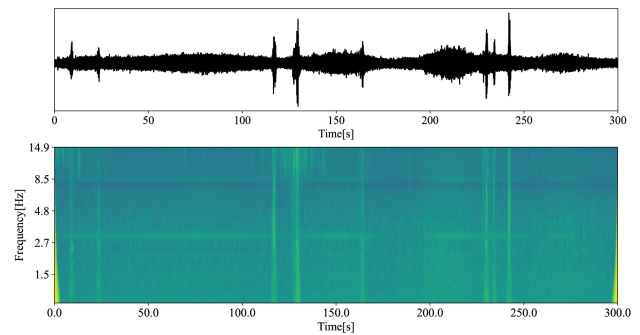


図 2 連続ウェーブレット変換による時間周波数特性の例

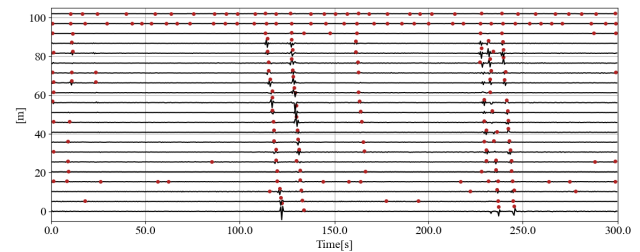


図 3 交通振動の抽出例

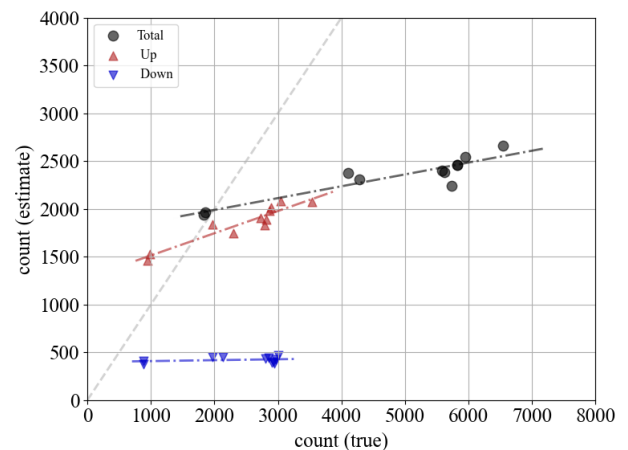


図 4 交通量カウント値の実測値との比較