

# 効果の異質性を解釈するフレームワーク -機械学習を用いた解釈可能性のための実践的枠組みを提唱-

## 概要

井上浩輔 白眉センター／医学研究科准教授と米国ハーバード公衆衛生大学院の古村俊昌 博士課程学生らの研究グループは、機械学習を用いた効果の異質性分析における、科学コミュニケーションのための実践的枠組みを提案しました。

因果関係を探る機械学習アルゴリズムを用いた効果の異質性分析が近年注目を集めています。しかし、これらの手法から得られるデータドリブンな知見は、人間が解釈し意思決定を行う上でのニーズと齟齬が生まれる可能性があることから、応用には注意が必要です。今回の研究では機械学習が提示するデータドリブンな知見と現実的な意思決定と統合する実践的なフレームワークが提案されました。

提案された枠組みは、①機械学習を用いた効果の異質性の推定、②解釈のためのサブグループ検出、のために異なるデータを入力し、人間の意思決定のプロセスに近い決定木を用いて効果の異質性が特に大きい集団を特定します。また、一連の解析における解釈性を批判するための指標も提案しています。これらを組み合わせることで、機械学習が示しているパターンと現実的な意思決定で必要とされているパターンを批判的に吟味することができ、より解釈性・答責性が高い解析が可能となります。これは、効果の異質性を調査する疫学研究において、効果的な機械学習の活用と科学的コミュニケーションの両方を確保するための一般的な戦略となり得る可能性があります。

本研究成果は、国際学術誌「*European Journal of Epidemiology*」に、3月4日にオンライン掲載されました。

※図は最終頁を参照ください。

## 1. 背景

近年、機械学習アルゴリズムを用いた効果の異質性の解析が人気を集めている。しかし、このようなデータドリブンなアプローチが生む知見は、人間が意思決定で必要とする文脈的なニーズとずれる可能性があるため、推定された個別化効果の解釈には注意が必要である。よって、効果的な機械学習の実装と科学的コミュニケーションを両立するためには、それぞれの性質を統合した実用的なフレームワークが必要である。

## 2. 研究手法・成果

効果の異質性に関する知見を、実用的な形式で検出するための2段階の枠組みを提唱した。このフレームワークは、①個別効果の推定、②サブグループの発見のために異なる共変量セットを適用し、解釈可能な決定木に基づいて異質性を有するサブグループを示す。機械学習の解釈可能性の指標を参照することで、各ステップが機械学習モデルの理論的優位性を活用しながら、実践的な意思決定にどのように貢献するかを説明した。

## 3. 波及効果、今後の予定

提案したフレームワークは、今後の疫学研究が効果の異質性に関する洞察を探索し、より解釈性の高い形で結果を提示するのに役立つことが期待される。機械学習アルゴリズムを用いた因果推論の手法を用いる上で、効果的な実装と科学的コミュニケーションを確保するための一般的な戦略となりうる。

### <研究者のコメント>

本研究は古村（筆頭著者）が様々な統計手法を学ぶ上で、機械学習による効果の異質性を検出する手法が実践的な目線での意思決定のパターンと必ずしも統合されていないことに着目した所から始まりました。データサイエンスの人気の高まりやインフラの発展により様々な高度な統計手法が提案されていますが、それをどのように人間の意思決定と統合するかの議論は見落とされていることがあります。多くの情報から複雑なパターンを検出できることが機械学習の強みですが、人間の意思決定は必ずしも複雑な情報に基づいて行われていません。それらに求められている情報量の違い、つまり機会学習が示すパターンと人間が必要とする情報量の違いを批判的に吟味することは、より良いデータサイエンスの実践に繋がると考えています。

### <論文タイトルと著者>

タイトル：Two-step pragmatic subgroup discovery for heterogeneous treatment effects analyses: perspectives toward enhanced interpretability（異質な治療効果分析のための2段階の実用的なサブグループ発見：解釈可能性の向上に向けた展望）

著者：Toshiaki Komura<sup>1</sup>, Falco J. Bargagli-Stoffi<sup>2,3</sup>, Koichiro Shiba<sup>4</sup>, Kosuke Inoue<sup>5,6</sup>

1. Department of Social and Behavioral Sciences, Harvard T. H. Chan School of Public Health, Boston, MA, USA

2. Department of Biostatistics, Fielding School of Public Health, University of California, Los Angeles, USA

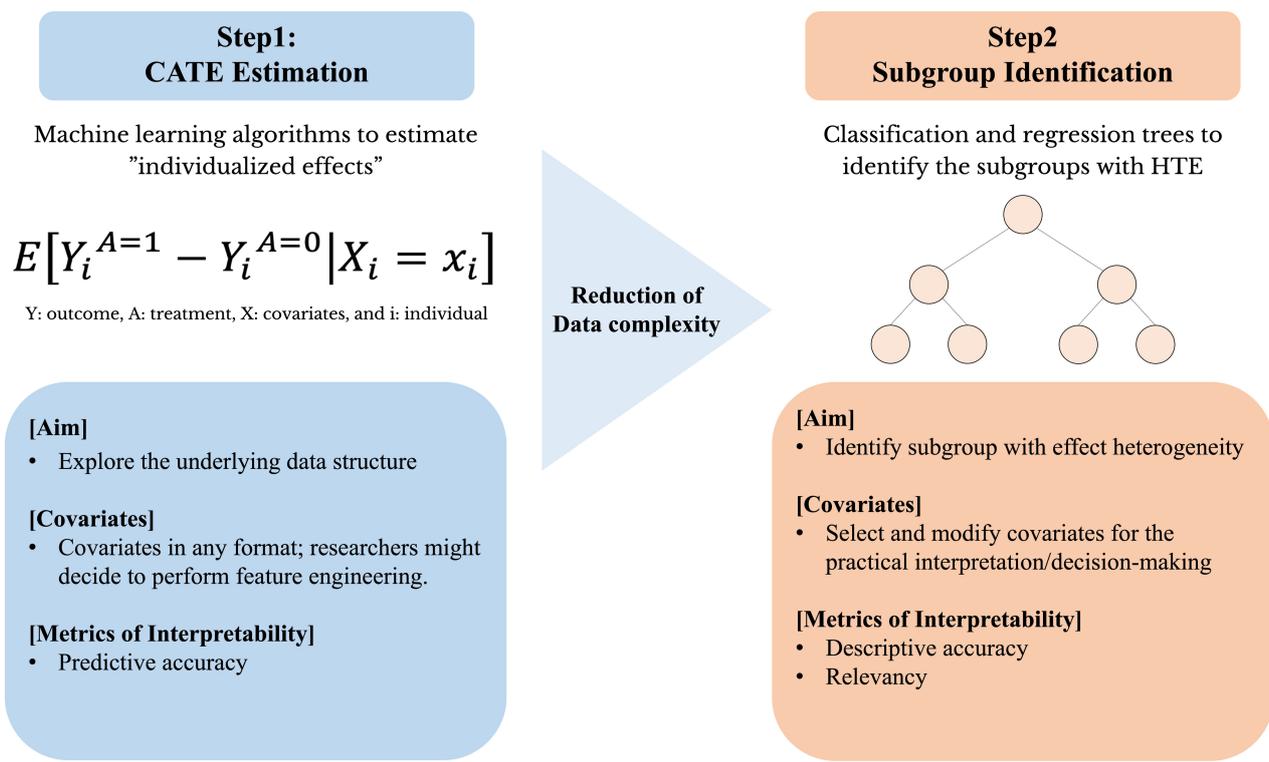
3. Department of Biostatistics, Harvard T. H. Chan School of Public Health, Boston, MA, USA

- 4. Department of Epidemiology, School of Public Health, Boston University, Boston, MA, USA
- 5. Department of Social Epidemiology, Graduate School of Medicine, Kyoto University, Kyoto, Japan
- 6. Hakubi Center for Advanced Research, Kyoto University, Japan

責任著者：井上浩輔

掲載誌：European Journal of Epidemiology DOI : 10.1007/s10654-025-01215-y

< 参考図表 >



提案された Pragmatic Subgroup Discovery の概念図