

神戸大学工学部 学生員 小林 拓実
神戸大学大学院 正会員 織田澤 利守

1. はじめに

研究の目的は、高速道路インターチェンジ(IC)の整備による因果効果の異質性を明らかにするため、機械学習により1)平均処置効果を推定する。2)条件付き処置効果を推定する。3)条件付き処置効果の異質性に重要な地域属性を特定する。これらの分析により、IC単位の高速度整備効果と整備効果に異質性を与える共変量を明らかにすることができる。また、各産業の従業者数と事業所数をアウトカム、地域属性を共変量に用いることで、整備効果の計測を行い、IC整備が雇用と産業立地の増大にどの程度寄与しているのかを数値的に実証し、地域属性、各産業、高速道路IC整備効果の関係を観察する。

2. モデル

1996年から2014年の間に供用開始された高速道路ICの周辺地域を分析対象とし、ICを中心する半径2,4,6km圏内のエリアを処置群とする。一方、日本全国からランダムに10000点を抽出し、その地点から半径2km圏内の地域を対照群の候補とする。また、地理的及び社会・経済的特徴を勘案した条件を満たす処置群466箇所と処置群1742箇所を対象群として設定する。機械学習はHonest法によるCausal Forest(CF)とし、Rパッケージのgrf(generalized random forest)を用いる。使用するモデルは、高速道路インターチェンジ設置年前後の従業者密度と事業所密度の平均の差をアウトカムとする。処置変数は、ICの有無。共変量は、最寄りの3大都市、政令指定都市、空港、港湾、鉄道駅までの距離、標高や傾斜10%以上割合、各産業別就業者割合、課税対象者数、大卒率を用いた。条件付き処置効果の異質性に重要な影響を与える共変量の推定のために、変数重要度を用いた。変数重要度は、CFでフォレストを構築する際に、共変量が分割に使用された回数の割合として定義されている。すなわち、変数重要度は、共変量の分割が応答への回帰にどの程度寄与しているかを表しており、値が大きいほど介入効果の異質性に与える影響が大きいと解釈されている。

3. 平均処置効果

処置効果のアウトカムを全産業従業者密度と全産業事業所密度としたIC周辺5パターンの距離帯の平均処置効果の推定結果を表1に示す。高速道路インターチェンジの2km圏内に対して、全産業従業者密度は有意に9.57(人/km²)増加するという正の効果が見られた。エリア面積をかけて人数に換算すれば、高速道路整備が2km圏内で120.3人の雇用を創出したことになる。また、全産業事業所密度は有意に増加する整備効果が見られた。しかしながら、2km圏外エリアでは、有意な結果が得られなかった。また、2km圏、2-4km圏、4-6km圏の順で平均処置効果の値が小さくなっている。CFのアウトカムを各産業の従業者密度と事業所密度としたIC周辺2km圏内の平均処置効果を表2に示す。表より、運輸業と小売業において、雇用・事業所立地ともに有意に増加するという結果が得られた。この結果から、高速道路整備による交通アクセシビリティの向上が物流拠点や商業施設の立地が高速道路IC周辺で促進されることが統計的に確認された。

表1: 平均処置効果 (全産業)

全産業	(1) 2km 圏	(2) 2-4km 圏	(3) 4-6km 圏	(4) 0-4km 圏	(5) 0-6km 圏
従業者密度					
ATE	9.57**	2.14	-0.74	3.41	1.28
事業所密度					
ATE	0.99**	0.46	0.23	0.58	0.46

(*), (**), (***) denote significance at the 10, 5 and 1% levels, respectively.

表2: 平均処置効果 (各産業)

パネル A,B: 処置群 2km 圏内	産業分類					
	(1) 全産業	(2) 建設業	(3) 製造業	(4) 運輸業	(5) 卸売業	(6) 小売業
パネル A: 従業者密度						
ATE	9.57**	0.22	-1.6	3.87***	0.80**	4.16**
パネル B: 事業所密度						
ATE	0.99**	0.020	0.11*	0.072***	-0.081	0.40*

*, **, *** denote significance at the 10, 5 and 1% levels, respectively.

4. 条件付き処置効果

全産業の従業者密度と事業所密度をアウトカムとした条件付き処置効果(CATE)をIC周辺3パターンの距離帯の推定結果を図1.2.に示す。図は全産業事業所密度のICレベルの処置効果の分布をプロットしており、横軸は処置効果、縦軸はその処置効果を得たIC数を表している。いずれの処置効果も正の方向に整備効果の異質性が読み取れる。図1.2.の3圏を比較すると、IC周辺2km圏、2-4km圏、4-6km圏の順にCATEの分布

が負の方向へ移動している。このことから、IC か遠ざかるほど整備効果が小さくなっていると考えられる。

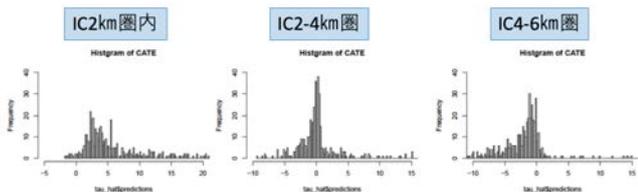


図 1: 事業所密度 CATE の分布 (IC 周辺 2km 圏内)

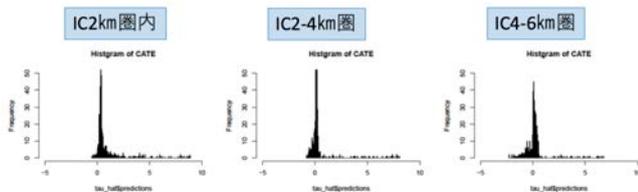


図 2: 事業所密度 CATE の分布 (IC 周辺 2-4km 圏)

5. 変数重要度

高速道路 IC 周辺 2km 圏内各産業の従業者密度をアウトカムとした場合の変数重要度を図 3. に示す. 表 3. は, 全産業, 建設業, 製造業, 卸売業, 小売業, 運輸業の変数重要度を示している. 変数重要度はアウトカムである各産業の従業者密度と相関の高い共変量で高くなると考えられる. 従って, 地域属性の変数重要度を各産業の従業者密度, 位置関係 (三大都市, 政令指定都市, 駅, 港湾, 空港との距離), 産業割合 (1,2,3), その他 (標高, 傾斜 10%以上割合, 大卒率, 課税対象者数) に分けて表示する. 変数重要度の結果を以下に示す.

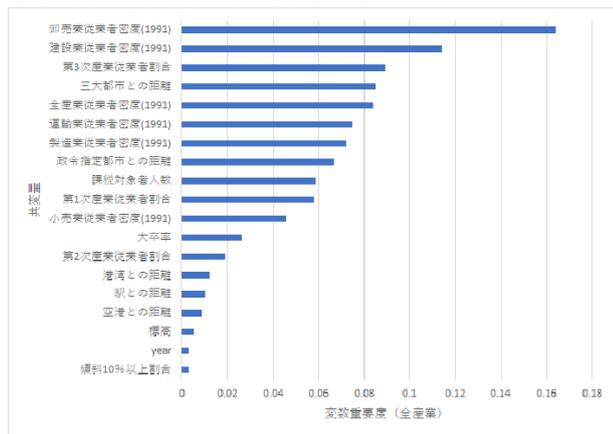


図 3: 変数重要度 (全産業)

表 4 から全産業・建設業・小売業で卸売業の変数重要度が高くなったことから, 他産業の整備効果の異質性に大きな影響を及ぼすと考えられる. また, ほぼ全ての産業で三大都市と政令指定都市との距離で大きな

り, 駅, 港湾, 空港との距離で小さくなった. これから, 整備効果の異質性は公共交通機関との距離ではなく, 都市圏との絶対距離が重要となると考えられる. 全産業・建設業従業者密度をアウトカムとした変数重要度は, 三大都市との距離で大きくなった. 全産業 (雇用の規模) と建設業は他産業と比べてより都市化した地域との距離が整備効果の異質性に影響を与える. 各産業割合の変数重要度は, 第一, 三次産業で大きくなった. また, 第一次産業割合が高い地域は農村地域を示し, 第三次産業が高い地域は都市化している場所を示していると考えられる, したがって, 整備効果の地域の経済規模と都市化レベルが整備効果の異質性に重要な影響を与えていると考えることができる.

アウトカム (従業者密度)	変数重要度				
	従業者密度	位置関係	産業従業者割合	その他	
全産業	卸売業	建設業	三大都市	第三次	課税対象者人数
建設業	卸売業	建設業	三大都市	第三次	大卒率
製造業	製造業	運輸業	政令指定都市	第一次	課税対象者人数
卸売業	製造業	全産業	政令指定都市	第三次	課税対象者人数
小売業	卸売業	建設業	政令指定都市	第三次	課税対象者人数
運輸業	運輸業	全産業	政令指定都市	第一次	課税対象者人数

図 4: 変数重要度 (各産業)

6. おわりに

今回の分析結果では, CF を高速道路整備効果の因果推論に用いることで, 高速道路整備効果の平均処置効果と整備効果の異質性と異質性に影響を与える地域属性を確認することができた. また, 分析結果から課題は, 変数重要度が高い共変量が整備効果にどのように影響を与えているかを把握できない点と操作変数と Generalized Random Forest (GRF) 組み合わせた新たな手法の提案である.

参考文献

- [1] 織田澤利守, 諸橋克彦, 横山将大: 高速道路整備がインターチェンジ周辺地域の雇用と事業所立地に及ぼす因果効果の推定, 土木学会論文集, Vo.77No.2, 2021
- [2] Athey, S., and G.W., Imbens: Recursive partitioning for heterogeneous causal effects, Stanford Graduate School of Business, Stanford University, CA94305, 2016
- [3] 村上佳世・鳥田栄樹・牛房義明・依田高典: ナッジとリポートの異質介入効果: 因果的機械学習の節電フィールド実験への応用, 京都大学経済学研究科, No.J-20-003, 2020