

農業政策の効果測定手法： 回帰不連続デザイン

川崎 賢太郎

要 旨

近年、農業政策分野においてEBPM (Evidence-Based Policy Making, エビデンスに基づく政策立案) という考え方が浸透しつつあるが、そこでの最も重要な概念は、対象とする政策が各種アウトカムに与える「因果関係」である。本稿では因果関係を推計する手法の一つである、「回帰不連続デザイン (Regression Discontinuity Design)」に焦点を当て、その基本的な概念や農業経済学分野における応用例、我が国の農業分野に適用するための課題について論じる。

キーワード：エビデンスに基づく政策立案 (EBPM), 回帰不連続デザイン, 農業政策, 因果推論, 計量経済学

1. はじめに

近年EBPM (Evidence-Based Policy Making, エビデンスに基づく政策立案) という言葉が注目を集めている。科学的な根拠 (Evidence) に基づいた政策立案を目指す動きである。そこで最も重要な役割を果たすのは、因果関係である。ある農業政策が農家所得や耕作放棄地率といった各種のアウトカム (結果変数) に与えた効果、つまり因果関係を数量的に計測し、政策を評価することが求められている。因果関係を特定するためには、幾つかの手法が存在するが、本稿ではその中でも、回帰不連続デザイン (Regression Discontinuity Design, 以下では主にRDDと略す) と呼ばれる手法に焦点を当て、その基本的な考え方や農業経済学分野における応用例について紹介する⁽¹⁾。

2. 因果関係とは

ある政策 X が、アウトカム Y に与える因果関係は、「政策 X を受けた場合に実現したであろう Y (Y_1 とする) と「政策 X を受けなかった場合に実現したであろう Y (Y_0 とする) の差で定義される。ここでは単純化のために X を政策と呼んだが、もちろん政策以外であってもこの定義は適用できる。

ここで問題となるのは、個々の農家に関しては、 Y_1 と Y_0 の、いずれか一方しか観察できないという事実である。政策を受けた農家に関しては Y_1 の値は観察できるが、政策を受けてしまっている以上、「政策を受けなかった場合」という状況は、仮想的な状況であり (反事実的, Counterfactualと呼ばれる), そのアウトカム Y_0 を観察することはできない。逆に政策を受けていない農家に関しては、 Y_0 は観察できるが、 Y_1 は観察でき

ないことになる。したがって因果関係を特定するためには、何らかの方法で、観察できない方の Y を推計する必要がある。この推計方法の違いによって、最小二乗法やRDDなど、様々な分析方法が生まれることになる。

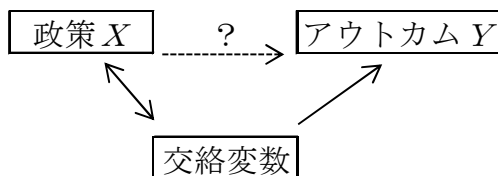
さて、ここで（恐らく最もありがちな）因果関係の誤った計測方法を挙げてみよう。それは、 X が Y に与える影響を知りたいのならば、 X である農家の Y の平均値と、 X でない農家の Y の平均値を、比較すれば良いのではないかと、いうものである。例えば X を有機農業、 Y を所得としよう。そして統計データから、有機農業をしている農家の所得が1時間あたり平均5,000円、有機農業をしていない農家のそれが3,000円であることがわかったとする。こうしたデータから、「有機農業をすれば所得が2,000円上がる」と結論付けてよいのだろうか。

答えは否である。なぜならば両グループの特徴はそもそも全く異なるかもしれないからである。例えば有機農家は、非有機農家に比べて、小規模で、若く、スキルも高い農家たちかもしれない。そうであれば2,000円という所得の差は、有機農業の効果ではなく、単にこれらの特徴の違いが反映されているだけかもしれない。こうした問題をセレクションバイアスと呼ぶ。

セレクションバイアスが生じる原因は、農家自らが有機農業を行うか否か（つまり X の値）を選択している点にある。自ら選択しているがゆえに、両グループでスキルや年齢等に差が生じてしまうのである。したがってセレクションバイアスを回避するための最も有効な方法は、 X をランダム（無作為）に割り当てることである。つまりラ

ンダムに選ばれた一部の人に有機農業を行ってもらい、残りの人には非有機農業（慣行農業）を行ってもらおう。こうした手法は、ランダム化比較実験（Randomized controlled trial, RCTとも略す）と呼ばれる。実験への参加者が十分に多ければ、ランダム化をしている以上、有機農業以外の特徴、すなわち規模や年齢やスキルには、平均的に見れば両グループ間に差は生じないはずである。もし、何らかの差が生じてしまっているとしたら、それはランダム化ができてないということである。このとき、もし両グループのアウトカム Y に有意な差が見られれば、それを有機農業の効果（因果関係）とみなすことができる。ランダム化比較実験は、現在、最もエビデンスとしての信頼性が高いとされている手法である。しかし、ランダム化比較実験の最大の問題は、その実施が容易でないことである。実験の実施には多大なコストと時間を要する上に、例えばランダムに選ばれた一部の農家にのみ補助金を配る場合、政策の平等性や政治的な観点から実験実施の敷居は高くなりがちである。したがって経済学分野ではランダム化比較実験に頼らない、非実験的な手法も依然として重要な役割を果たしている。

さて、アウトカム Y に影響を与え、かつ政策 X と相関している要素を交絡変数（Confounding variables）という（第1図）。先ほどの有機農業の例では、規模、年齢、スキルなどが交絡変数の候補として疑われるわけである。もし、全ての交絡変数がデータとして観察できる場合、最小二乗法（OLS）や傾向スコアマッチング（Propensity score matching）などで因果関係を推計可能である。しかしながら全ての交絡変数がデータとし



第1図 因果関係と交絡変数

註. 交絡変数がアウトカム Y に影響を与えており（因果関係があり）、なおかつ、交絡変数と政策 X が相関しているケース（相関であるから因果関係とは限らない。簡単に言えば二つのデータの散布図を描いたときに正ないし負の傾きが見られるということ）。この場合、たとえ政策 X がアウトカム Y に影響を与えていなくとも（因果関係がなくとも）、交絡変数を無視して分析を行えば、影響ありと判断されてしまう。

て観察できるという状況は、現実にはなかなか考えにくく、一部観察できない交絡変数が残っていると考える方が自然であろう。有機農業の例では、規模や年齢は観察可能であろうが、農業者のスキルをデータとして観察することは非常に困難と言える。こうした場合には、回帰不連続デザイン、操作変数法 (Instrumental variable method)、差分の差分法 (Difference-in-Differences) などで対処する必要がある⁽²⁾。これらの手法は利用可能な状況がそれぞれ異なっており、RDDは、政策対象者の選定方法に不連続性がある場合に、操作変数法は、政策の参加状況とは相関するが、交絡変数とは相関しない操作変数と呼ばれる変数が利用可能な場合に、差分の差分法は、政策導入前後のアウトカムが計測可能な場合に適用できる。また要求される仮定もそれぞれ異なり、RDDでは、政策が存在しなければ、不連続性の境界前後で、アウトカムが不連続に変化することはない (スムーズに変化する) という仮定が求められる。操作変数法では、操作変数が政策への参加状況とは相関するが、交絡変数とは相関しないことが求められ、差分の差分法は、もし政策が導入されなかったとしたら、政策対象者と非対象者のアウトカムは同じトレンドで推移するという仮定が求められる。なお経済学分野における論文数を比べると、操作変数法や差分の差分法と比べて、RDDの利用例は少ないようである⁽³⁾。これは不連続性の生じている政策を見つけ出すことが容易ではないことや、不連続性の前後で十分なデータ数が要求されるためであろう。しかし要求される仮定が他の手法に比べると緩いため、もし利用可能な場面があれば、非常に強力な分析ツールとなり得る。

3. 回帰不連続デザイン

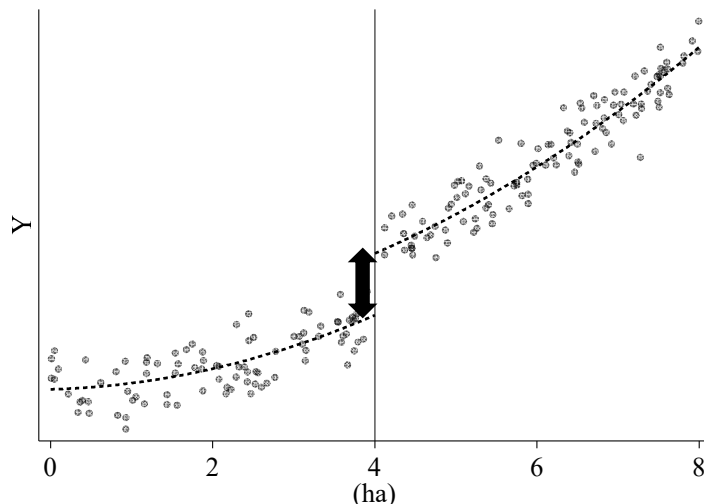
政策対象者を選定する際のルールが、ランダム化比較実験に近い状況を生み出す場合がある。具体的には、ある基準値を境に政策対象を選択するような場合である。このとき、基準値を超えた農家は政策対象となり、超えていない農家は政策の対象外になるという意味で、基準値を境に一種の「不連続性」が発生する。例えば、過去の品目横

断的経営安定対策で行われていたような、4 ha以上の規模の農家にもみ補助金を支給するような場合や、中山間地域等直接支払制度のように、地理的な境界線を基に補助金の受給が決まるようなケースである。以下では政策を受けた農家を対象者ないし処置群 (Treatment group)、受けなかった農家を非対象者ないし対照群 (Control group) と呼ぶ。

不連続性の境界 (しきい値) の近くでは、どちらに属するかはほぼランダムであり、平均的に見れば、不連続性が発生する境界近辺の農家は同じ特徴を持っているとみなすことができる。つまり閾値を少し上回った農家と、少し下回った農家とでは、交絡変数の影響が平均的には等しいとみなすことができるのである。これを利用して政策効果を推計するのが回帰不連続デザイン (RDD) である (Imbens and Lemieux, 2008; Lee and Lemieux, 2010)。

第2図は、4 ha以上の規模の農家にもみ補助金を支給するケースを想定した図である。縦軸は関心のあるアウトカム (例えば所得や規模拡大率)、横軸は政策対象となるか否かを左右する変数 (running variable, forcing variableなどと呼ばれる) であり、この場合は農地の規模である。補助金を受け取れるか否かが決まる4 haを境に、不連続性が発生する。RDDではこの不連続性の前後、例えば4.0～4.1haの処置群と3.9～4.0haの対照群とに分けて、アウトカムYを比較し、もしYに有意な差が生じていれば、それを政策の効果とみなすのである。

以上の例では単一のrunning variable (農地面積) に一つの閾値 (4 ha) が設定されるケースであったが、複数のrunning variableによって閾値が定義されるケース (Papay et al., 2011) や、閾値が複数あるケース (Cattaneo et al., 2016) を扱うことのできるRDDも存在する。また閾値前後におけるYの「水準」の不連続性・ジャンプを検出するのではなく、Yの「傾き」(第2図で言えばYとXの関係の傾き) の不連続性を検出する「Regression kink design」と呼ばれる分析手法もある (Card et al., 2015)。これらの手法に関しては、いまだ農業経済学分野での応用例は見当たらないため、本稿では詳細には立ち入らないこ



第2図 RDDの概念図

註. 各マーカーは農家ごとの農地面積（横軸）とアウトカムY（縦軸）の関係を表す。ここでは4 ha以上の農家に補助金を支給しているケースを想定しており、黒い矢印が政策の効果を表す。

ととする。

RDDの非常にスマートな応用例として、著名な労働経済学者、Angrist and Lavy (1999) による研究を紹介しよう。この研究の目的は、小学校におけるクラスの規模が、生徒の成績に与える影響を明らかにすることである。一般に小規模なクラスほど教師の目が行き届き、生徒の成績に好影響を与えることが予想されるが、クラスサイズを小さくすれば全体の教育費が増大するから、闇雲に小さくするわけにはいかない。こうした背景の下、労働経済学や教育学の分野では、クラスサイズと成績の関係は重要な研究テーマとなっている。

さて、読者の中には、クラスサイズの大きな学校と小さな学校とで、成績を比べれば良いのではないかと考える方もおられるかもしれない。しかしこうした方法は正しくない可能性が高い。理由は前に述べたとおり、Y（成績）に影響を与え、かつX（クラスサイズ）と相関している交絡変数が考慮されていないからである。言い換えれば、セレクションバイアスが生じている可能性が高いからである。ここで交絡変数として疑われるのは、例えば学校の設備や地域属性である。小規模クラスは生徒数の少ない過疎地に多い傾向があるかもしれない。とすれば、学校の設備は都市部に比べて老朽化しているかもしれないし、学習塾な

どの周辺環境も都市部に比べれば劣っているかもしれない。したがって単なる相関を見ただけでは、設備や地域属性による影響が排除されておらず、クラスサイズの影響を正しく推計できない。それでは、こうした要因を全てコントロールした場合はどうか。つまり、学校の設備や地域の塾の数などを説明変数として用いて回帰分析すればセレクションバイアスの問題は解決されるのだろうか。答えは依然として否である。なぜならば、観察できないそれ以外の交絡変数が残る得るからである。例えば、教育熱心な親は小規模クラスの学校に子供を入れたがるであろうから、その結果、小規模クラスに優秀な子が集まり、テストの点数が高くなる、というメカニズムが発生し得る。つまりクラスサイズの影響ではなく、生徒の質・親の熱心さという交絡変数によって、成績が上がる可能性が排除しきれないのである。一般に生徒の質や親の熱心さをデータとして数値化することは困難であるから、通常の回帰分析ではこの問題に対処することが困難となる。

このようにクラスサイズと成績の因果関係を明らかにすることは、一筋縄では行かないのであるが、Angrist and Lavy (1999) は、一クラス当たりの生徒数の上限に関するルールを利用して、この問題を鮮やかに解決して見せた。分析対象のイスラエルでは、公立小学校のクラスサイズの上

限が40人と定められている。したがって一学年の人数が40人までの場合は一クラスに収まるが、一学年が41人になると、一クラスには収めきれないので、20人と21人のクラスに分割せざるを得ない。つまり40人を境に不連続が発生することになる。このとき、どんなに教育熱心な親でも学年の数が40人になるか41人になるかを事前に見越すことはできないから、一学年40人の学校と、一学年41人の学校とでは、生徒の質は平均的にはほぼ同じとみなすことができる。なおかつ、クラスサイズは40人と20人前後と全く異なるため、両者の学校でテストの成績を比べれば、クラスサイズの効果を検出することができる。なお、一学年80人と81人との間でも（クラス数が2クラスから3クラスに増加）、120人と121人との間でも（クラス数が3クラスから4クラスに増加）、同様に不連続性が発生する。こうした不連続性に着目したAngrist and Lavy (1999)は、RDDによる分析の結果、小規模クラスは小学4、5年生の成績を有意に上げるが、3年生では効果は見られないことを見いだした。つまり、学習内容が高度化するほど小規模クラスは効果的であるが、低学年ではそこまでの必要性がないことを意味する。このように歴史的に重要なトピックを、素晴らしいアイデアで解決し、なおかつ貴重な政策インプリケーションを与えたこの研究成果は、経済学分野で最も権威ある学術雑誌の一つであるQJE (*Quarterly Journal of Economics*) に掲載され、高い評価を得ている。

4. 農業分野における応用例

(1) 地域による不連続

本節では農業分野におけるRDDの応用例を紹介する⁽⁴⁾。まずは地理的な境界線に基づいた不連続性に着目したGrout et al. (2011)による研究である。研究の目的は、土地のゾーニングが地価に与える影響を明らかにすることである。ゾーニングの内側（都市側）は主に居住地として住宅の建設が許可されるが、外側は農地・林業等に利用が制限される。米国の多くの州では、政府による行動によって不動産の価値が低下した場合、所有者に損害補償を支払うことが法令で定められてお

り、ゾーニングと地価の関係は政治的にも重要なトピックとなっている。

繰り返しになるが、例えばゾーニングの内側の平均地価が5,000ドル、外側のそれが3,000ドルだったとしても、「ゾーニングによって2,000ドル地価が変化する」と結論付けるのは早計である。ゾーニング以外の要因（交絡変数）がコントロールされていないからである。ゾーニングの内側で地価が高いのは、例えば単に利便性（スーパー、病院、駅、公園、幹線道路までの距離）が良いからであって、ゾーニングの影響ではないかもしれないためである。

そこで著者のGroutらは、ゾーニングの境界線付近に立地する未開発地に分析対象を限定してRDDを行った。境界線付近に限定すれば、利便性等のゾーニング以外の要因はほぼ等しいものとみなすことができる。その結果、多くの地域で、ゾーニングの外側の方が、内側（都市的地域）よりも地価が低いことを見いだされた。つまり土地の用途に制限がかかることによって地価が低下するのである。

(2) 農地面積による不連続

上記の研究は、ゾーニングという地理的な境界線に基づいて土地政策と地価の関係を分析した事例だが、Chang and Lin (2015)は、農地の規模による不連続性を利用して、同様に土地政策と地価の関係を分析している。研究の目的は、農地の転用制限が農地価格に与える影響を明らかにすることである。分析の対象地である台湾では、農業生産への悪影響を回避するため、0.25ha未満の小規模な農地には自宅・倉庫等を建設できないルールになっている。著者の問題意識は、こうした小規模な農地の転用制限が土地の利用価値を下げ、地価の低下につながるのではないかというものである。

著者は、2000年から2008年の圃場ごとの農地売買価格に関するデータを利用し、地域特性などもコントロールした上で（他の条件を一定にした上で）推計を行い、0.25ha以上の農地は、0.25ha未満の農地に比べて地価が平均で26%高いことを見いだしている⁽⁵⁾。逆に言えば、転用に制限のかかる小規模な農地では、地価が相対的に低下す

る結果である。

我が国においては、農地転用によって売却益を得ることへの期待が農地の流動化を妨げている、という指摘があるが(速水・神門, 2002), Chang and Lin (2015) の手法を応用すれば、転用と農地価格の関係を測定することが可能になるかもしれない。

(3) 距離による不連続

Pan et al. (2018) は、距離による不連続に着目した研究例である。研究の目的は、技術指導が生産技術や食生活に与える影響を明らかにすることである。

分析の対象地となったウガンダでは、NGOオフィスから6 km以内の地域から選出されたモデル農家に対して新品種の技術指導を6日間実施し、その後モデル農家は、自身の圃場にて新品種を作付け、周囲の農家に3日間の技術指導を実施する、というプロジェクトが行われた。

この場合、技術指導を受けられるか否かが決まる6 kmという距離を境に、不連続性が発生する。これを利用してRDDを行った結果、オフィスから6 km以内では、新品種、灌漑、間作、輪作といった様々な新技術が採択されただけでなく、生産性や所得が向上したためか、食事を抜いたり食事の品数を減らしたりする農家が有意に減少し、食生活も改善されたことが見いだされている。つまり技術指導が、農業技術の向上だけでなく、食生活・食料安保の改善にも役立っていることを示唆する結果である。なお本研究の続編では、農家所得の増加によって蚊帳の購入が増え、マラリアの罹患率が減少することも見いだされている(Pan and Singhal, 2019)。

(4) 時間による不連続

Fuje (2018) は、時間による不連続に着目した研究例である。研究の目的は、化石燃料に対する補助金の削減が、穀物価格に与える影響を明らかにすることである。途上国では生産地から消費地までの輸送費は、大きなコストファクターであり、政府による化石燃料補助金の削減によって燃料価格が上がれば、首都近郊ではさほど影響はなくても、遠方の農村部では首都までの輸送費が増

大し、価格に上乗せせざるを得ない。したがって都市農村格差が拡大するのではないかというのが著者の問題意識である。ここでの不連続性は2008年というタイミングである。2008年に化石燃料補助金が削減され、この時期を境に不連続性が発生したことを利用して分析を行っている。

分析では、1996年から2013年の月別・村別の時系列データを利用している。RDDによる推計の結果、エチオピアの主食であるテフ、麦、トウモロコシ、モロコシ、いずれの穀物でも、化石燃料補助金削減の後、価格の地域間格差が有意に上昇したことが分かった。結果を更に詳細に解析すると、首都から遠方に位置する農村ほど、首都との価格差が拡大していることも分かっている。論文の後半では、価格格差の拡大が、農家の所得や経済厚生に与える影響も分析されている。

ただしこの研究には一つ懸念事項がある。それは政策変更の前後5年間という比較的長期間を分析の対象期間としていることである。このように不連続性の境界から“離れた”データも含むというのは、不連続性の境界“付近”に着目するRDDの理念に反するものであり、場合によっては交絡変数によるバイアスを発生させる原因となる。すなわち化石燃料価格の変化ではなく、それ以外の要因(例えば肥料価格や人件費など)が、対照群である1996～2007年と、処置群である2008～2013年では大きく異なっている可能性があり、それが穀物価格を変化させた可能性を否定できないのである。

この点ではAysoy et al. (2015) の手法が参考になる。この研究も同様に時間による不連続性に着目し、生鮮食品の流通制度改革が価格に与えた影響を分析している。改革前のトルコでは、農家が生産物を小売業者や消費者に直接販売することは法律で禁じられており、必ず卸売市場を通して販売せねばならず、効率的な流通の妨げとなっていた。そこでトルコ政府は2012年に改革を行い、小売業者や消費者への直販を許可するとともに、卸売市場で販売した場合の税率も2%から1%に削減した。著者らは日別・品目別の農産物価格データを収集し、この制度改革が行われた2012年1月1日より前の期間を対照群、後の期間を処置群とみなして、RDD分析を行った。交絡変

数の影響をなくすために、著者らは制度改正日の前後1か月、半月、5日間という短い期間に着目して分析を行い、制度改革によって小売価格に変化は見られない一方で、卸売市場での農産物価格が有意に減少したことを見いだしている。さらにこの結果が単なる季節性によってもたらされたものではないことを立証するために、2012年1月1日ではなく、2011年1月1日の前を対照群、後を処置群とみなして、同様の分析を行っている。2011年には制度改革は行われていないから、これはいわば偽のタイミングである。したがって、季節性がないのであれば、RDD分析によって得られる効果はゼロのはずであるし、逆にもし効果が検出されたのであれば、それは季節性が働いていることの証拠になり得る。著者らは、2011年1月1日前後では価格の不連続的な変動が見られないことを示し、2012年の価格変化は季節性によるものではなく、制度改革の効果であると結論付けている。なおこうした偽の政策によって仮説を検証する手法をプラセボテストと呼び、近年様々な文脈で用いられている（プラセボとは「偽」という意味であり、効き目のない偽の薬をあえて処方し、本物の薬と効果を比較する手法で知られている）。

（5）所得による不連続

これまで紹介した研究例は、不連続性の境界の前後で、政策の対象者となるか否かが明確に決まる状況であった。こうした状況はSharp RDDと呼ばれる。一方、境界の前後で政策対象になるか否かが一律に決まるわけではないものの、政策対象者になる「確率」が不連続的に変化する状況に着目した分析をFuzzy RDDという（Fuzzyは曖昧という意味である）。その一例として、Sharma et al. (2019)を紹介する。

同研究の目的は、一般特惠関税制度、すなわち開発途上国の支援を目的として、先進国が開発途上国から輸入を行う際に関税率を引き下げる制度の影響を明らかにすることである。著者らは、世界銀行（World Bank）が採用している低所得国の定義に着目し、Fuzzy RDDを実施した。世銀は各国の一人当たり所得（GNI）に基づいて「低所得国」、「下位中所得国」、「上位中所得国」、「高

所得国」の四つのグループに分類している。「低所得国」に分類されるのは、所得が約1000ドル以下の場合である。一般特惠関税制の対象国となるか否かは、各国の裁量に基づいているから、世銀の定義で必ずしも決まるわけではないが、「低所得国」グループに分類された国は、一般特惠関税制の対象国となる「確率」が跳ね上がるのではないかとSharmaらは考えた。そしてFuzzy RDDを実施した結果、一般特惠関税制の対象国になると、農産物輸出が有意に増加することを見いだしている。

（6）人口による不連続

同じくFuzzy RDDを人口による不連続性に適用した研究がAsher and Novosad (2020)である。研究の目的は、途上国における道路建設が地域経済に及ぼす影響を解明することである。道路建設は、発展が見込まれる地域を選んで実施される可能性があるため、単に道路建設と経済発展の関係を見ただけでは、道路建設の真の因果関係を特定することはできない。そこで著者らは、インド政府の定めた、まず人口1000人以上の村、次に500人以上の村、そして最後に250人以上の村に、優先的に道路を建設すべきというガイドラインに着目した。これはあくまでガイドラインであって、強制的なルールではないため、閾値を超えても必ず道路が建設されるとは限らないという意味で、Fuzzy RDDに適したケースである。著者らは1000人や500人という閾値の前後で、道路建設が行われる確率に不連続性・ジャンプが観察されることを確認した上でRDD分析を行い、道路建設が農業から非農業への労働移動を引き起こす一方で、農業生産や所得には影響が見られないことを見いだしている。

5. 回帰不連続デザインの注意点

RDDを実施する際の注意点を幾つか挙げておく。第1は、推計結果はあくまで不連続性の境界付近（local）における政策効果を表すものであり、全ての農家に一般化できる（つまり外的妥当性・external validityを有する）とは限らない点である。例えば、不連続性の近くの農家と、遠く離れ

た農家とで、政策効果が大きく異なる場合、RDDの推計結果は全農家に対する平均的な政策効果とは乖離し得る。第2図で言えば、RDDの推計結果は4ha前後の農家に対する政策効果とは言えるものの、8haの農家に同じ政策効果が発生するかどうかは不明である。こうした問題への一つの対処法としては、データを幾つかのサブグループに分割して（高齢農家vs若年農家、大規模農家vs小規模農家など）、RDDの推計値が似通ったものであるか否かを検証する、といった間接的な方法もあるが、より直接的にこの問題を解決するためのアプローチも近年試み始められているところである（Athey and Imbens, 2017）。

第2に、不連続性の基準となる変数を農家自らが調整（sorting）できる場合にも注意が必要である。例えば4haという規模を境に補助金の有無が決まる場合、補助金を受給するために規模を拡大する農家もいるであろう。sortingの有無は、境界前後のデータの分布を比較することで統計的に検証することが可能であるが（McCrary, 2008）、もしこうした動きが検出された場合には、境界付近の農家を除外する“ドーナツ型”のRDD（Barreca et al., 2011）や、境界付近のデータの集まり具合から農家の行動原理を推測する集積分析（英語ではbunchingと呼ばれる。Kleven (2016) や伊藤 (2017) などを参照）などが利用可能である。

第3に、境界の前後で別の不連続性が発生している場合には、RDDによって政策の効果を特定することはできない。例えば、ある市町村Aでは政策 X_1 を行っているが、隣接する市町村Bでは行っていないとする。この場合、地域による不連続が発生しているため、市町村AとBの境界線付近にいる農家に着目することでRDDを実施することが可能である。しかしながら、もし市町村Aが別の政策 X_2 も実施し、市町村Bが実施していないのであれば、RDDの結果は、政策 X_1 と X_2 の総合的な効果を表すことになり、二つの政策の効果を分離して推計することはできない⁽⁶⁾。

同様の理由から、年度の不連続性にRDDを応用することも難しい。例えば2020年からある政策が導入された場合、2019年と2020年との間に不連続性が発生する。しかしこの場合、政策だけ

でなく、その他の多くの環境（価格や天候など）も変化するため、2019年のアウトカムと2020年のアウトカムが、この政策によって引き起こされたものなのか、それとも他の要因によって引き起こされたものなのかを区別することはできない。前節で見たように日単位や週単位など、細かい時間単位のデータが入手できれば分析可能な場合もあるが、時間による不連続性を利用したRDDでは、通常 RDD とは異なり幾つかの注意点が存在する（Hausman and Rapson, 2018）。第1に、時間を単位としたRDDの場合、不連続性の境界付近において十分なデータ数を確保するために、対象期間を広めに取らざるを得ない（例えば政策導入日の前後1年分など）。つまり不連続性の境界から“離れた”データも含まれることになってしまう。これは不連続性の境界“付近”に着目するというRDDの理念に反するものであり、場合によってはバイアスを発生させる原因となる。第2に、今期のアウトカムが前期のアウトカムからも影響を受ける場合（自己相関）、その動きを時系列分析によって適切に処理する必要がある。第3に、上述のsortingの検定（McCrary, 2008）を時系列データに適用することはできない。なぜならば時系列データは等間隔で得られるため（つまり一様分布）、閾値の前後で分布形状が異なることは定義上あり得ないためである。

このほか、実際にRDDを応用する際のテクニカルな注意事項については、Athey and Imbens (2017) や Skovron and Titiunik (2015) にまとめられているので、参照されたい。

6. 我が国での回帰不連続デザインの応用へ向けて

RDDを我が国の農業政策の分析に応用するためには、政策の中に不連続性を見だし、有効なデータを入手することが必要である。

まず、現行の政策に関しては、地域、規模、距離、人口、所得、年齢などを基にした不連続的な政策対象者の選定方法がないかどうか、総点検することが求められる。また、新たな政策を設計する際には、あえて不連続性を発生させることを意識することも重要である。例えば、一部の地域

(特区)で試験的に政策を実施すれば、地域境界付近の内側と外側の農家を比較することで政策効果を推計可能である。ただし前節で述べたように、分析対象とする政策以外の政策の効果を排除するためには、都道府県や市町村といった行政的な地理区分ではなく、地形や集落などによって境界線を定義することが望ましい。又は、農家数、都市からの距離、農家の平均年齢などによって、政策の実施地区を決めてもよいだろう。また政策への参加希望者のうち一部の者に対して政策を実施するような応募型の政策の場合、参加希望者を各種の基準でスコア付けし、スコアが閾値を越えた農家を政策対象として採用すれば、閾値前後の農家で比較することで政策効果を推計することが可能である。ただしこの場合に得られた結果は、参加を希望する農家に対する政策効果であり、参加を希望しない農家にも一般化できるとは限らない点には注意が必要である。

このように政策に不連続性を内包させることは決して困難ではない。障害となるのは、むしろデータの有無であろう。RDDを行うために必要なデータは、以下のとおりである。

- ① アウトカム（所得、耕作放棄地率等）に関する情報。
- ② できればコントロール変数（農家の属性や政策前のアウトカムなど）に関する情報。無くとも分析可能だが、もしあれば、例えば若い農家と高齢農家とで別個にRDDを実施することによって効果の異質性を論じたり、推計値の誤差を減らしたりすることが可能となる。
- ③ 統計的な誤差を減らすためにも、サンプル数は多ければ多いほど良い。一概には言えないが、先行研究では数百以上のデータを利用している。こうしたデータ数を満たすためにも、データの単位は県や市町村といった地域レベルではなく、農家レベルのものであること（時間による不連続の場合は、日別のデータであること）が望ましい。
- ④ 政策の対象者（つまり閾値を上回った農家）だけでなく、政策の対象外となった農家（閾値を下回った農家）についてもデータが必要である。

これだけの情報が既存の統計で揃っているケースは稀である。したがって政策評価を推進するには、まずはデータ収集の仕組みを整備することが喫緊の課題である。そのためには、以下のようなアイデアが考えられる。

① 統計情報の拡充

我が国の各種公的統計は、アウトカムや農家の特性に関する情報が豊富に掲載されており、政策評価を行う際に第一に候補となるデータソースである。統計法の改正によって個票データの研究目的の利用が可能となり、利用上のハードルは大きく下がったものの、更なる活用のためには、調査項目、特に助成金の受取状況に関する情報の拡充が求められる。例えば農業経営統計調査の場合、直接支払いや共済といった、予算額の大きな、いわばメジャーな政策については受取額が掲載されているものの、マイナーな政策の受取額は掲載されていない。しかし政策評価の行いやすい政策は、時にマイナーな政策であることが多い。一部の農家限定で行われていること、裏を返せば政策の非対象者の情報が十分に存在することが、分析を成功させる鍵だからである。したがって新たな政策を立案する際には、政策評価に適しているか否かを事前に検討し、もし適しているのであれば、調査項目の一つに追加できるような仕組みを構築してもよいだろう。

また位置情報の拡充も望まれる。特に地理的な境界を基に政策の導入が決まる場合、農家・農地の位置情報が分かれば、政策評価が容易になる。県や市町村レベルの位置情報だけでなく、更に細かい位置情報の追加が望まれる。

なおこうした提案を機動的に実施していくためには、統計の調査目的そのものを変更することも一案かもしれない。現在の我が国の主要な農林統計（農業経営統計調査、センサス）の調査目的は、「農業の「実態を明らかにすること」、「農政の資料を整備すること」である。もちろんこれは政策評価を妨げるものではないが、「政策の影響評価を行うこと」を目的の一つとして「明記」することで、より一層の統計の利用が促進されるのではないか。この点、EUにおける農家経営調査に相当するFarm Accountancy Data Network (FADN) データでは、政策の影響評価が調査目

的の一つとして明記されており、実際に様々な影響評価が行われているところである⁽⁷⁾。

② 政策対象者と農林業センサス・農地の位置情報とのリンケージ

前項のアイデアは統計部局に関するものであるが、行政部局側におけるアプローチも必要である。特に有益と考えられるのが、政策対象者に関する情報の整理である。従来は、補助金の受給者の氏名や連絡先のみを整理していたものと類推するが、そこに農林業センサスの農家番号や農地の位置情報を表すID（現在農林水産省で整備が進められている農地ポリゴン）を追加するのである。それによってセンサスや農地の位置情報とリンクが可能になり、あらゆる政策の影響評価が（少なくともデータ上は）可能となり、また5年、10年といった長期的なスパンでの政策効果の測定も可能にするはずである。こうした取組を推進するためには、個々の政策担当者に一任するのではなく、政府や農林水産省全体としてのガイドラインを定めることが有効であろう。

③ 農業版マイナンバー制度

政策評価を行う際には、しばしば複数の異なるデータセットの接続が必要となる（例えば政策受給者データ・センサスデータ・出荷額データの接続など）。上述の二つの提案はこの接続を容易化するための案であるが、農業版マイナンバー制度ともいべき制度が普及すれば、行政・統計部局の負担を減らし、なおかつ分析の可能性を一気に広げることができる。すなわち農家ごとのIDが付与されたカードを配布し、これを補助金の受給時、生産物のお荷時、調査への回答時などに用いてもらうことで、情報を紐付けするのである。こうした取組が普及すれば、統計の調査業務が大幅に緩和され、また各種の情報がリンクされるため、政策評価も容易に実施することが可能となるだろう。

④ 応募型の政策について

参加を希望する農家が応募し、その中から一部の農家が採用されるようなタイプの政策の場合には、まず応募時点の情報（作物別の面積など）を提供してもらうとともに、採用のいかんに関わらず、フォローアップ調査への回答を了承してもらった上で、応募してもらう。こうすることに

よって、政策対象者と非対象者の情報が、政策導入前と後に得られることになる。

7. おわりに

政策効果の推計は、奥の深い問題である。単なる政策の前後比較や、政策の対象者と非対象者の比較では、誤った結論を導き得る。アウトカムに影響し得る各種の条件を「コントロール」した上で、つまり、似たもの同士で比べることが鍵である。といっても全ての要因をコントロールするのはデータの的に難しい。農家のスキルなど、アウトカムに影響し、かつ政策の受給と相関している観察不可能な要因がある限り、政策効果を正しく測定することはできない。この問題をクリアできる一つの選択肢がRDDである。政策対象を選定する過程に何らかの不連続性を見いだすことができれば、ランダム化実験に近い状況を生み出せるのである。

本稿ではRDDの基本的な考え方と農業分野における応用事例を紹介した。先行研究では、規模、地域、距離、タイミング、所得、人口などに起因した不連続性を見いだすことで因果関係の特定を行っていた。我が国においても、既存の農業政策に類似の不連続性がないか再点検するとともに、新たな政策を立案する際に不連続性を意図的に内包させることができれば、RDDの実施は決して難しくない。ただし最もネックになりそうなのがデータである。不連続性の前後に位置する農家に着目する以上、農家単位の個票データが不可欠であり、そうしたデータを収集するためには、既存統計の拡充、補助金の受給者情報と既存統計との紐付けなど、新たなデータ収集の仕組み作りが必要であろう。政策効果に関するエビデンスを蓄積し、今後の政策立案に活かしていくというEBPMの理念を実現するためには、データを分析する側の研究者と、データを生み出す側の行政・統計部局の、積極的な連携が欠かせない。

注(1) 差分の差分法 (Difference-in-Differences) と操作変数法 (Instrumental variable method) については別稿にて紹介する。

(2) 初学者向けに各手法の違いを解説した図書として、デュフロら (2019, A.3節) や伊藤 (2017) がある。

- (3) 経済学分野における2000年～2020年の論文をキーワード検索すると、RDDは88件、差分の差分法は155件、操作変数法は252件がヒットした(2020年7月、Web of Science調べ。検索キーワードは、当該手法の名称+“treatment effect”とした)。
- (4) 他の分野におけるRDDの適応例は、Lee and Lemieux (2010, Table 5)を参照。
- (5) RDDにおけるコントロールの重要性は、Calonico et al. (2019)を参照。
- (6) 地理的な不連続性に着目する際の注意点は、Keele and Titiunik (2015)を参照。
- (7) 2010年から2019年までの間に「FADN CAP economics」のキーワードでヒットする論文は、2700件にのぼる(2020年8月Google scholar調べ)。またFADNの公式サイトには、FADNは農家の所得と経済活動の実態を把握するとともに、農業政策の影響を把握するための重要な情報源であると記されている(“The farm accountancy data network (FADN) monitors farms’ income and business activities. It is also an important informative source for understanding the impact of the measures taken under the common agricultural policy.” <https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/farming/facts-and-figures/farms-farming-and-innovation/structures-and-economics/economics/fadn#resultsandanalysis> 2020年8月アクセス)。

文献

- Angrist, J. D., and V. Lavy (1999) Using Maimonides’ Rule to Estimate the Effect of Class Size on Scholastic Achievement. *The Quarterly Journal of Economics* 114 (2): 533-575. <https://doi.org/10.1162/003355399556061>
- Asher, S., and P. Novosad (2020) Rural Roads and Local Economic Development. *American Economic Review* 110 (3): 797-823. <https://doi.org/10.1257/aer.20180268>
- Athey, S., and G. W. Imbens (2017) The State of Applied Econometrics: Causality and Policy Evaluation. *Journal of Economic Perspectives* 31 (2): 3-32. <https://doi.org/10.1257/jep.31.2.3>
- Aysoy, C., Kirli, D. H., and S. Tumen (2015) How Does a Shorter Supply Chain Affect Pricing of Fresh Food? Evidence from a Natural Experiment. *Food Policy* 57: 104-113. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.10.003>
- Barreca A, Guldi M, Lindo JM, and G. R. Waddell (2011) Saving Babies? Revisiting the Effect of Very Low Birth Weight Classification. *The Quarterly Journal of Economics* 126 (4): 2117-23. <https://doi.org/10.1093/qje/qjr042>
- Calonico, S., Cattaneo, M. D., Farrell, M. H., and R. Titiunik (2019) Regression Discontinuity Designs Using Covariates. *Review of Economics and Statistics* 101 (3): 442-451. https://doi.org/10.1162/rest_a_00760
- Card, D., Lee, D. S., Pei, Z., and A. Weber (2015) Inference on Causal Effects in a Generalized Regression Kink Design. *Econometrica* 83 (6): 2453-2483. <https://doi.org/10.3982/ECTA11224>
- Cattaneo, M. D., Titiunik, R., Vazquez-Bare, G., and L. Keele (2016) Interpreting Regression Discontinuity Designs with Multiple Cutoffs. *The Journal of Politics* 78 (4): 1229-1248. <https://doi.org/10.1086/686802>
- Chang, H. H., and T. C. Lin (2015) Does the Minimum Lot Size Program Affect Farmland Values? Empirical Evidence Using Administrative Data and Regression Discontinuity Design in Taiwan. *American Journal of Agricultural Economics* 98 (3): 785-801. <https://doi.org/10.1093/ajae/aav064>
- Chen, Q., Deng, T., Bai, J., and X. He (2017) Understanding the Retirement-Consumption Puzzle Through the Lens of Food Consumption-Fuzzy Regression-Discontinuity Evidence from Urban China. *Food Policy* 73: 45-61. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.09.006>
- デュフロ, E., グレナスター, R., and M. クレーマー, 小林庸平・石川貴之・井上領介・名取淳訳 (2019) 『政策評価のための因果関係のを見つけ方 ランダム化比較試験入門』日本評論社。
- Fuje, H. (2018) Fossil Fuel Subsidy Reforms, Spatial Market Integration, and Welfare: Evidence from a Natural Experiment in Ethiopia. *American Journal of Agricultural Economics* 101 (1): 270-290. <https://doi.org/10.1093/ajae/aay026>
- Grout, C. A., Jaeger, W. K., and A. J. Plantinga (2011) Land-Use Regulations and Property Values in Portland, Oregon: A Regression

- Discontinuity Design Approach. *Regional Science and Urban Economics* 41 (2): 98-107. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2010.09.002>
- Hausman, C., and D. S. Rapson (2018) Regression Discontinuity in Time: Considerations for Empirical Applications. *Annual Review of Resource Economics* 10: 533-552. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-121517-033306>
- 速水佑次郎・神門善久 (2002) 『農業経済論 新版』岩波書店.
- Imbens, G. W., and T. Lemieux (2008) Regression Discontinuity Designs: A Guide to Practice. *Journal of Econometrics* 142 (2): 615-635. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2007.05.001>
- 伊藤公一朗 (2017) 『データ分析の力 因果関係に迫る思考法』光文社.
- Keele, L. J., and R. Titiunik (2015) Geographic Boundaries as Regression Discontinuities. *Political Analysis* 23 (1): 127-155. <https://doi.org/10.1093/pan/mpu014>
- Kleven, H. J. (2016) Bunching. *Annual Review of Economics* 8: 435-464. <https://doi.org/10.1146/annurev-economics-080315-015234>
- Lee, D. S., and T. Lemieux (2010) Regression Discontinuity Designs in Economics. *Journal of Economic Literature* 48 (2): 281-355. <https://doi.org/10.1257/jel.48.2.281>
- McCrary J. (2008) Manipulation of the Running Variable in the Regression Discontinuity Design: A Density Test. *Journal of Econometrics* 142: 698-714. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2007.05.005>
- Pan, Y., Smith, S. C., and M. Sulaiman (2018) Agricultural Extension and Technology Adoption for Food Security: Evidence from Uganda. *American Journal of Agricultural Economics* 100 (4): 1012-1031. <https://doi.org/10.1093/ajae/aay012>
- Pan, Y., and S. Singhal (2019) Agricultural Extension, Intra-Household Allocation and Malaria. *Journal of Development Economics* 139: 157-170. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2019.03.006>
- Papay, J. P., Willett, J. B., and R. J. Murnane (2011) Extending the Regression-Discontinuity Approach to Multiple Assignment Variables. *Journal of Econometrics* 161 (2): 203-207. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2010.12.008>
- Sharma, A., Boys, K., and J. Grant (2019) The Bright Side of the Generalized System of (Trade) Preferences: Lessons from Agricultural Trade. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 44: 32-61. <https://doi.org/10.22004/agecon.281312>
- Skovron, C., and R. Titiunik (2015) A Practical Guide to Regression Discontinuity Designs in Political Science. *American Journal of Political Science* 2015: 1-36.

Econometric Methods for Evaluation of Agricultural Policy: Regression Discontinuity Design

KAWASAKI Kentaro

Summary

Causality plays a key role in evidence-based policy making, and there are several econometric methods that quantify it. This article reviews applications of regression discontinuity design in the field of agricultural economics and discusses several issues that should be considered when applying this method to agricultural policies.

Keywords: Evidence-based policy making (EBPM), regression discontinuity, agricultural policy, causal inference, econometrics