

2023 年度 卒業論文

日本の牛肉市場において輸入牛肉が国内牛肉に与える影響分析と
牛肉畜産業経営体の生産性分析

慶應義塾大学 経済学部
石橋孝次研究会 第 24 期生

岡崎 祐也

はしがき

卒業論文でテーマを選ぶ際に、過去の先輩方が実施したテーマとは異なるものにした
いと考え、産業組織論との結びつきの強い「農業」に目をつけた。その中でも、食糧自
給率の低さや農家継承者不足など日本の食における社会問題は今後の日本社会を揺る
がす非常に大きな問題だと考える。日本の農家は果たしてこの先存続することができる
のだろうか、食糧法をはじめとする現在の農業政策、体制は健全に機能しているのだろ
うか。このような漠然とした疑問を発端にして、卒業論文では牛肉に関連した産業組織
論、計量経済学を扱った分析をしたいという想いからテーマを考えた。

そこで、本論文では需要と供給の両側面から日本の牛肉畜産の現状と問題点について、
計量的実証分析の観点から提言することを目的として分析を行った。

約2年間石橋研究会で学んできた産業組織論、計量経済学の分析手法を活かし、なん
とか論文を完成させることができた。しかし、稲作に関する需要、供給の両側面からの
分析を通して、今後の日本の農業のあり方に関する議論や政策シミュレーションを実施
することが困難であった点だけが心残りに思う。それでも実証分析を通して日本の牛肉
畜産の特徴や問題点を明らかにし、議論を発展させることが出来たことに関しては論文
執筆の意義を感じている。

目次

序章.....	1
第1章 現状分析.....	2
1.1 牛肉の品質別の価格推移や需要推移.....	2
1.2 日本の牛肉畜産業における現状課題.....	4
1.2.1 需要サイドの現状.....	4
1.2.2 供給サイドの現状.....	6
1.3 輸入牛肉の現状.....	9
第2章 需要に関する分析.....	13
2.1 AIDS 理論.....	13
2.2 実証分析（LA/AIDS モデルを用いた需要関数の推計）.....	17
2.2.1 先行研究：HIROSHI MORI and B.H LIN（1992）.....	17
2.2.2 牛肉の種類別需要関数推計.....	20
2.3 推計結果の分析.....	22
第3章 供給に関する分析.....	24
3.1 理論分析.....	24
3.2 実証分析（確率的フロンティアモデルを用いた技術効率性の分析）.....	26
3.2.1 先行研究：馬（2001）.....	26
日本の牛肉畜産業におけるフロンティア生産関数推計と技術効率性分析.....	32
3.3 推計結果の考察.....	37
第4章 結論.....	40
参考文献.....	42
あとがき.....	43

序章

本論文では、日本の牛肉畜産業を需要と供給の観点から分析し、日本の牛肉畜産業の現状と問題点の所在を明らかにすること、並びに今後の日本の牛肉畜産業の展望を明らかにすることを目的とした。そこで、本論文では以下の4つの章立てで構成することにした。

まず、第1章では、日本の牛肉畜産業について、消費者と供給者の両サイドから見た現状をまとめるとともに、国内市場における輸入牛肉の存在についてまとめる。

第2章では、需要の観点から牛肉の品質別の需要推計を行い、輸入牛肉と国内産牛肉の関係性について議論する。

第3章では、供給の観点から日本の牛肉畜産業経営体の生産関数推計を行うとともに、日本の牛肉畜産業経営体の技術効率性について議論する。

最後に第4章で全体を総括した結論をまとめる。

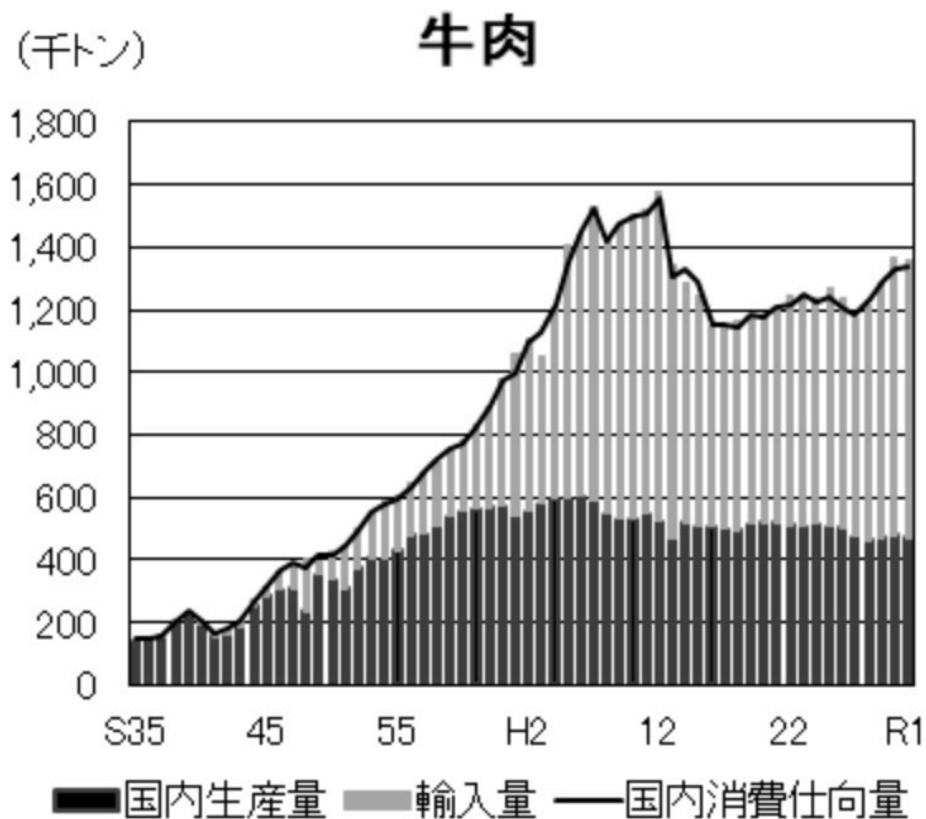
第 1 章 現状分析

本章では、日本の牛肉畜産業について、消費者と供給者の両サイドから見た現状をまとめるとともに、国内市場における輸入牛肉の存在についてまとめる。

1.1 牛肉の品質別の価格推移や需要推移

令和 3 年度の牛肉生産量は、33 万 6115 トン（前年度比 0.2%増）、品種別では、和牛は 16 万 611 トン、交雑種は 8 万 3633 トン、乳用種は 8 万 6442 トンになっている。3 年度の牛肉輸入量は、56 万 9107 トンとなっている。（食肉流通統計・畜産統計・貿易統計より）長期間でみた牛肉の流通量の変化は図 1-1 のようになっており、近年の流通量は安定した値になっている中で、外国からの牛肉輸入量は年々増加していることがわかる。また、国内生産量のみ注目してみると、ここ数年は僅かではあるが、年々生産量が減少していることがわかる。

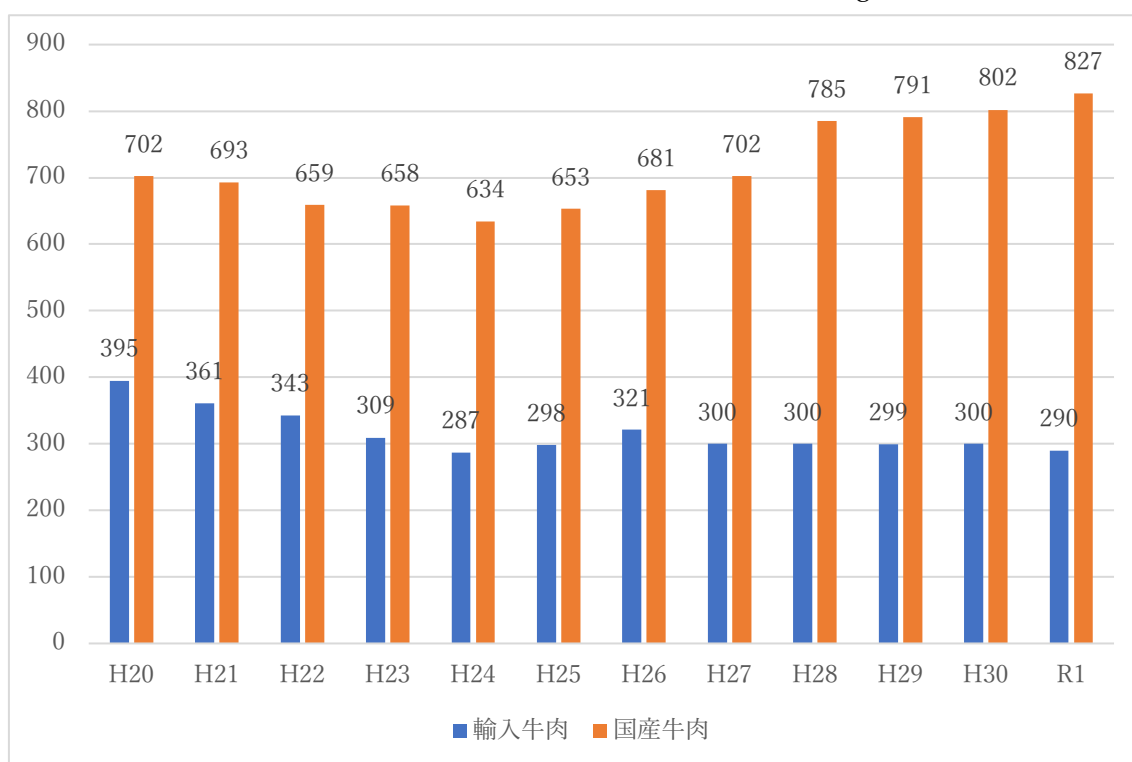
図 1.1 牛肉の国内流通量



出所：農林水産省「国内牛肉市場動向」

また、国産牛肉と輸入牛肉の価格の推移について、図 1.2 に平成 20 年から令和 1 年にかけての牛肉 100g あたりの国産牛肉と輸入牛肉の販売価格についてまとめた。国産牛肉の価格は年々上昇しており、飼料の価格高騰や燃料価格の高騰を踏まえると、今後も価格が上昇していくと考えられる。一方、輸入牛肉の価格は年々下落していることがわかる。

図 1.2 国産牛肉と輸入牛肉の価格推移(円/kg)



出所：農林水産省「食品価格動向調査」

次に、牛肉の種類別分類について見ていく。国内産牛肉の種類は大きく分けて、和牛、乳用牛、交雑牛、その他牛に分類される。それぞれの特徴を見ていく。和牛は牛肉を生産する目的で改良された牛を指しており、「乳用種」は酪農経営の副産物である雄牛で、牛肉生産向けに肥育されている牛、「交雑種」は乳用種の雌牛と肉専用種の雄牛を交配して生産される牛で、乳用種よりも脂肪交雑(サシ)が入りやすい牛を指している。それぞれの価格帯について、表 1.1 にまとめている。

表 1.1 種類ごとの牛肉の卸売価格(円/kg)

	和牛	乳用牛	交雑牛	その他牛	輸入牛
2010	1,654	462	1,097	1,062	401
2011	1,534	454	1,016	1,151	407
2012	1,597	417	1,021	1,156	428
2013	1,802	570	1,182	1,119	498
2014	1,923	669	1,228	1,066	590
2015	2,335	806	1,594	1,171	682
2016	2,603	751	1,615	1,467	572
2017	2,493	677	1,429	1,306	610
2018	2,495	684	1,491	1,287	632
2019	2,432	735	1,600	1,438	624

出所：農林水産省 「畜産物流通調査」

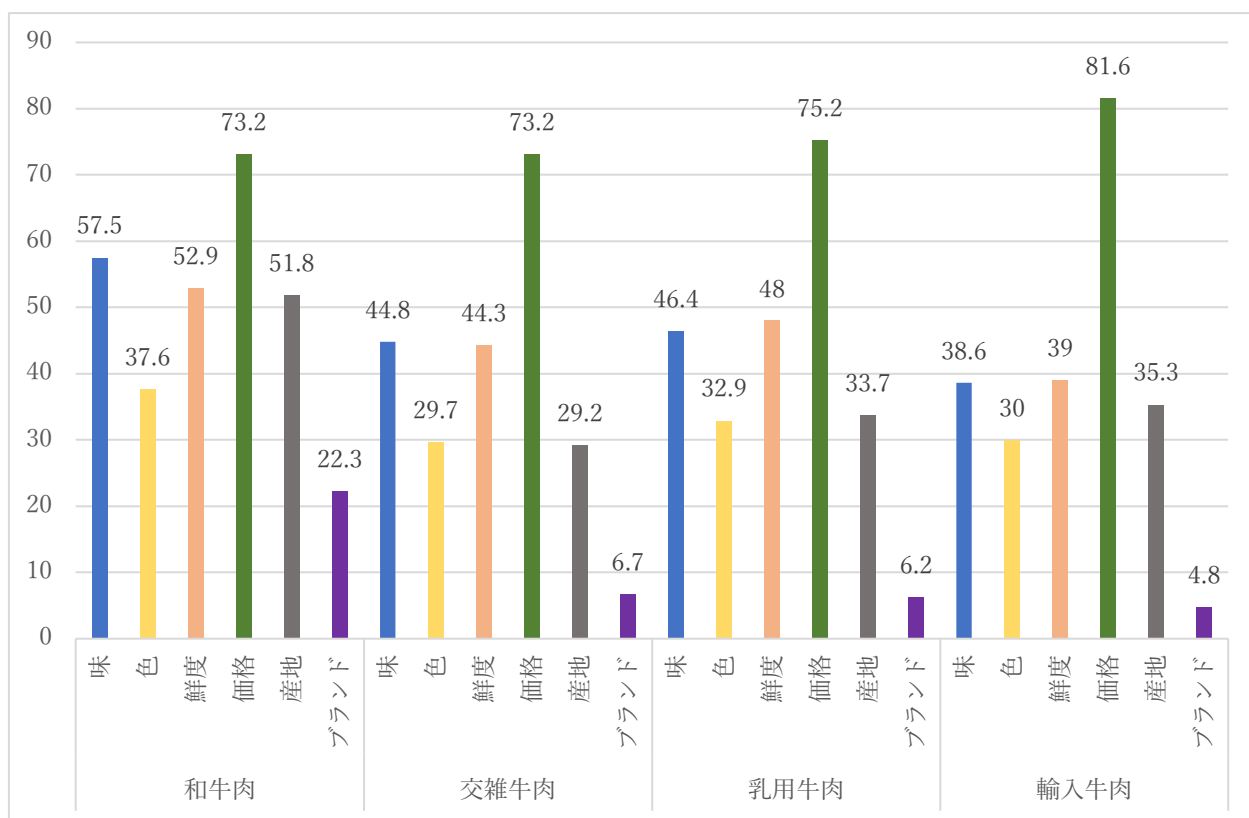
表を見ると、やはり和牛は高値で取引されていることがわかる。また、乳用牛と輸入牛に関してはどちらも近い値をとっていることから、性質が近接した財であると考えられる。以上から、牛肉の種類は多様であり、牛肉はその種類によって差別化されていることがわかる。

1.2 日本の牛肉畜産業における現状課題

1.2.1 需要サイドの現状

需要サイドの現状として、牛肉を購入する際に、どういった点を重視して購入するのかという点を見ていく。まずは、日本政策金融公庫農林水産事業が実施した平成 29 年度上半期消費者動向調査で、牛肉の消費動向を調査した結果について見ていく。この調査によると、牛肉を購入する際に重視するポイントを種類別に聞いたところ、全ての種類で類似した傾向となり、「価格」が最多で、2 番目、3 番目に「味」または「鮮度」という順になっている。また、和牛肉ではその他の牛肉に比べ「ブランド」「産地」という回答が高くなっている。このことから、和牛肉の場合はその他の牛肉に比べ、ブランドや産地が考慮されていることがわかる。この現状を踏まえると、今後さらに輸入牛肉の輸入量が増加していくと、比較的価格の高い国産牛肉の消費がさらに減少し、安い輸入牛肉がさらに増加していくことが予測される。

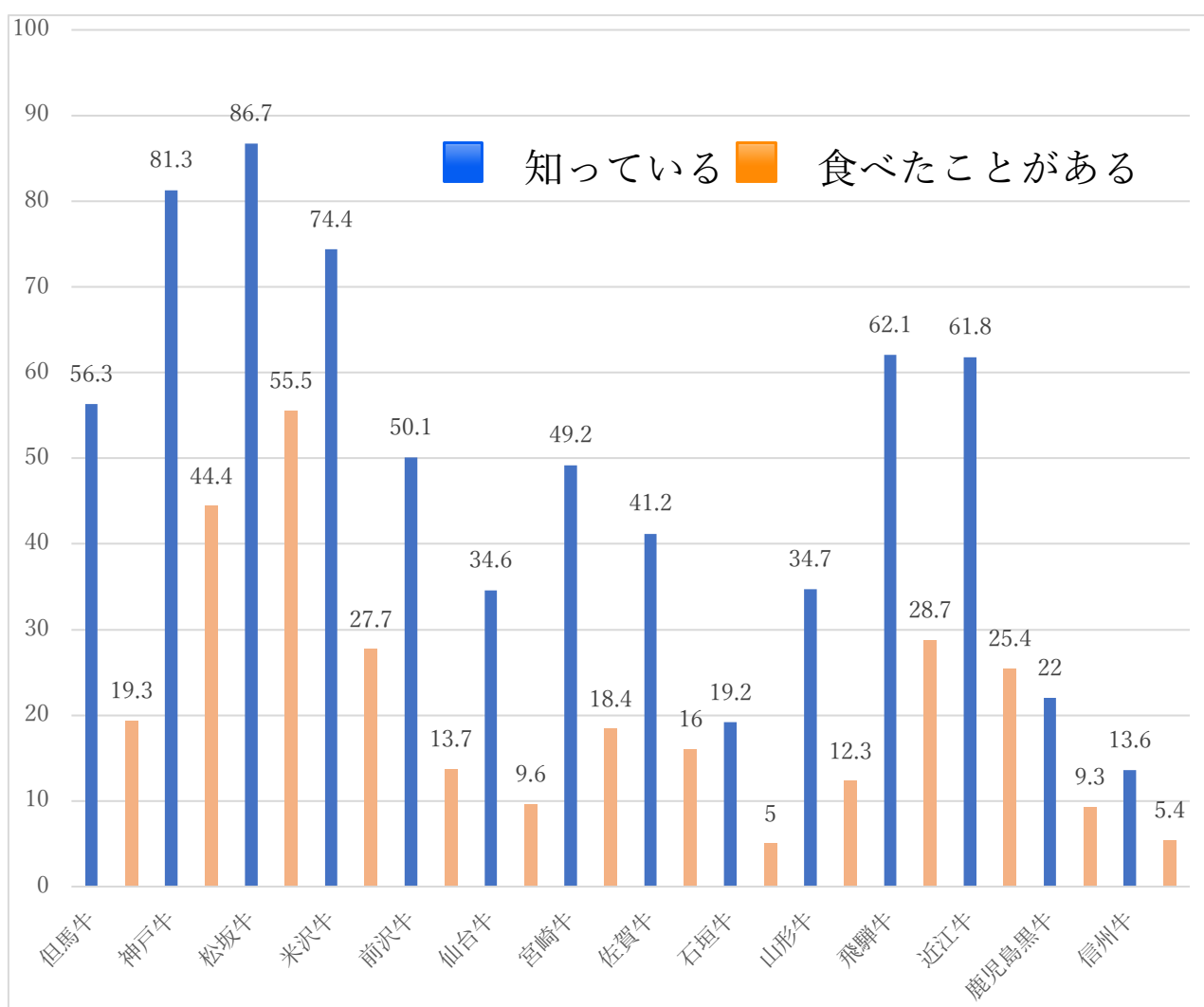
図 1-3 牛肉購入の際に重要視するポイント(%)



出所：日本政策金融公庫「平成 29 年度上半期消費者動向調査：牛肉の消費動向」

次に、ブランド牛の認知度についての調査によると、「松阪牛」が最多で 86.7%、次いで「神戸牛(81.3%)」、「米沢牛(74.4%)」となった。また、食べたことがあるかを聞いたところ、「松阪牛」が最多で 55.5%、次いで「神戸牛(44.4%)」、「飛騨牛(28.7%)」となった。「知っている」と「食べたことがある」を比べると、「米沢牛」、「但馬牛」、「神戸牛」の順で差が大きく、各々 46.7、37.0、36.9 ポイントの差となった。この結果を見ると、部分的には知名度があるブランドもあれば、知名度がかなり低いブランドもあり、さらにはそれを実際に購入するとなるとかなり低い割合になってしまうことがわかる。

図 1-4 ブランド牛肉の認知度、購入率

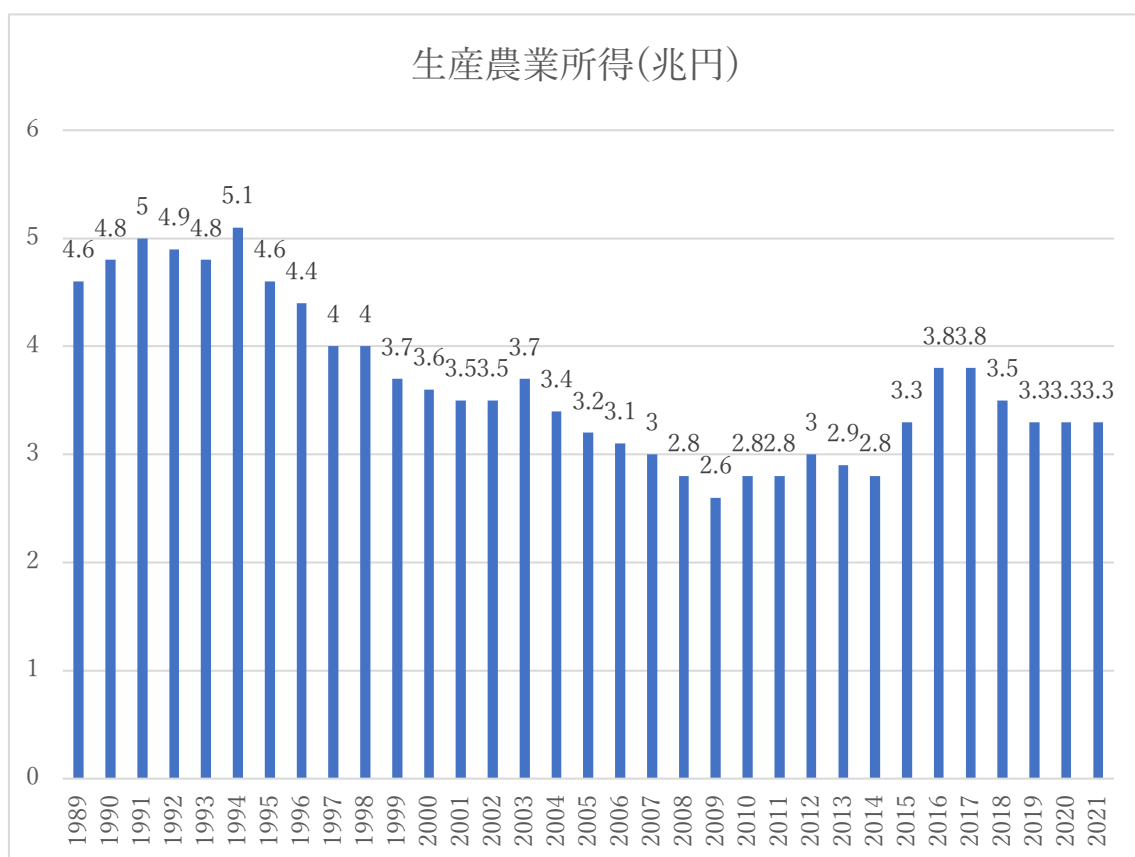


出所：日本政策金融公庫「平成 29 年度上半期消費者動向調査：牛肉の消費動向」

1.2.2 供給サイドの現状

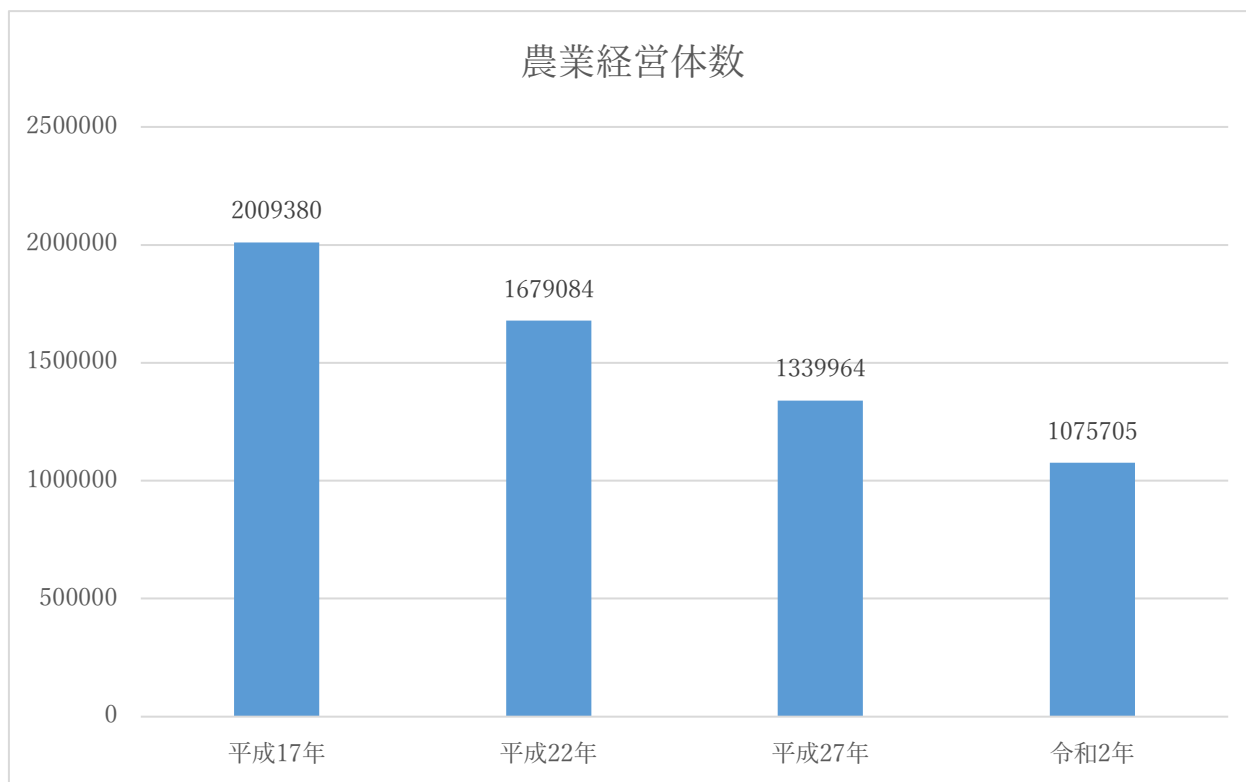
供給サイドの現状としては、4 点特徴をあげる。1 点目は、農家の農業所得の減少と農家数の減少である。2 点目は、兼業農家の増加である。3 点目は、法人経営農業の拡大である

図 1-5 農業所得の推移



出所:農林水産省「農業総産出額及び生産農業所得」

図 1-6 農業経営体数の推移



出所:農林水産省「世界農林業センサス」

図 1-5、図 1-6 から農業所得は最も所得が高い年と比較して、約 2/3 になっており、農業経営対数は 15 年間で約半分になっていることが分かり、農業規模は一貫して減少していると読み取れる。また、所得が小さくなっていく分、規模の小さい農家は経営を継続することが困難となり、廃業または兼業農家への転身を選択していると考えられる。この結果が、農業経営体数の減少につながるとともに、下述の兼業農家の増加の要因の一つにつながっていると考えられる。

2 点目の兼業農家の増加について、総農家数が減少傾向にある中で、「主業農家数」や「準主業農家数」の減少率が最も高く、副業的農家数の減少率が低い。このことから全体に占める副業的農家の割合が高い傾向があり、かつ近年はその傾向がますます強くなっていることがわかる。

表 1-2 農家数の推移

	平成17年	平成22年	平成27年	令和2年	令和2年/平成17年
主業農家数	373,855	359,720	247,793	230,855	0.617498763
準主業農家数	377,540	388,883	211,943	142,538	0.377544101
副業農家数	769,365	882,603	507,806	663,949	0.862983109
総農家数	2009380	1679084	1339964	1075705	0.535341747

出所:農林水産省「世界農林業センサス」

*農林業センサスにおける用語定義は以下の通り

【主業農家】

農業所得が主で、65歳未満の農業従事60日以上の方がいる農家。

【準主業農家】

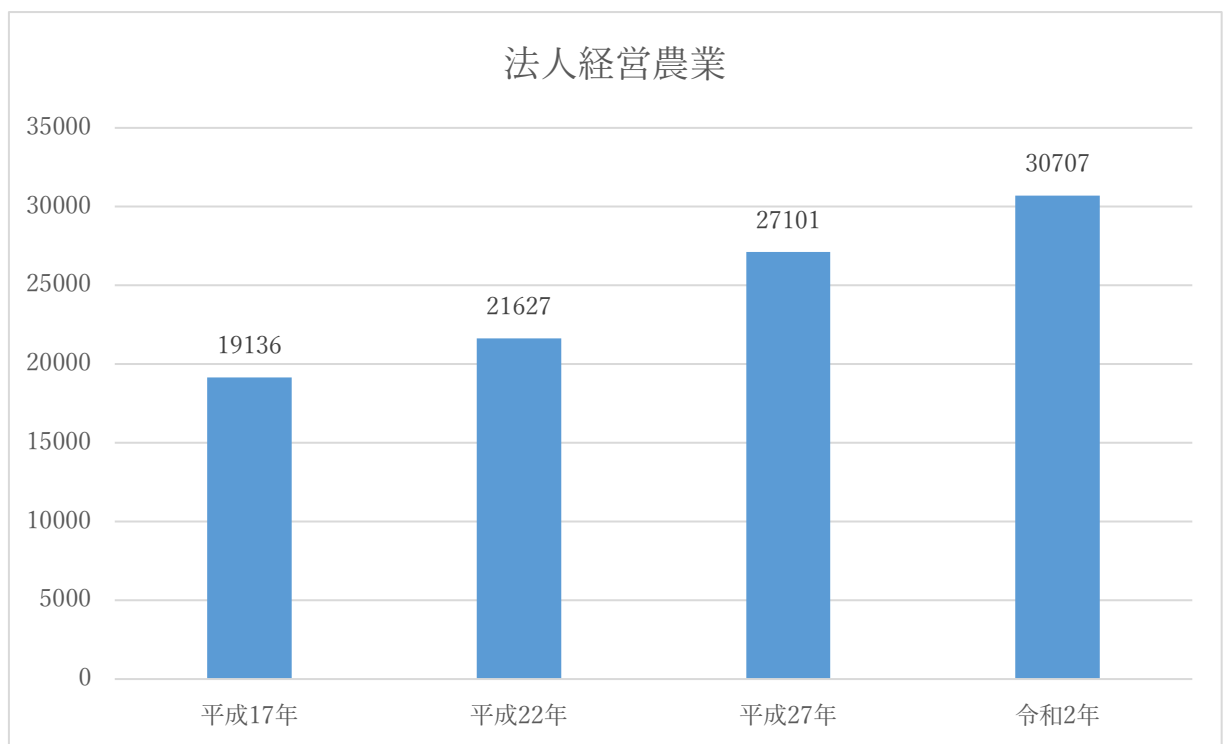
農外所得が主で、65歳未満の農業従事60日以上の方がいる農家。

【副業農家】

65歳未満の農業従事日数60日以上の方がいない農家

3点目の法人経営体の増加について、総農家数が減少傾向にある中で、法人経営対数は増加の一途を辿っている。法人経営のメリットとして、経営の透明化や経営資源の効率使用、人材の確保、規模の経済性などが考えられる。

図 1-7 法人経営体数の推移

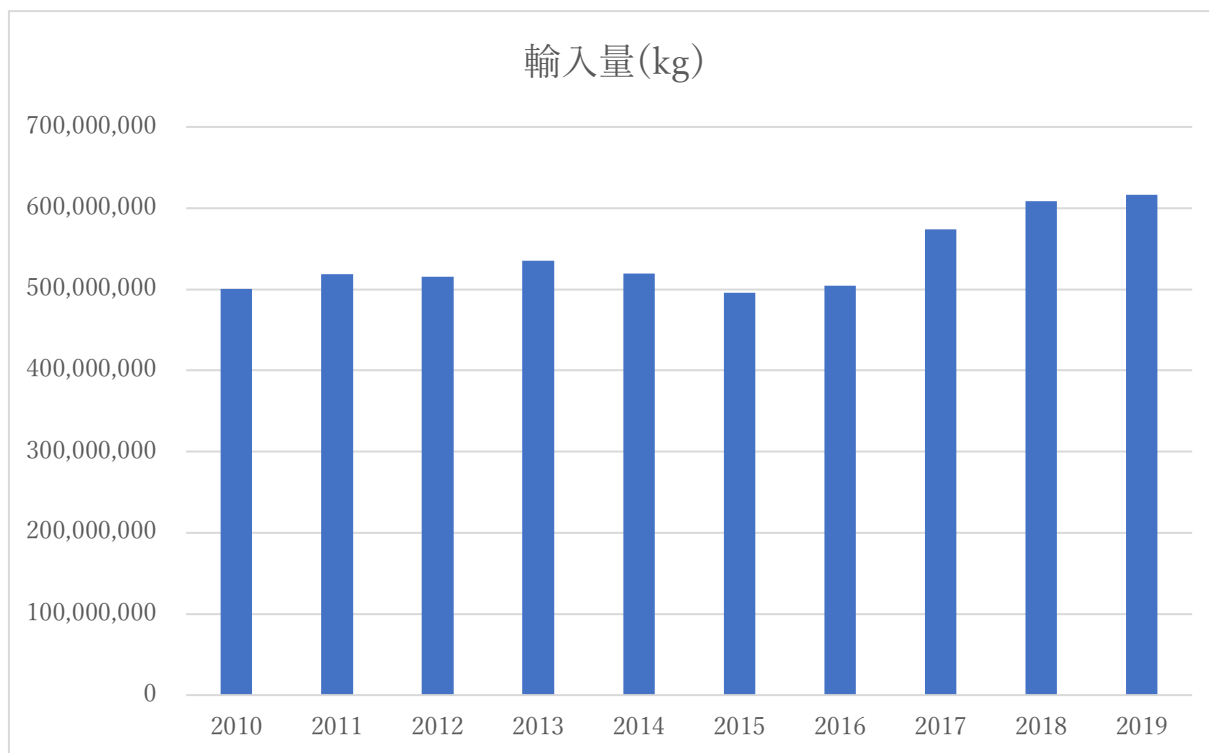


出所:農林水産省「世界農林業センサス」

1.3 輸入牛肉の現状

輸入牛肉に関して、輸入量は以下のグラフのようになっている。

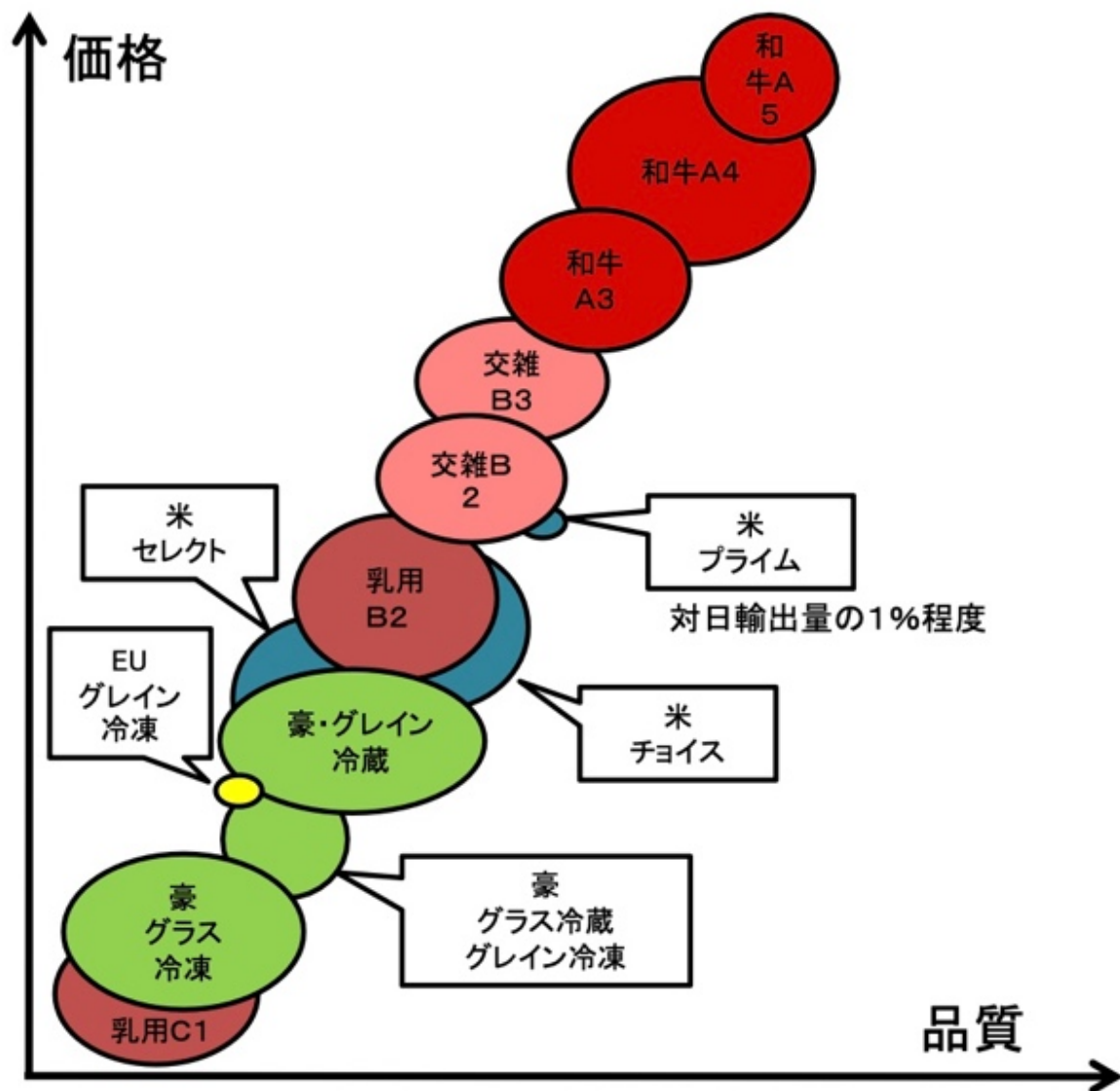
図 1-8 牛肉輸入量の変遷



出所:農林水産省「世界農林業センサス」

グラフを見てわかるように、輸入量は1時的に落ち込んだ年もあったが、近年は総じて増加傾向にある。これには、輸入牛の品質向上による安い輸入牛肉への需要の高まりが影響していると考えられる。以下の図は、輸入牛肉の品質について、国産牛肉との代替性を簡単にまとめたものである。図を見てわかるように、品質の低い乳用牛に近いポジションを占めるものから、品質が向上された輸入牛の存在も確認できる。そして、年々輸入牛肉の品質が向上し、今後もますます輸入牛の品質が上がっていくと考えられる中で、輸入牛による国産牛肉への影響は無視できないものとなっている。

図 1-9 輸入牛肉の品質ポジション



出所：農林水産省

また、近年では、牛肉の品質向上に加えて、関税率の低下も非常に重要な要素となっている。下記の表は、関税率に関するデータおよびその関税率に関連する出来事を記している。表を見てわかるように、TPP 加入や、日米貿易協定により、年々関税率は低下している。そして、近い将来、牛肉輸入に関する関税が撤廃される見込みであり、さらに安価な輸入牛肉が国内市場に流入してくることを考えると、輸入牛肉の国産畜産業への影響は避けられないものである。

表 1-2 関税率と関連する出来事

年	関税率	出来事
-1994	50%	
1995	48.1%	ウルグアイ・ラウンド農業交渉により、2000 年までに段階的に関税率を下げていくことに合意。
2000	38.5%	ウルグアイ・ラウンド農業交渉で定められた 38.5% の水準まで関税率が低下。
2019	TPP 加盟国 27.8%	TPP 加盟に伴い、加盟国間での関税が 27.8%に
2020	米国 27.5%	日米貿易協定により、TPP と同水準まで関税率低下
今 後 の 展 望	TPP・米国 0%	最終的に、TPP 間での関税、米国間での関税が撤廃され、関税がかからない状態に

このように、輸入牛肉が国産牛肉にどういった影響を与えるのかについて、考察を行うことは非常に有意義なものであり、今回の輸入牛肉と国産牛肉の代替関係を捉える本論文は、社会的意義があるものだと考える。

さらには、輸入牛肉の増加により国内の牛肉畜産業者のさらなる収益の低下も考えられるため、供給サイドである日本の牛肉畜産の特徴を分析することにも意義があると考ええる。それを踏まえて今後の農業形態のあり方や、最適な農業形態や農業政策について考えていきたい。

第 2 章 牛肉需要に関する分析

第 2 章では、需要の観点から牛肉の品質別の需要推計を行い、輸入牛肉と国内産牛肉の関係性について議論する。

2.1 AIDS 理論 澤田 (1980)

Almost Ideal Demand System(AIDS)とは家計の経済合理的選択行動を想定し、財の需要関数を推定するための方法である。澤田(1981)を参考にして解説を行う。

まず、説明の便宜のために下記の変数を定義しておく。

y : 総支出額、 q_i : i 財の消費量、 p_i : i 財の価格、 ω_i : i 財への支出シェア、 p : N 次元消費ベクトル、 q : N 次元価格ベクトル、 u : 効用水準、 $U(q)$: 効用関数(直接効用関数)
 $V(p, y)$: 間接効用関数、 $C(p, u)$: 支出関数、 $m_i(p, y)$: i 財の需要関数 (通常需要関数)、 $h_i(p, u)$: i 財の補整需要関数、 e_i : i 財の総支出に関する需要弾力性、 e_{ij} : i 財の j 財価格に関する需要弾力性、 s_{ij} : i 財価格の j 財に対する需要に及ぼす代替効果 (Slutsky 係数)

AIDS の理論的フレームワークにおいて、家計の財に関する選考序列は、(i)反射性(reflexivity)、(ii)連関性(connectedness)、(iii)推移性(transitivity)、(iv)連続性(continuity)、性、(v)非飽和性(nonsatiation)、(vi)凸性(convexity)から成る選択公理(axioms of choice)によって効用関数 $U(q)$ で示すことができる。

そして、効用関数 (直接効用関数)、関節効用関数、支出関数を以下のように定義している。

効用関数は選択公理が要請する性質より若干強い性質を持つと仮定する。すなわち
(U1) $U(\cdot)$ は q について少なくとも 2 回微分可能な連続関数

$$(U2) \frac{\partial U}{\partial q} \geq 0$$

(U3)任意の異なる財ベクトル q^0, q^1 について、

$$U(q^0) > U(q^1) \Rightarrow \text{任意の } \theta \in (0,1) \text{ について、 } U(\theta q^0 + (1 - \theta)q^1) > U(q^1)$$

これら条件のもとで家計は経済的合理的選択行動を行うと仮定すれば、お互いに双対な最適化問題の解として関節効用関数 $V(p, y)$ 、支出関数 $C(p, u)$ が定義される。

$$V(p, y) = \max_q [U(q); p^T q = y] \quad (2.1)$$

$$C(p, u) = \min_q [p^T q; U(q) = u] \quad (2.2)$$

ここで、 p^T は p の転置ベクトルを表している。

(2.1)、(2.2)から、間接効用関数は次の特徴を有する。

(V1) $V(\cdot)$ は p, y について少なくとも2回微分可能な連続関数

$$(V2) \quad \frac{\partial V}{\partial y} > 0, \frac{\partial V}{\partial p} \leq 0$$

(V3) 任意の $\lambda \in (0,1)$ に関して、 $V(\lambda p, \lambda y) = V(p, y)$

(V4) 任意の異なる価格ベクトル p^0, p^1 について、

$V(p^0, y) = V(p^1, y) \Rightarrow$ 任意の $\theta \in (0,1)$ について、

$$V(\theta p^0 + (1 - \theta)p^1, y) > V(p^0, y)$$

$$(V5) \quad m_i(p, y) = -\frac{\partial V}{\partial p_i} / \frac{\partial V}{\partial y} \quad (\text{Roy の恒等式})$$

同様に支出関数は次の性質を有する。

(C1) $C(\cdot)$ は p について少なくとも2回微分可能な p と u に関する連続関数

$$(C2) \quad \frac{\partial C}{\partial u} > 0, \frac{\partial C}{\partial p} > 0$$

(C3) 任意の $\lambda \in (0,1)$ に関して、 $C(\lambda p, u) = \lambda C(p, u)$

(C4) 任意の異なる価格ベクトル p^0, p^1 について、

$C(p^0, u) = C(p^1, u) \Rightarrow$ 任意の $\theta \in (0,1)$ について、

$$C(\theta p^0 + (1 - \theta)p^1, u) > \theta C(p^0, u) + (1 - \theta)C(p^1, u)$$

$$(C5) \quad h_i(p, u) = \frac{\partial C}{\partial p_i} \quad (\text{Shephard の補題})$$

ここで、性質 (V2)、(C2) より、

$$V(\cdot, y) = C^{-1}(\cdot, y) \text{ or } C(\cdot, u) = V^{-1}(\cdot, y)$$

すなわち、間接効用関数と支出関数は y, u を介して、互いに逆関数関係である。

さらに、次の2つの双対定理に拠って間接効用関数、支出関数は効用関数に対応づけられる。

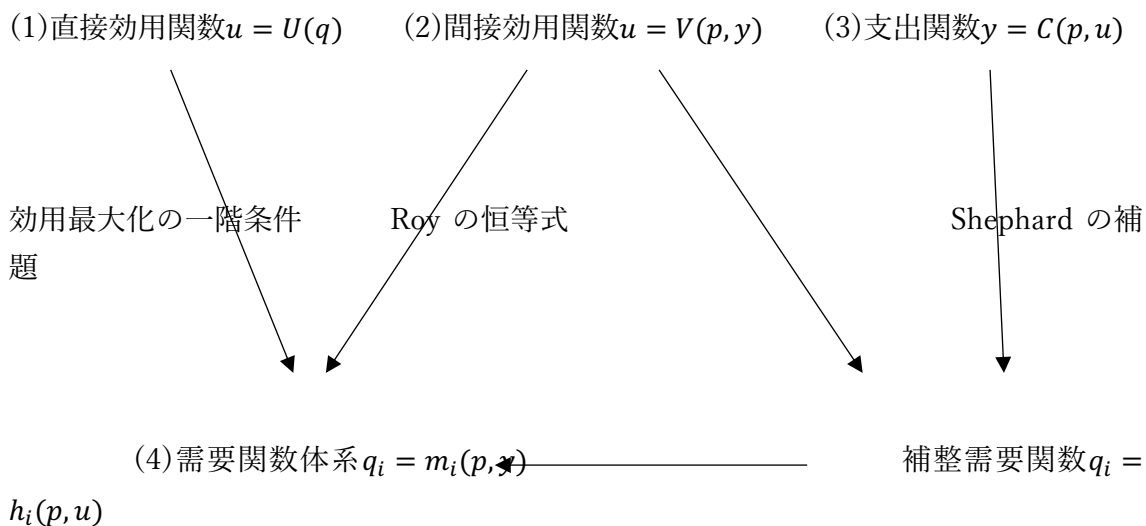
$$U(q) = \max_u [u; p^T q \geq C(p, u)]$$

$$U(q) = \min_p [V(p, y); p^T q \leq y]$$

従って、 $U(\cdot)$ 、 $V(\cdot)$ 、 $C(\cdot)$ は、家計の経済合理的選択行動を想定するならば、家計の選好を示す択一的概念であり、いずれか1つを関数型について特定化することによって需

要関数の体系を導出できる。

図 2.1 需要体系の択一的導出法



出所：澤田（1981）を参照

図 2.1 から、需要関数導出方法を 3 つ示す。

1. (1)の直接需要関数を特定化し、効用最大化一階条件を陰関数定理に依拠して q_i について解く。
2. (2)の間接効用関数を特定化して、Roy の恒等式を適用する。
3. (3)の支出関数の特定化を行い、Shephard の補題を使って補整需要関数を導き、間接効用関数と支出関数は逆関数の関係であることを使って需要関数を導く。

このように、3 通りの需要関数導出方法があるが、実際の推計の際には直接効用関数を定義することは困難であるため、2 または 3 の間接効用関数あるいは支出関数の特定化から需要体系の導出を行い、 $q_i = h_i(p, u) = h_i(p, V(p, y)) = m_i(p, y)$ という様にアプローチするのが一般的である。

いずれのアプローチを採用するにしろ、AIDS において導出された需要体系は次に示す一般的制約条件を具備しなければならない。

(R1) 収支均等条件 (adding-up condition)

$$\sum_i^N p_i m_i = y$$

(R2) 同次性条件 (homogeneity condition)

任意の $\lambda \in (0, +\infty)$ について、 $m_i(\lambda p, \lambda y) = m_i(p, y)$

(R3) 対称性条件 (symmetry condition)

$$s_{ij} = s_{ji}$$

(R4) 負性条件

$$s_{ii} \leq 0$$

ここで、AIDS の導出について、家計間に渡る集計を、線型エンゲル関数を前提とせずに

可能とする PIGL 選好クラスの族(family)である PIGLOG 選好クラスを顕示する支出関数、

$$\ln C(p, u) = (1 - u) \ln A(p) + u \ln B(p) \quad (2.3)$$

を得る。

ここで、 $A(p)$ 、 $B(p)$ は p について1次同次の凹関数を $A(\cdot)$ 、 $B(\cdot)$ について特定化し、Shephard の補題を適用して誘導した補正需要関数を需要関数体系に変換する。

さらに、任意の支出関数と近似しうるように、任意観察点で、 $\frac{\partial C}{\partial u}$ 、 $\frac{\partial C}{\partial p_i}$ 、 $\frac{\partial^2 C}{\partial p_i \partial p_j}$ 、 $\frac{\partial^2 C}{\partial p_i \partial u}$ が妥当な関数型になる意味で flexibility を保証すべき点を考慮して、 $A(p)$ 、 $B(p)$ を次の様に定義する。

$$\ln A(p) = \alpha_0 + \sum_i^N \alpha_i \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_i^N \sum_j^N \gamma_{ij}^* \ln p_i \ln p_j \quad (2.4)$$

$$\ln B(p) = \ln A(p) + \beta_0 \prod_i^N p_i^{\beta_i} \quad (2.5)$$

(2.3) (2.4) (2.5) で定義した支出関数のパラメータ α_i 、 β_i 、 γ_{ij}^* について、支出関数の性質 (C3) を満たすように以下の制約を付加する。

$$\sum_i^N \alpha_i = 1, \quad \sum_i^N \gamma_{ij}^* = \sum_j^N \gamma_{ij}^* = \sum_i^N \beta_i = 0$$

(2.3)から、

$$\begin{aligned}
\ln C(p, u) &= \ln A(p) + u(\ln B(p) - \ln A(p)) \\
&= \alpha_0 + \sum_i^N \alpha_i \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_i^N \sum_j^N \gamma_{ij}^* \ln p_i \ln p_j + u\beta_0 \prod_i^N p_i^{\beta_i}
\end{aligned}$$

また、支出関数を対数微分すると、支出シェア ω_i になるので、

$$\begin{aligned}
\omega_i &= \frac{\partial \ln C}{\partial p_i} = \alpha_i + \frac{1}{2} \sum_i^N \gamma_{ij}^* \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_i^N \gamma_{ji}^* \ln p_i + \beta_i u \beta_0 \prod_i^N p_i^{\beta_i} \\
&= \alpha_i + \sum_i^N \gamma_{ij} \ln p_i + \beta_i u \beta_0 \prod_i^N p_i^{\beta_i} \\
\gamma_{ij} &= \frac{1}{2} (\gamma_{ij}^* + \gamma_{ji}^*)
\end{aligned}$$

ここで、

$$u\beta_0 \prod_i^N p_i^{\beta_i} = \ln C(p, u) - \left(\alpha_0 + \sum_i^N \alpha_i \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_i^N \sum_j^N \gamma_{ij}^* \ln p_i \ln p_j \right)$$

また、価格指数 P を以下のように定義する。

$$\ln P = \alpha_0 + \sum_i^N \alpha_i \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_i^N \sum_j^N \gamma_{ij}^* \ln p_i \ln p_j$$

これを支出シェア ω_i に代入して整理すると、

$$\omega_i = \alpha_i + \sum_i^N \gamma_{ij} \ln p_i + \beta_i \ln \left(\frac{y}{P} \right) \quad (2.6)$$

これが、AIDS による支出シェアで表現された需要関数(システム)である。
支出関数が価格に関して一次同次関数であること、および二回連続微分可能の仮定から、
ハパラメーターには下記の制約が課せられる。

$$\sum_i^N \alpha_i = 1, \quad \sum_i^N \gamma_{ij}^* = \sum_j^N \gamma_{ij}^* = \sum_i^N \beta_i = 0, \quad \gamma_{ij} = \gamma_{ji}$$

2-2 実証分析 (LA/AIDS モデルを用いた需要関数の推計)

2-2-1 先行研究 HIROSHI MORI and B.H LIN (1990)

LA/AIDS を使って、日本の種類別の牛肉の需要体系の計測を行った Hiroshi Mori and B.H LIN(1990)のモデルを紹介する。この先行研究では、

分析の理論的フレームワークとして LA/AIDS モデルを用いている。LA/AIDS モデルは 2.1 節で説明した AIDS モデルの簡易版であり、線形化に対応するため価格指数の定義を変更している。

AIDS モデルでは価格指数として(2.6)の Translog 型を用いていた。しかし、LA/AIDS モデルでは、以下の Stone 型の価格指数を用いる。

$$\ln P = \sum_k w_k \ln p_k \quad (2.7)$$

(2.7) を用いることで線形回帰が可能となり推計が容易になるというメリットがある。
・推計モデル

$$\omega_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \ln p_j + \beta_i \left(\ln \frac{y}{P} \right) \quad (2.8)$$

ここで、(2.8)の変数の定義は以下の通りである。 ω_i :各財*i*の支出シェア、 p_j : *j*番目の品目の価格、 $\ln P$: stone の価格指標、 y : 支出額

また、(2.8) のモデルでは以下の条件が成り立つ。

加法性条件から $\sum_i \alpha_i = 1$, $\sum_i \beta_i = 0$, $\sum_i \gamma_{ij} = 0$ 、同時性条件から $\sum_j \gamma_{ij} = 0$ 、対称性条件から

$\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$ が成り立つ。そして LA/AIDS モデルによる推計によって得られたパラメータを用いて、自己価格弾力性、交差価格弾力性を求める。

*i*種類目の牛肉に対する*j*種類目の牛肉の需要の価格弾力性を η_{ij} とすると以下の様に表される。

$$\eta_{ij} = \frac{\gamma_{ij}}{\omega_i} - \beta_i \left(\frac{\omega_j}{\omega_i} \right) \quad (2.9)$$

$$\eta_{ii} = -1 + \frac{\gamma_{ii}}{\omega_i} - \beta_i \quad (2.10)$$

・データと計測方法

データは、1978 年の第 2 四半期から 1988 年の日本の肉類と魚類のデータを用いる。これらのデータには、乳用牛、和牛、輸入牛、豚肉、鶏肉、生鮮魚類、冷凍魚類、加工魚類の 8 つの財が含まれる。

表 2.1 パラメータの推計結果

従属変数	WD	WW	WI	WK	WC	WS	WP	WL
定数項	0.218 (1.44)	-0.900 (5.90)	-0.452 (2.61)	1.169 (3.24)	0.173 (2.11)	-1.345 (3.33)	2.956 (8.23)	-0.819 (2.63)
PD	-0.050 (5.61)	0.070 (8.62)	0.014 (1.51)	-0.053 (2.75)	-0.027 (6.06)	-0.036 (1.68)	-0.008 (0.42)	0.090 (5.42)
PW	0.074 (5.61)	-0.086 (6.45)	0.029 (1.91)	0.088 (2.82)	0.025 (3.50)	0.059 (1.67)	-0.044 (1.40)	-0.145 (5.37)
PI	-0.015 (2.49)	0.009 (1.46)	0.003 (0.38)	-0.031 (2.09)	-0.016 (4.68)	0.007 (0.42)	0.008 (0.51)	0.036 (2.81)
PK	-0.015 (2.39)	0.005 (0.84)	0.007 (0.95)	0.081 (5.37)	-0.012 (3.59)	-0.005 (0.28)	-0.031 (2.04)	-0.031 (2.33)
PC	-0.002 (0.28)	-0.010 (1.41)	-0.020 (2.61)	0.001 (0.63)	0.046 (12.5)	-0.063 (3.49)	0.029 (1.84)	0.009 (0.65)
PS	0.031 (4.37)	-0.021 (2.91)	0.017 (2.01)	-0.004 (0.22)	0.015 (3.87)	0.068 (3.56)	-0.058 (3.38)	-0.049 (3.30)
PP	-0.016 (2.04)	-0.009 (1.18)	-0.031 (3.53)	-0.032 (1.78)	-0.027 (6.47)	-0.012 (0.60)	0.121 (6.69)	0.006 (0.37)
PL	-0.007 (0.69)	-0.007 (4.12)	-0.018 (1.58)	-0.060 (2.56)	-0.004 (0.81)	-0.018 (0.70)	-0.018 (0.76)	0.084 (4.16)
X	-0.015 (1.35)	0.068 (6.29)	0.029 (2.33)	-0.071 (2.77)	-0.006 (1.01)	0.096 (3.35)	-0.180 (7.04)	0.078 (3.54)
R-squared	0.89	0.88		0.94	0.96	0.93	0.95	0.83

出所: HIROSHI MORI and B.H LIN (1990)

ただし、W:支出シェア、P:価格、D:乳用牛、W:和牛、I:輸入牛、K:豚肉、C:鶏肉、S:生鮮魚、L:冷凍魚類、P:加工魚類、X:支出額を Stone の価格指標で除したもの

表 2.2 弾力性

需要	D	W	I	K	C	S	P	L
価格PD	-1.73 (0.12)	1.66 (0.19)	0.46 (0.25)	-0.27 (0.12)	-0.41 (0.08)	-0.12 (0.11)	0.03 (0.08)	0.51 (0.08)
価格PW	1.20 (0.21)	-2.91 (0.31)	0.86 (0.43)	0.61 (0.20)	0.50 (0.13)	0.35 (0.18)	-0.13 (0.12)	-0.68 (0.14)
価格PI	-0.21 (0.10)	0.24 (0.14)	-0.89 (0.20)	-0.16 (0.10)	-0.35 (0.06)	0.07 (0.09)	0.07 (0.06)	0.21 (0.06)
価格PK	-0.08 (0.10)	0.28 (0.14)	0.35 (0.22)	-0.32 (0.10)	0.07 (0.06)	0.13 (0.09)	0.04 (0.06)	0.00 (0.07)
価格PC	0.03 (0.10)	-0.16 (0.16)	-0.51 (0.22)	0.12 (0.10)	-0.12 (0.06)	-0.27 (0.09)	0.17 (0.06)	0.10 (0.07)
価格PS	0.69 (0.11)	-0.29 (0.16)	0.66 (0.24)	0.17 (0.11)	0.47 (0.08)	-0.45 (0.10)	-0.04 (0.07)	-0.05 (0.08)
価格PP	0.01 (0.12)	0.05 (0.18)	-0.62 (0.25)	0.05 (0.12)	-0.23 (0.08)	0.19 (0.11)	-0.27 (0.07)	0.28 (0.08)
価格PL	0.09 (0.16)	1.13 (0.23)	-0.31 (0.32)	-0.19 (0.15)	0.12 (0.10)	0.10 (0.14)	0.13 (0.09)	-0.38 (0.10)

出所: HIROSHI MORI and B.H LIN (1990)

弾力性の推計結果を考察する。

- (1)牛肉の自己価格弾力性について、全て負の値をとっている。また、輸入牛、乳用牛、和牛の順に値が大きくなっていることから、牛肉の自己価格弾力性の絶対値は、価格が高いほど大きくなることがわかる。
- (2)魚類の自己価格弾力性について、-0.45、-0.27、-0.38 のように比較的小さい値を示している。これは日本人の食文化にとって、魚は最も重要なタンパク源であるからだと考えられる。
- (3)和牛と乳用牛の代替関係について、交差価格弾力性 1.66 と 1.20 のように比較的大きな値をとっていることから、この 2 財は強い代替関係にあると考えられる。
- (4)国内牛肉と輸入牛肉の交差価格弾力性から、国内牛肉の価格が上がると、輸入牛肉の消費が増えると考えられる。ただし、逆についてはいうことができず、輸入牛肉は独自の市場を展開していると考えられる。

2.2.2 牛肉の需要関数推計

この節では 2.1.1 節での Hiroshi Mori and B.H LIN(1990)で用いられた LA/AIDS モデルを活用し、種類別の牛肉の需要関数を推計する。

Hiroshi Mori and B.H LIN(1990)では、肉類や魚介類を合わせて分析を行ったが、今回は牛肉に限定して推計を行う。推計モデルは(2.8)を活用して分析を行う。

$$\omega_i = \alpha_i + \sum_i^5 \gamma_{ij} \ln p_i + \beta_i \ln \left(\frac{y}{p} \right) \quad (2.11)$$

対象財は、1:和牛、2:乳用牛、3:交雑牛、4:その他牛（国内産）、5:輸入牛肉を選択した。また、データ期間は 2010 年から 2019 年の 10 年間の年次データを用いている。

表 2.3 記述統計量

Variable	Obs	Mean	sd	Min	Max
総支出 y	10	2969244	40455.32	2909095	3027938
和牛 w1	10	0.3039	0.02215742	0.2691	0.3333
乳用牛 w2	10	0.01735	0.00386173	0.01157	0.02119
交雑牛 w3	10	0.09683	0.01164208	0.08812	0.12641
その他牛 w4	10	0.0012366	0.00106227	0.0002229	0.003074
輸入牛 w5	10	0.5807	0.03278001	0.5331	0.629
和牛価格 p1	10	2087	424.2122	1534	2603
乳用牛 p2	10	622.5	137.798	417	806
交雑牛 p3	10	1327	244.9817	1016	1615
その他牛 p4	10	1222	145.4893	1062	1467
輸入牛 p5	10	544.4	102.8658	401	682

表 2.4 パラメータの推計結果

従属変数	w1	w2	w3	w4	w5
定数項	-13080	-1346	913.50862	-20.395895	13530
log(y/P)	-0.1642 (**)	-0.1239	0.08401	-0.00188	1.245 (*)
log(p1)	-1.204	-0.03499 (*)	0.10532 (*)	-0.004033 (**)	0.06204
log(p2)	-0.1283 (**)	0.02364 (**)	0.01081	-0.003302	-0.1336 (***)
log(p3)	0.1024	0.01426	0.0906 (**)	0.00818 (**)	-0.2266 (**)
log(p4)	0.1136 (*)	-0.01507	-0.12233 (**)	-0.002422	0.2268
log(p5)	-0.08695	-0.01742 (*)	-0.17782 (***)	-0.003906 (*)	0.3634 (*)

(注)*は 10%水準有意、**は 5%水準有意、***は 1%水準有意

表 2.5 代替性

需要	和牛	乳用牛	交雑牛	その他牛	輸入牛
和牛	-4.797629549	-0.412803982	0.389271096	0.37447532	0.027643764
乳用牛	0.153499135	-0.486436023	1.513385418	-0.859757076	3.142866282
交雑牛	0.824014882	0.096586043	-0.148349564	-1.264421014	2.340231406
その他牛	-2.799343361	-2.643847647	6.762122271	-2.956716151	-2.275824034
輸入牛	0.0321434	2.6547384	3.4586753	0.387911887	-1.619203547

2.3 推計結果の考察

表 2.5 より、自己価格弾力性は負の値をとっており、予想通りと言える。具体的な数値を見ていくと、自己価格弾力性について、和牛、その他牛、輸入牛が比較的大きい値をとっている。輸入牛については、第 1 章の牛肉購入の際に重要視するポイント（図 1.3）で見たように、価格を重要視する傾向があるため、このように自己価格弾力性が大きくなったことについて説明がつく。また、その他牛に関しても、品質が比較的高くないことから、輸入牛と同様に価格重視の消費傾向が表れているのではないかと考える。和牛の自己価格弾力性が高い理由について、高価格帯である和牛の製品ポジションとして「嗜好品」に近い位置であることが考えられ、そのため価格を上げることで需要が大きく減るものであるためと考えられる。逆に、価格帯の低い乳用牛、交雑牛は比較的「日用品」に近い位置のポジションであり、価格に対してあまり需要が変化しないことから、

自己価格弾力性が低い値に推計されたと考えられる。

交差価格弾力性について、全体として正の値も負の値も散見される。牛肉の種類ごとの代替性を調べており、それぞれの種類が補完的であるとは考えにくいので、予想通りとは言えない結果となった。予想通りの結果が得られなかった原因としては、データのサンプル不足や Stone の価格指標を用いて推計モデルを意図的に線形モデルへと変換したことなどが考えられる。和牛価格に対する交差弾力性について、輸入牛では 0.027 となっており、非常に小さい値となっている。このことから、和牛と輸入牛との関係性について、代替的な関係ではないことがわかる。このことから、和牛と輸入牛の品質格差は大きいと考えられる。また、乳用牛に対する交差弾力性について、輸入牛では 3.14 となっており、比較的大きい値をとっている。これは、乳用牛の 1% の値上げに対して輸入牛の需要が 3.14% 上昇することを示しており、乳用牛の価格上昇に対して、簡単に輸入牛肉への需要の移動がおこることを示している。このことから、乳用牛と輸入牛は近接した品質の財であると識別できる。同様に、交雑牛に対する交差弾力性について、輸入牛では 2.34 となっており、比較的大きい値をとっている。これは、乳用牛の 1% の値上げに対して輸入牛の需要が 2.34% 上昇することを示しており、乳用牛の価格上昇に対して、簡単に輸入牛肉への需要の移動がおこることを示している。このことから、乳用牛と輸入牛は近接した品質の財であると識別できる。

第 3 章 牛肉供給に関する分析

この章では、供給の観点から日本の牛肉畜産業経営体の生産関数推計を行うとともに、日本の牛肉畜産業経営体の技術効率性について議論する。ここで、技術効率性とは、価格と無関係に、現在の技術の下での潜在的生産力を達成する程度を測る概念である。普通一定の投入水準に対して、観察値と生産関数フロンティア上の値との差、あるいは比率を技術効率性の尺度とする。その差は 0 であったら、技術効率的であるという。

3.1 理論分析 フロンティア生産関数と技術効率性 Batesse (1992)

ミクロ経済学の生産理論では、企業が最も効率的な状態で生産を行うことを前提に、要素投入と生産量との対応関係を生産関数の形で表している。また、生産関数を推計する時にも、確率誤差項が対称であることを前提に一般最小二乗法を用いるのが一般的である。その際、個々の観察値は生産関数の上下両側に分布するが、観察値と生産関数値との差は、企業のコントロールできないランダム的な要素に起因するものと考えられている。このように、企業の生産関数曲線からの乖離がランダム的な要素に起因するという仮定は、企業間に技術効率性の差が存在しないことを意味する。しかし現実には、企業をはじめ農家が生産関数フロンティア上の最も効率的な状態で生産を行うのは稀であり、その内側の非効率的な状態で行なっているのがより一般である。とすれば、各々の企業に関する生産の観察値は、生産関数の上下両側に分布するのではなく、常にフロンティア生産関数曲線の内側に分布し、また、観察値と生産関数フロンティアとの差は、当該企業の技術非効率状態を表しているといえる。フロンティア生産関数アプローチは、上述したミクロ経済理論と伝統的な推計方法の現実との不一致問題を克服し、全ての観察値が生産関数の内側に分布することを仮定している。同アプローチは 1957 年に Farrel が最初に提唱したが、後に多くの研究者によって、様々なフロンティア関数の推計方法が開発された。本章では、そのうちの一つである確率的静フロンティアモデルを使用する。

確率的フロンティア生産関数を以下のように定義する。

$$Y_i = f(x_i, \beta) \exp(V_i - U_i) \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (3.1)$$

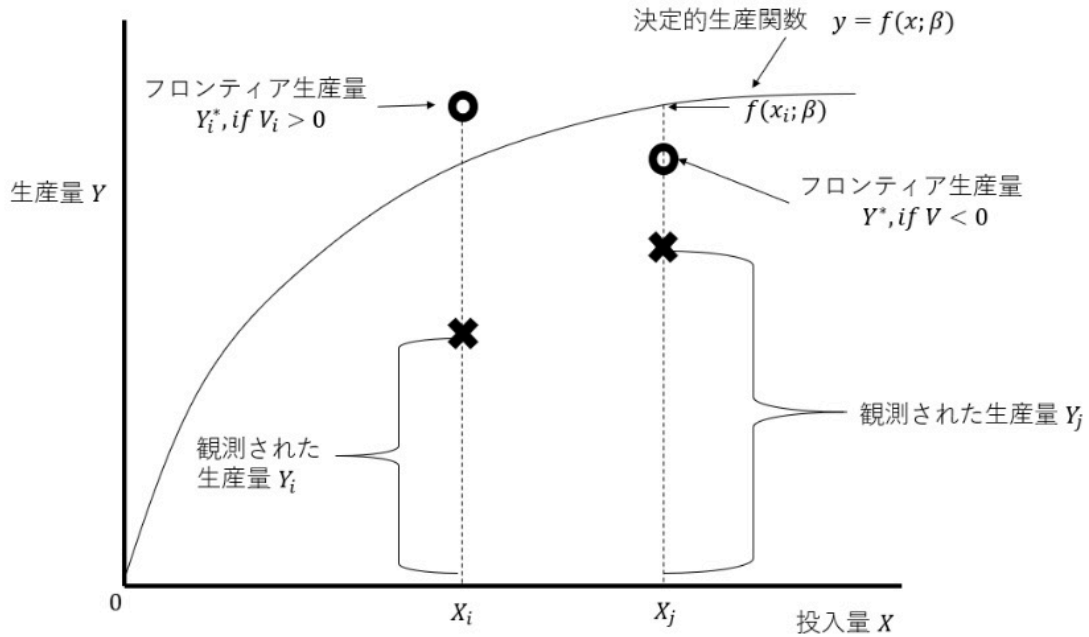
ここで、 V_i は平均 0 の誤差項であり、生産に関するランダムな要因(気候など)の影響を表しこの誤差項は、ランダムな要因によって決まるものであり、生産者はコントロールできないものとする。また、誤差項は独立分布であり、 $N(0, \sigma_v^2)$ と表せる。一方、 U_i

は非負の半正規分布、指数分布などを仮定した技術非効率性項である。ここで生産者 (i, j) についての基本的な確率フロンティアモデルは下の図で表される。ここで、生産者 i は生産要素 x_i から生産量 Y_i を得る。この時、生産者 i は誤差項などのランダムな要因に影響を受けるため、フロンティア生産関数での生産量 Y_i^* は生産関数 $f(x_i, \beta)$ を上回る。ここで、確率フロンティアモデルの定義(3.1)を考慮すると、パラメータは標準正則性条件より最尤推定量に基づいている。そして、Batesse(1992)によると最尤法によるモデルのパラメータは、 $\widehat{\sigma^2} = \sigma_V^2 + \sigma^2$ and $\lambda \equiv \sigma/\sigma_V$ から得られる。各生産者の技術効率性は、フロンティア生産量に対する観測された生産量の比率で定義され、(3.1)の生産者 i の技術効率性は以下のように表すことができる。

$$TE_i = \exp(-U_i) \quad (3.2)$$

$$TE_i = \frac{Y_i}{Y_i^*} = \frac{f(x_i; \beta) \exp(V_i - U_i)}{f(x_i; \beta) \exp(V_i)} = \exp(-U_i) \quad (3.3)$$

図 3-1



出所：Batesse (1992)

本論文の実証分析では、非負の半正規分布 U_i から導かれた(6.2)式の技術効率性を用いて実証を行っている。

3.2 実証分析（フロンティア生産関数を用いた技術効率性の分析）

3.2.1 先行研究 馬（2001）

この論文では中国の農業における農家兼業化や労働力特性が農業生産技術効率性に与える影響を計量的に分析している。分析の対象地域は兼業化が進んでいる内陸地域四川省を選んでいる。分析手法にはフロンティア生産関数を用いて、技術効率性を推計している。

まず、フロンティア生産関数アプローチの意義を考える。生産関数を推計する際、一般最小二乗法ではこの観測値は生産関数の上下に分布するため、観測値と生産関数値との差は供給サイドがコントロールできないランダムな要素に起因しているという問題がある。つまり、生産関数曲線からの乖離がランダムな要素に起因している事は供給者間に技術効率性の差が存在しないことを意味している。

しかし、実際には農家が生産関数上の最も効率的な状態で生産を行っていることは考えにくい。そこで、生産の観測値は生産関数の上下ではなく内側に分布しており、観測値とフロンティア生産関数との差は技術非効率性を表している。

この先行研究では生産関数は以下のモデルで表す

$$\ln Y_i = \ln f(X_i) + V_i - U_i \quad (3.4)$$

ただし、 i ：農家番号、 Y ：生産量、 X ：投入生産要素、 U ：非負の半正規分布に従う技術非効率水準 $[N(0, \sigma_U^2)]$ 、 $f(X_i)$ 、 V ：誤差項 $N(0, \sigma_V^2)$

また、農家の平均技術効率性は以下のように定式化できる

$$E(e^{-U}) = 2e^{-\frac{\sigma_U^2}{2}} [1 - F(\sigma_U)] \quad (3.5)$$

さらに、農家 i の技術非効率性の値 U_i は $\varepsilon_i = V_i - U_i$ が与えられた時の U の条件分布に基づき、時式のように決まり、技術効率性指数 ($TE = \exp(-U_i^*)$) もその結果から計算できる。

$$E\left(\frac{U_i}{\varepsilon_i}\right) = \frac{\sigma_U \sigma_V}{\sigma} \left[\frac{f\left(\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma}\right)}{1 - F\left(\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma}\right)} - \frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma} \right] = U_i^* \quad (3.6)$$

ここで、 $\lambda = \frac{\sigma_U}{\sigma_V}$ 、 $\sigma^2 = \sigma_V^2 + \sigma_U^2$ であり、 f 、 F はそれぞれ標準正規分布の密着関数とその

累積分布関数である。

次に生産関数の特定化を行う。生産関数の関数型として、一般的に CD 型、CES 型、Translog 型がよく使用されるが、それらの内、CD 型生産関数は生産要素間の代替弾力性を 1 とし、また生産関数曲線上の全ての点で各要素の生産弾力性が一定であることを仮定している。

他方、CES 型生産関数は代替弾力性を 1 とする前提を要しない。従って、CD 型よりは柔軟性があるものの、非線形関数なので推計が難しいというデメリットが存在する。

それらに比べて Translog 型は生産要素間の代替弾力性 1 の前提を要しないうえ、要素の生産弾力性の変化を許容しているので、最もフレキシブルであると言える。しかし Translog 型の欠点としては説明変数の数が多く、多重共線性の問題に陥りやすい。しかし尤度比検定を通して、この研究では Translog 型を生産関数を採用した。

具体的な関数式は以下のようになる。

$$\ln Y_i = \alpha_0 + \sum_{k=1}^3 \alpha_k \ln X_{ki} + \sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^3 \beta_{kj} \ln X_{ki} \ln X_{ji} + \sum_{n=1}^{10} c_n D_n + V_i - U_i \quad (3.7)$$

ただし

Y_i : 農家 i の生産額、 X_{1i} : 耕地面積、 X_{2i} : 投入物財費（経常材、資本の減価償却）、 X_{3i} : 労働投入日数

D は村ダミー（地域別の土質、降水量、灌漑、価格などの変数が農業生産に影響を与えることを考慮）

技術効率性指数（ TE ）は 0~1 に収まっていると考え、logitc 型効率性の決定関数を選択する

$$TE = \left[1 - \exp \left(-b_0 - \sum_{f=1}^4 b_f d_f - \mu \right) \right]^{-1} \quad (3.8)$$

ただし、 b_0 : 常数項、 b_f : 推計すべき係数、 d_f : 技術的効率性に影響する要因、 μ : 誤差項

上の推計式は logit 型の線形関数に変換できる

$$\ln \left[\frac{TE}{1-TE} \right] = b_0 + \sum_{f=1}^4 b_f d_f + \mu \quad (3.9)$$

(4 推計式の技術効率性に影響する要因 d_f には、兼業労働時間比率(農家非農労働日数/総労働日数)、食糧作付面積比率(食糧作付面積/作物総作付面積)、耕地利用指数(作付面積/耕地面積)、農家世帯員数をモデルに含めている。理由は以下の通りである。

d_1 ：兼業労働時間比率（農家非農労働日数/総労働日数）

* 兼業化は農業生産への関心、生産努力を弱めるため技術効率性にマイナスの影響を与える可能性。

* 兼業化によって農業生産情報及び資金の獲得に有利で、技術効率性にプラスの影響を与える可能性。

d_2 ：食糧作付面積比率（食糧作付面積/作物総作付面積）

* 政府の食糧買い付けが強制的に行われており、農産物生産が技術条件から見た最適な組み合わせからはなれてしまう可能性。

d_3 ：耕地利用指数（作付面積/耕地面積）

* 耕地の灌漑条件、作物の栽培方法は技術効率性に影響を与えられとされる。耕地の灌漑条件が良ければ、また耕地の節約技術（例えば移植栽培）を採用すれば耕地利用指数は高くなる。つまり、耕地利用指数は耕地灌漑条件の改善、もしくは耕地の節約技術の採用程度をある程度反映していると考えられる。したがって、耕地利用指数は技術効率性にプラスの影響を与える。

d_4 ：農家世帯員数

* 農業生産においては季節性が強く、作業項目に作業適期が存在する。つまり、世帯人口が多ければ作業項目を作業適期内に完了させる可能性が高い。したがって、技術効率性に正の影響を与える。

データは農家耕種投入、産出、並びに効率性指数の決定変数のクロスセクションデータで推計する。推計対象年度は1986年、1990年、1993年、1996年の4カ年とし、年次別にモデルの推計をする。

推計結果が投入要素並びに産出の計算単位に影響されるので結果の解釈に難しい問題を伴う。その問題を解消するため、本稿では、全ての投入・産出変数についてそれぞれの幾何平均値で割り標準化処理している。

表 4-1 Translog 型フロンティア生産関数の推計結果

推定係数	1986	1990	1993	1996
α_0	0.356*** (6.86)	0.847*** (14.80)	0.737*** (14.96)	0.487*** (11.43)
α_1	0.541*** (13.56)	0.420*** (11.42)	0.431*** (11.54)	0.394*** (11.84)
α_2	0.357*** (11.82)	0.398*** (14.25)	0.394*** (14.53)	0.389*** (16.63)
α_3	0.107*** (3.81)	0.160*** (5.11)	0.142*** (5.09)	0.162*** (6.26)
β_{11}	0.267*** (3.72)	-0.011 (-0.18)	0.234*** (3.81)	0.144*** (2.80)
β_{22}	0.062** (1.94)	0.064** (1.74)	0.109*** (3.42)	0.070*** (3.10)
β_{33}	0.045 (1.21)	-0.044 (-0.94)	-0.041 (1.04)	-0.028 (-0.88)
β_{12}	-0.201** (-2.18)	-0.071 (-0.88)	-0.401*** (-5.88)	-0.187*** (-3.49)
β_{13}	-0.147** (-1.66)	-0.032 (-0.39)	-0.113* (-1.60)	0.113** (2.09)
β_{23}	-0.052 (-0.90)	-0.069 (-1.20)	0.222*** (4.37)	-0.168*** (-3.87)
σ^2	0.087*** (7.15)	0.091*** (8.54)	0.065*** (6.25)	0.063*** (7.49)
γ	0.594*** (5.17)	0.725*** (10.02)	0.553*** (3.89)	0.625*** (6.13)
<i>Log likelihood</i>	23.101	55.682	88.439	16.020

注) ***は 1%水準有意、**は 5%水準有意、*は 10%水準有意 括弧は z 値

出所：馬 (2001)

モデルの当てはまりを示す σ^2 および γ^2 の統計量は良好な値を示しており有意である。さらに、各年の γ の値は 0.59~0.73 の範囲にあることから、フロンティア生産関数からの乖離の 59~73%は技術非効率性、残りはランダム的な要素によって規定されていることを意味し、技術非効率性の影響が大きい。

また土地、労働、物財の三要素とも生産弾力性は正であり有意であり、土地弾力性は最も高く、次に物財投入が高く、最も生産弾力性が低いのは労働力である。経年的な変化を見ると 1986 年から 1996 年にかけて、労働と物財の生産弾力性が大幅増加した。土地生産弾力性に関しては年々低下している。

また土地、労働、物財の三要素とも生産弾力性は正であり有意であり、土地弾力性は最も高い。次に物財投入が高く、最も生産弾力性が低いのは労働力である。経年的な変化を見ると 1986 年から 1996 年にかけて、労働と物財の生産弾力性が大幅増加した。土地生産弾力性に関しては年々低下している。

また、農家別の技術効率性を得るためには、フロンティア生産関数アプローチによって算出された λ 、 σ 、 ε_i を

$$E\left(\frac{U_i}{\varepsilon_i}\right) = \frac{\sigma_U \sigma_V}{\sigma} \left[\frac{f\left(\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma}\right)}{1 - F\left(\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma}\right)} - \frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma} \right] = U_i^*$$

に代入して得る。

表 4-2 技術効率性範囲別農家分布数とその変化

効率性の範囲	1986	1990	1993	1996
0.3-0.5 未満	0	2	0	0
0.5-0.6 未満	3	8	3	3
0.6-0.7 未満	22	36	3	7
0.7-0.8 未満	87	114	57	60
0.8-0.9 未満	369	315	331	320
0.9-1.0	78	93	140	128
農家総数	559	568	534	518
平均効率性	0.842	0.825	0.865	0.861
最小値	0.502	0.382	0.587	0.517
最大値	0.957	0.960	0.961	0.968
標準偏差	0.066	0.084	0.054	0.061

出所：馬(2001)

技術効率性の範囲別の農家分布をみると、1986,1990 年に比べて 1993,1996 年は平均値を下回る農家の数が減少し、平均値を上回る農家数が増加している。したがって、中国では 90 年代に入って生産技術効率性が上昇する傾向にあった。

・技術効率性の影響要因の分析

最尤法により

$$\ln \left[\frac{TE}{1-TE} \right] = b_0 + \sum_{f=1}^4 b_f d_f + \mu \quad (3.10)$$

の効率分解関数を推計する。

表 4-3 技術効率性の決定関数の推計結果

変数		1986	1990	1993	1996
常数項	b_0	2.320*** (14.03)	1.759*** (10.98)	1.175*** (8.25)	1.179*** (9.24)
兼業労働比率	d_1	-0.182* (1.91)	-0.191* (-1.96)	-0.250*** (-2.68)	-0.221** (-2.17)
食糧作付面積比率	d_2	-1.644*** (-8.39)	-1.439*** (-6.27)	-0.393*** (-3.30)	-0.356*** (-2.78)
耕地利用指数	d_3	0.400*** (12.86)	0.601*** (8.12)	0.356*** (8.80)	0.343*** (8.92)
家族人口	d_4	0.025* (1.94)	0.029 (1.55)	0.043*** (2.80)	0.047*** (2.67)
σ		0.422*** (35.41)	0.532*** (34.01)	0.407*** (34.14)	0.450*** (34.32)
<i>Log likelihood</i>		-306.29	-447.69	-277.04	-320.76

(注) ***は 1%水準有意、**は 5%水準有意、*は 10%水準有意 括弧は z 値

出所：馬(2001)

表 4-3 は技術効率性に影響する要因を 4 つモデルに含め推計しており、説明変数を見ると兼業労働比率、食料作付面積比率は有意に負に影響している。耕地利用指数は正の影響、世帯員数は 1986,1993,1996 年に有意な正の影響をもたらすということが分かる。

3.2.2 日本牛肉畜産業におけるフロンティア生産関数推計と技術効率性分析

本節では 3.2.1 節で紹介した馬(2001)のモデルを参考にして日本の牛肉畜産業におけるフロンティア生産関数の推計と技術効率性分析を行う。

先行研究では中国四川省の個々の農家を対象としたマイクロデータを使用しているが、本節の実証分析では分析対象として牛肉畜産業を行う都道府県単位でデータを集計した。また、データは畜産統計調査や農林業センサス 2020、2015 から収集し、クロスセクションデータを構築した。

推計するモデルは、上記式を参考にして、変数を少々改変した。

$$\ln Y_i = \alpha_0 + \sum_{k=1}^3 \alpha_k \ln X_{ki} + \sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^3 \beta_{kj} \ln X_{ki} \ln X_{ji} + c_1 D_1 + V_i - U_i \quad (3.11)$$

ただし

Y_i : i 番目の地域の生産額

X_{1i} : i 番目の地域の耕地面積 (牧草地・放牧地がメイン)

X_{2i} : 飼育数 (子供の牛含む)

X_{3i} : 労働投入日数

D_1 は北海道ダミー (地域別の土質、降水量、灌漑、価格などの変数が農業生産に影響を与えることを考慮・農業規模の大きい北海道についてダミー変数を用意)

また、技術効率性に関しては(4.2.4)を改変して以下のモデルを最尤法で推計する。

$$\ln \left[\frac{TE}{1-TE} \right] = b_0 + \sum_{f=1}^4 b_f d_f + e_1 D_1 + \mu \quad (3.12)$$

b_0 : 常数項

b_f : 推計すべき係数

d_f : 技術的効率性に影響する要因

μ : 誤差項

(4 推計式の技術効率性に影響する要因 d_f には、兼業労働時間比率(農家非農労働日数/総労働日数)、食糧作付面積比率(食糧作付面積/作物総作付面積)、耕地利用指数(作付面積/耕地面積)、農家世帯員数をモデルに含めている。理由は以下の通りである。

d_1 : 150 日以上従事者割合

* 兼業化は農業生産への関心、生産努力を弱めるため技術効率性にマイナスの影響を与える可能性。そのため、割合が高いほど、技術的効率性にプラスの影響を与えるのでは。

d_2 : 借入耕地面積（借入耕地面積/耕地面積）

* 耕地借入比率とは耕地面積のうちの借入耕地面積の比率を表しており、土地を借り入れることで農家の生産に関するインセンティブが弱くなり、効率性が下がる可能性。

d_3 : 単一経営経営体割合（主位部門の販売金額が 8 割以上の経営体）

* 主位部門の販売金額が 8 割以上の経営体ほど、畜産業により力を入れることができ、技術的効率性の上昇が見込める

d_4 : 法人経営体割合（法人経営体/農業経営体）

* 法人の方が、より規模が大きく、資金力も充実しており、技術的効率性にプラスの影響を与える可能性。

農家別の技術効率性を得るためには、フロンティア生産関数アプローチによって算出された λ 、 σ 、 ε_i を

$$E\left(\frac{U_i}{\varepsilon_i}\right) = \frac{\sigma_U \sigma_V}{\sigma} \left[\frac{f\left(\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma}\right)}{1 - F\left(\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma}\right)} - \frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma} \right] = U_i^* \quad (3.13)$$

に代入して得る。

上記のモデルを最尤法にて分析する

また、推計結果が投入要素並びに産出の計算単位に影響されるので結果の解釈に難しい問題を伴う。その問題を解消するため、本稿では、全ての投入・産出変数についてそれぞれの幾何平均値で割り標準化処理している。

表 4-4 記述統計量

Variable	Obs	Mean	sd	Min	Max
農家数 farmer	94	877.5	1412.295	5	7500
生産量 production	94	143.81	222.1042	2	1151
農地面積 arceage	94	5097.5	15649.2	1	109350
牧草地 pasture	94	263.62	607.6099	0	3345
借入地 borrow	94	1843	4545.449	0	30184
飼育頭数 kept	94	38057	59022.27	391	345855
投入労働量 labor_force	94	2359.8	3342.783	22	14089
地主 owner	94	1326	2047.162	8	9994
年間労働日数150日以上の地主 150_owner	94	1097	1728.257	6	8717
単一経営体数 monoform	94	463.7	868.9098	3	4749
法人経営体数 cooperate	94	35	54.01075	0	340

出所：農林水産省 「農林業センサス」

表 4-5 確率的フロンティアモデルの推計結果

パラメータ	係数	z値	p値
α_0	1.4112359	1.0195743	0.307930382
α_1	0.1407225	0.204125	0.838255783
α_2	1.7862203**	2.3428061	0.019139328
α_3	1.1419515***	2.967652	0.003000839
β_{11}	0.4085073	1.1681747	0.242736305
β_{22}	2.087841***	3.1480283	0.001643758
β_{33}	1.1955345	0.8326694	0.405031209
β_{12}	-0.4692849	-1.106355	0.268572882
β_{13}	-0.3046454	-0.4706945	0.637858886
β_{23}	-0.6857712	-0.7871545	0.431191433
c_1	0.8335983	0.2654841	0.790636572
σ_V	2.1329939***	11.5632682	0
σ_U	2.5816479***	22.4234722	0
log_likelihood	630.1531		
λ	1.21034003	-	-
γ	0.594307812	-	-
σ_V^2	4.549662977	-	-
σ_U^2	6.6690588	-	-
σ^2	11.21456886	-	-

***は 1%水準有意、**は 5%水準有意、*は 10%水準有意

表 4-6 最尤法による技術効率性分析の結果

パラメータ	係数	z値	p値
b_0	0.8547466	0.3725636	0.7094733
b_1	5.1185341*	1.7093081	0.08739389
b_2	-6.0872463***	-4.3956191	1.10458E-05
b_3	-1.2466083	-0.6760195	0.4990282
b_4	6.1172381**	2.246838	0.02465038
e_1	-0.2722671	-0.1842924	0.8537841
σ	1.9746249***	12.6430385	0
log_likelihood	749.2083	-	-

***は 1%水準有意、**は 5%水準有意、*は 10%水準有意

ここでさらに、分析に利用した 98 のデータについて技術効率性を地域別に示すと以下の表、図のようになる。この表から、日本の牛肉畜産は全体的に技術効率性（TE）の高い水準にあることがわかる。

表 4-7 技術効率性の地域別内訳（2020）

技術効率性範囲 (2020)	全地域	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州
0.75未満	26		5	5	5		5	1	5
0.75~0.8未満	6				1	2		2	1
0.8~0.85未満	2								2
0.85~0.9未満	2		1					1	
0.9~0.95未満	1				1				
0.95~1未満	10	1		2	3	4			

（注）技術効率性 TE の平均値=0.8098

図 4-1 技術効率性の地域別内訳（2020）

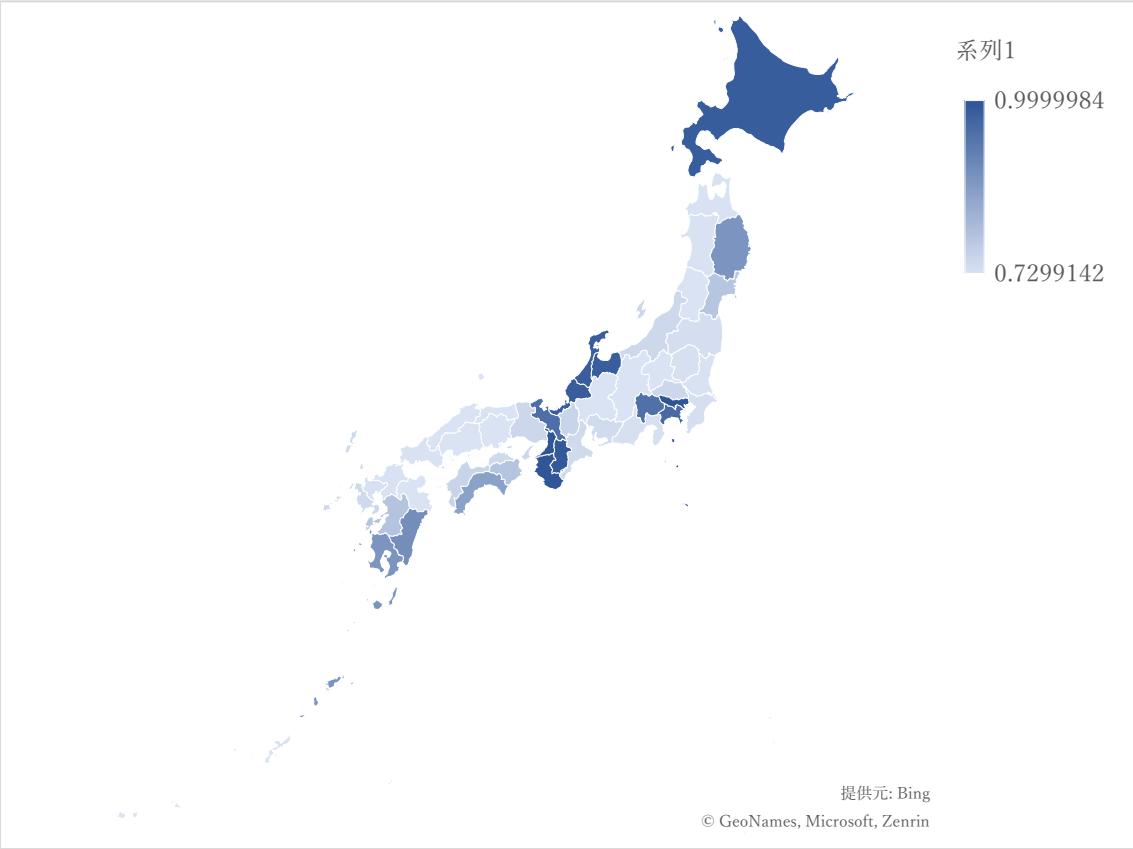
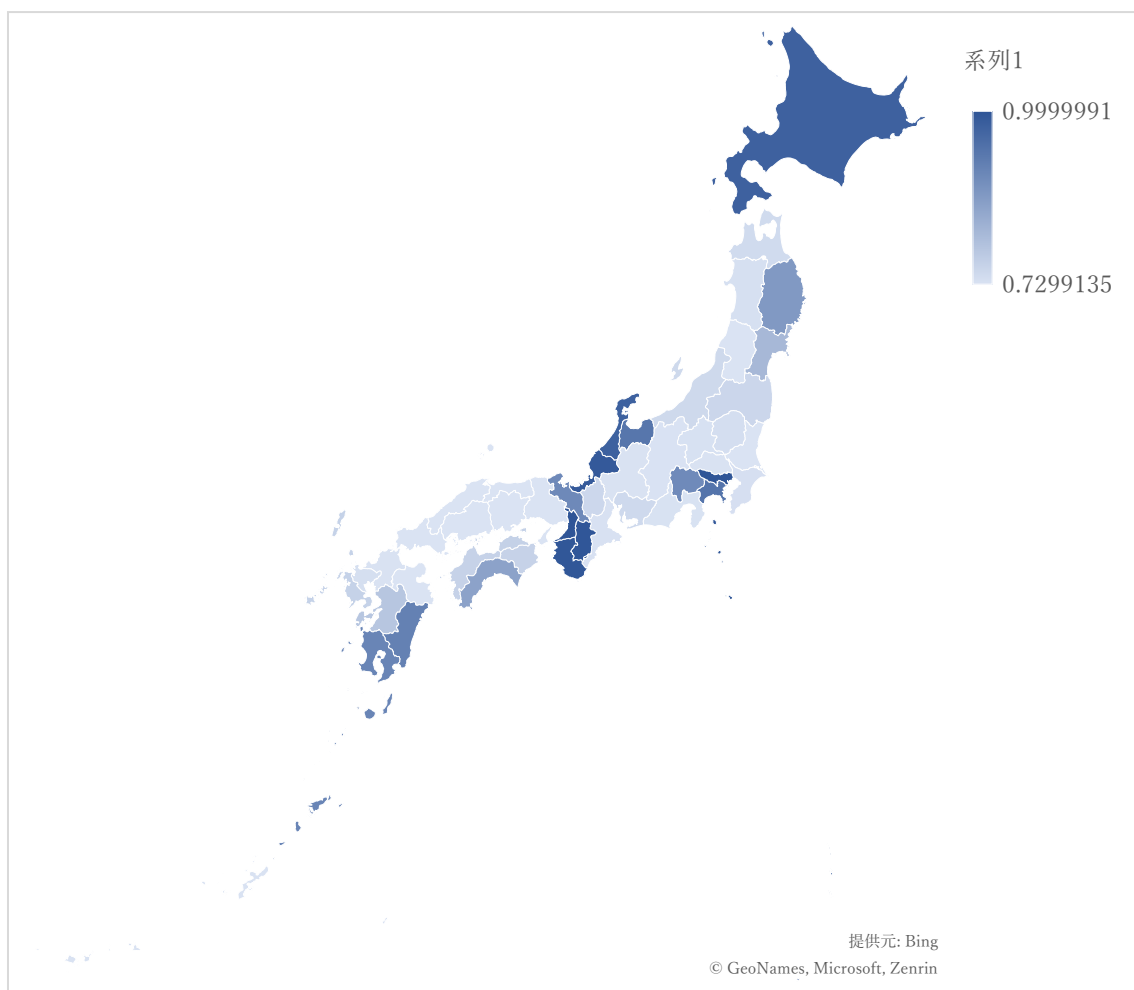


表 4-8 技術効率性の地域別内訳（2015）

技術効率性範囲 (2015)	全地域	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州
0.75未満	24		3	5	6	1	5		4
0.75~0.8未満	7		1			1		3	2
0.8~0.85未満	1		1						
0.85~0.9未満	3		1		1			1	
0.9~0.95未満	5			1	1	1			2
0.95~1未満	7	1		1	2	3			

(注) 技術効率性 TE の平均値=0.8073

図 4-2 技術効率性の地域別内訳 (2015)



3.3 推計結果の考察

表 4-5 の確率的フロンティアモデルのパラメータ推計結果から「飼育頭数」と「投入労働力」が有意に正になったことから予想通りの結果を得ることができた。「耕地面積」に関しては正という結果は出たが、有意にはならなかった。この原因としては、放牧牛

の割合が約1割程度であり、それ以外は基本的に牛舎での飼育であるため、耕地面積の大きさが生産量に大きな影響を与えないことが考えられる。また、 $\ln \sigma_v$ 、 $\ln \sigma_u$ が有意であったことから確率的フロンティアモデルを採用した意義があったと考えられる。さらに、 $\gamma=0.5943078$ となっており、フロンティア生産関数からの乖離の59%は技術非効率、残りはランダム的な要素によって規定されていることを意味し、技術非効率性の影響が大きいことから、確率フロンティア生産関数を採用した意義があったと考えられる。また、3.2節の中国四川省を分析対象とした先行研究では、フロンティア生産関数からの乖離の59~73%が技術非効率性によるものであったため、日本の牛肉畜産では技術非効率による乖離が比較的小規模であることがわかる。そのため、先行研究と比べると、ランダムな要素によって規定される割合が大きくなっている。

さらに表4-6の最尤法による技術効率性の要因分析の推計結果から、「150日以上従事者割合」について正に有意な結果を得ることができた。このことから、より農業に注力する日数が多い、すなわちより専業であるほど農家の効率性が向上することが日本の牛肉畜産の特徴と言える。同様に、「法人経営体割合（法人経営体/農業経営体）」についても正に有意な結果を得ることができた。法人経営体割合が正に有意になった理由について、法人であれば、資金力や充実した設備や機械、高い技術力を活用することできるため、より効率的な生産が可能になるためだと考えられる。

また、「借入耕地面積（借入耕地面積/耕地面積）」について負に有意な結果を得ることができた。このことから、借入耕地面積が大きいほど、農業の効率性が低下することが日本の牛肉畜産の特徴と言える。この原因として、借入地であることが農家の生産に対するインセンティブの減少につながるためだと考えられる。

単一経営経営体割合（主位部門の販売金額が8割以上の経営体）については係数が負となった。これは、単一の農産物に注力することでより効率的に資源を利用し、より効率的に生産できると考えられるため、予想に反する結果を得た。

さらに、98のデータの技術効率性の平均値は0.8086と高い数値を得ることができた。なお、3.2節の中国四川省を分析対象とした先行研究では、技術効率性の平均値は0.825から0.865の間に収まっており、それと比較すると小さい値となっている。この原因としては先行研究が稲作を研究対象としているのに対して、本論文では牛肉畜産という生命を扱う分野を研究対象としていることが関係していると思われる。

各地域の効率性の内訳を表4-7、表4-8、図4-1、図4-2に示した。これらから地域別の分布には3つの特徴があると考えられる。1つ目は、北海道の効率性の高さである。これは、北海道の1農家あたりの牛肉畜産の規模が他県と比べても非常に大きいものであり、規模の経済が働いていることが理由の1つであると考えられる。2つ目は、都市の効率性の高さである。この原因として、都市の畜産の1農家あたりの規模は非常に小さいものであり、少数の牛に対して十分に資源を費やすことで確実に生産を行っていることが1つの理由として考えられる。また、これらの地域は畜産を行う農家がかなり少ないこ

ともあり、十分なデータを得られていないことも原因の1つとして考えられる。

第 4 章 結論

本論文では、日本の牛肉畜産における特徴について、牛肉の種類別の需要分析と牛肉畜産の生産性分析をテーマに実証分析を行った。

まず第 1 章では、第 1 章では、日本の牛肉畜産業について、消費者と供給者の両サイドから見た現状をまとめるとともに、国内市場における輸入牛肉の存在について整理を行った。その特徴として、日本の牛肉市場では、輸入牛肉の存在が大きくなっており、今後牛肉の関税が撤廃されるに従い、さらにより安くより多くの輸入牛が国内市場に入り込んでくると考えられる。また、消費者の牛肉の購買要因として、価格が重要視する傾向が強く、ブランド（特に和牛）に関してはあまり重要視しないということがわかった。一方、生産サイドの特徴としては、農業所得の低下や、農家数の減少、兼業農家の増加、法人経営体の増加が挙げられる。

第 2 章では、需要サイドから牛肉を種類別に分析し、AIDS 理論を用いて需要関数を推計した。需要関数の推計結果からそれぞれの種類の自己価格弾力性と交差価格弾力性を計測した結果、乳用牛と交雑牛は輸入牛と強い代替関係にあり、財として近接した品質ポジションにあることがわかった。一方で、和牛に関しては、輸入牛とのだいたい関係はほとんどないものの、自己価格弾力性が非常に大きい値となっており、「嗜好品」としての特徴を持ち合わせていることがわかった。

第 3 章では、供給サイドから日本の牛肉畜産について分析を行った。日本の牛肉畜産を行う農家の効率的供給に関する要因を「兼業」「借入地」「法人経営」といった観点から確率的フロンティア生産関数を用いて推計した。その結果、日本の牛肉畜産の特徴として、兼業の度合いが強いほど、農家の効率性が下がることがわかった。同様に、借入地が農地に占める割合が大きくなるほど、農家の効率性が下がることがわかった。他方、法人経営農家であることが、効率性の向上に寄与することがわかった。また、北海道の効率性の高さを見てわかるように、牛肉畜産においても規模の経済が存在すると考えられる。

以上の結果から、今後の日本の農業における政策を提言したい。まずは今後の国内牛肉市場の展望について、数年後輸入牛の完全撤廃され、さらに多くの輸入牛肉がより安く国内市場に流れるようになる。この結果、輸入牛と強い代替関係にある乳用牛、交雑牛は、より安い輸入牛に需要の大半を奪われると考えられる。この流れが続くほど、国内の牛肉の自給率の低下、国内の畜産農家の所得減少の 2 点が今後さらに進展していくと考えられる。これを防ぐための政府の政策として、価格競争と品質差別化の 2 点挙げる。価格競争における主な政策としては、農業法人の設立の支援である。第 3 章の日本の畜産の効率性に影響を与えるである「法人」「兼業」をコントロールし、より効率的な生産を可能にすることで、より安価な生産を可能にすることを目指すものである。

特に大規模な農業法人の設立を目指すことで、規模の経済による効果も考えたい。品質差別化について、第2章の結果より、特に和牛は輸入牛と代替関係になく、品質として大きく差別化していると言える。この差別化された部分の消費を拡大するべく販売促進や、価格支援、和牛の肥育牛支援などを行うことが重要だと考える。

参考文献

澤田学(1980)「Almost Ideal Demand System と食料需要分析」『北海道大学農経論叢』
The Review of Agricultural Economics Hokkaido University, Vol.37,
pp.151-182.

HIROSHI MORI and B.H LIN (1990) 「Japanese Demand for Beef by Class: Results of
the Almost Ideal Deman System Estimation and Implications for Trade Liberalization」
『農業経済研究』1990 年第 61 巻,第 4 号

馬永良(2001)「農家兼業化が農業生産技術効率性に与える影響に関する計量分析-
中国四川省固定観察点における農家調査に基づいて-」『農林業問題研究』2001
年 37 巻 3 号, pp.132-145.

BatteseE, G. (1992),“Frontier Production Functions and Technical Efficiency
:A Survey of Empirical Applications in Agricultural Economics,” ELSEVIER,
Vol. 7, Issues 3-4, 185-208.

農林水産省「農林水産物品目別参考資料」

農林水産省「農業経営統計調査畜産生産費」

農林水産物輸出入統計 「農林水産物品目別実績（輸出）」

農林水産省 「畜産物流通調査」

農林水産省 「畜産統計調査」

農林水産省 「農林業センサス 2020」「農林業サンセス 2015」

農林水産省 「国内牛肉需要調査」

あとがき

日本の農業については現在も多くの問題があり、議論が行われているが、状況はあまり変わらないままである。現状、日本国内で大きな混乱が生じていないため、現状維持で終わっているかもしれないが、災害、戦争、貿易摩擦など想定外の問題が次々と起こりうる時代を我々は生きている。そのことを理解し、食料問題に関心、興味を持ち、どうすべきか考えることに価値があるのではないかと私は考える。この論文がそういった1つのきっかけになると大変嬉しく思う。

論文を作成するにあたり、ゼミには参加していたものの十分に内容を理解することなくその場しのぎで学んでいた私は、ゼミの内容の復習から始めることとなり、大変苦勞した。4年生の4月にはすでにテーマも決まり、データ自体も十分に集まっていたが、理論分析、実証分析にかなりの時間を費やし、最終的には提出3日前に実証分析が終わるという「大学生あるある」をそのまま実践することとなってしまった。

この2年間を振り返ると、体育会の練習後一睡もすることなくプレゼンを完成させ授業に出たことや、同期13人中8人が辞めてしまったことなど、かなり忙しく、辛い2年間ではあったが、2年間ゼミに所属し続け、卒業論文を完成させた今では、「石橋ゼミで頑張ってよかった」と心の底から思う。

誠に勝手ながら最後はお世話になった方々への感謝の思いで締めさせていただきます。まずは、2年間お世話になった石橋教授へ。おそらく石橋教授が見てきた中でもトップを争うほど出来の悪い代であった我々24期性を指導してくださり誠にありがとうございました。特に私は体育会活動を理由にゼミを欠席することも多く、さらには三田論を書き上げることができないという失態を起こしたにもかかわらず、最後まで見捨てることなく優しく丁寧に指導してくださり、本当にありがとうございました。同期へ。13人から5人には減ってしまいましたが、この5人で卒業論文という大きな壁を乗り越えることができ、本当に嬉しく思います。2年間本当にありがとう。後輩へ。私の明らかに準備不足で内容のないプレゼンテーションに対しても、真剣に考えてコメントをくれて、本当にありがとう。来年、諸君の卒業論文がゼミのホームページに記載される日を楽しみにしています。