

GNP と非鉄金属消費量の統計的研究

松浦 昇

要旨

昭和30~51年の間の日本のGNP(実質・45年価格)を、トレンド(T)、循環変動(C)と短期変動(R)の3系列に分解して、それぞれを時間(t)を独立変数とする関数で記述し、母数を統計的に推定した。トレンドには拡張型対数成長曲線を、循環変動と残差の記述には周期9年と4年の周期関数を使用した。算出した3成分の推定値を合成して得られるGNPの推定値は、実績値と高い相関を示し、30~51年の間のデータで、相関係数が0.9999前後となった。

次に銅・鉛・亜鉛の国内消費量のデータを同様に3成分に分解し、それぞれを先に推定したGNPの成分と時間の関数(f)で表現した。実績値と推定値の相関係数は、0.994(鉛)~0.998(亜鉛)となった。非鉄金属消費量の対GNP弾性値は、トレンド間の関係では次第に低下して、0.4(亜鉛)~0.9(銅)程度に落ち着くとみられるが、9年周期の循環変動の弾性値は、1.8(鉛)~3.0(銅)になる。短期変動に見合う弾性値はさらに大きくて、4(亜鉛)~7(銅)と推定された。

1. モデルの成立の背景と概要

毎年の年度末になると、資源エネルギー庁鉱業課から、主要非鉄金属の来年度需給見通しの

ヒヤリングが行なわれる。50年春に鉱業協会から提出した見通しは、銅消費で約80万トンであった。これは48年度実績の120万トンに比べると、著しく悲観的な数字である。協会の数字は各社の営業部門で需要家別見通しを積み上げた数字がベースとなる。この数字に対し、鉱業課の担当官から「50年度のGNP成長率は、わずかであるがプラスと予想され、48年より下がりはない。GNPとメタル消費の回帰式から得られる推定値からは、50年度の銅消費がこんなに落ち込むことは考えられない」という疑問が提起された。「GNP成長がプラスなのに、なぜメタル消費が落ち込むのか?うまく説明出来ないか」という相談を社内担当者から受けたのが、このテーマに首を突っ込む発端となった。

そのとき浮かんだ説明は、「銅消費の対GNP弾性値は、1.0~0.8であるが、これは長期の需要構造の変化を含んだ値である。GNPの短期の変動に対する弾性値は、1よりかなり大きいのではないか?」という仮説で、これによると現象がうまく説明できる。50年秋に、非鉄地金の備蓄制度を予算化する際に、通産大臣の私的諮問機関として「備蓄問題研究会」が設けられ、その下部組織である需給分科会で、昭和60年までの需給見通しを作ることになった。このときに鉱業課の担当官から、その春にやりとりのあった仮説を、数値的に裏付けてはどうかという示唆があった。このときの作業の結果、GNPをトレンドと循環変動、およびさらに短期

の変動に分解し、それぞれを時間だけの関数で表現する。メタル消費を同様に分解して、GNPの対応する成分で説明するという、モデルの骨格が出来上がった。この作業は、提案者であった三井金属が分担し、結果は同分科会中間報告の一部となった。

本論文は、このときの結果をベースに、その後得られた51年度までの実績値を加え、各成分の数式表現にも改良を加えて再計算した結果である。最終のモデルは、論文の第一稿に目を通されて、いろいろ有益な示唆をいただいた日本経済研究センターのスタッフの方々のアドバイスに従って、改めた点もある。

- 1) メタル消費の短期変動の説明変数を、時間の関数でなく、GNPの短期変動そのものとした。
- 2) 循環変動と短期変動の母数を同時推定とした。
- 3) 同時推定の難しいトレンドと周期変動の母数を逐次反覆推定して、その収束状況をチェックした。

以上の結果、推定値のフィットが、さらに改善され、モデル自体、理論的にもスッキリしてきた。

2. 非鉄金属消費量推定の手順

(1) 全体の手順

モデル全体は、まずGNP(G)を時間(t)の関数で記述し、次にGNPの推定値(\tilde{G})と t で非鉄金属消費量(M)を記述する。GNPは45年価格による年度実質値を使った。

$$\left. \begin{aligned} \tilde{G} &= g(t) \\ \tilde{M}_i &= f_i(\tilde{G}, t) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots 1)$$

($i=1, 2, 3$ は銅・鉛・亜鉛を表わす)

(2) 時系列データの分解

原系列(O)からトレンド(T)を、適当な関数型を使って推定する。その残差(CR)から循環変動(C)を推定し、 CR を C と、短期変動(R)に分解する。 R をさらに時間(t)で説明できる変動(\tilde{R})と最終残差(RR)に分解する。

$$\left. \begin{aligned} CR &= O - \tilde{T}(t) \\ R &= CR - \tilde{C}(t) \\ RR &= R - \tilde{R}(t) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots 2)$$

以上の手順で、1)式は次のようになる。

$$G = \tilde{G}_T + \tilde{G}_C + \tilde{G}_R + G_{RR} \\ = g_T(t) + g_C(t) + g_R(t) + G_{RR} \dots\dots\dots 3)$$

$$M_i = \tilde{M}_{Ti} + \tilde{M}_{Ci} + \tilde{M}_{Ri} + M_{RRi} \dots\dots\dots 4)$$

$$\left. \begin{aligned} \tilde{M}_{Ti} &= f_{Ti}(\tilde{G}_T), \quad \tilde{G}_T = g_T(t) \\ \tilde{M}_{Ci} &= f_{Ci}(t) \\ \tilde{M}_{Ri} &= f_{Ri}(\tilde{G}_R), \quad \tilde{G}_R = g_R(t) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots 5)$$

(3) 非鉄金属消費量の推定値

5)式から得られる3つの推定値を使って、各金属の消費量の推定値(\tilde{M}_i)を求める。

$$\tilde{M}_i = f_{Ti}(\tilde{G}_T) + f_{Ci}(t) + f_{Ri}(\tilde{G}_R) \dots\dots\dots 6)$$

\tilde{G}_T と \tilde{G}_R はいずれも時間(t)の関数であるから、結局 \tilde{M}_i は時間だけの関数となる。

(4) 弾性値の定義の拡張

5)式のパラメータを推定するとき、原系列を常用対数に変換してから計算した。従って C と R は、トレンド(T)に対する比率でとらえることになる。対数で表示した周期変動に正弦曲線をあてはめると、周期変動の振幅はトレンドに対して比率が一定であるとの含意をもつが、推定の結果は、ほぼこの関係が成立していることを示す。また対数変換した2つの周期変動の周期と位相が同じなら、双方の振幅の比が弾性値となる。GNPと非鉄金属消費の場合、厳密には循環変動(C)の位相が同じでない。以下の記述では、弾性値の定義を少し拡張して、周期が同じ周期変動の振幅の比を弾性値と呼んでいる。

3. GNPのトレンド

この研究の目的は、昭和60年までの需要見通しである。このような長期の外挿を行なう際には、トレンドを記述する関数の選択が、最も重要なポイントとなる。

(1) 関数型の選択

昭和30~51年の日本のGNPは、図1-1のよ

うな型をしている。最も単純なのは時間(t)の1次式であるが、図を一見して、これは荒っぽすぎる。2次式をあてはめると、48年まではかなりよくフィットする式が得られる($r > 0.944$)が、長期の外挿を考えると、曲線の性質に難点がある。

- 1) 20年代に極小の点ができて、それ以前は明らかに、実績の傾向と離れる。
- 2) 今後予想される低成長への移行を、スムーズに表現できない。

当てはめべきトレンドは、両端で勾(こう)配の緩くなるS字型の曲線が望ましい。この性質を持つ曲線は、成長曲線であるが、通常の成長曲線では間に合わない。図1-1を見ると、底がゼロでないし、反曲点が下に寄っている。次のいずれかの関数型が適当と思われる。

$$\log(Y-C) = \alpha + \beta \cdot e^{-\rho t} \quad \dots\dots\dots 7)$$

$$\log Y = c + \frac{K}{1+m \cdot e^{-\rho t}} \quad \dots\dots\dots 8)$$

手持ちのプログラムの関係で、8)式を利用した。以後の説明で、この曲線をLL(Logarismic Logistic) 曲線と呼ぶ。

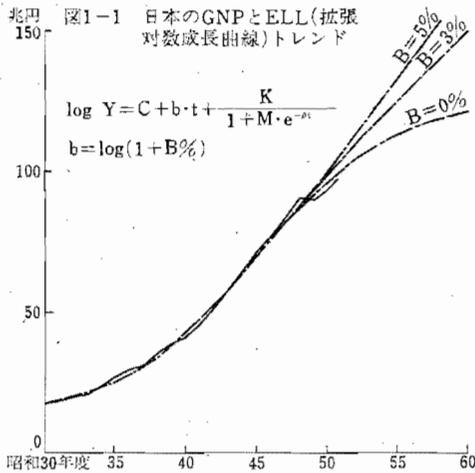
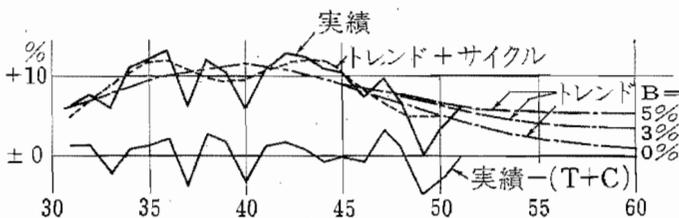


図 1-2 GNPの対前年度伸び率(%)



(2) 拡張型対数成長曲線(ELL)の導入

8)式のLL曲線は、推定区間のデータに対しフィットが良いが、この曲線をそのまま外挿すると、GNPはやがて一定の値で頭打ちになる。先進国(特にイギリス)の実例を見ても、GNPの成長率はかなり低下するにしても、近い将来ゼロになると仮定するのはあまりに悲観的で、むしろゼロでない一定の値に収斂(れん)すると仮定するのが(現時点では)常識的である。8)式にもう1つパラメータ b を追加して、次の形に修正すると、この要請にかなう。

$$\log Y = C + b \cdot t + \frac{K}{1+m \cdot e^{-\rho t}} \quad \dots\dots\dots 9)$$

$b = \log(1+B)$ とすると、 B は将来の安定成長率という意味をもつ。 b の値を、未知パラメータとして統計的に推定することも可能だが、後述の理由から、今回は先決パラメータとして何通りかを仮定し、他のパラメータを統計的に求めた。

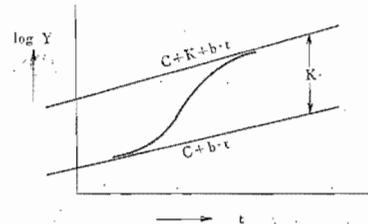
9)式の右辺は、平行な2本の漸近線の間を乗り移る過程を表わす(図-2)。

縦軸を普通目盛りに直すと、同じ成長率 B をもつ2つの指数曲線の間を乗り換える過程を表現することになる。過去に安定した(あまり高くない)成長率で過ごしてきた一国の経済が、ある時期に高度成長期に入り(Take off)、やがて高い水準で、再び安定した成長にもどる“一過性”の高度成長過程を記述したことになる。

(3) ELL曲線のパラメータの意味

9)式各パラメータの値は(高次多項式の係数と違って)かなり独立した意味をもっていて、パラメータ同志を比較することにも意味がある。正弦曲線の振幅・角速度・位相にたとえるとわかりやすい。

図-2 拡張型成長曲線の漸近線



K : 上下の漸近線の倍率の間の対数 (高度成長の規模=振幅)

ρ : 現象の進行スピード (=角速度)

m : 現象の起こる時期 (=位相)

(4) トレンドの母数の推定結果

9)式の b を何通りか仮定して、他の母数を統計的に推定した。[$b = \log_{10}(1+B)$]

将来の安定成長率 (B) を大きく仮定するほど、現象の規模(K)が小さく、過程が速やかに進行し (ρ が大) 早く終了する (m が大) ように見えることを示す。しかし B の仮定のいかにかわらず推定区間での残差の大きさ σ_{CR} があまり変化しないことは、いずれの曲線も原系列によくフィットとしていることを示す。逆にいうと、 b を未知母数として推定しても安定した値が得られないことが予想される。 b の値を安定して推定するには、トレンドがもっと漸近線に近づいたデータが必要で、日本の経済の現段階は、そこまで成熟していない。

この点は後章で成長曲線の成熟度として、さらに詳しく述べる。

推定されたトレンドの差分を計算すると、トレンドの対前年伸び率が得られる(図1-2鎖線)。“所得倍増”の号令のかかった35年には、日本経済は、既に離陸を終わっており、39~40年にかけて、高度成長の頂点に達していたことがわかる。9)式の b の推定値が不安定ということは、図1-2でいうと、トレンドの成長率が右端でどの高さに着陸するかわからないということである。

表—1 GNPトレンド(ELL)の母数
(推定区間 昭和30~49年)

B	C	K	m	ρ	σ_{CR}
0	1.040	1.127	4.620	.1640	.01063
4%	1.185	0.520	8.340	.2274	.01106
5%	1.207	0.397	11.118	.2583	.01129
6%	1.224	0.286	17.320	.3059	.01166
8%	1.238	0.107	465.254	.6582	.01425

4. GNPの循環変動の分離

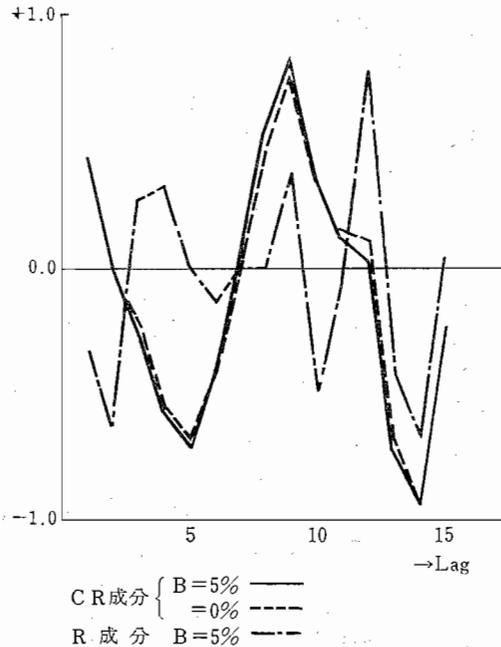
GNPの実績値(対数)から、推定されたトレンド(\tilde{G}_T)を差し引いた残差(CR)の自己相関を調べてみると、 B の仮定いかにかわらず9年の所にピークがある(図—3)。従って、循環変動としては、9年周期の正弦波をあてはめることにした。

$$\begin{aligned} \log G - \log \tilde{G}_T &= \log G_{CR} \\ &= A_0 + A_1 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{9} \cdot t\right) + A_2 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{9} \cdot t\right) \\ &\quad + G_R \dots \dots \dots (10) \end{aligned}$$

推定されたパラメータ A_1 と A_2 から、この振動の振幅(ac)と位相角(θ_c)が、容易に計算できる(表—2)。

B の仮定のいかにかわらず、(やや非現実的な8%を除くと)パラメータは安定している。計算に使ったGNPは年度データであるから、 $-\sin\left(\frac{2\pi}{9} \cdot t\right)$ の底は、32年と41年の12月末である。位相角 θ_c の値から、循環変動の底はそれより2~3カ月前であったことになる。

図—3 GNPのCR成分とR成分の自己相関係数



5. GNPの短期変動の近似

10) 式の回帰残差を使って、さらに自己相関を計算すると、4年、9年、12年にピークが表われる(図-3 鎖線)。

4年のピークは、日本のGNPにも在庫循環が存在し、周期は4年と考えてよいことを示す。9年サイクルが残差から消えない点は、9年サイクルの変動が単純な正弦曲線ではなくて、高調波を伴っているとすると説明がつく。具体的には、9年サイクルの底の2年前(39年と48年)には、実際の落ち込みが少なくその翌年に反動で落ち込みがひどくなるクセがあるらしい。

このような目で見ると、4年サイクルも正弦波ではない。4年サイクルの正弦波なら、+1, 0, -1, 0, +1……の繰り返しとなるが、実際の動きは、3年間で上昇して、1年で落ち込む鋸状波と考えた方がよいらしい。この型は、正弦波に、

0, 0, +1, -1, 0, 0, +1……
のスパイクを加えると表現出来る(図-4)。

以上を総合して、GNPの短期変動を、次の4つの周期変動の合成で表現することにした(図-4)。

$$\left. \begin{array}{l} \text{SIN } 4\text{YR} \quad 0, 1, 0, -1, 0, 1, \dots \\ \text{COS } 4\text{YR} \quad 1, 0, -1, 0, 1, 0, \dots \\ \text{SPK } 4\text{YR} \quad 0, 0, 1, -1, 0, 0, \dots \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{4年} \\ \text{周期} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{SPK } 9\text{YR} \quad \left\{ \begin{array}{l} 39\text{年と}48\text{年に} \quad +1 \\ 40\text{年と}49\text{年に} \quad -1 \\ \text{残りは} \quad 0 \end{array} \right. \end{array} \right\}$$

表-2 GNPの循環変動のパラメータ

	B=0%	4%	5%	6%	8%
σ_{CR}	.01063	.01106	.01129	.01166	.01425
A_0	.000534	.000545	.000546	.000557	.000607
A_1	-.011119	-.011807	-.012181	-.012789	-.016888
A_2	-.002000	-.001853	-.001773	-.001643	-.000729
r	.830	.832	.838	.848	.896
σ_R	.00600	.00637	.00717	.00725	.00775
θ_C	.1780	.1557	.1445	.1278	.0431
(カ月)	+3.06	+2.68	+2.48	+2.14	+0.74
a_T	.01130	.01195	.01231	.01289	.01690
G_T の%	2.635	2.790	2.870	3.013	3.969

$$G_R = \log G - \tilde{G}_T - \tilde{G}_C$$

$$= A_0 + A_1 \cdot \text{SIN } 4\text{YR} + A_2 \cdot \text{COS } 4\text{YR}$$

$$+ A_3 \cdot \text{SPK } 4\text{YR} + A_4 \cdot \text{SPK } 9\text{YR}$$

$$+ G_{RR} \dots \dots \dots 11)$$

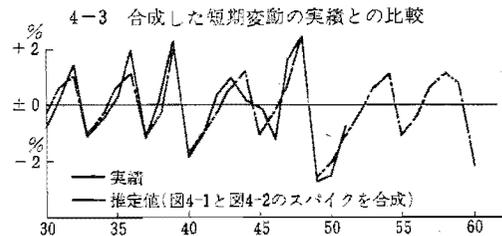
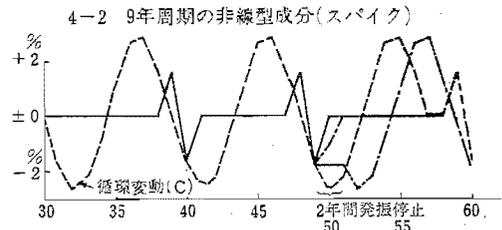
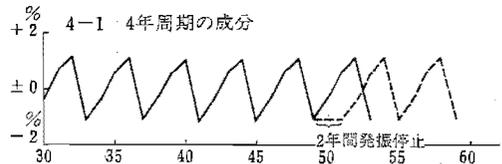
この回帰式の残差(G_{RR})は、GNPをトレンドと循環変動と短期変動に分解し、それぞれ時間(t)の関数でモデル化したとき、モデルで説明しきれない変動成分を表わす。その大きさは対数表示で0.00287~0.00289で、真数に直すと、トレンドの約0.67%となる。

モデル全体のフィットの良否は、最終残差の全変動に対する比率で決まる。表-3の下段に、推定に使った30~49年の実績値と推定値の相関係数を掲げた。

6. 合成したGNPの推定値の評価

9)式(トレンド)と10)式(循環変動)および11)式(短期変動)の推定値を合成するとGNPの推定値が得られる。モデルの母数の推定に使った30~49年のデータでは、実績値と推定値

図-4 GNPの短期変動(R)成分トレンドの%表示



の相関係数が、 B が4～6%の範囲で、0.999890～0.999893となった。差分をとって、対前年伸び率を比較しても、相関係数は0.936となり、フィットが良い(表—3)。

データが20年分で、3本の回帰式に含まれるパラメータは計10個であるから、推定値の自由度は9個残っている。原データに含まれていた全変動が、計算の各段階を通じて、各成分(T , C , R と最終残差)へどのように分割されたかを、次の図—5のダイアグラムに示す。これを見ると、全変動のほとんどがトレンドの変動に帰着し、それ以外の成分は、全分散の469分の1しか寄与していない。つまりこのモデル全体のフィットの良さは、その大部分を、拡張型対数曲線(ELL曲線)を使ったトレンドのフィットの良さに負っていることがわかる。

モデルの中で最も問題があると考えられるのは、短期変動の11)式に含まれる9年周期のスパイクである。39年の前の31～32年にこのスパイクを持ち込むと、短期変動のフィットが悪くなる($r=.827 \rightarrow .796$)。従って、39～40年と48～49年の2期間のうち、後の方は「石油ショック」と、その取捨のためにとられた総需要抑制で説明できるから、39～40年の同様な動きが偶然(石油ショックが日本経済にとって偶然であったと同じ意味で)でなかったとは言い切れない。そうだとすると、9年周期のスパイクと考えるより、突発事件の影響を消すためのダミー変数の一種と考えた方がよい。つまり、この項

表—3 GNPの短期変動のパラメータと最終残差の評価

		$B=0\%$	4%	5%	6%	8%
11式のパラメータ	A_0	.000000	-.000000	.000000	-.000000	.000000
	A_1	.001457	.001379	.001345	.001301	.001162
	A_2	.002617	.002610	.002608	.002604	.002577
	A_3	.002089	.002169	.002204	.002249	.002370
	A_4	.007522	.007650	.007706	.007780	.008144
	τ	.876	.892	.916	.918	.925
	σ_{RR}	.00289	.00288	.00287	.00287	.00294
同上 G_T との比	.668%	.665%	.663%	.663%	.679%	
推定値とGNPの相関同伸び率	.999896	.999893	.999892	.999890	.999885	
	.936	.936	.936	.936	.929	

は外挿できなくなる(この項は、10章でGNPの50～52年の推定値を求めるときダミーとして使った)。

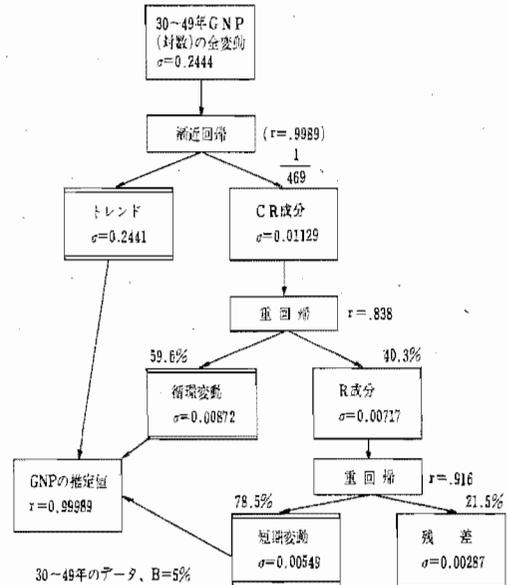
7. GNP成分間の相関による歪みの補正

3)式の各項は、完全に直交しているわけではない。従って、各成分の母数を、順次推定していくと、交絡による歪(ゆが)みが生ずる。トレンドを記述する関数型が線型でないので、3)式の全母数を同時推定するには、モデルごとにプログラムを新しく書く必要があり、モデル自体を試行錯誤で探る過程では、その繁に耐えない。これを避けるために、各ステップで得られた推定値を使って、補正計算を繰り返す方法をとった。

(1) 循環変動によるトレンドの歪み

GNPでは、残差変動のうち、9年サイクルの成分がかなり大きい(図—5)。使用したデータ区間が30～49年であるので、2サイクルと少ししかない。水平なトレンドに正弦曲線が乗っけていても、データ区間が過少なとき、トレンドから先に推定すると、トレンドが傾斜している

図—5 GNP(対数)の各変動成分の寄与



ように推定されることがある。この種の歪みを避けるために、今回の作業では、いったん求めた循環変動の推定値を原系列から差し引いて、トレンドと短期変動だけを含む系列をつくり、このデータからトレンドの母数を再推定した。この補正計算の結果、トレンドの推定値は、推定区間の端の49年で0.35兆円低くなり、循環変動の振幅が0.4%大きく推定されるようになる。

(2) 循環変動と短期変動の同時推定

10) 式と 11) 式はいずれも線型であるから、2つの式の母数は、同時に推定することができる。モデルを組み立てる過程では、いったん優勢な9年周期の変動だけを除いて、残差の形状や、自己相関を調べないと、短期変動の関数型が想定できないので、2つの変動は順次に推定した。しかし、いったんモデルが固定すれば、母数は同時に推定した方がよい。10) 式の $\sin\left(\frac{2\pi}{9} \cdot t\right)$ と 11) 式の9年周期のスパイクの相関は0.210で無視できない。同時に推定すると、循環変動の位相が約1月進み、振幅は0.3%小さく推定されるようになる。

(3) トrendと残差の反覆補正

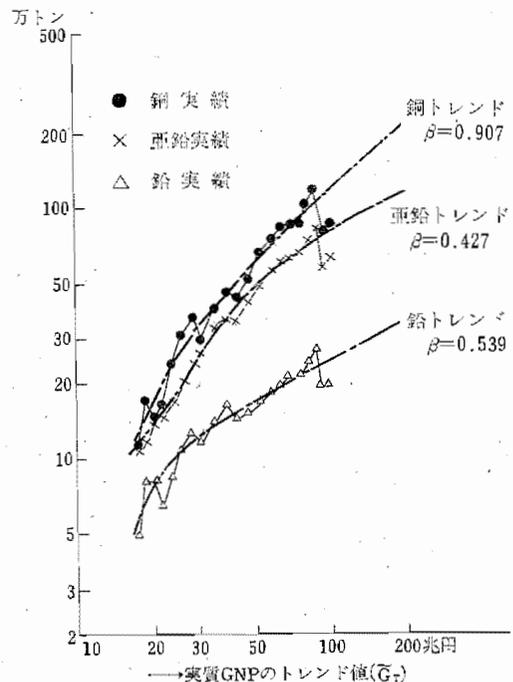
トレンドと短期変動も、厳密には直交していないから、原系列から推定された循環変動と短期変動を差し引き、トレンドを再推定する。得られたトレンドを原系列から差し引き、この残差(CR)から循環変動と短期変動を計算し直す手続きを繰り返した。ほぼ5回の反覆で、各母数と σ_{RR} の有効数字の4ケタ目が動かなくなる。表-1から表-3の値は、9回の反覆計算を繰り返した後の値である。これ以上、反覆修正を27回繰り返してみたが、推定値は改善されなかった。非線型の式を含む収束計算としては、割合に収束が早く、9)~11)式のモデルは、各母数が比較的独立で、効率のよいモデルといえる。

8. 非鉄金属消費量のトレンド

(1) 説明変数と関数型の選択

GNPのトレンド(\bar{G}_T)と非鉄金属の国内消費量を両対数でプロットしたのが図-6である。このグラフに直線をあてはめる(弾性値一定とする)のは少し乱暴で、強引にあてはめて外挿すると、将来の消費量を過大に見積もることになる。高度成長の初期に非鉄金属消費量が急速に伸びて、対GNP弾性値が1.0を大きく上回る時期があり、その後弾性値は小さくなって、やがて一定の値に落ち着くという関係があるらしい。工業化の初期に、まず(加工度の低い)素材原単位の大きな製品が作られ、高度化するにつれて製品の加工度が上がり、素材の原単位が下がって安定すると考えると、弾性値の動きは納得できる。従って、地金の消費トレンドを推定する場合にも、GNPのトレンドに使ったようなS字型の曲線が適当である。9)式の t を \bar{G}_T の対数と置き換えると、第2項の係数 b は、地金消費の対GNP長期弾性値の極限値の意味を持つ。非鉄消費トレンドの場合は、この係数 b

図-6 GNPのトレンド値と非鉄金属消費量



は是非とも未知母数として推定したい。手持ちのプログラムの関係で、次の12)式を利用した。この式では、 β が長期弾性値の極限值になる。

$$\log M_t = C + \frac{K + \beta \cdot \log \bar{G}_T}{1 + m \cdot e^{-\rho \cdot \log \bar{G}_T}} \dots\dots\dots 12)$$

12) 式の右辺は、下の漸近線が水平で、上の漸近線の勾配が β である拡張型の成長曲線である。図-6で見られるように、使用したデータ区間には、反曲点の左側のデータがほとんど含まれていないから、下の漸近線に関する母数はあまりあてに出来ない(つまり、どちらでもよい)。

(2) 消費トレンドの推定値

後述の手順で、中・短期変動の影響を補正したトレンドの母数は表-4のようになる。

表-4の母数は、 $B=5\%$ のGNPトレンドの対数を説明変数としたときの値である。GNPトレンドの母数 B の想定いかんで、非鉄消費ト

表-4 非鉄消費トレンドのパラメータ

	C	(C+K)	β	m	ρ	σ_{CR}
銅	1.244	1.245	.90671	1,804.6	7.014	.06242
鉛	-4.371	1.315	.53902	369.5	8.837	.05280
亜鉛	1.707	2.077	.42731	160.2	5.275	.03273

表-5 非鉄消費の中短期変動のパラメータ

	銅	鉛	亜鉛	
全変動 σ_0	.30291	.20357	.28761	
σ_T (トレンドの変動)	.29586	.19524	.28477	
r_T (トレンドと原系列の相関)	.979	.966	.994	
σ_{CR}	.06242	.05280	.03273	
循環変動	A_0	-.00572	-.00573	-.00521
	A_1 (sin 9年)	-.01912	-.01649	-.02098
	A_2 (cos 9年)	-.02967	+.01438	-.00598
	θ_C (位相角)	+.99844	-.71718	+.27774
	a_C (振幅)	.03530	.02188	.02182
	同上%表示	8.467	5.167	5.152
短期変動	σ_C	.01344	.01159	.01475
	A_3 (短期弾性値)	7.184	6.361	3.961
	σ_R	.04833	.04154	.02466
σ_{RR}		.03457	.02859	.01200
	同上%表示	8.29	6.80	2.80
M_t と \bar{M}_t の相関	.99625	.99437	.99839	

レンドの母数も当然変化するが、その変化は(推定区間内のGNPトレンドの推定値が、 B のいかんでほとんど動かないために)大きくない。ここで推定されたトレンドから、地金消費の対GNP弾性値の動きを5年ごとに計算してみると、銅の場合、30~35年の弾性値が最大で2.23であるのに、40~45年になると0.98に低下する。亜鉛の場合は少し違って35~40年の間が最大となり(1.93)、その前後では低くなる。図-6から直観的に導入した12)式の使用が、結果から見て妥当であったことがわかる。

(3) 残差変動との交絡による歪みの補正

GNPのところで述べた、循環変動、短期変動によるトレンド推定値の歪みは、消費トレンドの場合にも存在する。全変動に占める残差変動のウェイトは、消費トレンドの場合、分散比で計ってGNPの数倍あるから、歪みもより大きい。そのうえに、12)式では未知母数として採り込んだ β の推定値は、データ区間の右端のデータの影響を受けやすく、特に端のデータが下方へばらつくと、曲線の先端を下に引っ張って、 β の推定値が極端に小さくなってしまふ(β には負もあり得る)。特に亜鉛の場合、曲線の反曲点が35~40年の間にあって、成熟度が低いいため、 β の推定値は不安定になりやすい。原系列では、いずれの金属でも49年の消費量の落ち込みがひどくて、そのままでは β の推定値が、もっともらしい値にならない。これを避けるために、最初のトレンドの推定だけは、48年までのデータを使い、2回目以降は、推定された循環変動と短期変動を原系列から差し引いて、30~49年のデータでトレンドを推定した。以上の補正計算を繰り返した結果が、表-5の値であるが、GNPの場合と異なり、反復補正を繰り返しても、3回目以降は、全体の誤差変動(σ_{RRt})が減少しないのに、亜鉛の β だけはどんどん低下して、ついに大きなマイナスとなった。このため、トレンドの反復修正は(亜鉛の β で常識的な値が得られた)4回で打ち切った。

(4) 成長曲線の成熟度

先のGNPの場合は、将来の安定成長率 B を統計的に推定するには、日本経済がまだ成熟していないという表現を使った。一方で、地金の消費トレンドの推定では、 β を未知母数とした。この取り扱いの違いは、次の点からくる。9)式にも12)式にも次の部分が含まれている。

$$k = \frac{1}{1 + m \cdot e^{-\beta x}} \quad \dots\dots\dots 13)$$

k は正規化した成長曲線を表わし、この k の値は、 $x \rightarrow -\infty$ で0.0、 $x \rightarrow +\infty$ で1.0となる。データ区間の端で、この k の値がかなり1.0に近づいていないと、漸近線の推定位置が不安定になり、まして傾斜 β の推定値は、あてにならない。従って、この k の値を“成長曲線の成熟度”(Maturity)と呼んでよいと思う。各データの k の値を計算すると、次のようになる。GNP($B=5\%$)のトレンドでは、 k の値は48年で0.928で、52年度でも0.966である。もし $B=3\%$ と仮定すると、48年の k は0.86にしかない。これに対し銅と鉛の消費トレンドの k は、48年度で0.995を超えていて、はるかに成熟度が高い。亜鉛だけは48年度に0.968で、GNPより少しましな程度である。消費トレンドと残差変動を、交互に反覆修正した際に、亜鉛の β が不安定であった理由は、 k の値が十分大きくないことで説明がつく。

9. 非鉄消費の中・短期変動

(1) 関数型の選択

非鉄消費の実績(対数)から、12)式の推定値を差し引いた残差(M_{CRt})は、循環変動と短期変動を含む。 M_{CRt} の自己相関を図-7に示すが、 G_{CR} と異なり、循環変動(C)を差し引かなくても4年周期のピークが認められ、在庫サイクルのウエートがかなり高いことが予想される。循環変動(C)の周期については、銅と亜鉛では9年がピークであるが、鉛のピークはむしろ8年である。しかし本研究では、次の理由から、非鉄消費の循環変動にも9年周期の正

弦曲線を使用した。

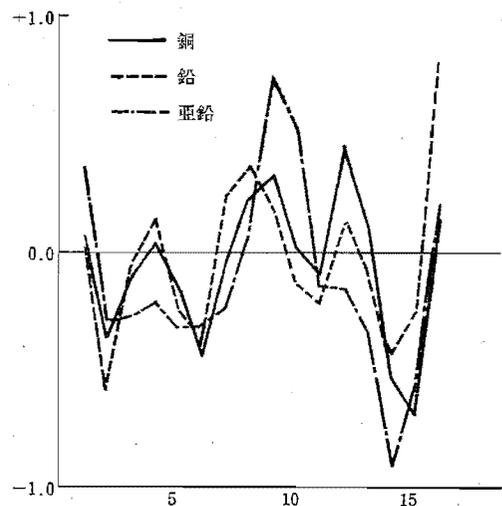
- 1) メタル消費の各成分を、GNPの対応成分で説明するという基本方針から、 \bar{G}_C と同じ9年周期とした(\bar{G}_C 自身を使わない理由は、位相に差のあることが予想されたからである)。
- 2) 自己相関のクセとして、4年周期の変動があれば、その倍数の8年と12年の位置にも、見掛けのピークが現われる。同様に、9年周期の変動を含むと、その半分の4.5年の個所に谷が出来る。4年周期のウエートが低いとこれは4.5年を中心とする谷に隠れて見えないはずであるが、図-7で見ると、この個所にピークがあり、4年周期のウエートはかなり大きいと考えられる。従って、その2倍の8年の位置のピークは、見掛けのものと考えてよい。

以上の理由から、非鉄消費の循環変動と短期変動は、次の2つの式で記述した。

$$\begin{aligned} \log M_{CRt} &= \log M_t - \log \bar{M}_{Tt} \\ &= A_0 + A_{1t} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{9} \cdot t\right) \\ &\quad + A_{2t} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{9} \cdot t\right) + \log M_{Rt} \dots\dots\dots 14) \end{aligned}$$

$$\log M_{Rt} = A_{3t} \cdot \log \bar{G}_R + M_{RRt} \quad \dots\dots\dots 15)$$

図-7 非鉄消費のCR成分の自己相関



(2) 母数の推定結果

前述の理由から、両式の係数は同時に推定した。結果を整理すると表—5のようになる。

(3) GNPと非鉄消費の周期変動の比較

GNPと非鉄金属消費量の循環変動、短期変動成分のパラメータを相互に比べてみると、いろいろ面白いことがわかる。

9年周期の循環変動では、銅はGNPより約1年、亜鉛では2カ月位相が進み、鉛は約1年遅れる。トレンドの%で表示した振幅では、GNPの約3%に対し、非鉄消費の振幅は5~9%で、弾性値は1.8~3.0となる。

これは、トレンド間の関係から算出した長期の消費弾性値が、いずれも1.0より小さいのとは対照的である。つまり非鉄金属の消費量は、景気変動に対し、きわめてセンシティブであり、GNPのレベルで1%の変動が(非鉄金属を原材料とするような)一部の産業では、その2~3倍の変動を引き起こすことを物語る。

弾性値の差は、4年周期を主体とする短期変動の場合にもっと極端で、物によっては7を越す。このような極端な変動は、ユーザー部門(と流通過程)での在庫操作が、かなり大幅に行なわれ、投機的といってもよい行動のあることを物語っているのではなからうか。この目で見ると、亜鉛については短期変動の弾性が、それほど大きくないのは、この金属の国際価格が1977年夏まではPP(Producer's Price)制によって、景気変動と無関係に維持されてきた結果、投機の対象とならなかつたためとも解釈できる。

表—6 周期変動成分のパラメータの比較

	GNP ($B=5\%$)	銅	鉛	亜鉛
循環変動 振幅(%) (弾性値)	2.870	8.467	5.167	5.152
位相角(月) (同GNP とのズレ)	+2.48	+17.16	-12.33	+4.77
		+14.68	-14.81	+2.29
短期変動(%) 4年の振幅 弾性値	.972	7.19	6.36	3.96

10. 昭和60年までの見通し

以上の作業の結果、30~49年のGNPについては、非常にフィットのよいモデルが得られた。非鉄金属消費量についても、まずまずの結果と思われる。そのうえ、GNPのトレンド(9式)、サイクル(10式)、短期変動(11式)は、時間(t)だけの関数であるから、形式的には簡単に外挿出来る。GNPの推定値が求めれば、モデルの構成上、各非鉄金属の消費量も、簡単に計算出来る。しかし、実際に60年までの予測値を計算するためには、いくつかの大胆な仮定が必要になる。推定値の当否を、結果において大きく左右するのは、GNPのトレンドであるが、オイル・ショック前の実績から推定されたこれらのモデルが、今後どのくらい役に立つかは“神のみぞ知る”かもしれない。しかし、そこですませしまうと研究の目的は達せられないので、あえて挑戦してみた。

(1) GNPを外挿する際の問題点

9), 10), 11)式から、例えば51年度のGNPを計算してみると、実績値に比べ、かなり大きな値が得られる。つまり、このモデルには、オイル・ショックの影響が含まれていない。

もう1つの問題点は、9)式の B (将来の安定成長率)が、統計的には安定して求められないで、 B を先決パラメータとして他の母数を推定したため、トレンドを外挿するには、モデルの外で B の値を決める必要がある。 B の値の選択には、その人の日本経済の将来への見通しの強弱が、そのまま反映することになる。この場合の参考になるのは、他の先進諸国のGNP(またはGDP)から求めた B の値で、アメリカ(4.63%)、ドイツ(4.38%)、イギリス(1.91%)である。フランスは3.06%となるが、前述の成熟度(k)が0.9に達せず、この値は信頼できない。

以上の結果からも、日本のGNPの安定成長率(B)は、4~6%と考えるのが穏当と思われる。

次にオイル・ショックの影響を、どう受け止

めるかが問題である。この論文全体は、過去の実績値を努めて形式的に処理することに留意し、非鉄金属市場の特徴に触れた以外は、実体経済の中身や因果関係を捨象することに努めた。そこまで立ち入ることは、門前の小僧である私に出来ることでもない。

にもかかわらず、オイル・ショックのモデル化は、60年までの外挿を試みる以上、避けて通ることができない。(工学的な)常識の範囲で、いくつかのアイデアを述べさせてもらう。

(2) ショックのトレンドへの影響

モデル化すると、2つのタイプの影響が考えられる。

- 1) ティレンドが折れ曲がってしまった。
- 2) 総需要抑制の影響で、ティレンドがある期間足踏みした。

最初の方は、比喩(ゆ)的にいうと、空間を飛んでいる物体が、何かに衝突して、軌道が瞬間的に折れ曲がるイメージである。もしこのタイプの影響が顕著であるなら、ティレンドの外挿は全く不可能になる。しかし一国の経済というような大きなシステムの慣性は非常に大きく、内部構造が1年で全く変わるとも思えないから、ティレンドの外挿は、49~50年にかけて、ティレンドを1年間足踏みさせて、51年以降は右へシフトする型を考えてみた。このように仮定すると、60年度実質GNPは、Bが4~6%の範囲で、155兆~175兆円(45年価格)となる。

(3) 周期変動成分の外挿

景気変動が一定の周期をもって繰り返すものかどうかは、必ずしも学会の定説がないらしい。しかし、電気回路が、コンデンサーの充・放電の繰り返しで発振し、その周期がコンデンサーの容量とともに、その回路の抵抗や誘導抵抗の大きさで決まるように、経済システムが何通りかの固有周期を持つと考えてもおかしくない。この論文のモデルは、9年と4年の、2つの周期を持つ関数を使って、GNPの動きのかなり細かいヒダまで記述できることを示した。この周期変動が、石油ショックの後でどうなる

かは、2つに分けて考える方がよい。

まず周期変動の振幅と周期については、先にティレンドの外挿でも述べたように、システムの慣性が非常に大きいから、その内部構造に基づく振幅と固有周期は、当面変わらないと考えたい。

次に、位相がどうなるかは、もともと振動自体が内部的に発振するものか、(昼夜の交替や年周変化のように)外部的なクロックによるものかで、話が全然異なる。9年と4年の周期が内部的な発振だとすると、ショックの影響は、動いている振り子を手で押えて、また手を離すのにとえてよい。つまり以後の振動の周期は手で押える前と変わらないが、位相がどうなるかは、手を離すタイミングだけで決まる。50年以降の推定値(表一7)を計算する際には、循環変動と、短期変動のうちの4年周期の成分を、49年から51年まで、2年間を足踏みさせて計算することにした(図一4)。

(4) 調整期のティレンドの緩和

ティレンドを49~50年にかけて足踏みさせ、周期変動を49年から51年の2年間発振を止めて外挿したGNPの推定値は、実績値とよく合っており、差は1兆円以内収まる。ところが、このモデルで非鉄金属消費量を算出すると、50年、51年の消費量の推定値は、実績値よりかなり大きくなってしまふ。一方、49年から50年にかけて足踏みして、51年からはまた元のペースに戻るティレンドは、変化が急激すぎて、そもそもティレンドの語義にピッタリしない。非鉄消費の短期変動の対GNP弾性値は、4~7(表一6)と

表一7 GNPの実績値と推定値(兆円)

年度	実績	B=0%	4%	5%	6%	8%
48	90.423	90.63	90.61	90.60	90.58	90.68
49	90.179	90.12	90.16	90.18	90.21	90.30
50	93.260	93.36	93.64	93.76	93.93	94.56
51	98.731	98.14	98.91	99.25	99.70	101.32
52		102.2	103.5	104.0	104.7	107.0
53		108.6	111.0	112.0	113.2	117.2
55	} T+C の み	120	126	129	132	142
60		130	152	161	171	201

非常に大きいから、GNPのトレンドが、49年から50年にかけて少しは上昇して、それに見合った分だけ、GNP短期変動のマイナス分が大きかったと考えると、非鉄消費の推定値がもっと低くなり、辻褄(つじつま)を合わせることが出来る。つまり、49~50年を足踏みさせたGNPのトレンド(図-8のABCD)に対し緩和曲線(AECD)を挿入すると、GNPの短期変動成分は、BEに相当するだけマイナスが大きくなり、これに短期の(弾性値-1)を乗じた分、非鉄消費の推定値が減少する。この緩和曲線の形状を統計的に求めるには、いかにもデータが少ないから、便宜上、50年度のトレンド値は、曲線をソフトする前の推定値と、49年度の推定値の平均をとり、E点を決めた。52年度には、トレンドは完全に1年ずれると仮定して、EとCを直線で結んだ。トレンドの修正を埋めるために、短期変動成分の第4項(ダミー変数)の50年度の値として、ゼロの代わりに-0.6を仮定すると、GNP・非鉄消費の実績値の動きに、よく追従するようになり、30~51年の実績値との相関は0.99991となる($B=0\sim6\%$)。

いずれにせよ、オイル・ショック以後のモデルの手直しは暫定的で、恣(し)意的であることは免れない。その実態がやや明らかになるには、あと数年の実績が必要と思う。

図-8 調整期のGNPトレンドの想定



(5) 非鉄金属消費の見通し

9章までの分析を通じて、非鉄金属消費量の全変動中で、トレンドの寄与が圧倒的に大きく、このトレンドはGNPのトレンドで説明できることがわかった。従って、今後の消費量の水準を決めるのは、(常識的だが)日本経済の成長いかに帰着する。ところが、前節までに述べたように、GNPのトレンドの外挿自体不明確な要素が多くて、その結果を使った非鉄消費量の予測値は、あまり詳細な結果を出しても意味がない。GNPの安定成長率(B)の値が4~6%の範囲とすると、60年度の非鉄消費のトレンド値は、銅で165万~185万トン、亜鉛98万~105万トンで、鉛は30万~33万トンと見込まれる。この値は、通常の回帰式で得られる答えに比べると、かなり低い値である。表-6の結果を引用すると、このトレンドに対し、循環変動の影響が銅で±13万トン、亜鉛では±5万トンが加わり、4年周期の変動が銅で±10万トン、亜鉛で±4万トンが重畳される。短期変動の第4項が、循環変動に伴うスパイクだとすると、これが出現する年にはGNPの変動幅で±1.8%、銅消費では±11万トン、亜鉛で±4万トンが加算される。もし以上の諸変動の山や谷が悪く一致することがあると、銅消費では+23万~-34万トン、亜鉛でも+9~-13万トンの変動幅を見込む必要がある。トレンドの伸びが低下して

銅で年率7万トンを超えないから、年によって対前年比純減という事態は異常でなくなる。全世界の消費量の8分の1を上回る日本の非鉄金属消費量でのこのような変動は、国際的需給バランスと、その結果である価格変動へのインパクトがかなり大きいと予想される。

(三井金属鉱業計教室長)

附表 GNPと非鉄金属内需の実績値

年度	トレンド変数	実質GNP(兆円)	非鉄金属内需(1,000トン)			
		45年度価格	銅	鉛	亜鉛	鉛
30	0.0	17.268	110.780	48.597		107.959
31	1.000	18.330	171.312	79.364		116.553
32	2.000	19.759	148.096	78.908		131.914
33	3.000	20.937	163.217	64.318		140.138
34	4.000	23.273	240.191	83.233		162.441
35	5.000	26.183	319.543	108.083		199.198
36	6.000	29.711	370.229	126.452		238.822
37	7.000	31.615	289.563	115.391		252.984
38	8.000	35.575	394.455	140.626		327.216
39	9.000	39.349	446.212	166.531		354.145
40	10.000	41.591	433.145	142.317		339.132
41	11.000	46.218	506.179	150.610		409.753
42	12.000	52.257	650.788	167.784		471.238
43	13.000	58.904	726.822	183.742		545.629
44	14.000	65.367	806.567	191.894		611.731
45	15.000	72.144	827.988	213.103		617.146
46	16.000	77.400	834.502	211.737		646.584
47	17.000	84.978	1,011.858	241.608		737.355
48	18.000	90.423	1,194.119	270.985		807.624
49	足踏み 19.000	90.179	781.104	195.421		618.571
50	19.000	93.260	883.191	204.084		597.760
51	20.000	98.731	1,069.606	234.736		703.468
52	21.000					
53	22.000					
54	23.000					
55	24.000					
56	25.000					
57	26.000					
58	27.000					
59	28.000					
60	29.000					