

## 第1章

### 発展途上国における農業技術の普及

松本朋哉

#### 要約

本稿では、最近（2010年以降）国際学術雑誌に発表された農業技術の採用・普及に関する論文を中心に、特に途上国の小規模農家を対象とする実証研究を概観した。その結果、研究対象となる地域の重心が、アジアからサブサハラ・アフリカへと大きく移動していること、また、開発経済学の流れと並行して、この分野の研究においても、因果関係の同定を強く意識した研究が増加していることがわかる。特に、ランダム化比較実験などの手法を用いて、技術採用の決定要因やその因果効果の厳密な推定を試みるもの、ネットワーク分析や空間計量経済学の手法を用いて、新技術の採用における社会学習(social learning)の役割を探求するものなどが多く、そうした方面で研究の進展が見られる。こうした流れは、実証的に因果効果を測定し、より政策効果の高い政策を見つけ、研究の知見を政策提案に役立てようとする研究が増えていることの表れである。

キーワード：農業技術、技術普及、社会学習、集約農業、農業生産性、貧困削減

## I. はじめに

土地が豊富で人口が希少な農業生産拡大の「最後のフロンティア」アフリカにおいても、耕作可能な農業用地を今以上に拡張する余地は小さい。農業用地を増やせないという資源制約の中で、増加する食料需要に備え農業生産を増やすためには単位面積当たりの収量、つまり土地生産性を増やすことが必須である。土地生産性を増やすには農業技術、特に高収量品種や化学肥料などを使用する集約的農法に関係する技術の採用が欠かせない<sup>1</sup>。

1960年以降アジアで起こった農業生産性の大幅な増大、いわゆる「緑の革命」は、まさに科学的な農業研究のもとに開発された農業技術すなわち高収量品種と化学肥料の大量投入という近代的な集約農法の採用そして普及によりもたらされた。新技術の採用による生産性の増大は貧困削減という観点からも非常に重要な課題である。貧困が最も深刻なサブサハラ・アフリカの農村では、多くの農家が小規模な土地を保有する零細農家である。更に、近年の人口増加により一人あたりの耕作面積が年々縮小している。そうした状況では、新しい生産技術を導入し土地生産性を増やすこと、あるいは伝統的な作物ではなく新しい高付加価値な作物（例えば、都市住民向けあるいは輸出用の野菜・果物などの園芸作物）を栽培し土地面積あたりの所得を高めることが、貧困の解消や生活の改善にとっても重要な要素となる。

途上国での新しい農業技術の採用の決定要因及びその効果の大きさの検証という研究課題は、その重要性から数多くの研究者が取り組んでいる。なぜ、収益率の高そうな技術の普及が進まないのか、何が制約になっているのか、社会的なネットワークの技術普及に果たす貢献度はどのくらいか、そもそも本当に儲かるのか。サーベイ論文として Feder et al. (1985)や、より最近では Foster and Rosenzweig (2010) などにまとめられている。Feder et al. (1985)では、緑の革命時の新技術の採用および拡散のプロセスを検証した論文を特に多く取り上げ、技術の採用の障壁となる要因を体系的にまとめている。Foster and Rosenzweig (2010)は、Feder et al. (1985) 以降の論文を取り上げ、この分野の最近の研究の展開を解説している<sup>2</sup>。

---

<sup>1</sup>本稿では、農業生産、所得、あるいはより広い意味で農家の厚生 (welfare) を改善させるような新たなアイデア (innovation) の採用と普及に関わる研究を取り上げる。この研究分野の伝統に従い農業におけるイノベーションの採用を「技術採用」という言葉で表すが、それには、新たな農業インプット、非伝統的な作物、新たな農法、農業投資に関わる新たな金融商品などの採用を含んでいる。

<sup>2</sup>日本語の文献としては、不破(2014)が、Feder et al. (1985)および Foster and Rosenzweig (2010)で取り上げられた論文を中心にサーベイし、農業技術採用・普及研究の第一世代、第二世代と区分けし、第二世代の実証研究において因果関係 (causality) の同定 (identification) に大きな力点を置いていることを指摘している。本稿では不破論文と差別化するために特に2010年以降の論文を中心に取り上げ、最近の研究の方向性を考察したい。

これら2つのサーベイ論文を比較してみると、25年という歳月が立っているにもかかわらず、今も昔も検証している研究課題は似通っていることがわかる。新しい技術の採用に教育は大事か、信用制約はどうか、リスクに対する個々の選好は、経営規模は、資産の大きさは採用の要因かあるいは結果か、隣人から伝わる技術情報は重要か、などの研究課題は今も活発に議論されている。最も大きく変わったのは、進歩した実証分析のツールであろう。新しいツールを使って、重要な研究課題を再検証している。最近の潮流として開発ミクロ経済分野の実証研究では、因果関係を同定することへの強いこだわりがあるが、その要請から開発され進化した分析ツール、特にランダム化比較試験は、この分野の多くの実証研究で使われている<sup>3</sup>。

技術普及研究の分野でもう一つ大きな進歩が見られたのは、社会学習効果の検証方法であろう。社会学習は、人と人の繋がりである社会的なネットワークを通じて生じるが、最近の研究において、そうしたネットワークを把握するためのデータの収集方法に大きな工夫が見られ、また、そのネットワーク情報を活用した空間計量経済学やネットワーク分析のツールの導入が進み、技術の普及プロセスの検証が行われている。

本稿では、上述した2つのサーベイ論文で紹介されていない2010年以降、国際学術雑誌に発表された農業技術の採用・普及に関する論文を中心に、特に途上国の小規模農家を対象とする実証研究を概観し、今後、開発研究者が重要視すべき研究課題の方向性を示すことを目的とする。

## II. 研究対象となる農業技術

最近の途上国農業における技術普及の文献で取り上げられている「技術」とはどういったものか、研究の潮流を概観したい。

### 1. 新しいインプット

途上国の農業における技術普及の文献において、研究対象とされる「技術」の一つとして、挙げられるのは「新しい」インプットである。「新しい」インプットとして化学肥料や改良種の採用や普及過程を対象とする研究が多いが、それらの多くは科学技術としては新

---

<sup>3</sup>カリフォルニア大学バークレー校の Center for Effective Global Action と マサチューセッツ工科大学の Abdul Latif Jameel Poverty Action Lab による共同研究プロジェクト The Agricultural Technology Adoption Initiative (ATAI)では、発展途上国における技術普及に関する研究（主に農業技術）を2009年より13カ国で31の調査プロジェクトを立ち上げ実施している。Duflo, Banerjee, Suri, Kremer, Ashraf, Karlan, Udry, Dupas, Miguel, Shapiro, etc. などのメンバーが参加し、インパクト評価に主にRCTを活用している。現在進行中の一連の研究は、注目に値する。

しくないし、すでに普及している地域では長年使われていたりもする。しかし、普及の進んでいない地域の農民にとっては「新しい」インプットなのである。「新しい」インプットとして高収量種と化学肥料の採用の決定因あるいはその採用効果を検証する研究が多く見られる<sup>4</sup>。

アジアでの「緑の革命」の主役であった高収量品種や化学肥料の普及が、最近の研究でも多く取り上げられているが、そうした研究課題が未だに重要であり続けているのは、農業技術の適応性が自然環境や市場環境に影響され、地域によって普及の度合いが異なり、有望と思われる技術が未だに根付かない地域があるという証である。文献の対象とする国や地域を一瞥すると、研究の重心がアジアからアフリカへと大きくシフトしていることがわかる。サブサハラ・アフリカの多くの国で、生産性の大幅な増大が期待される高収量品種や化学肥料の普及がなかなか進んでいないからだ。そうした理由から、アフリカでの新しいインプットの普及の阻害要因を検証したり、そうしたインプットを使用することによる生産性、所得、および消費への効果を推計したりする研究が多く見られる。

その中でも、ガーナのパイナップル農家における化学肥料の使用法の普及プロセスを検証した Conley and Udry (2010)やケニアのメイズ農家における化学肥料の採用の決定要因を検証した Duflo et al. (2008, 2011), 同じくケニアのメイズ農家の高収量品種の採用の決定要因を検証した Suri (2011)などは、最近の農業の技術普及の文献において最も引用されている重要な論文であるので、より詳しい内容を後述する。

科学技術的にも比較的「新しい」インプットを扱った研究としては、1990年代に一般の農園でも扱われ始めた遺伝子組み換え作物がある。特に、殺虫微生物の遺伝子を組み込んだ Bt トウモロコシや Bt 綿は、いくつかの国で普及が急速に進んだ作物である<sup>5</sup>。最近、社会・経済的なインパクトを検証した研究を中心に、Bt 作物に関する研究が、経済学系の学術誌にも登場して来ている。一般に、Bt 作物はその殺虫作用の効果により、害虫による被害が少なく、駆除のための殺虫剤散布が少なくて済むため、殺虫剤のコストおよび散布に係る労働コスト、取り扱う農民の化学物質中毒症の発症の危険性、そして化学物質による土壤汚染や水質汚染が軽減できるというメリットがある<sup>6</sup>。特に、Bt 綿は普及のスピードが速く過去 15 年間で多くの国で広く使われている。Kouser and Qaim (2013) は、パキスタ

---

<sup>4</sup> 例えば、Beaman et al. (2013)はマリのコメ農家、Matsumoto (2014)はウガンダのメイズ農家、Smale and Olwande (2014)はケニアのメイズ農家、Carter et al.(2013)はモザンビークの小規模農家、Krishnan and Patnam (2014)は、エチオピアの小規模農家についての改良種と化学肥料の採用の決定要因とその効果を検証している。

<sup>5</sup> Bt 作物の“Bt”は、バチルス・チューリングエンシス菌 (Bacillus thuringiensis) に由来する。バチルス・チューリングエンシス菌は、蛾や蝶の幼虫の消化管を破壊する殺虫蛋白質を生成する細菌である。

<sup>6</sup> 例えば、Huang et al. (2003), Qaim et al. (2006), Submanian and Qaim (2009)など。ただし、遺伝子組み換え作物に対して賛否両論あることは周知の通りである。

ンで急速に普及が進む Bt 綿に関して、Bt 綿を採用した場合の非 Bt 綿に対する健康被害の軽減、環境負荷の軽減、収入の増大などの便益の大きさを推計している<sup>7</sup>。結果は、Bt 綿採用の効果は大きく、金銭的評価額の合計が、非 Bt 綿に比べ1エーカー当たり 283 米ドル増加するというものであった。パキスタンでの Bt 綿の急速な普及は費用対効果の大きさを間接的に示しているが、この結果と整合的である。

ただし、金銭的評価には、Bt 綿採用者、非採用者それぞれの実際の健康被害、環境負荷、産出量などのデータが用いられているが、Bt 綿採用者、非採用者が系統的に異なる可能性、つまり採用判断の内生性を考慮しておらず、Bt 採用の効果の推計値にセレクション・バイアスがある可能性がある。例えば、Bt 綿採用者の畑は、非採用者に比べ土壌の質の違いから Bt 綿の殺虫効果が大きく便益が大きいとしよう。その場合、非採用者が Bt 綿を採用しても、Bt 綿採用者ほどの殺虫効果は得られず、結局、殺虫剤を使用し健康被害に会うリスクも高まり、Bt 綿採用者程の便益を得られない。非採用者の平均効果は採用者のそれよりも小さいので、全体の平均効果は採用者の平均効果よりも小さくなる。セレクション・バイアスのために平均効果の推計値には上方バイアスがある、という例である。

他方、Mutuc et al. (2013)では、フィリピン農家の Bt トウモロコシの採用効果を傾向マッチング (propensity score matching) の手法を使って推定しているが、平均効果は限定的で、殺虫剤などの購入費の削減や粗利の増大の効果は統計的に確認されなかった。Liu (2013)では、Bt 綿採用の効果ではなく採用の決定要因を分析している。中国でも 1990 年代急速に Bt 綿採用農家が増えているが、その中国の家計調査データを用いて、特に、世帯主のリスクに対する嗜好(risk preference)と採用のタイミングの関係を分析している。各世帯主のリスクに対する嗜好は、人工フィールド実験(artefactual field experiment または framed field experiment)と呼ばれる手法を用いて収集したデータを基に推計している。特徴としては、個人のリスクに対する嗜好を規定する枠組みとして、期待効用理論のフレームワークに留まらないプロスペクト理論を用いている点にある。その理論では、リスクに対する嗜好を、リスク回避度(risk aversity)だけでなく、損失回避度(loss aversity)、そして個人の主観確率と実際の確率とのズレの程度(小さな確率を過大評価し大きな確率を過小評価する度合いで、

---

<sup>7</sup> 推計には、選択実験 (Choice Experiment) という方法が使われた。その方法とは以下のようなものである。まず、被験者の各農民に対して、仮想的な属性 (健康被害のリスクの大きさ、起こりうる土壌汚染の程度、起こりうる益虫の減少の程度、殺虫効果を決める属性) を持つ殺虫剤が、ある価格で売られているという状況を想定してもらい、現在売られている殺虫剤と比べて、どちらを選ぶか答えてもらう。属性と価格を変え、同じ質問に答えてもらう。異なる被験者に同様の質問に答えてもらい、属性・価格、および、その属性と価格を提示された時にどちらの選択肢を選んだかという情報を集める。次に、集めた情報をもとに、ヘドニック価格法を用いて各属性に対する金銭的評価の値を推定する。最後に、Bt 綿と非 Bt 綿を使用した場合のそれぞれの健康被害リスク、土壌汚染の程度、益虫の減少の程度、収穫高、殺虫剤費用の実際のデータを基に、推定された各属性に対する金銭評価の値を用いて、それぞれの便益の金銭評価額の統計的推測を行っている。

プロスペクト理論に基づく効用関数のパラメータとしては、“nonlinear probability weight”として記述される)で記述しているため、期待効用理論では説明し難い個人の意思決定パターンを捉えることができる。Liu (2013)では、この3つのパラメータと採用のタイミングの相関を検証している。その結果は、リスク回避度が高い程、また損失回避度が高い程、採用のタイミングを遅らせる傾向にあり、小さな確率を過大評価する傾向が高い農民ほど、早く採用する傾向にあった。リスクに対する嗜好が採用のタイミングに大きく影響していることから、リスクを減らす保険などの金融商品が提供されることで、技術普及の速度を加速させられる可能性を示唆している。

## 2. 新しい作物

近年、多くの途上国において、付加価値の高い園芸作物などの非伝統的な野菜、果物、花卉などの作物を生産する農業サブセクターが、雇用創出、輸出を通じての外貨獲得、そして、その収益性の高さから所得増大の手段として注目を浴びている<sup>8</sup>。また、途上国の都市人口の増加と所得の増加に伴う野菜や果物に対する需要の高まりから、国内市場も拡大傾向にある。園芸作物の生産には、大規模農園だけではなく小規模農家も貢献して、特に国際貨物輸送が可能な空港あるいは大都市へのアクセスなどの市場環境が良く、かつ水資源へのアクセスがある、気候条件が作物の生育に良い等の生産条件がマッチした地域で、小規模農家が積極的に生産を行っている (Matsumoto et al., 2015)。海外あるいは都市の市場では、こうした農産品は高い値段で取引されているので、生産環境が適当な地域の生産者が、市場にアクセスできれば大きな利益を得ることができる。ただ、そうした作物を選択しない小規模生産者も多い。理由はいくつも考えられる。例えば、収益率の情報がない、生産技術の情報がない、生産に必要な機械やインプットが手に入らない、輸出市場はリスク (例、為替変動や海外市場の受給変動による買い取り価格の乱高下、輸出業者によるホールドアップ問題など) が大き過ぎる、新しい作物を適切に育成するための技術を身につけるほどの人的資本がない、本当はたいして儲からない、などだ。

Ashraf et al. (2009)では、ケニアの小規模経営の農家で形成される36の農民組合を対象に、輸出用園芸作物 (パッションフルーツ、サヤインゲン、ベビーコーン) の奨励のためにどのような政策が有効かを検証するために、地元の農業 NGO と協力し、ランダム化フィールド実験の手法を用いて試験的な政策介入のインパクト評価を行った。その試験的な介入とは、ランダムに農民組合を3つのグループにわけ、1つには対照群として介入を行わず、その他の2つを治験群として異なるプログラムをオファーするというものであった。プロ

---

<sup>8</sup> 例えば、アフリカの花弁生産は成長著しく、2010年の統計では輸出額でケニア、エチオピアが、それぞれ世界の第3位、5位の生産国となっている。特に、エチオピアでは2004年以前にはほとんど生産の実績が無いところから、政府の積極的な産業支援で、最も重要な輸出産業へと成長した (Mano et al., 2011)。

グラムの内容は、被験者（農民）がそのプログラムに参加を決めた場合、技術指導とマーケティングのサポートを行う、片方のグループの被験者に対しては、加えて、必要に応じてインプットの信用買いができるオプションを与えるというものであった。その後サーベイを行い、対象とする園芸作物を選択する農家が増えたか、そして選択した農家の園芸作物の生産、収入、マーケティングに係る費用、家計全体の収入などがどのように変化したのかを観察した。結果は、技術指導とマーケティングのサポートを行うことで園芸作物を採用する農家が増えること、家計が買い手を探すために費やす費用が削減されることが確認されたが、家計所得へのインパクトは限定的であった。ただし、これまで輸出向け園芸作物を生産していない農家の間で所得が有意に増加したことを確認した。分析から得られたのは主に以上の結果であったが、エピローグとして調査後に対象地域で起こったことが紹介されている。輸出先であったヨーロッパで、多くのスーパーマーケットで扱う農産品の安全基準が厳しくなり、輸出のために EupGap 認証の取得が必要になったが、多くの農民組合では取得のために必要な検査の資金が捻出できず販路が絶たれ、ほとんどの農家が推奨されていた園芸作物の生産を止め、もとの伝統的な作物の生産に戻ったという。皮肉にも、研究では検証されていない外的な要因が園芸作物の採用・不採用に大きく影響することを示す結果となった。

「新しい作物」の採用の長期的な効果を検証した研究として、Carletto et al. (2011)がある<sup>9</sup>。グアテマラの農家を対象として1985年と2005年の調査で得られた2時点のパネルデータを用いて、輸出用の野菜や果物の生産を始めたタイミングとその期間の長さが、農家家計の資産の形成や消費支出のレベルにどの程度影響したかを検証している。結果は、生産期間の長さよりも生産を始めるタイミングが、その後の資産の形成や消費の成長にとって重要な要因で、他に先んじて早いタイミングで輸出用農産物を生産し始めることが、より多くの資産の形成や消費の成長につながっていた。

### 3. 新しい農法

都市部での経済の発展、農村での人口の増加、農地の拡張の限界など様々な要因が農村の生産要素の価格を変化させる。それに伴い相応しい農法も変化する。相対的に労働が豊富で土地が希少になれば、土地使用的で労働集約的な農法が選択されるだろうし、非農業セクターでの労働需要が高まれば、農業労働を節約するような労働節約的な農法が選択されるだろう。農法についての情報が十分に行き渡るくらいの時間でみれば、効率的な農法が選択されるだろう。しかし、過渡期には非効率に見える古い農法が使われ続けていたり、

---

<sup>9</sup>他にも、Klasen et al. (2013)のインドネシアのコーヒー農家のココア生産への移行の所得への効果を検証する研究や、Kijima et al. (2008)の、ウガンダでのネリカ(New Rice for Africa)米の採用の所得及び貧困削減への効果を検証する研究などがある。また、Hattam et al. (2012)のメキシコの小規模農家のアボカドの有機栽培の決定要因を検証している。

効率的に見える新農法が選択されなかったりということがしばしば観察される。

エチオピアでは、農村の人口増加により土地の希少性が高まり、森林の伐採や傾斜地の使用が増え土壌流失や劣化が進んでいるために、農業省が中心となって土壌保全技術の普及を目指している。Kato et al. (2011) では、土壌・水保全のための土畦、石畦、等高線栽培などの技術採用の決定要因およびその生産性への効果を検証している。Hagos et al. (2012) では小規模ダム、深井戸などといった農業水管理の効果を傾向マッチングの手法を用いて推定し、所得の増大の効果を検出している。どちらも土壌水保全などの取り組みが所得の増大につながるという結果を得ている。

他の途上国政府も土壌劣化の農業生産への長期的な負の効果を危惧し、土壌改良の奨励のための普及活動を行っているが、採用率は非常に低くなかなか成果が出ていないのが実情である (Davies et al., 2010)。その原因は、土壌改良の効果が所得の増大などに結びつくには2, 3年のタイムラグがあることや、多くの労働や資金の投入を必要とする事業であることなどにある。先進国では土壌改良事業を促進するため、そうした事業に補助金を出すケースが多いが、Marenya et al. (2014)では、途上国での土地改良事業の促進に補助金は有効か、また、そうであるならどのようなタイプの補助金が無効かを、フレーム化フィールド実験 (framed field experiment) を用いて検証している。実験では、マラウィの農家を被験者として、改良事業を実施する際の補助金として、異なる水準の現金と異なるタイプの農業保険をランダムに提示して、どちらを選択するか、あるいは、どちらも選択しない (つまり補助金を受け取らずに改良事業を実施しないことを選ぶ) のかを観察した。結果は、多くの小規模農家が、補助金をもらい改良事業を実施するというオプションを選択すること、また、期待利得がより大きい農業保険よりも現金を補助金としてもらうというオプションを選択することを確認した。つまり、政府の土地改良事業を促進する手段として、補助金が有効であること、そして現金を渡すのがより効率的であることを示している。ただし、観察結果は、選択実験の仮想的な質問とその答えを元に推計されているだけで、実験で想定する土地改良事業を実際にどのように実施させるのか、補助金をどのタイミングでどのように支払うのか (事前に配るのか、改良事業の実施を確認したら配るのか、また、実施の程度をどう判断するのか) という政策デザインに関しては一切考慮していない。この研究結果だけでは、実現可能な補助金政策が土地改良事業の促進にどの程度有効かを判断することは難しい。

政府や NGO などが、インプットを効率的に使用し土地生産性をあげる集約的な農法を推奨しているケースがあるが、そうした技術の経済的な効果を検証した研究もみられる。エチオピアでは、主食の発酵食品インジェラの原料であるテフという穀物の生産が盛んであるが、その作付は、伝統的に直播き (broadcasting) で行ってきた。しかし、生産性が上がるという理由で、政府が列植え (row planting) への移行を推奨している。Vandecasteele et al. (2014)ではランダム化フィールド実験を行い、列植えの生産性効果を推定し、20%の



生産性の向上が見られるという推定結果を得た。ただし、列植えには手間がかかるので、農民が外部で稼得機会がある場合や余暇の価値を高く評価する場合には、自ら農法を選択する時に列植えを選ぶかどうかは分からない。実験で他の変数にも起こった変化、少なくとも労働投入量への効果を検証する必要があるだろう。

Takahashi and Barrett (2014) は、インドネシアのコメ農家に対して、政府が普及活動を進める SRI (System of Rice Intensification) と呼ばれる米作の農法の採択の要因およびその採択の効果を計測し、効率的に見える新農法の普及がなぜ進まないか検証している。SRI 農法は採用するために特別なインプットや機械が必要なわけではないので、信用制約が採用の足かせになるということはない。結論は、SRI 農法を採用すると反収が上がり農業所得が増えるが、米作に係る家族労働の投入量も増えるので、非農業所得が減り家計所得総額では有意な効果はないという結論であった。

サブサハラ・アフリカの一部の地域では労働コストの上昇から、小規模農家の間でさえ機械化の波が静かに進みつつあるようだ。Takeshima et al. (2013) は、ナイジェリアの小規模農家の機械化による家計所得への効果を推定している。結果は、機械化で労働投入量を節約することにより所得が増大すること、特に外部に就業機会がある場合、その効果が大きいことを示している。

Takeshima and Yamauchi (2012) では、ナイジェリアの農村で行われた農村支援プログラムに参加し、補助金を受け取った農民を観察したところ、天候リスクのより高い地域の農民は、雨量が少ない時にも地下水や川の水を利用できるように水汲み上げポンプをより採用し、一方、キャッサバの市場価格の変動がより大きい地域で、(製粉されたキャッサバは価格の変動がより小さいので、キャッサバ粉をひくための) 製粉機を採用する傾向がより高いことがわかった。農民が地域の生産リスクに対応して、リスクを減らす効果をもつ農業機械への投資を行っていることを示している。

#### 4. 新しい金融・保険商品

一般に途上国の小規模農家の多くは、金融サービスへのアクセスが非常に限られていて、借り入れが困難である。また、多くは十分な金融資産を持たない。そのために一度の所得の下落が、土地や家畜などといった生産的な資産の取り崩しなどを通じて、長期的に消費を減らしかねない。ただ、フォーマルな金融サービスにアクセスできなくても、村落内あるいは親族間で資金や物資を融通するなどの相互扶助的なインフォーマルな制度を通じて、個人的な不測の事態(idiosyncratic shock)による一時的な所得の下落に伴う消費への負の影響はある程度軽減されることが知られている(Townsend, 1994, Udry, 1994)。しかし、個人のみならず集団全体に影響する事態(common shock)は、インフォーマルな制度では対応しきれない。農業生産は、天候不順、病虫害など、まさに地域集団に広く影響する事態に大きく左右される。天候不順などによる生産の減少に伴い所得が下落した場合、相互扶助

的な地域集団内でのインフォーマルな保険機構はあまり機能せず、農家家計の消費に大きな負の影響をもたらしかねない。そうした途上国の小規模農家が持つリスクに対する脆弱性は、農業インプットや生産的な資産への投資意欲を削ぎ、農業技術普及の足かせになっている (Dercon and Christiaensen, 2011)。

生産リスクを減らす農業保険や消費の異時点間の平準化を可能にする小口のローンなどは、少なくとも理論的には、リスクに対する脆弱性を緩和させ、投資意欲を喚起し技術の採用・普及を促進させる可能性がある。そうした理由から援助機関などが中心となり、小規模農家向けの新しい金融・保険商品が開発され試験的に提供されつつある。

特に、注目を浴びているのが天候インデックス型保険と言われる新たな保険商品である。2001年以降、多くのインデックス型保険の試験的な運用が世界各地で試みられている (Hellmuth et al., 2009)。この保険の特徴は保険金の支払いが、調査員による損害調査で決まるのではなく、保険が対象とする農作物や家畜などの損失と密接に関係する天候指標の観測値に応じて決められる点にある。天候指標としては、雨量観測所で観察される降雨量や衛星画像から得られる地表の状態をリモートセンシングの手法を使って指標化したものなどが使われている。

天候インデックス型保険の利点は、まず、損害調査が必要ないために保険契約にかかる取引費用が小さいことがあげられよう。そのためにリスクに対し最も脆弱な小規模農家も保険の販売対象となる。従来型の保険では調査員が個別の保険契約農家を訪問するなどの作業が伴い、規模の経済性が働くので、ある程度の規模以上の農家しか販売対象とはならなかった。もう一つの利点としては、保険の支払いが、個々の農家の天候リスク軽減のための自助努力の程度や天候リスクに対する個々の農家の脆弱性などとは無関係に決まるので、モラルハザードや逆選択の問題が発生しないことがあげられる。リスクにより脆弱な小規模農家を対象とすることが出来、かつモラルハザードや逆選択の問題もないインデックス型保険であるが、インデックス型保険の販売を試みたこれまでのフィールド実験では、保険の購入率が非常に低いケースが多い (例えば、Giné and Yang, 2009, Cole et al., 2013, McIntosh et al., 2013, Takahashi et al., 2014)。

これまでの研究から分かっている低い購入率の理由は、まず、ベースリスクの存在がある (Mobarak and Rosenzweig, 2013)。ベースリスクとは、保険が損失を補填しないというリスクで、保険支払の基準となる天候指標が、実際の損失と相関していないあるいは相関が弱いために発生する。そもそも天候指標を保険支払の基準とするには、損失と天候指標が強く相関している必要がある、あるいは別の言い方をすれば、損失と強く相関している天候指標を選択する必要がある。一般に、保険商品をデザインする場合、地域ごとの天候指標と農作物や家畜などの損失の過去のデータを集め、相関を推計する。それを基に保険支払の基準、支払い額、保険商品の価格などを決めるのだが、特に途上国の場合、過去のデータの信頼度が低い、あるいは最近のデータしかないなどの問題が尠ある。結果とし

て、試験的に行われているプロジェクトで使われているインデックス型保険の指標が、損失とそれほど強く相関していない場合がある。また、天候指標が特定の場所で観測される場合、天候指標と損失の相関の強さは、観測地点と保険契約者の居住地との地理的な位置関係にも依存する。例えば、雨量を天候指標とする穀物保険の場合には、その相関の強さは、雨量を観測する地点と保険契約者の畑との位置関係に依存する。一般に、距離が離れば離れるほど、相関は弱くなりベースリスクは大きくなる。ベースリスクが大きくなれば、保険の効果は薄まり、潜在的な保険購入者の購入のインセンティブは弱まる。極端な例で示すなら、天候指標と損失が全く相関していない場合、この保険商品は性質上ギャンブルと変わらず、リスクを回避したい農民はそうした商品は購入しない、ということになる<sup>10</sup>。

これまでの研究では、リスク回避的な人よりも、よりリスクを好む人ほど、天候インデックス型保険を購入する傾向にあるという結果が多い (Hill et al., 2013, McIntosh et al., 2013)。こうした結果は、ベースリスクが高い場合、理論と整合的にも解釈できるが、保険商品のデザインが悪いことに他ならない。インデックス型保険の需要を高めるには、保険のデザインを工夫してベースリスクを低く抑えること、他には、潜在的な購入者の保険商品の提供者に対する信頼度を高めること (Cole et al., 2013)、金融リテラシーのトレーニングを行い保険に対する理解を深めること、それに加えて、社会ネットワークからの肯定的な情報が需要を高める要因となる (Cai, 2012)。

これまでにインデックス型保険の販売を試みたが購入率がとても低かった多くのプロジェクトと異なり、Karlán et al. (2014)は、ガーナのメイズ農家に対して行ったフィールド実験で、インデックス型保険への高い需要、そして、その保険購入により農業投資が大幅に増大することを確認した。実験は、3年間にわたり複数回の介入を行うランダム化制御実験で、初年度に助成金（現金）と雨量インデックス保険を無作為に選ばれた被験者に無料配布する介入から始まり、その後、ローン供与や保険価格などの条件を被験者ごとにランダムに変えつつ、被験者の肥料などのへの投資額およびインデックス保険の需要の変化を観察したものである。実験から助成金が農業投資額に与える影響はわずかだが、保険の影響は大きいこと、信用制約より無保険のリスクが投資を縮小させる効果が大きいことがわかった。また、保険に対する需要は大きく、保険数理的に公平 (actuarially fair) な保険料で、半数近くの農民が保険に加入し、耕作地の50%くらいをカバーする分の保険を購入するという結果を得た。また、保険の需要が、本人もしくは知人が過去に支払いを受け取ったかどうかにも依存していることから、保険会社に対する信用も重要な採用の要因であ

---

<sup>10</sup> ただし、ベースリスクは保険商品のデザイン次第で軽減させることができる。例えば、幾つかのインデックスを組み合わせ、新たに損失と相関の高い指標を作ったり、あるいは、観測地点を増やし観測地点から保険契約者の畑との距離を短くしたりすることで、それが可能になる。

ることがわかる。

農業生産者は、天候の他にも生産物価格の変動という大きなリスクに直面している。信用制約は、しばしば収益率の高い投資への足かせとなるが、借り入れが可能な状況でも天候や価格の変動などの所得リスクがある場合、投資を控える可能性がある。Karlan et al. (2011)では、価格変動による所得リスクが農業投資のためのローンの意思決定に影響をあたえるか否かを検証するために、穀物価格が下落した際に返済金額を減額するという条項が付いたローン（穀物価格保険付きローン）を一部の被験者にオファーするというランダム化フィールド実験を行っている。結果は、ローンの契約の割合は、穀物価格保険付きローンをオファーされた被験者と通常のローンをオファーされた被験者共に高く、グループ間に有意な差はなかった。農業インプットに関しては、穀物価格保険付きローンをオファーされた被験者が僅かながら多く使用する傾向が見られたが、その効果は小さく統計的に有意な差ではなかった。予想外な結果となった理由は、農民が保険の価値を理解していない、価格の変動リスクが思ったほど所得に影響しない、通常のローンでも価格が下落した場合返済するつもりがない（戦略的デフォルト）などが考えられる。

こうした新しい金融・保険商品の試験的な運用の記録から、これまでに分かったことは、潜在的に大きな需要がある場合でも、ベースリスクを小さくするような商品設計、そして金融商品の提供者に対する信頼度の高さ及び購入者の商品に対する知識を高める工夫・努力がなければ、なかなか普及しないということだ。これまでの研究で得た知見を活かして、より良い商品を開発していく必要があるだろう。

### III. 技術採用の収益性

Shultz (1964) 以降、開発経済学研究が前提とする「貧しいが合理的 (“poor but rational”）」な途上国農民にとって、新技術の収益性が技術採用の最も重要な要因である。そうした開発経済学の伝統的な考え方に対し、Duflo らは疑義を呈し、行動経済学的な考え方を取り入れる必要性を提唱した(Duflo, 2003)。Duflo et al. (2008) では、ケニア農民が化学肥料の施肥量を「利潤」最大化を達成する水準ではなく過小にしか投入しない理由を、新古典派的な考え方ではなく、行動経済学的な視点から説明を試みた。これまでの研究では農民は合理的な選択をしているが、いろいろな制約のために利潤最大化行動から逸脱したように見える行動が観察されるという解釈であったが、Duflo らの主張は、利潤最大化行動からの逸脱は、多くの農民の選好に将来の利益より現在の消費を増やすことを好む、いわゆる現在志向バイアスがあるため、というものである。つまり、収入が入り資金が比較的潤沢な収穫期に次の耕作期の肥料を購入するための資金を十分に貯蓄せず、耕作期が始まり実際に肥料購入の資金が入用なときに、資金不足で不十分にしか購入できないため、肥料の投入量が過少となると説明した。

一方、Suri (2011)は、ケニアのメイズ農家のインプットへの投資が合理的な判断の帰結であると主張する。検証は、高収量種と在来種メイズの家計間の生産性の違いおよびメイズ品種の選択の内生性を考慮した構造推定モデルを用いて、収量関数(yield function)の構造パラメータを推定することでなされた。その結果は、家計間での収益性の違いは、地域環境や個々の農園の性質に依存し大きくばらつきがあり、高収量品種の使用の有無は結局、近代的な技術と伝統技術の相対的な利益率の差で決まるというものであった。

Foster and Rosenzweig (2010)では、Suri (2011)の主張をサポートし、同時に Duflo et al. (2008)の研究における利潤の計測の問題点を指摘し、その解釈に対して反論を展開している。具体的には、肥料を投入する際に補完的に増やす投入物、特に家族労働の投入量を過小に見積もっている可能性を指摘し、そうしたコストを考慮したら、肥料の収益率は Duflo (2008) が主張するほど小さくなく、農民を合理的な経済主体とみなす伝統的な考え方で十分説明できるものではないかと指摘している。

Foster and Rosenzweig (2010)が指摘するように、収益率を注意深く計測した研究が驚くほど少ないのは事実である。その理由の一つは、新しい技術を採用すると、農民は補完的な生産要素の投入量を増加させるが、いくつかの生産要素に関してその費用の計測がしばしば容易でないことにある。新旧の技術の収益率を比較するためには、単位面積あたりの収量あるいは所得(収入から購入インプットの費用を差し引いたもの)の比較では不十分で、購入していないインプットの費用も計測し比較する必要がある。しかし、堆肥など自家生産したインプットそして家族労働の計測は、しばしば不完全でかつ計測誤差も大きい。また、そうしたインプットは市場取引されていないことも多く、適当な価格情報がない中でコストをどのように評価するのかという問題もある。こうした理由から、先行研究の中には、非購入インプット、特に家族労働のコストを過小評価しているものが少なくない。しかし、新しい技術の多くは集約的農法に関係するもので、労働をより多く必要とするものが多く、労働コストの評価を疎かにすると、技術を採用する(あるいは、しない)理由を見誤ってしまう。こうした過誤は、50年以上前に Griliches (1957)がまさに指摘しているポイントである<sup>11</sup>。

最近の Beaman et al. (2013)などの研究は、そうした文献の穴を埋めるものだ。彼らの研究では、マリのコメ農家の化学肥料の利益率を、肥料の無料配布のランダム化無作為実験を実施することによって推計している。実験では、各家計の田んぼの大きさに応じて推奨レベル(約200kg/haのNPKと100kgのUREA)の100%を配布するグループ、50%を配布するグループ、対照群として無配布のグループに、無作為に選んだ被験者を割り当てた。

---

<sup>11</sup> Griliches (1957)は、以下のように指摘している。“[...] farmers have behaved in a fashion consistent with the idea of profit maximization. Where the evidence appears to indicate the contrary, I would predict that a closer examination of the relevant economic variables will show that the change was not as profitable as it appeared to be.”

推計では、各グループに対応するダミー変数を用いて、インプットの使用・生産額・利益を被説明変数とする誘導形回帰 (reduced form regressions) を行った。その結果は、肥料を無料配布された被験者は、化学肥料だけでなく他のインプット (殺虫剤, 除草剤, 雇入れ) の使用を増やす傾向にあった。結果として、生産額は有意に増加した。しかし、インプット費用 (家族労働の費用を含む) を差し引いた利益は、化学肥料を使わない場合と有意に変わらないというものであった。また、利益率のばらつきが家計間で大きく、儲かる家計もあるが、そうでない家計もあるという、Suri (2011) などでの重要性を指摘された、効果の異質性 (heterogenous impact) がこの研究においても確認された。

また、Matsumoto (2014)においても、ウガンダのメイズ農家のHYV種と化学肥料を用いる新農法の収益率に関して、同様の結果が得られている。Matsumoto (2014)では、RCTを用いて新農法の収量・所得・付加価値・利潤への効果を計測し、生産高は大幅に増えるが、労働投入量も大幅に増え、家族労働を市場価格で評価すると、その平均利潤は伝統農法 (在来種と無施肥) の場合と比べ有意に差がないことが確認された。また、単位面積あたりの利益の分散は伝統農法の場合の方が小さく、新しい農法においてより個人間のばらつきが大きいことわかった。ウガンダでメイズの新農法の普及が進まないのは、メイズの販売価格の低さ、インプット価格の高さに加え、労働使用的な技術のために労働コストが利益を圧迫し、平均利益率を低くさせていること、またそのばらつきが大きい (heterogeneous returns) ために、社会学習の効果が弱い可能性を指摘している。

一般に、収益率が低い一つの理由は、道路などの交通インフラストラクチャーが貧弱であることが指摘されている。特に、市場と生産者をつなぐ最後の比較的短い区間にかかる輸送費用が非常に高いことが指摘されている。これは、途上国における最後の1マイル問題 (last mile problem) と呼ばれている現象で、農村において道路網が整備されていないこと、競争的な輸送サービスが提供されていないことに起因する。Minten et al. (2013)のEthiopiaの農村のデータを用いた推計によると、肥料が生産者の元に届く最後の10kmの輸送コストは、空港から肥料の配送センターまで (100km) の輸送コストに匹敵するという。

#### IV. 社会学習と技術普及

近年、技術普及の文献において最も進展が見られたのは、技術普及に対する社会学習の効果の研究であろう。Maertens and Barrett (2013)では、社会学習効果の推計について最新の方法をサーベイしている。技術に関して生産者は自己の試行や経験から学習 (learning by doing) する他に、社会的なつながりを通じ他者の経験 (social learning) から学習する。そうした社会学習が、新たな技術の普及およびそのスピードに大きく影響するであろうということは想像に難くない。しかし、新技術の普及に対する社会学習の効果を実証的に検証す

るのは容易ではない。Manski (1993)が指摘するように、個人の行動（例えば、新技術の採用）がその個人の属している集団の平均的な行動と相関していたとしても、必ずしも社会学習によるものであるとは言えない。集団の構成員が共有している環境要素が構成員をして同じような行動をとらせる（contextual effects）のかもしれないし、あるいは、集団の構成員の属性が相関していて、そうした属性の相似性のために似通った行動をとる（correlated effects）のかもしれない。そうした社会学習効果を同定する際の問題は、reflection problemと呼ばれるが、社会学習の技術普及への因果効果の推定を試みる多くの実証研究が直面する障壁となる。

この研究課題に対して、最近、サーベイ手法および計量経済学的手法に大きな進展が見られ、農業の技術普及に関しても、多くの研究が社会学習効果の推計を試みている。まず、reflection problem に非常に巧みに対処した研究として、ガーナのパイナップル農家の間で比較的新しいインプットである化学肥料の使用法がどのように伝播したのかを研究した Conley and Udry (2010)が挙げられよう。具体的には、社会的につながりのある隣人の施肥量の選択が成功した（高利潤を上げた）のか、失敗した（低利潤だった）のかに反応し、個人が次の作付シーズンに施肥量を調整し、隣人らのレベルに近づけるのかあるいは遠ざけるのかを検証している。Conley and Udry (2010)の研究の特色は、村落内の調査対象家計間で農業に関する情報がどのように伝わるのかを、ある生産者がどの村人と情報交換するかを各生産者から聞き取り、その情報ネットワークの構造を明らかにし、単に地理的に近接している隣人(geographic neighbors)と情報交換を行っている隣人 (information neighbors)を明示的に区別したことにある。そうすることにより、社会学習効果を推定する回帰分析において、地理的に近接している隣人からの contextual effects や correlated effects などの交絡要因(confounding factors)の効果を制御した上で、情報交換を行っている隣人から受けた影響つまり社会学習効果の大きさを推定できる。分析結果は、社会学習効果が確認され、特に経験の浅い農家でその影響が大きいことが分かった。

Weber (2012)は、一種の自然実験であるユニークな事例を用いて社会学習の効果を推定した。コーヒー栽培の技術指導のためにコスタリカからペルーへ来た技術者が指導したコーヒー樹の新しい剪定技術の伝播プロセスを観察することで、社会学習の効果を検証している。この技術の特徴は、剪定してから収量が増加するのに2年間のタイムラグがあるため、剪定したばかりの樹を見ても収量への効果はわからないが、2年前に剪定した樹をみると効果がわかる場所にある。2年前に剪定した樹を自分と社会的な繋がりのある農家の畑で見て、増収の効果を確認したことで、採用の意思決定をするなら、社会学習の効果といえる。結果は、社会学習が採用の意思決定に大きく影響していることを示した。Krishnan and Patnam (2014)が空間計量経済学的手法を用いて、エチオピアの小規模農家間で改良種と化学肥料の採用に対する社会学習の効果を推計している。

## V. 補助金と技術普及

1970年、80年代に途上国で一斉を風靡した農業政策であった農業インプットに対する補助金政策は、90年代になって世界銀行と国際通貨基金による構造調整プログラムのもと、そのほとんどが消えていった。しかし、この10年、サブサハラ・アフリカにおいて、少なくとも10カ国で、「緑の革命」をアフリカで成功させるという名のもとに復活している(Jayne and Rashid, 2013)<sup>12</sup>。かつての農業インプット政策が援助機関から不人気だった理由は、財政補助金により市場が歪められ肥料の過剰使用が誘発されたり、政府機関により分配が行われ民間業者が市場から撤退させられたり、配送効率が悪かったりと、費用対効果が著しく悪かったこと、また、何よりも国家予算の大きなウェイトを占めるほどの多額の資金が必要であったことにある。更に、ターゲティングも上手く行われておらず、補助金なしではインプットにアクセスできない貧しい農家や僻地の農民が、補助金のおかげでアクセスできるようになったという証拠も乏しかった。

2000年台半ばから復活した補助金政策の農業技術の普及に対する効果の検証をする多くの研究が行われている。復活した補助金政策は、政府が肥料を配布する代わりに農業インプットのバウチャーを配布し、受け取った農民が、民間業者からバウチャーで肥料を購入する“market smart subsidy”と呼ばれる政策が採用されるケースが多く、その政策は民間業者のクラウド・アウトが起こらないように設計されているのが特徴である。そうした政策を総合的に評価するのは容易ではないが、以下に紹介する論文は、補助金が目的とする一部の政策目標にフォーカスしてその効果を検証し、肥料使用の増加、生産性の向上、そして所得の増大などのプラスの効果を確認している。

Liverpool-Tasie (2014)では、ナイジェリアのカノ州で2009年に試験的に実施された化学肥料購入のためのバウチャー配布プログラムの評価を行い、農家が肥料を民間から購入する割合および量共に増加したことを確認した。Awotide et al. (2013)では、ナイジェリアのある地域で行われた試験的なプロジェクトで、小規模コメ農家からランダムに選ばれた被験者に対して、無料配布された高収量品種の購入のためのバウチャーの貧困削減の効果を検証した。その結果、種子購入のためのバウチャーを入手することで、高収量品種へのアクセスの改善、生産性の向上、そして家計所得の増加および貧困削減への効果があることが実証されている。Mason and Smale (2013)では、ザンビアのメイズ農家に対して行われ

---

<sup>12</sup> 農業インプットに対する補助金の最近の動向に関して、Liverpool-Tasie and Takeshima (2013)がナイジェリアについて、Mason et al. (2013)がザンビアについて、Lunduka et al. (2013)がマラウィについての研究のサーベイを行っている。また、Ricker-Gilbert et al. (2013)は、ここ10年の農業インプットの補助金政策についてのインパクト評価をした研究をサーベイし、インパクト評価の技術的な難点や問題点を指摘している。



た肥料購入のための補助金プログラムの効果を検証している。肥料購入のための補助金により、肥料の使用料が増え、メイズの収量が向上し僅かではあるが家計所得を増やす効果が確認された。Ricker-Gilbert et al. (2011) は、マラウイで2000年代に行われた政府による肥料補助金プログラムを通じて行われた肥料配布で、どの程度、農民が民間から購入する量を減少させたかを、農家家計のパネルデータを用いて推定した。1キログラムの肥料が無料配布された場合、平均で0.22キログラムの民間需要を減らす効果があった。

## VI. おわりに

本稿では、農業経済学分野における最近の途上国の農業技術の採用・普及に関する研究をレビューすることで、この分野で今何が重要視されているかを把握し、そして、これから重要視すべき研究課題の方向性を探ることを目的とした。2010年以降に出版された多くの論文に目を通してまず気づくことは、サブサハラ・アフリカを対象とする研究の多さだ。研究対象となる地域の重心が、アジアからサブサハラ・アフリカへと大きく移動していることが良くわかる。アフリカには、アジアに比べ普及していない農業技術が沢山あることを暗に示しているのだろうが、裏を返せばアフリカの農業は、その分これからの伸びしろが大きいということを意味していると信じている。

開発経済学の流れと並行して、この分野の研究においても、因果関係の同定を強く意識した研究が増加している。ランダム化比較実験などの手法を用いて、技術採用の決定要因やその因果効果の厳密な推定を試みるもの、ネットワーク分析や空間計量経済学の手法を用いて、新技術の採用における社会学習(social learning)の役割を探求するものなど、大きな研究の進展が見られる。こうした流れは、実証的に因果効果を測定し、より政策効果の高い政策を見つけ、研究の知見を政策提案に役立てようとする試みであるが、近い将来、実際に役立つ政策提案が次々出現することを期待する。

文献

- 不破信彦, 2014. 「発展途上国における農民の技術革新・技術選択：サーベイ」 福井清一編『新興アジアの貧困削減と制度 行動経済学的視点を据えて』 勁草書房.
- Amare, M., Asfar, S., Shiferaw, B., 2012. "Welfare impacts of maize–pigeonpea intensification in Tanzania," *Agricultural Economics*, 43 (1): 27–43.
- Ashraf, N., Giné, X., Karlan, D., 2009. "Finding missing markets (and a disturbing epilogue): Evidence from an export crop adoption and marketing intervention in Kenya," *American Journal of Agricultural Economics*, 91(4): 973–990.
- Awotide, B. A., Karimov, A., Diagne, A., Nakelse, T., 2013. "The impact of seed vouchers on poverty reduction among smallholder rice farmers in Nigeria," *Agricultural Economics*, 44 (6): 647–658.
- Beaman, L., Karlan, D., Thuysbaert, B., Udry, C., (2013) "Profitability of fertilizer: Experimental Evidence from female rice farmers in Mali," *American Economic Review*. 103(3): 381-86.
- Cai, J., de Janvry, A., Sadoulet, E., 2012. "Social Networks and the Decision to Insure," mimeo.
- Carletto, C., Kilic, T., Kirk, A. , 2011. "Nontraditional crops, traditional constraints: The long-term welfare impacts of export crop adoption among Guatemalan smallholders," *Agricultural Economics*, 42 (s1): 61–76.
- Carter, M. R., Laajaj, R., Yang, D., 2013. "The impact of voucher coupons on the uptake of fertilizer and improved seeds: evidence from a randomized trial in Mozambique," *American Journal of Agricultural Economics*, 95 (5):1345-1351.
- Conley T., Udry, C., 2010. "Learning About a New Technology: Pineapple in Ghana," *American Economic Review*, 100(1): 35-69.
- Cole, S., Giné, X., Tobacman, J., Topalova, P., Townsend, R., Vickery, J., 2013. "Barriers to household risk management: Evidence from India," *American Economic Journal: Applied Economics*, 5(1): 104–135.
- Davies, G.M., L. Pollard, Mwenda, M.D., 2010. "Perceptions of land-degradation, forest restoration and fire management: A case study from Malawi," *Land Degradation and Development*, 21(6): 546–556.
- Dercon, S., Christiaensen, L., 2011. "Consumption risk, technology adoption and poverty traps: evidence from Ethiopia," *Journal of Development Economics*, 96(2): 159-173.
- Duflo, E., 2003. "Poor but Rational." Massachusetts Institute of Technology. Processed.
- Duflo, E., Kremer, M., Robinson, J., 2008. "How High Are Rates of Return to Fertilizer? Evidence from Field Experiments in Kenya," *American Economic Review*, 98(2): 482–8.
- Duflo, E., Kremer, M., Robinson, J., 2011. "Nudging Farmers to Use Fertilizer: Theory and Experimental Evidence from Kenya," *American Economic Review*, 101(6), 2350-90.

- Foster, A., Rosenzweig, M., 2010. "Microeconomics of Technology Adoption," *Annual Review of Economics*, 2(1), 395–424.
- Feder, G., Just, R., Zilberman, D., 1985. "Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries: A Survey," *Economic Development and Cultural Change*, 33(2), 255–98.
- Giné, X., Yang, D., 2009. "Insurance, Credit, and Technology Adoption: Field Experimental Evidence from Malawi," *Journal of Development Economics*, 89(1), 1–11.
- Griliches, Z., 1957. "Hybrid corn: an exploration in the economics of technological change," *Econometrica*, 25, 501–522.
- Hagos, F., Jayasinghe, G., Awulachew, S. B., Mekonnen, L., Yilma, A. D., 2012. "Agricultural water management and poverty in Ethiopia," *Agricultural Economics*, 43 (s1): 99–111.
- Hattam, C. E., Lacombe, D. J., Holloway, G. J., 2012. "Organic certification, export market access and the impacts of policy: Bayesian estimation of avocado smallholder "times-to-organic certification" in Michoacán Mexico," *Agricultural Economics*, 43 (4): 441–457.
- Hill, R. B., Hoddinott, J., Kumar, N., 2013. "Adoption of weather-index insurance: learning from willingness to pay among a panel of households in rural Ethiopia," *Agricultural Economics*, 44 (4-5): 385–398.
- Hellmuth, M. E., Osgood, D. E., Hess, U., Moorhead, A., Bhojwani, H., 2009. "Index insurance and climate risk: Prospects for development and disaster management."
- Huang, J., Hu, R., Pray, C., Qiao, F., Rozelle, S., 2003. "Biotechnology as an alternative to chemical pesticides: A case study of Bt cotton in China," *Agricultural Economics*, 29: 55–67.
- Jayne, T. S., Rashid, S., 2013. "Input subsidy programs in sub-Saharan Africa: a synthesis of recent evidence," *Agricultural Economics*, 44 (6): 547–562.
- Karlan, D., Kutsoati, E., McMillan, M. Udry, C., 2011. "Crop price indemnified loans for farmers: A pilot experiment in rural Ghana," *Journal of Risk and Insurance*, 78(1): 37–55.
- Karlan, D., Osei, R., Osei-Akoto, I., Udry, C., 2014 "Agricultural decisions after relaxing credit and risk constraints," *Quarterly Journal of Economics*, 129(4): 597-652.
- Kato, E., Ringler, C., Yesuf, M., Bryan, E., 2011. "Soil and water conservation technologies: a buffer against production risk in the face of climate change? Insights from the Nile basin in Ethiopia," *Agricultural Economics*, 42 (5): 593–604.
- Kijima, Y., Otsuka, K., Sserunkuuma, K., 2008. "Assessing the impact of NERICA on income and poverty in central and western Uganda," *Agricultural Economics*, 38(3), 327-337.
- Klasen, S., Priebe, J., Rudolf, R., 2013. "Cash crop choice and income dynamics in rural areas: evidence for post-crisis Indonesia," *Agricultural Economics*, 44 (3): 349–364.
- Kouser, S., Qaim, M., 2013. "Valuing financial, health, and environmental benefits of Bt cotton in Pakistan," *Agricultural Economics*, 44 (3): 323–335.

- Krishnan, P., Patnam, M., 2014. "Neighbors and extension agents in Ethiopia: who matters more for technology adoption?," *American Journal of Agricultural Economics*, 96 (1):308-327.
- Liu, E. M., 2013. "Time to change what to sow: risk preferences and technology adoption decisions of cotton farmers in China," *Review of Economics and Statistics*, 95(4): 1386-1403.
- Liverpool-Tasie, L. S. O., 2014. "Fertilizer subsidies and private market participation: the case of Kano State, Nigeria," *Agricultural Economics*, 45: 663-678.
- Liverpool-Tasie, L. S. O., Takeshima, H., 2013. "Input promotion within a complex subsector: fertilizer in Nigeria," *Agricultural Economics*, 44 (6): 581-594.
- Lunduka, R., Ricker-Gilbert, J., Fisher, M., 2013. "What are the farm-level impacts of Malawi's farm input subsidy program? A critical review," *Agricultural Economics*, 44 (6): 563-579.
- Mano, Y., Yamano, T., Suzuki, A., Matsumoto, T., 2011. "Local and personal networks in employment and the development of labor markets: evidence from the cut flower industry in Ethiopia," *World Development*, 39(10): 1760-70.
- Manski, C., 1993. "Identification of Endogenous Social Effects: The Reflection Problem," *Review of Economic Studies*, 60(3): 531-42.
- Marenya, P., Smith, V. H., Nkonya, E., 2014. "Relative preferences for soil conservation incentives among smallholder farmers: evidence from Malawi," *American Journal of Agricultural Economics*, 96 (3): 690-710.
- Maertens, A., Barrett, C.B., 2013. "Measuring Social Networks' Effects on Agricultural Technology Adoption," *American Journal of Agricultural Economics*, 95(2): 353-9.
- Mason, N. M., Jayne, T. M., Mofya-Mukuka, R., 2013. "Zambia's input subsidy programs," *Agricultural Economics*, 44 (6): 613-628.
- Mason, N. M., Smale, M., 2013. "Impacts of subsidized hybrid seed on indicators of economic well-being among smallholder maize growers in Zambia," *Agricultural Economics*, 44 (6): 659-670.
- Matsumoto, T., 2014. "Disseminating new farming practices among small scale farmers: an experimental intervention in Uganda," *Journal Japanese and International Economies*, 33, 43-74.
- Matsumoto, T., Mano, Y., Suzuki, A., 2015. "Export crop adoption and the role of farmers groups: Evidence from flower production by smallholder farmers in Central Kenya," mimeo.
- McIntosh, C., Sarris, A., Papadopoulos, A., 2013. "Productivity, credit, risk, and the demand for weather index insurance in smallholder agriculture in Ethiopia," *Agricultural Economics*, 44 (4-5): 399-417.
- Minten, B., Koru, B., Stifel, D., 2013. "The last mile(s) in modern input distribution: Pricing, profitability, and adoption," *Agricultural Economics*, 44 (6): 629-646.

- Mobarak, A. M., Rosenzweig, M.R., 2013. "Informal Risk Sharing, Index Insurance, and Risk Taking in Developing Countries." *American Economic Review*, 103(3): 375-80.
- Mutuc, M., Rejesus, R. M., Yorobe, Jr. J. M. , 2013. "Which farmers benefit the most from Bt corn adoption? Estimating heterogeneity effects in the Philippines," *Agricultural Economics*, 44 (2): 231–239.
- Qaim, M., Subramanian, A., Naik, G., Zilberman, D., 2006. "Adoption of Bt cotton and impact variability: Insights from India," *Review of Agricultural Economics*, 28: 48–58.
- Ricker-Gilbert, J., Jayne, T. S., Chirwa, E., 2011. "Subsidies and crowding out: a double-hurdle model of fertilizer demand in Malawi," *American Journal of Agricultural Economics*, 93(1): 26–42.
- Ricker-Gilbert, J., Jayne, T. S., Shively, G., 2013. "Addressing the “wicked problem” of input subsidy programs in Africa," *Applied Economic Perspectives and Policy*, 35(2): 322–340.
- Smale, M., Olwande, J., 2014. "Demand for maize hybrids and hybrid change on smallholder farms in Kenya," *Agricultural Economics*, 45 (4): 409–420.
- Subramanian, A., Qaim, M., 2009. "Village-wide effects of agricultural biotechnology: The case of Bt cotton in India," *World Development*, 37: 256–267.
- Suri, T., 2011. "Selection and comparative advantage in technology adoption," *Econometrica*, 79(1), 159–209.
- Takahashi, K., 2014 "Unpacking Factors behind the (Low) Uptake of Index-Based Insurance: Quasi-Experimental Evidence from Livestock Insurance in Southern Ethiopia", mimeo.
- Takahashi, K., Barrett, C. B., 2014. "The system of rice intensification and its impacts on household income and child schooling: evidence from rural Indonesia," *American Journal of Agricultural Economics*, 96 (1):269-289.
- Takeshima, H., Ratt, A. N., Diao, X., 2013. "Mechanization and agricultural technology evolution, agricultural intensification in sub-saharan africa: typology of agricultural mechanization in Nigeria," *American Journal of Agricultural Economics*, 95 (5):1230-1236.
- Takeshima, H., Yamauchi, F., 2012. "Risks and farmers' investment in productive assets in Nigeria," *Agricultural Economics*, 43 (2): 143–153.
- Townsend, R.M., 1994. "Risk and insurance in village India," *Econometrica*, 62(3), 539–591.
- Udry, C., 1994. "Risk and Insurance in a Rural Credit Market: An Empirical Investigation in Northern Nigeria," *Review of Economic Studies*, 61(3), 495-526.
- Van den Broeck, K., and S. Dercon. 2011. "Information Flows and Social Externalities in a Tanzanian Banana Growing Village." *Journal of Development Studies*, 47:231–52.
- Weber, J. G., 2012. "Social learning and technology adoption: the case of coffee pruning in Peru," *Agricultural Economics*, 43 (s1): 73–84.