



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	牛肉経済における周期変動のスペクトル分析
Author(s)	松田, 友義; MATSUDA, Tomoyoshi
Citation	北海道大学農経論叢, 35, 14-32
Issue Date	1979-03
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/10933">https://hdl.handle.net/2115/10933</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	35_p14-32.pdf



# 牛肉経済における周期変動の スペクトル分析

松 田 友 義

## 目 次

I はじめに .....	14
II スペクトル解析 .....	16
1. スペクトル理論 .....	16
2. MEMスペクトル .....	19
III 分 析 .....	23
IV 今後の展望—むすびにかえて .....	31
本文	32
数表	4
図	10

## I は じ め に

最近、我国を取り巻く国際経済関係の急変の中で、牛肉輸入問題が大きくクローズアップされ話題となることが多くなってきた。諸外国の圧力による牛肉輸入枠の拡大が、稲転以後の目玉とされてきた畜産振興策と矛盾しないか、あるいは、先進諸国に比べ我国の牛肉価格が異常な高水準にあることが消費を抑えている元凶に他ならない等、それぞれの立場からの見解が表明され、生産消費振興策と輸入政策をめぐる矛盾の拡大が各方面から指摘されるようになってきた。現時点における国内牛肉生産の取り扱い、米に対する取り扱いと並び、将来の日本農業・農政の行方を占う上で大きな意味も持っていると言っても大袈裟ではあるまい。

牛肉をめぐる状況が大きく変化する中で、遅れがちであった牛肉経済についての研究発表も年々増加してきているが、未だに具体的な政策の指針となり得るような研究が発表されるには至っていない。そうした中で、政策構想

フォーラムが打ち出した牛肉輸入自由化案<sup>1)</sup>は検討に値すると思われるが、発表後に各方面より批判が続出したことからみても、現段階で国民的コンセンサスを得ることは困難と思われる。政策の根本的転換を導くためには、より多くの研究が積み重ねられることが必要であろう。

従来、牛肉経済関係の論文には生産規模の零細性、流通機構の複雑性・前近代性を指摘し、それが唯一最大の問題であるとするものが多く、価格変動のメカニズムを明らかにするといった類のものは極めて少なかった。その最大の原因は、我国における肉牛飼養の歴史が浅く、役畜から用畜への転換が終ったのがようやく1965年前後のこととされているように、統計的処理に耐えるだけのデータが揃わなかったことにあると思われる。しかし、現在では分析手法も進歩し、最近になってその種の試みが増加してきている。価格変動に対する時系列解析もそうした分野のひとつである。

ビッグサイクルの存在から直ちに類推されるように、牛肉経済にも周期変動（ビーフサイクルあるいはキャトルサイクル）が存在することは早くから知られていた<sup>2)</sup>。しかしそれについての統計的研究はほとんど行なわれてこなかった。また1965年頃から乳用雄牛による牛肉生産が増加し、現在では和牛・乳雌牛と並ぶウェイトを占めるに至っているが、生産構造からみて和牛と異なる周期性を持つのではないかということは筆者が修論で既に指摘したところである。いわば、ビーフサイクルという単純なサイクルは和牛サイクルと乳雄サイクルという異質なサイクルを含む概念に変化したと考えられるが、未だに推論の域を出ていなかった。そうした中で、オイルショック以後牛肉卸売価格の変動が激化し、それを背景に従来から言われてきたビーフサイクルが短縮したとする見解<sup>3)</sup>が発表されている。しかし、周期変動分析としてみた場合、これらが納得のいくものとも思えない。従来周期変動分析の手法としてはコレログラム・ピリオドグラム等が用いられてきたが、最近ではフーリエに始まるスペクトル解析の手法が用いられるのが一般的である。本論文においてもこのスペクトル解析によって先にあげたビーフサイクルの短縮、和牛サイクルと乳雄サイクルという異質な周期性の存在を検証することを課題に若干の分析を試みた。同時に、スペクトル推定の際MEM（最大エントロピー法）という方法と、以前から利用されてきたFFT（高速フーリエ変換）法とを併用し、両者を比較してみた。

一 注 一

- 1) 「牛肉輸入自由化案——国際協調と国内農業発展の両立を目指して——」, 政策構想フォーラム, 1978.4
- 2) フォーラム提案に対する批判には、関税・課徴金収入で不足払い経費を賄えんとする試算に対するものと、不足払い制度を適用することの困難さ、不足払い制度によって国内生産を維持・発展させることの困難さを指摘するものが多い。フォーラムの反論は、「牛肉自由化案批判に答える」(政策構想フォーラム, 1978.6) また提案とは逆に、我国の風土に合った独自の飼養体系を確立することによって国内自給は可能であり、自給体制の確立を通して牛肉供給の低廉化を図るのが本筋であるとする反論も目立ってきている。
- 3) 卸売市場では、のぼり千日くんだり千日の「千日相場」と呼ばれ、これは月に換算すると約67カ月となる。また先駆的業績としては、高橋潔「最近における肉用牛価格・下落の要因分析(ビーフ・サイクル)」, 全国肉用牛協会『日本の肉牛』, pp. 11~19, 1969年。
- 4) 頼平・岸本裕一「牛枝肉価格変動に関する実証的研究」, 京都大学『農業計算学研究』, Vol. 10, pp. 10-22, 1977年,  
松原茂昌「乳雄肥育牛生産の変動と需給構造」, 農林省北海道農業試験場『肉用牛生産の展開と成立条件』, pp. 79-98, 1978年。

## II スペクトル解析<sup>6)</sup>

### 1. スペクトル理論

スペクトルという言葉から一般的に連想されるものは、太陽光線をプリズムに通した時見られる七色の縞模様、光のスペクトルであろう。スペクトルにはこの他にも音のスペクトル、質量のスペクトル等、多種多様なものがある。スペクトルという概念を一般的に定義すると、「複雑な組成をもつものを、単純な成分に分解し、その成分を、それを特徴づけるある量の大小の順に従って並べたもの<sup>6)</sup>」と言うことができる。今日、一般的にスペクトル解析という名で呼ばれているランダムデータ解析法は、Fourier によるフーリエ級数理論の研究に端を発し、Shuster のピリオドグラムによって周期とその変動強さの関係を客観的統計的に処理する手法としての原形を整えた。その後 Kolmogorov・Wiener 等による通信・制御理論など各分野で発展し、動的な分野で広く活用されている。経済分野、とりわけ農業経済のように周期変動が顕著な分野、においても時系列解析の手法としてその有効性は高く評価でき、利用範囲は広いと思われる。スペクトル理論を概観してみよう。詳細は注5. に掲げた文献を参照されたい。

任意の周期関係  $x(t)$  は三角関数の級数 (フーリエ級数) で無限に近似で

きる。関数  $x(t)$  が  $[-T/2, T/2]$  を基本周期とする周期  $T$  の関数とすると、

$$x(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos \frac{2\pi n t}{T} + b_n \sin \frac{2\pi n t}{T}) \quad (1)$$

で表わされる。また三角関数と指数関数の関係（オイラーの公式(2)）

$$e^{\pm i\theta} = \cos \theta \pm i \sin \theta \quad (2)$$

を利用し、 $n$  を  $-\infty$  から  $\infty$  までとして整理すると、

$$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n e^{i2\pi n t/T} \quad (3)$$

ここに

$$C_n = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) e^{-i2\pi n t/T} dt \quad (4)$$

と書き表わすことができる。上式を複素フーリエ級数と言う。式(3)、(4)の表わす意味は、区間  $[-T/2, T/2]$  で定義される任意の周期関数は、周期が  $T/n$  ( $n=0, 1, 2, \dots$ ) の無数の調和波 ( $e^{i2\pi n t/T} = \cos(2\pi n t/T) + i \sin(2\pi n t/T)$ ) の和から成り立っており、各成分波の強さ（寄与分）は(4)の  $C_n$  によって与えられる、ということである。

また基本周期区間  $T \rightarrow \infty$  とし、極限を考えると(3)、(4)は

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(f) e^{i2\pi f t} df \quad (5)$$

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-i2\pi f t} dt \quad (6)$$

と書くことができる。ここに  $f$  は周波数である。両式をフーリエ変換と呼び、こうした関係をフーリエ変換の対 (pair) をなすと言う。(5)、(6)は(3)、(4)と同様に関数  $x(t)$  が種々の波長の波の合成であることを示している。フーリエ成分  $X(f)$  は周波数  $f$  の波の振幅であり、 $|X(f)|^2$  はその強さ、エネルギーを表わしている。 $|X(f)|^2$  の平均を平均パワーと呼び、関数  $x(t)$  が確率変数の場合には期待値についてパワースペクトル  $S(f)$  を定義する。

$$S(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} E \left[ \frac{1}{T} |X(f)|^2 \right] \quad (7)$$

関数  $x(t)$  を考えると、平均パワー  $\overline{x^2}$  は

$$\overline{x^2} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x^2(t) dt \quad (8)$$

であり、周波数  $f$  と  $f+df$  の間に含まれる成分波の変動エネルギー  $\overline{x^2}$  への

寄与率がスペクトル  $S(f)df$  であるから

$$\bar{x}^2 = \int_{-\infty}^{\infty} S(f)df \quad (9)$$

と表わすこともできる。

パワースペクトルは当該周波数成分の全変動エネルギーに対する寄与を表わし、卓越周波数成分、支配的な周期性を見出すための目安となるものである。

同一時系列の中で  $\tau$  時間隔たったふたつの時差系列の相関関数を自己相関関数  $C(\tau)$  と呼ぶのは周知のことであろう。

$$C(\tau) = \overline{x(t)x(t+\tau)} \quad (\text{---}; \text{時間平均})$$

$$= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t)x(t+\tau)dt \quad (10)$$

自己相関関数  $C(\tau)$  とパワースペクトル  $S(f)$  は互いにフーリエ変換の関係にあることが知られており、Wiener-Khintchine の公式と呼ばれている。

$$C(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} S(f) e^{i2\pi f\tau} df \quad (11)$$

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} C(\tau) e^{-i2\pi f\tau} d\tau \quad (12)$$

自己相関関数の場合と同様に、ふたつの時系列  $x(t)$  と  $y(t)$  との相関を表わすのに相互相関関数  $C_{xy}(\tau)$  が用いられる。

$$C_{xy}(\tau) = \overline{x(t)y(t+\tau)} \quad (13)$$

自己相関関数のフーリエ変換がスペクトルであるように、相互相関関数のフーリエ変換としてクロススペクトル  $S_{xy}(f)$  が定義できる。

$$S_{xy}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} C_{xy}(\tau) e^{-i2\pi f\tau} d\tau \quad (14)$$

逆変換すると、

$$C_{xy}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} S_{xy}(f) e^{i2\pi f\tau} df \quad (15)$$

クロススペクトルは一般に複素数であり、その実部をコスベクトル  $K_{xy}(f)$ 、虚部をクオドラチャ（あるいは単にクオド）スペクトル  $Q_{xy}(f)$  と呼ぶ。また複素数では現象の把握・記述に不便なので、更にコヒーレンス  $\text{coh}^2(f)$ 、ゲイン  $G(f)$ 、フェイズ  $\theta_{xy}(f)$  を次のように定義する。

コヒーレンス

$$\text{coh}^2(f) = \frac{|\overline{S_{xy}(f)}|^2}{\overline{S_{xx}(f)}\overline{S_{yy}(f)}} = \frac{K_{xy}^2(f) + Q_{xy}^2(f)}{\overline{S_{xx}(f)}\overline{S_{yy}(f)}} \quad (16)$$

コヒーレンスは、二系列間の各周波数成分毎の線形性の程度を表わすもので、その平方根は、二系列のフーリエ成分の相互相関係数であり、系列間の各成分波毎の関連の強さを表わす。

ゲイン

$$G(f) = \frac{|\overline{S_{xy}(f)}|}{\overline{S_{xx}(f)}} = \frac{\sqrt{K_{xy}^2(f) + Q_{xy}^2(f)}}{\overline{S_{xx}(f)}} \quad (17)$$

ゲインは二系列間の各成分波毎の回帰係数にあたる。

フェイズ

$$\theta_{xy}(f) = \tan^{-1} \frac{Q_{xy}(f)}{K_{xy}(f)} \quad (18)$$

フェイズは系列間の各成分波  $X(f)$ ,  $Y(f)$  の位相差、先行遅行関係を表わし、

$$\tau = \frac{\theta_{xy}(f)}{2\pi f} \quad (19)$$

で時間領域に変換できる。

## 2. MEM スペクトル

従来、スペクトル推定には、前述の Wiener-Khintchine の公式が用いられていた。これを改良して、安定的スペクトル推定を可能にしたのが Blackman-Tukey 法である。B-T法はW-Kの公式を利用することではそれまでの方法と同じであるが、プリホワイトニング、スペクトルの平滑化等の操作を行なうことで安定した合理的結果を導くことを可能にした。しかし、この方法ではデータ数の増加とともに演算時間が急激に増大するという欠点があった。大型計算機の普及とともに、処理時間の短いスペクトル計算法が求められるようになり、そうした時期に Cooley と Tukey によって発表されたのがFFT（高速フーリエ変換）法である。この方法ではスペクトルは相関関数を経ることなく、データから直接計算される。しかし、B-T法にしてもFFT法にしても、安定したスペクトルを推定するためには多量のデータを必要とし（予想最長周期の7倍程度）、数年ないし数十年という長い周期が予想される分野での適用には限界があった。経済時系列においても数年

というオーダーでの周期が多く、それに対して我々の入手し得るデータはあまりにも短すぎた。今回の分析対象である牛肉経済においても、入手できたのは予想周期のせいぜい3倍程度であった。そうした事情を背景に、短いデータからもスペクトルを推定できる方法として、最近各分野で注目されているのが Burg によって発表された最大エントロピー法 (Maximum Entropy Method) である。このMEMは、情報理論におけるエントロピーの概念を利用した資料解析法で、従来のスペクトル推定法に比べ短いデータからもスペクトル推定ができ、スペクトルの分解能が高く、推定周波数を自由に選択できるという優秀性をもっている。

情報エントロピーは未知 (無知) の度合を表わす概念として情報理論で用いられる。いま事象  $j$  が生起したときの情報量  $I_j$  を

$$I_j = \log_2 \left( \frac{1}{p_j} \right) \text{ ビット} \quad (20)$$

とする。ここに  $p_j$  は  $j$  の起きる確率である。情報エントロピー  $H$  は「1回の試行によって得られる情報量の期待値」として定義される。

$$H = E [I_j] = \sum_j p_j \log_2 \frac{1}{p_j} = - \sum_j p_j \log_2 p_j \quad (21)$$

事象の取り得る値が連続的であるとすると、 $j \rightarrow x$ ,  $p_j \rightarrow p(x)$  として

$$H = - \int p(x) \log p(x) dx \quad (22)$$

と書き表わすことができる。<sup>10)</sup> また離散時系列  $x_k$  の取り得る値が連続量であり、その同時確率分布  $p(x_0, x_1, \dots, x_m)$  が Gauss 分布であれば、情報エントロピーと  $x_k$  の相関行列の間には、

$$H = \frac{1}{2} \log [\text{Det } C_m] \quad (23)$$

の関係があることが知られている。ここに行列  $C_m$  は  $x_k$  の相関よりなる Toeplitz 行列である。

$$C_m = \begin{pmatrix} C(0) & C(-1) & \dots & C(-m) \\ C(1) & C(0) & \dots & C(-m+1) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ C(m) & C(m-1) & \dots & C(0) \end{pmatrix} \quad (24)$$

$$C(k) = E[x(i)x(i-k)] \quad (25)$$

この行列とスペクトルの間には

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (\text{Det Cm})^{1/(m+1)} = 2f_N \exp \left\{ \frac{1}{2f_N} \int_{-f_N}^{f_N} S(f) df \right\} \quad (26)$$

という関係がある。ここに  $f_N$  は Nyquist 周波数であり  $f_N = \frac{1}{2\Delta t}$  である。更に  $N \rightarrow \infty$  とした場合にエントロピーが発散するのを避けるためにエントロピー密度  $h$  を定義する。

$$h = \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{H}{m+1} = \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{1}{2} \log [\text{Det Cm}]^{1/(m+1)} \quad (27)$$

$$h = \frac{1}{4f_N} \log \int_{-f_N}^{f_N} \log S(f) df + \frac{1}{2} \log f_N \quad (28)$$

すなわち、時系列のエントロピー密度は、その時系列のスペクトルの対数を周波数について (Nyquist 周波数  $f_N$  の範囲で) 積分した値である。

W-K の公式を利用してスペクトルを計算する場合、データの有限性から十分大きなラグ  $k$  の自己相関関数は未知である。Burg はこれに対して「スペクトルのフーリエ変換が相関関数であるという W-K の関係の制約の下で、エントロピーを増加させないように未知部分の自己相関関数を推定することが最も合理的である」と提案した。これが MEM である。すなわち、

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial h}{\partial C(\bar{k})} &= 0 & k \geq m+1 \\ \frac{\partial H}{\partial C(k)} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (29)$$

従って、 $C(0), C(1), \dots, C(m)$  が既知の場合、新たな  $C(m+1)$  は  $[\text{Det Cm}]$  を最大にするように決定すればよい。 $C_{m+1}$  は次の条件から導かれる。

$$\text{Det} \begin{pmatrix} C(1), C(0) \dots C(m-1) \\ C(2) C(1) \dots C(m-2) \\ \vdots \quad \vdots \quad \ddots \quad \vdots \\ C(m+1) C(m) \dots C(1) \end{pmatrix} = 0 \quad (30)$$

また、スペクトルについての関係で最大エントロピー法を表わすと、

$$\int_{-f_N}^{f_N} e^{-i2\pi f k \Delta t} S(f) df = 0 \quad k = m+1 \quad (31)$$

となる。このことから  $1/S(f)$  が  $2m+1$  個の有限な級数で展開表示されることがわかる。すなわち、

$$1/S(f) = \sum_{k=-m}^m b_k e^{i2\pi f k \Delta t} \quad (32)$$

上式は、さらに  $(m+1)$  個の係数  $(\gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_m, \text{ただし } \gamma_0=1)$  を用いて、

$$1/S(f) = (\Delta t P_m)^{-1} \left( \sum_{k=0}^m \gamma_k e^{i2\pi f k \Delta t} \right) \left( \sum_{k=0}^m \gamma_k^* e^{-i2\pi f k \Delta t} \right) \quad (33)$$

と書き直すことができ、 $e^{i2\pi f k \Delta t} = Z$  とすると、

$$\left[ \sum_{k=-\infty}^{\infty} C(k) Z^{-k} \right] \left[ \sum_{k=0}^m \gamma_k Z^k \right] = P_m / \sum_{k=0}^m \gamma_k^* Z^{-k} \quad (34)$$

となり、両辺の  $Z$  の等べきの項を比較すると  $m+2$  個の方程式 (Yule-Walker 方程式) が得られる。

$$\left. \begin{aligned} Z^0; & C(0) + \gamma_1 C(1) + \gamma_2 C(2) + \dots + \gamma_m C(m) = P_m \\ Z^1; & C(1) + \gamma_1 C(0) + \gamma_2 C(1) + \dots + \gamma_m C(m-1) = 0 \\ Z^2; & C(2) + \gamma_1 C(1) + \gamma_2 C(0) + \dots + \gamma_m C(m-2) = 0 \\ & \vdots \\ Z^m; & C(m) + \gamma_1 C(m-1) + \gamma_2 C(m-2) + \dots + \gamma_m C(0) = 0 \\ Z^{m+1}; & C_{(m+1)} + \gamma_1 C(m) + \gamma_2 C(m-1) + \dots + \gamma_m C(1) = 0 \end{aligned} \right\} \quad (35)$$

これより  $\gamma_k$  が求まると MEM スペクトルは、

$$S(f) = \frac{\Delta t P_m}{\left| \sum_{k=0}^m \gamma_k e^{-i2\pi f k \Delta t} \right|^2} \quad (36)$$

で求めることができる。ここに係数  $\gamma_k$  は予測誤差フィルター、 $P_m$  は予測誤差の分散である。

MEM と従来のスペクトル推定法との最大の相違は与えられたデータについての基本的態度にある。MEM ではデータは与えられたものだけであると考えるのに対し、従来の方法では、与えられたデータは本来のデータの一部と考えて処理する。MEM の与えられたデータしか使わないという方法では、統計的処理による細部構造の潰しを免れることにもなり、分解能は飛躍的に増大する。

— 注 —

- 5) スペクトル解析については、  
日野幹雄「スペクトル解析入門」朝倉書店、1977年(Ⅱの記述は主に本書に拠った。)
- Granger, C. W. J. and HATANAKA, M., "Spectral Analysis of Economic Time Series", PRINCETON UNIV. PRESS, 1964年。
- 6) 大崎順彦「地震動のスペクトル解析入門」鹿島出版会、p. 1, 1976年。
- 7) ここでは主に  $x(t)$  が連続関数の場合について論を進めるが、離散の場合にも同様の論議ができる。離散の場合については、出村克彦「豚肉とプロ

## 牛肉経済における周期変動のスペクトル分析

イラーの生産・価格における周期的変動の時系列分析——Hog Cycle と Broiler Cycle のスペクトル分析」を参照されたい。

- 8) プリホワイトニングはデータにフィルター操作をしてあらかじめスペクトルを平坦化することであり、スペクトルの平滑化はウィンドウ操作（ウェイトをかけた移動平均法）によりスペクトルを平滑にすることである。今回の分析には最も簡単な Hanning のデジタルフィルターを利用した。平滑化は次式のように行なわれる。

$$\bar{S}_k = 0.25 S_{k-1} + 0.5 S_k + 0.25 S_{k+1}$$

- 9) Burg よりわずかに遅れて赤池弘次が自己回帰式に基づくスペクトル推定法を発表した。これは相関関数の推定法が異なるのみで、アルゴリズム的には MEM とほとんど同じである。  
赤池弘次・中川東一郎「ダイナミックシステムの統計的解析と制御」, サイエンス社, 1972年。
- 10) 対数の底は情報量の単位に関わるもので、2の他に10（ディット）, e（ニット）も用いられる。

### Ⅲ 分 析

分析に使用したデータを表1に示す。通常スペクトル解析に用いる系列は定常化系列でなければならないとされており、今回使用した系列はいずれも顕著なトレンドと、今回分析対象としなかった季節変動を含んでいることが明らかだったので、それらを除き定常化した。定常化は以前に試みたコログラム分析との比較もあって、それとの一致性を保つためその時と同じ方法によった。すなわち、まず物価調整をし、それを EPA 法<sup>11)</sup>によって季節調整し、その系列に1～3次のトレンドを機械的にあてはめ、中でも決定係数の高いものを採用し、それをもって季節調整済系列を除し、定常化系列とした。図1を見ても定常化はうまくいったと思われる。また周期性の変化を明確に把握するために和牛系列のデータを3期に分け、それぞれについてスペクトル推定<sup>12)</sup>をした。

表-1 データ

記号	データ名	データ期間	データ個数	備考
P B	和牛枝肉卸売価格	'60.1~'77.6	210	去勢「上」, 東京卸売市場
P D B	乳雄枝肉卸売価格	'68.1~'77.6	114	平均, 東京卸売市場
W B	和牛枝肉生産量	'60.1~'77.6	210	和成牛計, 全国計
W D B	乳雄枝肉生産量	'68.1~'77.6	114	乳雄計, 全国計

(資料出所) 農林省「食肉流通統計」

ただし一部は、日本銀行「東京卸売物価」, 農林省「畜産統計」

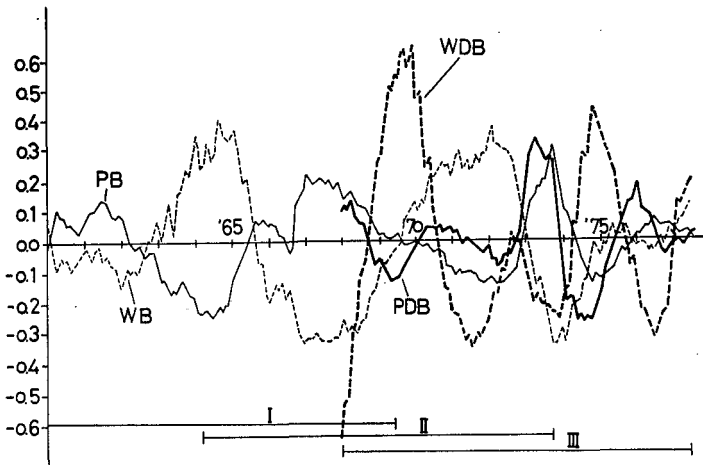


図1 定常化系列

表一 二 コレログラムから予想される周期

系	列	P B	P B I	P B II	P B III	P D B
予	想	75カ月	71カ月	75カ月	62カ月	32カ月
系	列	W B	W B I	W B II	W B III	W D B
予	想	86カ月	69カ月	89カ月	66カ月	33カ月

まず自己相関関数を計算し、コレログラムからだいたいの周期を予想してみた。結果を表2に示す。これによると和牛系列では70~80カ月程度、乳雄系列では30数カ月の周期、すなわち、和牛サイクルと乳雄サイクルという周期性の異なるふたつの周期変動の存在が予想される。前述(注3)の「千日相場」というのは和牛系列の70数カ月と予想される周期性を指すものと思われる。今後このふたつの周期変動を和牛サイクル(L;長周期70数カ月)、乳雄サイクル(S;短周期30数カ月)として区別し分析を進める。またスペクトル推定にはFFT法とMEMを用いて比較したが、FFT法では計測周波数がデータ数によって制約を受け、短いデータからでは予想周期と計測周波数から逆算した周期とは必ずしも一致しない。今回の分析における周波数と周期の関係を表3<sup>13)</sup>に示し、あらかじめL・Sによるピークが現われると予想される周波数帯を\*L・\*Sで示す。

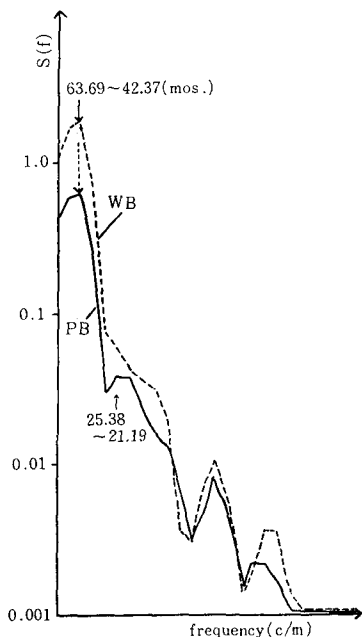


図2 和牛系列のFFTスペクトル  
 注) 矢印に添えた数字はピークの周波数帯に含まれる成分波の周期(月)を表わす。以下の図でも同様。

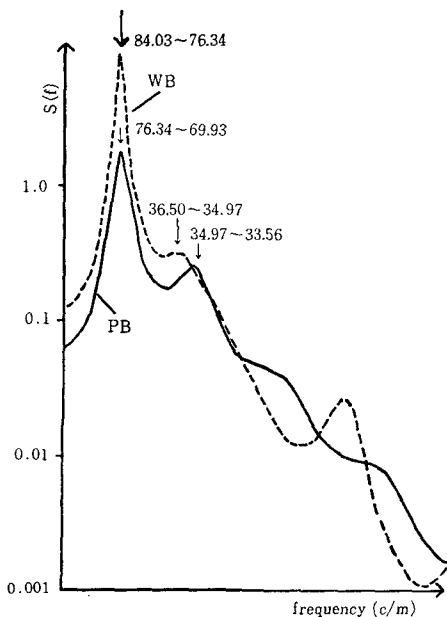


図3 和牛系列のMEMスペクトル

スペクトル推定結果を図2～9に示す。まず和牛系列における推定結果をみよう。図2はFFT法、図3はMEM法による推定結果である。FFT法によるとLと思われるピークが価格・生産量ともに予想より高周波側の第3周波数帯にあり、価格系列では20数カ月周期の周波数帯に小さいピークがあるが生産量の系列では副次的ピークは見あたらなかった。またMEMによる結果では、Lと思われるピークが価格系列では約76カ月、生産量の系列では約84カ月周期を示す周波数帯に、Sの影響と思われるピークが価格系列において約35カ月、生産量の系列においてはそれ程明瞭ではないが約37カ月周期を示す周波数帯に現われており、これはコログラムによる予想とよく一致する。

次に図4・5の乳雄系列による推定結果であるが、FFT法によるもので

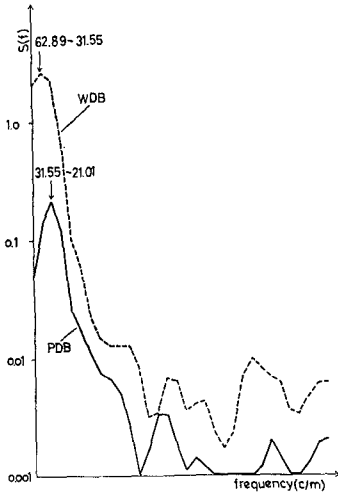


図4 乳雄系列のFFTスペクトル

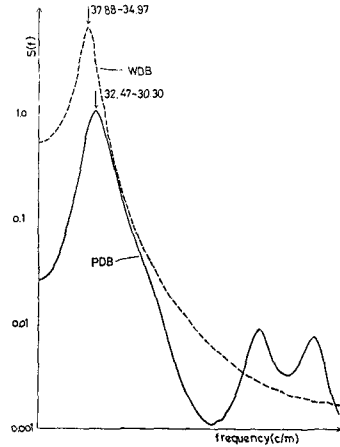


図5 乳雄系列のMEMスペクトル

は価格で  $S$  と思われるピークが予想よりもひとつ高周波側の周波数帯に、生産量では第3周波数帯までにパワーが集中し明瞭ではないが、 $S$  と思われるピークが予想通りの周波数帯にみられる。またMEMによる結果ではともに  $S$  と思われるピークが価格で約33カ月、生産量で約38カ月周期を示す周波数帯にみられる。

最後にビーフサイクル（和牛サイクル）の短縮を確かめるためのランニングスペクトル推定結果、図6～9をみよう。FFT法による推定結果からは何らの有効な結論も導き出せない。これはデータ数による推定周波数の制約のために  $L$  が第1周波数帯に含まれ、トレンド残留分と同じ扱いを受けるためである。MEMの結果では、価格系列において推定期間が最近のものになるにつれピークが高周波側に移動している。しかし生産量の系列では三期を通じてピークは約76カ月周期を示す周波数帯にあり、第Ⅲ期なってようやく  $S$  と思われる副次的ピークが現われている。

以上の推定結果を分析すると、次のようなことが言えると思われる。まず最初に、FFT法とMEMの比較からMEMの優秀性が明らかとなった。それはとりわけランニングスペクトルの推定に明らかであるが、従来の推定法では分解しきれなかった低周波数帯がより多くの周波数帯に分解されており、

牛肉経済における周期変動のスペクトル分析

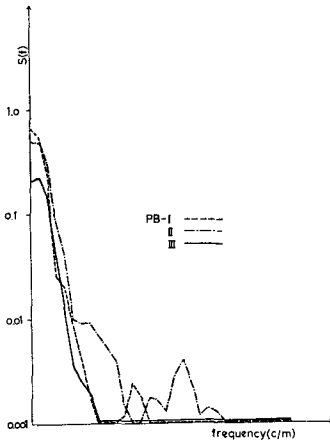


図6 和牛枝肉卸売価格のランニングスペクトル (FFT)

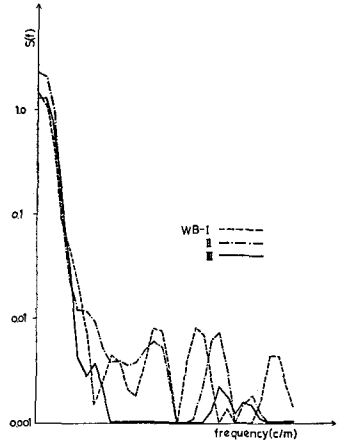


図7 和牛枝肉生産量のランニングスペクトル (FFT)

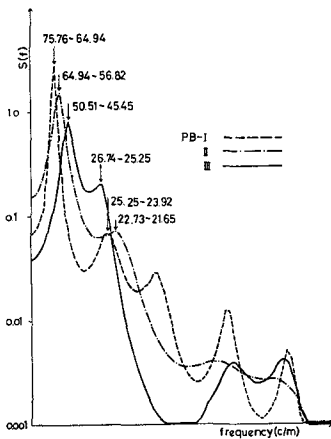


図8 和牛枝肉卸売価格のランニングスペクトル (MEM)

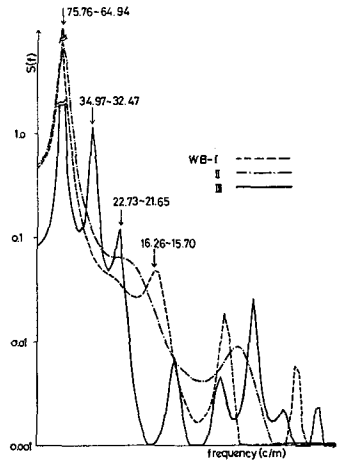


図9 和牛枝肉生産量のランニングスペクトル (MEM)

分解能の高さは明らかである。今後は専らMEMによる結果に基づいて分析を進める。

また一般的にビーフサイクル（あるいはキャトルサイクル）と呼ばれている牛肉経済における周期性には、和牛生産に関わる和牛サイクルと乳雄生産に関わる乳雄サイクルという別個の周期変動が存在することが明らかとなっ

た。その周期は和牛サイクルが約75カ月（6.3年）程度、乳雄サイクルが約38カ月（3.2年）程度であり、その相違は生産構造、特に繁殖資源の供給の相違によると考えられる。すなわち、乳雄の場合、肉資源としての素牛は酪農副産物であり、常時一定程度の供給が期待でき、それを肥育に仕向けるか否かの決定からサイクルが始まるのに対し、和牛においては素牛を増加させるにはまず繁殖用雌牛の増加を図らなければならないという事情の相違によると思われる。また和牛サイクルと乳雄サイクルの周期性が、その長さだけではなく複雑性においても異なることが明らかとなった。乳雄系列のスペクトルが単一周期を示す典型的な形<sup>14)</sup>をしているのに対し、和牛系列のスペクトルが複数の周期性の混在を示す副次的なピークをもつことがこれを示している。更に周期性の様相が和牛の価格系列と生産量系列とで相違することが、ランニングスペクトル推定結果から読み取れる。価格系列では確かに最近のものになるにつれ、ピークが高周波側に移動しており、これは周期の短縮を示している。また第1ピークと副次的ピークにおけるパワーが相対的に接近してくることから、副次的周期性の変動エネルギー寄与率が増大しつつあることが読み取れる。しかし、生産量の系列では3期を通じて第1ピークが同じ周波数帯にあり、そのパワーが相対的に大きいことから従来と同じ周期性が生産側にはあり、最近になってようやく現われた副次的ピークも変動を性格づけるだけのパワーをもっていないことがわかる。最近のビーフサイクル短縮論はこうした和牛サイクルの変化を現象的にとらえたものでしかなく、近年の相場の乱高下の底にはふたつの周期性の混在という事実があることを見落としていると言わざるを得ない。すなわち乳雄肉供給が開始された当初、乳雄独自の価格形成力は和牛に比べ無視し得る程の影響力しかもたなかったが、供給量が増加するにつれて、独自の価格形成力をもつようになり、その影響が和牛価格の短期的変動となって現われてきたのを、和牛サイクルの構造的変化に結び付けてしまったものと考えられる。しかしこうした短期的変動に対する和牛生産農家の適応力には限界があり、副次的周期性の出現から農家が従来よりも短期的市場対応を弾力的に行なっていることがうかがえるものの、資源供給面での技術的制約が大きく、「千日相場」と言われてきた周期変動を惹起したのと同じ価格-生産量の変動構造が今だに支配的であるというのが現状であろう。

表-3 スペクトル計測周波数と周期

推定方法	データ数 (N)	周波数帯	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FFT	210 (256)	f.	0.0	0.00787	0.0157	0.0236	0.0315	0.0394	0.0472	0.0551	0.0630	0.0709
		p.	—	*L 127.06~	63.69~	*S 42.37~	31.75~	25.38~	21.19~	18.15~	15.87~	14.10~
FFT	114 (128)	f.	0.0	0.0159	0.0317	0.0476	0.0635	0.0794	0.0952			
		p.	—*L	*S 62.89~	31.55~	21.01~	15.75~	12.59~	10.50~			

(注) FFT ではデータ数が  $2^p$  になっている時に最高にその能力を発揮するため  $N'=(N+x)=2^p$  となるまで 0 を付加える。この 0 を後続の 0 と呼ぶ。データ数欄の ( ) 内はこの  $N'$  である。各周波数帯と周期の関係は、例えば上段の第 2 周波数帯には 127.06 か月 ~ 63.69 か月周期の成分波のパワーが含まれるということである。

表-4 クロススペクトル (コヒーレンス, ゲイン, フェイズ, ラグ) 推定結果

周波数帯		2 f. 0.00787 p. 127.06~63.69				3 f. 0.0157 p. 63.69~42.37				4 f. 0.0236 p. 42.37~31.75			
系列	Y	コヒーレンス $\text{coh}^2$	ゲイン G	フェイズ $\theta$	ラグ $\tau$	$\text{coh}^2$	G	$\theta$	$\tau$	$\text{coh}^2$	G	$\theta$	$\tau$
X	Y	0.894	1.56	-3.11	-62.89	0.902	1.64	-2.89	-29.30	0.883	1.70	-2.68	-18.07
PB	DB	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
周波数帯		2 f. 0.0159 p. 62.89~31.55				3 f. 0.0317 p. 31.55~21.01							
X	Y	1	f. 0.0	p. ~62.89		2	f. 0.0159	p. 62.89~31.55		3	f. 0.0317	p. 31.55~21.01	
PBI	WBI	0.915	1.42	-2.89	-58.22	0.921	1.36	-2.83	-28.33	0.918	1.32	-2.71	-13.60
PBII	WBI	0.955	2.10	-3.05	-61.44	0.937	1.97	-3.01	-30.13	0.844	1.66	-2.87	-14.41
PBIII	WBI	0.977	2.46	-3.13	-63.06	0.944	2.27	-3.07	-30.73	0.899	1.98	-2.93	-14.71
PDB	WDB	0.932	6.29	2.46	49.56	0.335	2.50	-3.08	-30.83	0.500	2.26	-2.40	-12.05
PBIII	PDB	0.810	0.42	-1.39	-28.00	0.484	0.54	-0.97	-9.71	0.579	0.87	-0.55	-2.76
PBIII	WDB	0.896	2.89	1.16	23.37	0.401	2.11	1.26	12.61	0.038	0.72	1.24	6.23
PDB	WBI	0.705	4.48	-1.68	-33.85	0.489	2.11	-1.89	-18.92	0.549	1.35	-1.21	-6.07

牛肉経済における周期変動のスペクトル分析

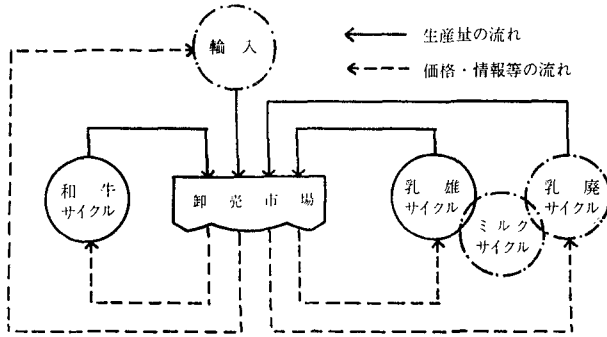


図10 ヒーフサイクルの概念

図10 ビーフサイクルの概念

以上の分析をまとめて図示すると図10のようになると考える。すなわちビーフサイクルというのは、現在では単一の周期性を示す概念ではなく、今回割愛した乳廃牛サイクルを含め3個（あるいは輸入肉の影響が周期性をもつとすると4個）のサブ（副次的）サイクルからなり、それぞれのサイクルからアウトプットされる牛肉生産量が市場で一堂に会し、そこにおいて相互に影響を受けつつ決定された卸売価格が再び個々のサイクルへ戻っていくというように考えられる。このように周期性の異なるサイクルが接触する卸売市場では新たなサイクルが合成されるが、合成されたサイクルが結局どのような周期性を示すようになるかということについてはより詳細な分析が必要であろう。今回の例では和牛価格が徐々に短期化の様相を示してはいるが、対応すべき生産側の遅れの影響もあり、乳雄サイクルと和牛サイクルとの中間的な周期性を示している。今後この短期化がどうなり、それが和牛生産にどのような影響を与えるかということは興味ある問題である。

上述の分析の後半部分、和牛サイクルと乳雄サイクルの相互影響等に関しては、本来ならクロススペクトル分析で確かめるべきなのであるが、筆者の怠慢からFFT法による推定しかできず、先にも述べた分解能の制約もあり有効な分析を為すまでに至らなかった。参考までに推定結果を表4に示す。

コヒーレンスをみると、一般に和牛系列における価格と生産量をクロスさせたものの方が乳雄のそれと比べて大きいことから、農家の価格反応は乳雄よりも和牛の方が敏感に行なわれており、しかも短期的変動よりも長期的変動の方がコヒーレンスが大きく、短期的調整には限度があるが、長期的には

価格を目安に大幅な調整が為されていることを示していると思われる。また短期長期を問わず、最近の系列になるに従ってゲインが大きくなることから、供給がより弾力的に為されるようになってきたことがうかがわれる。乳雄の系列では短期的変動におけるコヒーレンスが低く、これから有効な結論を得ることはできない。しかし、長期的変動（この場合むしろ傾向的にと言った方が当たっていると思われるが）におけるゲインは和牛系列の場合よりも一段と大きく、この間の乳雄生産の急成長を物語っている。乳雄系列と和牛系列をクロスさせた結果からは、短期的変動におけるコヒーレンスが低く、フェイズからも統一のとれた先行遅行関係を推定することができないなど、先述の分析を裏付けることはできなかった。より分解能の高いスペクトル推定法による分析は今後の課題とする。

— 注 —

- 11) EPA 法は米国のセンサス局で開発された方法を我国のような景気変動の激しい国でも利用できるように経済企画庁が改良した方法である。詳細は、経済企画庁調査局統計課景気指標班「EPA-1 季節調整方法経過資料（開発の経過および最近の標準プログラム）」、1964年。
- 12) このように期間を少しずつずらして推定したスペクトルをランニングスペクトルと呼ぶ。
- 13) MEM では周波数を自由に選択できる。今回の推定に用いた周波数は、データ数が現在の4倍揃えられた時のFFT法等従来の推定法で取られる周波数に匹敵する。
- 14) Granger, C. W. J., "The Typical Spectral Shape of An Economic Variable", *Econometrica*, Vol. 34, no. 1, pp. 150-161, 1966年

#### IV 今後の展望—むすびにかえて—

以上みてきたように、我国におけるビーフサイクルと呼ばれる周期変動は、生産構造の相違によって規定されたふたつの周期性をもつことが明らかとなった。現在畜安法による価格安定化操作が行なわれているが、和牛生産の安定化を図るという観点からも乳雄牛肉価格の早期安定が望まれる。価格変動の短期化が今後も続くようだと、従来から弱体であるとされてきた和牛繁殖農家に悪影響の出ることが予想され、和牛資源の喰い潰しと言われた事態が再現しないとも限らない。霜降り肉信仰が過去のものであるとしても和牛生産の潰滅を阻止することに異論をさしはさむ者はいないと思われる。1971年に牛肉問題研究会が主張したように、和牛が高級肉、乳牛・輸入牛が

大衆肉を供給するという負担を明らかにしたところで、市場における相互影響が続く限りそうした危惧はぬぐえないであろう。また今回乳廃牛とともに考慮に入れなかった輸入肉の影響が我国牛肉経済において無視しえないウェイトをもつであろうことは明確であり、フォーラム提案のように不足払いの形で国内生産を保護するにしても、その保証価格水準の決定は慎重に行なわれなければならないであろう。牛肉が我国における国際収支のひずみ是正にとっての象徴的な意味を押し付けられているような感は否めないが、確かに我国における牛肉価格は異常に高水準にある。輸入自由化案が出たのを機に、我国独自の牛肉生産体制確立、風土に合った飼養体系によるコストダウンといったことを考えてみることも必要であろう。フォーラムの提案が今後どのような扱いを受けるにしても、国内価格の安定化は必要であり、そのためにもより一層の研究を蓄積する必要がある。牛肉経済を対象とした研究は未だに少なく、残された課題の多い分野と言える。更にデータ不足の制約があり、その短いデータ期間中に乳雄の急増等の構造的変化、オイルショック等の外乱が加わるなどますます分析を困難にしている。今後の研究方向としては乳廃牛・輸入牛を分析に含めることはもち論、豚肉・鶏肉までも含んだ食肉システムの一環として牛肉経済をとらえ、輸入自由化をも考慮に入れ得るような柔軟な分析手法、とりわけMEMのような短いデータからも有効な結論を引き出すことのできる分析手法の開発が必要であろう。

**追記** スペクトル推定には日野氏（注5掲載）のプログラムを使用し、計算には北海道大学大型計算機センターのFACOM 230-70/75を利用した。なお、本稿は第55回北海道農業経済学会例会での報告をまとめたものである。