

経済環境の変化に対応した
木材価格の変動予測モデル

経済環境の変化に対応した木材価格の 変動予測モデル

I 試式馬役担当者

関西支所育林部風致林管理研究室

天野 正博

野田 巍

II 要旨

国産材丸太の価格指数を推定するため、為替レート、全国銀行貸出約定平均金利、木造建築着工戸数、外材輸入量、製材用素材需要量、米材丸太産地価格など、木材価格の形成に関する因子の時系列情報を収集した。そして、収集した各因子と木材価格の関係を分析し、モデルに取り込むべき因子を摘出した。また、各因子の動きを時系列解析するなかで、住宅着工戸数に四半期ごとの季節変動がみられたことから、季節を表すダミー変数を導入した。つぎに、収集した因子を用いて、計量経済分析手法により向こう2年間の国産材丸太の価格指数を推定するモデルを作成した。モデルにより国産丸太価格と各変数の関係を分析するなかで、木造住宅着工戸数の動きが国産丸太価格の変動に大きな影響を与えることが分かった。また、北米の大規模木材輸出業者がわが国建築用材のプライスリーダーとして、国産丸太価格に強い影響を与えていていることもモデルで示すことができた。

研究期間中に林野庁において業務レベルで当モデルの試用を進めながら、モデル構造の修正を行った。最終的に外生変数として総合卸売り物価指数、円レート、銀行貸出約定金利、木造住宅着工戸数、米材丸太産地価格の5つを外生変数とし、国産丸太価格指数、米材丸太の日本での価格、米材輸入量を内生変数とする短期の国産丸太価格指数予測モデルを開発した。

III 試式馬役目的

近年の経済環境はかってないほどドラスティックに変化している。木材市場に関連する分野も同様であり、木材価格は常にコンクリートや鉄骨、化学合成品といった代替材価格の動きに影響を受けてきた。また、寡占状態にある外材の価格は為替レートや米材丸太の産地価格に大きく左右され、これら外材の動きも国産材の価格に大きな影響を与えている。国有林のように大きな林業生産組織では、こうした素材価格の動きを十分に考慮しながら、生産戦略、販売政策を展開する必要がある。

素材価格の将来動向を知るため林野庁が利用してきた木材価格予測モデルは、林業をとりまく環境が安定していることを前提として作成されたものであり、近年の経済事情にはうまく適合しないものになっていた。一方、森林総合研究所ではかねてから林産物の需給構造の解明という研究課題のもとで、木材需給均衡モデルの開発等の研究を進めている。

この研究の推進に当たって集積してきた林産物需給に関する情報や分析手法を活用し、近年の林業をとりまく経済環境の変動に対応できる国産丸太価格予測モデルを開発することがこの研究の目的である。

IV 試験の方法と結果

1. 木材価格予測の必要性とモデルの役割

1) 国有林経営における木材価格予測

国有林経営に関する計画の中には、造林計画、保育計画、林道計画といった、資金の裏付けを必要とするものが幾つかある。こうした計画に対しては単なる木材生産計画だけではなく、計画の裏付けとなる資金計画も必要になってくる。木材供給の立場から資金計画として貢献できる部分は、伐採収入を予測し資金的な裏付けを必要としている各種計画の担保を明らかにすることである。そのためには、国産丸太価格の予測が重要な役割を果たす。

現在、林野庁では2つの形で木材価格の予測を行っている。1つは長期的に木材価格の推移を見ようというもので、「林産物の需要及び供給に関する長期見通し」を行う場合に作成する。他方は国有林経営において予算編成時に行う、短期的な国産丸太価格予測である。前者はシステム・ダイナミックスと計量経済モデルを組み合わせた手法をもとに、後者は計量経済分析により予測モデルを作成している。前者については、すでにその概要が「重要な林産物の需要及び供給に関する長期の見通し」の解説書等（例えば安井ら1987、野田ら1987）に述べられているので、ここでは後者について報告する。

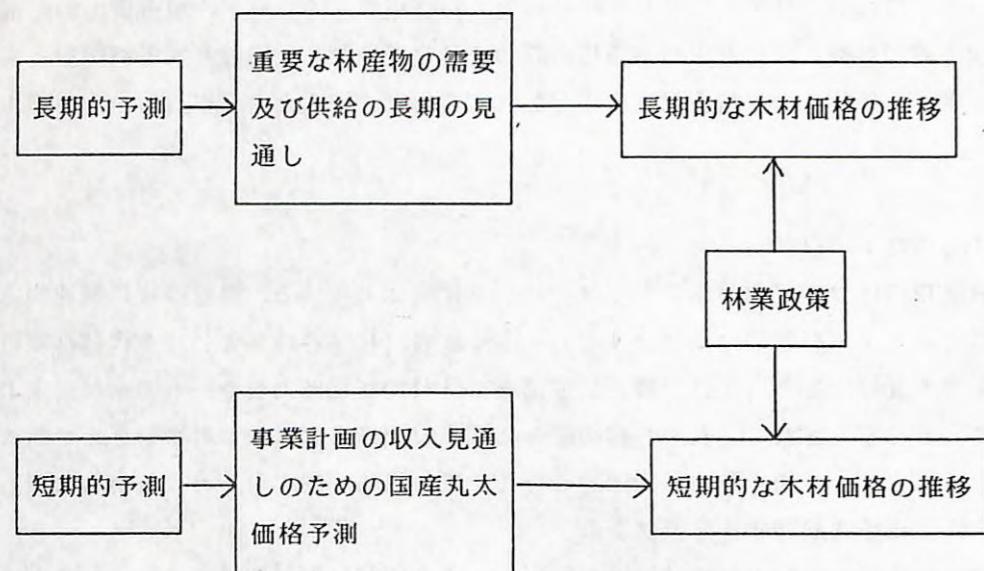


図1. 国有林経営における木材価格予測

2) 計量経済分析による価格予測

計量経済分析が近代経済学の手法の一つとして確立されたのは、1930年代である。しかし、実際に経済の現場で応用されたのは、コンピュータが利用可能になった1960年代に入ってからである。その後、計量経済分析は過去の経済構造の分析だけでなく、政策の意志決定や予測のための有力な道具として使われてきている。

計量経済モデルは経済事象の相互依存関係を線形の方程式で近似し、それによって経済事象の因果関係を解明したり、将来の経済動向を予測していくものである。単純な場合には1本の方程式で近似し、複雑な場合には複数の方程式を連立させてモデルとする。

単一の線形回帰式によるモデルは

$$Y = a + bX + \varepsilon$$

と表現される。木材価格Y（従属変数）に影響を与える要因X（説明変数）を経済事象の中から選択し、もっとも当てはまりのよいa, bを最小2乗法によって求める。ここで ε は誤差項であり、モデル作成上省略した説明変数や、究明されていない因果関係、データ計測の際の誤差、人間活動の不合理さから生ずる不規則な変動などを含んでいる。

モデルの良否を決定する基準はつきの6つである。

(1) 係数の符号条件

例えば予測式において外材価格の変数が負であれば、外材の価格が上昇するときに、国産材の価格が減少するような矛盾した関係が生まれる。このように常識的にみておかしいと思われるような符号関係がモデル式の係数に現れないようにする。

(2) 自由度修正済相関係数

計量経済分析では因子間の関係を表す各構造モデルを、重回帰式として表現する。このとき、説明変数を増加させていけば必ず重相関係数 R^2 の値は増加する。しかし、このようにして重相関係数を増加させても、モデル式誘導に用いたデータに対して当てはまりをよくするだけで、母集団構造の推定、再現性等の点からかえって精度が悪くなる。従って、統計的には説明変数を増すことがそのままモデルの作成によいとはいえない。それよりは少ない説明変数でいかにうまく被説明変数を表現するかが重要である。そこで、計量経済分析ではデータ数がn個で説明変数がk個の場合は、次式でもとの重相関係数 R^2 を修正したものを重相関係数として用いる。

$$R'^2 = 1 - (1 - R^2) * (n - 1) / (n - k)$$

なお、重相関が多少低いからといって、モデルが不適当と頭から決めつけることはできない。ときには理論的に決めたモデル式を優先することもある。ただ、重相関係数が0.9より小さい場合には、改善の努力をする必要はある。

(3) t-値

その係数が0であってもよいかどうか、つまり、その変数があってもなくてもモデル式

に有意な影響を与えない場合は、当然、その変数は削除される。それを判断するのが t 値であり、一般には $|t|$ が 1.0 以上であればよいとされる。もし、 t 値が小さい場合は、その因子をほかの因子に入れ換えるか、モデル式の構造を変更してみる。

(4) ダービーワトソン比

予測モデルは最小自乗法で求められるため、系列相関があると（過去の国産丸太価格指数の値によって現在の価格指数が決まってしまうような構造），モデルの意味がなくなってしまう。この系列相関があるかないかをチェックする指標である。推定式を

$$u_t = \rho u_{t-1} + \varepsilon_t$$

として系列相関 ρ を表したとき、計算可能な残差 ε について

$$DW = \sum (e_i - e_{i-1})^2 / \sum e_i^2$$

とした統計量がダービーワトソン比であるが、経験則として

$$1.5 \leq DW \leq 2.5$$

であれば、系列相関はないと考える。

(5) 外生変数として望ましいもの

貢献度があまり違わない変数同士で、どちらかを選択する場合は、時系列的に安定した動きをし、予測しやすいものを採用する。例えば、後述するように「木材丸太の日本での価格」と「木材丸太の産地価格」では、産地価格の方が安定した動きをしているので、外生変数としては産地価格を採用する。全外材輸入量と木材輸入量についても、木材輸入量の方が安定した動きをしている。

(6) 適切なダミー変数の導入

経済事象では季節変動がある場合、その部分を調整する必要がある。また、異常な攪乱時期があったりして、長期的な予測からは除きたい期間があったりもする。そうした場合、計量経済分析ではダミー変数をモデルの中に導入する。ここでは季節ダミー変数について説明しておく。

後述するように木造住宅着工戸数は強い季節変動がある。このため、普通にモデルを作成したのでは季節変動が平滑化されてしまって、将来予測において季節ごとの違いを再現できなくなる。そこで、季節ごとの変動をモデルで表現するため、季節ごとに一定量を加算あるいは除算する変数を導入する。時間単位が四半期であれば、春を表すダミー変数は (1, 0, 0, 0), 夏を表すダミー変数は (0, 1, 1, 1) となる。

計量経済学による木材価格予測モデルの開発は、林業経済の計量的な分析の研究を目的として岸根卓郎、赤井英夫、野村勇らによって行われており、その後も唯是康彦、行武潔らによっていくつかの価格予測のための計量モデルが出されている。こうした既存モデルは数多くの方程式から構成された大規模なものである。しかし、行政が様々なシナリオをもとに価格予測するとき、余りに複雑なモデルでは因子間の動きを明確には把握できない。

林野庁のような経済官庁が計量経済モデルを用いるのは、将来の経済事象を予測するためだけでなく、シナリオを設定して政策の効果を事前に評価するために利用することも多い。そうした場合、複雑なモデルでは政策効果がモデルの中でどのように反映されているのか判断が難しくなる。そこで、なるべく簡単な構造で、かつ、林業分野の行政担当者が予想しやすいトレンドをもつ外生変数からなるモデルが望ましい。ただし、単純なモデルは現実の社会の動きを忠実に反映するものではなくなり、大部分の現象を省略したモデルになってしまうことも否めない。従って、本質的な部分については省略しないよう注意する必要がある。

3) 従来の木材価格予測モデル

木材価格を予測するためのモデルはすでにいくつか発表されているが、ここでは唯是らによって作成されたモデルについて紹介する。

(1) 唯是・行武のモデル

唯是、行武によるモデルでは、外生変数、内生変数として表 1 を考えている。外生変数は伐採労賃、国民所得の 2 变数であり、昭和 35 年から 44 年の間のデータを用いて、モデル式を算出している。

表 1. 唯是・行武のモデルの変数一覧

記号	外生変数名
① W	伐採労賃
② Y	国民所得

記号	内生変数名	記号	内生変数名
③ O _d	国産針葉樹素材生産量	⑩ D _r	外材製材品需要量
④ B _w	木造建築着工面積	⑪ Y _r	林業所得
⑤ B _u	非木造建築着工面積	⑫ P _r	外材製材品価格
⑥ S _d	国産材製材品供給量	⑬ P _m	外材輸入価格
⑦ P _d	国産材製材品価格	⑭ M _t	外材輸入量
⑧ P _i	国産材素材価格	⑮ S _r	外材製材品供給量
⑨ D _d	国産材製材品需要量		

・国産針葉樹素材生産式

$$O_d = 11869.300 - 6.3098284(W-W_{-1}) - 16.371001Y_{t-1} + 0.87133998 O_{d-1}$$

$$R=0.99564, S=357.78406$$

・木造建築着工面積式

$$B_w = 19819.898 + 1.2286278Y$$

$$R=0.98951, S=2173.1044$$

・非木造建築着工面積式

$$B_u = -327.85072 + 2.1679818Y$$

$$R=0.98880, S=3964.5621$$

・国産材建築用製材品供給式

$$S_d = -1835.6531 + 0.18447947 O_d - 2196.7488(M_{t-1} - M_{t-2})/M_{t-2} + 0.77289529S_{d-1}$$

$$R=0.99543, S=112.38032$$

・国産材製材品価格式

$$P_d = 68.19968 - 0.0004414(S_d - (B_w + B_u))$$

$$R=0.96337, S=5.16249$$

・国産素材価格式

$$P_i = -32.68798 + 1.3105428P_d$$

$$R=0.99370, S=2.84498$$

・外材建築用製材品需要式

$$D_r = -12524.015 + 85.975944P_d + 0.09202661(B_w + B_u + (B_w + B_u)_{-1})/2$$

$$R=0.99870, S=262.42969$$

・林業所得式

$$Y_r = -344.85082 + 0.01110984 O_d + 3.8811113P_i$$

$$R=0.99083, S=9.74400$$

・外材製材品価格式

$$P_r = 85.897953 + 0.00300682D_r$$

$$R=0.97796, S=3.83717$$

・外材輸入平均価格式

$$P_m = 3077.9860 - 545.53136(D_r - D_{r-1})/D_{r-1} + 76.275105P_r$$

$$R=0.98999, S=177.23477$$

・外材輸入式

$$M_t = -88630.954 + 10.006818P_m$$

R:重相関係数

$$R=0.99123, S=1592.4966$$

S:方程式の標準誤差

このモデルでは外生変数として用いるのは伐採労賃と国民所得だけである。このため、前もって予測しておくシナリオは単純である。さらに、これらの変数は時系列的に安定し

たトレンドを示すので、外生変数として扱いやすいといえる。

(2) 林野庁が使用してきたモデル

林野庁の国産材丸太の価格指数は次のモデル式群によって算出されていた。なお、ここで取り上げる丸太価格指数はせいぜい2年間という短期を予測するモデルであるため、計算はほかの経済分野の予測モデルと同じく、四半期の時間単位で行っている。

- a. (国産材丸太価格 P/X) = f_1 (前四半期の P/X , 前四半期の製材用素材需要量 H_W , 木造建築着工量 B_A_1 , 季節ダミー)
- b. 木造建築着工量 = 木造率 × 建築着工面積 B_A_0
- c. 建築着工面積 $B_A_0 = f_2$ (前四半期の B_A_0 , 全国銀行貸出約定金利, 季節ダミー)
- d. 製材用素材需要量 $H_W = f_3$ (P/X , 前四半期の H_W , B_A_1 , 季節ダミー)

このモデルが設定された時期には、現在のように大きく為替が変動することもなく、わが国の木材価格が海外の木材市況に影響されることも考慮する必要はなかった。建築着工面積や金利に注目すれば木材価格の予測が可能であった。しかし、近年は先に述べたように為替変動が激しく、ドルに対する円レートがわずか3年で半分になったり、金利も同じ3年で5.5%変動し、米材の産地価格も3年で7.7%上昇した時期があるなど、林業をとりまく経済環境の変動が激しくなった。そのため、こうした環境変化に対応できるモデルの開発が要請された。

4) モデルの役割

国有林が生産する素材の総生産額を算出するため、立方メートル当たりの国産丸太価格を推定するのが目的である。ただし、高付加価値材についてはこうした価格からは相当かけ離れるので、行政担当者は生産割合を考慮しながら、モデルから算出された国産丸太価格の修正を行う。また、短期での木材価格予測を行うため、時間の単位を四半期としている。

当モデルは国産丸太の価格形成機構を理論的に明らかにするのが目的ではなく、予測が比較的容易にできる因子を用いて、複雑な挙動を呈する国産丸太価格を推定すること目的としている。このため取り上げる因子間の関係を理論的に分析することはせず、統計的な推定精度の高いものを搜すというFact Findingな方法で、モデルを作成した。

円レート、銀行貸出約定金利など木材の価格形成に関連した経済環境の変動を表す外生変数について、将来の動きを様々な角度から検討し、いくつかのシナリオを設定する。そして、モデルを用いてシナリオで想定した経済環境の変化に対応させた国産丸太価格の将来予測を行い、価格変動に応じた国有林経営方策を事前に検討することも、モデル活用の

狙いの一つである。

2. 各変数の時系列的な動き

モデルを作成するに当たっては国産丸太価格に関連があると思われる因子を取り上げ、時系列的にデータを収集することが可能かどうか、あるいはデータの信頼性はどうかといったことを検討する。そして、実際に収集した各因子を用いて、価格形成に関する構造のモデルを作成し、当てはまりのよさを調べる。本節ではこうした手順で最終的にモデル式に組み込んだ因子について、その時系列的な動きを説明する。

(1) 国産丸太価格指数の動き

日本銀行が調べて公表している「卸売り物価指数」の中の国内丸太類価格指数で、国有林が生産する丸太価格の動きを代表させる。まず、この丸太価格指数の長期的な動きをみると(図2)，1980年まで価格は一貫して上昇し、その後は1987年に小さなピークがあるものの、低迷した状態が続いている。木材価格予測モデルの作成に当たっては85年から91年にかけての四半期データを用いたので、その期間の四半期ごとの丸太価格指数の動きを示したのが図3である。長期的には過去10年間の価格は低迷しているが、短期的には87年を別として第1四半期に価格が下がるという季節変動を示しながら、木材価格は漸増している。87年のパターンがほかの年度と異なるのは、あとで述べるように木造住宅着工戸数が急増したことと、日本の丸太価格に大きな影響を与えるとされている北米材丸太の産地価格や入荷量が、この時期に異常な動きを示したことによると思われる。

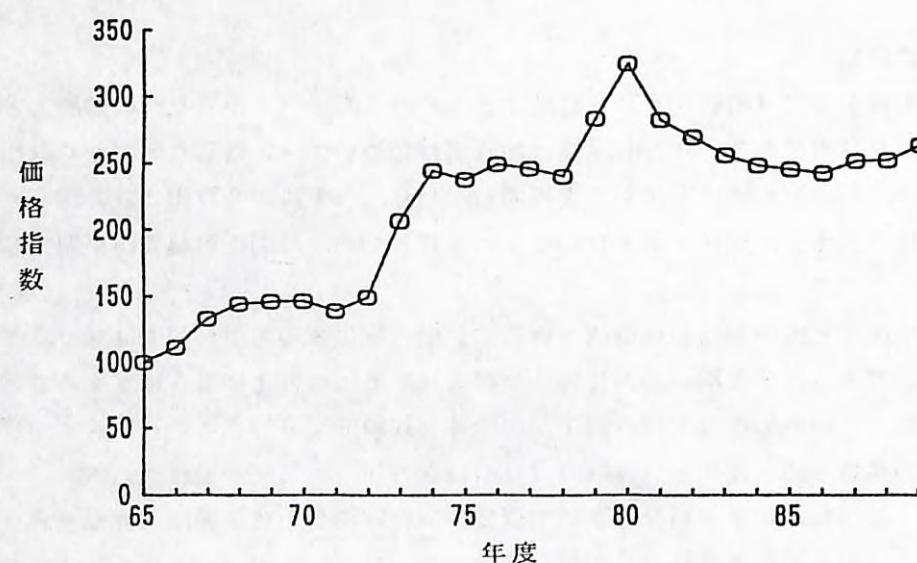


図2. 木材価格の長期的な動き

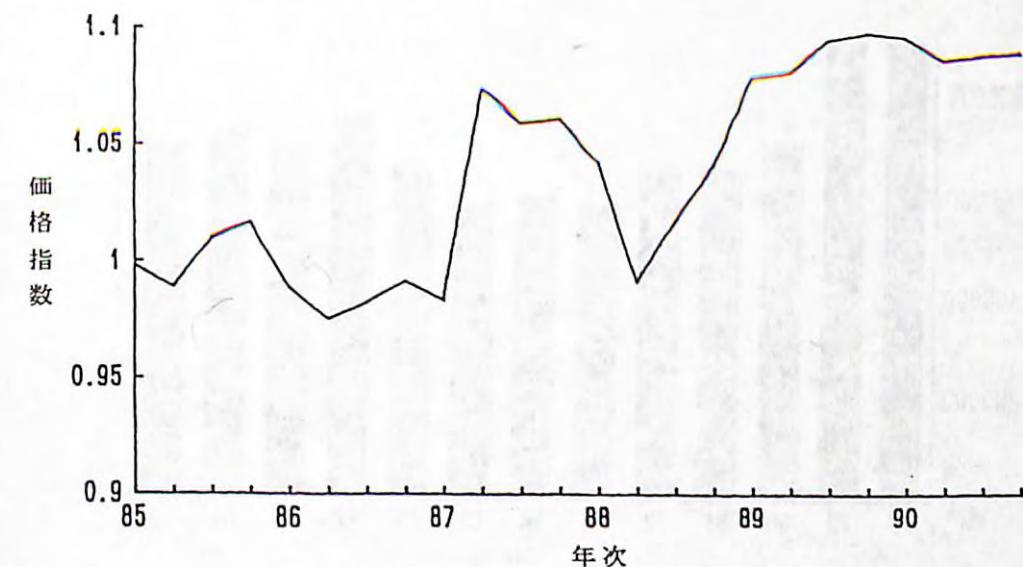


図3. 四半期ごとの国産丸太価格指数

(2) 木造住宅着工戸数

丸太の需要量のうちもっとも大きな比率を占めるのが、木造住宅の着工戸数である。1978年以降のわが国の住宅着工戸数を図4に示す。80年には20万戸近く着工戸数が減少し、その後80年代半ばまでこの減少傾向は続いた。87年に戦後のベビーブーム世代の持ち家需要があつて、70年代終わりほどではないが一つのピークを迎える。前に示した木材価格指数の動きと住宅着工戸数のそれがよく連動しているのが分かる。

予測モデルの作成に当たってデータを使用する部分の四半期ごとの木造住宅着工戸数を示したのが、図5である。着工戸数は各年度とも冬季に落ち込む季節変動が強く出ている。この変動を表すため、モデルには季節ダミー変数を導入している。なお、木造住宅着工戸数は建設省が公表している住宅着工戸数に木造率を乗じて算出している。

(3) 米材丸太の産地価格

階段状ではあるが米材丸太の産地価格は一貫して上昇を続けている(図6. 米材丸太の産地価格)。この中で1987年前半の大幅な価格上昇が特徴的である。これは、それまで価格より数量を優先してきた輸出業者が、生産調整による米材丸太価格の維持に方針を変換したことによる。ウェアハウゼー社を中心とした輸出業者は日本での木材需要の堅調さを睨みながら、伐採抑制をするなどして産地価格の維持に努めたため、日本国内での米材丸太価格には反落があったにもかかわらず、米材丸太産地価格は一定して上昇を続けた。

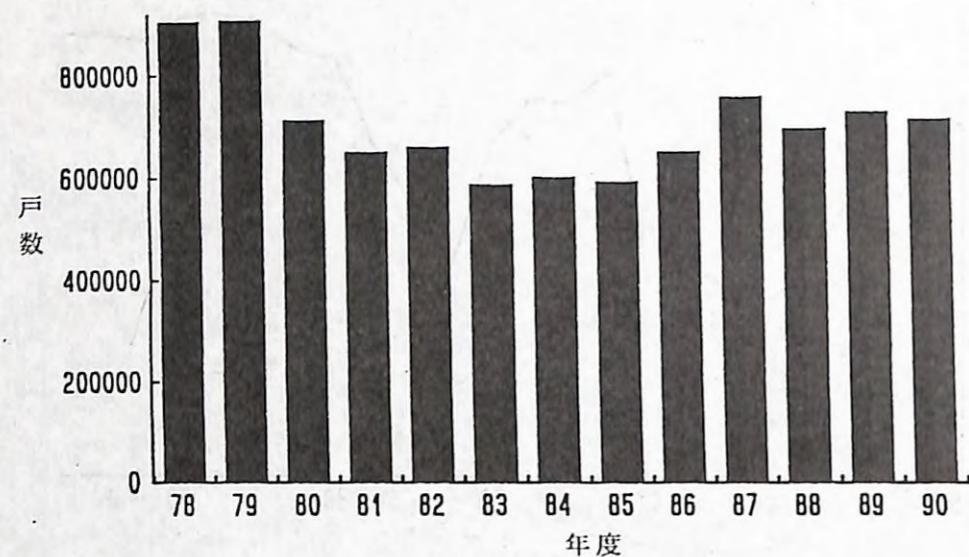


図4. 木造住宅着工戸数の長期的な動き

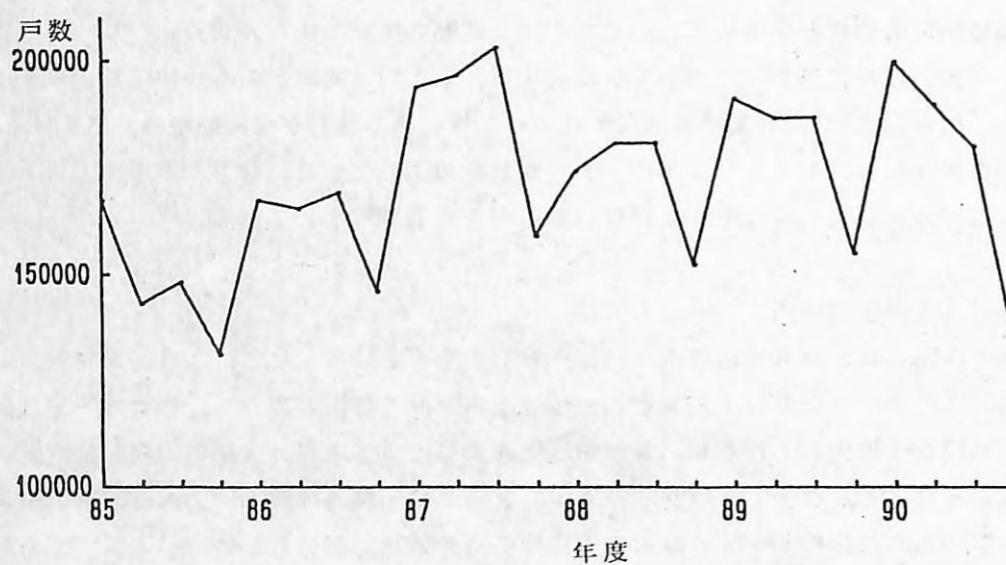


図5. 四半期ごとの木造住宅着工戸数

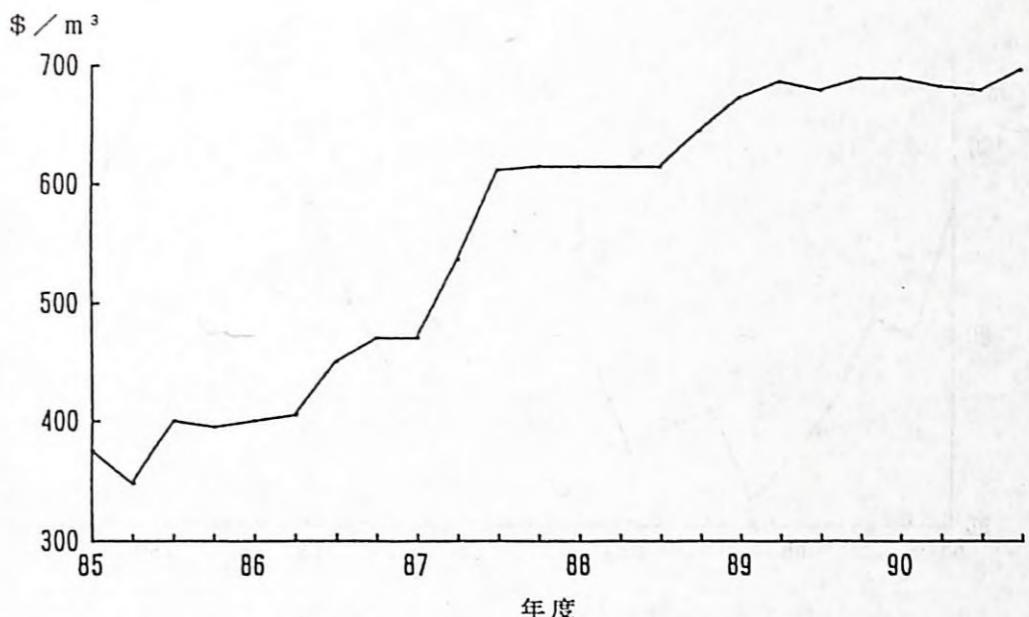


図6. 米材丸太の産地価格

このため、ときには米材丸太の産地価格と日本での米材丸太価格との間に逆さや現象が生じることもあった。また、米材丸太の産地価格上昇の背景には、わが国と同様に米国内での住宅着工戸数の伸びや、中国からの大量買い付け、韓国への好調な輸出、トルコへの新規輸出などが重なったこと也有って、西海岸からの丸太輸出量が記録を更新し、丸太が供給不足気味だったこともある。こうした好条件が重なり、米材丸太の産地価格はこの時期に急上昇した。日本の木材価格も米材丸太に引き吊られて上昇はしたもの、85年平均と90年平均の比でみると、米材丸太産地価格の上昇率は81.2%であるのに対し、国産丸太価格の上昇率は8.6%でしかない。なお、米材丸太産地価格は日刊木材新聞社の「米材ウイークリー」による。

(4) 米材丸太の日本での価格

米材丸太の日本での価格は円がUSドルに対し高くなった時期に、米材丸太の産地価格も上昇したため円高の効果は表れず、1986年から1990年にかけて米材丸太の日本での価格は上昇している（図7. 米材丸太の日本での価格）。用いた米材丸太の日本価格は林野庁調べによる。

(5) 米材（丸太+製材品）輸入量

わが国の近年の木材供給は図8（木材供給量）をみれば明らかのように、輸入材の比率が年々上昇している。ここ数年の需要量の増加に対応しているのも輸入材であり、国産材

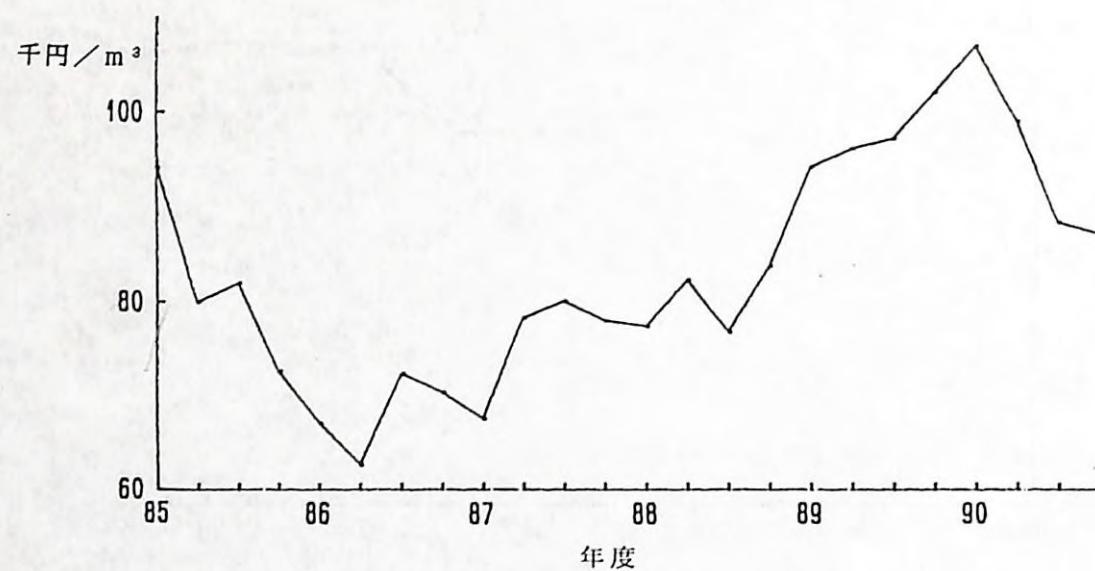


図7. 四半期ごとの米材丸太の日本での価格

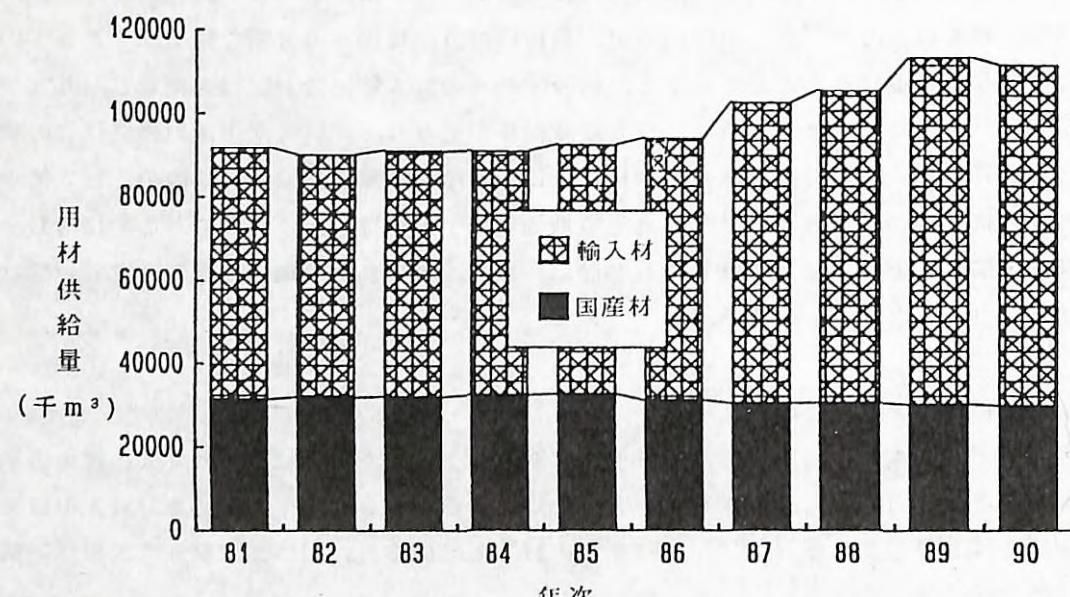


図8. 日本の木材供給量(外材・国産材別)

は木材の需要が増加する中で逆に供給量を減らしてきているのが現状である。こうした外材寡占下にあっては輸入材の量が国産丸太価格にも大きな影響を与えると予想される。輸入量としてはすべての外材を説明変数とするか、米材に絞るかについて検討したが、振幅の度合いが少なくトレンドを取りやすいこともさることながら、一般に国産のスギ丸太が米ツガと価格的に競合するといわれているなど、国産材市場と競争関係にある米材の方が国産丸太価格を推定するモデルの構造としては望ましいと考えられたこと、外材の中では米材に関する情報量がもっとも多く収集も容易であること、予測のための前提となるシナリオ設定も米国的情勢を分析しながらできるという利点を考慮し、米材輸入量を説明変数として取り上げた。

米材の輸入量は大きな振幅はあるものの、傾向としては年々増加をしてきている(図9米材輸入量)。ここで、特に振幅が大きい1987年から1988年にかけての現象について、その背景を説明しておく。1987年度前半は米材丸太価格の急速な上昇があり、それに呼応するようにして米材の輸入量も急速に増加した。このため、消費が好調であつたにもかかわらず、日本国内における在庫が大幅に増えた。これによる値崩れを防ぐため輸出業者が生産調整を行ったのに加え、1987年夏以降に米国、カナダでは異常乾燥が続き、山火事防止のための入山禁止措置が取られた。さらに、冬季には大規模な寒波が到来したため、産地である北米西海岸の伐採量が数か月に渡って滞った。このように在庫調整と生産現場の気象条件が悪かったことの相乗効果で、1987年度の第4四半期には大

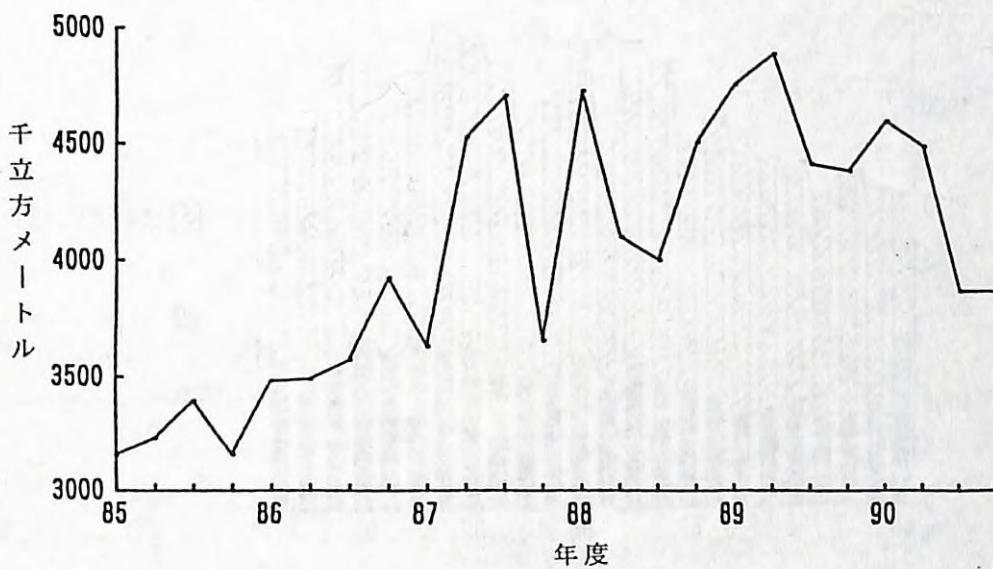


図9. 四半期ごとの米材輸入量

幅に入荷量が減少した。88年も前年ほどではなかったがほぼ同様な経過をたどった。なお、1987年、88年を除けば、米材輸入量は増加傾向にあり、日本における木材市場でのシェアを着実に拡大してきている。

米材輸入量は丸太と製材品を足し合わせたものを用いた。丸太と製材品の内訳を図で示したが（図10），製材品についてはそれほど大きな変動はなく、米材輸入量の振幅の原因の多くは、丸太輸入量にあることが分かる。なお、データは大蔵省「貿易統計」によった。

（6）円レート

当初、この予測モデルを開発するきっかけになったのが、円高による為替差益を木材価格予測においても組み込むべきであるとの指摘があったためである。特に、円が1ドル150円より高くなれば安い外材が大量に流入し、日本の林業は大きな痛手を被るのではないかともいわれていた。そして、実際に円レートは1986年に150円を切った（図11）。しかし、円高が進む頃に住宅着工戸数が増加に転じたこと、北米材輸出業者が日本の木材需給状況を睨みながら輸出価格を高値に誘導したこと、さらにわが国の木材流通経路が複雑であるため、その流通過程で円高差益が吸収されてしまったことなどから、結果的にはわが国での丸太価格が暴落するといったような、ストレートな形での影響は表れなかった。逆に、円がドルに対し高くなるにつれ国産丸太価格も上昇するという、負の相関が表れた。

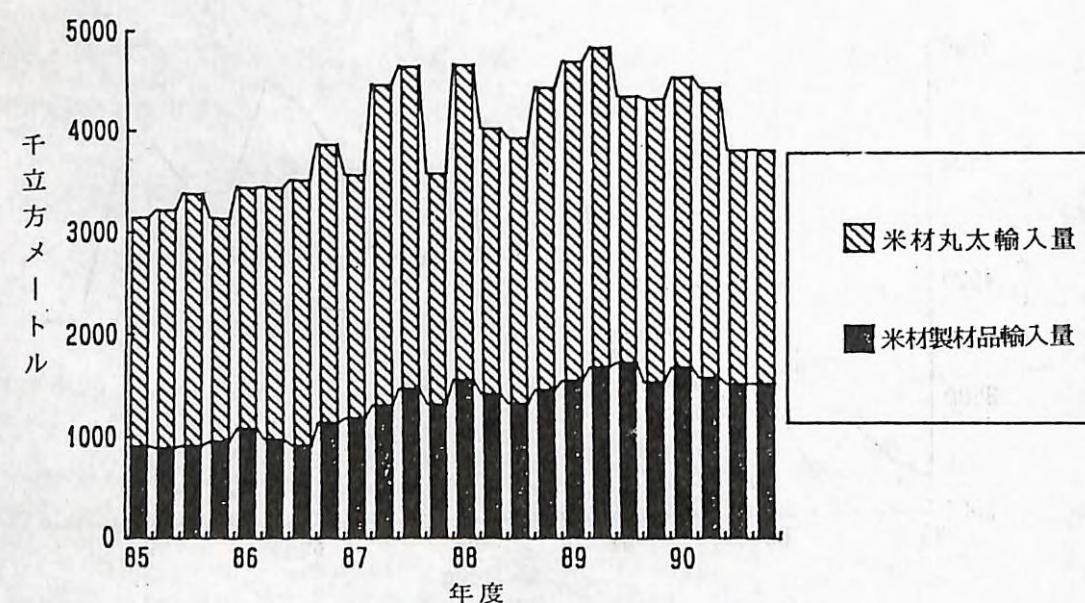


図10. 四半期ごとの米材の丸太・製材品別輸入量

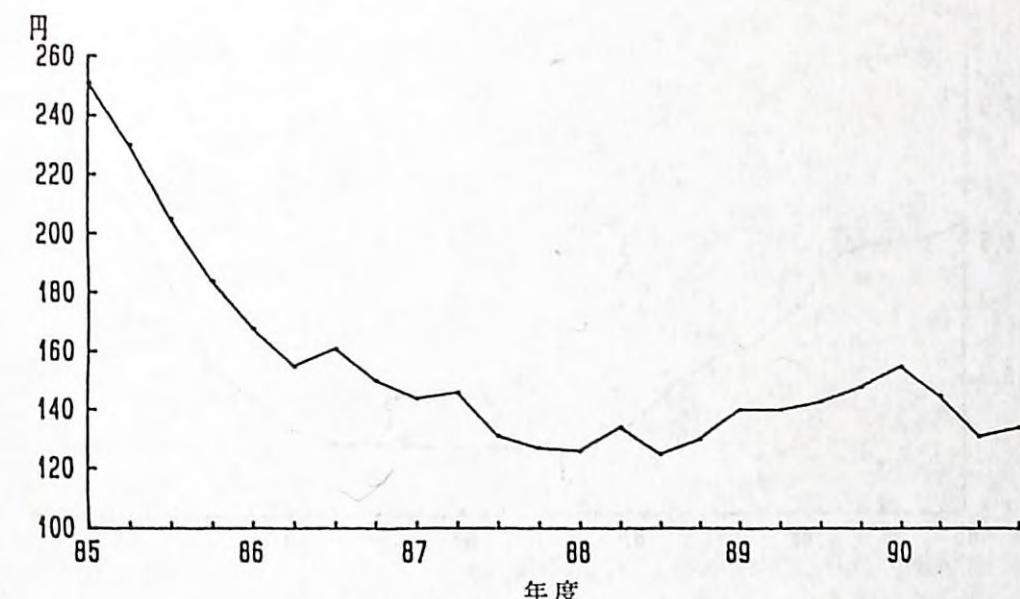


図11. 円レートの動き

（7）銀行貸出約定金利

銀行貸出約定金利は87年、88年が底であったが（図12），この影響が住宅建築資金の手当てのしやすさとして、同時期の住宅着工戸数の増加につながっていると思われる。このため、今後の金利の動向が将来の住宅着工戸数を予測するときのポイントになる。また、木材関連商社の資金の手当てのしやすさから金利は丸太輸入量と負の相関をもち、木材価格の動きに間接的な影響を与えていると推定される。

（8）総合卸売り物価指数

総合卸売り物価指数はここ5年ほど安定した動きをしている（図13）。モデルが予測しようとしている丸太価格指数は総合卸売り物価と丸太価格との相対値であるので、モデルの中に説明変数の一つとして組み込まれている。また、卸売り物価が下がれば建築コストの低下も期待される。データは日本銀行調べである。

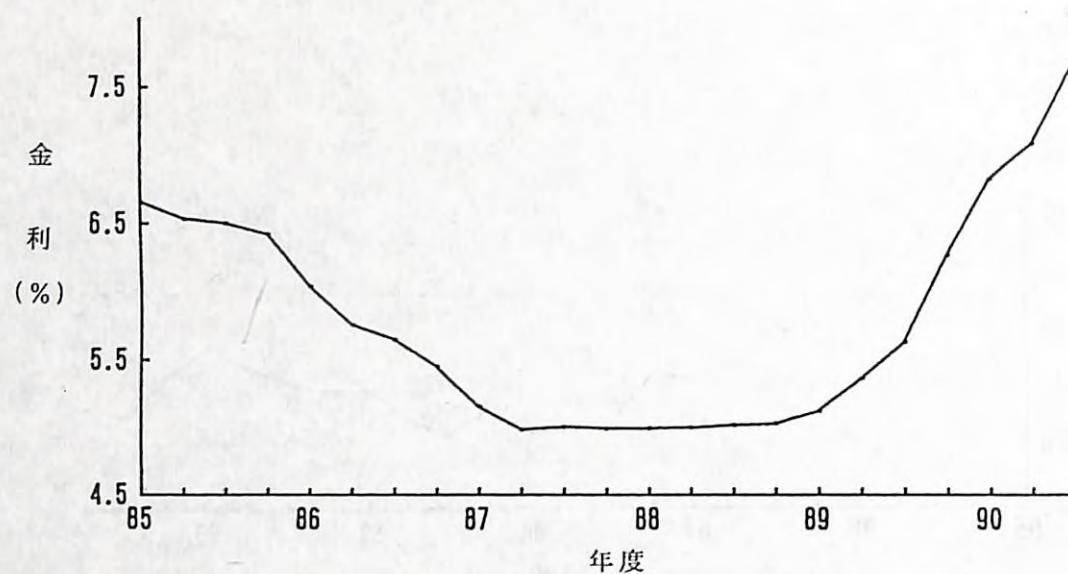


図 1.2. 銀行貸出約定金利

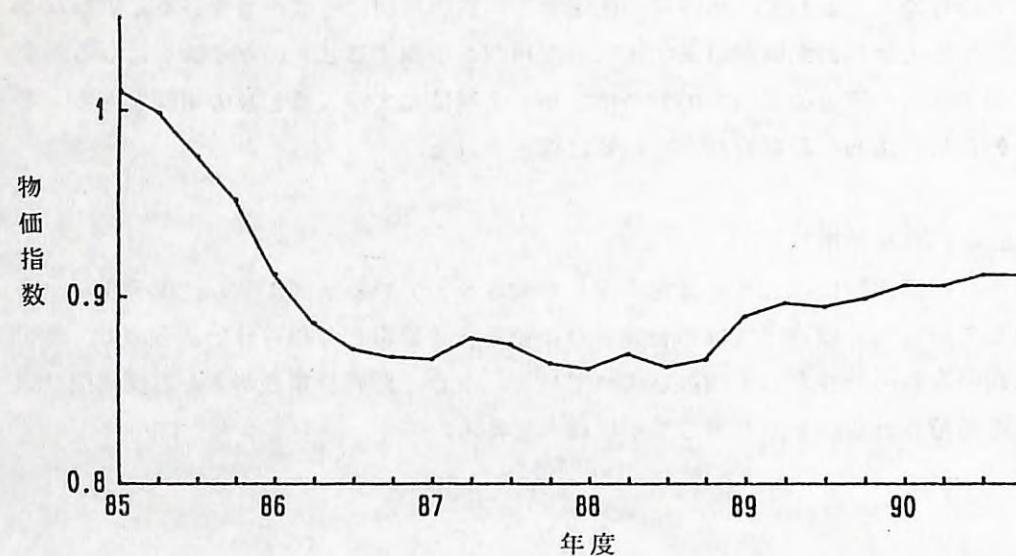


図 1.3. 総合卸売り物価指数

3. 国産丸太価格指数予測モデル

1) モデル式の構造

計量経済モデルには逐次決定型方程式と同時方程式の2つがあるが、同時方程式体系では説明変数と誤差項の間に相関が生じるなどモデルの統計的推定の作業が複雑になる。また、モデル式の係数を求めるのに2段階最小自乗法を用いる必要があり、情報が不完全な場合、かえって推定精度が不満足なものになる（唯是ら、1977）。そこで、ここでは逐次決定法を用いることにした。国産丸太価格指数の動きを短期的に予測するために誘導されたモデルは、最終的には以下のようになった。

・国産丸太価格推定式

$$(1) P_d = 1.91795E-06 * P_j + 2.352E-06 * H_{-1} + 0.600798 * P_g - 1.74801E-05 * M_{us-1} + 0.0622551 * D_1 - 0.0159887 * D_2$$

t - 値

R^2	= 0.923191	P_j	5.92520
SD	= 0.0122849	H_{-1}	10.32260
DW比	= 1.94023	P_g	19.76500
		M_{us-1}	-1.92315
		D_1	7.30821
		D_2	-2.39208

・米材丸太の日本での価格推定式

$$(2) P_j = -105416 + 124.486 * P_{us-1} + 532.79 * E_{xc} + 0.265349 * H - 9359.81 * D_1 - 7376.42 * D_2 - 6620.58 * D_3$$

t - 値

R^2	= 0.943165	定数	-7.04452
SD	= 2913.07	P_{us}	16.60130
DW比	= 2.34282	E_{xc}	10.85290
		H	4.21548
		D_1	-3.07157
		D_2	-2.52027
		D_3	-2.44656

・米材輸入量推定式

$$(3) M_{us} = 5042.65 + 6.64257E-03 * H_{-1} + 0.0400812 * P_j - 289.501 * R_{-1} - 0.573685 * M_{us-1} - 11.0583 * E_{xc} + 395.197 * D_1 + 322.318 * D_2 + 143.891 * D_3$$

t - 値	
R^2	= 0.815165
SD	= 225.208
DW比	= 2.7003
	定数
	H_{-1}
	P_j
	R_{-1}
	M_{us-1}
	Exc
	D_1
	D_2
	D_3

表2. 変数名一覧表

Pd	：国産丸太価格指数
Pus	：米材丸太の産地価格
Exc	：円レート
Pj	：米材丸太の日本での価格
H	：木造住宅着工戸数
H-1	：1期前の木造住宅着工戸数
Pg	：総合卸売り物価指数
R	：銀行貸出約定金利
R-1	：1期前の銀行貸出約定金利
MUS	：米材輸入量合計
MUS-1	：1期前の米材輸入量
D1	：第1四半期季節ダミー
D2	：第2四半期季節ダミー
D3	：第3四半期季節ダミー

R^2 : 自由度修正済決定係数
 SD : 標準偏差
 DW比 : ダービンワットソン比

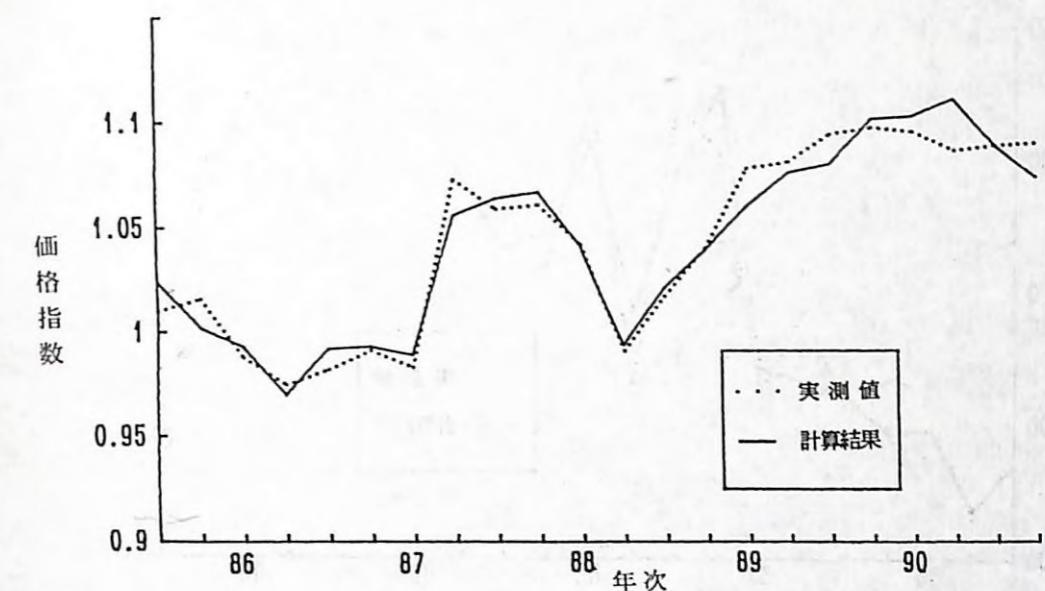


図14. 国産丸太価格のパーシャルテストの結果

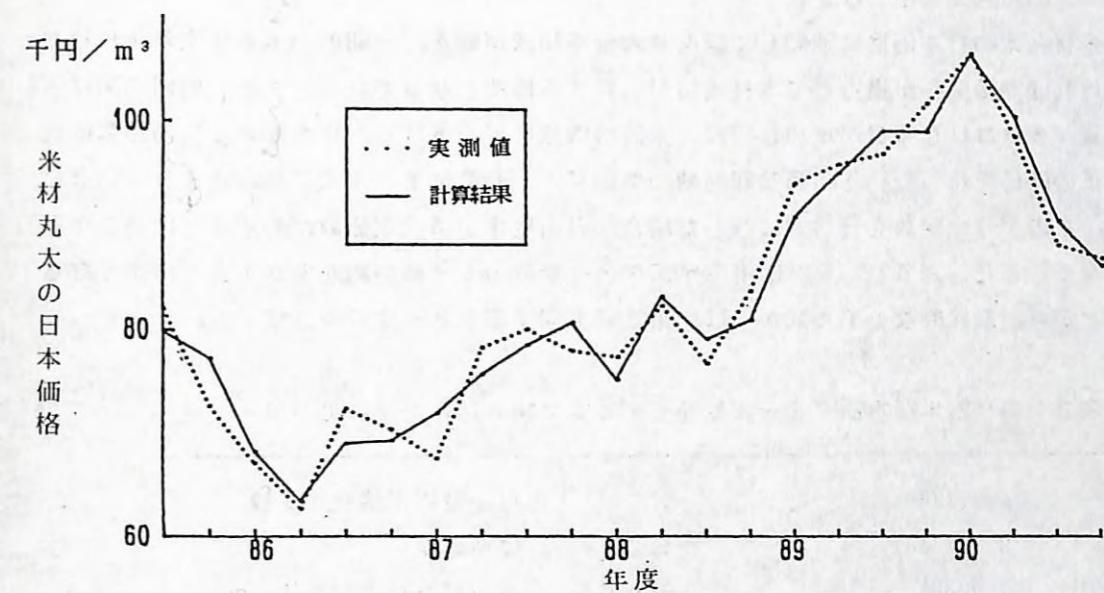


図15. 米材丸太の日本価格のパーシャルテストの結果

なお、各モデル式のパーシャルテストの結果は図14～図16のようである。

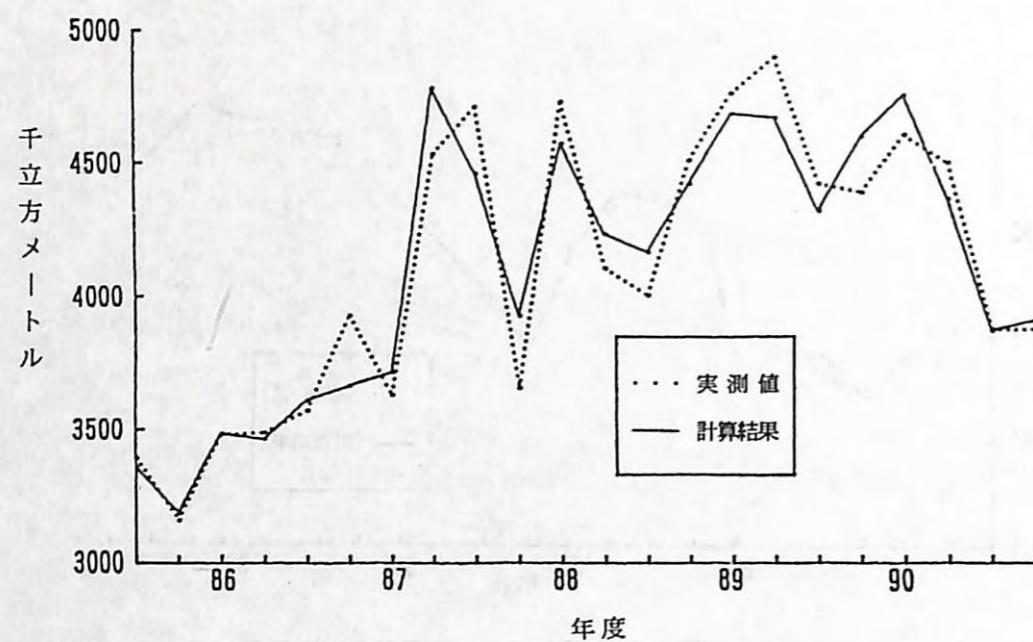


図16. 米材輸入量のパーシャルテストの結果

(1) 国産丸太価格の推定式

米材丸太の日本価格に連動して国産丸太価格指数が動き、一期前の木造住宅着工戸数が多ければ需給関係が逼迫して木材価格が上昇する構造になっている。また、前期の米材入荷量が多ければ在庫量が増加し国産丸太価格指数を押し下げる。総合卸売り物価指数は逆に正の関係を持っている。第3四半期の季節ダミー変数はモデル式に組み込まれていないが、このダミー変数を(1)式に残した場合、自由度修正済決定係数がわずかではあるが低くなること(表3)、第3四半期季節ダミー変数のt-値の絶対値が1より小さくなることから、最終的なモデル式からは、第3四半期季節ダミー変数をはずした。

表3. 第3四半期季節ダミー変数をモデル式に組み込んだ場合のパラメータ

$R^2 = 0.92239$	R^2 : 自由度修正済決定係数
$SD = 0.0123461$	SD : 標準偏差
$DW\text{比} = 1.97609$	$DW\text{比}$: ダービンワットソン比

さて、国産丸太価格指数と米材輸入量の相関は表4のようである。

表4. 国産丸太価格指数と米材輸入量の相関

	P_d	
M_{us}	0.6498	P_d : 国産丸太価格指数
M_{us-1}	0.6394	M_{us} : 米材輸入量合計
M_{us-2}	0.7664	M_{us-1} : 1期前の米材輸入量
		M_{us-2} : 2期前の米材輸入量

ここで2期前の米材輸入量 M_{us-2} と国産丸太価格指数 P_d との相関が高いので、(1)式の M_{us} を M_{us-2} に置き換えた場合、計算されたモデル式のパラメータは

$$\begin{aligned}
 R^2 &= 0.909804 & M_{us-2} \text{の } t\text{-値} &= 0.88834 \\
 SD &= 0.0133069 \\
 DW\text{比} &= 2.13519
 \end{aligned}$$

となり、モデルとしての予測精度が下がったので、 M_{us-2} は採用しなかった。同様に M_{us-1} を M_{us} に置き換えた場合も試みたが、 $R^2 = 0.921203$ と自由度修正済決定係数がわずかではあるが低くなかった。このため、 M_{us-1} がモデルに組み込む米材輸入量としてはもっとも望ましいといえる。同様の手続きで木造住宅着工戸数 H などほかの変数についてもタイムラグを与えた場合、どのような影響がでているか調べたが、予測精度が向上するような組み合わせはなかった。

国産丸太価格指数と米材丸太の日本価格、米材丸太産地価格との間の相関をみると、ほぼ似かよっている。その中でタイムラグを与えたときの国産丸太価格指数に対する相関関係を調べると、1四半期のタイムラグがある場合、米材丸太産地価格の方が米材丸太の日本価格よりも国産丸太価格指数に対する相関が高い(表5)。そこで、(1)式の米材丸太の日本価格 P_j を米材丸太産地価格 P_{us} 及び P_{us-1} に置き変えて予測モデルを作成してみたが、ともに予測精度が下がった。

表5. 国産丸太価格指数と米材丸太価格指数の相関

	P_d	P_d	
P_j	0.8539	P_{us}	0.8344
P_{j-1}	0.7866	P_{us-1}	0.7927

表6. 米材丸太の日本価格を米材丸太産地価格に置き換えたときのモデル式のパラメータ

Pj → Pus	Pj → Pus-1
$R^2 = 0.90398$	$R^2 = 0.872083$
SD = 0.013733	SD = 0.0158476
DW比 = 1.6893	DW比 = 1.67188

なお、為替変動の影響を予測モデルの中に取り込むことが目的の一つであったため、(1)式に直接米材丸太産地価格を取り込むよりは、米材丸太産地価格と円レートから米材丸太の日本価格を推定し、そこで求められた米材丸太の日本価格を用いて国産丸太価格指数を予測する方が望ましい。そうすれば、当初の狙いどおり予測モデル中に為替変動を組み込むことができる。ここでは、結果的に米材丸太産地価格から直接に国産丸太価格指数を推定することなく、上記のように望ましい形で国産丸太価格指数を推定する(1)式が構成できた。在庫量を表す変数としては米材輸入量と全外材の輸入量という2つを説明変数の候補とした。全外材輸入量と米材輸入量を比べると、変動の傾向はほとんど変わらない(図17)。ただし、全外材輸入量と米材輸入量について、将来の動きを推定するための情報を収集することを考えると、米材に関しては資料がよく整備されているのに対し、すべての外材を対象とした場合は、例えばチリのように新規に開拓された木材輸出国については、予測式を作成するのに十分な資料が整備されていない。また、(1)式の米材輸入量を全外材の輸入量と置き換えてモデル式を作成してみても、モデル式のパラメータは

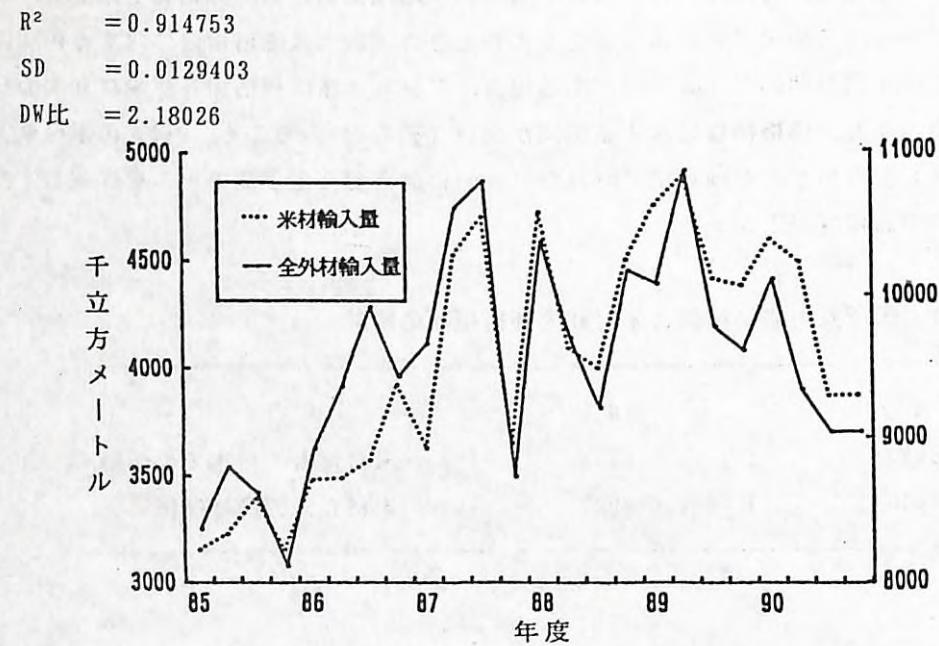


図17. 米材輸入量と全外材輸入量の時系列的な動き

となり、米材輸入量を説明因子としたモデル式に比べ、予測精度も低かった。こうしたことから、理論的には全外材の輸入量から在庫量を考えた方が望ましいと思われるが、本モデルでは便宜的に米材輸入量を用いた。

(2) 米材丸太の日本での価格推定式

国産丸太価格指数を推定するために収集した説明変数のうち、国産丸太価格指数との相関がもっとも高いのは米材丸太の日本価格であった(図18)。これは外材寡占下にあるわが国では、米材が木材価格を決める上で強い影響力を発揮していることを示している。そこで、直接に米材丸太の日本価格をシナリオ化して将来の国産丸太価格を推定するのが、もっとも理解しやすい予測モデルの構造であろう。しかし、米材丸太の日本価格と米材丸太産地価格を比較してみると、図19で示したように米材丸太の日本価格は変動が大きく、将来の価格予測に対する予測は難しい。これに対し、米材丸太産地価格は階段状ではあるが単調増加の傾向にあり、比較的シナリオが立てやすい動きをしている。なお、先に述べたように国産丸太価格指数と米材丸太産地価格の動きには相関があるので、重ね合わせてみると86年度から89年度にかけては、ほぼパラレルな関係になっていることが分かる(図20)。

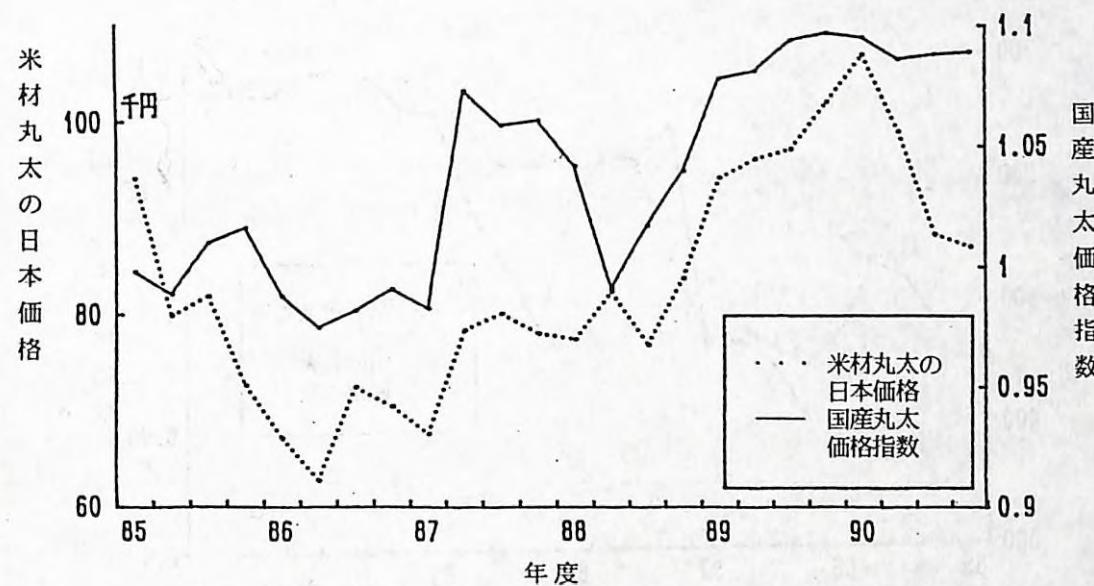


図18. 国産丸太価格指数と米材日本価格の動き

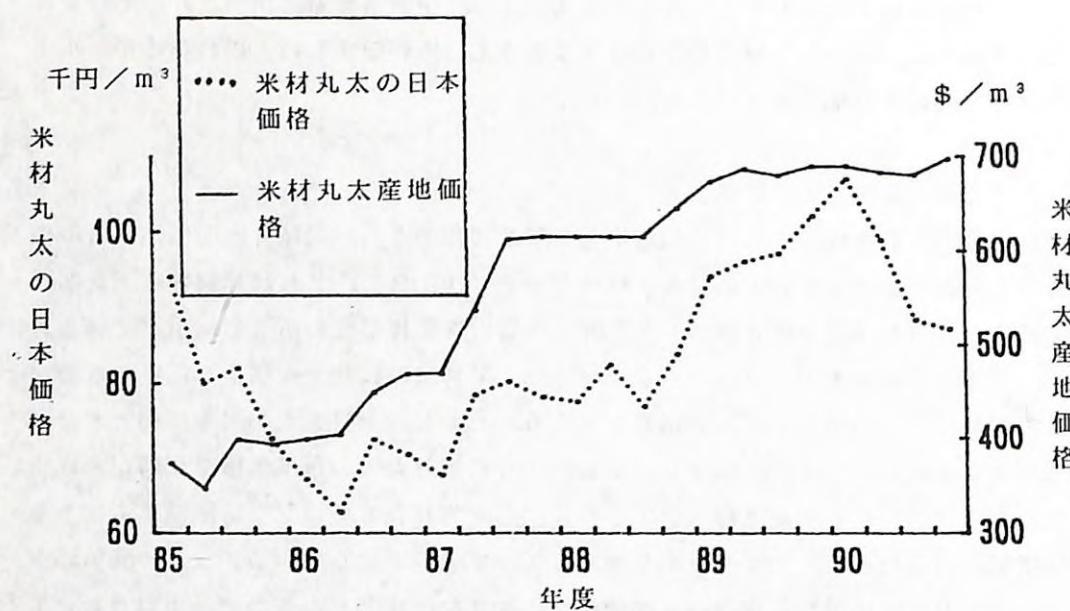


図 1-9. 米材丸太の日本価格と米材丸太産地価格の比較

つぎに、近年の為替変動は、需要量の 70 %を外材に依存しているわが国の木材市場としては無視できず、先に述べたように国産丸太価格指数の予測モデルでも、為替変動を組み込む必要がある。そこで、(2)式は米材丸太の産地価格と円レートから、米材丸太の日本での価格を推定することを目的としたモデルとなっている。

(2)式では一期前の米材丸太産地価格が日本での米材丸太価格に影響を与えることになっている。さらに、円レートがドルに対し安くなれば日本での米材丸太価格も上昇し、木材需要量を表す木造住宅着工戸数が増加すれば、やはり米材丸太の日本価格も上昇する。こうした傾向はほぼ期待したとおりであり、符号条件、 t 一値、DW 比も問題ない。

米材丸太の日本価格と米材丸太産地価格で四半期分のタイムラグが生じるのは、米材丸太の産地価格が単純な市場メカニズムで決まるのではなく、米材輸出業者の価格提示とそれに対する買い方である日本の木材輸入商社の交渉で決まるため、1か月先の輸出価格が予め決まってしまうこと、船積みから輸送、日本への到着までの日数を考慮すると、この程度の時間のズレは当然であろう。

円レートと国産丸太価格との単相関は表 7 のように負の関係がある。この関係は、図 2-1 で見ても判然としており、円レートが下がってくるにつれ、逆に国産丸太価格指数が上昇している。つまり、円高差益が国産丸太には表れていないことになる。

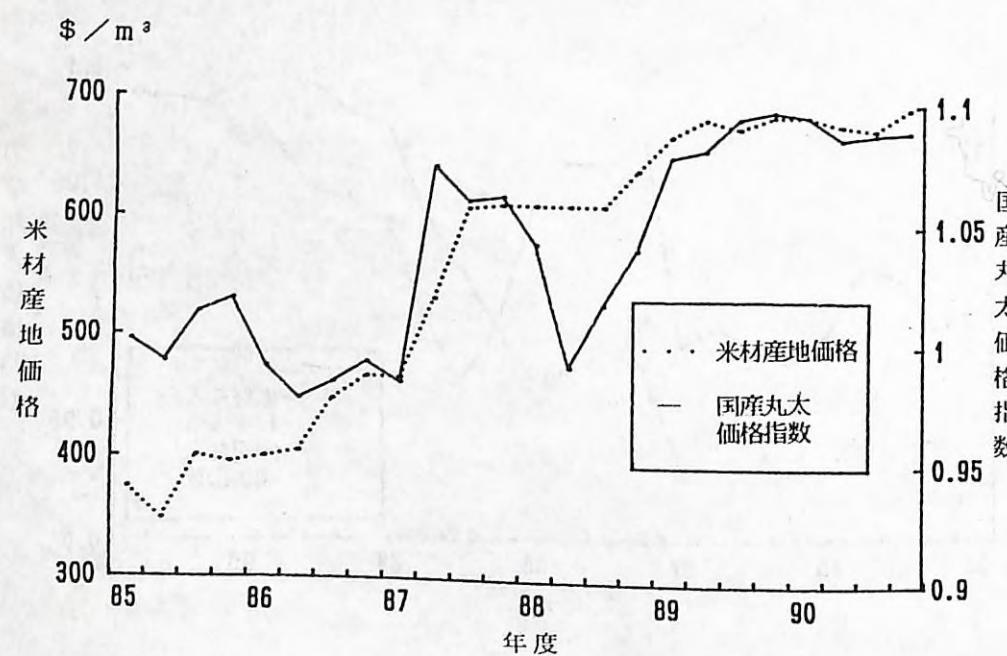


図 2-0. 国産丸太価格指数と米材産地価格の動き

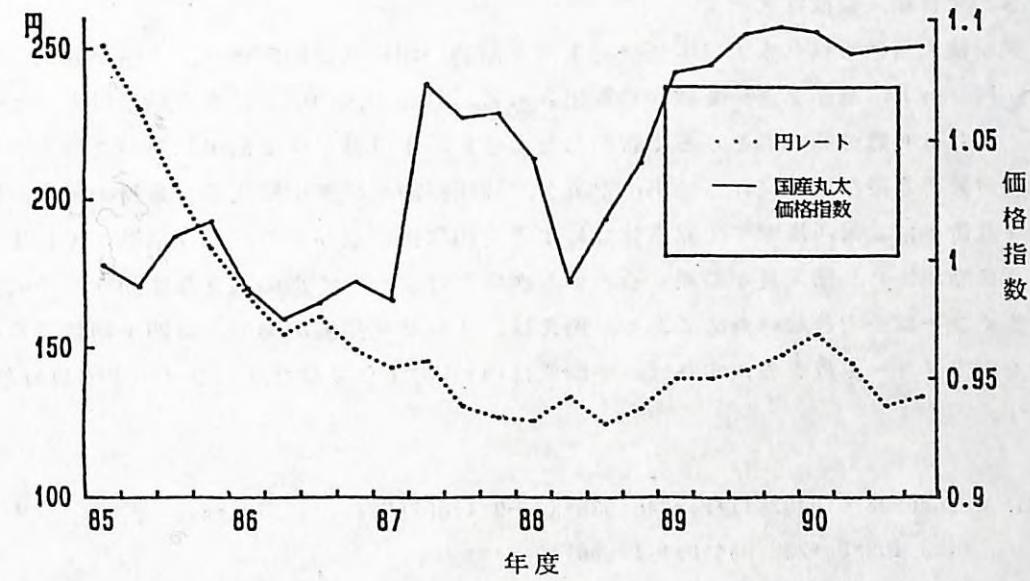


図 2-1. 円レートと国産丸太価格指数の動き

表7. 円レートと国産丸太価格指数の相関

	Pd	Pd : 国産丸太価格指数
	Exc	Exc : 円レート
Exc	-0.3516	Exc-1 : 1四半期前の円レート
Exc-1	-0.4036	Exc-2 : 2四半期前の円レート
Exc-2	-0.4565	

以上のことから、モデル作成以前は円レートの係数は負の符号がついた係数で表現されるのではないかと懸念されたが、最小自乗法による計算で得られたモデル式で、円レートの係数は通常の常識的な解釈が可能な、正の符号関係を示した。需要の大きさも米材丸太の日本価格に影響を与えるが、これについては木造住宅着工戸数で表現した。1四半期前、2四半期前とのタイムラグを持った関係についても(1)式の場合と同様に検討し、もっとも予測精度がよい当四半期の木造住宅着工戸数を採用した。

なお、米材丸太の日本での価格は米材丸太の産地価格と円レートを乗じた形の式で表現すべきであるが、これを線形にするためには対数変換を施す必要がある。その場合、木造住宅着工戸数との関係について整合性がとれなくなるので、すべて線形関係を前提にモデル式を設定した。

(3) 米材輸入量推定式

米材輸入量は米材丸太の日本価格と1四半期前の銀行貸出約定金利、1四半期前の輸入量、円レート、季節ダミー変数から算出される。3つの式の中では推定精度はもっとも悪い。これは変数の動きのところで説明したように、1987年度前半にあった日本の住宅着工戸数の急激な増加に伴う価格の上昇と、同年度前半の集中豪雨的な米材の輸入、続く同年度後半は北米西海岸での異常乾燥による入山禁止措置があり、伐採活動が停止するという事態が生じ、輸入量が激減するという例年とはまったく別の大きな変動を、予測式がうまくフォローできないためである。例えば、1987年度の第2、3四半期に異常な変動を表すダミー変数を導入すれば、予測式は(4)式のようになり、パラメータも良好な値を示す。

$$(4) M_{us} = 5695.03 + 0.0402611 * P_j - 245.538 * R_{-1} - 0.43802 * M_{us-1} - 12.791 * E_{xc} \\ + 193.409 * D_1 + 232.034 * D_2 + 417.961 * D_{87}$$

$$R^2 = 0.869775$$

$$SD = 189.025$$

$$DW\text{比} = 2.63688$$

D_{87} : 87年の異常時期を表すダミー変数

(4)式のパーシャルテストの結果を図示してみると(図22)，確かにあてはまりがよい。ただし、このような激しい変動は現在の北米西海岸での価格決定手続きをみれば、再度生じる可能性は高い。(3)式でも推定精度は多少悪いが、輸入量の振幅をある程度は表現しているので(図22. 米材輸入量のパーシャルテストの結果)，1987年の異常な動きを避けるためのダミー変数を採用しないで、米材輸入量を推定することとした。

つぎに符号条件を見てみる。前期の木造住宅着工戸数が多ければ在庫量が減少するので、輸入量は増加する。また、日本での米材価格が高ければ日本市場の魅力が高まるので輸入量は増加し、安くなれば減少する。銀行貸出約定金利が低くなれば商社は運転資金を調達しやすくなるので輸入量は増加し、金利が高くなればその逆の現象が生ずる。前期の米材輸入量が多ければ在庫調整のためその後の入荷量は減らされる。円レートについては円が安くなれば輸入業者にとって買い付け価格が高くなるので、米材輸入量が減り、円がドルに対し高くなれば買い付け価格は安くなるので輸入量は増加する。

なお、木造住宅着工戸数の $t-1$ 値の絶対値は1より小さく、モデル式からはずせば自由度修正済決定係数は表8に示したように改善される。しかし、改善される程度が僅少であることと、木造住宅着工戸数をモデル式から除くと需要量を表す因子がなくなってしまうため、(3)式には木造住宅着工戸数を残したままにした。

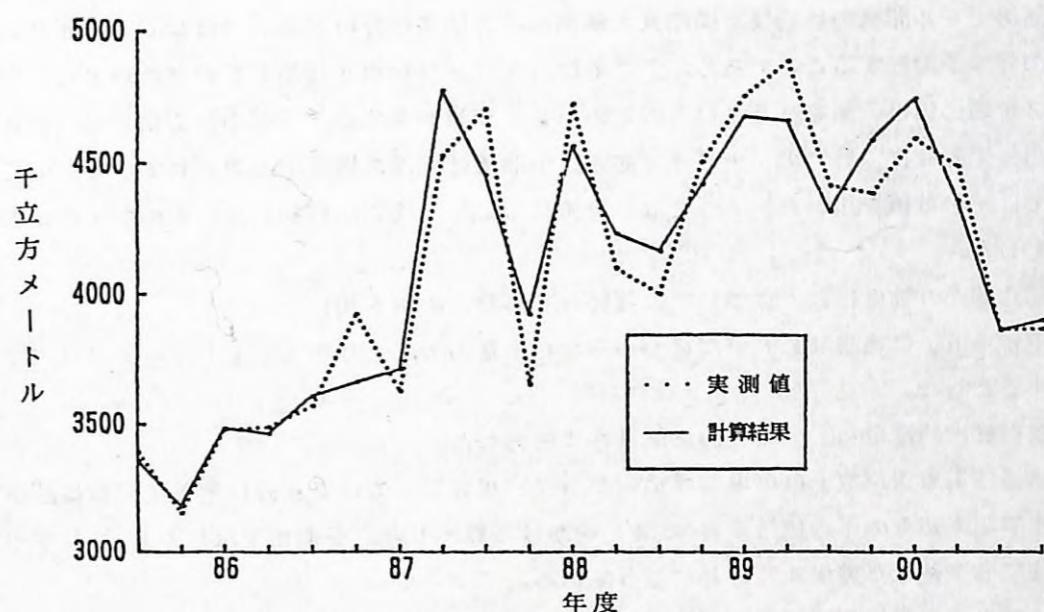


図22. 1987年にダミー変数を設定したときのパーシャルテストの結果

表8. 米材輸入量の予測モデルから木造住宅着工戸数を除去した場合

$$(5) M_{us} = 6498.79 + 0.0425565 * P_j - 290.606 * R_{-1} - 0.556112 * M_{us-1} - 14.7535 * Exc + 205.171 * D_1 + 356.588 * D_2 + 147.567 * D_3$$

t - 値		
R^2	= 0.816356	定数
SD	= 224.468	P_j
DW比	= 2.37013	R_{-1}
		M_{us-1}
		Exc
		D_1
		D_2
		D_3

5. 国産丸太価格指数の将来予測

1) シナリオの数値

今回のモデル開発の目的は、国産丸太価格の決定構造を分析するのではなく、国産丸太価格の将来予測をすることである。ここでは、1990年第4四半期を現在時点とし、向こう2年間の価格予測を行うという仮定のもとに作業を進めた。予測のために必要なのは5つの外生変数についてのシナリオである。予測値は外部の機関で公表されているものについてはその数値を用いた。そうでない数値については現在の数値に近いものがそのまま継続とした。

①「総合卸売り物価指数」については日経NEDSの値を用いた。

②「円レート」は適当な公表値が見つからなかったので、とりあえず1ドル=130円で推移するとした。

③「銀行貸出約定金利」は現在のまま推移するとした。

④「木造住宅着工戸数」は市場開発情報センターが公表している新設住宅着工戸数に、過去4年間の木造率の平均値(43.6%)をかけて算出した。予測値では年々8.5%ずつ新設住宅着工戸数が減少することになっている。

⑤「米材丸太の産地価格」は1990年度の産地価格の平均値で推移するとした。

以上の仮定に基づいて作成したシナリオは表9のようである。

表9. 外生変数の時系列的な推移とシナリオ設定値

年	四 半 度	期	米材丸太 産地価格 (\$)	円レート (円)	木造住宅 着工戸数 (戸)	総合卸売り 物価指数	銀行貸出 約定金利 (%)
1985	1		375	251	167301	1.010	6.659
	2		348	230	143210	0.999	6.535
	3		400	205	148333	0.976	6.505
	4		395	184	131362	0.953	6.425
	1		400	168	167495	0.913	6.046
	2		405	155	165548	0.887	5.762
	3		450	161	169453	0.873	5.652
	4		470	150	146470	0.869	5.456
	1		470	144	194347	0.868	5.158
	2		537	146	197040	0.879	4.985
	3		612	131	203695	0.876	5.004
	4		615	127	159687	0.866	4.992
	1		615	126	174748	0.863	4.993
	2		615	134	181381	0.871	4.999
	3		615	125	181451	0.864	5.017
	4		645	130	153299	0.868	5.026
1989	1		673	140	191722	0.891	5.117
	2		687	140	187272	0.898	5.363
	3		680	143	187577	0.896	5.631
	4		690	148	155811	0.900	6.268
	1		690	155	200480	0.907	6.831
	2		683	145	190629	0.907	7.088
	3		680	131	180845	0.913	7.692
	4		697	134	134813	0.913	7.692
	1		688	132	170273	0.910	6.268
	2		688	130	169108	0.909	6.268
	3		688	130	169496	0.911	5.631
	4		688	130	138055	0.910	5.631
	1		688	130	156431	0.914	5.631
	2		688	130	155363	0.917	5.631
	3		688	130	155719	0.921	5.631
	4		688	130	123356	0.921	5.631

2) ファイナルテストの結果と価格指数の予測

作成したモデルを用いて各内生変数を予測したファイナルテストの結果と、その予測値について、図23～図25に示す。ファイナルテストで国産丸太価格指数を予測する場合、米材丸太の日本での価格や米材輸入量といった外生変数については、実測値でなくモデルで算出された数値を用いるため、その推定精度は当然下がる。特に米材輸入量については1987年、1988年といった異常時の動きをバーシャルテストではフォローできたが、ファイナルテストではこの2年間をうまく推定できていない。こうした異常な米材輸入量の動きを予測するには、気象条件や北米西海岸の米材輸出業者の行動をモニターできるような因子を取り入れた幅の広いモデルを開発する必要があろう。

さて、設定したシナリオでの国産丸太価格指数の将来予測を見ると、1991年度は1990年度の95%，1992年度は92%と価格指数は急速に下がることが予測された。米材丸太の日本での価格は1990年度後半に急落したが、1991年度は低落傾向は止まり、今後はやや下がり気味ながらも、おおむね横這い状態になると予測された。米材輸入量は1990年度後半は減少するものの、1991年度に入れば、再度水準をあげ400万立方以上の輸入量で推移すると予測された。

3) 乗数分析

外生変数の値を変更したとき、それが内生変数に与える影響が乗数効果である。

ここでは各外生変数に設定したシナリオの値を一定割合だけ上下させたときの国産丸太価格指数の変動について検討する。なお、外生変数のうち総合卸売り物価指数については乗数分析は行わなかった。これは、総合卸売り物価指数が変化すれば、建築コストや建築資金、銀行貸出約定金利なども大きな影響を受け、木造住宅着工戸数やほかの外生変数も相当変動してしまい、乗数分析を行っても意味がないためである。なお、乗数分析を行う場合、対象とする外生変数以外は最初のシナリオ設定値のままに固定してある。

乗数分析を行うため、各外生変数を1991年度と1992年度の2年間、上下に10%づつ変化させたときの国産丸太価格指数の変動について調べた。乗数効果が最も大きいのは木造住宅着工戸数が変化したときであり、平均変動率は3.76%であった。続いて円レート（平均変化率1.18%）、米材丸太の産地価格（平均変化率1.12%）であり、銀行貸出約定金利では平均変化率が0.15%とほとんど変化が見られなかった。なお、図26～図29に乗数効果の結果を図示しておく。変化率は1991年度の方が1992年度に比べ高く、四半期ごとの変動も1991年度には振幅があるが、1992年度になれば一定の変化率に落ち着いてくる。

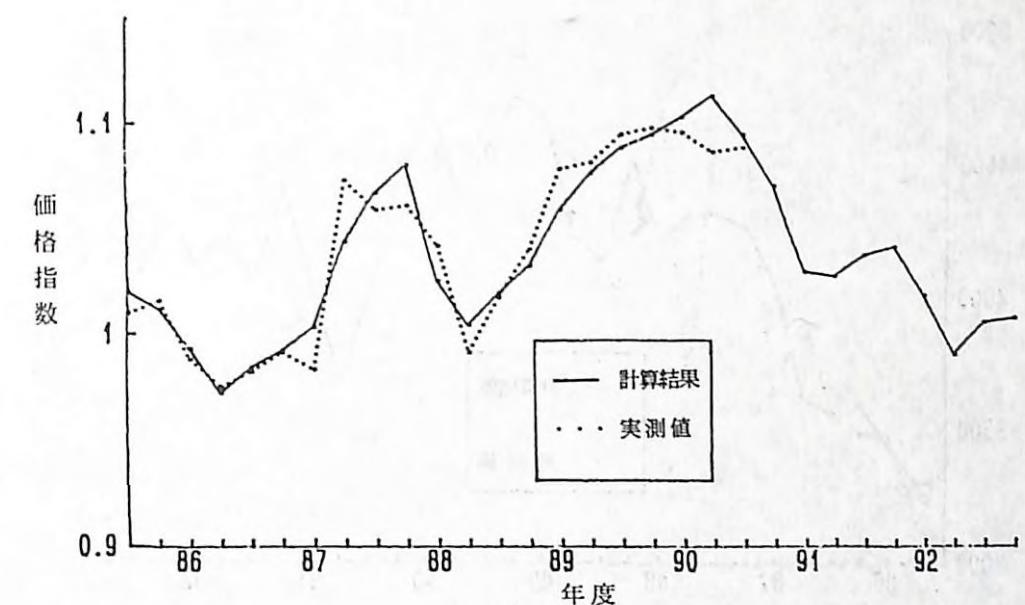


図23. ファイナルテストにおける国産丸太価格指数の動き

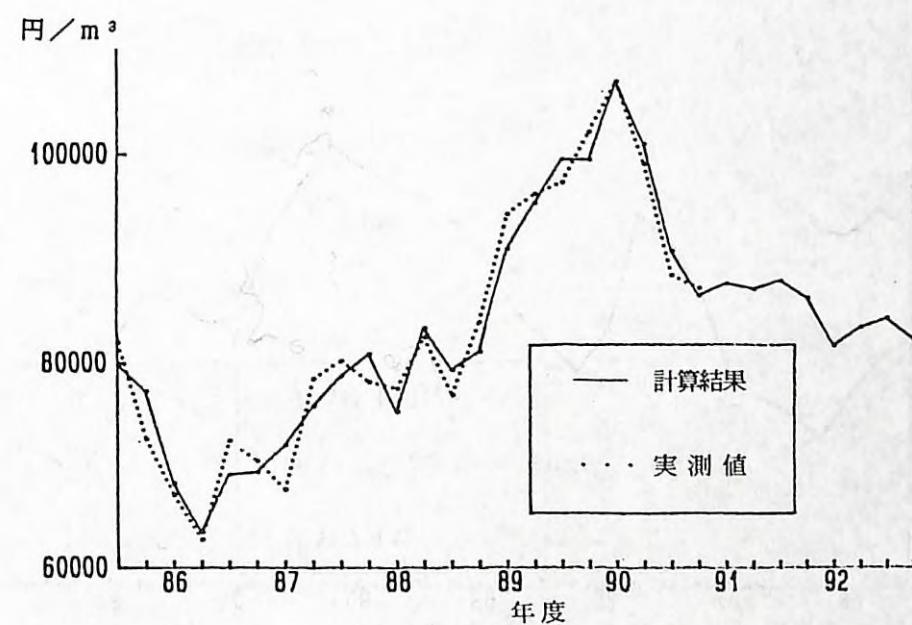


図24. ファイナルテストにおける米材丸太の日本での価格の動き

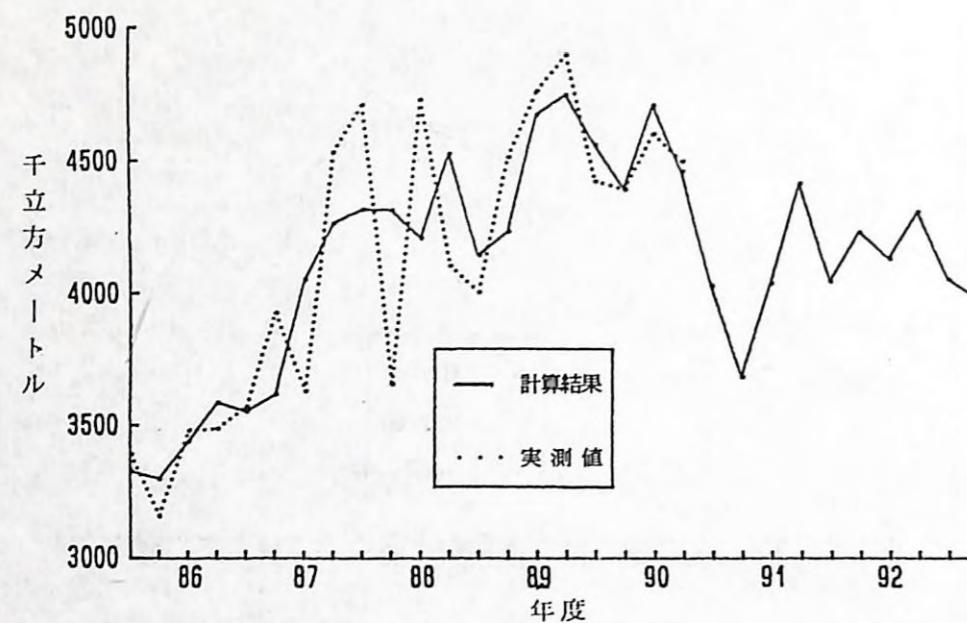


図 25. ファイナルテストにおける米材輸入量の動き

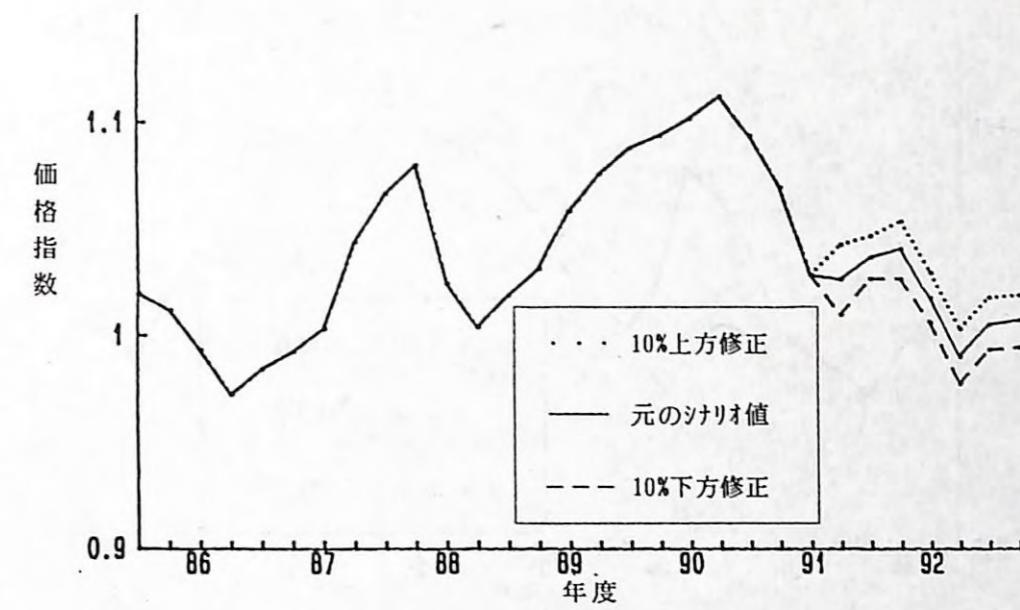


図 27. 米材丸太の产地価格が変化した場合

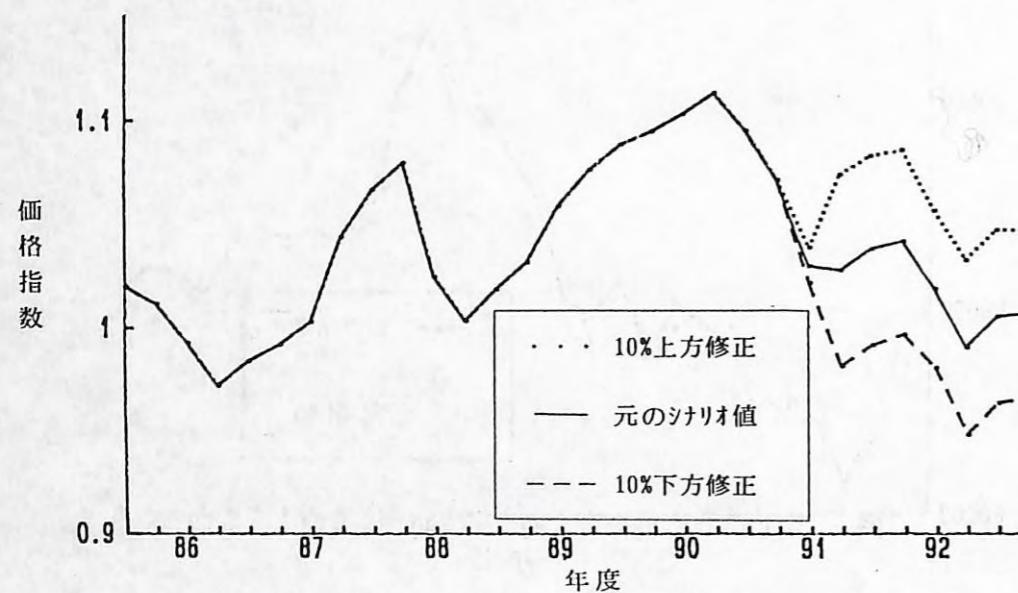


図 26. 木造住宅着工戸数が変化した場合

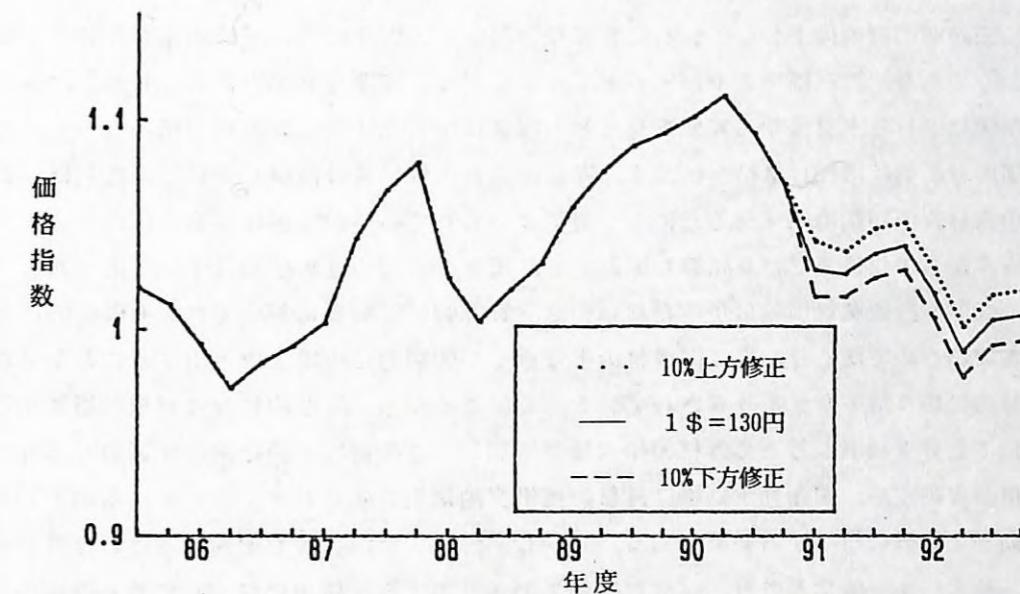


図 28. 円レートが変化した場合

った因子を取り上げ、資源量のような供給側の制約を説明する因子は取り上げなかつた。

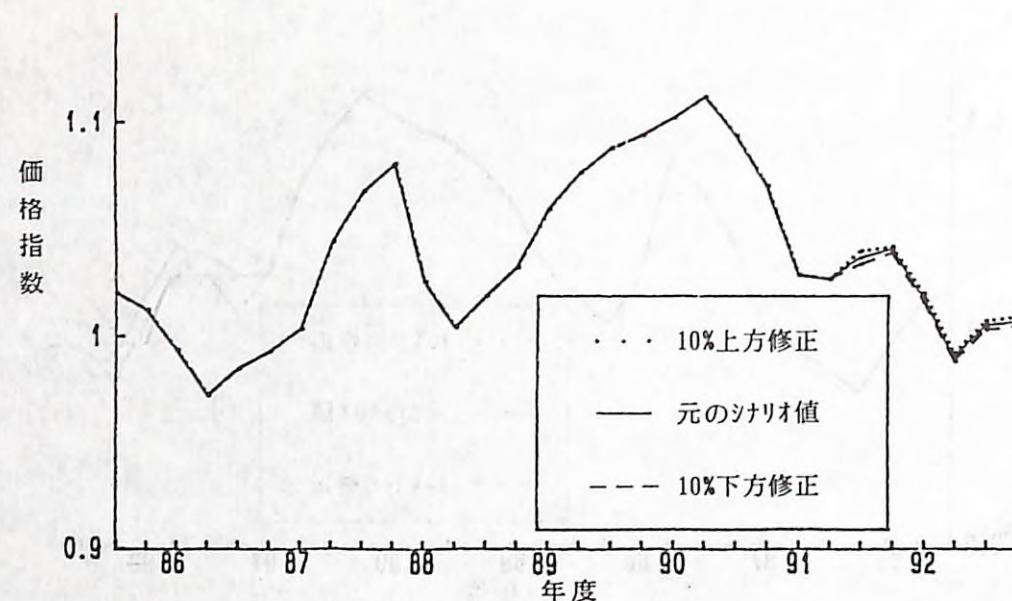


図29. 銀行貸出約定金利が変化した場合

V まとめ

目的が短期予測であるためと、供給材積の不足分は容易に外材で補完される現状から、供給側の伐採可能材積の量などはここでは問題にしていない。せいぜい、米材の産地価格を供給面からの説明因子としているにすぎない。あの因子は需要面に焦点を合わせたものばかりであり、素材価格を予測するモデルとしては不完全なものである。しかし、現在のわが国における木材供給の実態を見ると、図2に示したように需要量が増加しても、それが国産材の供給増加には結びつかず、逆に国産材の供給量は減少している。これは、わが国の森林資源が端境期にあるためと一般にはいわれているが、保続生産を前提として人工林資源からの伐採量だけを試算してみても、現在の2倍程度の供給は十分可能である（天野、1991）。国産材供給量が伸びないのは、資源的には需要に対応できても価格的に出荷できないためであろう。現に間伐材の半分近くが価格的に市場まで搬出することができず、林内に切り捨てたまま放置されている。このことから、短期的には需要量が増加すると供給不足分を補填するため外材の輸入量が増加し、この過程で需給関係が逼迫して外材の価格が変動する。国産丸太価格は外材の価格変動に引きずられて上昇しているので、外材の動きを的確に予測する必要がある。しかし、外材の資源状況を把握することは難しく、また、輸入先も多岐にわたり、ときには南米のチリのように新規に参入していく供給先もあるので、供給側の因子を特定することは難しい。このため、モデルでは短期的な価格変動に関連が深いと予想された米材価格、木造住宅着工戸数、円レート、貸出約定金利とい

つぎに本モデルの問題点を整理すると、以下のようなである。

①マクロ経済に関する予測は天気予報のように予測そのものの対象である天候を人為的に変えてしまうことができないものと違い、経済成長率や総合卸売物価指数、円レートなど、行政担当部局の政策変数的なものが含まれてくる。このため、まったくの予測ではなく、一種の条件付き予測といえる。今回のモデルにおいても木造住宅着工戸数が伸びれば、供給を増加させるような政策が取られ、結果的にモデルで予測するほどの価格上昇が生じなくなるし、政策目標としての木材価格より実際の木材価格が低迷していれば、何らかのテコ入れ策が取られる。このようにマクロ経済モデルでは純粋な予測モデルとは異なり、多少のフィードバック的な行動をとることから、政策当局が取るべき行動についても政策変数としてモデル内に組み込む方が、予測精度は向上するであろう。

開発されたモデルは木材価格の形成に絡んだ経済因子のみを取り上げて構築しており、政策因子を取り込んでいない。このため、林野庁の主産地形成、木材の流通機構整備といった木材価格の形成に関係が深い政策の影響をこのモデルでは評価できない。今後は単なる価格の予測だけでなく、木材価格に対する政策インパクトを評価できるようなモデルに拡充すべきである。

②わが国の木材価格は樹種や品等によって大きく異なる。従って、国有林にとって合理的な販売戦略を展開するためには、樹種別、素材の規格別に価格を予測できるモデルの構築が必要である。しかし、当モデルはそのような機能を有しない。このため、本来なら丸太価格の予測値を販売戦略にも役立てる必要があるので、今後はそうした働きができるようなモデルの開発が望まれる。

③米材輸入量が1987年、1988年と異常な動きをしたが、この現象を説明できる変数がモデルに組み込まれていない。今後もわが国の木材市場は米国西海岸の森林資源に強く依存すると思われる。また、米材は現在と同様にわが国での丸太価格に大きな影響を与える続けるであろう。このため、日本の国内事情と同程度に米材産地の状態を表現できるモデルにする必要があろう。

以上のように、開発されたモデルは今後解決しなければならない問題点をいくつか抱えているが、短期的な国産丸太価格の予測値を算出し、国有林経営の業務に利用するのに十分な精度は有している。

最後にデータの収集・シナリオ設定などについては、林野庁業務部販売推進室の片岡辰幸、熊谷富雄両氏にお世話をなった。ここに記して深謝する。

引用文献

- (1)天野正博, RESOURCE ALLOCATION CONCEPTS IN MULTI-PURPOSE FOREST MANAGEMENT, Proceedings of the S4.04 Meetings of 19th IUFRO World Congress, Virginia Polytechnic Institute and State University, 1991.
- (2)森 義昭, 木材価格変動分析, 日林誌 Vol.52, P227-237, 1970
野田 巍, 天野正博, 均衡モデルによる木材需給予測, 昭和61年度成果選集, 林業試験場, 1986
- (3)尾崎タイヨ, 計量モデル分析と数値計算法, ホルト・サウンダース, 1985
- (4)安井正美, 日々野義光, 天野正博, 山口正三, 山本哲也, 佐藤隆幸, 新たな森林・林業の長期ビジョン, 地球社, 1987
- (5)唯是康彦, 行武潔, 製材・合板・紙パルプの計量経済分析, 黄帆社, 1977