

包絡分析法による稲作の生産性の変化とその収束速度

Change of the Productivity of the Rice Growing and the Convergence Speed

中 川 雅 嗣

Masatsugu Nakagawa

Abstract

This paper analyzes the productivity according to prefectures and the convergence speed of the rice growing from 1970 to 2017. Data Envelopment Analysis(DEA) is used to estimate Malmquist index(MI) measure of total factor productivity change. The malmquist index can resolve the technological change and the technical efficiency change. The convergence of the productivity of the rice growing can confirm the influence of a policy and the system. It became clear that the productivity of the rice growing was different in the prefecture. I confirmed that it certainly converged to a benchmark in all indexes. This result showed that productivity improved by the same policy and system. I measured the convergence speed according to the prefecture. The convergence speed of the technical efficiency of the national average was 3.1% per months. The technical change was 3.6% per months and the Malmquist index was 3.4% per months.

Keywords:DEA(Data Envelopment Analysis),Malmquist index,Convergence, ADF Test,Convergence Speed

【目次】

- I はじめに
- II マルムクイスト指数による生産性および技術効率性の計測方法
- III 単位根検定による収束の検定
- IV マルムクイスト指数の計測結果
- V 収束に関する検定結果と半減期の比較
- VI 日本の農業政策と技術進歩
- VII おわりに

I はじめに

少子高齢化・人口減少の波が押し寄せ、特に地方は都市部よりその影響が顕著に現れており、農業や集落は衰退の一途をたどっている。また、ロボット、AI、IoTといった技術革新、経済連携協定などグローバル化の進展、持続可能な開発目標（SDGs）に対する国内外の関心の高まりなど、これまでと違い農業は新たな段階にあるといえる。令和2年3月31日に食料・農業・農村基本法に基づき、新たな食料・農業・農村基本計画（以下、新基本計画）が閣議決定された。

新基本計画では、農業者が減少する中であっても国内の需要や輸出に対応できる農業の生産基盤の強化を図ることや、食料の安定的に供給、農業の多面的な機能が、将来にわたって発揮されるよう持続的な農業発展と、次世代を含む国民生活の安定や国際社会に貢献することが示された。特に生産基盤の強化が唱われており、食料自給率の向上に向けた課題として国内農業の生産基盤の強化が上げられる。

このため、持続可能な農業構造の実現に向けた担い手の育成・確保と農地の集積・集約化の加速化や、農業生産基盤の整備やスマート農業の社会実装の加速化による生産性の向上、さらに農作物ごとの課題の克服、生産・流通体制の改革等を進める必要があるとされた。また食料自給率の目標は、平成30年度供給熱量ベースの総合食料自給率は37%であったが、令和12年度には45%を目標としている。さらに稲作は農地の集積・集約化により分散錯圃の解消・連担化を進め、多収品種やスマート農業技術等による多収・省力栽培技術の普及、資材費の低減等による生産コストの低減を改善しながら生産努力目標を目指すとなっている。

この新基本法を進めることで、日本農業のきわめて厳しい状況を打破し、食料の安定供給を確保する必要があり生産性の向上につながるといえる。

特に主食である米は重要な位置づけにあり、これまで農業の全要素生産性に関する研究は、土屋圭造(1966)、新谷正彦(1969)ほか多数ある。また生産性や技術進歩、技術効率性を計測する研究は数多くされており、包絡線分析法を用いた技術進歩の変化を計測する方法としてマルムクイスト指数が用いた研究が活発になされている。

マルムクイスト指数は、Caves et al. (1982)によって提唱され、その生産性を技術進歩と技術効率性に分解することができるという特徴を持っている。この指数を用いて、Horie and Yamaguchi (2006)は日本農業の技術進歩や技術効率性に関する研究を発表した。また高松・衣笠(2010)は規模に関して収穫可変を考慮した生産性や技術効率性を計測している。さらに山本他(2007)は稲作の生産性について、生産性の変化が、技術変化による上昇する局面、キャッチアップ効果による上昇する局面を実証し、生産性の伸びがゼロになる局面を示唆した。また、山口・陳(1999)により農業は各都道府県で大きく異なり、農業生産は絶対収束せず、自然条件、土地条件、経済条件、社会制度的条件を考慮することにより収束することを発表した。そこで本研究はこれまで明らかにされていなかった稲作の都道府県別生産性とその収束と速度を計測することで、日本の稲作の生産性の状況を明らかにしたい。

II マルムクイスト指数による生産性および技術効率性の計測方法

II-1 マルムクイスト指数

マルムクイスト指数は、ある経済主体の効率性が時間を通じ、どの程度変化したかを示す指標である。包絡分析法DEA(Data Envelopment Analysis)を概説すると、第s期の技術水準の下で、第t期のインプット x_t からアウトプット y_t を生産し、経済主体jがn個存在するものとする、第k番目の経済主体は以下のCRS

(constant returns to scale) モデルを解くことにより求めることができる。ただし、 θ は効率値、 λ は作業解析で使われる強度変数、インプット要素 i は l 種類、アウトプット要素 r は m 種類とする。

$$\begin{aligned} \min \theta &= D_{CRS, s}(\chi_t, y_t) \\ s.t. \quad & -\sum_{j=1}^n \lambda_j \chi_{ij, s} + \theta \chi_{ik, t} \geq 0 \quad (i=1, 2, \dots, l) \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj, s} \geq y_{rk, t} \quad (r=1, 2, \dots, m), \lambda_j \geq 0 \\ & (j=1, 2, \dots, n) \end{aligned} \quad (1)$$

さらに、制約条件に $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ を加えることで規模に関して収穫可変として求めることができる。

マルムクイスト指数は、基準となる時点の技術水準を固定し、当該技術水準の下で各期の技術効率性により計測する。第 s 期を基準としたマルムクイスト指数は、以下のとおり。

$$MI_s = \frac{D_{CRS, s}(\chi_t, y_t)}{D_{CRS, s}(\chi_s, y_s)} \quad (2)$$

2 期間の幾何平均をとると、

$$\begin{aligned} MI &= (MI_s \cdot MI_t)^{\frac{1}{2}} \\ &= \left[\frac{D_{CRS, s}(\chi_t, y_t)}{D_{CRS, s}(\chi_s, y_s)} \cdot \frac{D_{CRS, t}(\chi_t, y_t)}{D_{CRS, t}(\chi_s, y_s)} \right]^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \quad (3)$$

ここでマルムクイスト指数を以下のように変形することで、次の要素に分解することができる。

$$\begin{aligned} MI &= \frac{D_{CRS, s}(\chi_t, y_t)}{D_{CRS, s}(\chi_s, y_s)} \cdot \left[\frac{D_{CRS, s}(\chi_t, y_t)}{D_{CRS, s}(\chi_t, y_t)} \cdot \frac{D_{CRS, t}(\chi_s, y_s)}{D_{CRS, t}(\chi_s, y_s)} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= TEC \cdot TC \end{aligned} \quad (4)$$

TEC は技術フロンティアに近づいたことによる影響を示す指数である技術効率性であり、TC はフロンティア自身が変化したことによる影響を示す指数である技術進歩を表している。

これまで規模に関して収穫一定を仮定して技術効率性を計測しているが、規模に関して収穫可変を考慮すると、技術効率性は以下のように分解することができる。

$$TEC = PEC \cdot SEC$$

PEC は規模に関して収穫可変を仮定した技術効率性を表し、SEC は規模に関する効率性の変化による影響を表しており、最適な規模との乖離が生産活動に与える影響と解釈され、政策的に規模拡大を推進する上で重要な指数となる。マルムクイスト指数は、各時点での生産性水準ではなく 2 時点間の変化である。そこで近藤・山本 (2004) にならひ生産性水準は、1 年目の生産性水準は 1 年目の技術効率性とし、2 年目以降の生産性水準は 1 年目の技術効率性に次年以降の生産性変化を累積的に乗じることにより産出した。

他の指数の水準について、技術効率性は 1 年目の技術効率性、技術進歩等その他の指数は 1 年目の水準を 1 とし次年以降は年次変化を累積的に乗じることにより産出した。なお、生産性変化を表すマルムクイスト指数、キャッチアップ効果を現す技術効率 TEC、技術変化 TC の解釈は次のようになる。MI > 1 (MI < 1) ならば生産性は上昇 (低下) で、MI = 1 ならば生産性は変化なしである。TEC > 1 (TEC < 1) ならばキャッチアップ効果はプラス (マイナス) で生産性上昇 (低下) に寄与し、TEC = 1 ならばキャッチアップ効果は変化なしである。

TC > 1 (TC < 1) ならば技術進歩 (技術後退) で、生産性上昇 (低下) に寄与し、TC = 1 ならば技術変化は変化なしである。本研究で利用する包絡分析法は、評価方法として相対評価であり、絶対評価ではない。すなわち基準となる経済主体との比較で、その良否を判定する。農業生産は工業製品と異なり、自らの投入量を調整できない要因、気象条件など管理不能な要因が存在する。そのため効率性の評価を歪め、技術進歩などを適切に計測できない場合がある。特に、農業は気象条件に大きく影響を受けるため変動が大きくなる。このことは、データ全体に対する単一の回帰平面を最適化することを目的とするパラメトリックな方法と異なることを考慮しなければならない。

Ⅲ 単位根検定による収束の検定

Ⅲ-1 収束と検定方法

各経済主体の経済パフォーマンスが、時間を通じ同レベルの定常状態に移行することを収束 (convergence) という。経済発展が遅れた経済主体がより速いスピードで成長すれば、最終的には、すべての経済主体の経済パフォーマンスは同じような定常水準に収束することとなる。このような収束過程を絶対収束と名付けてられている。しかし、各経済主体がそれぞれ異なる定常水準を持ち、経済パフォーマンスもそれぞれの定常水準に収束する場合がある。このような状態は条件付収束と呼ばれている。以下では収束の検定方法である単位根検定について説明する。

確率変数 Y_t が、AR (1)モデルに従うと仮定する。 $(u_t: \text{ホワイト・ノイズ})$

$$Y_t = \phi Y_{t-1} + u_t \quad (5)$$

初期値を Y_0 とし逐次代入すると、

$$Y_t = \phi^t Y_0 + \sum_{j=1}^t \phi^{t-j} u_j \quad (6)$$

ここで、

$$|\phi| < 1 \Rightarrow \lim_{t \rightarrow \infty} Y_t = \sum_{j=1}^t \phi^{t-j} u_j$$

$$|\phi| \geq 1 \Rightarrow \lim_{t \rightarrow \infty} Y_t = \infty$$

つまり、確率変数 Y_t が単位根を持たなければ、収束する。よって単位根の有無を検定することにより、収束するか否かを確認できる。具体的には拡張されたディッキーフラー検定 (ADF 検定) により次ぎの 3 つのモデルにより推定する。

$$\text{モデル 1 : } Y_t = \phi Y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \gamma_j \Delta Y_{t-j} + u_t \Leftrightarrow$$

$$\Delta Y_t = \beta Y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \gamma_j \Delta Y_{t-j} + u_t \quad (7)$$

$$\text{モデル 2 : } Y_t = \mu + \phi Y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \gamma_j \Delta Y_{t-j} + u_t \Leftrightarrow$$

$$\Delta Y_t = \mu + \beta Y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \gamma_j \Delta Y_{t-j} + u_t$$

(8)

$$\text{モデル 3 : } Y_t = \mu + \delta t + \phi Y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \gamma_j \Delta Y_{t-j}$$

$$+ u_t \Leftrightarrow \Delta Y_t = \mu + \delta t + \beta Y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \gamma_j \Delta Y_{t-j} + u_t$$

$$\gamma_j \Delta Y_{t-j} + u_t \quad (9)$$

ここで、 $\beta = 1 - \phi$ 、 $\sum_{j=1}^p \gamma_j \Delta Y_{t-j}$ は拡張項、 μ は確定項、 t はタイムトレンドを表している。モデル 2 とモデル 3 の拡張項を除くと

$$\text{モデル 2 : } Y_t = \frac{1-\phi^t}{1-\phi} \mu + \phi^t Y_0 + \sum_{j=1}^t \phi^{t-j} u_j$$

$$\therefore |\phi| < 1 \Rightarrow \lim_{t \rightarrow \infty} Y_t$$

$$Y_t = \frac{1}{1-\phi} \mu + \sum_{j=1}^t \phi^{t-j} u_j$$

$$\therefore |\phi| \geq 1 \Rightarrow \lim_{t \rightarrow \infty} Y_t = \infty \quad (10)$$

$$\text{モデル 3 : } Y_t = \frac{1-\phi^t}{1-\phi} \mu + \frac{\phi^{t+1} - (1-\phi)t - \phi}{(1-\phi)^2} \delta + \phi^t Y_0 +$$

$$\sum_{j=1}^t \phi^{t-j} u_j, \therefore \lim_{t \rightarrow \infty} Y_t = \infty \quad (11)$$

ここで、 $\beta = 0$ のとき、確率変数 Y_t が単位根を持つ場合、すべてのモデルで発散する。また $\beta < 0$ のとき、モデル 1 に従うならば絶対収束、モデル 2 に従うならば、条件付収束、モデル 3 に従うならば、発散することになる。ここでモデル 2 に従うということは、 $\beta < 0$ かつ $\mu \neq 0$ であることを意味し、モデル 3 に従うというのは $\beta < 0$ かつ $\mu \neq 0$ かつ $\delta \neq 0$ であることを意味する。従って、 $\beta < 0$ かつ $\mu = 0$ かつ $\delta = 0$ の場合、モデル 1 に従うことになり絶対収束となる。また $\beta < 0$ かつ $\mu \neq 0$ かつ $\delta = 0$ の場合、モデル 2 に従うことになり条件付収束と判断できる。

Ⅲ-2 収束速度

長期的に収束するならば、どの程度の速度で乖離が縮小するかは重要なことである。この速度を

計測する指標として、半減期（均衡からの乖離が半分になるのに必要な時間）がある。(7)式または(8)式で求められる ϕ によって、以下のとおり半減期 $T_{1/2}$ を表すことができる。

$$Y(t) = Y_0 e^{-\phi t}$$

$$Y(T_{1/2}) = \frac{Y_0}{2} = Y_0 e^{-\phi T_{1/2}}$$

$$e^{-\phi T_{1/2}} = \frac{1}{2}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\phi} \quad (12)$$

したがって、半減期は $\ln(2)/\phi = 0.69/\phi$ である。それゆえ、 $\phi = 0.05$ の場合、半減期は14年となる。本研究では、1期は1年(12ヶ月)となる。

IV マルムクイスト指数の計測結果

IV-1 使用した統計データ

本研究でマルムクイスト指数の計測に必要なデータは、農林水産省農業経営統計調査米生産費である。計測期間は減反政策以降である1975年から2017年までを対象としている。変数の設定に関して生産物は米生産量、生産要素は労働、資本、土地、経常財とした。資本と経常材は農業物価統計(平成22年基準)の価格指数で実質化した。労働は直接投下労働時間、資本は農機具費、建物費、種苗費、肥料費、農業薬剤費、賃借料及び料金、その他経常材費(光熱費、諸材料、土地改良水利費、物件税)とし、土地は作付面積とした。計測した都道府県は東京都を除く46道府県である。

IV-2 マルムクイスト指数の計測結果

第Ⅱ節で紹介した計測方法に従い、日本の各都道府県のマルムクイスト指数、技術効率性、技術進歩、規模に関して収穫可変を仮定した技術効率性、規模に関する効率性の5つの指標の変化を計測した(図1)。これらの結果をより簡単に解釈するために、自然対数をとり%変化とした。計

測結果を用い稲作の生産状況や生産調整に関する対策を踏まえて分析を進めた。米の生産調整政策は、昭和40年代前半に顕在化した米の生産過剰と古米在庫の累積を背景として実施された。

昭和45年度に、生産調整目標量(100万トン)の措置がとられ、さらに米の生産過剰は一過性のものではなく構造的なものであるとの判断によって、米の生産調整目標数量を設定することをもって生産調整がスタートした。1971年から1975年にかけて最初の対策である稲作転換対策の期間について述べると、1971年は冷害が発生し北海道、東北で不良となり、水稲作況指数(全国)も93(不良)となった。図1より技術効率性(TEC)、技術進歩(TC)、マルムクイスト指数(MI)はいずれも0を下回り低下していることがわかる。

1972年～1975年にかけて稲作の作況指数は、103、106、102、107と豊作になっているが、1973年以外は変化率がマイナスの結果となった。1973年以降、オイルショックによる経済的危機が生産要素に影響を与え生産性が低下したと考えられる。稲作転換対策は、水田の休耕と転作の2本立てで進められたが、「何も作らず(休耕)に補助金を貰う」との批判やオイルショックによる影響により、補助金は昭和48年度限りで打ち切られたが、計測結果から生産性が向上したとはいえない対策となった。米の作付けを減らし、補助金もなくなるという農業者にとって厳しい農業経営が強いられたこととなった。

その後、米は依然として過剰基調であったため、水田総合利用対策(1976-1977)により需要に合う計画的な生産を行う一方で、余剰の水田では、米以外の作物の生産振興を行い、水田の有効利用による転作の定着化を図った。1976年の稲作(全国)作況指数は冷害により94となる不良となり、生産性も負の変化になる結果となった。

1978年になり正の生産性変化が見られた。この年から水田利用再編対策(1978～1986)が開

始され、米の生産を長期的に立ち需要に見合った生産を計画的に調整し、水田利用の再編成（転作の定着化）が推進された。10年かけて水田の水稲単作から田畑輪作的な利用に転換を目指し、個々の農家の耕作田が分散錯綜する水田で転作を定着させるために転作団地を回すブロックローテーションが提案されると、圃場整備を行うきっかけになった地域も多かった。さらに、集落ぐるみの取り組みや農家同士の補填など農業経営の改善が進んだことから、生産性に正の影響を与えた結果となった。

1988年の東北の異常低温・日照不足により全国作況指数97のやや不良であったが、正の生産性の変化となった。水田農業確立対策（1987～1992）は、米の計画生産と転作を行政だけでなく、地域の農業者や農業者団体が行政と一体となって取り組むことで、水田農業全体の生産性向上を目指した。地域の農業者が、集落単位で活動することにより、農機具や労働時間、農業経営の効率化が進められており、生産性に正の影響を与えたと考えられる。

1994年は計測期間最高の生産性0.29%の増加を示している。水田営農活性化対策（1993～1995）では、新農政プランの考え方に沿って、農業者や農業者団体の一層の主体的取り組みが行われ、地域の実情に応じた稲作と転作を組み合わせた生産性の高い水田営農が実施された。この対策は農業の生産性に注目した取り組みであり、技術効率性および技術進歩の改善がさらに進んだ結果となった。1994年ガット・ウルグアイ・ラウンド合意を背景として、1995年に食糧管理法が廃止され、新たに「主要食糧の需給及び価格の安定に関する法律」が制定された。自主流通米を米流通の主体として位置づけられたことで、稲作の経営効率的農業が進んだためと考えられる。

2003年は0.06%の負の生産性変化を示している。2000年から農業基本法に代わり制定された

「食料・農業・農村基本法」のもと、水田農業経営確立対策が実施され米の計画的生産を行い、自給率の低い麦・大豆・飼料作物の本格的な生産（本作化）を行い、農業の安定した経営を目指した。しかし、生産性の向上は進まない結果となった。

水田農業構造改革対策が実施された2004年から2011年は、2004年と2006年はわずかな正の生産性変化が見られたが、2008年、2010年と負の生産性変化がみられた。この対策は、米作りの本来あるべき姿に向けた水田農業の構造改革を図るため、①従来の行政主体の生産調整システムから、農業者・農業団体主体による自主的な生産調整を進めるシステムへ転換（行政サイドは側面からの支援へ移行）、②このシステムを効果的に進めるため、農業者に指示される生産調整の目標数値について作付面積による配分（ネガ配分）から生産数量による配分（ポジ配分）への移行を図った。しかし、2007年に米価が大幅に下落すると、政府による米の緊急買い入れと過剰米の飼料用米への転換を行っている。米価安定化のために政府が強制的に行った米の買い上げは、販売農家に対し一律に実施したため、生産性の向上に対しインセンティブが少なく、生産性に負の影響を及ぼした要因と思われる。

戸別所得補償制度（2011～2012）では、2011年は0.08%増加、2012年は0.07%減少した。米生産に対する支援（所得補償）である。対策期間平均では、生産性の変化は見られなかった。この制度は意欲あるすべての農業者が農業を継続できる環境を整え、創意工夫ある取り組みを促すことを目的として、米の生産目標数量の生産に従った販売農家に対して、生産費と販売価格の差額分（赤字分）を直接支払いにより補填することを基本とする制度である。さらに米戸別所得補償モデル事業によって、定額分（10a当たり15,000円（全国一律））に加え、生産費が販売価格を上回った場合、その差額を補填（変動分）する交付金が支

払われた。これまでの対策は、米を「作らせない」ことが目的であったが、この制度は生産数量目標まで「米を作らせること」である。これまでの規模拡大を目指した営農は異質の対策であり、すべての農業者に対する所得補償的な意味合いが強かったため、生産性に対する変化が見られなかったと思われる。

V 収束に関する検定結果と半減期の比較

V-1 収束に関する検定結果

稲作について、(3)式で求められた稲作生産性の変化が各都道府県で収束するか否かを計測する。山口・霍(2004)にならい、最も生産性が最も高い都道府県をベンチマークとし、その他の都道府県の指標がベンチマークである都道府県に収束するかを確認する。その他の都道府県の実績との差をとり、以下のような確率変数を作成した。

$$Y_t = Y_{it}^* - Y_{bt} \quad (13)$$

Y_{it}^* は各地域における稲作生産性の数値である。

背景となる収束のメカニズムだが、生産性が低い地域が、高い地域にキャッチアップする傾向にあり、つまり生産性が低い地域と生産性が高い地域の差が縮まる傾向にあるということである。(7)式、(10)式、(11)式に(13)式で計測した数値を用いADF検定した結果、(13)式で表される確率変数 Y_t は単位根を持たないことがわかった。またモデル2とモデル3が棄却される結果を得た。つまりすべての稲作においてモデル1に従い、生産性が最も高いベンチマークに絶対収束することが示された。農業は、各地域の気象や自然条件に合った品種を栽培し、生産技術の開発をしている。この結果から長期的にみると生産技術の伝播は、同一方向へ変化することがわかった。ADF検定の結果は表2のとおりである。

V-2 収束速度に関する結果

表3は(12)式に基づいて計測された半減期、すなわち収束速度を示している。半減期の計測結果は、TECは全国平均が3.1ヶ月であり、TCは3.6ヶ月、MIは3.4ヶ月であった。技術効率性の速度は、比較的速く伝播することが見いだされた。それに比べ技術進歩は遅く、比較的時間が掛かることが明らかになった。TECの半減期は、関東、近畿において2.9ヶ月であり、もっとも収束速度が速い結果となった。関東は地形的に伝播しやすい環境にあり、近畿は他の地方に比べ、各府県が近い距離にあること、さらに他地域に比べ気象条件が似ているので技術伝播が進みやすいためと考えられる。TCの半減期はTECより長く、北海道・東北が3.3ヶ月と最も速い結果となった。稲作に関する技術的な対応が進んでおり、優良な品種、農機具等の資本設備の充実などが影響しているものと考えられる。MIは近畿が2.9ヶ月と最も速い結果が計測された。TECの収束速度と同様に、近畿は収束速度が速いことがわかった。平均(TEC, TC, MI)において、近畿は収束速度が速いことが見いだされた。

地域毎の分析について、まず北海道・東北地方では、TECが最も短い県は福島県であり、2.5ヶ月、反対に長い県は青森県で3.4ヶ月となっている。TCの半減期が最も短い県は山形県の1.5ヶ月であり、最も長い県は青森県、岩手県、宮城県で3.8ヶ月となることがわかった。MIの半減期は、山形県が1.7ヶ月で最も短く、青森県が3.8ヶ月で最も長くなった。

関東地方の結果に目を移すと、TECの半減期が最も短い県は群馬県と長野県が2.2ヶ月であり、最も長い県は千葉県で3.6ヶ月あった。TCの半減期は栃木県が最も短く3.3ヶ月となった。このことから栃木県は技術進歩が早いことがわかる。また最も長い県は神奈川、山梨県の3.8ヶ月となった。神奈川県は畑作中心であるため、稲作の

半減期は長くなったと考えられる。MIの半減期は、最も短い県は長野県の3.3ヶ月であり、最も長い県は神奈川県3.8ヶ月であった。

北陸地方では、TECの半減期は、富山県が2.7ヶ月と最も短く、福井県が3.6ヶ月と最も長くなっている。TCの半減期は、最短が富山県の3.0ヶ月、最長が新潟県で3.6ヶ月となっている。MIの半減期が最も短い県は富山県で3.1ヶ月、反対に最も長い県は石川県と福井県で3.4ヶ月となっている。すべて指標において富山県は最短の半減期となった。富山県は集落営農が活発であり、技術伝播しやすい環境にあるためと考えられる。

東海地方では、TECの半減期でみると、岐阜県が最短で2.4ヶ月、静岡県が最長で3.6ヶ月であることが明らかになった。TCの半減期は、最も短い県が岐阜県で3.6ヶ月、最も長い県が静岡県、三重県で3.8ヶ月となっている。MIの半減期についてみると岐阜県、三重県の3.2ヶ月が最短であり、静岡県が3.3ヶ月で最長となった。

近畿地方において、TECの半減期は滋賀県と京都府が2.7ヶ月と最も短く、大阪府と和歌山県が3.0ヶ月と最も長くなっている。これに対してTCの半減期は、滋賀県3.3ヶ月と最短、大阪府、奈良県で3.8ヶ月と最長になっている。MIの半減期が最も短い県は滋賀県であり2.6ヶ月であり、最も長い県は3.2ヶ月の奈良県であった。滋賀県はすべての指標において半減期が最短となっている。滋賀県は水田利用再編対策(1978-1986)以降、行政主導による積極的な農業政策を推進しており、特に集落営農が効果的に技術伝播に影響したと思われる。

中国地方において、TECの半減期が最も短くなっている県は、山口県で2.8ヶ月、最も長くなっている県は鳥取県で3.5ヶ月となった。TCの半減期に目を移してみると、最短は岡山県、山

口県で3.7ヶ月、最長は島根県で3.9ヶ月となっている。またMIの半減期は島根県、山口県の3.6ヶ月が最も短く、鳥取県、岡山県の3.7ヶ月がもっとも長くなっている。

四国地方では、TECの半減期は徳島県が最短で2.8ヶ月であり、最長が高知県の3.7ヶ月となった。これに対し、TCの半減期は香川県の3.8ヶ月が最も短く、徳島県の4.0ヶ月が最も長くなっており、また四国平均も3.9ヶ月と全国で最も長い地方となっている。このことからTCの技術が伝播しにくい地方であることが示された。MIの半減期について見てみると最短が徳島県の3.0ヶ月であり、最長が香川県、高知県の3.5ヶ月となった。

九州地方のTEC半減期については、佐賀県、熊本県、大分県が最も短く3.2ヶ月となり、鹿児島県の3.5ヶ月が最も長くなった。TCの半減期では、宮崎県が最短で3.7ヶ月であり鹿児島県が4.0ヶ月で最長となった。鹿児島県は稲作の作付率が低く、畑作中心の農業であるため、技術伝播の半減期が長くなったと考えられる。MIの半減期は、長崎県が3.5ヶ月で最も短く、大分県、鹿児島県が3.9ヶ月で最も長くなった。

VI 日本の農業政策と技術進歩

日本の農政を取り巻く状況は、人口減少や基幹農業従事者の高齢化に伴い、国内の農業市場規模は減少傾向にある。一方、世界の農産物マーケットは拡大の可能性があり、国内外のマーケットの変化を考慮すれば、農林水産業の国際競争力の強化や輸出産業への成長などが必要不可欠であると思われる。第2次安倍内閣時に農林水産業の成長産業化と農林漁業者の生産性や所得向上のため、農林水産政策改革のグランドデザインである「農林水産業・地域の活力創造プラン」(以下、活力創造プラン)を平成25年度に立ち上げ、「需要

フロンティアの拡大」として農林水産物・食品の輸出促進を進め、「バリューチェーンの構築」として6次産業かの推進とスマート農業の推進を実施した。さらに「生産現場の強化」として農地バンクの創設と米政策改革に取り組むとされた。そして「多面的機能の維持・発揮」として農泊の推進、ジビエの利活用の推進、農服連携の推進している。管政権になっても継続されるので活力創造プランは続けられるが、厳しい状況にあるのが現実だろう。農業の生産性に関する事項として、農地バンクの創設における農地中間管理機構だが、耕作放棄地の解消と担い手への農地集積をめざしたが、地域内に分散・錯綜した農地を担い手ごとに集約化が難しい。農地の出し手から農地中間管理機構に出される農地は、地力が弱い農地(土壌的に課題があるとされている石が多く、栄養分が少ない農地)や、条件不利地(山間の矮小な農地)などであり、地力があり農機具が入りやすい農地は自らが耕作することが一般的である。そのため、受け手である担い手にすれば農地集約が進まず、引き受ければかえって非効率になることが問題点としてあげられている。また担い手の農地集積状況を見ると、全耕地に占める担い手の利用面積割合は2015年に52.3%であり、2018年は56.2%(3.1万ha)と上昇傾向にある。しかし目標として2023年に全耕地面積の80%としており、一層の集積・集約化の加速化を図る必要がある。

また農業新技術に関し、ICTやロボット技術、AI等の先端技術を導入し、競争力を向上するための強力なツールの導入は待ったなしの課題といえる。農業新技術の現場実装推進プログラムとして、農業や企業、研究機関、行政などの関係者が、開発から普及に至る取り組みを進めておりの農業現場への新技術の実装を加速化し、農業経営の改善を目指している。水田作(平場)ではロボットトラクター(遠隔監視)や自動水管理システムを使い、労働時間を50%削減し経営コストを20%

削減/60kgを進めているところである。また効率化が難しいとされている水田作(中山間)では、リモコン式草刈り機や小型汎用コンバインを使い、労働時間を35%削減し経営コストを5%削減/60kgを目指して実証事業を実施している(スマート農業関連実証事業)。ほかにもドローンを使って農薬散布し、AIと組み合わせることで病害虫を検知し、ピンポイントで農薬散布を行うなど実証事業が活発に進められているところである。

担い手の減少や農業者の高齢化など農業環境は年々厳しくなっており、農業政策としても技術効率を上昇させる施策や、新たな技術進歩を提案するなどさまざまな施策を進められている。食料自給率を向上させる観点からも生産性を上げることは喫緊の課題といえる。

VII おわりに

本研究では、都道府県別の稲作の技術効率性や技術進歩を計測し、それらが地域毎に収束するか否かという点について分析してきた。まずマルムクイスト指数(MI)で測った技術変化を、技術効率性の変化(TEC)と技術進歩の変化(TC)の影響に分解して計測した。また、これらの指標が地域毎に収束するか否かを検定した。さらに、半減期、すなわち、均衡からの距離が半分になる期間を計測し、収束速度を計測した。

まず、ADF検定の結果から、都道府県の各地域においてマルムクイスト指数(生産性指数)が最も良好な都道府県に収束するという結果が得られた。また、技術効率性(TEC)の収束速度は比較的速く、技術進歩の収束速度は遅い傾向にあることが示唆された。これは伝えられた技術を効率的利用することは速く伝播するが、技術進歩の場合、低い地域に技術自体を定着させるには時間がかかることを意味している。稲作は全国各地に

作付けされているものの、品種、地域性、気象条件等が大きく影響するものと思われる。

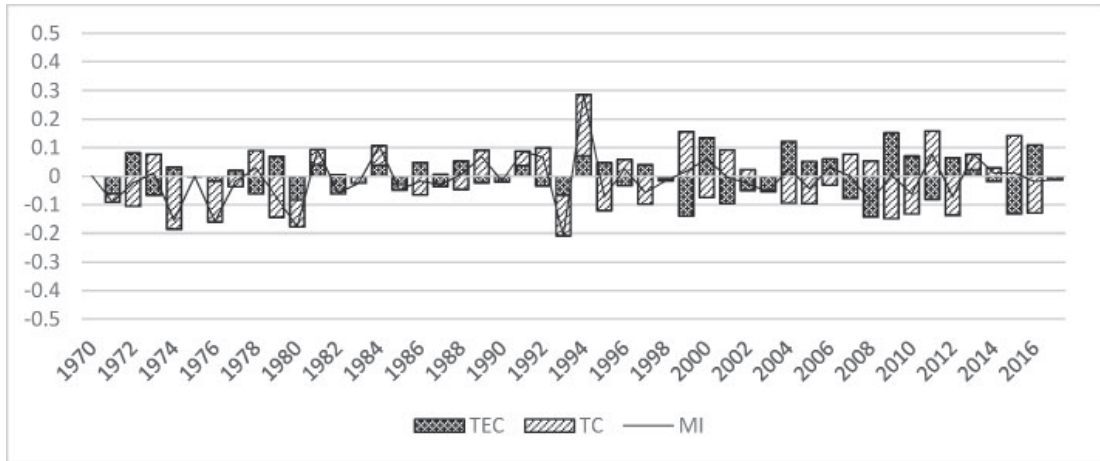
各地における半減期の分析結果によると、北海道・東北地方では、各指標の半減期が最も短い県は、TECが福島県、TC、MIが山形県であった。一方、半減期の最も長い県が、TEC、MIが青森県、TCが青森県、岩手県、宮城県となった。関東地方では、各指標の半減期は、TECが群馬県と長野県、TCが栃木県、MIが長野県で最短であった。一方、TECが千葉県、TCは神奈川県、山梨県、MIが神奈川県で最長である。北陸地方では、TEC、TC、MIが富山県で最短となった。これに対し最長は、TECが福井県、TCが新潟県、MIが石川県、福井県において最長となっていた。東海地方においては、各指標の半減期が最短の県は、TEC、TCが岐阜県、MIが岐阜県、三重県であった。反対に最長の県はTECが静岡県、TCが静岡県、三重県、MIが静岡県となった。近畿地方での各指標の半減期は、TECが滋賀県、京都府、TC、MIが滋賀県で最短になった。他方、半減期が最長の府県は、TECは大阪府、和歌山県、TCは大阪府、奈良県、MIは奈良県であった。中国地方においては、半減期が最短の県は、TECは山口県、TCは岡山県、山口県、MIは島根県、山口県となった。最長は、TECが鳥取県、TCが鳥取県、MIが鳥取県、岡山県となった。四国地方においては、半減期の最短はTECは、MIは徳島県、TCは香川県となった。また最長の県は、TECが高知県、TCが徳島県、MIが香川県、高知県となった。九州地方では、各指標の半減期の最短は、TECが佐賀県、熊本県、大分県、TCが宮崎県、沖縄県、MIが長崎県、宮崎県となった。反対に最長の県は、TEC、TCが鹿児島県、MIが大分県、鹿児島県という結果が得られた。

本研究の分析結果から、各地域において、稲作の技術進歩や技術効率性、マルムクイスト指数が収束する傾向にあり、稲作の生産技術が伝播し、

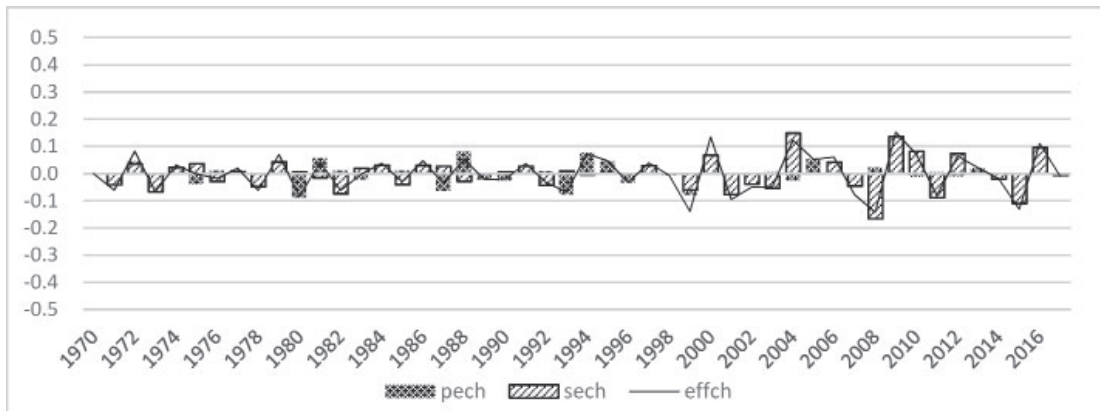
各地域でより効率的な生産が行われていることがわかった。また、収束速度である半減期をみると、収束する速度が速い県と遅い県が存在し、その収束速度が地域により大きな差異があることが明らかになった。

今後の研究課題として、主要作物である稲作の技術が他の作物へ伝播するのか明らかにされていない。さらにその収束速度は、同じ作物間の速度に比べて異なるのか比較検討することが、今後の課題である。

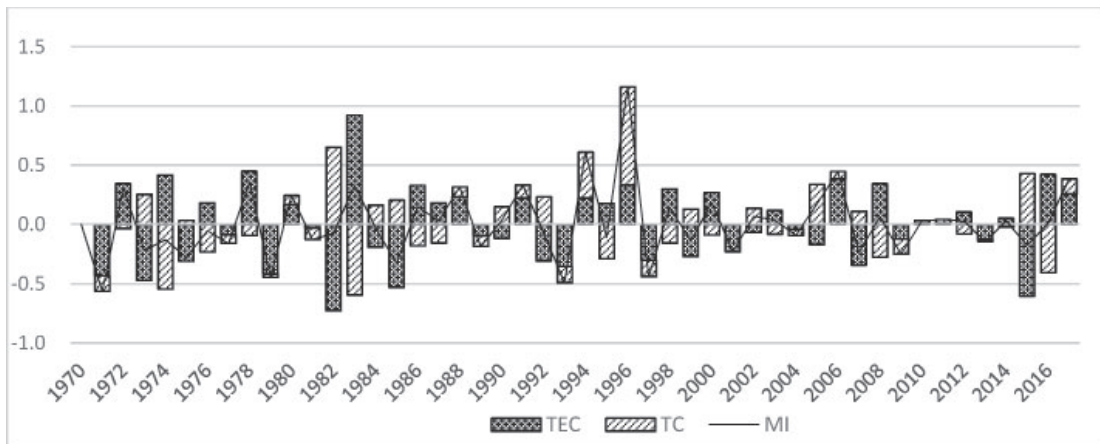
図1 稲作の生産性 (MI)、技術効率 (TEC)、技術進歩 (TC) の変化 (%) (全国)



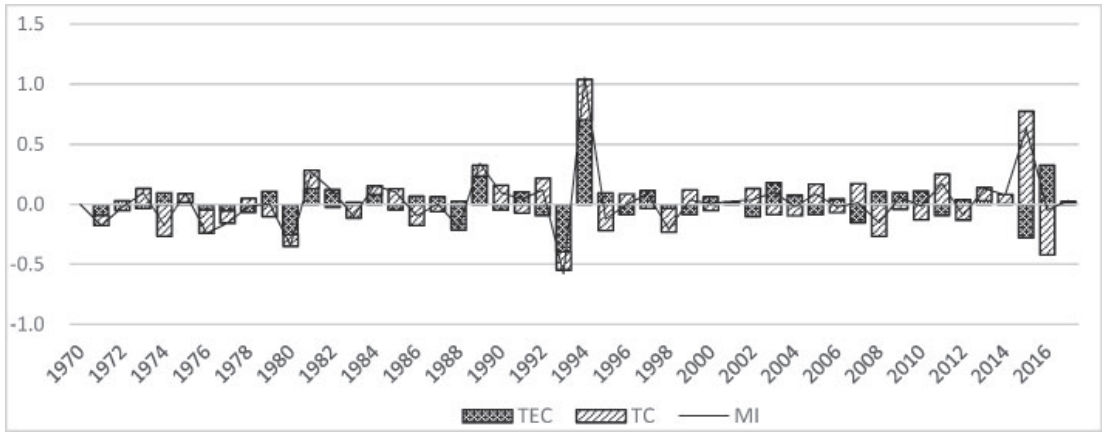
稲作の技術効率 (規模に関して収穫可変を仮定した技術効率性と規模に関する効率性の変化) の変化 (全国)



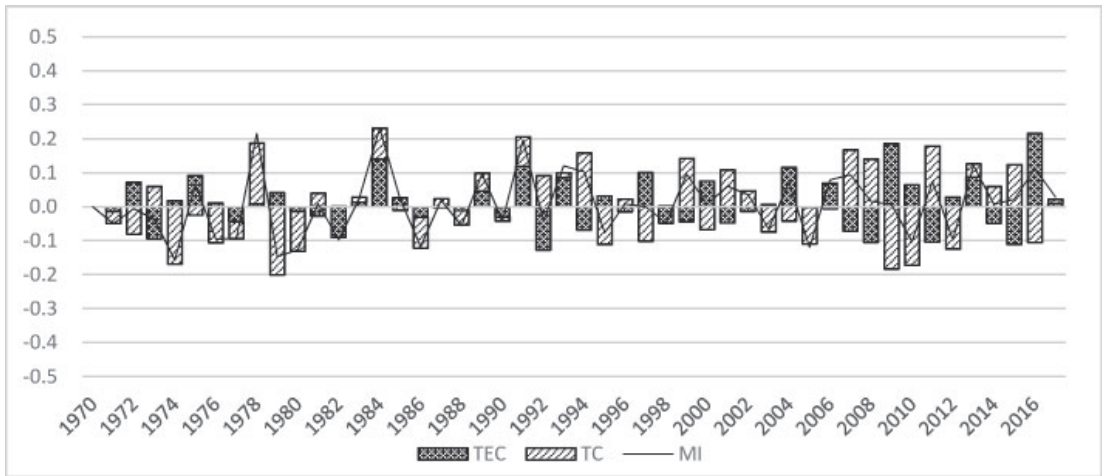
各地域における生産性の変化
北海道



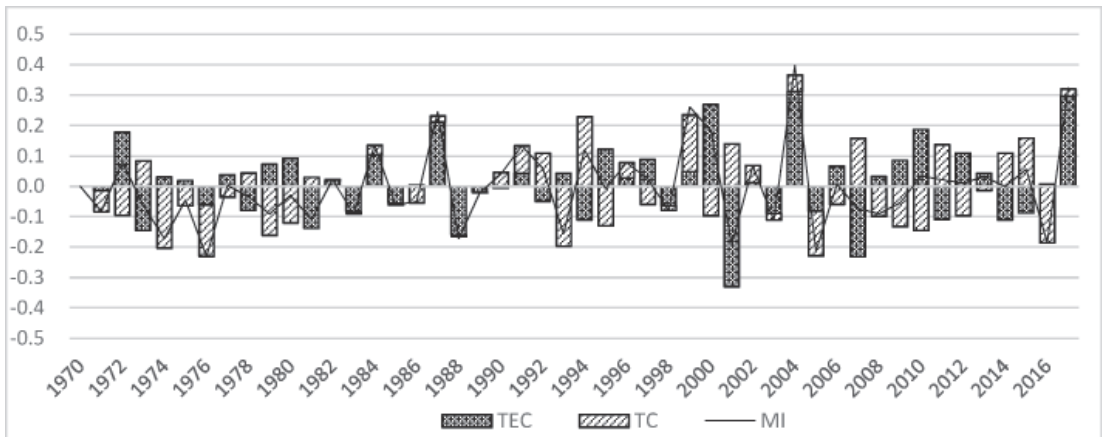
東北



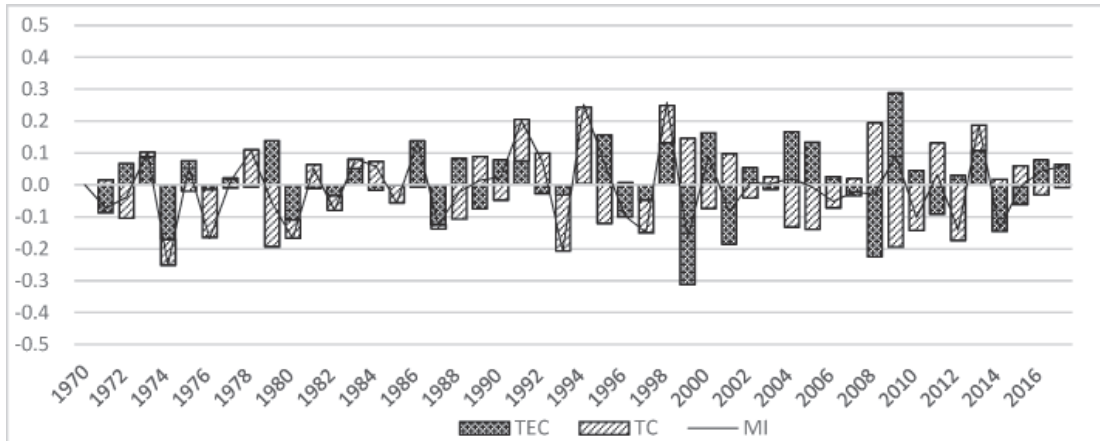
関東



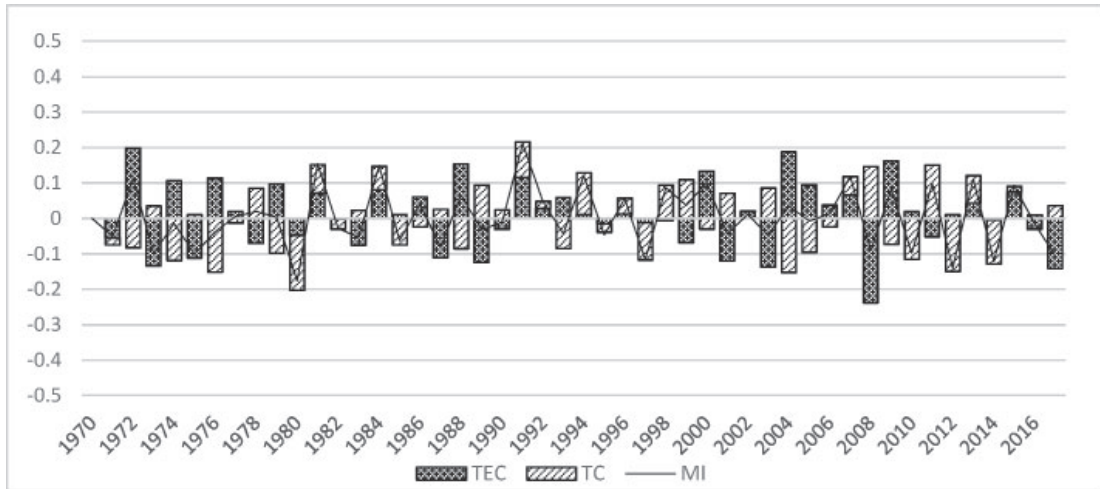
北陸



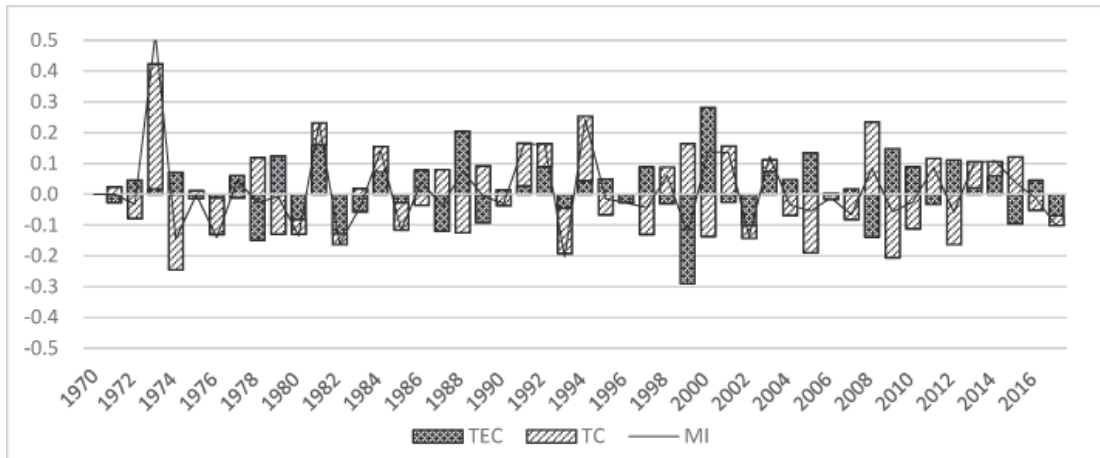
東海



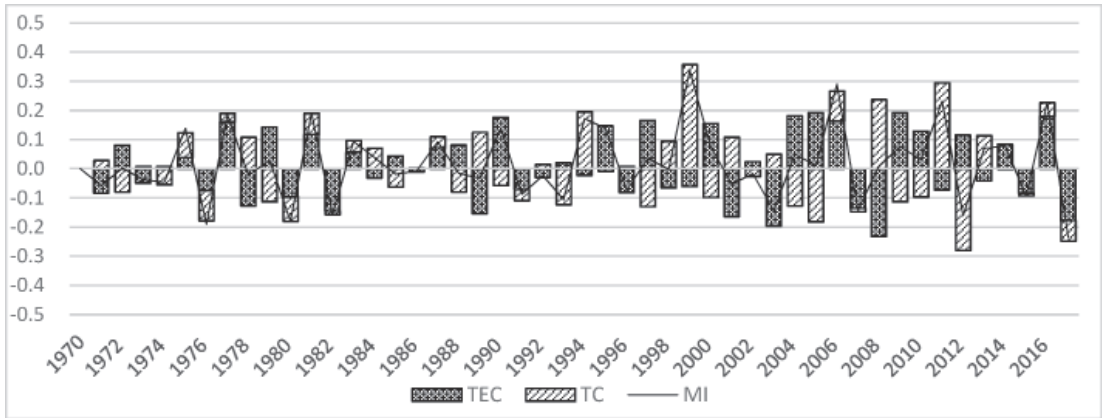
近畿



中国



四国



九州・沖縄

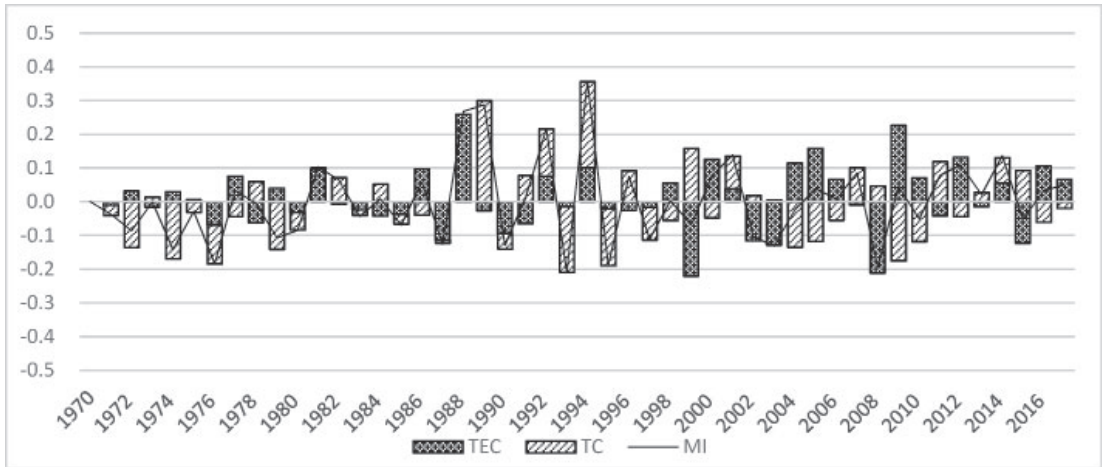


表2 ADF検定による収束性の検定結果

| | malmquist index(MI) | | | | technical efficiency change(TEC) | | | | technical change(TC) | | | |
|-----------------|---------------------|------------|-------------|----------|----------------------------------|------------|-------------|----------|----------------------|------------|-------------|----------|
| | Φ(1) | Std. Error | t-Statistic | 結果 | Φ(1) | Std. Error | t-Statistic | 結果 | Φ(1) | Std. Error | t-Statistic | 結果 |
| (北海道・東北) | | | | | | | | | | | | |
| 北海道 | -1.42 | 0.13 | -10.59 | *** 絶対収束 | -1.51 | 0.13 | △ 11.79 | *** 絶対収束 | -1.39 | 0.13 | △ 10.35 | *** 絶対収束 |
| 青森 | -1.21 | 0.15 | -8.27 | *** 絶対収束 | -1.46 | 0.13 | △ 11.06 | *** 絶対収束 | -1.21 | 0.14 | △ 8.49 | *** 絶対収束 |
| 岩手 | -1.36 | 0.14 | -9.67 | *** 絶対収束 | -1.52 | 0.13 | △ 11.82 | *** 絶対収束 | -1.17 | 0.14 | △ 8.15 | *** 絶対収束 |
| 宮城 | -1.29 | 0.15 | -8.58 | *** 絶対収束 | -2.07 | 0.26 | △ 7.94 | *** 絶対収束 | -1.18 | 0.14 | △ 8.26 | *** 絶対収束 |
| 秋田 | -1.25 | 0.15 | -8.43 | *** 絶対収束 | -1.57 | 0.13 | △ 12.45 | *** 絶対収束 | -1.23 | 0.14 | △ 8.68 | *** 絶対収束 |
| 山形 | -3.80 | 0.79 | -4.79 | *** 絶対収束 | bench mark | | | | -4.66 | 0.74 | △ 6.31 | *** 絶対収束 |
| 福島 | bench mark | | | | -2.29 | 0.27 | △ 8.48 | *** 絶対収束 | bench mark | | | |
| (関東) | | | | | | | | | | | | |
| 茨城 | -1.39 | 0.14 | -10.08 | *** 絶対収束 | -1.95 | 0.25 | △ 7.82 | *** 絶対収束 | -1.24 | 0.14 | △ 8.77 | *** 絶対収束 |
| 栃木 | -1.33 | 0.14 | -9.42 | *** 絶対収束 | -1.36 | 0.14 | △ 9.77 | *** 絶対収束 | -1.53 | 0.12 | △ 12.45 | *** 絶対収束 |
| 群馬 | bench mark | | | | -2.76 | 0.42 | △ 6.65 | *** 絶対収束 | bench mark | | | |
| 埼玉 | -1.29 | 0.14 | -8.99 | *** 絶対収束 | bench mark | | | | -1.34 | 0.14 | △ 9.80 | *** 絶対収束 |
| 千葉 | -1.44 | 0.14 | -10.64 | *** 絶対収束 | -1.33 | 0.15 | △ 8.93 | *** 絶対収束 | -1.36 | 0.14 | △ 9.96 | *** 絶対収束 |
| 神奈川 | -1.19 | 0.15 | -7.88 | *** 絶対収束 | -1.43 | 0.16 | △ 9.00 | *** 絶対収束 | -1.18 | 0.14 | △ 8.27 | *** 絶対収束 |
| 山梨 | -1.29 | 0.14 | -9.09 | *** 絶対収束 | -2.20 | 0.60 | △ 3.69 | *** 絶対収束 | -1.21 | 0.14 | △ 8.39 | *** 絶対収束 |
| 長野 | -1.49 | 0.13 | -11.31 | *** 絶対収束 | -2.83 | 0.43 | △ 6.50 | *** 絶対収束 | -1.39 | 0.14 | △ 10.20 | *** 絶対収束 |
| (北陸) | | | | | | | | | | | | |
| 新潟 | bench mark | | | | bench mark | | | | -1.31 | 0.14 | △ 9.41 | *** 絶対収束 |
| 富山 | -1.65 | 0.12 | -13.23 | *** 絶対収束 | -2.07 | 0.26 | △ 8.01 | *** 絶対収束 | -1.81 | 0.23 | △ 7.79 | *** 絶対収束 |
| 石川 | -1.45 | 0.13 | -10.84 | *** 絶対収束 | -1.63 | 0.12 | △ 13.99 | *** 絶対収束 | bench mark | | | |
| 福井 | -1.45 | 0.14 | -10.67 | *** 絶対収束 | -1.34 | 0.14 | △ 9.37 | *** 絶対収束 | -1.38 | 0.14 | △ 10.18 | *** 絶対収束 |
| (東海) | | | | | | | | | | | | |
| 岐阜 | -1.61 | 0.12 | -13.71 | *** 絶対収束 | -2.44 | 1.00 | △ 2.45 | ** 絶対収束 | -1.33 | 0.14 | △ 9.67 | *** 絶対収束 |
| 静岡 | -1.55 | 0.12 | -12.45 | *** 絶対収束 | -1.34 | 0.17 | △ 8.01 | *** 絶対収束 | -1.20 | 0.14 | △ 8.40 | *** 絶対収束 |
| 愛知 | bench mark | | | | bench mark | | | | bench mark | | | |
| 三重 | -1.58 | 0.13 | -12.48 | *** 絶対収束 | -1.66 | 0.13 | △ 12.81 | *** 絶対収束 | -1.19 | 0.14 | △ 8.34 | *** 絶対収束 |
| (近畿) | | | | | | | | | | | | |
| 滋賀 | -2.15 | 0.32 | -6.79 | *** 絶対収束 | -2.12 | 0.32 | △ 6.64 | *** 絶対収束 | -1.48 | 0.28 | △ 5.38 | *** 絶対収束 |
| 京都 | -2.07 | 0.25 | -8.32 | *** 絶対収束 | -2.13 | 0.24 | △ 8.87 | *** 絶対収束 | -1.34 | 0.14 | △ 9.78 | *** 絶対収束 |
| 大阪 | -1.69 | 0.23 | -7.38 | *** 絶対収束 | -1.73 | 0.22 | △ 7.70 | *** 絶対収束 | -1.17 | 0.14 | △ 8.17 | *** 絶対収束 |
| 兵庫 | bench mark | | | | bench mark | | | | bench mark | | | |
| 奈良 | -1.64 | 0.19 | -8.45 | *** 絶対収束 | -1.85 | 0.22 | △ 8.25 | *** 絶対収束 | -1.17 | 0.14 | △ 8.11 | *** 絶対収束 |
| 和歌山 | -1.79 | 0.21 | -8.53 | *** 絶対収束 | -1.73 | 0.22 | △ 7.96 | *** 絶対収束 | -1.30 | 0.14 | △ 9.35 | *** 絶対収束 |
| (中国) | | | | | | | | | | | | |
| 鳥取 | -1.28 | 0.14 | -9.19 | *** 絶対収束 | -1.40 | 0.13 | △ 10.46 | *** 絶対収束 | -1.20 | 0.14 | △ 8.41 | *** 絶対収束 |
| 島根 | -1.30 | 0.14 | -9.15 | *** 絶対収束 | bench mark | | | | -1.15 | 0.14 | △ 7.97 | *** 絶対収束 |
| 岡山 | -1.23 | 0.14 | -8.53 | *** 絶対収束 | -1.47 | 0.13 | △ 11.27 | *** 絶対収束 | -1.24 | 0.14 | △ 8.80 | *** 絶対収束 |
| 広島 | bench mark | | | | -1.53 | 0.13 | △ 12.13 | *** 絶対収束 | bench mark | | | |
| 山口 | -1.29 | 0.14 | -9.10 | *** 絶対収束 | -2.00 | 0.25 | △ 8.11 | *** 絶対収束 | -1.25 | 0.14 | △ 8.85 | *** 絶対収束 |
| (四国) | | | | | | | | | | | | |
| 徳島 | -1.80 | 0.24 | -7.65 | *** 絶対収束 | -1.94 | 0.24 | △ 8.11 | *** 絶対収束 | -1.09 | 0.15 | △ 7.49 | *** 絶対収束 |
| 香川 | -1.35 | 0.14 | -9.69 | *** 絶対収束 | -1.83 | 0.23 | △ 8.11 | *** 絶対収束 | -1.21 | 0.14 | △ 8.50 | *** 絶対収束 |
| 愛媛 | bench mark | | | | bench mark | | | | bench mark | | | |
| 高知 | -1.39 | 0.14 | -10.09 | *** 絶対収束 | -1.26 | 0.14 | △ 8.71 | *** 絶対収束 | -1.15 | 0.14 | △ 7.98 | *** 絶対収束 |
| (九州・沖縄) | | | | | | | | | | | | |
| 福岡 | -1.23 | 0.15 | -8.37 | *** 絶対収束 | bench mark | | | | -1.16 | 0.14 | △ 8.08 | *** 絶対収束 |
| 佐賀 | -1.21 | 0.15 | -8.28 | *** 絶対収束 | -1.56 | 0.13 | △ 12.43 | *** 絶対収束 | -1.20 | 0.14 | △ 8.37 | *** 絶対収束 |
| 長崎 | -1.41 | 0.14 | -10.39 | *** 絶対収束 | -1.54 | 0.13 | △ 12.18 | *** 絶対収束 | -1.20 | 0.14 | △ 8.38 | *** 絶対収束 |
| 熊本 | bench mark | | | | -1.64 | 0.12 | △ 13.69 | *** 絶対収束 | bench mark | | | |
| 大分 | -1.11 | 0.15 | -7.48 | *** 絶対収束 | -1.57 | 0.13 | △ 12.42 | *** 絶対収束 | -1.19 | 0.14 | △ 8.33 | *** 絶対収束 |
| 宮崎 | -1.39 | 0.14 | -10.17 | *** 絶対収束 | -1.46 | 0.14 | △ 10.52 | *** 絶対収束 | -1.25 | 0.14 | △ 8.87 | *** 絶対収束 |
| 鹿児島 | -1.13 | 0.15 | -7.62 | *** 絶対収束 | -1.40 | 0.14 | △ 9.90 | *** 絶対収束 | -1.09 | 0.15 | △ 7.50 | *** 絶対収束 |
| 沖縄 | -1.25 | 0.14 | -8.67 | *** 絶対収束 | -1.49 | 0.14 | △ 10.81 | *** 絶対収束 | -1.24 | 0.14 | △ 8.79 | *** 絶対収束 |

(注1) ***は1%、**は5%、*は10%で有意であることを示す。
 (注2) Φ(1)はモデル1の係数を表す。モデル1は(7)式に示されている。

表3 都道府県別の半減期 (単位:月数)

| | TEC | TC | MI | 平均 (TEC,TC,MI) |
|----------|-----|-----|-----|-------------------|
| (北海道・東北) | | | | |
| 平均 | 3.1 | 3.3 | 3.3 | 3.2 |
| 北海道 | 3.3 | 3.5 | 3.4 | 3.4 |
| 青森 | 3.4 | 3.8 | 3.8 | 3.6 |
| 岩手 | 3.3 | 3.8 | 3.5 | 3.6 |
| 宮城 | 2.7 | 3.8 | 3.6 | 3.4 |
| 秋田 | 3.2 | 3.7 | 3.7 | 3.6 |
| 山形 | | 1.5 | 1.7 | 1.6 |
| 福島 | 2.5 | | | 2.5 |
| (関東) | | | | |
| 平均 | 2.9 | 3.6 | 3.6 | 3.3 |
| 茨城 | 2.8 | 3.7 | 3.5 | 3.3 |
| 栃木 | 3.5 | 3.3 | 3.6 | 3.5 |
| 群馬 | 2.2 | | | 2.2 |
| 埼玉 | | 3.5 | 3.6 | 3.6 |
| 千葉 | 3.6 | 3.5 | 3.4 | 3.5 |
| 神奈川 | 3.4 | 3.8 | 3.8 | 3.7 |
| 山梨 | 2.6 | 3.8 | 3.6 | 3.3 |
| 長野 | 2.2 | 3.5 | 3.3 | 3.0 |
| (北陸) | | | | |
| 平均 | 3.1 | 3.4 | 3.3 | 3.3 |
| 新潟 | | 3.6 | | 3.6 |
| 富山 | 2.7 | 3.0 | 3.1 | 2.9 |
| 石川 | 3.2 | | 3.4 | 3.3 |
| 福井 | 3.6 | 3.5 | 3.4 | 3.5 |
| (東海) | | | | |
| 平均 | 3.0 | 3.7 | 3.2 | 3.3 |
| 岐阜 | 2.4 | 3.6 | 3.2 | 3.1 |
| 静岡 | 3.6 | 3.8 | 3.3 | 3.5 |
| 愛知 | | | | |
| 三重 | 3.1 | 3.8 | 3.2 | 3.4 |
| (近畿) | | | | |
| 平均 | 2.9 | 3.6 | 2.9 | 3.1 |
| 滋賀 | 2.7 | 3.3 | 2.6 | 2.9 |
| 京都 | 2.7 | 3.6 | 2.7 | 3.0 |
| 大阪 | 3.0 | 3.8 | 3.1 | 3.3 |
| 兵庫 | | | | |
| 奈良 | 2.9 | 3.8 | 3.2 | 3.3 |
| 和歌山 | 3.0 | 3.6 | 3.0 | 3.2 |
| (中国) | | | | |
| 平均 | 3.2 | 3.8 | 3.7 | 3.5 |
| 鳥取 | 3.5 | 3.8 | 3.7 | 3.6 |
| 島根 | | 3.9 | 3.6 | 3.7 |
| 岡山 | 3.4 | 3.7 | 3.7 | 3.6 |
| 広島 | 3.3 | | | 3.3 |
| 山口 | 2.8 | 3.7 | 3.6 | 3.4 |
| (四国) | | | | |
| 平均 | 3.2 | 3.9 | 3.3 | 3.4 |
| 徳島 | 2.8 | 4.0 | 3.0 | 3.3 |
| 香川 | 2.9 | 3.8 | 3.5 | 3.4 |
| 愛媛 | | | | |
| 高知 | 3.7 | 3.9 | 3.5 | 3.7 |
| (九州・沖縄) | | | | |
| 平均 | 3.3 | 3.8 | 3.7 | 3.6 |
| 福岡 | | 3.8 | 3.7 | 3.8 |
| 佐賀 | 3.2 | 3.8 | 3.8 | 3.6 |
| 長崎 | 3.3 | 3.8 | 3.5 | 3.5 |
| 熊本 | 3.2 | | | 3.2 |
| 大分 | 3.2 | 3.8 | 3.9 | 3.7 |
| 宮崎 | 3.4 | 3.7 | 3.5 | 3.5 |
| 鹿児島 | 3.5 | 4.0 | 3.9 | 3.8 |
| 沖縄 | 3.3 | 3.7 | 3.7 | 3.6 |
| 全国平均 | 3.1 | 3.6 | 3.4 | 3.3 |

(注) 空欄はベンチマークにより計測値なし

参考文献

Caves, D. W., Christensen, L. R. and Diewert, W. E. (1982) The economic theory of index number and the measurement of input, output and productivity, *Econometrica* 50: 1393-1414.

Horie, T., and M. Yamaguchi (2006) Productivity Growth, Efficiency Change and Technical Change in Japanese Agriculture:1965-1995, *Japanese Journal of Rural Economics* 8: 64-78.

Im, K. S., Pesaran, M. H. and Shin, Y. (2003) Testing for unit roots in heterogeneous panels, *Journal of Econometrics* 115: 53-74.

Kecuk, S., Colin, T. (2001) Asian Agricultural Productivity and Convergence, *Journal of Agricultural Econometrics* 52: 96-110.

Levin, A., Lin, C. and Chu, C. J. (2002) Unit root tests in panel data: Asymptotic and finite sample properties, *Journal of Econometrics* 108: 1-24.

鬼木俊次 (2000) 「日本の稲作における資本体的技術進歩」『農業経済研究 別冊 日本農業経済学会論文集 2000』:36-38.

近藤功庸・山本康貴 (2003) 「減反開始期以降におけるわが国稲作生産性の停滞とその要因—Malmquist 生産性指数分析からの接近—」『農業経済研究 別冊日本農業経済学会論文集』: 355-359

近藤功庸・山本康貴 (2004) 「地域別に見たわが国

- 稲作生産性の推移とその要因—減反開始期以降を対象として—『農林業問題研究』40(1):242-245.
- 近藤功庸・笹木潤・山本康貴(2010)「日本における「稲作生産性停滞仮説」の再検証:生産性変化の地域別貢献度分析と経済収束分析を通じて」『農林業問題研究』46(1):14-22.
- 新谷正彦(1969)「戦前日本農業の代替の弾力性と技術進歩の性格の計測」『農業経済研究』41(3):97-105.
- 新谷正彦(1990)「農業生産関数の計測:展望」『農林業問題研究』26(3):34-41.
- 高松良樹・衣笠智子(2010)「日本農業の技術効率性と収束—マルムクイスト指数およびパネル単位根検定を用いた計量的研究—」『経済政策ジャーナル』7(1):49-67.
- 茅野甚治郎(1982)「技術進歩の偏向性の計測—費用関数からの接近」『農経論叢』(38):93-117.
- 土屋圭造(1966)「日本農業の技術進歩率(1922～1963)—稲作技術をめぐって」『農業経済研究』38(2):50-61.
- 中川雅嗣(2019)「包絡分析法を用いた野菜作の生産性分析」『農林業問題研究』55(3):189-196.
- 中渡明弘(2010)「米の生産調整政策の経緯と動向」『調査と情報』659.
- 南亮進・石渡茂(1969)「農業の生産関数と技術進歩(1953～1965)」『経済研究』20(3):226-236.
- 山口三十四(1985)「農業および非農業技術進歩の非対称性—人口・農業・経済発展との関連」『農業経済研究』56(4):195-206.
- 山口三十四・陳建宏(1999)「戦後日本農業成長の計量的分析—農業所得成長の収束についての検証—」『農業経済研究』71(1):37-44.
- 山口三十四・霍靈光(2004)「包絡線分析法による旧ソ連諸国の農業技術効率性と収束の分析」『農林業問題研究』40(3):339-347.
- 山本康貴・近藤功庸・笹木潤(2007)「わが国稲作生産性の伸びはゼロとなるか?—総合生産性、技術変化およびキャッチ・アップ効果の計測を通じて—」『農業経済研究』79(3):154-165.