

観察研究における因果推論

～戦略評価のための統計モデルの研究～

森西美光

【目的】

今日では、情報技術の発展とインターネットの普及からデータが多く蓄積されビックデータなどの大量データを保有する組織が多くなり、そのデータの活用が企業の競争における重要性は増している。また近年の「Society5.0」などへの社会の変化も背景に、ビジネスの場面においてもデータを活用する機会は増加傾向にあるが、このようなビジネスで活用するようなデータ間の因果関係を検討することができるモデル構築は非常に有用性が高いと考えられる。

本論文では、上記の問題意識・動機から自然現象や人間行動の根底にある因果メカニズムを解明するための方法論に関する研究を行う。特に、観察研究から因果関係を推定するための因果モデルの推定に関する検証を行い、従来の限界を超える新しい方法論体系の構築を目指す。

【方法】

過去の因果推論の文献を調べ、因果効果を測定しやすい実験研究や因果効果を測定しにくい観察研究の定義および観察研究における因果推論の概略を明らかにする。特に原因と結果で表される因果効果を実験研究とは異なり推定が難しい観察研究では、原因と結果双方に影響を与える共変量の統制が必要であることを明示する。次に観察研究の因果推論で不可欠な反事実的モデルや根本的な無作為化の威力や“強く無視できる割り当て (Strongly ignorable)”やSUTVAなどの前提条件や因果効果推定方法を明らかにし観察研究における因果推論の全体像を明らかにした上で、実際に観察研究で因果効果を推定する統計手法の紹介を行う。具体的には、回帰分析、マッチング法、層別解析、共分散構造分析、傾向スコアを利用した手法などのメリットやデメリットの概説を行う。その後、実証研究として実際のデータを利用し米国の職業訓練プログラムの因果効果を上記の統計手法を使って推定し、過去の研究を踏まえて、推定結果の考察と既存の統計手法の問題点を明確化する。

観察研究における因果効果推定のための統計手法は上記の“強く無視できる割り当て (Strongly ignorable)”という共変量と呼ばれる目的変数と説明変数どちらにも影響を与える変数の情報を全て持っているとして仮定しており、現実でこの仮定は守られていないことが多い。また相関関係と言われる変数間の関係性が強い場合やサンプルサイズや因果関係には関係な余分な変数を加えた場合の予測モデルの精度など、実際に因果効果を測定する統計手法を使用する上でデータの特徴は千差万別であり、データの特徴によって因果効果の推定がどのように変化するかどの統計手法がどの状況において頑健か把握することは学術的にも社会的にも非常に価値があると考えられる。そのため本研究では、これらを確認するためにモンテカルロシミュレーションによってデータを生成し、現実の問題に合わせて統計手法の頑健性と推定精度の検証を行う。

【得られた結果】

実証研究とモンテカルロシミュレーションによって大きく下記の知見が得られた。

【1】どの手法においても「サンプルサイズが多い」ほど、推定は良くなる。逆に「サンプルサ

イズが少ない」場合はどの手法も平均二乗誤差が大きくなる。

【2】「変数間の関連性が強い」ほど、平均二乗誤差が大きくなり推定が悪くなる。逆に「変数間の関連性が弱い」ほど、平均二乗誤差は小さくなり、推定は良くなる。

【3】「強く無視できる割り当て (Strongly ignorable)” が成り立たない」場合、因果に影響を与える情報を保持していないため、保持していない変量の因果効果分、モデルに投入している変量に総合効果として加算される (正負は保持していない変量の目的変数に対する因果の効果の方向による)。

【4】「余分な変数をモデルに加えた場合」、加える変数がモデルに加える変数や目的変数と関連が強いほど統計モデルの平均二乗誤差が大きくなり、推定が悪くなる。

上記の知見は観察研究における因果推論として非常に価値がある知見と考えられる。具体的には現実のデータが保有する可能性がある問題について複数の因果推論を行う手法で精緻にシミュレーションを行い、データがシミュレーションのテーマで推定した場合どのような結果となるか明示しており学術的にも実務的にも価値があると考えられる。

【結論】

観察研究における因果効果を推定する手法は本研究でいくつも紹介したように複数存在するがどの場合でも使える万能な手法は存在しない。変数が少なくサンプルサイズが少ないならば重回帰分析も十分適切な因果効果を推定する手法となる。また因果効果を知りたい割付変数のみならず変数間全ての関係性を把握したいならば3章で紹介した共分散構造分析が適切かもしれない。このように適切な目的とデータの特徴に合わせて、先行する知見を把握し複数の手法を利用し因果効果を推定することが観察研究において重要と考えられる。また本研究ではカバーしきれなかった実務におけるデータの特徴や手法も存在しており、その実務上の評価が、今後の課題であると考えている。