商用車プローブデータを用いた首都圏の貨物車発生構造に関する研究

東京海洋大学　学生会員　○佐々木　ひなの
東京海洋大学　正会員　兵藤　哲朗

1. はじめに

近年，首都圏では三環状高速道路などの交通ネットワーク整備が進み，貨物車交通に大きな影響を与えている．また，情報通信技術の発展に伴い，車両の移動軌跡を高精度で観測可能な商用車プローブデータ（以下，PD）を活用することで，貨物車の運行特性を把握することが期待される．以上の背景のもと，本研究では商用車 PD を活用して，首都圏を走行する貨物車の車種別の動向実態の把握を行う．その際，スパース推定法の 1 つである Fused Lasso を採用し，トリップ発生傾向の可視化について検討する．

2. 分析対象 PD の概要

本研究では，株式会社富士通交通・道路データサービスから提供頂いた PD を用いる．具体的には，OD データと車種区分データを統合し，首都圏近郊を分析対象とした 2015 年～2019 年の PD を使用する（**表 1**）．

表 1　2015 年～2019 年 PD 概要

データ項目	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	単位
総トリップ数	4,704,319	6,106,540	9,274,048	12,106,743	12,961,742	トリップ
総車両台数	16,622	22,896	33,447	41,952	48,180	台
調査期間	4月1日~6月30日(91日間)					―

2019 年の車種別トリップ数構成比率を**図 1** に表した．**図 1** によると，普通車および軽自動車のトリップ数は極めて少なく，特大車，大型車，中型車の 3 車種が 97%以上を占めている．そのため，特大車，大型車，中型車の 3 車種に分析対象を限定する．2015 年から 2019 年の車種別車両台数累積推移を**図 2** に表した．**図 2** より，どの車種においても車両台数に増加傾向が見られた．これはデジタルタコグラフが普及し，搭載貨物車両が毎年増加しているためであり，異なる年次のトリップ発生数を直接比較することはできない．そのため，Fused Lasso から得られる推定値を用いて 2015 年と 2019 年のトリップ発生量を比較する．

3. Fused Lasso を用いた PD の可視化

3.1 Fused Lasso の概要

本研究では，R 言語の fusedlasso2d 関数を使用し，スパース推定法の 1 つである Fused Lasso を用いた推定を行う．Fused Lasso は隣接する説明変数同士の係数が，できるだけ同じ値になるように束縛項を加えた Lasso である．説明変数に順序関係があり，さらに隣接する説明変数のいくつかは目的変数に同程度の寄与がある場合に利用できる．Fused Lasso は式(1)で表される．λ_1=0 として Fused Lasso を解くと，軟判定閾値処理により十分な解が得られる．そのため本研究では，λ_1=0 として Fused Lasso に基づき，正則化パラメータ λ_2を 1 つ決定する．

$$\underset{(\boldsymbol{\theta}\in\mathbb{R}^N)}{\text{minimize}}\left\{\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{N}(y_i-\theta_i)^2+\lambda_1\sum_{i=1}^{N}|\theta_j|+\lambda_2\sum_{i\sim i'}^{N}|\theta_i-\theta_{i'}|\right\} \quad (1)$$

λ_1：L1 正則化パラメータ　λ_2：L2 正則化パラメータ
N：サンプルサイズ　y_i：観測値　θ_i：パラメータ

3.2 Fused Lasso によるトリップ発生量の推定結果

使用する PD について，特大車と大型車は車両運行特性が類似しているため，特大車・大型車（以下「大型車類」），中型車の 2 つの分類で，3 次メッシュ単位で集計したデータを分析する．トリップ数のばらつきが大きいため，トリップ数の自然対数をとり平滑化する．なお，100×100 の 3 次メッシュ上に，トリップ発生量の大きさに基づいた 32 階調のグレースケールでプロットする．2015 年から 2019 年における大型車類トリップ発生量を Fused Lasso により推定し，λ と $\boldsymbol{\theta}$ の推定結果が得られた．この推定結果から，各年次のトリップ発生量の推定値の合計が一定であることが判明した．この結果に基づき，2019 年のトリップ発生量推定値を 2015 年相当に変換し，2015 年と 2019 年のトリップ発生量差分をとる．差分値をプロットすることにより，トリップ発生傾向の変化を把握できる．大型車類において，λ を 0 から 1.5 の間で変化させた推定値から求められる，2015 年と 2019 年のトリップ発生量差分値を**図 3-1** から**図 3-15** にプロットする．**図 3-1** から**図 3-15** より，λ が大きい値を取るほど強く正則化が課され，メッシュごとの差分が滑らかに表現されることがわかる．

キーワード　交通分析，商用車プローブデータ，スパース推定法
連絡先　〒135-8533　東京都江東区越中島 2-1-6　東京海洋大学海洋工学部地域計画研究室　TEL　03-5245-7386

© Japan Society of Civil Engineers

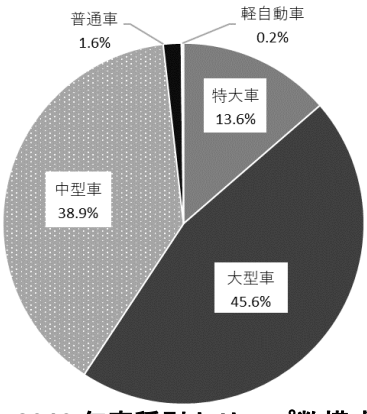

図 1　2019 年車種別トリップ数構成比率

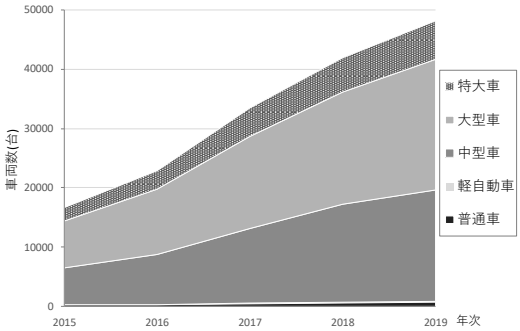

図 2　2015～2019 年車種別車両台数の推移

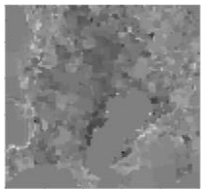

図 3-1 λ=0.1

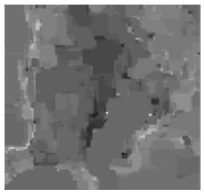

図 3-2 λ=0.2

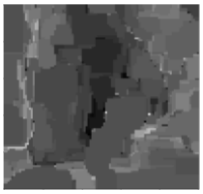

図 3-3 λ=0.299

図 3-4 λ=0.4

図 3-5 λ=0.499

図 3-6 λ=0.602

図 3-7 λ=0.707

図 3-8 λ=0.798

図 3-9 λ=0.899

図 3-10 λ=0.993

図 3-11 λ=1.098

図 3-12 λ=1.198

図 3-13 λ=1.305

図 3-14 λ=1.413

図 3-15 λ=1.483

3.3　トリップ発生量の視認しやすさと λ との関連

トリップ発生の特徴が読み取りやすい λ を検討することを目的とし，3 次メッシュ上の濃淡のばらつきの大きさと，λ の値の関係を確認する．**図 4** は大型車類における，32 階調に分けたトリップ発生量差分値の分散を縦軸に，λ の値を横軸にプロットしたものである．λ は 0 から 1.5 の範囲に限定して表示している．λ=0.6012 のとき，大型車類のトリップ発生量差分値は最大の分散をとる．また，λ=0.616 のとき，中型車のトリップ発生量差分値は最大の分散をとる．大型車類，中型車が最大の分散をとる λ においてプロットすると，それぞれ**図 5**，**図 6** となる．これらの結果を踏まえると，トリップ発生特徴の視認しやすさと，トリップ発生量差分値の分散にはある程度関連性があると考えられる．

3.4　トリップ発生傾向の考察

PD の可視化結果**図 5**，**図 6** より，2015 年から 2019 年にかけて，大型車類，中型車いずれも東京都 23 区内のトリップ発生量が少なくなり，圏央道沿いなど高速道路周辺でトリップ発生量が増えていることが確認できた．また，木更津市と横須賀市においてもトリップ発生増加傾向が見られた．

4.　おわりに

本研究において，トリップ発生量の分散を用いることで視認性の高さを表し得る可能性が示された．元来，視認性は主観的な指標ではあるが，他にも新しい評価指標を考案する余地は残されている．

参考文献

1)Trevor Hastie et al.「Statistical Learning with Sparsity, The Lasso and Generalizations」(CRC Press, 2015)
2) 川野秀一他「スパース推定法による統計モデリング」（共立出版，2018）

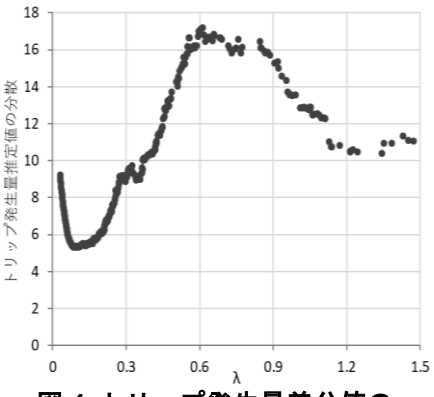

図 4 トリップ発生量差分値の分散と λ の値の関係

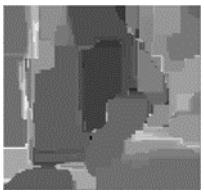

図 5　大型車類 λ=0.6012

図 6　中型車 λ=0.616

© Japan Society of Civil Engineers