

わが国農業にかかわる6次産業化事業の技術効率性分析： 確率的入力距離関数の推定

國方 明*

1. イントロダクション

本稿は、都道府県別データを利用して、わが国農業にかかわる6次産業化事業¹⁾の技術効率性を推定し、ファクト・ファインディングを行う。

近年、わが国農業は様々な課題に直面している。例えば、農林水産省(2015b)は、農業生産額及び農業所得の減少、基幹的農業従事者の減少及びその平均年齢上昇、並びに、農地面積減少及び耕作放棄地拡大を指摘した。

これら課題への対策として、いわゆる6次産業化に注目が集まっている。「地域資源を活用した農林漁業者等による新事業の創出等及び地域の農林水産物の利用促進に関する法律」(2010年12月公布、6次産業化にかかわる章については2011年3月施行。以下、通称である「6次産業化・地産地消法」を用いる。)では、農林漁業者などが農林漁業と関連事業との総合化を行う際に、総合化事業計画を策定して国の認定を受ければ、各種支援を受けられる。図1に、総合化事業計画にかかわる認定件数及び事業種類の推移を示す。図1によると、認定件数は2011年度～2014年度末の累計で2061件に達する。

6次産業化事業について、生産性向上や効率性向上が期待されている。例えば、総合化事業計画の認定要件の中に、認定後の売上高増加及び所得向上が設定されている²⁾。また、農林水産省は、過去に認定を受けた総合化事業計画の進捗状況を把握するために、フォローアップ調査を行っている(例えば、農林水産省食料産業局(2015))。この調査では、認定事業者の経営全体や6次産業化事業が、収益力や利益率などの指標で評価されている。各事業体がフォローアップ調査を

経て総合化事業計画を達成するために、生産性向上や効率性向上が有力な一手段となる。

また、認定を受けているか否かにかかわらず、6次産業化事業に取り組む事業者は、競争の中で事業を継続するために、生産性や効率性を無視できないと考えられる。

さらに、6次産業化の提唱者とされる今村奈良臣は、「農業の6次産業化を推進し、確実な成果を上げ、成功の道を切り拓いていくための(中略)第三の課題は、農畜産物の生産ならびにその加工、食料品の製造にあたり、あくまでも企業性を追求し、可能な限り生産性を高め、コストの低減をはかり、競争条件のきびしいなかで収益ならびに所得の確保をはかることである。」(今村(2015, pp.34-35)から引用した。)と指摘した。

このように向上が期待されている6次産業化事業の効率性や生産性を、農林水産省(2010, 第3章(3))、空閑(2011)及び森本(2013)が分析した。これら先行研究全てが、data envelopment analysis (以下、DEAと略す。)を効率性の計測手法に採用した。確かに、DEAには、フロンティアの関数形を先験的に特定しなくて構わないという長所がある。しかし、標準的なDEAには統計的誤差項を考慮できないという限界がある。6次産業化事業やその基礎にある農林水産業では、しばしば、天候や病害など事業体が管理できない原因によって事業体のパフォーマンスが低下する。このパフォーマンス低下は、事業体の責めによらないので、統計的誤差項で処理されるべきものである。しかし、標準的なDEAは統計的誤差項を考慮できないので、天候や病害などによってパフォーマンスが低下した事業体を、管理できる原因によってパフォーマンスが

* 青森公立大学准教授

低下した、言い換えれば効率性が低下したと評価してしまうおそれがある。

そこで、本稿では、統計的誤差項を考慮した確率的入力距離関数 (stochastic input distance function, 以下SIDFと略す。)を推定する³⁾。SIDFを選んだ理由は、使用データの特性である。本稿では農林水産省大臣官房統計部「6次産業化総合調査」の都道府県別データを利用する。「6次産業化総合調査」では、6次産業化事業にかかわる販売額、事業体数と従業者数が調査される一方、価格要素、費用や利潤が調査されない。このため、フロンティア費用関数やフロンティア利潤関数の推定を行わず、生産フロンティアの推定を選択した。加えて、図1で認定事業の種類に注目すると、加工・直売が高い率で増加し、2014年度末における認定件数累計のうち約67.4%を占める。このため、複数生産要素及び複数生産物からなる生産過程を分析できるSIDFを選択した。

SIDFの推定を通じて、技術効率性が推定される。本稿ではこの技術効率性の説明要因を特定するために、技術効率性を被説明変数とした回帰分析を実施した。

本稿で、主に次の3つのファクトが見出された。第1に、技術効率性の全サンプル平均は約0.861だった。技術効率性が理論上取りうる値の範囲や、上記先行研究の効率性計測値と比較した結果、この平均は高いと判断した。第2に、回帰分析の結果、2010年に農業関連事業に進出していった事業体の比率が高かった都道府県や、女性起業(個人経営)のシェアが高かった都道府県で、技術効率性が高かった。第3に、回帰分析の結果、農産物直売所で、大規模化に伴う技術効率性上昇が観察された。

本稿の構成は次の通りである。第2節で分析枠組みを紹介する。第3節で分析結果を紹介する。第4節で分析結果を考察し、残された課題を述べる。

2. 分析枠組み

次の2段階からなる分析を行う。第1段階で、

SIDF及び技術効率性を推定する。第2段階で、技術効率性を被説明変数とする回帰分析を実施する。

2.1 第1段階：技術効率性の推定

2.1.1. 入力距離関数の定義及び性質

Cornes (1992)及びCoelli *et al.* (2005)に基づき、入力距離関数を紹介する⁴⁾。

各都道府県に1つ存在する仮想的事業者が、 M 種類の生産要素を生産過程に投入し、 N 種類の生産物を生産する。 t 期の a 事業者にかかわる生産要素投入量ベクトルを $x_{at} = (x_{1at}, x_{2at}, \dots, x_{Mat}) \in R_+^M$ で、生産物産出量ベクトルを $y_{at} = (y_{1at}, y_{2at}, \dots, y_{Nat}) \in R_+^N$ で、それぞれ表す。生産要素投入量集合 $L_{at}(y_{at})$ を(1)式で、入力距離関数 $D_{at}(x_{at}, y_{at})$ を(2)式で、それぞれ定義する。

$$L_{at}(y_{at}) = [x_{at} \in R_+^M: x_{at} \text{ can produce } y_{at}] \quad (1)$$

$$D_{at}(x_{at}, y_{at}) = \max[\lambda_{at}: x_{at}/\lambda_{at} \in L_{at}(y_{at})] \quad (2)$$

(2)式によると、入力距離関数は、生産物生産量を一定に維持したうえで、全ての生産要素投入量を等しく $1/\lambda_{at}$ 倍に縮減しても、生産要素投入量集合の要素にとどめる、最大の λ_{at} にあたる。そして、Coelli *et al.* (2005, p.265)によると、入力距離関数は、投入指向DEAモデル(例えば投入指向Charnes, Cooper, and Rhodes モデル)による技術効率性との間で、逆数の関係にある。投入指向DEAモデルで計測される技術効率性を $\exp(-u_{at})$ で表すと、(3)式が成り立つ。

$$D_{at}(x_{at}, y_{at}) = [\exp(-u_{at})]^{-1} \\ \ln D_{at}(x_{at}, y_{at}) = u_{at} \quad (3)$$

$\ln D_{at}(x_{at}, y_{at})$ は、 $D_{at}(x_{at}, y_{at})$ の自然対数を表す。

(2)式の議論から $D_{at}(x_{at}, y_{at})$ は1以上になる。このため、 $\exp(-u_{at})$ は0以上1以下になる。そして、 $\exp(-u_{at})$ の値が大きくなるほど、 t 期における a 事業者の技術効率性が高くなる。また、 $\exp(-u_{at})$ が0以上1以下になるため、 u_{at} は非負になる。

入力距離関数は次の2つの性質を持つ。第1に、入力距離関数は費用関数と双対関係にある。このため、入力距離関数だけを使って事業者の生産過程を全て分析できる。第2に、Coelli *et al.* (2005, p. 49)によると、 x_{at} や y_{at} との間で、入力距離関数は次の3点の性質を持つ：

- x_{at} について非減少関数であり、 y_{at} について非増加関数である。
- x_{at} について一次同次である。
- x_{at} について凹関数であり、 y_{at} について準凹関数である。

2.1.2. 確率的入力距離関数の推定

計量経済学的手法を使って、(2)式を推定する。

SIDFの関数形としてCobb-Douglas型（以下、CD型と略す。）を採用する。対数で変形したCD型SIDFが次の(4)式になる。

$$\ln D_{at}(x_{at}, y_{at}) = \alpha + \sum_{i=1}^M \beta_i \ln x_{iat} + \sum_{j=1}^N \delta_j \ln y_{jat} + v_{at} \quad (4)$$

α は定数項、 β_i 及び δ_j は係数である。 v_{at} は統計的誤差項であり、独立同分布の正規分布 $N(0, \sigma_v^2)$ に従うと仮定する。

推定実行前に、生産要素に関する一次同次性を(4)式に課す。生産要素に関する一次同次性が満たされる場合、(5)式が成り立つ。

$$\beta_M = 1 - \sum_{i=1}^{M-1} \beta_i \quad (5)$$

(4)式の β_M を(5)式右辺で置き換えて整理すると、(4)式が(6)式に変わる。

$$\ln D_{at}(x_{at}, y_{at}) - \ln x_{Mat} = \alpha + \sum_{i=1}^{M-1} \beta_i \ln(x_{iat}/x_{Mat}) + \sum_{j=1}^N \delta_j \ln y_{jat} + v_{at} \quad (6)$$

(3)式より $\ln D_{at}(x_{at}, y_{at})$ を u_{at} で置き換えて整理すると、(6)式が(7)式に変わる。

$$-\ln x_{Mat} = \alpha + \sum_{i=1}^{M-1} \beta_i \ln(x_{iat}/x_{Mat}) + \sum_{j=1}^N \delta_j \ln y_{jat} - u_{at} + v_{at} \quad (7)$$

第2.1.1節の議論から $-u_{at}$ が非正になるので、(7)式の推定手続きはフロンティア生産関数の推定手続きと同じである。また、 u_{at} が独立同分布の半正規分布 $N^+(0, \sigma_u^2)$ に従うと仮定する⁵⁾。さらに、技術効率性の経時変化を許し、 u_{at} が(8)式で表されると仮定する⁶⁾。

$$u_{at} = \exp[\eta(t - T)]u_{a0} \quad (8)$$

(8)式で、 T は観察期間終了時点、 u_{a0} は観察期間開始における技術効率性を、それぞれ表す。 η は推定されるパラメータである。

SIDFの推定方法は最尤法である。最尤法にかかわる詳細な説明をCoelli *et al.* (2005, 第9章第9.3.1節)に委ねる。また、RのFRONTIERパッケージを使って最尤推定を行う⁷⁾。

SIDFの推定を通じて、技術効率性が $E\{\exp(-u_{at}) | -u_{at} + v_{at}\}$ で推定される。

2.1.3. 生産要素及び生産物の定義並びにデータ出所

図1を参考にして、農産加工及び農産物直売所にかかわる6生産要素、2生産物の生産過程を考える。生産要素及び生産物の定義は次の通りである：

- x_{1at} : 農産加工の家族・役員。
- x_{2at} : 農産加工の雇用者(常雇い)。
- x_{3at} : 農産加工の雇用者(臨時雇い)。
- x_{4at} : 農産物直売所の家族・役員。
- x_{5at} : 農産物直売所の雇用者(常雇い)。
- x_{6at} : 農産物直売所の雇用者(臨時雇い)。
- y_{1at} : 農産加工の販売額(名目値)。
- y_{2at} : 農産物直売所の販売額(名目値)。

「6次産業化総合調査」では資本に関する調査が行われないため、労働だけを生産要素に設定する。また、(7)式の推定に際して、任意の生産要素を基準財にする。今回、 x_{6at} を基準財にする。

生産要素及び生産物のデータ出所は、「6次産業化総合調査」(2011年度確報及び2012年度確報)である⁸⁾。2年分の47都道府県にかかわるデータをプールし、サンプル数94個のバランスド・パネルデータを構築する。表1に各生産要素及び各生産物の記述統計を示す。

2.2 第2段階：回帰分析

技術効率性の高い都道府県や技術効率性の低い都道府県の特徴を分析するために、技術効率性を被説明変数とする回帰分析を行う。

回帰分析にかかわる先行研究を4つ紹介する。第1に、空閑(2011)は、稲作農家経営体の技術効率性及び生産性を計測し、これらそれぞれを

被説明変数にした回帰式についてTobit分析を実施した。その結果、6次産業化に取り組む農家の生産性が、他の農家の生産性よりも、女性労働力から大きな正の影響を受ける傾向にあった。第2に、日本政策金融公庫(2013)は、6次産業化又は大規模経営に取り組む農業者を対象に、財務分析などを行った。その結果、女性役員や女性管理職のいる農業者で、他の農業者よりも、売上高が大きく増加して利益率が大きく上昇していた。第3に、香月他(2009)は、農産物直売所の大規模化に伴って、販売効率が上昇したと報告した。第4に、農林水産政策研究所(2015,第5章第5.1節)は、集計データを使い6次産業化の全体像を描いた。

本稿の回帰分析では、これら先行研究及び農林水産省(2015b)を参考にして、以下の説明変数を採用する⁹⁾：

- 関連事業比率：各都道府県において農業生産関連事業を行った実経営体数の、当該都道府県における全経営体数に対する比率である。データ出所は農林水産省大臣官房統計部「2010年世界農林業センサス報告書」であり、同一都道府県における関連事業比率は2011年度と2012年度の間で等しい。
- 地場産比率(加工)：農産加工において、各都道府県の年間仕入総額のうち地場産が占める比率である。
- 販売額カテゴリ2比率：各都道府県における年間販売額100万円以上500万円未満のカテゴリに属する事業体数の、当該都道府県の全事業体数に対する比率である(以下、ある販売額カテゴリに属する事業体数の、同一都道府県の全事業体数に対する比率を、事業体比率と記す)。なお、この説明変数は農産加工及び農産物直売所のそれぞれで設定される¹⁰⁾。
- 販売額カテゴリ3比率：年間販売額500万円以上1000万円未満のカテゴリにかかわる事業体比率である。
- 販売額カテゴリ4比率：年間販売額1000万円以上5000万円未満のカテゴリにかかわる事業体比率である。
- 販売額カテゴリ5比率：年間販売額5000万円以上1億円未満のカテゴリにかかわる事業体比率である。
- 販売額カテゴリ6比率：年間販売額1億円以上3億円未満のカテゴリにかかわる事業体比率である。
- 販売額カテゴリ7比率：年間販売額3億円以上のカテゴリにかかわる事業体比率である。
- 地場産比率(直売)：各都道府県の農産物直売所における年間販売総額のうち地場産が占める比率である。
- 女性起業比率：各都道府県における農村女性起業数の、全国の農村女性起業数に占めるシェアである。データ出所は農林水産省経営局就農・女性課「農村女性による起業活動実態調査結果」である。なお、この説明変数は、個別経営及びグループ経営のそれぞれで設定される。また、「農村女性による起業活動実態調査」は2011年度に実施されず、2010年度及び2012年度に実施された。このため、2010年度調査結果を使って計算した女性起業比率を、2011年度の技術効率性に回帰する。
- 野菜産出額比率：各都道府県における野菜産出額の、当該都道府県における農業産出額に対する比率である。データ出所は農林水産省大臣官房統計部「生産農業所得統計」2011年確報及び2012年確報である。
- 果実産出額比率：各都道府県における果実産出額の、当該都道府県における農業産出額に対する比率である。データ出所は野菜産出額比率と同じである。
- 基幹的農業従事者変化率：各都道府県における基幹的農業従事者数の対前年変化率である。基幹的農業従事者数のデータ出所は、2010年については「2010年世界農林業センサス報告書」、2011年及び2012年については農林水産省大臣官房統計部「農業構造動態調査」各年版確報である。
- 耕作放棄地比率：各都道府県における耕作放棄地面積の、当該都道府県における経営耕地面積及び耕作放棄地面積合計に対する比率である。データ出所は「2010年世界農林業センサス報告書」であり、同一都道府県における耕作放棄地比率は2011年度と2012年度の間で等しい。

●2012年度ダミー：2011年度で0, 2012年度で1になる定数項ダミー変数である。

関連事業比率～女性起業比率が、6次産業化事業に関係深い説明変数である。これに対して、野菜産出額比率～2012年度ダミーが、6次産業化事業の基礎にある農業の状況などをコントロールするための説明変数である。

販売額カテゴリ2比率～販売額カテゴリ7比率について補足する。「6次産業化総合調査」では、年間販売額を規準にして、各都道府県の事業体が7つのカテゴリ(カテゴリ1は100万円未満, カテゴリ2～カテゴリ7それぞれの範囲は上記の通り)に分けられる。全カテゴリの事業体比率合計が1になるので、販売額カテゴリ2比率～販売額カテゴリ7比率それぞれの係数推定値は、各カテゴリの真の係数推定値からカテゴリ1の係数推定値を引いた結果を表す。

表2に、ダミー変数を除く各説明変数の記述統計を示す。

被説明変数である技術効率性の取りうる値が0以上1以下に限定されるので、回帰式の推定手法としてTobit分析を採用した。また、TSP5.0を使ってTobit分析を実行した。

3. 分析結果

3.1 SIDFの推定結果

表3に(7)式の推定結果を示す。第2.1.1節で述べた通り、SIDFは x_{at} について非減少関数かつ凹関数、 y_{at} について非増加関数かつ準凹関数にならなければいけない。以下の(9)式が成り立てば、SIDFが x_{at} について非減少関数になる¹¹⁾。

$$\text{全ての } i \text{ について } \beta_i \geq 0 \quad (9)$$

以下の(10)式が成り立てば、SIDFが y_{at} について非増加関数になる¹²⁾。

$$\text{全ての } j \text{ について } \delta_j \leq 0 \quad (10)$$

表3で、 $\beta_1 \sim \beta_5$ の推定値が、それぞれ非負であ

る。また、(5)式から、 β_6 の推定値が約0.029である。これらの結果は(9)式を満たす。さらに、表3で、 δ_1 及び δ_2 の推定値が、それぞれ統計的に有意な負値である。この結果は(10)式を満たす。

(7)式の残差は、平均0の正規分布に従う統計的誤差項 v_{at} と、非正の値を取る技術効率性 $-u_{at}$ とを合計したものの推定値である。このため、残差の歪度が負にならなければいけない。本稿の推定で、この条件が満たされていた。

3.2 技術効率性の分析結果

表3で、 $\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$ の推定値は約0.672で、これが0に等しいという帰無仮説は両側検定において有意水準1%で棄却された。このため、残差を技術効率性と統計的誤差項とに分割するSIDFの適用が正当化される。

表4に技術効率性の代表値を示す。技術効率性の全サンプル平均は約0.861だった。第2.1.1節で述べた通り、技術効率性の値は理論上0以上1以下になる。また、第1節で紹介した農林水産省(2010)、空閑(2011)及び森本(2013)の中で、技術効率性平均の最高値は空閑(2011)の報告した約0.78だった。本稿の平均は、空閑(2011)の平均を約0.081上回る。このため、本稿の技術効率性推定値は高いと判断した。

3.3 Tobit分析の推定結果

Tobit分析の推定結果を表5に示す¹³⁾。紙幅を節約するために、6次産業化事業に関係深い説明変数の結果だけに注目する。

第1に、関連事業比率の係数が統計的に有意な正值になる。第2に、農産加工にかかわる販売額カテゴリ2比率～販売額カテゴリ7比率の係数の多くが負になり、このうちカテゴリ2及びカテゴリ4の係数が統計的に有意な負値になる。第3に、農産物直売所にかかわる販売額カテゴリ2比率～販売額カテゴリ7比率の係数が、全て統計的に有意な正值になる。つまり、カテゴリ2～カテゴリ7それぞれの事業体比率が、カテゴリ1の事業体比率よりも技術効率性に与える影響が大きい。しかも、大規模なカテゴリになるに伴って、係数推定値が大きくなる傾向がある。このため、農産物直売所について、規

模拡大に伴って効率性が上昇する。言い換えれば、農産物直売所について規模効率性が観察される。第4に、女性起業比率(個人経営)の係数が統計的に有意な正值である。一方、女性起業比率(グループ経営)の係数が負で、統計的に有意に0と異なる。

4. 結果の考察及び残された課題

2011年度及び2012年度の都道府県別データを使って、6次産業化事業の効率性にかかわるファクト・ファインディングを行った。

主に次の3つのファクトが見出された。第1に、技術効率性の全サンプル平均は約0.861だった。技術効率性の理論上取りうる値や先行研究の効率性計測値と比べると、この平均は高かった(表4を参照)。第2に、技術効率性を被説明変数としたTobit分析を行った結果、2010年に農業関連事業へ進出していた事業体の比率が高かった都道府県や、女性起業(個人経営)のシェアが高かった都道府県で、技術効率性が高かった(表5を参照)。第3に、Tobit分析の結果、農産物直売所で規模効率性が観察された(表5を参照)。

Tobit分析の結果について、3つの議論を行う。第1に、関連事業比率にかかわる推定結果は、集積の経済の理論と矛盾しない。第2に、農産物直売所にかかわる規模効率性の存在は、香月他(2009)の結果と整合的である。第3に、表5の女性起業にかかわる結果は、空閑(2011)や日本政策金融公庫(2013)の結果と矛盾しない。但し、表5では、個人経営とグループ経営の間で係数の符号が異なる。「農村女性による起業活動実態調査」(2014年3月28日)によると、個人経営で若年層による起業が増えているのに対して、グループ経営で若年層メンバーが少ない。年齢構成の違いが、係数の符号の違いの一因かもしれない。

残された課題は次の3つである。第1に、効率性は、各事業体による意思決定の結果を評価する一指標と位置付けられる。しかし、集計データを使う本稿の場合、都道府県単位で推定される効率性と、各事業体の6次産業化事業にかか

わる意思決定とを、関連づけるのが難しい。そこで、個票データを利用して、事業体ごとに効率性を推定すべきである。第2に、本稿では収益獲得面の効率性を分析した。一方、農林水産省食料産業局(2015)は、6次産業化に取り組む事業体が売上増加及び費用増加に直面し、利潤を増加させづらいと指摘した。6次産業化の取り組みが事業者の利潤増加にどれだけ貢献するかを評価するために、費用効率性や利潤効率性の分析が望まれる。第3に、本稿のTobit分析では、技術効率性が被説明変数に、関連事業比率が説明変数の一つに、それぞれ設定された。一方、もともと効率的な事業体が多かった都道府県で、他の都道府県よりも多くの事業体が6次産業化に取り組みやすいという説明も可能だろう。そこで、関連事業比率を被説明変数に、技術効率性を説明変数の一つに、それぞれ設定した回帰式の推定が望まれる。

(2015年11月30日受付、2016年1月29日受理)

謝 辞

河野秀孝先生及び大矢奈美先生(以上、青森公立大学)並びに野澤 俊氏(青森公立大学大学院生)との議論が、本稿執筆の契機となった。特に、野澤氏は「6次産業化総合調査」の存在を教えてくださいました。また、本稿の執筆過程で、今 喜典先生((公財)21あおもり産業総合支援センター)及び山本 俊先生(ノースアジア大学)から有益なコメントを頂戴した。さらに、匿名の本誌査読者から大変丁寧で貴重なコメントを頂戴した。記して感謝申し上げる。なお、言うまでもなく残された問題は筆者に属する。

注

- 1) 本稿における「6次産業化」の定義は、「6次産業化・地産地消法」第3条第3項の「総合化」の定義と同じである。同様に、本稿における「6次産業化事業」の定義は、「6次産業化・地産地消法」第3条第4項の「総合化事業」の定義と同じである。

- 2) 農林水産省「総合化事業計画の認定要件(基本方針抜粋)」
(http://www.maff.go.jp/j/shokusan/sanki/6jika/sinsei/pdf/nintei_youken.pdf)によると、総合化事業計画の認定要件の中に、「農林水産物等及び新商品の売上高が5年間で5%以上増加すること」並びに「農林漁業及び関連事業の所得が、事業開始時から終了時までに向し、終了年度は黒字となること」という経営改善要件がある。
- 3) 筆者の知る限り、わが国農林水産業や6次産業化事業についてSIDFを適用した研究はない。一方、海外の農林水産業についてSIDFを適用した研究に、Karagiannis, Midmore, and Tzouvelekas (2004), Rada and Buccola (2012) 及び O' Donnell (2014) などがある。このうち Rada and Buccola (2012) 及び O' Donnell (2014) が、地域ごとの集計データを使った。
- 4) 第2.1.1節では統計的誤差項が現れない。そこで、SIDFではなく入力距離関数と記す。
- 5) (7)式では、 v_{at} 及び u_{at} のそれぞれで、分散が一定だと仮定する。確かに、 v_{at} 及び u_{at} の一方又は両方にかかわる分散不均一性検定(例えば、尤度比検定)を行うべきだろう。しかし、Kumbhakar and Lovell (2000, 第3章第3.4.3節)によると、 u_{at} について経時変化を許す場合、 v_{at} 及び u_{at} の一方又は両方について分散不均一性を導入したSIDFを最尤推定すると、非常に多くのパラメータを推定しなければならない。このため、分散不均一性検定の実施を断念した。
- 6) Coelli *et al.* (2005, 第10章第10.6.2節)が、効率性の経時変化に関する議論をまとめた。
- 7) Coelli and Henningsen (2013) が、FRONTIER パッケージを紹介した。
- 8) 「6次産業化総合調査」は2011年度に始まり、本稿執筆時点で2011年度及び2012年度について確報が公表されている。なお、2010年度に農林水産省が「農業・農村の6次産業化総合調査」を実施した。しかし「農業・農村の6次産業化総合調査」と「6次産業化総合調査」との間で調査項目が異なるので、「農業・農村の6次産業化総合調査」を利用しない。
- 9) データ出所を記載していない説明変数については、「6次産業化総合調査」(2011年度確報及び2012年度確報)からデータを得た。
- 10) このなお書きは、販売額カテゴリ3比率～販売額カテゴリ7比率についても成り立つ。
- 11) x_{at} に関する一次同次性から、(9)式が成り立てば、SIDFが x_{at} について凹関数になる。
- 12) CD型SIDFが y_{at} について準凹関数になるための必要条件是、全ての j について $\delta_j \geq 0$ が成り立つことである。この条件と(10)式とを併せて考えると、CD型SIDFが y_{at} について非増加関数かつ準凹関数になるのは、全ての j について $\delta_j = 0$ になる場合だけである。Coelli(2000, 注11)は、CD型SIDFに上記の理論的限界が有るが、実証分析ではCD型SIDFを真のSIDFの局所的な一次近似として見なして、採用しても良いのではないかと述べる。本稿もCoelli (2000)と同じ立場を採る。なお、本稿では、SIDFが y_{at} について非増加関数になるための条件式を(10)式に挙げる一方、SIDFが y_{at} について準凹関数になるための条件式をこの注だけで取り上げる。なぜなら、(10)式は、入力距離関数及び費用関数の双対関係と整合的だからである。Cornes (1992, p.128)によると、 $-\partial D_{at}(x_{at}, y_{at})/\partial y_{jat}$ が、 j 生産物にかかわる限界費用と等しくなる。CD型SIDFでは効率性が1になる事業体で $-\partial D_{at}(x_{at}, y_{at})/\partial y_{jat} = -\delta_j D_{at}(x_{at}, y_{at})/y_{jat}$ が成り立ち、このうち $D_{at}(x_{at}, y_{at})$ 及び y_{jat} が非負になる。そこで、限界費用が非負になるためには、 δ_j が非正にならなければいけない。
- 13) 本文の説明変数に、専業農家比率、生産農業所得対前年変化率、基幹的農業従事者平均年齢、農業経営体のうち法人化したものの比率、並びに、東日本大震災被災3県(岩手県、宮城県及び福島県)を表す定数項ダミー変数を追加した回帰式を推定した。追加した説明変数の係数は全て統計的に有意に0と異ならず、本文の説明変数の推定結果は表5とほとんど変わらなかった。

参考文献

(日本語文献)

今村奈良臣(2015), 「<増補>農業6次産業化の理論」, 今村奈良臣著, 『私の地方創生論』, 農山漁村文化協会, pp.25-41.

香月敏孝・小林茂典・佐藤孝一・大橋めぐみ(2009), 「農産物直売所の経済分析」, 『農林水産政策研究』, 第16号, pp.21-63.

空閑信憲(2011), 「6次産業化が稲作農業経営体の生産性に与える影響について」, 『2011年度日本農業経済学会論文集』, pp.148-155.

日本政策金融公庫(2013), 「平成24年度農業の6次産業化等に関する調査」, AFCフォーラム別冊, 情報戦略レポート35.

農林水産省(2010), 『平成21年度食料・農業・農村白書』, 佐伯印刷.

農林水産省(2015a), 『平成26年度食料・農業・農村白書』, 農林統計協会.

農林水産省(2015b), 「農林漁業の6次産業化の展開」(平成27年11月), (http://www.maff.go.jp/j/shokusan/renkei/6jika/2015_6jika_jyousei.html).

農林水産省食料産業局(2015), 「六次産業化・地産地消法に基づく認定事業者に対するフォローアップ調査の結果(平成26年度)」, (<http://www.maff.go.jp/j/shokusan/sanki/pdf/futyousa.pdf>).

農林水産政策研究所(2015), 「6次産業化の論理と展開方向」, 『6次産業化研究』, 研究資料第2号.

森本英嗣(2013), 「包絡分析による観光農業経営の効率性評価」, 『農村計画学会誌』, 第32巻論文特集号, pp.335-340.

(外国語文献)

Coelli T. J. (2000), "On the Econometric Estimation of the Distance Function Representation of a Production Technology," *CORE Discussion Papers*, 2000/42, Center for Operations Research and Econometrics (CORE), Universite Catholique de Louvain.

Coelli T. J. and Henningsen, A. (2013). *frontier:*

Stochastic Frontier Analysis. R package version 1.1-0. (<http://CRAN.R-Project.org/package=frontier>).

Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., and Battese, G. E. (2005), *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis* (2nd Ed.), New York: Springer.

Cornes, R. (1992), *Duality and Modern Economics*, Cambridge: Cambridge University Press.

Karagiannis, G., Midmore, P. and Tzouvelekas, V. (2004), "Parametric Decomposition of Output Growth Using a Stochastic Input Distance Function," *American Journal of Agricultural Economics*, No.86, Issue 4, pp.1044-1057.

Kumbhakar, S. C. and Lovell, C. A. K. (2000), *Stochastic Frontier Analysis*, Cambridge: Cambridge University Press.

O'Donnell, C. J. (2014), "Econometric Estimation of Distance Functions and Associated Measures of Productivity and Efficiency Change," *Journal of Productivity Analysis*, Vol.41, Issue 2, pp. 187-200.

Rada, N. E. and Buccola, S. T. (2012), "Agricultural Policy and Productivity: Evidence from Brazilian Censuses," *Agricultural Economics*, Vol. 43, Issue 4, pp.355-367.

(統計資料)

農林水産省経営局就農・女性課, 「農村女性による起業活動実態調査」, (http://www.maff.go.jp/keiei/kourei/danzyo/dcyosa/woman_data5/).

農林水産省大臣官房統計部, 「2010年世界農林業センサス報告書」, (<http://www.maff.go.jp/j/tokei/census/afc/about/2010.html>).

農林水産省大臣官房統計部, 「6次産業化総合調査」,

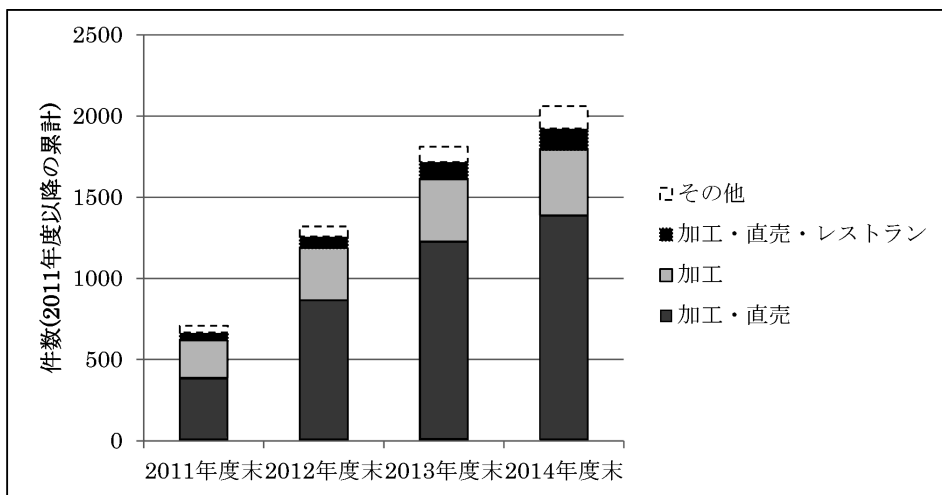
(<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/rokujika/>).

農林水産省大臣官房統計部, 「生産農業所得統計」, (http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/nougyou_sansyutu/).

農林水産省大臣官房統計部, 「農業構造動態調査」, (<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noukou/>).

図表

図 1 総合化事業計画の認定件数及び事業種類の推移



注：農林水産省(2015a, 図 1-6-2)に基づき，筆者が作成した。

表1 生産要素及び生産物の記述統計

生産要素又は生産物	平均	標準偏差	最小	第1四分位数	第2四分位数	第3四分位数	最大	レンジ
x_{1at}	15.149	10.057	3.000	9.000	12.000	18.000	61.000	58.000
x_{2at}	7.957	6.297	1.000	4.250	6.500	9.000	38.000	37.000
x_{3at}	10.511	9.199	1.000	5.000	7.500	11.000	55.000	54.000
x_{4at}	25.096	15.538	4.000	12.000	21.000	34.750	61.000	57.000
x_{5at}	9.521	5.431	3.000	5.250	8.000	13.000	26.000	23.000
x_{6at}	9.489	7.087	2.000	4.000	7.000	11.000	31.000	29.000
y_{1at}	17062.191	17543.095	1149.000	6098.250	11243.000	22489.500	95987.000	94838.000
y_{2at}	17420.787	8746.134	5634.000	10774.500	14753.500	21494.250	38441.000	32807.000

注：対数変換する前の数値の記述統計を示す。 $x_{1at} \sim x_{6at}$ は百人単位、 y_{1at} 及び y_{2at} は百万円単位である。また、全サンプルのデータを使って、記述統計を計算した。

表2 Tobit分析の説明変数の記述統計

説明変数	平均	標準偏差	最小	第1四分位数	第2四分位数	第3四分位数	最大	レンジ
関連事業比率	0.225	0.091	0.069	0.167	0.206	0.270	0.519	0.450
地場産比率(加工)	0.643	0.212	0.076	0.495	0.669	0.827	0.949	0.873
販売額カテゴリ2比率(加工)	0.312	0.103	0.056	0.236	0.316	0.359	0.621	0.565
販売額カテゴリ3比率(加工)	0.087	0.072	0.004	0.043	0.070	0.111	0.389	0.385
販売額カテゴリ4比率(加工)	0.094	0.053	0.023	0.057	0.078	0.112	0.276	0.253
販売額カテゴリ5比率(加工)	0.013	0.009	0.000	0.006	0.011	0.018	0.047	0.047
販売額カテゴリ6比率(加工)	0.013	0.012	0.000	0.005	0.010	0.018	0.054	0.054
販売額カテゴリ7比率(加工)	0.011	0.010	0.000	0.004	0.009	0.014	0.043	0.043
地場産比率(直売)	0.851	0.057	0.637	0.827	0.855	0.886	0.953	0.316
販売額カテゴリ2比率(直売)	0.293	0.085	0.078	0.228	0.287	0.352	0.509	0.431
販売額カテゴリ3比率(直売)	0.144	0.051	0.047	0.108	0.141	0.179	0.314	0.267
販売額カテゴリ4比率(直売)	0.227	0.062	0.079	0.186	0.226	0.270	0.404	0.325
販売額カテゴリ5比率(直売)	0.077	0.042	0.010	0.045	0.065	0.094	0.216	0.206
販売額カテゴリ6比率(直売)	0.073	0.039	0.014	0.046	0.063	0.092	0.194	0.180
販売額カテゴリ7比率(直売)	0.026	0.017	0.000	0.013	0.022	0.038	0.079	0.079
女性起業比率(個別経営)	0.021	0.020	0.000	0.006	0.015	0.032	0.102	0.102
女性起業比率(グループ経営)	0.021	0.012	0.001	0.011	0.019	0.028	0.054	0.052
野菜産出額比率	0.259	0.127	0.072	0.149	0.251	0.341	0.573	0.501
果実産出額比率	0.112	0.129	0.005	0.034	0.067	0.127	0.620	0.615
基幹的農業従事者変化率	-0.067	0.060	-0.252	-0.097	-0.064	-0.038	0.215	0.467
耕作放棄地比率	0.143	0.055	0.018	0.106	0.145	0.184	0.260	0.241

注：全サンプルのデータを使って、記述統計を計算した。

表 3 SIDFの推定結果

パラメータ	推定値	パラメータ(続き)	推定値(続き)
α	6.490 *** (0.517)	δ_1	-0.109 *** (0.038)
β_1	0.072 (0.062)	δ_2	-0.772 *** (0.068)
β_2	0.186 *** (0.059)	σ^2	0.065 ** (0.025)
β_3	0.000 (0.049)	γ	0.672 *** (0.197)
β_4	0.042 (0.052)	η	-0.176 (0.217)
β_5	0.670 *** (0.081)	対数尤度	28.733

注 1 : 括弧内は標準誤差を表す。また, ***は有意水準 1%で, **は有意水準 5%で, *は有意水準 10%で, それぞれ 0 から離れていることを示す。

注 2 : σ^2 は $\sigma_v^2 + \sigma_u^2$ を, γ は $\sigma_u^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$ を, それぞれ指す。

表 4 技術効率性の記述統計

記述統計	全サンプル	2011 年度	2012 年度
平均	0.861	0.872	0.850
標準偏差	0.072	0.066	0.077
最小	0.701	0.742	0.701
第 1 四分位数	0.804	0.814	0.783
第 2 四分位数	0.884	0.889	0.869
第 3 四分位数	0.920	0.923	0.910
最大	0.961	0.961	0.954
レンジ	0.260	0.219	0.253

表 5 Tobit分析の推定結果

説明変数	推定値	説明変数(続き)	推定値(続き)
定数項	0.629 *** (0.121)	販売額カテゴリ 4 比率(直売)	0.234 * (0.121)
関連事業比率	0.338 *** (0.087)	販売額カテゴリ 5 比率(直売)	0.472 *** (0.175)
地場産比率(加工)	0.010 (0.024)	販売額カテゴリ 6 比率(直売)	0.799 *** (0.214)
販売額カテゴリ 2 比率(加工)	-0.118 ** (0.052)	販売額カテゴリ 7 比率(直売)	1.831 *** (0.360)
販売額カテゴリ 3 比率(加工)	0.013 (0.069)	女性起業比率 (個別経営)	1.061 *** (0.282)
販売額カテゴリ 4 比率(加工)	-0.420 *** (0.102)	女性起業比率 (グループ経営)	-0.645 (0.531)
販売額カテゴリ 5 比率(加工)	-0.192 (0.632)	野菜産出額比率	-0.008 (0.052)
販売額カテゴリ 6 比率(加工)	-0.540 (0.533)	果実産出額比率	0.106 ** (0.042)
販売額カテゴリ 7 比率(加工)	0.934 (0.656)	基幹的農業従事者 変化率	-0.165 * (0.095)
地場産比率(直売)	-0.034 (0.110)	耕作放棄地比率	-0.369 *** (0.107)
販売額カテゴリ 2 比率(直売)	0.190 * (0.116)	2012 年度ダミー	-0.023 ** (0.011)
販売額カテゴリ 3 比率(直売)	0.255 * (0.131)	SIGMA	0.042 *** (0.003)
		対数尤度	164.207

注 1：括弧内は標準誤差を表す。また，***は有意水準 1%で，**は有意水準 5%で，*は有意水準 10%で，それぞれ 0 から離れていることを示す。

注 2：SIGMA は，残差の標準偏差の推定値を表す。

Determinants of Technical Efficiency of Agriculture-Related Businesses in Japan: A Distance Function Approach

Akira KUNIKATA

Abstract

Using Japanese prefecture-level data, this article estimates the technical efficiency of agriculture-related activities, namely agriculture product processing and direct sales to consumers. We adopt a stochastic input distance function to analyze multi-input multi-output production frontier. We also examine the determinants of technical efficiency using a Tobit regression model approach. Our results indicate that average efficiency is estimated to be about 86 percent, a higher level of efficiency than is found in previous studies. The scores of technical efficiencies are positively related to the number of entities which have engaged in agricultural production-related businesses and the number of women-headed farm businesses. While we find scale efficiency in the direct selling, we do not find that in the product processing.