

Institute for Economic Studies, Keio University

Keio-IES Discussion Paper Series

都道府県別パネルデータを用いた日本酒製造業の費用関数分析

斎藤 淳生、中妻 照雄

2021年5月6日

DP2021-011

<https://ies.keio.ac.jp/publications/14082/>

Keio University



Institute for Economic Studies, Keio University
2-15-45 Mita, Minato-ku, Tokyo 108-8345, Japan
ies-office@adst.keio.ac.jp
6 May, 2021

都道府県別パネルデータを用いた日本酒製造業の費用関数分析

斎藤 淳生、中妻 照雄

IES Keio DP2021-011

2021年5月6日

JEL Classification: C13, L11

キーワード: 日本酒; 原価; トランスロゴ型費用関数

【要旨】

日本酒は近年出荷量と酒蔵数が減少傾向にあったが、2020年に始まる新型コロナウイルス感染症拡大の影響で出荷量の減少が加速している。市場規模が縮小し続ける時代に日本酒製造業が持続可能であるためには、各酒蔵がコスト意識を持った経営を行うことが不可欠であろう。本研究では、日本酒製造業の費用構造を解析し、都道府県別のパネルデータを用いてトランスロゴ型費用関数を推定した。これにより日本酒製造業の費用構造、特に酒類と地域による差およびタイムトレンドに関して示唆に富んだ結果を得た。

斎藤 淳生

慶應義塾大学大学院経済学研究科

〒108-8345

東京都港区三田2-15-45

goldcrystal1@keio.jp

中妻 照雄

慶應義塾大学経済学部

〒108-8345

東京都港区三田2-15-45

nakatuma@econ.keio.ac.jp

都道府県別パネルデータを用いた 日本酒製造業の費用関数分析

斎藤湧生* 中妻照雄†

2021年5月

概要

古来より日本酒は人々に親しまれてきたが、その市場動向は近年激変している。従来より出荷量と酒蔵数が減少傾向にあったが、2020年に始まる新型コロナウイルス感染症拡大の影響で出荷量の減少が加速している。そのような中、市場の変化に伴い製造原価は増加の一途をたどっているが、酒蔵がどこまでコスト意識を有していかは判然としない。しかし、市場規模が縮小し続ける時代に日本酒製造業が持続可能であるためには、各酒蔵がコスト意識を持った経営を行うことが不可欠であろう。本研究では、日本酒製造業の費用構造を解析し、その問題点を明らかにするため、日本酒に関する都道府県別のパネルデータを用いてトランスログ型費用関数を推定した。これにより日本酒製造業の費用構造、特に酒類と地域による差およびタイムトレンドに関して示唆に富んだ結果を得た。例えば、純米吟醸酒と普通酒が酒蔵に利益をもたらす一方、吟醸酒や生酒はコストを削減しにくいことが示された。また純米酒と本醸造については費用最小化が意識されていない可能性が示された。さらに酒蔵は設備投資や原材料に関しては費用最小化を意識しているものの、人件費に関してはそれほど最適化がなされていない可能性が存在することがわかった。一方、地域による費用構造の差やタイムトレンドの影響は少ないことが確認された。

キーワード：日本酒、普通酒、特定名称酒、原価、トランスログ型費用関数

1 はじめに

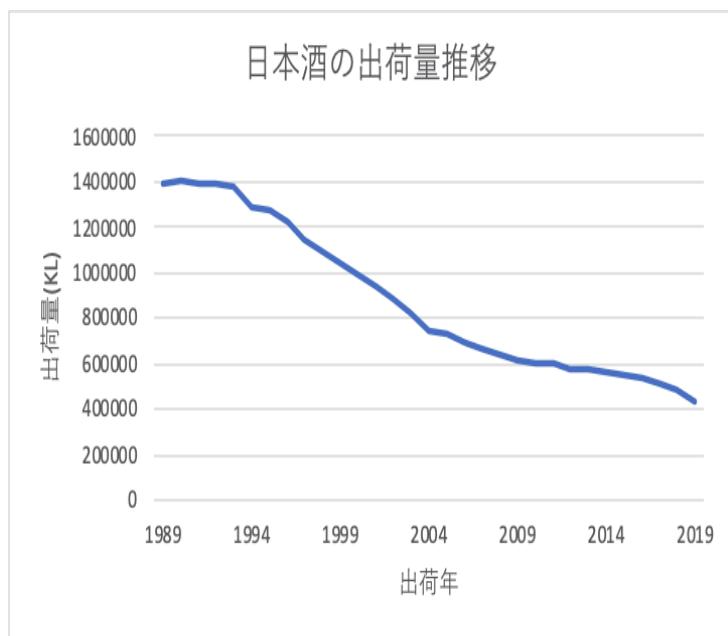
現代を生きる日本人で、日本酒という酒を飲んだことはないにせよ、日本酒の存在を知らない人はまずいないだろう。それぐらい日本酒というのは古来より日本人に親しまれてきたアルコール飲料である。日本酒の歴史は古く、日本書紀にも4世紀後半から既に存在したとの記録がある。その後も日本酒は発展を続け、江戸時代以降に広く大衆にも流通するようになった。

その日本酒を造る酒蔵は、現在まさに大きな危機に直面している。2020年に始まる新型コロナウイルス(COVID-19)感染症(以下コロナと記す)の猛威は、本論文執筆時点においても止まるところを知らない。日本酒もまた、コロナが与える経済的打撃を免れなかった。農林水産省の調査による

* 慶應義塾大学大学院経済学研究科博士課程

† 慶應義塾大学経済学部

図1 日本酒の種類別出荷量



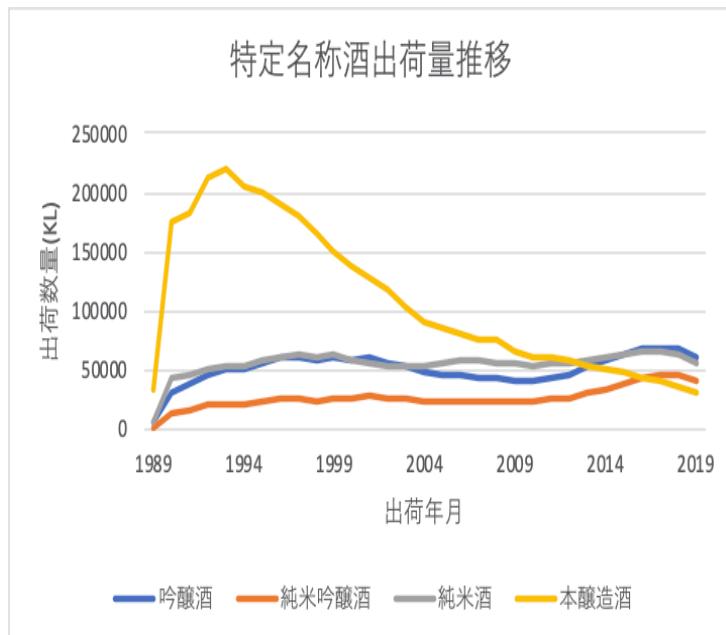
と、業務用の日本酒を中心として国内出荷量は2020年に対前年比で11%減少した。特に、近年脚光を浴びていた特定名称酒は同じく対前年比で13%と大幅に減少した。ここでいう特定名称酒とは吟醸酒、純米吟醸酒、純米酒、本釀造酒といった普通酒より特別な方法で造られた特定の日本酒の総称である。より細かく分析すると吟醸酒が9%、純米吟醸酒と純米酒がそれぞれ11%、本釀造酒が14%の下落となった^{*1}。1年でここまで出荷量が下落するのはかつてない事例であり、飲食業や観光業と並んで日本酒製造業も苦境に立たされている。1年でここまで出荷量が下落するのはかつてない事態であり、飲食業や観光業と並んで日本酒製造業も苦境に立たされている。

しかし、日本酒製造業はコロナの流行によって急に不景気になったわけではなく、実はコロナ以前より低迷が続いてきた。日本酒の出荷量と酒蔵の数は残念ながら昭和時代以降年々減少している。国税庁が公開している「清酒製造業の概況」によると、過去20年間で実に600社近くの酒蔵が廃業し、1ヶ月に3社近くのペースで廃業を余儀なくされている。廃業が多発する原因是日本酒の出荷量からも読み取ることができる。1989年から2019年までの日本酒出荷量は図1のように推移している^{*2}。この図からもわかる通り、日本酒の出荷量は一貫して下落している。かつてアルコール市場で日本酒のシェアが圧倒的であった頃と比べ、今ではビールやワイン、ウイスキーなどアルコール市場が多様化していることが原因の一つであると思われる。さらに少子高齢化の影響も無視できないであろう。近年では海外輸出が伸長しているものの、日本酒の出荷量のうち9割以上を国内向けが占めている以上、今後も日本酒全体の出荷量を増やしていくことは至難の業であろう。要約すると、日本酒製造業はここ数十年苦境に立たされてきたが、コロナに更なる追い打ちをかけられており、元か

*1 農林水産省作成の資料より取得。詳細は参考文献のURLを参照。

*2 図1～図3の出荷データは全て日本酒造組合中央会より取得した。

図2 特定名称酒の種類別出荷量

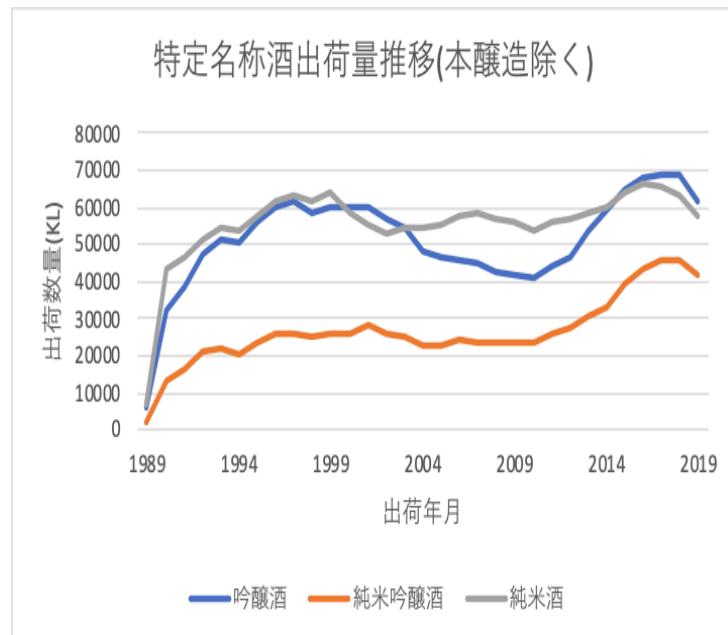


ら厳しかった将来の見通しが前にも増して厳しくなってきているのが現状といえよう。

各酒蔵は現在必死で生き残りの道を模索しており、何とかして売上を維持しつつコストの削減を行い経営を持続させようと奮闘している。しかし、売上維持と異なり、コスト削減は難しいかもしれない。何故なら日本酒製造に携わる経営者に「コスト意識」がどこまであるかは全く不明だからだ。酒蔵を経営している共同執筆者（斎藤）の個人的経験も交えながら説明すると、「良い酒を造るためにコストは惜しまない」、「飲食店や小売店への出荷量を維持するために多少の小売や卸の価格が採算にそぐわないのは仕方がない」という考え方にはコロナ前から散見される。ましてやコロナで出荷量が今までより減少している現状、出荷量維持のために大幅な値下げを行う酒蔵も決して珍しくはない。このように日本酒製造業では、経済学では当然とされるコスト意識を持つことを前提とした経営戦略が必ずしも構築されていない可能性がある。

その一方で、ここ数十年で日本酒製造に必要な原価が上昇傾向を見せている。一つの要因は日本酒の高級志向の高まりである。図2と図3は特定名称酒の出荷数量を示している。図2から読み取れるように2009年以降特に吟醸酒、純米吟醸酒、純米酒の伸びが著しく2014年以降は本釀造の出荷量を上回っている。図3からは特に純米吟醸酒の伸びが著しいことが確認できる。製造された日本酒が特定名称酒と認定されるためには、満たさなければならない基準が存在する。国税庁では、精米歩合70%以下のものを本釀造、精米歩合60%以下のものを吟醸酒と定義している。そのため例えば吟醸酒を造るためには、まず60%以下に精米された酒米、言い換えれば4割以上を削った酒米を使用しなければならない。当然、破棄される酒米の部分が多くなるため、同量の普通酒を造るより

図3 吟醸酒、純米吟醸酒、純米酒の種類別出荷量



も原料である酒米に関する原価は増えてしまう^{*3}。また、吟醸酒を製造にするに当たっては高度な技術や設備も必要とされるため、設備投資も年々見直さなければならない。そして、雇用形態の変化に伴う人件費の影響も無視できない。かつての酒造業は季節労働者がその大半を担っていた。そのため酒造のビジネスモデルは彼らの安価な労働力を前提としていたが、現在では酒の作り手たる杜氏と蔵人を社員として通年雇用する酒蔵が増加している。このように、現在の日本酒製造業は原材料、設備投資、人件費といった面からコストが増加傾向にあるといえる。

最後に、日本酒には「地酒」という言葉があるように、地域に根ざしたブランディングを各製造業者が行っている。そのため消費者にも生産者にも地域差が存在すると考えられており、それが日本酒製造の技術や品質に影響しているとみるのが通説である。ただ、地域によって個性が出ることでコスト意識に関しても地域差が生じるかどうかは、筆者の知る限り議論されていない。

これまでの議論をまとめると以下のようになる。

- ・ 日本酒は年々業界が縮小傾向にありコロナで追い討ちをかけられている。
- ・ 各酒蔵がどこまでコスト意識を持っているかは疑問が残る。
- ・ 日本酒の製造原価はますます上がっている。
- ・ コスト意識にも地域差があるかもしれない。

このような現状の中、日本酒製造業を持続可能にするためには、各酒蔵が製造過程のどこにコスト意識を持ち、どこに持っていないのか、どうすれば費用を最小化し低コストでの日本酒製造が可能

*3 この定義は坂口 (1964)、秋山 (1994) より参照した。

となるのかといったことを分析する必要がある。しかしながら、そのような日本酒製造業の費用関数を分析した先行研究は、筆者の知る限り過去に存在しない。そこで本研究では費用関数モデルを用いて日本酒製造業の費用構造について分析を行うこととする。

本論文の構成は以下の通りである。第二節では、日本酒製造の費用構造を捉えるモデルとしてトランスログ型費用関数を導入し、その推定法について説明する。続く第三節では、本論文で使用する日本酒製造業に関する都道府県別のパネルデータの概要について述べる。第四節では推定結果の提示と解釈を行い、最後の第五節では結論を述べる。

2 トランスログ型費用関数

一般に複数生産物を持つ費用関数は次のように表される。

$$C = C(p_i, y_i), \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (1)$$

ここで、 C は費用、 p_j は生産要素の価格、 y_i は生産量であり、 m は生産要素の種類、 n は生産物の種類とする。(1)式に関して、Christensen, Jorgenson and Lau (1973) は以下のようなトランスログ型モデルを提案した。

$$\begin{aligned} \log C &= \mu + \sum_{j=1}^n \alpha_j \log y_j + \sum_{i=1}^m \beta_i \log p_i + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \gamma_{jk} \log y_j \log y_k \\ &\quad + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^m \delta_{il} \log p_i \log p_l + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \rho_{ji} \log y_j \log p_i \end{aligned} \quad (2)$$

トランスログ型モデルは一般的な費用関数に関して連続性を仮定しており、2階微分の項までを近似したものと見なせる。そのため(2)式右辺のパラメータに対して以下の制約が課せられる。

$$\gamma_{jk} = \gamma_{kj}, \quad \delta_{il} = \delta_{li} \quad (3)$$

次に、(2)式に関して、シェパードの補題を用いてコストシェア方程式を導出する。まず、生産要素 i の投入量を X_i とする。するとシェパードの補題より以下を得る。

$$S_i = \frac{p_i X_i}{C} = \beta_i + \sum_{l=1}^m \delta_{il} \log p_l + \sum_{j=1}^n \rho_{ji} \log y_j \quad (4)$$

また、コストシェア方程式については以下の加法性制約が成り立つ。

$$\sum_{i=1}^m S_i = 1 \quad (5)$$

(5)式の制約により、コストシェア方程式は $m - 1$ 本が独立の方程式となる。これを Zellner (1962) が提唱した SUR (Seemingly Unrelated Regression) を用いて(2)式の費用関数と(4)の $m - 1$ 本のコストシェア方程式を同時推定する。

推定された(2)式の費用関数が以下の条件を満たすとき、日本酒製造業は費用最小化行動をとっているといえる。

1. 生産要素価格は総費用に対し 1 次同次である。
2. 生産要素価格は総費用の凹関数である。
3. 生産要素価格、生産物は総費用に対して単調性を持つ。

最初の生産要素価格に関する 1 次同次性の条件は以下で示される。

$$\sum_{i=1}^m \beta_i = 0, \quad \sum_{i=1}^m \delta_{il} = \sum_{l=1}^m \delta_{il} = 0 \quad (6)$$

(6)式の制約を満たすには費用 C と他の要素価格 p_i を任意の要素価格で相対価格化すれば良い。次の生産要素価格の凹性については、以下の価格に関する弾力性を算出することで検討できる。Uzawa (1962) よりアレン・宇沢 (Allen-Uzawa) の偏代替弾力性は以下のように求められる。まず、要素価格に関するヘッセ行列を $H(C)$ とすると、行列の成分 $H(C)_{il}(p)$ は次のようになる。

$$H(C)_{il}(p) = \nabla_i \nabla_l C(p) = \frac{\partial^2 C}{\partial p_i \partial p_l} \quad (7)$$

従って、 $H(C)$ は以下のような行列で与えらえる。

$$H(C) = \nabla \otimes \nabla C = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 C}{\partial p_1^2} & \frac{\partial^2 C}{\partial p_1 \partial p_2} & \cdots & \frac{\partial^2 C}{\partial p_1 \partial p_m} \\ \frac{\partial^2 C}{\partial p_2 \partial p_1} & \frac{\partial^2 C}{\partial p_2^2} & \cdots & \frac{\partial^2 C}{\partial p_2 \partial p_m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 C}{\partial p_m \partial p_1} & \frac{\partial^2 C}{\partial p_m \partial p_2} & \cdots & \frac{\partial^2 C}{\partial p_m^2} \end{pmatrix} \quad (8)$$

ここで、 $H(C)$ は対称行列なので、 $H(C)_{il}(p)$ は下記のような対称性を持つ。

$$\frac{\partial^2 C}{\partial p_i \partial p_l} = \frac{\partial^2 C}{\partial p_l \partial p_i} \quad (9)$$

(9)式を資本コスト S_i と推定パラメータ δ_{il} を用いて以下のように書き直すことで、生産要素 i の自己価格弾力性 η_{ii} と生産要素 i と l との交差価格弾力性 η_{il} が求まる。

$$\eta_{ii} = \frac{\delta_{ii} + S_i^2 - S_i}{S_i} S_i, \quad \eta_{il} = \frac{\delta_{il} + S_i S_l}{S_i S_l} S_i \quad (10)$$

ここで自己価格弾力性 η_{ii} が負であるとき、生産要素価格は費用関数の凹関数となる。一方、交差弾力性 η_{il} が正であるときは、異なる価格がそれぞれ代替性を持つといえる。最後の価格の単調性については、(2)式の β_i が正に有意であれば生産要素 i の価格は総費用に対して単調性を持つことになる。そして、生産物 j が費用に対して単調であることの条件は下記のように示される。

$$\frac{\partial C}{\partial y_j} \geq 0, \quad (j = 1, \dots, n) \quad (11)$$

ここで、

$$\frac{\partial C}{\partial y_j} = \left(\frac{C}{y_j} \right) \left(\frac{\partial \log C}{\partial \log y_j} \right), \quad \left(\frac{C}{y_j} \right) > 0 \quad (12)$$

なので単調性を満たす条件は

$$\frac{\partial \log C}{\partial \log y_j} \geq 0 \quad (13)$$

と同等である。

次に日本酒製造業における規模の経済の存在を検証する方法を説明する。一般に費用関数において規模の経済性が存在するならば、生産物の規模を n 倍にしたときに費用の増加は n 倍を下回ることになる。複数生産物が存在する場合、全ての生産物が同時に n 倍される状況と、個々の生産物が n 倍される状況が考えられる。前者は「全体の規模の経済性」と呼ばれ、(2)式のトランスログ型費用関数においては以下のように示される。

$$\sum_{j=1}^n \frac{\partial \log C}{\partial \log y_j} = \sum_{j=1}^n \left(\alpha_j + \sum_{k=1}^n \gamma_{jk} \log y_k + \sum_{i=1}^m \rho_{ji} \log p_i \right) < 1 \quad (14)$$

これに基づいて、全体の規模の経済性を測る尺度 SAL_0 と検証すべき条件を次のように定義する。

$$SAL_0 = \sum_{j=1}^n \left(\alpha_j + \sum_{k=1}^n \gamma_{jk} \log y_k + \sum_{i=1}^m \rho_{ji} \log p_i \right) < 1 \quad (15)$$

つまり、 SAL_0 が 1 を下回ると全体の規模の経済性が支持され、1 を上回ると否定されることになる。この(15)式を応用することで、生産物 j の規模の経済性の尺度 SAL_j と検証すべき条件は以下のように与えられる。

$$SAL_j = \alpha_j + \sum_{k=1}^n \gamma_{jk} \log y_k + \sum_{i=1}^m \rho_{ji} \log p_i < 1 \quad (16)$$

(16)式の右辺は(13)式の左辺に等しいので、生産物 j が費用に対し単調性を満たしつつ規模の経済が働く条件は

$$0 \leqq SAL_j < 1 \quad (17)$$

であるといえる。

ところで、(2)式で示したトランスログ型費用関数だが、これは伸縮型の構造を持つ一般的な関数型である。そのため関数内のパラメータに対して以下の 3 つの性質を検証することで、さらに詳しく日本酒製造業の生産構造について分析できるようになる。

1. 生産物と生産要素が分離可能かどうか。

Denny and Fuss (1977) は、生産物と生産要素の分離可能性に関する仮説検定を提案している。分離可能な投入と产出の構造は $C = C(y_1, \dots, y_m)$ に対して以下のように示される。

$$C = C(p_1, \dots, p_m, y_1, \dots, y_n) = C(p_1, \dots, p_m, q(y_1, \dots, y_n)) = C(p_1, \dots, p_m, Q) \quad (18)$$

つまり、費用関数が分離可能であるということは生産物を $Q = q(y_1, \dots, y_n)$ という一つの指標に集計できる、すなわち複数生産物を個別に費用関数に組み込む必要がないということを意味する。例えば Nelson and Hevert (1992) や北坂 (2011) における教育機関の費用構造の分析では、大学院生 1 人を大学生 3 人として集計したり、学部教育や大学院教育、研究活動を一括りに集計できるかどうかの検定を行なっているが、いずれも結果として分離可能性を棄却している。日本酒製造業の例で考えると、普通酒が大半を占める時代から多様な特定名称酒を扱うように市場が変化した際に、それらを全て普通酒と同じ扱いをして構わないのかどうか、ということを検定できるようになる。

2. 生産構造が相似拡大的かどうか。

費用関数が以下のような構造を持つとき、相似拡大的 (homothetic) であるという。

$$C = C(p_1, \dots, p_m, y_1, \dots, y_n) = g(p_1, \dots, p_m)q(y_1, \dots, y_n) \quad (19)$$

これは、費用最小化行動の下で選択される最適な生産要素の組み合わせが生産規模とは関係がないことを意味する。つまり、等量曲線を描いた場合に原点を通る直線上で技術的限界代替率は一定になる。もし(2)式に(19)式の制約を課すことができるならば、相似拡大性を満たす単純な関数型として扱うことができる。

3. 2 次項のパラメータがゼロかどうか。

(2)式における 2 次項のパラメータ $\delta_{il}, \rho_{ji}, \gamma_{jk}$ が全てゼロであれば、費用関数はコブ・ダグラス型と呼ばれる線形関数に退化する。

3 使用データ

本研究では、2003 年度から 2018 年度までの日本酒製造に関する都道府県別データを用いて(2)式のトランスログ型費用関数の推定を行った。ただし 2015 年度のみ工業統計調査が行われなかつたため、2015 年を除いた 15 年分のデータを使用した。しかし、日本酒製造に関するデータが 15 年にわたって全都道府県で揃っているわけではない。本研究ではデータが揃っている表 1 の 39 都道府県を分析対象とした。これらは全て揃っている 39 都道府県を用いた⁴。したがって、実証分析で使用するのは 15 年間 39 都道府県を対象とするパネルデータとなるから、観測値の総数は 585 となる。

次に(2)式および(4)式の各変数に使用したデータの説明に移ろう。まず(2)式左辺の総費用 C は

$$C = \text{原材料使用額} + \text{従業員現金給与額} + \text{有形固定資産額}$$

と定義した。原材料使用額と現金給与額は工業統計調査の「産業細分類別統計表 (経済産業局別・都道府県別表)」より取得し、有形固定資産額については国税庁の「清酒製造業の概況」における主要

⁴ なお 2011 年の東日本大震災のため東北地方で一部のデータに欠損が存在するが、この欠損値は平均値代入法により補完した。

表1 実証分析の対象となる都道府県

北海道	青森県	岩手県	宮城県	秋田県	山形県	福島県	茨城県	栃木県	群馬県
埼玉県	東京都	千葉県	神奈川県	新潟県	山梨県	長野県	富山県	石川県	福井県
岐阜県	静岡県	愛知県	三重県	滋賀県	京都府	大阪府	兵庫県	奈良県	和歌山県
鳥取県	島根県	岡山県	愛媛県	高知県	福岡県	佐賀県			

経営分析比率(都道府県別)における労働装備率に従業員数を乗じたものを使用した。なお従業員数も工業統計調査の「産業細分類別統計表(経済産業局別・都道府県別表)」より取得した。

ここで有形固定資産額を資本コストと見なすと、原材料使用額、現金給与額および有形固定資産額は、それぞれ原材料、労働および資本という日本酒製造における生産要素に対する支出額とみなせる。このことから(4)式左辺のコストシェア S_i を3つの生産要素に対する支出額を C で除したものとして算出した。

一方、生産物 y_j としては、それぞれ吟醸酒、純米吟醸酒、純米酒、本醸造、普通酒、生酒の産出量を用いた。これらのデータは日本酒造組合中央会から取得した。

また、生産要素価格 p_i は「清酒製造業の概況」と上述の工業統計調査を利用して算出した。具体的には、

- 原材料価格には原材料使用額を全体の平均値で除したもの
- 賃金には従業員現金給与額を従業員数で除したもの
- 資本価格には総資本額を有形固定資産額で除したもの

を各生産要素の価格として用いた。ここでは北坂(2011)に従って生産要素価格は平均値で基準化されている。なお本研究での資本価格の導出は衣笠(1995)を、賃金の導出は川村(1991)を参考としている。

各変数の基本統計量は表2にまとめられている。表2の統計量より、依然として普通酒の生産量が多く、本醸造が続き、吟醸酒と純米酒が同程度であるのに対し、生酒と純米吟醸酒の生産量は桁が一つ落ちることがわかる。季節限定である生酒よりも通年販売できる純米吟醸の方が出荷量が少ないという事実も表2より確認できる。また、コストの項目をみると、資本コストが一番高く、次に原材料、人件費と続く。すなわち酒蔵のコストは、機械建物、酒米購入、社員への給料という順序でシェアが下がることが読み取れる。

これらのデータに基づきトランスロッグ型費用関数を推定するにあたり、(2)式に以下の修正を施した。

- 定数項 μ を都道府県別のフルランクダミー変数で置き換えた(Greene(2003)などを参照)。すなわち都道府県別に固定効果が存在していると仮定したパネルデータ回帰モデルを想定す

表2 基本統計量

変数	変数説明	平均	標準偏差	最大値	最小値
y_1	吟醸酒	1296	1795	13899	189
y_2	純米吟醸酒	735	959	7188	68
y_3	純米酒	1463	1927	13302	105
y_4	本醸造	1657	3245	22478	41
y_5	普通酒	11371	28773	21568	194
y_6	生酒	975	1403	9682	69
C	総費用	1143013	2040666	14191098	82691
S_1	原材料費シェア	0.30	0.08	0.68	0.03
S_2	人件費シェア	0.20	0.05	0.34	0.02
S_3	資本コストシェア	0.50	0.08	0.93	0.20
p_0	原材料価格	1.0	1.98	14.4	0.05
p_1	賃金	1.0	0.16	1.94	0.57
p_2	資本価格	1.0	0.62	11.3	0.075

る。

- 今回の研究では人件費と設備投資の影響を調べるために、費用関数の1次同次性を総費用と生産要素価格を原材料価格で基準化した。

つまり、(2)式は以下のように書き直される。

$$\begin{aligned} \log C^* = & \sum_{h=1}^{39} \mu_h D_h + \sum_{j=1}^n \alpha_j \log y_j + \sum_{i=1}^{m-1} \beta_i \log p_i^* + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \gamma_{jk} \log y_j \log y_k \\ & + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{l=1}^{m-1} \delta_{jl} \log p_i^* \log p_l^* + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{m-1} \rho_{ji} \log y_j \log p_i^* + \epsilon \end{aligned} \quad (20)$$

ただし D_h は 39 都道府県に関するダミー変数を、 C^* と p_i^* はそれぞれ基準化された総費用と生産要素価格を表す。そして、(20)式と 3 つの生産要素のコストシェア方程式(4)のうち人件費と資本コストに関する 2 本の方程式、合わせて 3 本の式を同時推定する。

基本統計量及び概要で述べた性質、そして共同執筆者（斎藤）の個人的経験から各生産物と生産要素価格については以下の仮説が検討できる。

- 資本価格に関しては近年設備投資額が年々増えていることから、回帰係数は正であると予想される。
- 人件費に関しては近年正社員の雇用が増加していることから、これも回帰係数が正であると考えられる。

3. 大吟醸は多くの酒蔵が全国新酒鑑評会に出品するので、その分高い品質が求められるため製造工程が複雑になる。従って規模の不経済が働くため、SAL が 1 より大きい可能性が高い。
4. 純米吟醸は近年成長産業であり且つ大吟醸よりも鑑評会に出品する機会が少ない。よって規模の経済が働き SAL は 1 より小さいと考えられる。
5. 純米酒も純米吟醸と同じく増加傾向にあり、SAL は 1 より小さいと考えられる。
6. 普通酒及びそのほかの日本酒については消費量が大幅に下落していることから、SAL が 1 より大きいと思われる。

4 推定結果と考察

推定結果は表 3 のようになった。以下、議論の際の有意水準は全て 5% としている。

表 3 からわかるように、39 都道府県の固定効果は全て正に有意であったが、固定効果モデルはブーリング回帰モデルに対して F 検定において統計的に支持されなかった。したがって、地域による費用構造の差は認められなかつたと解釈できる。すなわち冒頭で述べた「日本酒の製造コストには何らかの地域差がある」という通説は支持されない可能性がある。例えば普通酒の生産量は関西地方が圧倒する一方、純米酒の生産は新潟が飛び抜けて多いなど、各地域で生産量は多種多様である。しかし各地域の固定効果に大きな差が見られなかつたということは、いずれも地域も県単位では似たような費用構造を持っているのではないかと推察される。この結果より、生産要素価格及び生産物を日本酒製造業全体の傾向として議論することができるだろう。

続いて生産要素価格について考察しよう。まず資本価格の係数は正に有意であった。ここで、資本価格の算出に有形固定資産額を分母に用いていることを思い出そう。すると有形固定資産、すなわち設備投資を行うほど分母が増えるので総費用に与える増加の影響は小さくなる。資本価格の係数が単調性を満たしていることを踏まえると、設備投資により原材料費や人件費を抑えることができる可能性があると解釈できる。加えて単調性より、酒蔵が資本価格に関しては費用最小化を行っていると解釈される。一方、賃金は係数が負で有意ではないため単調性を満たしているとは言えず、費用最小化の前提を満たしていない。この点では当初述べた仮説のうち、仮説 2 については正しいが仮説 1 については単調性を満たしていない時点で正しいとは言えない。

生産量の係数について議論すると、吟醸酒と普通酒が正に有意であったが、それ以外については有意ではなかつた。生産量の二乗項と交差項に関しては、吟醸酒と生酒、本醸造と生酒と 2 つのクロス項が正に有意であった。生産要素価格については二乗項とクロス項共に有意であった。最後に生産量と生産要素価格のクロス項については、賃金と普通酒のクロス項が正に有意であり賃金と生酒のクロス項が負に有意であった。

表3 トランスログモデル型費用関数推定結果 1

変数名	回帰係数	標準誤差	p 値	変数名	回帰係数	標準誤差	p 値
北海道 (α_{01})	4.5805	1.7853	0.0103	吟醸酒 (α_1)	2.4043	0.9119	0.0084
青森県 (α_{02})	4.4128	1.7986	0.0141	純米吟醸酒 (α_2)	-1.0748	0.7226	0.1369
岩手県 (α_{03})	4.0483	1.7776	0.0228	純米酒 (α_3)	-0.0553	0.3155	0.8609
宮城県 (α_{04})	4.6098	1.7792	0.0096	本醸造 (α_4)	0.0458	0.2686	0.8645
秋田県 (α_{05})	4.6060	1.7680	0.0092	普通酒 (α_5)	0.8221	0.2727	0.0026
山形県 (α_{06})	4.5623	1.7687	0.0099	生酒 (α_6)	0.0486	0.3393	0.8860
福島県 (α_{07})	4.7159	1.7768	0.0079	賃金 (β_1)	-0.3094	0.3873	0.4244
茨城県 (α_{08})	4.7110	1.7831	0.0082	資本価格 (β_2)	1.7769	0.2438	0.0000
栃木県 (α_{09})	4.6724	1.7743	0.0085	吟醸酒の二乗項 (γ_{11})	-0.7451	0.3430	0.0298
群馬県 (α_{010})	4.4858	1.7677	0.0112	吟醸酒と純米吟醸酒のクロス項 (γ_{12})	0.6950	0.4992	0.1638
埼玉県 (α_{011})	4.5153	1.8009	0.0122	吟醸酒と純米酒のクロス項 (γ_{13})	-0.0872	0.1421	0.5391
千葉県 (α_{012})	4.5405	1.7762	0.0106	吟醸酒と本醸造のクロス項 (γ_{14})	-0.0693	0.1259	0.5819
東京都 (α_{013})	4.4856	1.7778	0.0116	吟醸酒と普通酒のクロス項 (γ_{15})	-0.0775	0.1058	0.4636
神奈川県 (α_{014})	4.4267	1.7744	0.0126	吟醸酒と生酒のクロス項 (γ_{16})	0.4942	0.2180	0.0234
新潟県 (α_{015})	4.4716	1.7828	0.0121	純米吟醸酒の二乗項 (γ_{22})	-0.0837	0.1959	0.6690
富山県 (α_{016})	4.7284	1.7598	0.0072	純米吟醸酒と純米酒のクロス項 (γ_{23})	-0.0029	0.1266	0.9818
石川県 (α_{017})	4.6848	1.7594	0.0078	純米吟醸酒と本醸造のクロス項 (γ_{24})	-0.0406	0.0986	0.6805
福井県 (α_{018})	4.5696	1.7750	0.0100	純米吟醸酒と普通酒のクロス項 (γ_{25})	0.0853	0.0841	0.3100
山梨県 (α_{019})	4.7445	1.7672	0.0073	純米吟醸酒と生酒のクロス項 (γ_{26})	-0.3318	0.1727	0.0547
長野県 (α_{020})	4.4057	1.7746	0.0130	純米酒の二乗項 (γ_{33})	0.0636	0.0348	0.0674
岐阜県 (α_{021})	4.2197	1.7609	0.0166	純米酒と本醸造のクロス項 (γ_{34})	0.0528	0.0428	0.2179
静岡県 (α_{022})	4.7196	1.7600	0.0073	純米酒と普通酒のクロス項 (γ_{35})	-0.1589	0.0485	0.0011
愛知県 (α_{023})	4.4210	1.7670	0.0123	純米酒と生酒のクロス項 (γ_{36})	0.1122	0.0627	0.0735
三重県 (α_{024})	4.4211	1.7505	0.0115	本醸造の二乗項 (γ_{44})	-0.0366	0.0276	0.1846
滋賀県 (α_{025})	4.8478	1.7509	0.0056	本醸造と普通酒のクロス項 (γ_{45})	-0.0140	0.0420	0.7395
京都府 (α_{026})	4.4399	1.7507	0.0112	本醸造と生酒のクロス項 (γ_{46})	0.1490	0.0700	0.0334
大阪府 (α_{027})	4.5380	1.7719	0.0104	普通酒の二乗項 (γ_{55})	0.0160	0.0242	0.5089
兵庫県 (α_{028})	4.5955	1.7718	0.0095	普通酒と生酒のクロス項 (γ_{56})	-0.0670	0.0606	0.2690
奈良県 (α_{029})	4.4910	1.7557	0.0105	生酒の二乗項 (γ_{66})	-0.2140	0.0592	0.0003
和歌山県 (α_{030})	5.2127	1.7763	0.0033	賃金の二乗項 (δ_{11})	0.3149	0.0704	0.0000
鳥取県 (α_{031})	4.7896	1.7746	0.0070	賃金と資本価格のクロス項 (δ_{12})	-0.6063	0.0768	0.0000
島根県 (α_{032})	4.5939	1.7590	0.0090	資本価格の二乗項 (δ_{22})	0.1982	0.0330	0.0000
岡山県 (α_{033})	4.5968	1.7644	0.0092	賃金と吟醸酒のクロス項 (ρ_{11})	-0.2084	0.1488	0.1612
広島県 (α_{034})	4.6182	1.7537	0.0085	賃金と純米吟醸酒のクロス項 (ρ_{21})	0.0112	0.1232	0.9278
山口県 (α_{035})	4.5404	1.7690	0.0103	賃金と純米酒のクロス項 (ρ_{31})	0.0417	0.1111	0.7078
愛媛県 (α_{036})	4.6358	1.7636	0.0086	賃金と本醸造のクロス項 (ρ_{41})	0.0394	0.0961	0.6816
高知県 (α_{037})	4.4709	1.7735	0.0117	賃金と普通酒のクロス項 (ρ_{51})	0.2107	0.0447	0.0000
福岡県 (α_{038})	4.8526	1.7935	0.0068	賃金と生酒のクロス項 (ρ_{61})	-0.1985	0.0306	0.0000
佐賀県 (α_{039})	4.4730	1.7684	0.0114	資本価格と吟醸酒のクロス項 (ρ_{12})	0.0165	0.0362	0.6488
				資本価格と純米吟醸酒のクロス項 (ρ_{22})	0.0075	0.0296	0.8004
				資本価格と純米酒のクロス項 (ρ_{32})	0.0269	0.0342	0.4321
				資本価格と本醸造のクロス項 (ρ_{42})	-0.0884	0.0220	0.0001
				資本価格と普通酒のクロス項 (ρ_{52})	0.0470	0.0709	0.5075
				資本価格と生酒のクロス項 (ρ_{62})	-0.0406	0.0546	0.4571

表4 生産要素価格の弾力性 1

	原材料費	人件費	有形固定資産
原材料価格	-0.32	1.90	1.14
賃金	1.23	0.15	-1.05
資本価格	1.95	-2.82	-0.04

注: F 検定において 5% 水準で全てが有意である。

次に、賃金と資本価格に関する係数を用いて弾力性の確認を行う。弾力性の推定値は表 4 にまとめられている。表 4 では、人件費の自己弾力性がプラスになっているため総費用の凹関数になっていない。表 3 で賃金が単調性を満たしていなかったことも併せると、酒蔵の費用構造において人件費は費用最小化の条件に従っていないといえる。

これを踏まえて、人件費を除いたものを総費用とし、生産要素価格を原材料価格と資本価格とした推定式を再度作成し推定を行った。なお、このとき生産要素が一つ除去されているのでコストシェア方程式は 2 つになるため、(20)式と資本価格のコストシェア方程式併せて 2 本を同時推定している。基準化には先ほどと同様原材料価格を用いた。それによって表 5 のような推定結果を得た。都道府県の固定効果については表 3 と類似した結果を得た。生産物については普通酒以外の酒の係数が全て有意であった。資本価格の係数も正に有意であり、1 次同次制約より生産要素価格は単調性を満たしているといえる。生産物の二乗項とクロス項については、吟醸酒と生酒のクロス項と生酒の二乗項がそれぞれ正と負に有意であった。

資本価格に関する二乗項も有意であり、資本価格と純米吟醸酒及び普通酒のクロス項がそれぞれ正と負に有意であった。表 5 より再計算された価格弾力性は表 6 にまとめられている。この結果より、生産要素価格はそれぞれ総費用の凹関数であり、また弾力性に関して代替的であることがわかる。

生産要素価格に関する費用関数の性質が確認できたので、生産物が費用関数の性質を満たすか、規模の経済が働いているかを確認する。それぞれの規模の経済及び全体の規模の経済は表 7 にまとめられる。表 7 では、まず日本酒造業全体としては規模の不経済が働いているという結果が得られる。酒の種類別にみると、吟醸酒に関して規模の不経済が働いている。これはある意味自然な結果である。なぜなら吟醸酒は全国新酒鑑評会への出品酒を含んでいるため、通常の商品に対して手間隙が遙かに多くかかるが生産量は通常商品に比べて少ないからである。また、設備も出品酒のみに高額な醸造機械を用いる酒蔵も珍しくないため吟醸酒に対して規模の不経済が働くことは現場の感覚通りの結果といえよう。これは先程述べた仮説 3 と合致する結果である。一方で純米吟醸酒に関しては規模の経済が確認された。また純米吟醸酒の数値は 0 より大きく、かつ表 5 の推定結果でも有意であるため単調性を満たしつつ規模の経済が働いている。すなわち純米吟醸酒は、酒蔵の費用最小化への貢献が大きい日本酒である可能性が高い。これは冒頭で述べた、近年純米吟醸酒の出荷量が増加傾向にあることと整合性が取れる結果であるといえるだろう。したがって、この結果が仮説 4 を支持することが確認できた。

表5 トランスログモデル型費用関数推定結果 2

変数名	回帰係数	標準誤差	p 値	変数名	回帰係数	標準誤差	p 値
北海道 (α_{01})	4.5350	2.1018	0.0310	吟醸酒 (α_1)	3.4686	1.2888	0.0071
青森県 (α_{02})	4.4209	2.1018	0.0354	純米吟醸酒 (α_2)	-2.8888	1.0356	0.0053
岩手県 (α_{03})	4.0676	2.0911	0.0517	純米酒 (α_3)	1.8454	0.4155	0.0000
宮城県 (α_{04})	4.1447	2.0857	0.0469	本醸造 (α_4)	1.3053	0.3735	0.0005
秋田県 (α_{05})	4.3428	2.0675	0.0357	普通酒 (α_5)	-0.2786	0.3256	0.3922
山形県 (α_{06})	4.2557	2.0607	0.0389	生酒 (α_6)	-0.9577	0.4837	0.0477
福島県 (α_{07})	4.0266	2.0755	0.0524	資本価格 (β_1)	1.4732	0.2356	0.0000
茨城県 (α_{08})	4.1974	2.0804	0.0436	吟醸酒の二乗項 (γ_{11})	-0.7977	0.5591	0.1536
栃木県 (α_{09})	4.1880	2.0689	0.0429	吟醸酒と純米吟醸酒のクロス項 (γ_{12})	0.3789	0.8144	0.6417
群馬県 (α_{10})	4.3081	2.0730	0.0377	吟醸酒と純米酒のクロス項 (γ_{13})	-0.3733	0.2199	0.0895
埼玉県 (α_{11})	4.1965	2.1095	0.0467	吟醸酒と本醸造のクロス項 (γ_{14})	-0.0706	0.2054	0.7311
千葉県 (α_{12})	4.2737	2.0796	0.0399	吟醸酒と普通酒のクロス項 (γ_{15})	-0.0382	0.1643	0.8161
東京都 (α_{13})	4.3120	2.0826	0.0384	吟醸酒と生酒のクロス項 (γ_{16})	0.8153	0.3415	0.0170
神奈川県 (α_{14})	4.3353	2.0851	0.0376	純米吟醸酒の二乗項 (γ_{22})	0.3078	0.3189	0.3344
新潟県 (α_{15})	4.5122	2.0810	0.0301	純米吟醸酒と純米酒のクロス項 (γ_{23})	0.0780	0.1946	0.6887
富山県 (α_{16})	4.5130	2.0457	0.0274	純米吟醸酒と本醸造のクロス項 (γ_{24})	-0.0203	0.1610	0.8999
石川県 (α_{17})	3.5283	1.9788	0.0746	純米吟醸酒と普通酒のクロス項 (γ_{25})	0.1668	0.1357	0.2191
福井県 (α_{18})	4.3798	2.0788	0.0351	純米吟醸酒と生酒のクロス項 (γ_{26})	-0.4095	0.2693	0.1284
山梨県 (α_{19})	4.2174	2.0545	0.0401	純米酒の二乗項 (γ_{33})	-0.0870	0.0531	0.1012
長野県 (α_{20})	4.1230	2.0765	0.0471	純米酒と本醸造のクロス項 (γ_{34})	-0.0823	0.0646	0.2032
岐阜県 (α_{21})	4.2407	2.0521	0.0388	純米酒と普通酒のクロス項 (γ_{35})	-0.0471	0.0750	0.5303
静岡県 (α_{22})	4.4957	2.0496	0.0283	純米酒と生酒のクロス項 (γ_{36})	0.0825	0.0985	0.4018
愛知県 (α_{23})	4.2656	2.0645	0.0388	本醸造の二乗項 (γ_{44})	-0.1083	0.0434	0.0126
三重県 (α_{24})	3.8502	2.0009	0.0543	本醸造と普通酒のクロス項 (γ_{45})	-0.0192	0.0673	0.7752
滋賀県 (α_{25})	4.6066	2.0455	0.0243	本醸造と生酒のクロス項 (γ_{46})	0.0788	0.1103	0.4752
京都府 (α_{26})	4.5071	2.0601	0.0287	普通酒の二乗項 (γ_{55})	-0.020	0.0384	0.6020
大阪府 (α_{27})	4.0290	2.0615	0.0506	普通酒と生酒のクロス項 (γ_{56})	0.0757	0.0946	0.4233
兵庫県 (α_{28})	4.6581	2.0648	0.0241	生酒の二乗項 (γ_{66})	-0.2357	0.0976	0.0157
奈良県 (α_{29})	4.3901	2.0350	0.0310	資本価格の二乗項 (δ_{11})	-0.0767	0.0270	0.0045
和歌山県 (α_{30})	4.2185	2.0386	0.0385	賃金と吟醸酒のクロス項 (ρ_{11})	-0.1987	0.1370	0.1468
鳥取県 (α_{31})	4.3244	2.0693	0.0366	賃金と純米吟醸酒のクロス項 (ρ_{21})	0.2196	0.1090	0.0439
島根県 (α_{32})	4.3920	2.0435	0.0316	賃金と純米酒のクロス項 (ρ_{31})	-0.2418	0.0361	0.0000
岡山県 (α_{33})	4.3071	2.0637	0.0369	賃金と本醸造のクロス項 (ρ_{41})	-0.1235	0.0269	0.0000
広島県 (α_{34})	4.4909	2.0195	0.0262	賃金と普通酒のクロス項 (ρ_{51})	0.0530	0.0213	0.0130
山口県 (α_{35})	4.3626	2.0537	0.0337	賃金と生酒のクロス項 (ρ_{61})	0.0754	0.0438	0.0855
愛媛県 (α_{36})	4.7455	2.0475	0.0205				
高知県 (α_{37})	4.3102	2.0823	0.0385				
福岡県 (α_{38})	4.6647	2.1078	0.0269				
佐賀県 (α_{39})	4.3199	2.0645	0.0364				

表6 生産要素価格の弾力性 2

	原材料費	有形固定資産
原材料価格	-0.30	0.50
資本価格	0.84	-0.30

注: F 検定において 5% 水準で全てが有意である。

表7 規模の経済

	全体	吟醸酒	純米吟醸酒	純米酒	本醸造	普通酒	生酒
規模の経済	4.04	2.18	0.85	-1.37	-0.30	0.40	2.24

一方で純米酒と本醸造は規模の経済が働くものの負であるため単調性を満たしていない。この結果は仮説 5 と相容れない。また、普通酒も純米吟醸同様に単調性を満たしつつ規模の経済が働いているため、酒蔵にとっては、利益をもたらす点でまだ重要な商品であると言えよう。最後に生酒は吟醸酒同様、単調性を満たしつつも規模の不経済が働く結果となったが、これは生酒がその性質上どうしても季節限定の製造及び販売になりがちであることが関係していると思われる。この点も仮説 6 とは普通酒に関しては異なっている。すなわち確かに普通酒の生産量は減少傾向にあるが、それは必ずしも酒蔵の費用構造に負の影響を及ぼすことには直結しないことを示しており、未だに普通酒は酒蔵に利益をもたらす商品であるといえよう。

最後に、第 2 節で述べた 3 つの仮説

1. 生産物と生産要素が分離可能かどうか
2. 生産構造が相似拡大的かどうか
3. 2 次項のパラメータが 0 かどうか

を Wald 検定で検証する。以下の式では、それぞれ帰無仮説とその下での検定統計量の値を示しており、 $\chi^2(n)$ は自由度 n でのカイ二乗分布の統計量である。

$$H_0 : \begin{aligned} \alpha_1 &= \alpha_6 \left(\frac{\rho_{11}}{\rho_{61}} \right), & \alpha_2 &= \alpha_6 \left(\frac{\rho_{21}}{\rho_{61}} \right), & \alpha_3 &= \alpha_6 \left(\frac{\rho_{31}}{\rho_{61}} \right), \\ \alpha_4 &= \alpha_6 \left(\frac{\rho_{41}}{\rho_{61}} \right), & \alpha_5 &= \alpha_6 \left(\frac{\rho_{51}}{\rho_{61}} \right), & \rho_{12} &= \rho_{11} \left(\frac{\rho_{22}}{\rho_{21}} \right); & \chi^2(6) &= 63.65 \end{aligned} \quad (21)$$

$$H_0 : \rho_{ij} = 0; \quad \chi^2(6) = 81.20 \quad (22)$$

$$H_0 : \gamma_{ij} = \delta_{ij} = \rho_{ij} = 0; \quad \chi^2(28) = 124.00 \quad (23)$$

これらの検定統計量の p 値はほぼ 0 に等しく、3 つの仮説はいずれも棄却される。よって、トランスクロッグ型費用関数の推定式と結果がそのまま使えることが確認された。

5 モデルの頑健性の検証

次に前節で示した推定結果に対する頑健性を検証する。2003年から2018年までの年次パネルデータを用いるにあたって、通常時間による変化の影響は無視できないであろう。概要でも述べた通り、日本酒市場にはここ数十年で著しい変化が起きており、そのとき時間軸の影響を見ることは重要である。ここでは粕谷(1993)、奥田・村上・橋本(2003)に倣い、(20)式にタイムトレンド変数 T ($T = t$)を加える。このとき各 t 期の費用関数は以下で与えられる。

$$\begin{aligned} \log C_t^* = & \sum_{h=1}^{39} \mu_h D_{ht} + \sum_{j=1}^n \alpha_j \log y_{jt} + \sum_{i=1}^{m-1} \beta_i \log p_{it}^* + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \gamma_{jk} \log y_{jt} \log y_{kt} \\ & + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{l=1}^{m-1} \delta_{il} \log p_{it}^* \log p_{lt}^* + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{m-1} \rho_{ji} \log y_{it} \log p_{it}^* \quad (24) \\ & + \lambda_T T + \lambda_{TT} T^2 + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \lambda_{jT} T \log y_{jt} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{m-1} \lambda_{iT} T \log p_{it}^* + \epsilon_t \end{aligned}$$

ただしここで $t = (1, \dots, 15)$ である。この式よりタイムトレンドを考慮した費用関数モデルを推定することができる。まず表3で得られた結果にタイムトレンドを加えて推計した結果は表8で与えられる。

表8より、タイムトレンド項の回帰係数である λ_T と λ_{TT} が有意であることは確認できるものの、技術進捗率を表すはずの λ_{TT} は非常に低い。また商品とのクロス項も本醸造のみが有意であり大きく日本酒の生産種類にタイムトレンドが関係しているとは言い難い。次に、この費用関数がミクロ的性質を満たしているかどうかのチェックを同様に行う。その結果は表9で得られたように、タイムトレンドを考慮しないときと同様に人件費の自己価格弾力性が正であり単調性を満たしているとは言えない。そこで先程と同様に表10では費用計算から人件費を除いた分析を行なっている。この結果表10ではタイムトレンドに関する回帰係数で有意な係数が存在しないため日本酒製造業の費用構造においてタイムトレンドが存在するとは考えにくい。したがって、表5で得られた結果に頑健性はあるといえるだろう。なお、表11で得られた弾力性の検証は表6と同様の結果を得た。

表8 トランスログモデル型費用関数推定結果タイムトレンド付1

北海道 (α_{01})	10.1600	2.1137	0.0000	吟醸酒 (α_1)	1.6131	0.9085	0.0758
青森県 (α_{02})	9.9575	2.1339	0.0000	純米吟醸酒 (α_2)	-0.3387	0.7362	0.6455
岩手県 (α_{03})	9.5757	2.1216	0.0000	純米酒 (α_3)	-0.1007	0.3351	0.7638
宮城県 (α_{04})	10.2800	2.1143	0.0000	本醸造 (α_4)	-1.0510	0.3344	0.0017
秋田県 (α_{05})	10.184	2.1165	0.0000	普通酒 (α_5)	0.7250	0.3128	0.0205
山形県 (α_{06})	10.3780	2.1078	0.0000	生酒 (α_6)	0.0463	0.3412	0.8920
福島県 (α_{07})	10.4240	2.1046	0.0000	賃金 (β_1)	-0.5937	0.3932	0.1311
茨城県 (α_{08})	10.3560	2.1096	0.0000	資本価格 (β_2)	1.9808	0.2557	0.0000
栃木県 (α_{09})	10.4150	2.1047	0.0000	吟醸酒の二乗項 (γ_{11})	-0.7182	0.3772	0.0569
群馬県 (α_{10})	10.0370	2.1054	0.0000	吟醸酒と純米吟醸酒のクロス項 (γ_{12})	0.7995	0.5883	0.1742
埼玉県 (α_{11})	9.9735	2.1251	0.0000	吟醸酒と純米酒のクロス項 (γ_{13})	-0.1353	0.1534	0.3778
千葉県 (α_{12})	10.1490	2.1107	0.0000	吟醸酒と本醸造のクロス項 (γ_{14})	-0.0038	0.1481	0.9796
東京都 (α_{13})	10.1060	2.1109	0.0000	吟醸酒と普通酒のクロス項 (γ_{15})	-0.1041	0.1103	0.3456
神奈川県 (α_{14})	9.9517	2.1080	0.0000	吟醸酒と生酒のクロス項 (γ_{16})	0.5681	0.2458	0.0208
新潟県 (α_{15})	10.0870	2.1173	0.0000	純米吟醸酒の二乗項 (γ_{22})	-0.1733	0.2500	0.4883
富山県 (α_{16})	9.7341	2.0712	0.0000	純米吟醸酒と純米酒のクロス項 (γ_{23})	0.0994	0.1404	0.4790
石川県 (α_{17})	10.1680	2.0146	0.0000	純米吟醸酒と本醸造のクロス項 (γ_{24})	-0.1385	0.1270	0.2755
福井県 (α_{18})	10.0020	2.1038	0.0000	純米吟醸酒と普通酒のクロス項 (γ_{25})	0.0723	0.0877	0.4098
山梨県 (α_{19})	10.5080	2.0917	0.0000	純米吟醸酒と生酒のクロス項 (γ_{26})	-0.4490	0.2029	0.0269
長野県 (α_{20})	10.0530	2.1126	0.0000	純米酒の二乗項 (γ_{33})	0.0276	0.0398	0.4890
岐阜県 (α_{21})	9.6197	2.0920	0.0000	純米酒と本醸造のクロス項 (γ_{34})	0.0946	0.0624	0.1293
静岡県 (α_{22})	10.0410	2.0861	0.0000	純米酒と普通酒のクロス項 (γ_{35})	-0.0955	0.0532	0.0728
愛知県 (α_{23})	9.8726	2.0997	0.0000	純米酒と生酒のクロス項 (γ_{36})	0.0358	0.0693	0.6050
三重県 (α_{24})	10.3250	2.0690	0.0000	本醸造の二乗項 (γ_{44})	0.1307	0.0451	0.0037
滋賀県 (α_{25})	10.4980	2.1018	0.0000	本醸造と普通酒のクロス項 (γ_{45})	-0.0418	0.0609	0.4924
京都府 (α_{26})	10.1590	2.0934	0.0000	本醸造と生酒のクロス項 (γ_{46})	0.1087	0.0815	0.1826
大阪府 (α_{27})	10.3120	2.1008	0.0000	普通酒の二乗項 (γ_{55})	-0.0018	0.0260	0.9444
兵庫県 (α_{28})	10.0530	2.1010	0.0000	普通酒と生酒のクロス項 (γ_{56})	-0.0110	0.0645	0.8647
奈良県 (α_{29})	9.7329	2.0763	0.0000	生酒の二乗項 (γ_{66})	-0.1776	0.0591	0.0026
和歌山県 (α_{30})	10.5850	2.0532	0.0000	賃金の二乗項 (δ_{11})	0.3344	0.0707	0.0000
鳥取県 (α_{31})	10.5400	2.1075	0.0000	賃金と資本価格のクロス項 (δ_{12})	-0.6332	0.0773	0.0000
島根県 (α_{32})	9.7937	2.0739	0.0000	資本価格の二乗項 (δ_{22})	0.2231	0.0328	0.0000
岡山県 (α_{33})	10.1890	2.1026	0.0000	賃金と吟醸酒のクロス項 (ρ_{11})	-0.0710	0.1562	0.6494
広島県 (α_{34})	9.4678	2.0482	0.0000	賃金と純米吟醸酒のクロス項 (ρ_{21})	-0.0709	0.1302	0.5861
山口県 (α_{35})	9.6553	2.0864	0.0000	賃金と純米酒のクロス項 (ρ_{31})	-0.0796	0.1211	0.5111
愛媛県 (α_{36})	10.0300	2.0992	0.0000	賃金と本醸造のクロス項 (ρ_{41})	0.1239	0.1038	0.2329
高知県 (α_{37})	10.0790	2.1104	0.0000	賃金と普通酒のクロス項 (ρ_{51})	0.1875	0.0476	0.0001
福岡県 (α_{38})	10.4640	2.1295	0.0000	賃金と生酒のクロス項 (ρ_{61})	-0.1658	0.0351	0.0000
佐賀県 (α_{39})	10.0330	2.1050	0.0000	資本価格と吟醸酒のクロス項 (ρ_{12})	0.0407	0.0421	0.3340
タイムトレンド (λ_T)	-0.098	0.0431	0.0229	資本価格と純米吟醸酒のクロス項 (ρ_{22})	-0.0277	0.0376	0.4610
タイムトレンドのクロス項 (λ_{TT})	0.0010	0.0004	0.0179	資本価格と純米酒のクロス項 (ρ_{32})	0.0367	0.0371	0.3229
タイムトレンドと吟醸酒のクロス項 (λ_{1T})	-0.0011	0.0212	0.9603	資本価格と本醸造のクロス項 (ρ_{42})	-0.1001	0.0220	0.0000
タイムトレンドと純米吟醸酒のクロス項 (λ_{2T})	-0.0130	0.0184	0.4797	資本価格と普通酒のクロス項 (ρ_{52})	0.0372	0.0699	0.5946
タイムトレンドと純米酒のクロス項 (λ_{3T})	0.0056	0.0077	0.4659	資本価格と生酒のクロス項 (ρ_{62})	-0.0319	0.0548	0.5599
タイムトレンドと本醸造のクロス項 (λ_{4T})	0.0210	0.0091	0.0203				
タイムトレンドと普通酒のクロス項 (λ_{5T})	-0.0043	0.0068	0.5286				
タイムトレンドと生酒のクロス項 (λ_{6T})	0.0129	0.0086	0.1321				
タイムトレンドと賃金のクロス項 (λ_{1T})	0.0181	0.0129	0.1583				
タイムトレンドと資本価格のクロス項 (λ_{2T})	-0.0268	0.0113	0.0176				

表9 生産要素価格の弾力性 1 タイムトレンド付

	原材料費	人件費	有形固定資産
原材料価格	-0.31	1.94	1.15
賃金	1.26	0.17	-1.11
資本価格	1.95	-2.97	-0.019

注: *F* 検定において 5% 水準で全てが有意である。

6 結論

本研究では、ポストコロナ時代における日本酒製造業の持続可能性を探るために、当製造業の費用構造を分析した。推定結果から得られた知見として、純米吟醸酒と普通酒が費用を最小化しつつ規模の経済が働くという点で日本酒造業の利益に大きく貢献する商品であることが確認できた。一方、吟醸酒や生酒といった手間隙がかかったり季節限定だったりするものは、費用は最小化されるものの、規模の不経済が働いていることがわかった。純米酒と本醸造はそもそもその費用最小化の前提を満たしていないため、酒造業のコスト意識がこれら 2 つの商品に関しては薄い可能性がある。次に、日本酒は各地域に根ざした産業である以上費用構造にも何らかの地域差が存在するという通説があるが、本研究では費用構造に地域による大きな差がないことを確認した。最後に生産要素価格に関しては、酒蔵が人件費に関して費用最小化行動を取らない一方、原材料や設備投資については費用最小化を念頭に置いた行動をとっていることが確認できた。これは冒頭で述べたように、昨今の設備投資の影響で機械化と省力化が進んでいる影響を如実に示していると考えられる。

以上のような分析を踏まえると、酒蔵がこれからコストを削減し日本酒製造業を持続させるためには、純米吟醸酒の生産に力を入れる一方で純米酒や本醸造に関わるコストの見直しを検討する必要があるだろう。また、吟醸酒や生酒については規模の不経済があることを理由に生産量を減らしたり、逆により高付加価値のブランディングを目指す、といった方向性が考えられる。日本酒製造コスト全般に関しては、原材料費を慎重に検討しつつ設備投資を最優先に行なうことが全体のコスト削減に繋がることが示唆されている一方、人件費に関してはコスト意識を持った改革が求められると見えよう。しかし、都道府県別の集計データによる分析結果であるため、政策提言としてはまだ不十分なところはある。今後は可能であれば酒蔵別のマイクロデータを利用して更なる詳細な分析を行っていきたい。

表10 トランスログモデル型費用関数推定結果タイムトレンド付2

北海道 (α_{01})	9.3878	2.7091	0.0005	吟醸酒 (α_1)	3.4415	1.3282	0.0096
青森県 (α_{02})	9.2918	2.7126	0.0006	純米吟醸酒 (α_2)	-2.8012	1.0885	0.0101
岩手県 (α_{03})	8.9731	2.7172	0.0010	純米酒 (α_3)	2.1144	0.4700	0.0000
宮城県 (α_{04})	9.1588	2.6984	0.0007	本醸造 (α_4)	0.1674	0.5246	0.7497
秋田県 (α_{05})	9.3338	2.7030	0.0006	普通酒 (α_5)	-0.5615	0.3794	0.1389
山形県 (α_{06})	9.3375	2.6801	0.0005	生酒 (α_6)	-1.0495	0.5054	0.0379
福島県 (α_{07})	9.0156	2.6755	0.0008	資本価格 (β_1)	1.6442	0.2450	0.0000
茨城県 (α_{08})	9.1248	2.6826	0.0007	吟醸酒の二乗項 (γ_{11})	-1.0196	0.6316	0.1064
栃木県 (α_{09})	9.2083	2.6751	0.0006	吟醸酒と純米吟醸酒のクロス項 (γ_{12})	0.8522	0.9872	0.3880
群馬県 (α_{010})	9.2373	2.6913	0.0006	吟醸酒と純米酒のクロス項 (γ_{13})	-0.4292	0.2427	0.0770
埼玉県 (α_{011})	8.9737	2.7019	0.0009	吟醸酒と本醸造のクロス項 (γ_{14})	-0.1468	0.2482	0.5542
千葉県 (α_{012})	9.2311	2.6938	0.0006	吟醸酒と普通酒のクロス項 (γ_{15})	-0.0452	0.1787	0.8003
東京都 (α_{013})	9.2784	2.6949	0.0006	吟醸酒と生酒のクロス項 (γ_{16})	1.0048	0.4137	0.0152
神奈川県 (α_{014})	9.2124	2.6986	0.0006	純米吟醸酒の二乗項 (γ_{22})	0.0692	0.4209	0.8694
新潟県 (α_{015})	9.4887	2.6966	0.0004	純米吟醸酒と純米酒のクロス項 (γ_{23})	0.2031	0.2246	0.3658
富山県 (α_{016})	8.9764	2.6188	0.0006	純米吟醸酒と本醸造のクロス項 (γ_{24})	0.0418	0.2126	0.8440
石川県 (α_{017})	8.0883	2.4393	0.0009	純米吟醸酒と普通酒のクロス項 (γ_{25})	0.1187	0.1455	0.4149
福井県 (α_{018})	9.1592	2.6868	0.0007	純米吟醸酒と生酒のクロス項 (γ_{26})	-0.6143	0.3413	0.0719
山梨県 (α_{019})	9.2498	2.6477	0.0005	純米酒の二乗項 (γ_{33})	-0.1058	0.0650	0.1036
長野県 (α_{020})	9.1138	2.6955	0.0007	純米酒と本醸造のクロス項 (γ_{34})	-0.0501	0.1015	0.6214
岐阜県 (α_{021})	9.0335	2.6628	0.0007	純米酒と普通酒のクロス項 (γ_{35})	-0.0709	0.0877	0.4190
静岡県 (α_{022})	9.2019	2.6509	0.0005	純米酒と生酒のクロス項 (γ_{36})	-0.0051	0.1156	0.9651
愛知県 (α_{023})	9.0833	2.6781	0.0007	本醸造の二乗項 (γ_{44})	-0.0079	0.0747	0.9157
三重県 (α_{024})	8.8800	2.5801	0.0006	本醸造と普通酒のクロス項 (γ_{45})	0.0428	0.0922	0.6422
滋賀県 (α_{025})	9.6711	2.6886	0.0003	本醸造と生酒のクロス項 (γ_{46})	0.0897	0.1362	0.5102
京都府 (α_{026})	9.5510	2.6885	0.0004	普通酒の二乗項 (γ_{55})	-0.0037	0.0427	0.9313
大阪府 (α_{027})	9.0852	2.6601	0.0006	普通酒と生酒のクロス項 (γ_{56})	0.0963	0.1022	0.346
兵庫県 (α_{028})	9.4629	2.6744	0.0004	生酒の二乗項 (γ_{66})	-0.2018	0.1006	0.045
奈良県 (α_{029})	9.0105	2.6286	0.0006	資本価格の二乗項 (δ_{11})	-0.0735	0.0290	0.0114
和歌山県 (α_{030})	8.7688	2.5434	0.0006	資本価格と吟醸酒のクロス項 (ρ_{11})	-0.2598	0.1434	0.0700
鳥取県 (α_{031})	9.3781	2.6807	0.0005	資本価格と純米吟醸酒のクロス項 (ρ_{21})	0.2705	0.1140	0.0177
島根県 (α_{032})	8.9926	2.6251	0.0006	資本価格と純米酒のクロス項 (ρ_{31})	-0.2572	0.0408	0.0000
岡山県 (α_{033})	9.2674	2.6847	0.0006	資本価格と本醸造のクロス項 (ρ_{41})	-0.1207	0.0328	0.0002
広島県 (α_{034})	8.7884	2.5637	0.0006	資本価格と普通酒のクロス項 (ρ_{51})	0.0568	0.0235	0.0157
山口県 (α_{035})	8.9398	2.6350	0.0007	資本価格と生酒のクロス項 (ρ_{61})	0.0776	0.0465	0.0951
愛媛県 (α_{036})	9.5682	2.6613	0.0003	タイムトレンド (λ_T)	-0.1121	0.0653	0.0859
高知県 (α_{037})	9.2552	2.7009	0.0006	タイムトレンドのクロス項 (λ_{TT})	0.0004	0.0007	0.5764
福岡県 (α_{038})	9.6074	2.7233	0.0004	タイムトレンドと吟醸酒のクロス項 (λ_{1T})	-0.0357	0.0334	0.2848
佐賀県 (α_{039})	9.2393	2.6845	0.0006	タイムトレンドと純米吟醸酒のクロス項 (λ_{2T})	0.0223	0.0296	0.4509
				タイムトレンドと純米酒のクロス項 (λ_{3T})	-0.0014	0.0129	0.9159
				タイムトレンドと本醸造のクロス項 (λ_{4T})	0.0146	0.0148	0.3271
				タイムトレンドと普通酒のクロス項 (λ_{5T})	0.0118	0.0095	0.2151
				タイムトレンドと生酒のクロス項 (λ_{6T})	0.0154	0.0143	0.2802
				タイムトレンドと資本価格のクロス項 (λ_{1T})	0.0064	0.0116	0.5817

表11 生産要素価格の弾力性 2

	原材料費	有形固定資産
原材料価格	-0.299	0.49
資本価格	0.83	-0.299

注: F 検定において 5% 水準で全てが有意である。

参考文献

- [1] Baumol, W.J, Panzar, J.C and Willig, R.D.(1988) "Contestable Markets and the Theory of Industry Structure", Revised Edition, Harcourt Brace Javanovich.
- [2] Brown, R.S, Caves, D.W and Christensen, L.R.(1979) "Modelling the Structure of Cost and Production in Multiproduct Firms", *Southern Economic Journal*, Vol. 46, No.1, pp. 256-273.
- [3] Caves, D.W, Christensen, L.R and Tretheway, M. W.(1980) "Flexible Cost Functions for Multiproduct Firms", *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 62, No.3, pp. 477-481.
- [4] Christensen, L. R, Jorgenson, D. W and Lau, L. J.(1973) "Transcendental Logarithmic Production Frontiers," *Review of Economics and Statistics* , Vol.55, No.3, pp. 28-45.
- [5] Denny, Mand Fuss, M.(1977) "The Use of Approximation Analysis to Test for Separability and the Existence of Consistent Aggregate," *American Economic Review*, Vol.67, No.3, pp. 404-418.
- [6] Green, W.H.(2003) "Econometric Analysis", Pearson.
- [7] McFadden, D. (1978)"Cost, Revenue and Profit Functions", in Fuss,M and McFadden,D(eds.), "Production Economics: A Dual Approach to Theory and Applications", Vol. 1, pp. 3-110, North Holland.
- [8] Zellner, A. (1962) "An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regression Equations and Tests for Aggregation Bias", *Journal of the American Statistical Association* Vol. 57, No.298,pp. 348-368.
- [9] Uzawa, H.(1962) "Production Functions with Constant Elasticities of Substitution", *Review of Economic Studies*, Vol.29, No.4,pp. 291-299.
- [10] 川村保.(1991) 「総合農協の規模の経済と範囲の経済 多財費用関数によるアプローチ」 農業経済研究 63巻1号 pp. 22-31.
- [11] 衣笠達夫.(1995) 「トランス・ログ型関数による航空輸送業の費用構造の分析」 地域学研究 25巻1号. pp147-159.
- [12] 北坂真一.(2011) 「私立大学の費用関数: トランスログ・コストシェアモデルによる同時推定」

同志社大学ワーキングペーパー No.41.

- [13] 奥田英信, 橋本英俊, 村上美智子.(2003) 「マレーシア商業銀行の確率的費用関数の推計と銀行再編への政策的なインプリケーション」 アジア経済 44巻9号 pp2-20.
- [14] 粕谷宗久.(1993) 『日本の金融機関経営』 東洋経済新報社.
- [15] 農林水産省. 『酒造好適米の需給状況(推計)令和3年度3月分』 .
https://www.maff.go.jp/j/seisaku/_tokatu/kikaku/attach/pdf/sake_02seisan-5.pdf
- [16] 坂口謹一郎.(1964) 『日本酒の話』 岩波新書.
- [17] 秋山裕一.(1994) 『日本酒』 岩波新書.