

Malmquist 指数による中国稲作の効率性分析

江 良 亮

1. はじめに

本稿の目的は、2000年代を対象期間として、中国の稲作農業を対象に Malmquist 指数を用いて効率性分析を行うことである。Malmquist 指数を算出することにより中国におけるジャポニカ米生産の効率性の推移を考察し、効率性変動を Catch Up 効果と Frontier Shift 効果に分類する。

2000年代を対象とする理由としては、この期間において中国経済がルイス転換点 (the Lewis Turning Point) を超えたか否かについての論争が巻き起こったことが挙げられる⁽¹⁾。ルイス転換点とは、この転換点を超えると農業部門の賃金が限界生産力にて決定される段階となることを意味する。そこでは、途上国の工業化の段階において、初期時点では限界生産力未満の労働力、つまり過剰労働力が存在している。工業化の進展に従って、農工間で労働力が移動していき、農業部門の限界生産力が実質賃金と等しくなり、過剰労働力が消滅する水準とも定義される。大塚 (2006) や田島 (2008) は賃金の上昇や労働需給の逼迫といった現象から、過剰労働力は消滅しており、2004年以降に中国経済はルイス転換点を超えたとしている。これらとは反対に、農業部門全体を対象とした Minami and Ma (2010) や稲作生産に特化した Inada and Yamamoto (2010) では、共にコブ=ダグラス型生産関数の推定を通じ、労働の限界生産力と実質賃金の比較から前者が後者を超えていないことから、ルイス転換点を超えていないとの結論に至っている。また、Era and Moriwaki (2013) では省別のパネルデータからルイス転換点を超えている省とそうでない省の双方が確認されたとしている。2000年代の中国経済が転換点を超えたか否かについては未だコンセンサスには達していないものの、中国農業部門を考察する上で、この2000年代が重要な年代であると言える。

実際に2000年代においては表1の通り、農村人口を全人口で除した農村人口比率は2000年の64.12%から2009年の52.12%へと低下している。農業付加価値額を農村人口で除した一人当たり付加価値額は2000年の約274元から2009年の約464元へと急上昇している。2000年から2009年の間での一人当たり農業付加価値の複利成長率は約6.79%となっており、1990年から1999年までの複利成長率である約4.35%よりも高いものとなっている。そこで当該期間におけ

るこの一人当たり付加価値の上昇期間における効率性の推移を分析していきたい。

表 1 農村人口比率と一人当たり農業付加価値

	農村人口比率	農村一人当たり 農業付加価値 (元)
2000 年	64.12%	274.76
2001 年	62.91%	286.24
2002 年	61.57%	299.19
2003 年	60.22%	311.74
2004 年	58.86%	337.12
2005 年	57.48%	361.12
2006 年	56.13%	385.93
2007 年	54.80%	407.59
2008 年	53.46%	437.52
2009 年	52.12%	464.61

注) 『中国統計年鑑』各年度版より筆者作成

本稿は、過剰就業自体を検証するものではないが、生産関数の特定化を仮定しない手法で効率性分析を行うことにより、中国農業部門にとって極めて重要な年代と思われる 2000 年代に焦点を当て、Malmquist 指数を用いて何らかの構造的な変化が生じていたか否かを考察するものである。後述するように Malmquist 指数は効率性の上昇を Catch up 指数と Frontier Shift 指数に分解することができる。中国における稲作部門をこのような効率性の要因分解によって導出することが本稿のコントリビューションである。加えて、Malmquist 指数のようなノンパラメトリックな指標を用いた既存研究も現状では希有であると思われる。

2. 分析方法

Malmquist 指数とはフロンティア分析の一つである。フロンティア分析とは複数の経済主体間の投入・産出の効率性を最も効率性な生産活動を行っている主体をフロンティアとし、それ以外の主体のフロンティアからの乖離で相対比較を行うものである。このようなフロンティア分析にはノンパラメトリックな DEA (Data Envelopment Analysis: 包絡線分析) やパラメトリックな SFA (Stochastic Frontier Analysis: 確率フロンティア分析) がある。Malmquist 指数は DEA を拡張したものと言える。

DEA とは、経営効率分析法とも呼ばれ、複数の投入と産出からなる生産プロセスにおける効率性を分析するものである。ここでいう効率性とは、投入と産出の比率であり、より少ない投入を用いて、より大きな産出を得ることができれば効率性が高まったと考えるものである。単数の投入・産出関係であれば、汎用的に使われている労働生産性のように、比率によって容易に効率性の計算が可能になるが、多くの財・サービスの提供においてはこのようにはいかない。そのよ

うなケースでの効率性を分析する際に、DEA は数多く用いられる手法である。加えて、競争的な経済主体の分析に止まらず、教育や医療といった必ずしも効率性を目的とはしない公的サービス等の分析にも適用できるということも、この DEA のメリットの一つである。DEA においては、比較対象とする主体を「意思決定主体」もしくは「事業体」(Decision Making Unit, 以下では DMU と表記する) と呼ぶ。

Malmquist 指数は複数期間にわたる効率性の変化を示した、いわば DEA のパネルデータへの拡張ともいえる。まず、Coelli (1996), 横見 (2003), そして山崎・伊多波 (2010) 等を元に Malmquist 指数の概要を解説する。図 1 では 1 投入 1 産出 2 期間を想定している。 O_1 は t 期の実測値, O_2 は t+1 期の実測値を示している。前述の通り, Malmquist 指数は効率性の上昇を Catch Up 指数 (以下, CU とする) と Frontier Shift 指数 (以下, FS とする) に分解することができるが, CU とは t 期から翌 t+1 期へとある DMU_0 の効率性フロンティアからの距離の変化である efficiency change を示し, FS は効率性フロンティアの拡大 (縮小), つまりシフトを示している。ここで CU は,

$$CU = \frac{\frac{DE}{DO_2}}{\frac{AC}{AO_1}} \quad (1)$$

となり, DMU_0 の t 期の実測値とフロンティア値との比率と t+1 期のそれとの比率である。仮にこの DMU_0 がフロンティアで生産していたとすれば, t 期に C, t+1 期に E で生産したことになり, CU は 1 となる。言い換えれば, (1) 式は t 期の DEA 値と t+1 期の DEA 値との比率である。よって, CU が 1 以上であれば t 期から t+1 期にかけて効率性フロンティアに近づいていることを意味する。

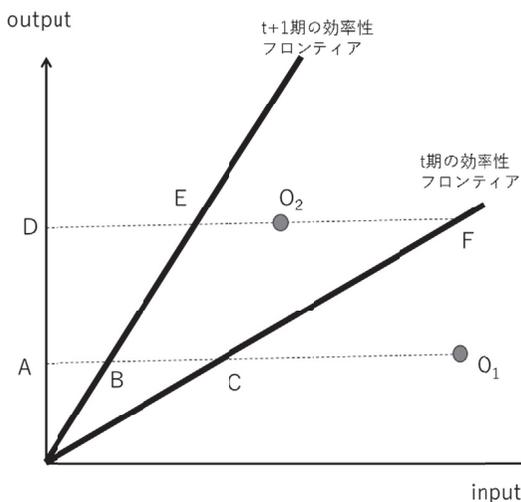


図 1 Malmquist 指数のイメージ図

そして、A の産出を行うのであれば、t 期には C だったフロンティアが t+1 期においては B へと移動しており、この変化 ϕ_1 は、

$$\phi_1 = \frac{AC}{AB} = \frac{AC}{AO_1} / \frac{AB}{AO_1} \quad (2)$$

と表せる。この(2)式の分子は A の産出量における DMU₀ の t 期の実測値と t 期のフロンティアとの比率、分母は A の産出量における DMU₀ の t 期の実測値と t+1 期のフロンティアとの比率である。同様に D の産出量での変化 ϕ_2 は、

$$\phi_2 = \frac{DF}{DE} = \frac{DF}{DO_2} / \frac{DE}{DO_2} \quad (3)$$

と表すことができる。ここから、FS を以下のように定義される。この FS が 1 以上であればフロンティアが拡大シフトしていることを意味する。

$$\phi = \sqrt{\phi_1 \phi_2} \quad (4)$$

そして、Malmquist 指数は CU と FS の積として表される。つまり、MI = CU × FS である。MI が 1 より大きければ DEA 効率値が上昇、1 未満であれば減少していることが示される⁽²⁾。

実際の導出は、t 期の産出距離関数から線形計画問題を解くことによって求められる。Coelli (1996) では t 期の産出距離関数は以下のように定義される。

$$d_o^t(x^t, y^t) = \inf\{\theta : (x^t, y^t/\theta) \in P^t\} \quad (5)$$

ここで、 x , y , P^t はそれぞれ投入ベクトル、産出ベクトル、t 期の生産可能性集合を表し、 o は産出 output の距離関数を意味している。よって、 $d_o^t(x^t, y^t)$ という距離関数が生産可能性集合において $(x^t, y^t/\theta)$ を満たす θ を最小化することを(5)式は示している。 $d_o^t(x^t, y^t)$ は t 期の投入産出関係を t 期の技術水準で評価したものであり、 $d_o^{t+1}(x^t, y^t)$ は t 期の投入産出関係を t+1 期の技術水準で評価したものとなる。この距離関数は以下の線形計画問題から算出される。

$$\begin{aligned} [d_o^t(x^t, y^t)]^{-1} &= \max \phi \\ \text{s.t. } -\theta y_i^t + Y^t \lambda &\geq 0 \\ x_i^t - X^t \lambda &\geq 0 \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned}$$

$$[d_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})]^{-1} = \max \phi$$

$$\text{s.t. } -\theta y_i^{t+1} + Y^{t+1}\lambda \geq 0$$

$$x_i^{t+1} - X^{t+1}\lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

$$[d_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})]^{-1} = \max \phi$$

$$\text{s.t. } -\theta y_i^{t+1} + Y^t\lambda \geq 0$$

$$x_i^{t+1} - X^t\lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

$$[d_0^{t+1}(x^t, y^t)]^{-1} = \max \phi$$

$$\text{s.t. } -\theta y_i^t + Y^{t+1}\lambda \geq 0$$

$$x_i^t - X^{t+1}\lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

3. データ

主に中国国家発展改革委員会価格司編『全国農産品成本収益資料匯編』を使用する⁽³⁾。中国では戸籍制度による労働移動の制限があるものの、実態としては膨大な国内移民が存在している。中国国家統計局の公式統計ではこのような移動を把握しきれてはおらず、労働投入量として公表されたデータを用いると、出稼ぎ等による国内労働移動を反映していないために、バイアスが生じる。

このため、労働投入量データは、ストック・ベースの人数ではなく、フロー・ベースの労働時間データを用いる。国家発展改革委員会価格司編『全国農産品成本収益資料匯編』はフロー・ベースの労働投入量を得ることができる貴重な公式統計である。『全国農産品生産費収益資料集』は、主要農産物についての標本調査であり、省・自治区・特別市単位での生産コストについてのデータが掲載されている⁽⁴⁾。

『全国農産品成本収益資料匯編』を用いて、産出 Y はコメの省別名目生産額を米価格指数にて実質化したものを用いる。投入は資本 K と労働 L であるが、資本投入量は資本サービスとしてフロー変数を用いた。具体的には、機械作業費、役畜費、灌漑費、減価償却の合計値として、2007年価格で実質化している。価格指数は『中国農村統計年鑑』の価格指数を使用した。労働投入量に記載されている面積（畝）当たりの労働日数を用いた。労働投入量が面積当たりのため、産出と資本投入量も同様に面積で除した値を用いた。

よって、面積当たりの労働日数と実質資本サービス投入量を用いて米の実質総生産額が産出されている投入産出関係の効率性変化を分析する。そして、『全国農産品コスト収益資料匯編』ではインディカ米（早生）、インディカ米（中生）、インディカ米（晩生）、ジャポニカ米（粳米）等、複数の品種のデータが記載されているが、本稿ではジャポニカ米を分析対象とする⁶⁾。データは2001年、2005年、2009年の3期間とし、2001年から2005年の変化、2005年から2009年への変化を考察する。対象地域はジャポニカ米の生産を行っている地域とそうでない地域があるうえに、年度によってはデータの記載のない場合がある。アンバランスド・パネルになると Malmquist 指数は推定できないため、データ制約からこの3期間にデータの存在する13地域のみを対象とした。

4. 分析結果

Malmquist 指数の推定結果は表2および表3の通りである。表2と表3では地域が若干異なっているが、DEA や Malmquist 指数ではパラメトリックなパネルデータの回帰分析とは異なり、欠損値があると推定ができないためである。また、2005年を基準年度としたのは上記理由も合わせ、2004年に近いうえに、データ制約の中で対象地域を可能な限り多くするためである。

表2 2001年から2005年への変化

地域	<i>CU</i>	<i>FS</i>	<i>MI</i>
天津	1.194	0.848	1.012
河北	1.276	0.756	0.965
遼寧	1.138	0.929	1.057
吉林	1.158	0.909	1.053
黒竜江	1.148	0.882	1.012
上海	0.995	0.997	0.992
江蘇	0.945	0.744	0.703
浙江	1.129	0.896	1.011
安徽	1.172	0.811	0.950
山東	1.114	0.719	0.801
湖北	1.278	0.838	1.070
雲南	1.421	0.663	0.942
寧夏	1.174	0.730	0.857
平均	1.159	0.819	0.949

注) 算出結果より筆者作成

表2より、2000年代前半に当たる2001年から2005年にかけては *MI* が1を超えた地域は13

のうち6であり、約半分弱程度のみ地域でしか MI が上昇していない。よって平均は1を下回っている。 MI の変化の要因をみると、 CU が1を超えている地域が11もあり、反対に FS において1を超えた地域はない。よって、2001年から2005年にかけては Catch up 効果が著しかったといえることができる。

次に、表3の通り2005年から2009年をみると、 MI が1を超えた地域は13のうち8あり、平均では1を超えており、全体的に DEA 効率値が上昇しているといえる。そして、 FS をみると2001年から2005年にかけてとは異なり、 FS が1を超えた地域が12あり、逆に CU が1を超えた地域は4となっている。

表3 2005年から2009年への変化

地域	CU	FS	MI
河北	0.978	1.009	0.987
内蒙古	0.975	1.074	1.047
遼寧	0.991	1.030	1.020
吉林	0.942	1.030	0.970
黒竜江	1.008	1.095	1.105
江蘇	1.003	1.030	1.033
浙江	0.998	1.092	1.090
安徽	0.985	1.022	1.007
山東	1.023	1.015	1.038
河南	0.934	1.010	0.943
湖北	1.004	1.019	1.023
雲南	0.993	0.995	0.987
寧夏	0.951	1.010	0.961
平均	0.983	1.033	1.015

注) 算出結果より筆者作成

よって、2001年から2005年にかけては Catch Up 効果が大きく影響しており、2005年から2009年では Frontier Shift 効果が効いているという対照的な結果となった。

5. まとめ

本稿では、2000年代の中国ジャポニカ米生産を対象として、『全国農産品生産費収益資料集』に記載されているフローデータを用いた投入産出関係から Malmquist 指数を求めた。2001年から2005年にかけては Malmquist 指数の低下がみられた反面、後半の2005年から2009年では上昇局面が観察された。

さらに、2001年から2005年にかけては Catch Up 効果、2005年から2009年では Frontier Shift 効果が効率性に寄与していることが明らかになった。よって2000年代の前半と後半では正反対の結果が観察された。Era and Moriwaki (2013) では黒竜江省・内蒙古・浙江省・江蘇省・吉林省・遼寧省において2000年代後半において過剰就業の消滅が観察されたとしているが、内蒙古・遼寧省・黒竜江省・江蘇省・浙江省において Malmquist 指数の上昇が観察された。Malmquist 指数の変化は過剰就業のコンテクストとは直接関係しないが、当該期間における生産性の変化としては整合的であるともいえよう。

本稿での結論をより厳密に検証する上で、インディカ米（早生）、インディカ米（中生）、インディカ米（晩生）といった他の米品種、小麦、トウモロコシ、大豆といった他の穀物との比較も今後は行っていきたいと考えている。

《注》

- (1) 2000年代における中国を対象としたルイス転換点に関する論争については江良（2016）が網羅的な既存研究サーベイを行っている。
- (2) 本稿では規模に関する収穫一定制約を課して効率値を算出した。労働投入量のデータ制約から面積当たりの変数を用いている。
- (3) 『全国農産品成本収益資料匯編』の英文表記は、the Compilation of National Farm Product Cost-Benefit Data (CNFPCBD) である。
- (4) 『全国農産品成本収益資料匯編』の詳細については Era and Moriwaki (2013) の 4. Data を参照のこと。
- (5) 中国における稲作農業、中でも品種ごとに特質と生産動向については稲田・山本（2012）が詳しい。
- (6) 推定に際しては DEAP Ver 2.1 を使用した。

参考文献

- Coelli, T. J. (1996), A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis Computer Program, *Center for Efficiency and Productivity Analysis Working Paper*, No. 8/96
- Era, A., and M. Moriwaki. (2013), Labor Scarcity and the Turning Point in the Chinese Rural Sectors: Empirical Evidences from a Frontier Production Function Study, *China Economic Journal*, Vol. 6(1), pp. 21-45
- Fare, R., S. Grosskopf, M. Norris and Z. Zhang. (1994), Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Changes in Industrialized Countries, *American Economic Review*, 84, pp. 66-83
- Inada, M. and H. Yamamoto. (2010), Analysis of Migration Decisions of Chinese Japonica Rice Farmers: Estimation of Internal Wage on Output Supply Using Agricultural Household Model, *Discussion Paper Series*, Institute of Economic Research, Chuo University, No. 145.
- Islam, N. and K. Yokota. (2008), Lewis Growth Model and China's Industrialization, *Asian Economic Journal*, Vol. 22, No. 4, pp. 359-396
- Minami, R. (1968), The Turning Point in the Japanese Economy, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 82, no. 3, pp. 380-402
- Minami, R. and X. Ma. (2010), The Lewis Turning Point of Chinese Economy: Comparison with

- Japanese experience, *China Economic Journal*, Vol. 3(2), pp. 163-179
- Wang, M. (2010), The Rise of Labor Cost and the Fall of Labor Input: Has China Reached Lewis Turning Point?, *China Economic Journal*, Vol. 3(2), pp. 137-153.
- 稲田光朗・山本裕美 (2012) 「中国経済転換点の検証：ジャポニカ米生産の省別パネルデータに基づいて」『中国経済研究』第9巻第1号, pp. 1-22
- 荏開津典生・茂野隆一 (1983) 「稲作生産関数の計測と均衡要素価格」『農業経済研究』第54巻第4号, pp. 167-174
- 江良亮 (2015) 「中国農業における米・とろこし・小麦・大豆生産の過剰労働力」『城西大学国際文化研究所紀要』第20号, pp. 1-15
- 江良亮 (2016) 「中国経済に関する生産関数分析を用いた転換点論争」『国際開発学研究』第15巻第1号, pp. 1-17
- 大塚啓二郎 (2006) 「中国 農村の労働力は枯渇——「転換点」すでに通過」『日本経済新聞』2006年10月9日朝刊, pp. 20
- 白砂堤津耶 (1986) 『中国農業の計量経済分析』大明堂
- 新谷正彦 (1988) 「中国の経済発展下の農業部門における過剰就業」『西南学院大学経済学論集』第32巻4号, pp. 111-136
- 田島俊雄 (2008) 「無制限労働供給とルイス的転換点」『中国研究月報』第62巻第2号, pp. 40-45
- 中国国家统计局『中国統計年鑑』各年度版
- 中国国家统计局『中国農村統計年鑑』各年度版
- 中国國家發展改革委員會價格司編『全國農產品成本收益資料匯編』各年度版
- 本台進・羅敏鎮 (1999) 「農村經濟の変貌と労働市場」, 南亮進・牧野文夫編『流れゆく大河動く農村労働の移動』第3章, pp. 57-80
- 丸川知雄 (2010) 「中国経済は転換点を迎えたのか? —— 四川省農村調査からの示唆」『大原社会問題研究所雑誌』NO. 616, pp. 1-13
- 森脇祥太 (2008) 「中国農業の生産関数と過剰労働力の推定」, 森脇祥太『経済発展の計量分析』成文堂, pp. 135-162
- 南亮進・牧野文夫・郝仁平編 (2013) 『中国経済の転換点』東洋経済新報社
- 山口真美 (2009) 「農村労働力の非農業就業と農民工政策の変遷」池上彰英・寶劍久俊編『中国農村改革と農業産業化』第3章, アジア経済研究所, pp. 83-111
- 山口三十四・王朝才 (1989) 「中国農業の地域差と生産関数 —— 過剰就業問題について ——」, 『農林業問題研究』第25巻第2号, pp. 49-59
- 山崎その・伊多波良雄 (2010) 「国立大学法人の効率性と生産性の計測 —— Malmquist 生産性指数によるアプローチ」『会計検査研究』(41), pp. 117-133
- 横見宗樹 (2003) 「民営化空港の技術的効率性の評価 —— 英国 BAA plc を事例として ——」『運輸政策研究』Vol. 6, No. 3, pp. 2-8