

世界を見る眼

農業・農村の変化と技術進歩¹

伊藤 成朗 *Seiro Ito*

2018年4月

はじめに

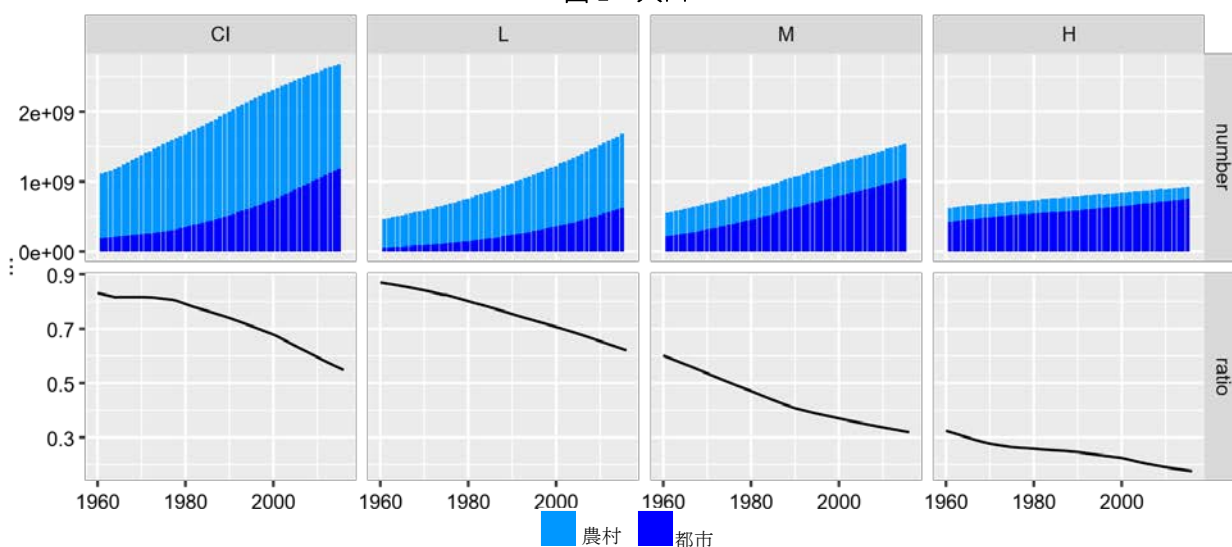
途上国農村には貧困層が多く住むので、農村の労働生産性が上がれば、貧困をなくす重要な手立てとなる。これは絵空事ではない。貧しい途上国農村でも、新しい技術や仕組みの導入によってその都度豊かになってきた過去がある。技術進歩が機械と人間の新たな関係を生む段階にある現在、過去の経験を俯瞰して技術進歩が途上国農業の今後に与える影響を展望することが望まれている。以下では、先行研究に頼りながら過去の新技術普及の経験を概観し、得られる知見をもとに途上国農業に与える影響を考察する。

1 農村は変わった

農業や農村が過去数十年間でどのように変化したかデータを使って観察しよう²。図1は中国・イ

ンド (CI)、その他低所得国 (L)、中所得国 (M)、高所得国 (H) の人口を農村と都市別に示している。過去 50 年で低、中所得国ともに人口が増加し、都市人口の増加率が高いため人口の比重が都市に移動している。比率でいえば、低中所得国ともに約 20%ポイントほど農村人口比率が減ったが、中所得国は 1960 年代当初から減って 90 年代に入って速度が落ちている。中国・インドは経済自由化が軌道に乗り始めた 80 年代と 90 年代に加速的に減り始め、最近 10 年間はその速度はさらに加速したのに対し、その他低所得国は一貫して同じ速度で減少している。このように、世界全体で農村人口比率が減りつつあり、その他低所得国では減少速度が世界平均よりも遅いため、世界の農村人口におけるウェイトを高めている。つまり、世界の農村問題といえば、人数の上ではその他低所得国がより重要になってきている。

図1 人口



出所：世界銀行データ (<http://databank.worldbank.org/data/home.aspx>) を用いて描画。

注：農村人口（SPRUR.TOTL）、都市人口（SPURB.TOTL）。各国の所得区分（高中低）は1987年基準（<http://databank.worldbank.org/data/download/site-content/OGHIST.xls>）の一人あたり国民所得で、低所得は480ドル以下、中所得は481～6000ドル、高所得は6000ドル以上。

図2は貧困人口比率を示している。貧困線は各国ごとに定めているので、相対的な貧困人口比率と捉えるのが相応しい。ここでは中国・インドの貧困人口比率の急速な減少に驚かされる。一方で、中所得国では農村の貧困人口比率がなかなか減らず、その他低所得国では人口の大部分を含む農村

の貧困人口比率が2000年代になって急に減少して全体の貧困人口比率も減少している。これらから分かるように、都市化とともに農村のウェイトは下がっているものの、その他低所得国では農村と全体の貧困比率が密接に連動しているため、農村を取り残して国全体が豊かになる展望は乏しい。

図2 貧困者比率



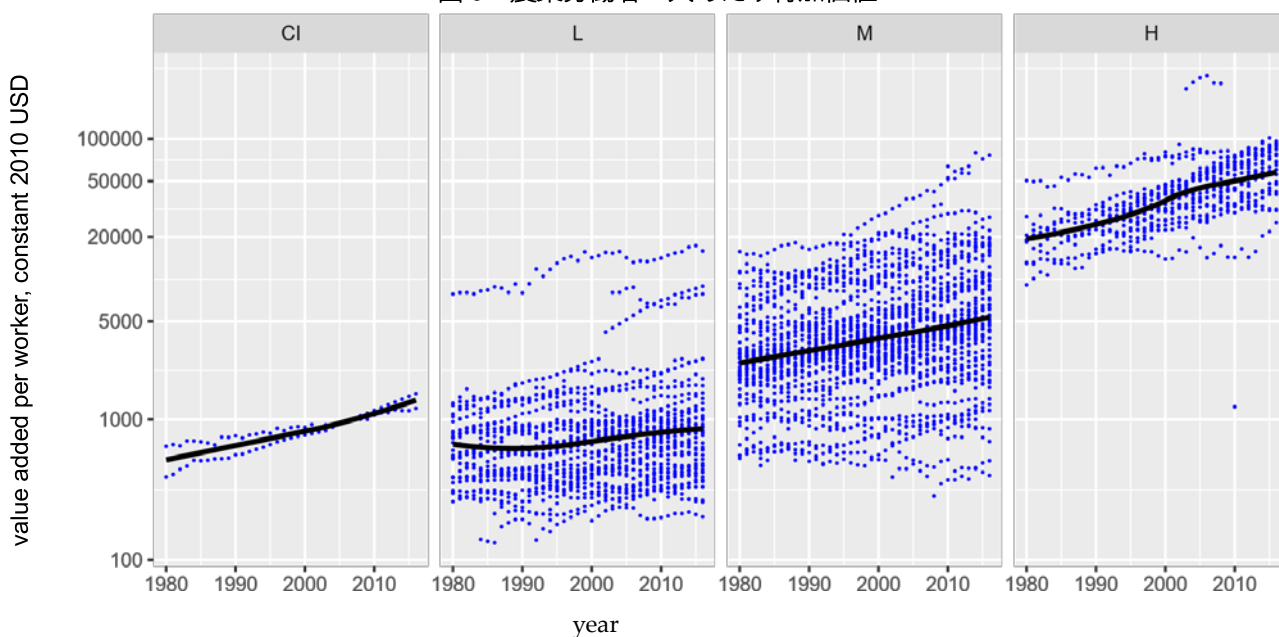
出所：図1と同じ。

注：全人口貧困者比率（SI.POV.NAHC）、農村貧困者比率（SI.POV.RUHC）。

所得上昇の様子を農業労働者一人あたり付加価値額で見たのが図3である。成長率は高所得国、中国・インド、中所得国、その他低所得国の順となっており、その他低所得国の農業の平均労働生産

性が相対的に停滞している。世界の農村で比重を高めつつあるその他低所得国が農業労働者所得で世界から取り残されているため、労働生産性上昇が望まれる。

図3 農業労働者一人あたり付加価値



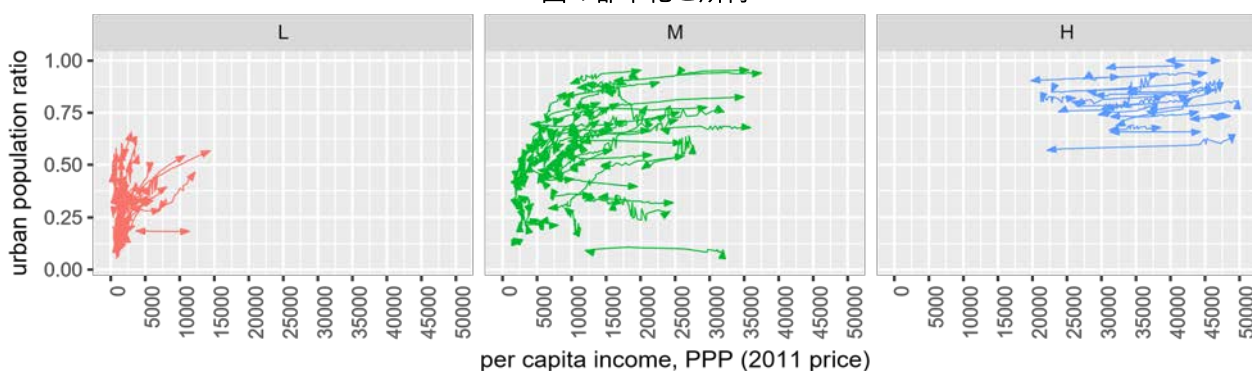
出所：図1と同じ。

注：農業労働者一人あたり付加価値 (EA.PRD.AGRI.KD、2010年価格)。図中の各点は各時点での各国の値、実線は回帰線(Loess)を示す。

経済発展過程の代表的な経済モデルであるルイス・モデルは、農村（農業）から生産性の高い都市（製造業）への人口移動を経済発展のメカニズムとして示しているが、現在の農村人口比率の低下は、それとは異なる様相を見せる。同じ所得水準で比べたとき現在の農村人口比率は産業革命期よりも25%ポイント以上も高く(Jedwab and Vollrath, 2015)、生産性の低いサービス産業に牽引されて都

市が拡大したり (Fay and Opal, 2000; Gollin et al., 2016)、図4のように所得が低い国ほど所得が増えないまま都市化する(=図4では真上に移動する)傾向が強い (Glaeser, 2014; Rodrik, 2016) ³。国全体が豊かになるには都市と農村の生産性が高まる必要があるため、農業・農村部門が経済発展の焦点になることは今も昔も変わらない。

図4 都市化と所得



出所：図1と同じ。

注：都市人口 (SP.URB.TOTL)、購買力平価一人あたり GDP (NY.GDP.PCAP.PPKD、2011年価格)。図中の線は各国の一人あたり所得と都市人口比率を示す(1960-2016年)。

II 農村を変えたもの

農業・農村は生産性を高める新技術によって絶えず変わってきた。その例を幾つか挙げていこう。

輸送

20世紀初頭のインドでは、植民地政府が軍事上の理由から輸送インフラ（鉄道）を整備した結果、輸送費用が減り、地域間の交易量が増えたことが知られている。交易は各地域が得意な財に集中することを促し、自給自足状態に比べると全体を豊かにする効果がある。

Donaldson (2018) は、当時線路が敷設された地域では、農村部の所得が15~18%増えたことを当時のデータを使って実証的に示している。

新品種（と教育）

緑の革命では、新品種+肥料+殺虫剤を地域特性に応じて適切に組み合わせることで単収が著しく増加した。緑の革命の便益は食糧供給の増加として万人に行き渡ったと考えられるが、組み合わせの適切さが問われたこの過程では、生産者の所得は等しく増えたわけではない。

Foster and Rosenzweig (1995) によれば、余裕のある豊かな農民ほど新技術を試行し、試行する豊かな農民が多い地域ほど経験が速やかに積みあげられ、新技術の恩恵をより多く獲得した。新技術は生産結果を学習をしながら採用されたため、学歴(=学習能力)の高い人ほどその便益が大きく、新技術がより普及した地域では教育の収益率を引き上げてさらなる発展の契機になった。このように、新技術の適合度が地域特性と結びついているときには、新技術を地域全体でより効率的に学習した地域ほど恩恵を多く獲得し、新技術が地域格差に結びつくことにもなった (Foster and Rosenzweig, 1996)。

取引関係

流通業者が生産者に植え付け前に買い取りを約束する契約農業は、農村でスポット市場が成立していない複数のサービスを束ねて提供する役割（インターリンクージ）がある。契約で域外の先

進栽培技術や優れた販売網を農家は利用できるほか、投入物供与による実質的な運転資本融資機能や予定買取価格による価格リスクを回避する保険機能も得られる。契約を提供する業者数が少なければ買い手の交渉力が高まるが、契約農業は農家所得を高めると報告されている (Wang et al., 2014)。

金融

Burgess and Pande (2005) によれば、間接金融機関が農村部に進出して貧困層向け貸出や預金サービスを提供すると、農村部の貧困人口比率が低下する。ただし、貸出が所得を引き上げるメカニズムを検討したマイクロファイナンス研究では、少額貸付が所得を引き上げることは珍しく、引き上げる場合にも規模は小さいというまとめ (Banerjee et al., 2015) と、貸出対象を適切に選別すれば生産性が高まるという事例研究 (Beaman et al., 2015) があるなど、貸出は選別次第で所得引き上げ効果が変るといふある意味当然の知見が得られている。むしろ、金融の機能としては、消費者向けサービスの所得引き上げ効果が知られるようになった。たとえば、モバイルマネー (M-Pesa) が利用できるようになると、遠くの縁者との相互扶助や貯蓄が容易になって資産形成が進み、生存農業から商業などに職の変更が進む (Jack et al., 2013; Suri and Jack, 2016)。モバイルマネーは決済機能の利便性ばかりが目されがちであるが、金融取引の費用を減らすことで農村貧困層の自助を促す効果がある。

情報

携帯電話での市況情報提供は農産物の地域間価格差を減らす効果がある (Jensen, 2007; Aker, 2010)。輸送インフラの整備状況を変えないままでも、情報をもとに供給者が価格の高い地域を選ぶことで地域間価格差が平準化され、分断されていた地域農産物市場が統合されて効率的な資源配分を促すことを示している。一方で、携帯電話を通じた市況情報は農家の作物選択や利潤を変えない (Fafchamps and Minten, 2012; Aker and Fafchamps, 2015)。よって、情報流通は需要者と供

給者が平準化された市況に参加できるようになるものの、生産行動には影響を与えない。

セーフティネット

非農業雇用機会が増えたとき、農業・農村から就労者が移動しなければ経済は豊かになれない。移動が円滑かは都市と農村の賃金格差が減ることで確認できるが、インドでは格差が埋まらないと指摘されている。その理由は、カーストに基づく強固な伝統的セーフティネットを失うのを恐れた成人男性が都市移住を思い留まっているから、と解釈されている（Munshi and Rosenzweig, 2006, 2016）。伝統的セーフティネットはどこ国にもあるため、政府が公的セーフティネットを整備した国では、農村人口の都市移動を促す効果があったと考えられる。

III 農村は今後どう変わるか

今後も農業・農村は技術進歩の性質によって発展の有様が変わるであろう。今後の技術進歩の方向として、インダストリー4.0に代表されるようなオートメーション化がある。インダストリー4.0は、機械が自律的に学習し、その結果をサプライチェーン全体で共有しながら、利潤を増やすように生産過程を最適化する技術体系のことである。インダストリー4.0が途上国の産業発展に与える影響を分析した世界銀行報告書（Hallward-Driemeier and Nayyar, 2017）は、慎重、かつ、抑制を効かせながらも、未熟練労働（の安さ）だけを武器に途上国が製造業を発展させることの難しさを示している。インダストリー4.0の一部は単純労働とその監督を機械に代替するため途上国から生産活動を奪う場面もあるが、途上国の低賃金労働と補完的な技術も存在する（Baldwin, 2016; DeCanio, 2016; Kimura, 2017）。

現在、屋外環境でのロボット駆動の多くは車両を用いるため、大規模生産に適した地域および作物に限定されがちである。一般に、ロボットは計測機能、制御・情報処理・判断機能、骨格・駆動機能からなる。前2者は未熟練労働が提供する骨格・

駆動機能を補完するため、端末を使った途上国での精密農業も不可能ではない。実際に、農業・環境分野でのIoTの応用は、環境計測と解析（62%）、制御（25%）、予測（6%）であり⁴、計測と情報処理・判断など、未熟練労働の生産性を高める機能が主流である（Talavera et al., 2017）。農業でのビッグデータ活用は端緒が開かれたばかりだが、クラウド環境が整備されれば、農民に専門的アドバイスを現場で個別に提供できるようになる。具体的には、土壌成分、水質、気温、湿度、日照、風速、作物育成などのローカル情報と気候などの広域情報を組み合わせ、さらに作物知識を導入すれば、クラウド経由で適切な作業を指示でき（Kamilaris et al., 2017, p.30）、初等教育水準の識字と算術があれば未熟練労働でも土地生産性を高めることが今後可能になる。緑の革命では施肥や施薬の時期や量を農民が判断し、農業生産過程を再構成しなくてはならなかったのに対し、インダストリー4.0ではそうしたことを機械が全て判断するため、教育水準の低さは新技術利用の障壁になりにくい。また、インダストリー4.0を活用すれば、農産物サプライチェーンでの無駄を削り農産物の質を高めるのに役立つであろう。

IV おわりに

緑の革命が大農や学歴の高い農家により多くの便益をもたらしたように、インダストリー4.0も技術特性と適的な農家により多くの便益をもたらす。当分は計測装置やクラウド環境は大規模農家のみが利用可能なため、経営規模の大きな農家ほど収量が増えと考えられる。固定費用の多いクラウドは一定程度の規模の経済性があるため、契約農業のように生産方法を指定する小農相手の委託が増えるかもしれない。広域データ提供、サービス供給者とのマッチング支援、クラウド整備、小農向けスマート農業融資、大規模経営体設備の時間貸し制度など、大規模経営体による地域独占を減らす市場環境を政府が用意できれば、生産性上昇の便益は小農にも及ぶはずである。技術がさらに進んでこうした装置が廉価

になると、端末を操作する程度の学習能力を持てば、小農も直接の裨益者になることが期待される。

インダストリー4.0 が小農の労働生産性を高める可能性がある一方で、小農の競争力優位を削ぐ原因になりえることにも注意を喚起したい。ここでいう競争力優位とは、大規模経営体よりも小規模経営体の方が、土地生産性が高いという傾向（規模-生産性の逆関係 inverse scale-productivity relationship という; Eastwood et al., 2010, p.3350）である。農業経済学者や開発経済学者の一部は、規模-生産性の逆関係の一因として、家族労働ほど雇用労働の生産性は高くないことを挙げている。つまり、大規模経営体では必要な労働力を家族だけで賄いきれないため、生産性のより低い雇用労働に頼らざるを得ず、農場全体の土地生産性が下がる、という説明である。

インダストリー4.0 では機器が計測・通信をする。仮に、農業労働者用ウェアラブル端末が開発された場合、管理者は端末経由で計測される農業労働者の動作をつぶさに遠隔観察できる。経済学の用語でいうと、行動に関する情報の非対称性がなくなる、ということである。よって、隠された行動（hidden action）に起因するモラル・ハザードは発生しない。有史以来、農業雇用者を悩ませてきた被用者の怠業がなくなる。

このように、逆関係についての研究者たちの理解が正しければ、雇用労働者の行動を遠隔監視できるようになると、小規模経営体の土地生産性優位の一因がなくなる。特定の動作とその結果に応じた支払をすれば、大規模農場の雇用労働者も家族労働と同様に熱心に働くであろう。大規模農場経営にまつわる非効率性の一つがなくなるため、小規模農場は競争力を高めた大規模農場との競争に敗れて退出するかもしれない。つまり、インダストリー4.0 が途上国農業に普及すれば、正しい作業を個別労働者に指示できるだけでなく、労働者の怠業を防ぐことでも、大規模経営体が優位性を強める市場構造になる可能性がある。資本集約度の高い大規模経営体の市場シェアが高まれば、農業部門での雇用は伸び悩む。よって、非農業への人口圧力が高まることが予想さ

れる。土地という資産を保有する所有経営者としての農民が減って、農業労働者としての農民が増えると、農村および都市の社会に与える影響は少なくない。それどころか、端末を操作できるだけの学歴や訓練を受けた一部の労働者を除き、家族経営の農業では生計を立てられなくなるかもしれない。このため、農村内に新たな格差が発生する可能性がある。途上国農業でのインダストリー4.0 の普及には、単なる労働生産性向上を超えて途上国社会を変える影響が潜んでいる。■

[注]

1. 本稿は伊藤成朗（2018）で割愛した参考文献やデータ出所を示し、議論を拡張したものである。
2. データの出所である世界銀行では、公開されている最も古い所得区分は1987年のものなので、この基準に沿って各国をグループ分けする。また、湾岸富裕国、ブルネイ、赤道ギニア、ケイマン、都市国家は除いている。
3. その原因の一つとしては、人口移動だけでなく、死亡率の低い都市部で人口成長率が高いことも原因である（Jedwab et al., 2017）。
4. 大容量電力を要する制御機能は灌漑目的が60%以上を占める（Talavera et al., 2017）。

参考文献

- Aker, Jenny C., "Information from Markets Near and Far: Mobile Phones and Agricultural Markets in Niger," *American Economic Journal: Applied*

- economics, 2010, 2 (3), 46–59.
- _____ and Marcel Fafchamps, “Mobile Phone Coverage and Producer Markets: Evidence from West Africa,” *World Bank Economic Review*, 2015, 29 (2), 262–292.
- Baldwin, Richard, *The Great Convergence*, Harvard University Press, 2016.
- Banerjee, Abhijit, Dean Karlan, and Jonathan Zinman, “Six Randomized Evaluations of Microcredit: Introduction and Further Steps,” *American Economic Journal: Applied Economics*, January 2015, 7 (1), 1–21.
- Beaman, Lori, Dean Karlan, Bram Thuysbaert, and Christopher Udry, “Selection into Credit Markets: Evidence from Agriculture in Mali,” 2015.
- Burgess, Robin and Rohini Pande, “Do rural banks matter? Evidence from the Indian social banking experiment,” *American Economic Review*, 2005, 95 (3), 780–795.
- DeCanio, Stephen J., “Robots and humans — complements or substitutes?,” *Journal of Macroeconomics*, 2016, 49, 280 – 291.
- Donaldson, Dave, “Railroads of the Raj: Estimating the Impact of Transportation Infrastructure,” *American Economic Review*, 2018.
- Eastwood, Robert, Michael Lipton, and Andrew Newell, “Chapter 65 Farm Size,” in “in,” Vol. 4 of *Handbook of Agricultural Economics*, Elsevier, 2010, pp. 3323 – 3397.
- Fafchamps, Marcel and Bart Minten, “Impact of SMS-Based Agricultural Information on Indian Farmers,” *World Bank Economic Review*, 2012, 26 (3), 383–414.
- Fay, Marianne and Charlotte Opal, “Urbanization without growth: A not so uncommon phenomenon,” 2000.
- Foster, Andrew D. and Mark R. Rosenzweig, “Learning by doing and learning from others: Human capital and technical change in agriculture,” *Journal of Political Economy*, 1995, 103 (6), 1176–1209.
- _____ and _____, “Technical Change and Human-Capital Returns and Investments: Evidence from the Green Revolution,” *The American Economic Review*, 1996, 86 (4), pp. 931–953.
- Glaeser, Edward L., “A world of cities: the causes and consequences of urbanization in poorer countries,” *Journal of the European Economic Association*, 2014, 12 (5), 1154–1199.
- Gollin, Douglas, Remi Jedwab, and Dietrich Vollrath, “Urbanization with and without industrialization,” *Journal of Economic Growth*, Mar 2016, 21 (1), 35–70.
- Hallward-Driemeier, Mary and Gaurav Nayyar, *Trouble in the Making? The Future of Manufacturing-Led Development*, World Bank, Washington, D.C., 2017.
- Jack, William, Adam Ray, and Tavneet Suri, “Transaction Networks: Evidence from Mobile Money in Kenya,” *American Economic Review*, 2013, 103 (3), 356 – 361.
- Jedwab, Remi and Dietrich Vollrath, “Urbanization without growth in historical perspective,” *Explorations in Economic History*, 2015, 58, 1–21.
- _____, Luc Christiaensen, and Marina Gindelsky, “Demography, urbanization and development: Rural push, urban pull and ... urban push?” *Journal of Urban Economics*, 2017, 98 (Supplement C), 6 – 16. *Urbanization in Developing Countries: Past and Present*.
- Jensen, Robert, “The digital divide: Information (technology), market performance, and welfare in the South Indian fisheries sector,” *The Quarterly Journal of Economics*, 2007, 122 (3), 879–924.
- Kamilaris, Andreas, Andreas Kartakoullis, and Francesc X. Prenafeta-Boldú, “A review on the practice of big data analysis in agriculture,” *Computers and Electronics in Agriculture*, 2017,

- 143 (Supplement C) , 23 – 37.
- Kimura, Fukunari, “Comments on Hallward-Driemeier and Nayyar,” December 2017.
- Munshi, Kaivan and Mark Rosenzweig, “Traditional Institutions Meet the Modern World: Caste, Gender, and Schooling Choice in a Globalizing Economy,” *The American Economic Review*, 2006, 96 (4) , 1225–1252.
- _____ and _____, “Networks and Misallocation: Insurance, Migration, and the Rural-Urban Wage Gap,” *American Economic Review*, January 2016, 106 (1) , 46–98.
- Rodrik, Dani, “Premature deindustrialization,” *Journal of Economic Growth*, Mar 2016, 21 (1) , 1–33.
- Suri, Tavneet and William Jack, “The long-run poverty and gender impacts of mobile money,” *Science*, 2016, 354 (6317) , 1288–1292.
- Talavera, Jesús Martín, Luis Eduardo Tobón, Jairo Alejandro Gómez, María Alejandra Culman, Juan Manuel Aranda, Diana Teresa Parra, Luis Alfredo Quiroz, Adolfo Hoyos, and Luis Ernesto Garreta, “Review of IoT applications in agro-industrial and environmental fields,” *Computers and Electronics in Agriculture*, 2017, 142 (Part A) , 283 – 297.
- Wang, H. Holly, Yanbing Wang, and Michael S. Delgado, “The Transition to Modern Agriculture: Contract Farming in Developing Economies,” *American Journal of Agricultural Economics*, 2014, 96 (5) , 1257–1271.
- 伊藤成朗, “農業、農村の変化と技術進歩に関する研究展望,” *アジ研ワールドトレンド*, 2018年3-4月号(269), 56-57.

著者プロフィール

伊藤 成朗 (いとうせいろう)

ジェトロ・アジア経済研究所 開発研究センター、ミクロ経済分析グループ長。ブラウン大学大学院経済学博士(Ph.D.)。専門は開発経済学、応用ミクロ経済学、応用時系列分析。最近の共著に“The effects of becoming a legal sex worker in Senegal on health and wellbeing.” (Aurélia Lépine, Carole Treibich と共著、ディスカッション・ペーパー676)、主な著作に「開発ミクロ経済学」(『進化する経済学の実証分析』経済セミナー増刊、日本評論社、2016年)など。

