



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	北海道酪農の技術進歩に関する分析：費用関数によるアプローチ
Author(s)	駒木, 泰; KOMAKI, Tooru; 天間, 征 他
Citation	北海道大学農経論叢, 45, 75-93
Issue Date	1989-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/11029
Type	departmental bulletin paper
File Information	45_p75-93.pdf



北海道酪農の技術進歩に関する分析

—費用関数によるアプローチ—

駒木 泰・天間 征

目 次

I. はじめに	75
II. 分析方法	78
1. トランスログ費用関数	78
2. 分析指標	79
3. データー	81
4. 計測式	84
III. 分析結果の検討	85
1. 計測結果	85
2. 技術進歩とその要因	85
3. 技術進歩バイアスと情報・制度	90
IV. おわりに	91

I. はじめに

北海道酪農は昭和40年頃まで畑作経営の副次部門として位置づけられていたが、その後様々な政策的、経済的要因により展開し、現在では専門的酪農経営が中心的な生産力の担い手となっている。

北海道酪農の特徴について簡単に述べると¹⁾、第1に、生産性の向上を目指して頭数規模拡大とそれに伴う施設の拡大・拡充が行われたことである。すなわち、1戸当りの乳用牛飼養頭数は昭和40年前半までは緩慢な伸びを示し、昭和41年で1戸当り7.7頭であったが、その後一貫して頭数が増加し、昭和62年には49.6頭（うち経産牛26.5頭）になった。さらに、頭数規模拡大と並行して飼養技術は省力化を目的とした牛舎、ミルクカーの改良、パーンクリーナー、自動給餌化方式の導入等により変貌を遂げている。

第2に、図1にあるように1戸当りの搾乳量は昭和44～46年、昭和47～

1) 美土路, 山田 [11], 桜井 [12], 七戸 [13] に詳しい。

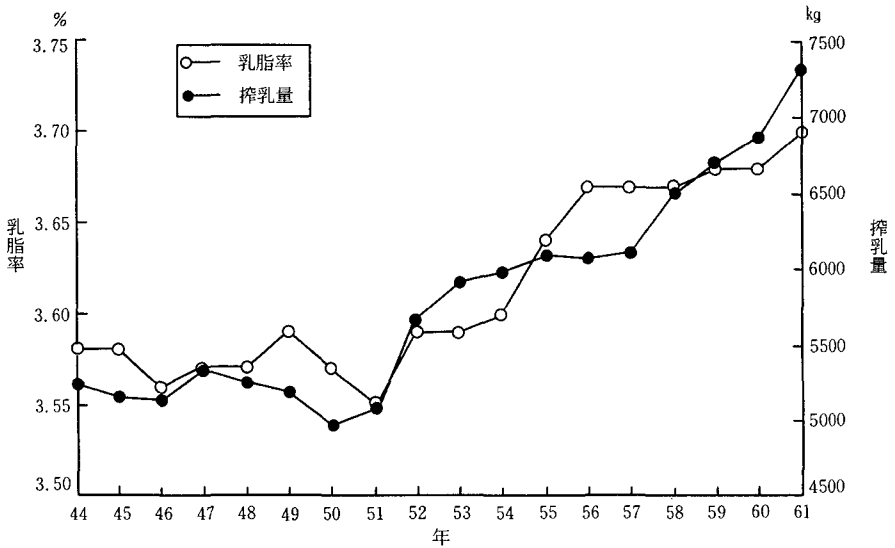


図1 北海道における1頭当り搾乳量および乳脂率の推移
 (資料) 農水省「畜産物生産費調査」
 (注) 搾乳量は乳脂率3.2%換算

50年の減少した時期があったが、昭和50年以降増加傾向にある。ここで、昭和54年の生産調整開始以降、搾乳された生乳の乳脂率は急激に上昇していることが特徴的である。

第3に、酪農においては牛群検定事業等の多くの技術的診断制度がある²⁾。特に、昭和49年からの「乳用牛群改良推進事業」(昭和59年からは「乳用牛群総合改良推進事業」と改称)があり、その役割は主に、乳牛の能力検定等を通して乳牛の能力、飼料の成分などの多くの情報を農家にフィードバックしている点にある。

以上の動向のうち、施設の拡大・拡充は生産性の向上を目指しての規模の経済の追求と考えられるが、同時に省力的な技術進歩によるメリットの享受とも考えられる。しかし両者とも頭数規模拡大と並行して進んだため、技術進歩の効果を分離することは困難である。

2) 北海道家畜改良事業団 [7], 家畜改良研究会 [9], 家畜登録団体中央協議会 [10] に詳しい。

また、1頭当たり搾乳量の増大に伴った乳質の向上は、生産調整を契機として量より質のメリットを求めた行動結果であることを示すものである。これは給与する粗飼料、濃厚飼料の量・質に関係するが、さらには育成段階での技術の向上、高泌乳牛の導入、駄牛の淘汰等により、牛群として搾乳量の増加、乳脂率の上昇による収益の増大をめざす乳牛の改良による技術進歩が伴ったとも考えられる。³⁾

さらに、乳検制度は後代検定事業等の乳牛に関する他の家畜改良事業と併せて、乳牛、飼料などの分析資料に関して農家では体系的に把握できない情報を供給している。これは、乳牛の生理的条件が生産物・生産構造に与える影響が大きという酪農の特殊性の存在について根ざしていると言っても過言ではない。特に、生産調整を契機として搾乳された生乳の高価格を目的とした品質向上が比較的短期間で実現されていることは、乳牛、飼料に関するこれらの多くの情報が貢献しているものと考えられる。

このように生産性の向上を目指した酪農家の行動が規模の経済の享受を目的とした規模拡大、省力のための技術の導入に加え、収益増を目的として生産物の量的増大から質的向上へと変化したことが北海道酪農の大きな特徴である。この生産性の向上において省力的技術の導入、乳牛改良等の技術進歩の貢献度について明らかにする必要があると考えられる。さらに、生産物の質的向上のための生産技術についての情報と、技術進歩の要因との関係も分析・評価する必要がある。

従って、本論の目的は技術進歩の生産性向上への貢献度、その要因、情報・制度の存在との関連性について、定量的に明らかにする実証的分析を行うことにある。

そこで、本論では北海道酪農の技術進歩の分析のために以下の分析課題を設定する。

第1に、生産性の向上の中での技術進歩による貢献度を明らかにする。そのために、北海道酪農の生産性の向上要因において規模の経済と技術進歩と

3) 山本 [15] によれば、昭和49～昭和53年まで飼料価格と乳価の相対価格が低下した時期について、搾乳量は増加している。しかしそれは、相対価格の有利性により飼料投入が増加しており、技術進歩よりは同一生産関数上の要素投入量の増大であるとしている。

を分離し、その中での技術進歩の貢献度を明らかにする。

第2に、技術進歩の要因を明らかにする。それは技術進歩の方向性を検討することにより分析を行う。従来、技術進歩の方向性は要素投入の動向から検討されてきた。本論では、それを踏まえて先の技術進歩の実態を十分説明されるように、投入要素を取り上げるが、要素投入の動向の中から生産量規模の変化、技術進歩および価格変化による影響の大きさについて分析し、その中から技術進歩の影響を分離した後、技術進歩の要因を検討することとする。

第3に、技術進歩と情報・制度との関連性を明らかにする。本論では単純化のため、情報・制度に関して代理変数を援用し、第2で明らかにされた技術進歩の主要因との関連について分析を行う。

分析方法としては、生産性の向上、規模の経済性、技術進歩を定量的に捉えられ、技術進歩についてはその要因としての方向性が明らかになるような方法が必要である。それには生産構造に関して制約条件が少ないトランスログ費用関数を用いて分析することが適当である。従って、近年の北海道酪農の技術進歩の特徴をトランスログ費用関数により計測し、計測されたパラメーターを用いて技術進歩の生産性向上への関与の程度、技術進歩の方向性について明らかにする。さらに、技術進歩と情報・制度との関係については、いくつかの変数との重回帰分析により明らかにする。

II. 分析方法

1. トランスログ費用関数

いま、 n 個の投入要素で1個の生産物を生産しているものとし、投入要素価格を P_i , $i = 1, \dots, n$, 生産量を Y , 技術進歩を表す代理変数としてのタイムトレンドを t , 総費用を C とすると、トランスログ費用関数は以下のように示すことができる。

$$\begin{aligned} \ln C &= \alpha_0 + \sum_i^n \alpha_i \ln P_i + \frac{1}{2} \sum_i^n \sum_j^n \beta_{ij} \ln P_i \ln P_j + \alpha_Y \ln Y \\ &+ \frac{1}{2} \beta_{YY} (\ln Y)^2 \\ &+ \sum_i^n \beta_{iY} \ln P_i \ln Y + \alpha_T t + \frac{1}{2} \beta_{TT} t^2 + \sum_i^n \beta_{iT} t + \sum_i^n \beta_{iY} \ln P_i t \\ &+ \beta_{YT} \ln Y t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{制約条件 (1)対称性条件} \quad & \beta_{ij} = \beta_{ji}, \quad i, j = 1, \dots, n \\
 \text{(2)一次同次条件} \quad & \sum_i^n \alpha_i = 1 \\
 & \sum_i^n \beta_{ij} = 0 \quad j = 1, \dots, n \\
 & \sum_i^n \beta_{iY} = 0 \\
 & \sum_i^n \beta_{iT} = 0
 \end{aligned}$$

生産者の均衡条件はシェファードの補題より導かれるコストシェアー式で表わされ、それぞれの投入要素のコストシェアーを S_i ($i = 1, \dots, n$) とすると、

$$S_i = \alpha_i + \sum_j^n \beta_{ij} \ln P_j + \beta_{iY} \ln Y + \beta_{iT} t \quad i = 1, \dots, n$$

となる。

2. 分析指標

(1) TFP (Total Factor Productivity)⁴⁾

TFP は総要素生産性と呼ばれ、いくつかの投入要素をウェイトを用いて集計した総投入要素に対する、いくつかの生産物をウェイトを用いて集計した総生産物の比率である。

すなわち、今 n 個の投入要素により m 個の生産物を生産するものとし、 W_j を生産物価格、 Y_j を生産量、 R を総収入、 P_i を投入要素価格、 X_i を投入量、 C を総費用とすると TFP の変化率は以下の通りである。

$$G(Y) = \sum_j^m \frac{W_j Y_j}{R} G(Y_j),$$

$$G(X) = \sum_i^n \frac{P_i X_i}{C} G(X_i),$$

$$G(\text{TFP}) = \frac{G(Y)}{G(X)}$$

一方、費用関数を想定したTFPを定義することができる。それに従った、TFPの変化率は次のように要因分解される。

4) Denny, Fuss and Waverman [5] に詳しい。Antle, Capalbo [1] ではパラメトリックな方法とノンパラメトリックな方法を合わせて紹介している。

$$G(\text{TFP}) = \left\{ -\frac{\partial \ln C}{\partial t} \right\} + \left\{ (1 - \epsilon) \cdot G(Y) \right\}$$

但し $\epsilon = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Y}$ (長期総費用の生産量弾力性), $G(\cdot)$ は変化率である。

また, $(1 - \epsilon) \cdot G(Y)$ は生産量規模による貢献分で, $-\frac{\partial \ln C}{\partial t}$ は次に説明する技術進歩による貢献分である。

なお, トランスログ費用関数のパラメーターを用いれば次のように示される。

$$G(\text{TFP}) = \left\{ (1 - \alpha_Y) \cdot G(Y) \right\} + \left\{ -\alpha_t \right\}$$

(2) 技術進歩

技術進歩については様々な捉え方があるが, 費用がいったいどの程度低下したのか, またその要因としてどの要素投入を減少させたかの2点で捉える。費用関数を用いた場合, 前者を費用関数の下方シフト, 後者を技術進歩によるコストシェアの減少として捉えられる。

すなわち, C を総費用, t を技術進歩の代理変数としてのタイムトレンド, S_i を i 投入要素のコストシェアとすると, 技術進歩率は総費用のタイムトレンドによる変化率であるので,

$$\frac{\partial \ln C}{\partial t}$$

コストシェアのタイムトレンドによる変化率はバイアスとよばれ,

$$\frac{\partial \ln S_i}{\partial t}$$

となる⁵⁾。

技術進歩, バイアス等はトランスログ費用関数のパラメーターをもちいて次のように表すことができる。

$$\frac{\partial \ln C}{\partial t} = \alpha_T$$

$$\frac{\partial \ln S_i}{\partial t} = \beta_{iT} / S_i$$

ここで, トランスログ費用関数の展開点においては $S_i = \alpha_i$ である。

(3) コストシェア変化の要因分解

5) Binswanger [2], [3], Stevenson [14] の定義に従う。ヒックスニュートラルの定義については, Blackorby, Lovell and Thrusby [4] に詳しい。

コストシェアは生産量規模、投入要素価格、技術の状況により決定される。従って、コストシェアの変化を生産量規模の変化による貢献分、投入要素価格変化の貢献分、技術進歩の貢献分に分離することできる⁶⁾。

すなわち、

$$G(S_i) = \frac{\partial \ln S_i}{\partial \ln Y} G(Y) + \sum_j \frac{\partial \ln S_i}{\partial \ln P_j} G(P_j) + \frac{\partial \ln S_i}{\partial t}$$

(全変化) (生産量規模の変化に) (投入要素価格の変化に) (技術進歩に)
 よる貢献分 よる貢献分 よる貢献分

但し、 $G(S_i)$ はコストシェアの変化率、 $G(Y)$ は生産量の変化率、 $G(P_j)$ は投入要素価格の変化率である。

これはトランスログ費用関数のパラメーターをもちいて

$$G(S_i) = \beta_{iY}/S_i \cdot G(Y) + \sum_j \beta_{ij}/S_i \cdot G(P_j) + \beta_{iT}/S_i$$

となる。

但し、 $G(S_i)$ はコストシェアの変化率、 $G(Y)$ は生産量の変化率、 $G(P_j)$ は投入要素価格の変化率を表す。また、トランスログ費用関数の展開点においては $S_i = \alpha_i$ である。

(4) 代替の弾力性

代替の弾力性はアレンの偏代替弾力性に従う⁷⁾。

すなわち、

$$\sigma_{ij} = \frac{C \cdot C_{ij}}{C_i \cdot C_j}$$

但し、 C は総費用、 $C_i = \frac{\partial C}{\partial P_i}$ 、 $C_j = \frac{\partial C}{\partial P_j}$ 、 $C_{ij} = \frac{\partial^2 C}{\partial C_i \partial C_j}$

トランスログ費用関数のパラメーターをもちいると

$$\sigma_{ij} = (\beta_{ij} + \alpha_i \alpha_j) / \alpha_i \alpha_j \quad i \neq j$$

となる。

3. データー

データーは農林水産省「畜産物生産費調査」より、昭和44年から昭和61年

6) Green [6] による。

7) 代替の弾力性の展開については Binswanger [2] に詳しい。

までの北海道の乳牛頭数規模階層別データを用いた⁸⁾。

計測する際には投入要素が多くなれば計測すべきパラメータの数が多くなり、大量のデータが必要となるばかりでなく、分析を意味なく複雑なものにしてしまう。従って投入要素をいくつかに集計して、投入要素を少なくしなければならない。投入要素は自給飼料、購入飼料、乳牛資本、機械建物、労働の5投入要素とした。

自給飼料は中間生産物として扱い、価格を費用価により評価した。はじめに、生産費調査結果の「飼料の使用数量と価額」の個々の飼料の使用数量と価額と、中央畜産会「日本標準飼料成分表1980年版」のTDN栄養価から、TDN 1 kg当価格を個々の飼料について算定した。次に、個々の飼料の使用価額のシェアをウエイトとして合計し⁹⁾、1年毎の規模階層別価格を作成した¹⁰⁾。自給飼料費としては牧草・放牧・採草費を用いた。

購入飼料は流通飼料費から生乳給与分を除いたものを、購入飼料費とした。価格は「農村物価賃金統計」より北海道の購入飼料価格指数を用いた。

乳牛資本は乳牛の減価償却費を乳牛資本費、乳牛の取得評価額を乳牛資本価格とした¹¹⁾。

8) 昭和52年までの頭数規模階層区分で1～2頭、3～4頭、5～6頭、7～9頭の階層については、昭和53年以後、1～4頭、5～9頭へと階層区分が変更されているため、調査農家数を考慮して1～4頭、5～9頭の階層へと再集計した。各年5階層であり、サンプル数は108個となる。

9) 以下、各費目においてシェアをウエイトとして集計しているが、その算出式はデヴィジヤ価格指数を想定して以下のようにした。

$$\text{すなわち、} \ln P = \sum S_j \ln P_j$$

10) 牧草生産に必要な肥料、種子等は市価評価によっており、集計された自給飼料の費用価は市価を考慮して作成されたものと考えられる。

11) 乳牛の償却費は(搾乳牛の評価額－残存価額)/将来耐用見込年数で算出されている。定額法が実際の生産の現場において適当であるかは別の機会にふれることにして、まず評価額とは年齢、血統、体型、資質、泌乳能力、産子能力などを考慮し、その地方における家畜市場の取引価格または、実際の売買価格などを参考にして評価している。また、残存価額は老廃牛の市場取引価格を参考としている。

個々の乳牛または牛群での改良は年齢、血統、体型、資質、泌乳能力、産子能力が判断基準となり、質の向上の成果とともにその評価額に現れる。また、乳牛の搾乳のための能力と肉の価値とは全く別であるので、償却費、取得評価額ともに生乳生産における乳牛の質を反映するものである。

北海道酪農の技術進歩に関する分析

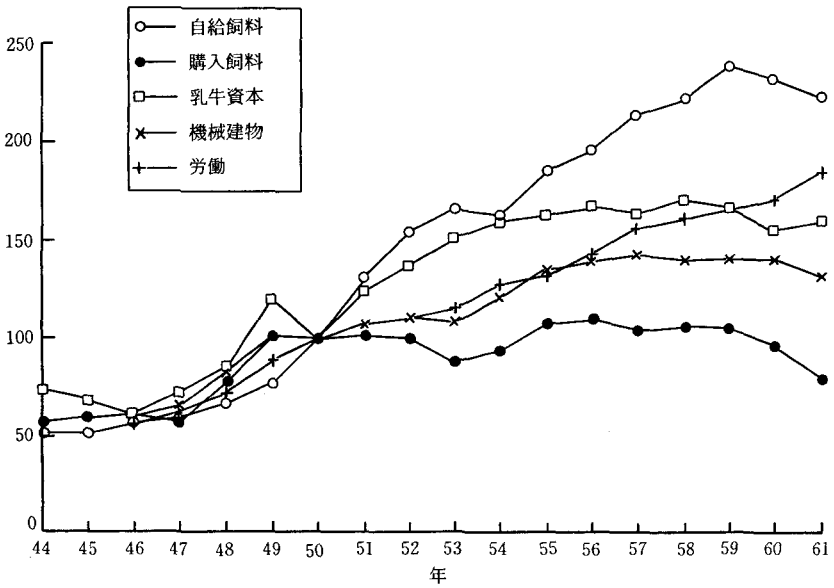


図2 投入要素価格の推移
(注) 作成方法は本文参照のこと

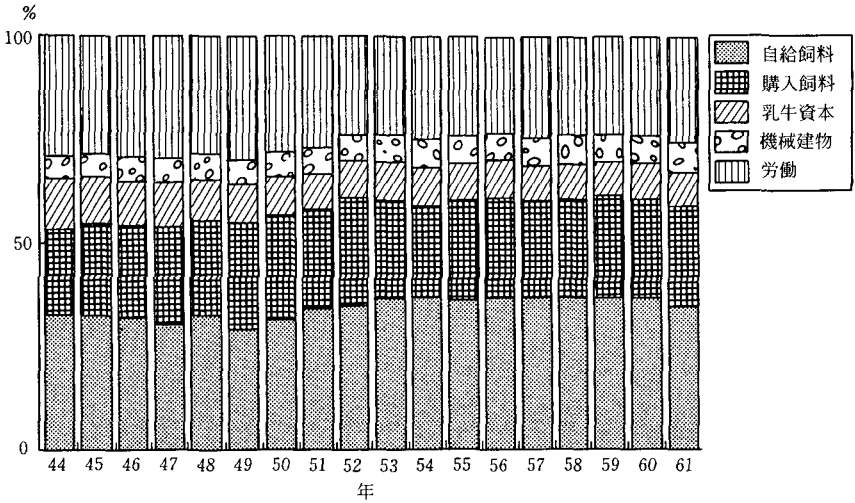


図3 計測に用いたコストシェアの推移
(注) 作成方法は本文参照のこと

機械建物は農機具と建物の減価償却および光熱動力費を機械建物費とし、その価格としては農機具価格指数、建築資材価格指数、光熱動力価格指数から、それぞれの費用のシェアをウエイトとし、機械建物価格を作成した。

労働は農林水産省「農家経済調査」より女子労働時間に0.8を乗じて能力換算した北海道臨時雇用労賃を労働の価格とし、酪農の能力換算済みの総労働時間を乗じて労働費とした。

総費用は以上5費目の合計とし、コストシェアはそれぞれの費用のシェアとした。生産量は乳脂率3.2%換算乳量を用いた¹²⁾。

図2および図3に価格とコストシェアの動きを示した。価格は昭和50年を100として指数化したが、上昇率は自給飼料価格、労働価格、乳牛資本価格、機械建物価格、購入飼料価格の順に大きい¹³⁾。コストシェアは自給飼料、購入飼料で全体の約60%を占め、さらに労働、乳牛資本、機械建物の順に大きい。

4. 計測式

計測にあたり、対称性条件と1次同次条件を付け、機械建物のコストシェア式を除いた4本のコストシェア式と、もとのトランスログ費用関数との連立体系をゼルナーの効率的推定法をもとに推計した。その際、データの平均値が1になるよう基準化した。

計測式は以下の通りである。

$$\begin{aligned} \ln C/P_M = & \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln P_i/P_M + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \ln P_i/P_M \cdot \ln P_j/P_M \\ & + \alpha_Y \ln Y + \frac{1}{2} \beta_{YY} (\ln Y)^2 \\ & + \sum_i \beta_{iY} \ln P_i/P_M \cdot \ln Y + \alpha_T \cdot t + \frac{1}{2} \beta_{TT} t^2 \\ & + \sum_i \beta_{iT} \ln P_i/P_M \cdot t + \beta_{YT} \ln Y \cdot t \end{aligned}$$

12) 乳脂率の上昇は生産量の増加に置き換えられることになり、生産物の質の向上と量の増加を考慮した技術進歩を分析することになる。

13) 価格の変化率はそれぞれ自給飼料価格10.5%、労働価格7.89%、乳牛資本価格6.24%、機械建物価格5.84%、購入飼料価格3.08%である。

$$S_i = \alpha_i + \sum_j^4 \beta_{ij} \ln P_j / P_M + \beta_{iY} \ln Y + \beta_{iT} \cdot t$$

但し、 $i = G, F, K, L$

Ⅲ. 分析結果の検討

1. 計測結果

表1の計測結果について述べる。計測結果の吟味に関しては、計測式の決定係数、パラメーターの有意水準を問題とするのみならず、計測結果が well-behaved な生産構造を表現しているかということも問題となる。

コストシェアー式の決定係数は自給飼料0.5041, 購入飼料0.6881, 乳牛資本0.7560, 労働0.8716であり、またパラメーターは β_{YY} , β_{KL} , β_{TT} , β_{TG} を除いて有意水準10%でゼロと有意差をもつ。

計測結果が経済理論と整合的な生産構造を示しているか否かについて、単調性、凸性の2点に関して検討する。単調性の条件とは計測された費用関数が投入要素価格についての増加関数でなければならないことを意味し、コストシェアーの推定値が正の値であればよい。また凸性の条件とは費用最小化の二階の条件が満たされなければならないことを意味し、費用関数のヘッセ行列式が非正定値符号をとればよい。これらに関してはトランスログ費用関数の展開点で満足している。よって、この計測結果は北海道酪農における生乳の生産構造が理論整合的であることを示している。

2. 技術進歩とその要因

表2にTFPとその要因分解、表3にコストシェアー変化の要因分解、表4に代替の弾力性を示した¹⁴⁾。

TFPの変化は1.15%であり、そのうち生産量規模の効果が0.14%、技術進歩の効果が1.01%であり、寄与率で見ると、生産量規模の効果が12%、技術進歩の効果が88%である。このように、技術進歩の生産性の向上への貢

14) 参考のために表5に価格弾力性を示しておく。なお、算出式は次の通りである。

$$\text{自己価格弾力性: } \eta_{ii} = \frac{\partial \ln X_i}{\partial \ln P_i} = (\beta_{ii} + \alpha_i^2 - \alpha_i) / \alpha_i$$

$$\text{交差弾力性: } \eta_{ij} = \frac{\partial \ln X_i}{\partial \ln P_j} = (\beta_{ij} + \alpha_i \alpha_j) / \alpha_i, \quad i \neq j$$

但し X_i , X_j は投入量, P_i , P_j は投入要素価格である。

表1 トランスログ費用関数のパラメーターの計測結果

パラメーター	推定値	t 値
α_0	-0.0971	-3.97
α_Y	0.9402	60.23
β_{YY}	0.0054	0.29
α_C	0.3492	31.54
α_F	0.2963	27.93
α_K	0.0619	14.90
α_M	0.0724	
α_L	0.2203	21.89
β_{CG}	0.0976	5.35
β_{GF}	-0.0279	-2.25
β_{GK}	0.0105	1.86
β_{GM}	-0.0028	
β_{GL}	-0.0775	-5.45
β_{FF}	0.0918	5.23
β_{FK}	-0.0243	-3.57
β_{FM}	-0.0166	
β_{FL}	-0.0231	-1.42
β_{KK}	0.0163	3.08
β_{KM}	0.0040	
β_{KL}	-0.0066	-0.86
β_{MM}	0.0297	
β_{ML}	-0.0144	
β_{LL}	0.1216	5.39
β_{YG}	0.0209	6.21
β_{YF}	0.0294	12.16
β_{YK}	0.0117	11.37
β_{YM}	0.0043	
β_{YL}	-0.0663	-24.75
α_T	-0.0101	-2.00
β_{TT}	0.0005	1.14
β_{TG}	0.0006	0.56
β_{TF}	0.0049	4.81
β_{TK}	-0.0033	-8.32
β_{TM}	0.0009	
β_{TL}	-0.0019	-1.94
β_{VT}	0.0031	2.12

10%有意水準=1.65, t値のないパラメーターは制約条件により計算
 G:自給飼料, F:購入飼料, K:乳牛資本, M:機械建物, L:労働

シェア式のR ²	自給飼料	購入飼料	乳牛資本	労働
		0.5041	0.6881	0.7560

北海道酪農の技術進歩に関する分析

表2 TFP変化の要因分解

T F P	生産量規模	技術進歩
1.1527	0.1437	1.0090
100	12	88

上段は変化率，下段は寄与率

表3 コストシェア変化の要因分解

	生産量規模	価 格	技術進歩	合 計
自給飼料	0.1439	1.0608	0.1759	1.3806
	10	77	13	100
購入飼料	0.2385	-1.4949	1.6651	0.4087
	58	-366	407	100
乳牛資本	1.1801	1.7533	-5.3847	-2.4513
	48	72	-220	-100
機械建物	0.3438	0.0464	1.2161	1.6063
	21	3	76	100
労 働	-2.4035	-0.1786	-0.8461	-3.4282
	-70	-5	-25	-100

上段は変化率，下段は寄与率
変化率は%表示

献度は生産量規模の効果よりも大きく、北海道酪農においては主に技術進歩により生産性が向上してきたことが実証された。

次に、コストシェア変化の要因分解から技術進歩の貢献度と方向性とをみる。

自給飼料のコストシェア変化の要因別の変化率は、寄与率でみると生産量規模の効果が10%、価格の効果が77%、技術進歩の効果が13%であり、価格による効果が大きい。図2および注13)によれば自給飼料価格の上昇率は高いため、投入量を節約しかつ、他投入要素で代替してもなおコストシェアを増加させる方向に働いたことを示す。

購入飼料は同じく寄与率でみると、生産量規模の効果が58%、価格の効果が-366%、技術進歩の効果が407%である。価格の効果についてみると、図2によれば購入飼料価格の上昇率が相対的に低いため、他投入要素に比べ投入量は相対的に増加すると考えられるが、図3では購入飼料のコストシェ

アーは約30%となっており、生産費に占める割合が大きい。そのため、他の投入要素との代替によりコストシェアを抑える方向に調整してきたものと考えられる。

乳牛資本については、同じく寄与率でみると生産量規模の効果が48%、価格の効果が72%、技術進歩の効果が-220%である。技術進歩の効果は他4投入要素の中でも一番大きい(-5.38)。注11)から乳牛資本は質を反映している。この技術進歩の効果が大きいことは、乳牛の質の向上がコストシェアを節約する方向に働き、費用の低下と結びついていることを示す。従って、技術進歩の要因が主に乳牛の改良、質の向上にあるといえる。

ここで、自給飼料、購入飼料の投入と乳牛の改良との関係を明らかにする。購入飼料ではコストシェア変化において技術進歩により正の大きな効果があるが(1.67, 407%)、自給飼料では技術進歩の効果は同じく正であるが値は小さい(0.18, 13%)。ここで、表4の代替の弾力性についてみると、乳牛資本と自給飼料の代替の弾力性は代替的(1.49)であるが、それと購入飼料は補完的(-0.32)である。かつ自給飼料と購入飼料は代替的(0.73)である。これは乳牛の改良に合わせて、自給飼料を購入飼料に代替させ、購入飼料多投的になっていることを表すものである。

機械建物については、寄与率でみると生産量規模の効果が21%、価格の効果が3%、技術進歩の効果が76%である。コストシェアの変化は技術進歩よりも生産量規模の効果の方が小さい。このことは施設の拡大・拡充により、機械建物の生産量規模間でのコストシェアの格差はわずかに増加させたが、技術進歩の効果によりコストシェアを相対的に押し上げていることを示している。

労働は、寄与率でみると生産量規模の効果が-70%、価格の効果が-5%、技術進歩の効果が-25%である。寄与率で一番大きな生産量規模の効果は変化率では-2.40%であり、他の4投入要素のなかで最も大きく、寄与率でも生産量規模の効果による節約効果が大きい。この生産量規模による労働節約的效果が大きなことは、主に牛舎、関連施設の規模間格差が労働のコストシェア格差を生じさせていることを示している。

また、機械建物と労働の代替については、表4の代替の弾力性の値が非常に小さい(0.095)。これは機械建物と労働のコストシェアの変化要因の

表4 代替の弾力性

自給飼料—購入飼料 0.7306	購入飼料—機械建物 0.2277
自給飼料—乳牛資本 1.4868	購入飼料—労働 0.6462
自給飼料—機械建物 0.8900	乳牛資本—機械建物 1.8976
自給飼料—労働 -0.0079	乳牛資本—労働 0.5177
購入飼料—乳牛資本 -0.3228	機械建物—労働 0.0952

表5 価格弾力性

価格弾力性 X _i	P _j				
	自給飼料	購入飼料	乳牛資本	機械建物	労働
自給飼料	-0.3712	0.2551	0.5191	0.3107	-0.0027
購入飼料	0.2165	-0.3939	-0.0957	0.0675	0.1915
乳牛資本	0.0920	-0.0200	-0.6749	0.1174	0.0320
機械建物	0.0644	0.0165	0.1373	-0.5166	0.0069
労働	-0.0017	0.1423	0.1140	0.0210	-0.2277

(注) $\eta_{ii} = \frac{\partial \ln X_i}{\partial \ln P_i}$, $\eta_{ij} = \frac{\partial \ln X_i}{\partial \ln P_j}$

中で、価格の効果が小さいことも関連している。すなわち、生産量規模が不変のもとで相対価格の変化による機械建物と労働の代替の可能性は小さいことを示している。

以上を要約すると、第1に、北海道酪農の生産性の向上は技術進歩でほぼ説明され、とくに投入要素でみると乳牛の質の向上が大きな要因である。さらに、それを補完するための購入飼料の多投がなされた。第2に、頭数規模拡大に対応した省力化のための施設の拡大・拡充は、機械建物と労働の規模間でのコストシェアの格差を生じさせた。また、技術進歩による省力的効果は小さく、機械建物のコストシェアは増加要因となっている。また、代替の弾力性は小さく、規模拡大なしには労働と機械建物との代替はありえない。

3. 技術進歩バイアスと情報・制度

前節で、技術進歩は主として乳牛資本の節約的効果により実現されたことが明らかになった。当然のことながら、乳牛の改良の際には乳牛に関する詳細な情報が必要である。近年、多くの情報が種々の酪農情報制度により得られるようになり、それにより乳牛の改良が一層進んだものと考えられる。従って、本節では乳牛の改良と情報・制度との関係について補足的な分析を行う。分析方法は乳牛資本の技術進歩のバイアスと情報・制度の動向に関する代理変数を用い、回帰式により両者の関係を実証する。分析に用いた変数は以下の通りである。

はじめに、情報・制度の普及についてとりあげる。そこで、牛群検定頭数を北海道の経産牛頭数で除した普及率を用いる。

次に、情報については、乳牛検定の発足当時は検定の成績のみを農家へフィードバックしていたが、昭和50年代後半からさらにその内容が整理された情報、繁殖に関する情報、種雄牛に関する情報など多種の情報が供給されはじめている。供給される種類の増加は農家の乳牛改良に対する認識を深める。従って、北海道乳牛検定協会が発行する検定農家向けの情報の種類の数を用いる。

さらに、制度についてはその存在の有無が、乳牛の改良の進展度にある程度左右するものと考えられる。また、乳牛の改良制度には雌牛の能力検定のみならず種雄牛の改良制度も評価する必要がある。従って、制度に関しては乳牛検定事業、後代検定事業数を用いた¹⁵⁾。

これらの変数を説明変数とし、さきのトランスログ費用関数のパラメーターとトランスログ費用関数の計測に用いたデータとにより、乳牛資本のバイアスを毎年分計算し、昭和44年から61年まで回帰を行った¹⁶⁾。想定される符号条件はすべて正である。

15) 他の酪農の家畜改良関係の制度としての登録制度は農家における改良の成果を評価、公表するものである。この制度は乳牛の改良と決して無縁ではないが、情報・制度を改良の要因として捉えた場合、登録制度はむしろ改良の結果を評価する制度であると考えられる。また、人工授精技術については、すでに昭和30年代で普及率が90%を越え、また凍結精液の普及率も昭和40年半ばで90%を越えている。従って、両者ともに今回の分析では省いた。

北海道酪農の技術進歩に関する分析

表6 回帰分析の結果

乳牛資本バイアス = 4.2670
(27.22)
+0.3741 × 乳用牛能力検定関係事業数
(2.97)
+0.0984 × 検定協会発行情報数
(3.11)
+0.0158 × 乳群検定普及率 (検定牛頭数/経産牛頭数)
(2.25)
$R^2=0.9492$, $DW=1.19$
()内はt値, 5%有意水準=2.15

表6の回帰分析の結果、全ての変数に関して符号条件が満たされ、かつ有意水準5%でゼロと有意差はない。

以上の結果より、酪農の技術進歩の主要因である乳牛の改良をとりあげ、情報の供給、制度のバックアップおよびその普及が乳牛の改良を押し進めるものであることを実証した。

Ⅳ. おわりに

以上の分析を要約する。

第1に北海道酪農のTFPは年率1.15%で上昇し、そのうち技術進歩の効果は88%とその貢献分が非常に大きいことがわかった。すなわち、北海道酪農の技術進歩は規模の経済に比較して生産性の向上へ結びつく貢献度は大きいことがわかった。また、投入要素コストシェア変化の中で技術進歩の影響が大きいのは、乳牛資本であり、乳牛の質の改良が技術進歩の大きな要因であったことを実証した。

第2に購入飼料の技術進歩によるコストシェア変化は増加する傾向にあった。これは乳牛の質の向上に合わせ、その素質を十分発揮させるために環境要因を整える必要があり、購入飼料の多投化という方向に向かったこと

16) バイアスは1年毎の平均価格により算出したがこのときの符号は負値である。そこで回帰式の解釈を容易にするため、-1を乗じて正值にした。また、この期間での費用関数の単調増加の条件、凸性の条件は1年毎にすべて満たされている。

を表している。しかし、これは生産費の増加を招き、費用低下という観点からみると非効率であるため、購入飼料費の節約のための対策を講じる必要がある。

第3に自給飼料の投入は価格が高くなるばかりで、それによりコストシェアを増加させる方向にあった。しかし、分析結果からは技術進歩の効果は小さいものであった。技術進歩の主要因である乳牛の改良のメリットを發揮できるような自給飼料の質的向上、生産費の削減を追求しなければならない。

第4に頭数規模拡大とそれに並行した施設の拡大・拡充は、労働のコストシェアの変化について、技術進歩よりも生産量規模の効果による節約効果が大きかった。また、規模拡大なしでは機械建物と労働との代替の可能性は小さいことがわかった。

第5に乳牛資本の技術バイアスと酪農の情報・制度を表す代理変数との回帰結果により、技術進歩の要因と情報・制度の関係が深いことが実証された。乳牛に関する情報が単に、農家に提供され消化されるばかりではなく、生産性の向上にむすびついていることが示唆されている。今後とも乳牛の質の向上による技術進歩は押し進められていくであろう。乳牛の質の決定に関しては環境要因が大きいと、農家内での質の改良は合理的であるといえる。しかしそれを継続するためには、農家では得られにくい情報が必要であり、その供給主体としての各種制度の役割は重要であるといえる。

第6に乳牛の改良とそれを補完する飼料の投入を要因とする技術進歩は、生産性向上の主要因であり、同時に生乳の質の向上によるメリットの享受をめざして進んでいた。従って、今後は乳脂率の向上に限らず、製品の差別化を目的とした生乳の質の向上は生産性の向上へと結び付くものと考えられる。かつ、その媒介要因として目的に沿った情報提供は必要であり、そのための制度、普及の役割は見逃してはならない。

[参考文献]

- [1] Antle, J. M., S. M. Capalbo, "An Introduction to Recent Developments in Production Theory and Productivity Measurement", in S. M. Capalbo and J. M. Antle, eds., *Agricultural Productivity; Measurement and Explanation* (Washington, D. C., Resources for the Future), 1988.
- [2] Binswanger, H. "A Cost Function Approach to Measurement of Elasticities of Factor De-

- mand and Elasticities of Substitution”, *American Journal of Agricultural Economics* vol. 56, no. 2, 1974.
- [3] Binswanger, H. “The Measurement of Technical Change Biases with Many Factors of Production”, *American Economic Review* vol. 64, no. 6, 1974.
- [4] Blackorby, C., C. A. K. Lovell and M. C. Thursby, “Extended Hicks Neutral Technical Change”, *Economic Journal* vol. 86, no. 344, 1976.
- [5] Denny, M., M. Fuss and L. Waverman, “The Measurement and Interpretation of Total Factor Productivity in Regulated Industries with an Application to Canadian Telecommunications”, in T. G. Coving and R. E. Stevenson, eds., *Productivity Measurement in Regulated Industries* (New York, Academic Press), 1981.
- [6] Greene, W. H., “Simultaneous Estimation of Factor Substitution, Economies of Scale Productivity, and Non-Neutral Technical Change”, in A. Dogramaci, eds., *Developments in Econometric Analyses of Productivity ; Measurement and Modeling Issues* (Boston, Kluwer-Nijhoff Publishing), 1983.
- [7] 北海道家畜改良事業団【胎動】デーリン社, 1978.
- [8] 北海道立農業試験場【北海道農業の現状と将来】北海道立農業試験場資料第14号, 1982.
- [9] 家畜改良研究会【家畜改良増殖の新しい制度と技術】地球社, 1986.
- [10] 家畜登録団体中央協議会【家畜登録事業発達史】, 1980.
- [11] 美土路達雄, 山田定市編著【地域農業の発展条件】御茶の水書房, 1985.
- [12] 桜井豊編著【80年代の日本酪農】酪農事情社, 1981.
- [13] 七戸長生「北海道における大型酪農の動向と展望」, 農業総合研究所【北海道酪農の構造と再編方向】, 1983.
- [14] Stevenson, R., “Measuring Technological Bias”, *American Economic Review* Vol. 70, No. 1, 1980.
- [15] 山本康貴「わが国酪農における生産性向上と地域間生産性格差の計量分析1968-1985」, 帯広畜産大学【学術研究報告第Ⅰ部】 vol. 16, 1988.

〔謝辞〕

本論をまとめるにあたり、長南史男助教授をはじめ農業開発論シンポジウムの諸兄より貴重な助言をいただいた。記して謝意を表する。計算は北大大型計算機センターで行った。