



日本銀行ワーキングペーパーシリーズ

ヘドニック関数の時系列変化と 価格指数への影響について - デスクトップパソコンのケース -

平形尚久*

naohisa.hirakata@boj.or.jp

No.05-J-1
2005 年 1 月

日本銀行
〒103-8660 日本橋郵便局私書箱 30 号

* 調査統計局

日本銀行ワーキングペーパーシリーズは、日本銀行員および外部研究者の研究成果をとりまとめたもので、内外の研究機関、研究者等の有識者から幅広くコメントを頂戴することを意図しています。ただし、論文の中で示された内容や意見は、日本銀行の公式見解を示すものではありません。

なお、ワーキングペーパーシリーズに対するご意見・ご質問や、掲載ファイルに関するお問い合わせは、執筆者までお寄せ下さい。

商用目的で転載・複製を行う場合は、予め日本銀行情報サービス局までご相談ください。転載・複製を行う場合は、出所を明記してください。

ヘドニック関数の時系列変化と 価格指数への影響について

- デスクトップパソコンのケース - *

平形尚久[†]

2005 年 1 月

概 要

本稿では、デスクトップパソコンのヘドニック関数の時系列的な変化、つまり関数の陳腐化が、実際にどの程度品質調整を通じて、価格指数に影響を与えうるのかを考察する。本稿の先行研究と異なる点は、先行研究においては関数の時系列的な不安定性についてのみ分析しているのに対し、本稿ではそれが品質調整の過程を通じて物価指数にどの程度の影響を与えうるかを関数形による違いの観点から分析している点にある。分析の結果、関数形を選択する際には、ヘドニック関数を推定する際のサンプル内での当てはまりの良さの基準だけでなく、ヘドニック関数の再推定の間隔が長くなることによる誤差も考慮する必要があることがわかった。製品の品質向上が速く、再推定の間隔が長い場合には、両側対数形のように単純かつパラメータが特性変数のレベルに依存しない関数形を選択することが望ましいとの結果を得た。

*本稿の作成にあたっては、分析段階で、宇都宮浄人氏（日本銀行調査統計局）、清水秀昭氏（現日本銀行考査局）に丁寧なご指導、コメントをいただいた。また、関根敏隆氏（現 BIS）、肥後雅博氏（日本銀行調査統計局）、白塚重典氏（日本銀行金融研究所）から有益なコメントをいただいた。永井祐一郎氏（一橋大学経済学研究科）には、研究の補助を頂いた。この場を借りて深く感謝の意を表したい。もちろん、本稿のありうべき誤りは全て筆者に属するものである。本稿で示された見解は筆者個人のものであり、日本銀行、調査統計局のものではない。

[†]日本銀行調査統計局（E-mail：naohisa.hirakata@boj.or.jp）

1 はじめに

ヘドニック法による品質調整は、ある時点において観測データによって推定されたヘドニック関数から新旧製品の理論価格を算出し、理論価格の比率を両製品の品質比とみなすものである（ヘドニック・アプローチの一般的な解説は、太田（1978）、白塚（1998）、日本銀行調査統計局物価統計課（2001）を参照）。このヘドニック関数は、技術進歩や消費者の嗜好の変化、市場構造の変化によって変化しうるものであるため、時系列的に不安定である可能性が高い。また、先行研究においても、ヘドニック関数は時系列的に不安定であるということが実証的に示されている。

こうした中、ヘドニック法による品質調整を行う場合、過去に推定したヘドニック関数を用いて、理論価格を求めることにより品質調整を行うため、推定時点と品質の評価時点にタイムラグが発生する。もし、ヘドニック関数が時系列的に不安定であれば、タイムラグとともにヘドニック関数が陳腐化し、品質評価、さらには品質調整済みの価格指数に影響を及ぼすことになる。

そこで本稿では、デスクトップパソコンのヘドニック関数の時系列的な変化、つまり関数の陳腐化が、実際にどの程度品質調整を通じて、価格指数に影響を与えるのかを考察する。その際には、関数形の違いが陳腐化の程度に与えるインパクトに着目する。分析の結果、ヘドニック関数の関数形を選択する際には、ヘドニック関数を推定する際のサンプル内での当てはまりの良さの基準だけでなく、ヘドニック関数の再推定の間隔が長くなることによる誤差も考慮する必要があることがわかった。

本稿の構成は、まず、2節で先行研究を簡単に概観した後、3節で推定時点の違いによるヘドニック関数の陳腐化を示す指標の作成方法について説明する。4節では分析の基礎データの作成方法とデータの動きを説明し、5節でそのデータを用いてヘドニック関数の推定を行う。6、7節では、ヘドニック関数の推定時点と関数陳腐化の度合いを検証し、その結果の評価を行う。最後に8節で結論および今後への課題を述べる。

2 ヘドニック関数の先行研究との関係

物価指数作成に利用されるヘドニック関数は、製品価格を特性変数で回帰したものである。このため、このような形で推定されたヘドニック関数は、理論的には、その製品の市場価格に関する誘導形の関数に過ぎない。従って、技術進歩、消費者の嗜好の変化あるいは消費者の分布、市場均衡条件に変化があった場合、ヘドニック関数のパラメータは容易に変化することが指摘されてきた¹。Pakes(2004)では、

¹ヘドニック関数の理論的背景としては、製品の差別化された市場の均衡から生成された特性と価格の関係式として解釈するものが多い。一連の論文としては、Rosen(1974)、Epple(1987)、Anderson et al.(1992)、Berry et al.(1995、2004)、Feenstra(1995)、Petrin(2002)、Ekeland et al. (2004) など。

ヘドニック関数は、必ずしも需要者の限界便益、供給者の限界費用を示すものではなく、複雑な市場均衡の結果であると述べている。

また、実証面では、Berndt et al.(1995)、Pakes(2003) などが、パーソナルコンピュータを対象にヘドニック関数を推計し、そのパラメータが時系列的に不安定であることを指摘している。また、わが国においては、白塚 (1998) が、パーソナルコンピュータのヘドニック関数に関して、推定パラメータが時間とともに変化していることを指摘している。

このように、ヘドニック関数が不安定であることは、理論的にも実証的にも指摘されてきたが、これら先行研究では、ヘドニック関数自体のパフォーマンスについての検討は行っているものの、それが品質調整を通じて、作成される価格指数にどの程度の影響を与えるかの分析はなされていない²。そこで、本稿では、わが国のデスクトップパソコンについてヘドニック関数を推定し、実際に品質調整効果にどのような影響があるかという点にまで踏み込んで、検討を行った。

3 関数の陳腐化測定フレームワーク

本稿では、ヘドニック関数のパラメータの変化自体を検証することに加え、実際に、ヘドニック法による品質調整を行った際に、推定時点からのタイムラグや関数形の選択が、新旧製品の品質格差の評価にどの程度の影響を与えうるかを検証する方法を採っている。以下ではそのフレームワークを説明する。

3.1 ヘドニック法による品質調整方法

ヘドニック関数のパラメータ、関数形などの違いによる価格指数への影響を分析するためには、ヘドニック関数のみの性質を分析するだけでは不十分である。Griliches(1961) 等によって紹介されているヘドニック法による品質調整済み価格の作成方法では、品質比をヘドニック関数により算出された理論価格の比として定義し、品質調整済み価格を算出する³。つまり、このような場合の品質調整済み価格は次のようになる。

$$\text{品質調整済み価格指数} = \frac{\text{新製品の表面価格/旧製品の表面価格}}{\text{新旧製品の品質比}} \quad (1)$$

²Cropper, Deck and McConnel(1988) では、関数形選択について検討を行っている。また、Anglin and Gencay(1996) ではセミパラメトリック推定、Moulton(1991)、Gilley and Pace(1995) では、ベイズ推定によるヘドニック関数の検討を行っている。

³ヘドニック法による品質調整で、このような方法を採用している例としては、企業物価指数におけるパーソナルコンピュータ、サーバ、プリンタ、ビデオカメラ、デジタルカメラなどである。これらについては、日本銀行ホームページ、もしくは物価統計課 (2001) 等を参照。一方、消費者物価指数におけるパーソナルコンピュータは、時間ダミーを含めた隣接 2 期間のヘドニック関数を推定し、推定された時間ダミーのパラメータから価格指数を作成している。その他のヘドニック法による品質調整済み価格の算出方法については、Triplet(2004) を参照。

ここで

$$\text{新旧製品の品質比} = \frac{\text{ヘドニック関数から算出した新製品の理論価格}}{\text{ヘドニック関数から算出した旧製品の理論価格}} \quad (2)$$

ヘドニック法による品質調整を行う際に、(1) 式のような品質調整方法を採用した場合、ヘドニック関数の推定時点と品質評価時点に乖離が生じる。通常、ヘドニック関数は、品質比の評価を行う度に随時再推定を行うものではなく、より少ない頻度で再推定を行うことが多い。その結果、品質比を推定する時期によっては、古いデータで推定したヘドニック関数で品質比を推定することになるため、新しいデータで推定したヘドニック関数で評価した品質比との間に乖離が生じる可能性がある。この乖離を関数の陳腐化と呼ぶ。本稿では、(1) 式のような品質調整方法を採用した場合、関数の陳腐化の程度とヘドニック関数の推定時点と品質評価時点の乖離がどのような関係を持つかを考察する。

3.2 ヘドニック関数の陳腐化指標の定義

ここでは、先に述べたヘドニック関数の推定期間の古さがどの程度品質評価に影響を与えるかという指標（ヘドニック関数の陳腐化指標）の作成方法について説明する。調査価格変更時には、それぞれ $\mathbf{x}_{t-n}, \mathbf{x}_t$ の特性ベクトルをもつ新旧製品が与えられる。ここで、 $\mathbf{x}_{t-n}, \mathbf{x}_t$ は、それぞれ旧製品、新製品の特性ベクトルを表している。時点 $t-n$ は旧製品の調査価格採用時点、 t は新製品の調査価格採用時点である。このとき、時点 t 期に $t-m$ 時点のデータを用いて推定されたヘドニック関数 $f(\bullet|t-m)$ を用いて算出した新旧製品の理論価格の比を品質比とすれば、 t 期の新旧製品の品質比 $g(\%)$ は次のようになる⁴。

$$g(t, m, n) = \frac{f(\mathbf{x}_t|t-m)}{f(\mathbf{x}_{t-n}|t-m)} * 100 - 100 \quad (3)$$

そこで、以下のようにヘドニック関数の陳腐化指標を定義する。

$$d(t, m, n) = |g(t, m, n) - g^*(t, n)| \quad (4)$$

ここで、 g^* は、調査価格変更時に推定した理想的なヘドニック関数によって評価された新旧製品 $\mathbf{x}_{t-n}, \mathbf{x}_t$ の品質比（％）と定義する。ちなみに、 $m=0$ のとき、 $g=g^*$ となる。また、 m は調査価格変更時点（品質評価時点）と関数推定時点の乖離である。上記 (4) 式の $d(t, m, n)$ は、 $t-n$ 期に採用した調査価格を t 期において新しい調査価格に変更する場合、 $t-m$ 期に推定したヘドニック関数を用いて評価した品質比の誤差、つまり関数の陳腐化度合いとみなすことができる。例えば、

⁴後述するように、今回の分析では、ヘドニック関数の推定期間は12ヶ月に固定しているため、時点 t が与えられれば、関数推定に用いるデータの始期、終期の双方が決まる。

$m = 12$ ヶ月、 $n = 6$ ヶ月で、 $d(t, m, n) = 10$ であったとすると、12ヶ月経過したヘドニック関数により計測した、6ヶ月の間隔が開いた調査価格の変更の品質調整は、関数形の陳腐化により指数に10%の誤差が生じることを意味する。品質調整済み価格の上昇率は、表面価格上昇率から品質向上率を引いたものと定義されることから、 $d(t, m, n)$ は、関数形の陳腐化によって生じる価格指数の誤差の大きさとなる。

4 データの作成方法および推定方法

今回の分析では、関数推定に用いるデータの期間が1期間古くなった場合の品質調整に与える効果（ d と m の関係）を考察するため、パソコン雑誌に掲載されているデータを用いて、各時点におけるヘドニック関数を推定するとともに、調査価格変更を行う際に想定する新製品と旧製品のセットをシミュレーション用に設定した。

具体的には、次のとおりである。

特性及び価格データ

- サンプルは、1999年～2003年中に発売された製品。各製品について発売月の価格をサンプルとした。このため、同一製品を異なる時期にサンプルとして加えることはしていない。サンプル数は1539。データは月次データ。
- データソースは、「日経パソコン」が中心。ただし、一部、通信販売のサンプルも含まれる。このため、小売段階での価格データとなっている。

ヘドニック関数の説明変数 ヘドニック関数の推定に際しては、説明変数はデスクトップパソコンの価格決定に重要であると思われる変数で、各期で共通の特性を用いた。具体的には、採用した説明変数は以下のようなものとした⁵。

- CPU クロック周波数
- RAM 容量
- ハードディスク容量
- TFT モニタ搭載ダミー × モニタサイズ

⁵ここで示したクロック周波数、ハードディスク容量、RAM 容量、モニタサイズ以外にも、CPU の種類、2 次キャッシュ容量、光ディスクドライブの種類、販売時にインストールされているソフトウェア、USB などのインターフェースの種類などが製品の品質を決定する上で重要であると考えられる。このような特性に関しても、性能は向上し、製品の品質を向上させていると考えられる。今回の分析では、各期の説明変数となる特性を共通にして分析を行うために説明変数として採用していない。しかし、除外変数が推定結果に影響を与える可能性がある。この除外変数が品質調整に与える影響については今後の課題にしたい。

- 時間ダミー（発売月）

ヘドニック関数の関数形 ヘドニック関数の関数形選択を行う際の検定には、異なる関数形のフィットの良さを統計的にチェックする Box-Cox 検定を用いることが一般的であるため、本稿でも Box-Cox 検定に基づいた関数形選択を行った。このため、推定した関数形は、両側 Box-Cox 形、片側 Box-Cox 形、両側対数形、片側対数形、線形で推定した。ここで、CPU クロック周波数、ハードディスク容量を Box-Cox 変換した⁶。

なお、線形、片側対数形、両側対数形は、説明変数、被説明変数の Box-Cox 変換パラメータを特定に値に固定した両側 Box-Cox 形もしくは片側 Box-Cox 形の特殊ケースとみなすことができる。

サンプル期間 サンプル期間は、12ヶ月とした。サンプルの違いによる関数の時系列変化を捉えるため、1ヶ月ずつサンプル期間をずらしてそれぞれのサンプル期間ごとに関数を推定している⁷。

調査価格変更時の製品セット (1) 式に示した品質調整方法を採用する場合、各時点で代表性のある製品を調査価格として特定し、その価格を継続的に調査する。モデルチェンジなどにより製品の代表性が喪失した時点で、新製品への調査価格の変更を行う。この調査価格の変更の際に、(1) 式の方法で、ヘドニック関数を用いて品質調整を行う。このため、(1) 式の品質調整方法に基づいてヘドニック関数を評価するためには、各時点における代表的な製品を設定することにより擬似的に調査価格の変更を行う必要がある。そこで、本稿では、パーソナルコンピュータは四半期から半年のサイクルでモデルチェンジを行うことが多いという事実を踏まえ、各時点の代表的製品のスペックと表面価格をその時点を含む後方 6ヶ月同平均値とした。

5 サンプルデータの特性

デスクトップパソコンでは 1999 年から一貫して、CPU クロック周波数、RAM 搭載容量、ハードディスク容量などの基本的なスペックは向上していることがわかる（表 1、図 1）。

⁶RAM 容量は、最適化を行う際にパラメータを見つけることができなかったため、TFT モニタサイズは 0 をとるため、Box-Cox 変換は行っていない。

⁷関数の陳腐化を考えるうえでは、ここで 12ヶ月としている関数の推定期間は短くし、古いデータをできるだけ少なくすることが望ましい。ただし、推定期間を短くすることは、サンプル数の問題から逆にパラメータを不安定にしまう可能性があるという問題がある。本稿では、このヘドニック関数の推定を行う際のサンプル期間と陳腐化の速さおよび推定値の安定性の関係については検証を行っていない。

CPU クロック周波数は、1999 年 2 月～7 月の平均が約 410MHz であったのに対し、2003 年 7 月～12 月の平均では約 2500MHz と、約 6 倍になっている。同じ期間で、RAM 搭載容量は、約 67MB から約 355MB と、約 5 倍、ハードディスク容量は、9GB から 131GB と約 14 倍の容量となった。この他、本体とセットで販売されるモニタに関しても、TFT モニタの搭載比率が高くなり、さらにその TFT モニタのサイズも大きくなっている。総じて見ると、デスクトップパソコンでは、サンプル期間を通じて性能が向上していることがわかる。

このように、性能が向上している一方、製品の販売平均価格は、1999 年には、平均 25 万円前後であったのに対し、2003 年では、20 万円前後と約 20 % 程度の下落となっている。

6 ヘドニック関数の推定結果

上記のデータを用い、1999 年 2 月以降、サンプル期間 12 ヶ月のヘドニック関数を推定した結果、上記の説明変数は、ほとんどの期間、関数形で総じて有意となったが、一部の期間で有意とならないもの、符号条件を満たさないものがあったほか⁸、推定された関数のパラメータは、不安定であるということが見てとれる⁹（図 2～5）。特に、メインメモリ（RAM）容量に関しては、特にパラメータの安定性が低く、期間によっては有意でない場合や、推定値が負となり符号条件を満たさない場合があった¹⁰。

また、尤度比検定を行った結果、一部の推定期間で両側対数形、片側 Box-Cox 形が選択されたが、ほとんどの推定期間で、両側 Box-Cox 形が最適な関数形として選択された（表 2～3）。各関数形における推定結果に関する特徴点は以下の通りとなった（図 2～5）。

- 線形、片側対数形の CPU クロック周波数、RAM 容量、HDD 容量のパラメータは、総じて下落している。これは、これら関数形は、パラメータが説明変数の大きさに依存するためであると考えられる¹¹。
- 両側対数形は、いずれのパラメータについても、基調的に上昇、下落はみら

⁸ 詳細なパラメータ推定値、有意水準は、最後の補論の表 6～15 を参照。

⁹ 線形、片側対数形、両側対数形に関して F 検定を行ったところ、関数形に関しても構造変化があり関数が不安定であることが示唆される結果となった。

¹⁰ メインメモリのような品質を決定する上で重要な特性変数が有意にならない原因の一つとして、除外変数の影響が考えられる。例えば、推定に用いる変数でメインメモリ以外の変数が同じ値である機種 A、B を考える。このとき、A の方がメインメモリの容量が大きい、推定から除外されている変数の特性値が B よりも小さいため、機種 A よりも機種 B の方が値段が低いような場合には、除外変数の影響によりメインメモリのパラメータが負の推定値となってしまう可能性がある。

¹¹ 先に述べたように、ヘドニック関数形は誘導形であるため、個々のパラメータの解釈については留意が必要であるが、線形、片側対数形の場合、CPU クロック周波数、HDD 容量のパラメータの下落は、これら部品の性能（周波数、容量等）の上昇に対し、単価が下落していることを反映している可能性がある。

れない。これは、パラメータ自体が弾性値に相当するため、説明変数の大きさに依存しないためであると考えられる。

- 両側 Box-Cox 形は、期間によって、パラメータの大きな変動がみられる。特に、クロック周波数の高い CPU が市場に投入され、クロック周波数の伸びが大きかった時期（2001 年前半あたり）の影響から、CPU クロック周波数の係数と Box-Cox パラメータが、大きく変動している。
- 最尤法で推定した結果、特に両側 Box-Cox 形において、変換パラメータ λ_i の推定期間による変動が大きくなっている。これは、推定期間によって非線形性の程度が大きく変化していることを示している。

7 推定時点が関数陳腐化に与える影響

前節では、推定時点を動かし、ヘドニック関数のパラメータを推定した。その結果、推定時点によって、ヘドニック関数のパラメータは変動していることがわかった。次に、このようなヘドニック関数のパラメータの変動が、調査価格変更時の新旧製品の品質比の算出にどの程度の影響を及ぼすかを分析する。

具体的には、先に 3 節で述べた陳腐化度合い d が、関数形によって、どのように異なるかを検証した。さらに、回帰分析でパラメータを推定することによって、その陳腐化進行の速さの比較を行った。ここでは、以下のような定式化を行った。

$$d = \alpha + \beta m + \epsilon \quad (5)$$

ここで α, β は推定するパラメータ、 ϵ は誤差項である。推定される β は、調査価格変更時点とヘドニック関数推定時点が 1ヶ月乖離することによって、関数の陳腐化がどの程度進行するかを示すパラメータである。つまり、 β は、関数陳腐化の速さを示すパラメータとなる¹²。

以下、上記 2 つの方法による検証結果を示す。

7.1 関数形による d_{mn} の差

7.1.1 分析方法

関数形による陳腐化度合いの違いを確認するため、まず、算出した陳腐化の指標 d の関数形間での比較を行った。ここでは、サンプル内で最もフィッティングの良い

¹² 関数推定時点 m だけでなく、調査価格採用時点 n も陳腐化の大きさ d に影響を与える可能性があるが、本稿では、時系列的なヘドニック関数の変化の影響に絞って分析を行うため、調査価格採用時点 n に関しては条件を固定し、 m と d の関係について分析することとする。

両側 Box-Cox 形とその他の関数形（線形、片側対数形、両側対数形、片側 Box-Cox 形）における $d_{mn}(=d(t, m, n))$ の差を次のように定義し検証した。

$$dd_{mn}^i = d_{mn}^i - d_{mn}^{dbox} \quad (6)$$

d_{mn}^i は関数形 $i \in \{ \text{線形, 片側対数形, 両側対数形, 片側 Box-Cox 形} \}$ における陳腐化の大きさである。また、 d_{mn}^{dbox} は、両側 Box-Cox 形における陳腐化の大きさを示している。 $dd_{mn}^i > 0$ の場合、関数形 i が、両側 Box-Cox 形よりも関数の陳腐化が大きいことになる。一方、 $dd_{mn}^i < 0$ の場合には、関数形 i が、両側 Box-Cox 形よりも関数の陳腐化が小さいことになる。

M, N の設定 関数の推定時点および調査価格変更の間隔 (m, n) について (M, N) という上限を設定した。この (M, N) のもとで $dd_{mn}(m = 1, \dots, M, n = 1, \dots, N)$ を算出し、各上限の設定期間 M, N における $dd_{mn}^i > 0$ となる比率

$$\begin{aligned} R_{MN} &= \Pr(dd_{mn}^i > 0 | M, N) \\ m &= 1, \dots, M, \\ n &= 1, \dots, N \end{aligned} \quad (7)$$

を算出した。

M, N によって、ヘドニック法による価格指数作成の特徴（関数再推定の頻度、調査価格変更の平均期間）が表現される。つまり、ヘドニック法による価格指数作成に際して、ヘドニック関数の再推定の頻度、平均的な調査価格変更の間隔（製品のライフサイクル）に合わせて M, N を任意に設定することによって、価格指数における関数推定時点の乖離が関数陳腐化にどの程度の影響を与えるかを分析することができる。

例えば、ヘドニック関数を 1 年に一度再推定し、旧製品から新製品へ切り替える調査価格変更の期間が平均 3 ヶ月の場合には、 $M = 12, N = 6$ として d を生成し dd_{mn} を算出する。このとき算出した $R_{12,6} = \Pr(dd_{mn}^i > 0 | 12, 6)$ は、ヘドニック関数を 1 年に一度再推定し、旧製品から新製品へ切り替える調査価格変更の期間が平均 3 ヶ月の場合の、関数形 i の陳腐化の度合いの方が両側 Box-Cox 形よりも大きい比率となる。

M, N の設定範囲 本稿では、 $6 \leq M \leq 12, 6 \leq N \leq 12$ とし、各関数形について、49 本 ($M, N = 6, \dots, 12$) を推定した。 M, N の上限を 12 と設定したのは、少なくとも一年に一度の再推定の頻度、調査価格変更期間は平均 6 ヶ月までの分析を行えるようにするためである。

例えば、企業物価指数におけるパーソナルコンピュータの価格指数作成の場合、ヘドニック回帰式は半年に一度の頻度で再推定され、更新されている。また、新製品の発売サイクルから 3~6 ヶ月で調査価格の変更を行うことが多いと考えられる。

7.1.2 分析結果

図 7、8 に $M = 12, N = 12$ として dd_{mn}^i を生成した場合のヒストグラムを示した。このヒストグラムをみると、線形、片側対数、片側 Box-Cox 形は、正の領域に多く分布していることから、両側 Box-Cox 形よりも陳腐化の度合いが大きいことが示唆される。一方、両側対数形は、負の領域に多く分布しており、両側 Box-Cox 形よりも陳腐化の度合いが小さい姿となっている。

また、生成した dd_{mn}^i から、 $dd_{mn}^i > 0$ となる比率 $R_{MN} = \Pr(dd_{mn}^i > 0 | M, N)$ を各関数ごとに算出し、関数形による違いを検証した。その結果が表 4 である。これを見ると、両側 Box-Cox 形に対して他の関数形の陳腐化の度合いが統計的に有意な差があるとは必ずしも言えないものの、 R_{MN} から、各関数形の陳腐化度合いを両側 Box-Cox 形と比較すると、以下のような結果が得られた。

- 線形、片側 Box-Cox 形では、総じて、 R_{MN} は 0.5 を上回っているが、 M, N によっては、0.5 に近い、あるいは 0.5 を切るものもあった。また、これらの関数形では、 M が大きくなるほど R_{MN} は 0.5 に近づく。このことから、陳腐化の度合いは、ほぼ同程度かやや大きいことがみてとれる。
- 片側対数形では、算出したすべての R_{MN} で、0.5 を上回っている。片側対数形では、 M が大きくなるほど R_{MN} が増加した。これは、片側対数形は、関数再推定の頻度が小さくなるほど、陳腐化の度合いが他の関数形に比べて大きくなることを示唆している。
- 両側対数形では、 M が大きくなるほど R_{MN} が低下した。これは、両側対数形は、関数再推定の頻度が低くなっても、陳腐化の度合いが他の関数形に比べて小さいことを示している。

上記から、最も当てはまりの良い両側 Box-Cox 形は、線形、片側対数形、片側 Box-Cox 形と比較して、関数の陳腐化の度合いが相対的に小さいが、両側対数形と比較すると陳腐化の度合いは大きい結果となった。

7.2 回帰分析による検証

次に、関数の推定時点が陳腐化に与える影響を回帰分析によって検証した。先の分析と同様に、関数の推定時点および調査価格変更の間隔 (m, n) について (M, N) という上限を設定し、そのもとで $d_{mn}(m = 1, \dots, M, n = 1, \dots, N)$ を算出することにより、各上限の設定期間 M, N における β_{MN} を推定した。

すなわち、 m, n と M, N に関して、以下のような形で推定を行っている。

$$\begin{aligned} d_{mn} &= \alpha_{MN} + \beta_{MN}m + \epsilon, \\ m &= 1, \dots, M, \\ n &= 1, \dots, N \end{aligned} \tag{8}$$

調査価格の変更が各月に一様に分布していると仮定した場合、 β_{MN} は、関数推定時点と調査価格変更時点の乖離が平均 $\frac{M}{2}$ ヶ月、調査価格変更期間が平均 $\frac{N}{2}$ ヶ月の場合の陳腐化度合い d と、推定時点と品質評価時点の乖離 m の関係を示すパラメータとなる¹³。

例えば、ヘドニック関数を1年に一度再推定し、旧製品から新製品へ切り替える調査価格変更の期間が平均3ヶ月の場合には、 $M = 12, N = 6$ として d を生成して推定すれば、 $\beta_{12,6}$ は、このケースにおける1ヶ月あたりの関数陳腐化の度合いとなる。

M, N の設定方法 回帰分析による分析でも、「 d_{mn} の差の検証」の場合と同様の理由で、 $6 \leq M \leq 12, 6 \leq N \leq 12$ と同じ範囲に M, N を設定して β_{MN} を推定した。

7.2.1 d_{mn} と m の相関関係

まず、散布図によって簡単に d_{mn} と m の関係を確認する。図9は、横軸を関数推定時点と品質評価時点の乖離 m 、縦軸を関数の陳腐化度合い d_{mn} として、 d_{mn} と m の関係を、各関数形ごとにプロットしたものである。ここでは、各関数形について $M = N = 12$ としている。このプロットからは、関数形が線形の場合以外は、 d_{mn} と m は正の相関があることがみてとれる。また、関数形ごとにその傾きは異なることがわかる。例えば、片側対数形のプロットを見ると、他の関数形の場合に比べて急な傾きとなっている。つまり、これらの散布図から、線形以外の関数形では、 β_{MN} は正であることに加え、その大きさは関数形によって異なることが予想される。以下では、実際に推定することによってこの点を確認する。

7.2.2 β_{MN} の推定結果

推定結果は表5のとおりである。推定の結果、 β_{MN}, M, N , 関数形について以下のような関係があることがわかった。

- 線形を除く関数形で、関数再推定の頻度 M について、 N が大きいケースほど、つまり、調査価格変更の間隔が長いケースほど、陳腐化の速さ β_{MN} は大きくなる。すなわち、製品の品質向上の速さが一定の場合、新旧製品における調査価格変更の間隔が長いケースほど、関数再推定の頻度の違いが、物価指数に与える影響は大きくなる。一方、陳腐化の速さ β_{MN} と関数再推定の頻

¹³ ここで、定数項 α_{MN} は、 d_{mn} の定義からは0となるはずであるが、推定結果では、 t 値が有意となる場合もあった。この原因としては、推定では、単純な線形関数を用いているが、実際には m と d の関係はこのような線形の関数ではなく、非線形な関数であることが考えられる。このため、本稿では、この非線形性による β_{MN} への影響を極力排除するため、推定を行う際に、上限 M を設定し、説明変数 m の範囲を特定している。推定結果をみると、 M によって β_{MN} の推定値が変動しているため、 m と d の間には非線形の関係があることが示唆される。

度 M については、ヘドニック関数の関数形によりその関係は異なる¹⁴。ただし、関数形が線形の場合は、パラメータ β_{MN} は有意とならず、関数再推定の頻度 m と関数陳腐化の間に有意な関係は検出されなかった。

- 関数形の違いによる影響をみると、片側対数形のヘドニック関数は、推定期間の遅れに伴い、品質比の計測誤差の拡大が著しい。これは、ある特性に関する価格弾性値が、その特性値の水準に依存し、大きく特性が向上した場合に、新旧製品の品質比を過大評価してしまうためであると考えられる¹⁵。
- 一方、ある特性に関する価格弾性値が、その特性値の水準に依存しない両側対数関数は、品質比の計測に対し、推定期間の遅れによる誤差の影響が小さい。関数の推定が1年以上遅れるケースでは、両側 Box-Cox 形よりも、両側対数形のほうが、品質調整の誤差は小さくなる。両側 Box-Cox 形は、今回推定した他の関数形と比較して、サンプル内での当てはまりが最もよい関数であるため、他の関数では対応できない製品サンプルの値に対してもフレキシブルに対応する。このため、外れ値などに対して過剰にフィットさせてしまい、サンプル外の予測に対するパフォーマンスを落としているものと考えられる¹⁶。

以上、この分析においても、先の d_{mn} の差による検証における結果と同様に、両側対数形は、品質比の計測に対し、推定期間の遅れによる誤差が小さいことが確認される。

8 結論

ヘドニック法による品質調整を行う場合、関数の陳腐化に伴い、一定の誤差が生じる。特に、調査価格変更の間隔が開くことで新旧製品のスペックに大きな変更が

¹⁴ 参考までに、企業物価指数における品目「パーソナルコンピュータ」のケースをみると、2000年1月から2003年12月までの1か月あたりの平均騰落率が約-3.1%であるが、例えば、採用調査価格の3分の1で値下げ処理（旧製品と比較して新製品の方の品質が高いケースに行う処理方法）という形で調査価格の変更があったとすると、両側 Box-Cox 形を採用した場合の関数の陳腐化による誤差は、1ヶ月あたり約0.2%程度ということになる。

¹⁵ これは、次のようなことから分かる。単純化のため、片側対数形のヘドニック関数 $\ln P = \alpha + \beta X$ を考える。旧製品の特性値を x 、新製品の特性値を γx とする。 γ は特性値の向上率である。この時、新旧製品の品質比は、対数表示で、 $\ln P_{new} - \ln P_{old} = \beta x(\gamma - 1)$ となる。ここから、新旧製品の品質比は、ヘドニック関数のパラメータ β 、特性値の向上率 γ だけでなく、特性値自体の水準 x にも依存する。このため、 β, γ 一定のもとで、新旧製品のクロック周波数などの特性値の水準が向上している状況では、評価される品質向上率も大きくなっていく。一方、両側対数形の場合は、 $\ln P_{new} - \ln P_{old} = \beta \ln \gamma$ となるため、特性値の水準に品質向上率は依存しない。

¹⁶ 実際に、両側 Box-Cox 形は、Box-Cox 変換パラメータの変動から分かるように、非線形性の程度が期間によって大きく異なっていることが確認される。したがって、非線形性の程度が一定である両側対数形（Box-Cox 変換パラメータが0で固定）よりもサンプル外の予測パフォーマンスが低くなっているものと思われる。

あるときは、その誤差が拡大する。

また、この誤差の拡大の速さを関数形ごとにみると、両側 Box-Cox 形など、尤度比検定などで採択される当てはまりの良い関数形は、再推定の頻度が1年に一度程度の場合、単純な両側対数形よりも誤差が大きくなるスピードが大きくなる可能性がある。このため、関数形を選択する際には、ヘドニック関数を推定する際のサンプル内での当てはまりの良さの基準だけでなく、ヘドニック関数の再推定の間隔が長くなることによる誤差も考慮する必要があることが示唆される。製品の品質向上が速く、再推定の間隔が非常に長い場合には、関数陳腐化の誤差の観点からは両側対数形のように単純かつパラメータが特性変数のレベルに依存しない関数形を選択することが望ましい。

なお、今回の分析では、関数の陳腐化を分析したものであるため、基準として採用した関数の陳腐化のない状態での品質調整結果が真の数値に近いかどうかに関しては、一定の留意が必要である。この点については、今後の課題とする。

以 上

参考文献

- [1] 太田誠 (1978) 「ヘドニック・アプローチの理論的基礎、方法および日本の乗用車価格への応用」、『季刊理論経済学』Vol.29, No.1、pp.31-55.
- [2] 白塚重典 (1998) 『物価の経済分析』東京大学出版会.
- [3] 日本銀行調査統計局物価統計課 (2001) 「卸売物価指数におけるヘドニック・アプローチ 現状と課題」Working Paper Series 01-24、日本銀行調査統計局
- [4] Andersen, Simon P., Andre de Palma and Jacques-Francois (1992), *Discrete choice theory of product differentiation*, Cambridge, MA:MIT Press.
- [5] Anglin, Paul M. and Ramazan Gencay (1996), “Semiparametric Estimation of a Hedonic Price Function.” *Journal of Applied Econometrics*, November, Volume 11, Issue 6, pp. 633-648.
- [6] Berndt, Ernst R., Zvi Griliches and Neal J. Rappaport (1995), “Econometric estimates of price indexes for personal computers in the 1990’s.” *Journal of Econometrics*, 68, pp. 243-268.
- [7] Berry, Steven, James Levinsohn and Ariel Pakes (1995), “Automobile Prices in Market Equilibrium.” *Econometrica*, July, 63(4), pp. 841-90.
- [8] Berry, Steven, James Levinsohn and Ariel Pakes (2004), “Differentiated Products Demand Systems from a Combination of Micro and Macro Data: The New Car Market.” *Journal of Political Economy*, July, 112(1)-1, pp. 68-105.
- [9] Ekeland, Ivar, James J. Heckman, and Lars Nesheim. (2004), “Identification and Estimation of Hedonic Models.” *Journal of Political Economy*, February, 112(1)-2, pp. s60-109.
- [10] Epple, Dennis. (1987), “Hedonic Prices and Implicit Markets: Estimating Demand and Supply Functions for Differentiated Products.” *Journal of Political Economy*, February, 95(1), pp. 59-80.
- [11] Feenstra, Robert C., (1995), “Exact Hedonic Price Indexes.” *Review of Economics and Statistics*, November, 77(4), pp. 634-653.
- [12] Gilley, Otis W. and R. Kelley Pace (1995), “Improving Hedonic Estimation with Inequality Restricted Estimator.” *Review of Economics and Statistics*, November, 77(4), pp. 609-621.

- [13] Griliches, Zvi. (1961), "Hedonic Price indexes for Automobiles: An Econometrics Analysis of Quality Change." in *The price statistics of the federal government*. New York: National Bureau of Economic Research, pp. 173-96. , November, 77(4), pp. 634-653.
- [14] Moulton, Brent R. (1991), "A Bayesian Approach to Regression Selection and Estimation, with Application to a Price Index for Radio Services." *Journal of Econometrics*, 49, pp. 169-193.
- [15] Pakes, Ariel. (2003), "A Reconsideration of Hedonic Price Indexes with an Application to PC's." *American Economic Review*, 93(5), pp. 1578-1596.
- [16] Pakes, Ariel. (2004), "Hedonics and the Consumer Price Index." *mimeo*.
- [17] Petrin, Amil. (2002), "Quantifying the Benefits of New Products: The Case of the Minivan." *Journal of Political Economy*, 110(4), pp. 705-729.
- [18] Rosen, Sherwin. (1974), "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition." *Journal of Political Economy*, January-February, 82(1), pp. 34-55.
- [19] Triplett, Jack. (2004), "Handbook on Hedonic Indexes and Quality Adjustments in Price Indexes: Special Application to Information Technology Products." *Mimeo, The Brookings Institution*.

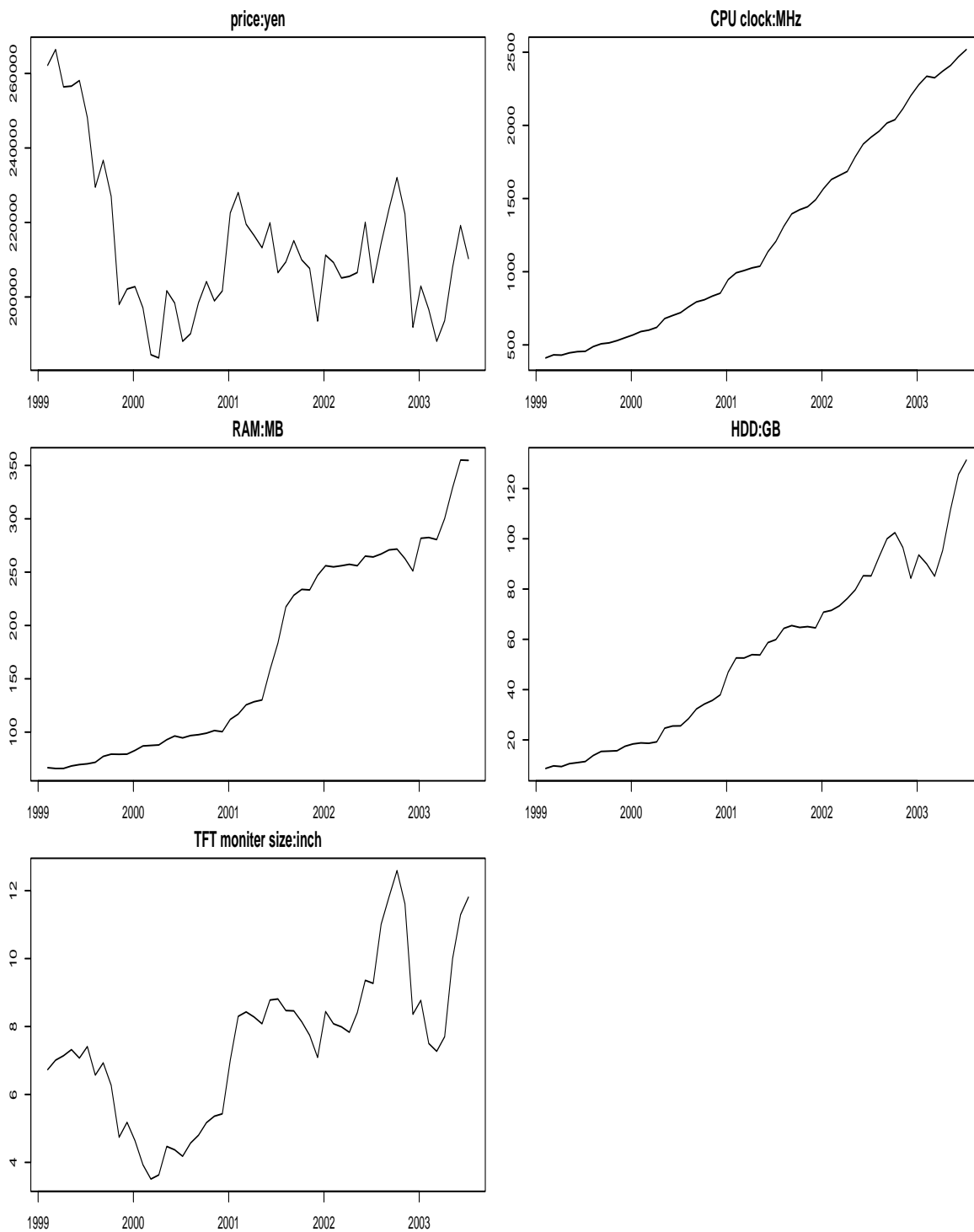
表 1: 各期において設定した代表的製品のスペック

平均するサンプル期間		サンプル数	価格 円	クロック周波数 MHz	RAM 容量 MB	HDD 容量 GB	TFT モニタサイズ インチ
データ始期	データ終期						
1999/02	1999/07	192	262,193	410.88	66.67	8.63	6.73
1999/03	1999/08	133	266,435	431.83	65.92	9.66	7.01
1999/04	1999/09	130	256,404	430.12	65.97	9.39	7.14
1999/05	1999/10	179	256,605	445.63	68.29	10.55	7.32
1999/06	1999/11	161	258,098	453.84	69.57	10.96	7.07
1999/07	1999/12	122	248,158	456.08	70.30	11.40	7.41
1999/08	2000/01	116	229,450	488.48	71.72	13.80	6.57
1999/09	2000/02	140	236,688	507.47	77.26	15.41	6.93
1999/10	2000/03	167	227,015	513.66	79.33	15.53	6.27
1999/11	2000/04	158	197,975	529.25	79.19	15.68	4.74
1999/12	2000/05	185	202,133	548.92	79.39	17.46	5.18
2000/01	2000/06	222	202,776	567.95	82.88	18.39	4.64
2000/02	2000/07	218	197,076	591.21	87.05	18.80	3.93
2000/03	2000/08	211	184,495	600.96	87.51	18.65	3.51
2000/04	2000/09	207	183,635	619.79	87.96	19.23	3.63
2000/05	2000/10	246	201,677	680.05	92.88	24.67	4.47
2000/06	2000/11	245	198,372	700.71	96.39	25.53	4.37
2000/07	2000/12	232	188,097	720.55	94.62	25.58	4.18
2000/08	2001/01	254	190,148	759.42	96.78	28.44	4.57
2000/09	2001/02	261	198,470	793.82	97.61	32.31	4.80
2000/10	2001/03	245	204,130	808.47	99.02	34.26	5.17
2000/11	2001/04	176	198,944	833.34	101.48	35.70	5.36
2000/12	2001/05	146	201,625	853.12	100.42	37.92	5.43
2001/01	2001/06	191	222,576	946.39	111.94	46.99	7.01
2001/02	2001/07	150	228,040	992.47	116.91	52.60	8.30
2001/03	2001/08	132	219,522	1008.02	125.58	52.58	8.43
2001/04	2001/09	128	216,505	1026.12	128.50	53.91	8.28
2001/05	2001/10	119	213,222	1037.49	130.15	53.78	8.08
2001/06	2001/11	171	219,926	1136.51	158.32	58.71	8.78
2001/07	2001/12	105	206,528	1206.92	183.47	59.90	8.81
2001/08	2002/01	131	209,406	1310.02	217.40	64.35	8.47
2001/09	2002/02	148	215,127	1395.24	228.32	65.47	8.46
2001/10	2002/03	150	209,949	1423.75	233.81	64.73	8.14
2001/11	2002/04	158	207,673	1443.86	233.32	65.06	7.74
2001/12	2002/05	114	193,491	1491.23	247.02	64.56	7.09
2002/01	2002/06	150	211,235	1567.53	256.00	70.80	8.44
2002/02	2002/07	118	209,259	1630.34	254.92	71.53	8.08
2002/03	2002/08	96	205,105	1657.71	256.00	73.33	7.99
2002/04	2002/09	96	205,532	1685.42	257.33	76.25	7.83
2002/05	2002/10	125	206,565	1785.20	256.00	79.68	8.41
2002/06	2002/11	142	220,059	1871.90	265.01	85.28	9.36
2002/07	2002/12	109	203,806	1919.54	264.22	85.23	9.27
2002/08	2003/01	128	214,388	1959.87	267.00	92.81	11.01
2002/09	2003/02	138	223,699	2015.96	270.84	100.00	11.82
2002/10	2003/03	131	232,068	2038.75	271.63	102.44	12.59
2002/11	2003/04	115	222,294	2113.62	262.68	96.52	11.61
2002/12	2003/05	129	191,852	2203.25	251.04	84.26	8.36
2003/01	2003/06	179	202,930	2277.54	281.74	93.58	8.77
2003/02	2003/07	150	196,635	2335.64	282.45	90.00	7.50
2003/03	2003/08	141	188,100	2325.15	280.51	85.11	7.27
2003/04	2003/09	159	193,638	2369.89	300.28	95.28	7.70
2003/05	2003/10	175	207,949	2409.22	329.14	111.60	10.00
2003/06	2003/11	138	219,189	2468.84	355.07	125.58	11.29
2003/07	2003/12	84	210,306	2518.33	354.76	131.31	11.81

注:

1. 今回のサンプルでは、1999 年 1 月に関しては、発売機種がなかったため、1999 年 2 月からのサンプルとなっている。
2. TFT モニタサイズは、TFT モニタの付いていない機種に関しては、0 として平均値を算出している。

図 1: 各期において設定した代表的製品のスペックの推移



注:

1. TFT monitor size は、inch × 搭載比率。

表 2: 関数形選択のための尤度比検定の結果 (1)

推定期間		帰無仮説 対立仮説	両側 Box-Cox 片側 Box-Cox		両側 Box-Cox 両側対数		両側 Box-Cox 片側対数		両側 Box-Cox 線形	
データ始期	データ終期	採択された関数形	統計量	p 値	統計量	p 値	統計量	p 値	統計量	p 値
1999/2	2000/1	両側 Box-Cox	12.84	0.00	52.50	0.00	52.01	0.00	31.80	0.00
1999/3	2000/2	両側 Box-Cox	14.43	0.00	52.77	0.00	68.44	0.00	25.45	0.00
1999/4	2000/3	両側 Box-Cox	9.67	0.00	68.48	0.00	76.97	0.00	16.93	0.00
1999/5	2000/4	片側 Box-Cox	2.60	0.11	66.57	0.00	61.57	0.00	18.22	0.00
1999/6	2000/5	両側 Box-Cox	4.94	0.03	56.42	0.00	51.38	0.00	32.32	0.00
1999/7	2000/6	両側 Box-Cox	3.39	0.07	64.81	0.00	54.30	0.00	24.03	0.00
1999/8	2000/7	両側 Box-Cox	3.46	0.06	45.28	0.00	37.62	0.00	40.42	0.00
1999/9	2000/8	両側 Box-Cox	3.83	0.05	32.84	0.00	31.16	0.00	51.93	0.00
1999/10	2000/9	両側 Box-Cox	4.14	0.04	38.61	0.00	33.90	0.00	57.72	0.00
1999/11	2000/10	両側 Box-Cox	12.58	0.00	27.61	0.00	39.72	0.00	76.96	0.00
1999/12	2000/11	両側 Box-Cox	8.67	0.00	37.72	0.00	40.95	0.00	75.38	0.00
2000/1	2000/12	両側 Box-Cox	12.14	0.00	25.24	0.00	35.33	0.00	100.07	0.00
2000/2	2001/1	両側 Box-Cox	31.85	0.00	19.85	0.00	53.28	0.00	131.68	0.00
2000/3	2001/2	両側 Box-Cox	35.49	0.00	20.85	0.00	63.86	0.00	118.38	0.00
2000/4	2001/3	両側 Box-Cox	38.59	0.00	19.80	0.00	67.93	0.00	114.56	0.00
2000/5	2001/4	両側 Box-Cox	47.70	0.00	17.57	0.00	79.64	0.00	113.99	0.00
2000/6	2001/5	両側 Box-Cox	43.75	0.00	14.60	0.00	74.00	0.00	104.29	0.00
2000/7	2001/6	両側 Box-Cox	42.02	0.00	27.85	0.00	105.44	0.00	78.40	0.00
2000/8	2001/7	両側 Box-Cox	27.48	0.00	24.27	0.00	87.02	0.00	61.64	0.00
2000/9	2001/8	両側 Box-Cox	44.02	0.00	13.32	0.00	94.85	0.00	81.21	0.00
2000/10	2001/9	両側 Box-Cox	38.07	0.00	9.34	0.03	84.03	0.00	74.01	0.00
2000/11	2001/10	両側 Box-Cox	19.58	0.00	8.63	0.03	59.08	0.00	46.04	0.00
2000/12	2001/11	両側対数	11.14	0.00	4.20	0.24	50.34	0.00	37.23	0.00
2001/1	2001/12	両側対数	7.62	0.01	6.30	0.10	41.53	0.00	30.30	0.00
2001/2	2002/1	片側 Box-Cox	0.64	0.42	23.55	0.00	18.39	0.00	35.43	0.00
2001/3	2002/2	両側 Box-Cox	6.91	0.01	42.23	0.00	22.55	0.00	47.62	0.00
2001/4	2002/3	片側 Box-Cox	2.56	0.11	25.58	0.00	15.05	0.00	53.39	0.00
2001/5	2002/4	両側 Box-Cox	3.26	0.07	26.55	0.00	13.90	0.00	58.16	0.00
2001/6	2002/5	片側 Box-Cox	2.13	0.14	21.52	0.00	13.16	0.00	58.04	0.00
2001/7	2002/6	両側 Box-Cox	5.53	0.02	30.79	0.00	25.30	0.00	46.92	0.00
2001/8	2002/7	両側 Box-Cox	5.64	0.02	32.32	0.00	21.10	0.00	52.35	0.00
2001/9	2002/8	両側 Box-Cox	7.23	0.01	36.35	0.00	20.43	0.00	58.54	0.00
2001/10	2002/9	両側 Box-Cox	9.62	0.00	39.96	0.00	22.27	0.00	65.54	0.00
2001/11	2002/10	両側 Box-Cox	6.68	0.01	54.21	0.00	22.51	0.00	79.29	0.00
2001/12	2002/11	両側 Box-Cox	4.39	0.04	25.76	0.00	27.15	0.00	54.69	0.00
2002/1	2002/12	両側 Box-Cox	5.42	0.02	20.79	0.00	26.73	0.00	58.70	0.00
2002/2	2003/1	両側 Box-Cox	6.06	0.01	18.31	0.00	19.59	0.00	61.82	0.00
2002/3	2003/2	両側 Box-Cox	7.40	0.01	17.14	0.00	29.96	0.00	50.14	0.00
2002/4	2003/3	両側 Box-Cox	8.30	0.00	15.78	0.00	36.21	0.00	42.58	0.00
2002/5	2003/4	両側対数	14.93	0.00	4.98	0.17	49.24	0.00	56.16	0.00
2002/6	2003/5	両側 Box-Cox	15.79	0.00	7.49	0.06	41.91	0.00	76.50	0.00
2002/7	2003/6	両側 Box-Cox	19.11	0.00	12.90	0.00	40.81	0.00	81.54	0.00
2002/8	2003/7	両側 Box-Cox	18.16	0.00	14.39	0.00	39.51	0.00	77.94	0.00
2002/9	2003/8	両側 Box-Cox	14.54	0.00	18.43	0.00	35.46	0.00	65.05	0.00
2002/10	2003/9	両側 Box-Cox	9.31	0.00	33.20	0.00	43.28	0.00	50.56	0.00
2002/11	2003/10	両側 Box-Cox	14.48	0.00	58.58	0.00	40.30	0.00	54.80	0.00
2002/12	2003/11	両側 Box-Cox	3.45	0.06	26.57	0.00	21.74	0.00	48.82	0.00
2003/1	2003/12	片側 Box-Cox	2.58	0.11	33.93	0.00	31.21	0.00	31.80	0.00

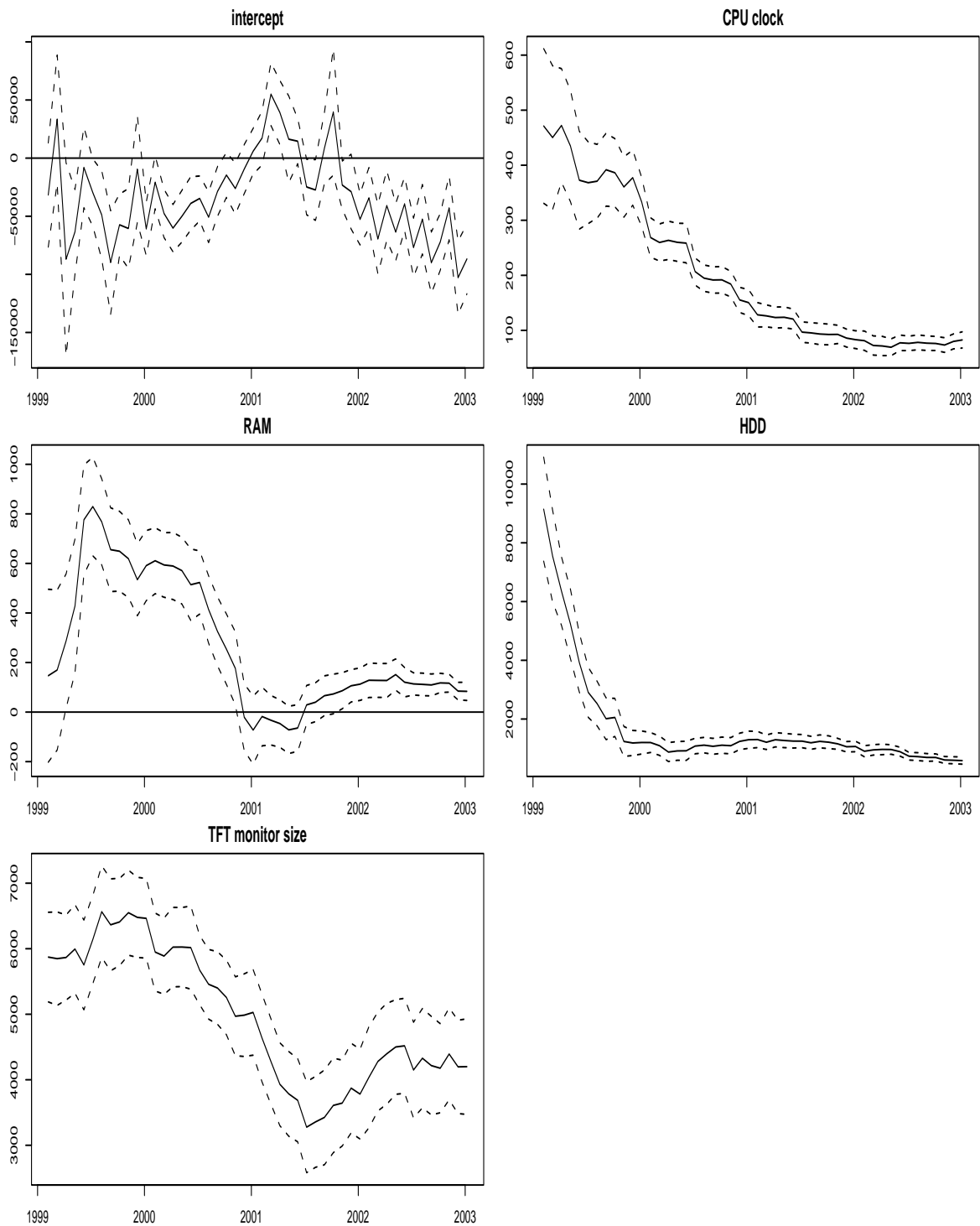
注:

1. 採択された関数形は、10%の有意水準で採択されたもの。
2. 統計量は、尤度比検定に用いる χ^2 統計量。この時、自由度は、制約を課しているパラメータの数。

表 3: 関数形選択のための尤度比検定の結果 (2)

推定期間		片側 Box-Cox 片側対数		片側 Box-Cox 線形	
データ始期	データ終期	統計量	p 値	統計量	p 値
1999/2	2000/1	39.17	0.00	18.96	0.00
1999/3	2000/2	54.01	0.00	11.02	0.00
1999/4	2000/3	67.30	0.00	7.26	0.03
1999/5	2000/4	58.97	0.00	15.63	0.00
1999/6	2000/5	46.44	0.00	27.38	0.00
1999/7	2000/6	50.90	0.00	20.63	0.00
1999/8	2000/7	34.16	0.00	36.96	0.00
1999/9	2000/8	27.33	0.00	48.10	0.00
1999/10	2000/9	29.76	0.00	53.58	0.00
1999/11	2000/10	27.14	0.00	64.38	0.00
1999/12	2000/11	32.27	0.00	66.70	0.00
2000/1	2000/12	23.20	0.00	87.93	0.00
2000/2	2001/1	21.42	0.00	99.83	0.00
2000/3	2001/2	28.37	0.00	82.89	0.00
2000/4	2001/3	29.33	0.00	75.97	0.00
2000/5	2001/4	31.94	0.00	66.29	0.00
2000/6	2001/5	30.25	0.00	60.54	0.00
2000/7	2001/6	63.42	0.00	36.38	0.00
2000/8	2001/7	59.55	0.00	34.17	0.00
2000/9	2001/8	50.82	0.00	37.18	0.00
2000/10	2001/9	45.95	0.00	35.94	0.00
2000/11	2001/10	39.50	0.00	26.46	0.00
2000/12	2001/11	39.20	0.00	26.09	0.00
2001/1	2001/12	33.91	0.00	22.68	0.00
2001/2	2002/1	17.75	0.00	34.79	0.00
2001/3	2002/2	15.64	0.00	40.71	0.00
2001/4	2002/3	12.48	0.00	50.83	0.00
2001/5	2002/4	10.64	0.00	54.90	0.00
2001/6	2002/5	11.03	0.00	55.91	0.00
2001/7	2002/6	19.77	0.00	41.39	0.00
2001/8	2002/7	15.46	0.00	46.71	0.00
2001/9	2002/8	13.19	0.00	51.31	0.00
2001/10	2002/9	12.64	0.00	55.92	0.00
2001/11	2002/10	15.83	0.00	72.61	0.00
2001/12	2002/11	22.76	0.00	50.30	0.00
2002/1	2002/12	21.31	0.00	53.28	0.00
2002/2	2003/1	13.53	0.00	55.77	0.00
2002/3	2003/2	22.55	0.00	42.74	0.00
2002/4	2003/3	27.91	0.00	34.28	0.00
2002/5	2003/4	34.32	0.00	41.23	0.00
2002/6	2003/5	26.13	0.00	60.71	0.00
2002/7	2003/6	21.70	0.00	62.43	0.00
2002/8	2003/7	21.35	0.00	59.78	0.00
2002/9	2003/8	20.92	0.00	50.51	0.00
2002/10	2003/9	33.96	0.00	41.24	0.00
2002/11	2003/10	25.82	0.00	40.32	0.00
2002/12	2003/11	18.28	0.00	45.37	0.00
2003/1	2003/12	28.63	0.00	29.22	0.00

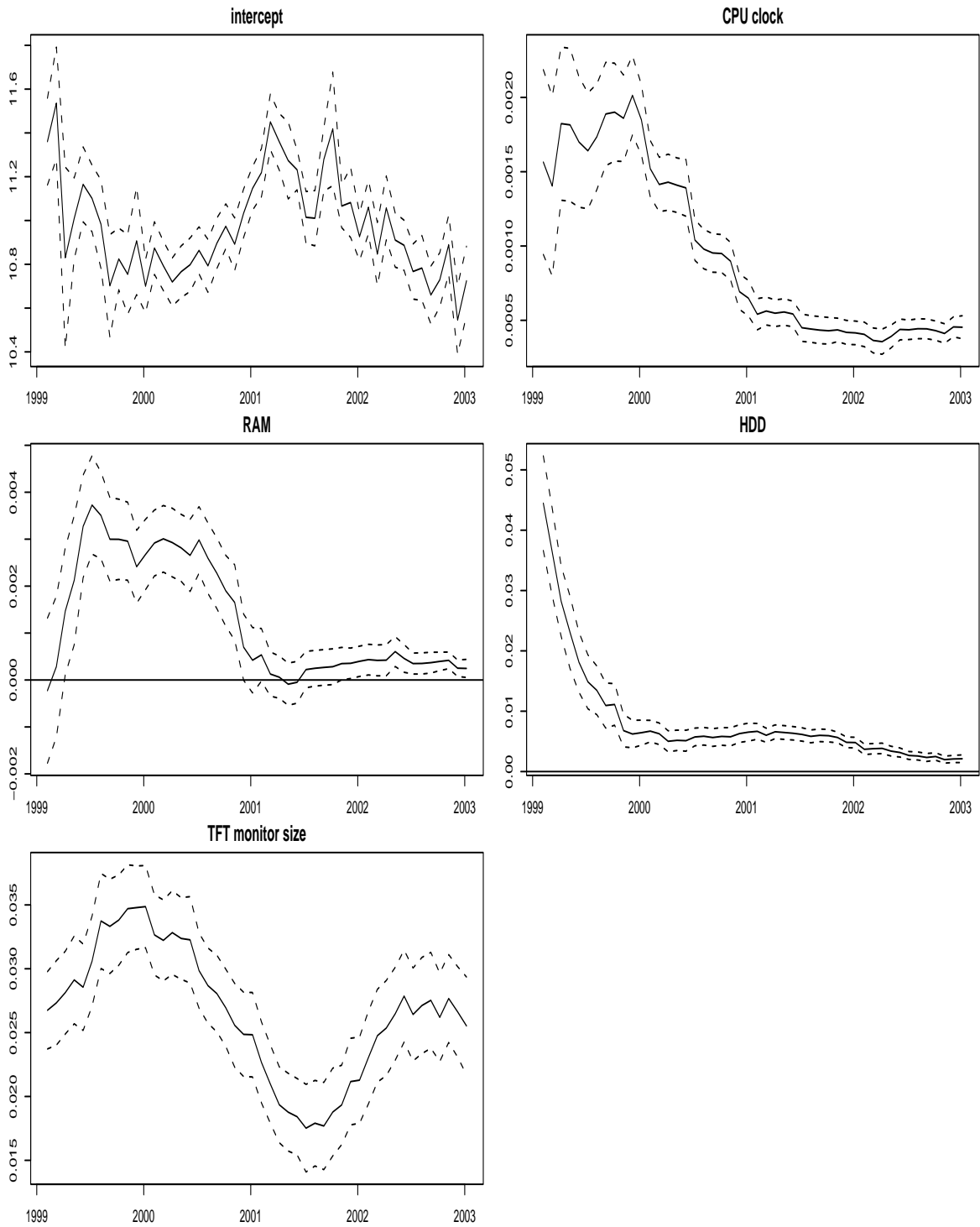
図 2: パラメータ推定値の推移：線形



注:

1. 実線はパラメータ推定値、破線は2標準偏差。
2. 横軸の目盛りは、推定期間のデータ始期。

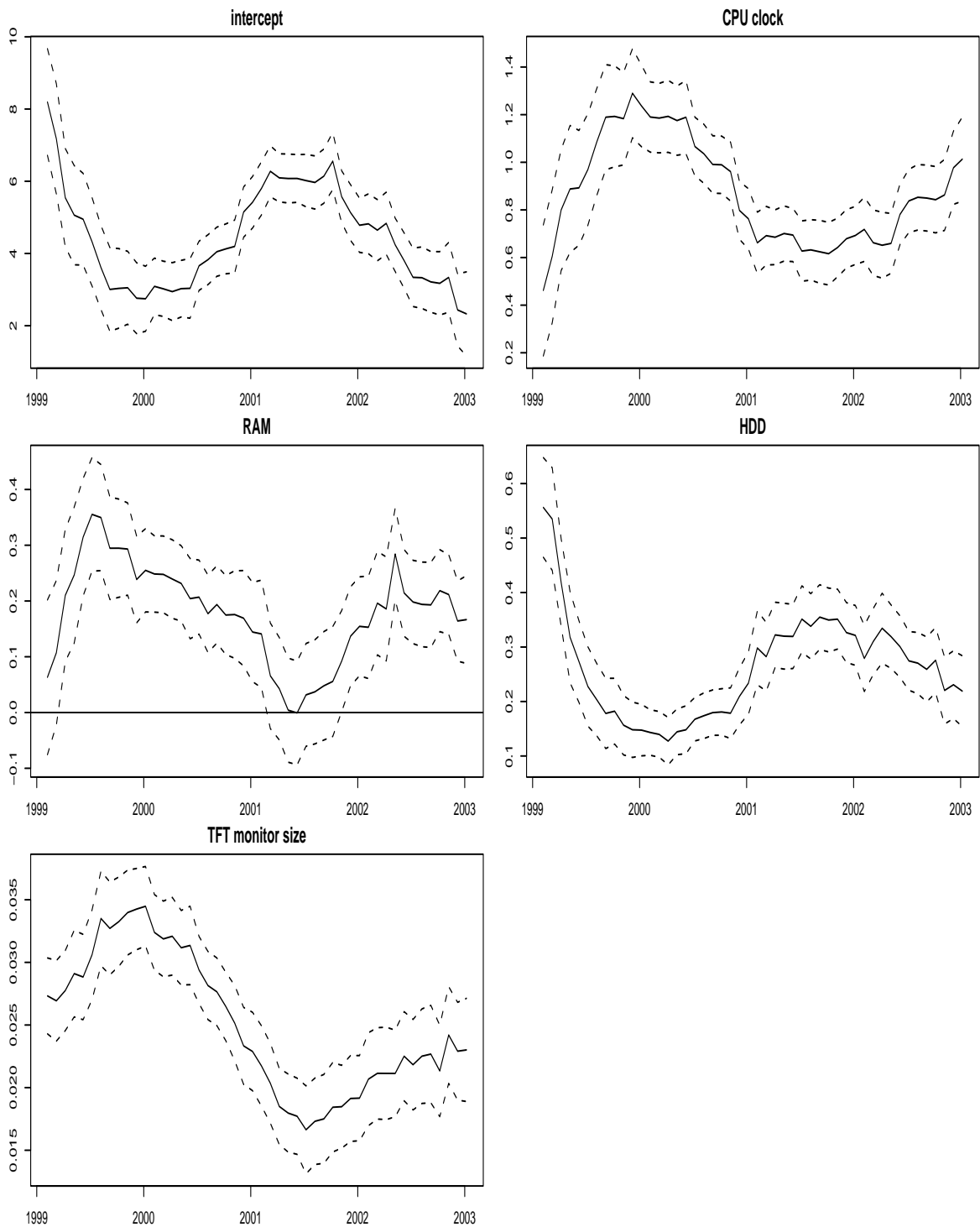
図 3: パラメータ推定値の推移：片側対数形



注:

1. 実線はパラメータ推定値、破線は2標準偏差。
2. 横軸の目盛りは、推定期間のデータ始期。

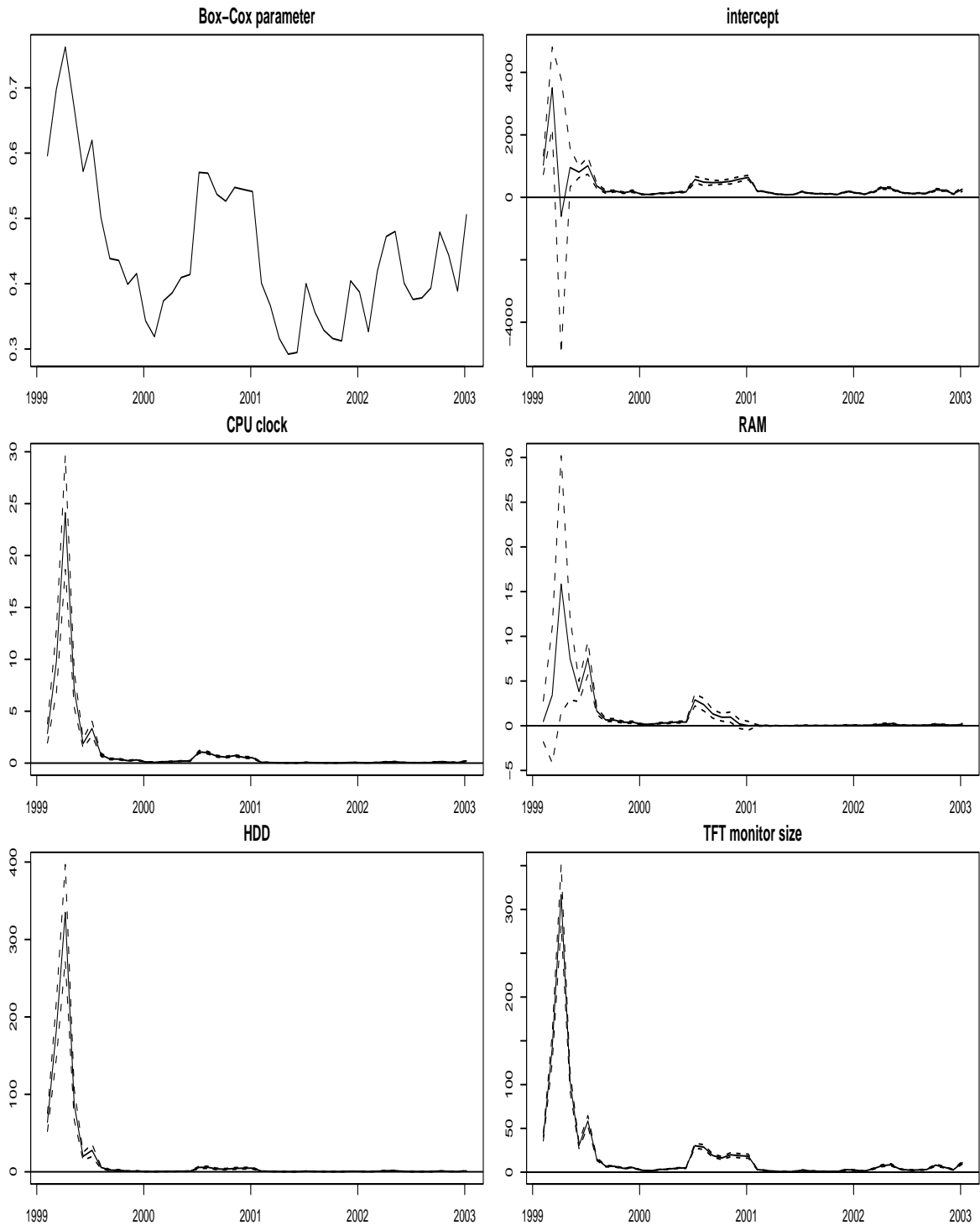
図 4: パラメータ推定値の推移：両側対数形



注:

1. 実線はパラメータ推定値、破線は2標準偏差。
2. 横軸の目盛りは、推定期間のデータ始期。

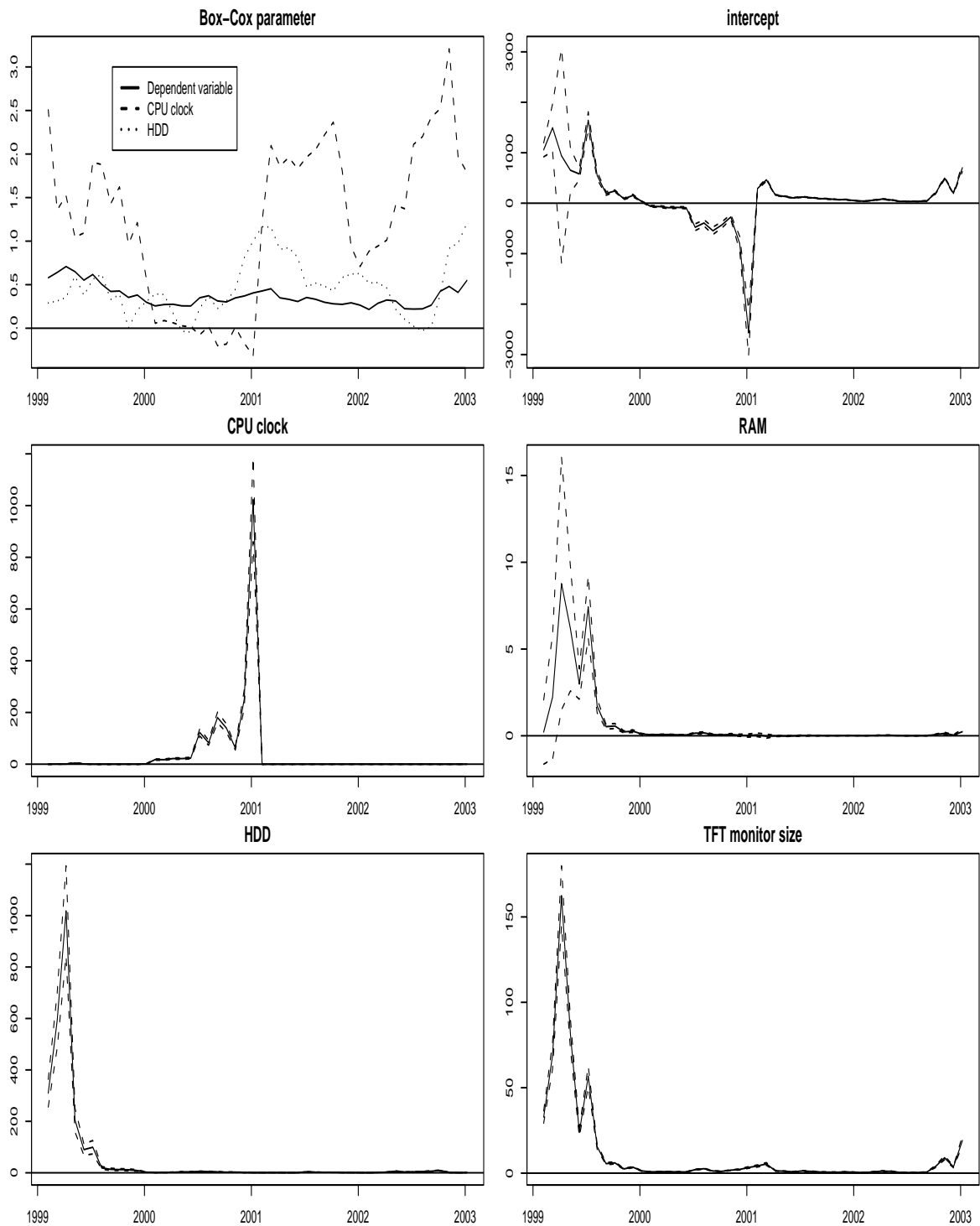
図 5: パラメータ推定値の推移：片側 Box-Cox 形



注:

1. 実線はパラメータ推定値、破線は 2 標準偏差。
2. Box-Cox Parameter は、実線が被説明変数。
3. 横軸の目盛りは、推定期間のデータ始期。

図 6: パラメータ推定値の推移：両側 Box-Cox 形



注:

1. 実線はパラメータ推定値、破線は 2 標準偏差。
2. Box-Cox Parameter は、実線が被説明変数、粗い破線が CPU クロック周波数、細かい破線が HDD 容量。
3. 横軸の目盛りは、推定期間のデータ始期、

図 7: dd の分布 : $M=12$ 、 $N=12$ のケース (1)

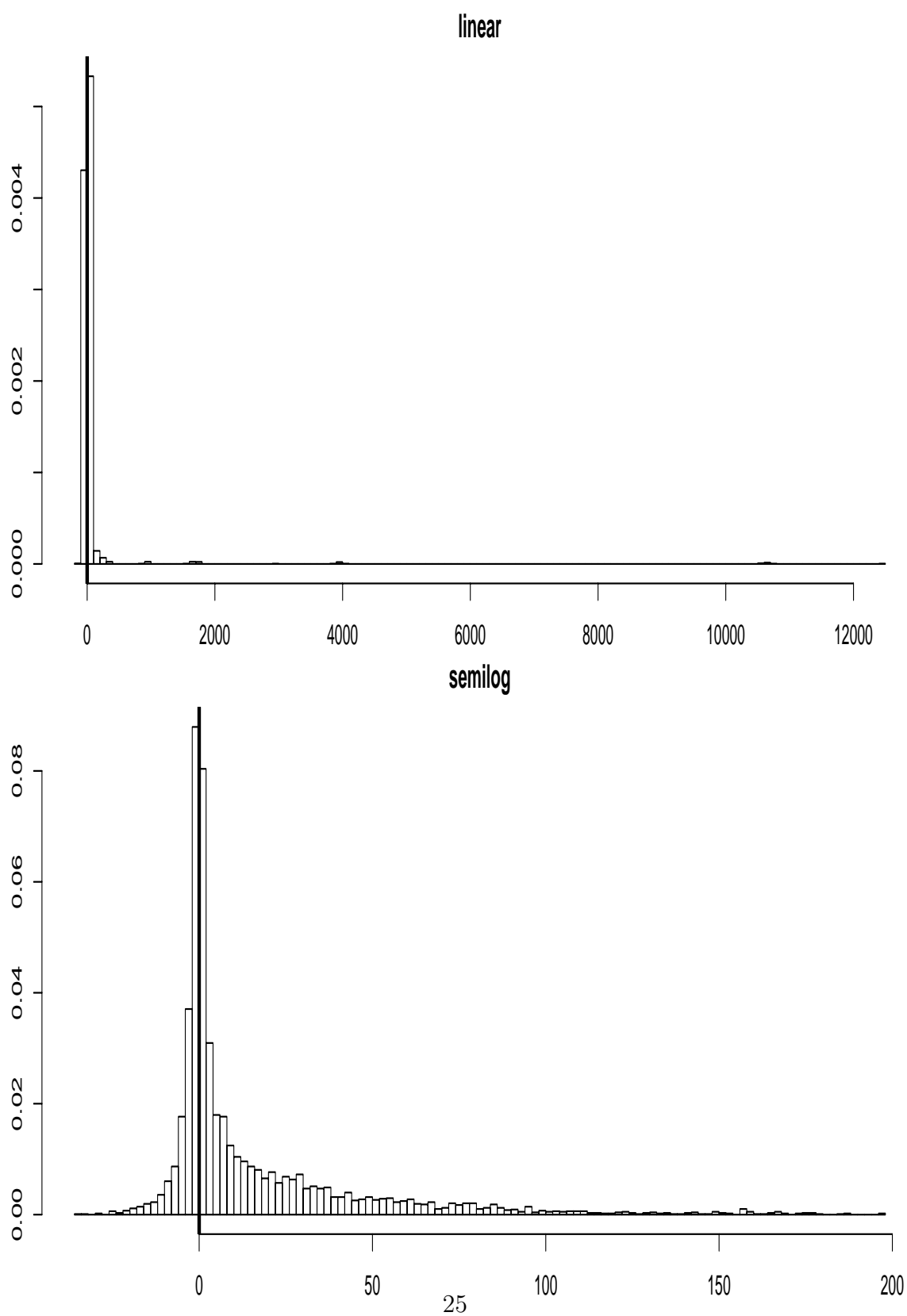


図 8: dd の分布 : $M=12$ 、 $N=12$ のケース (2)

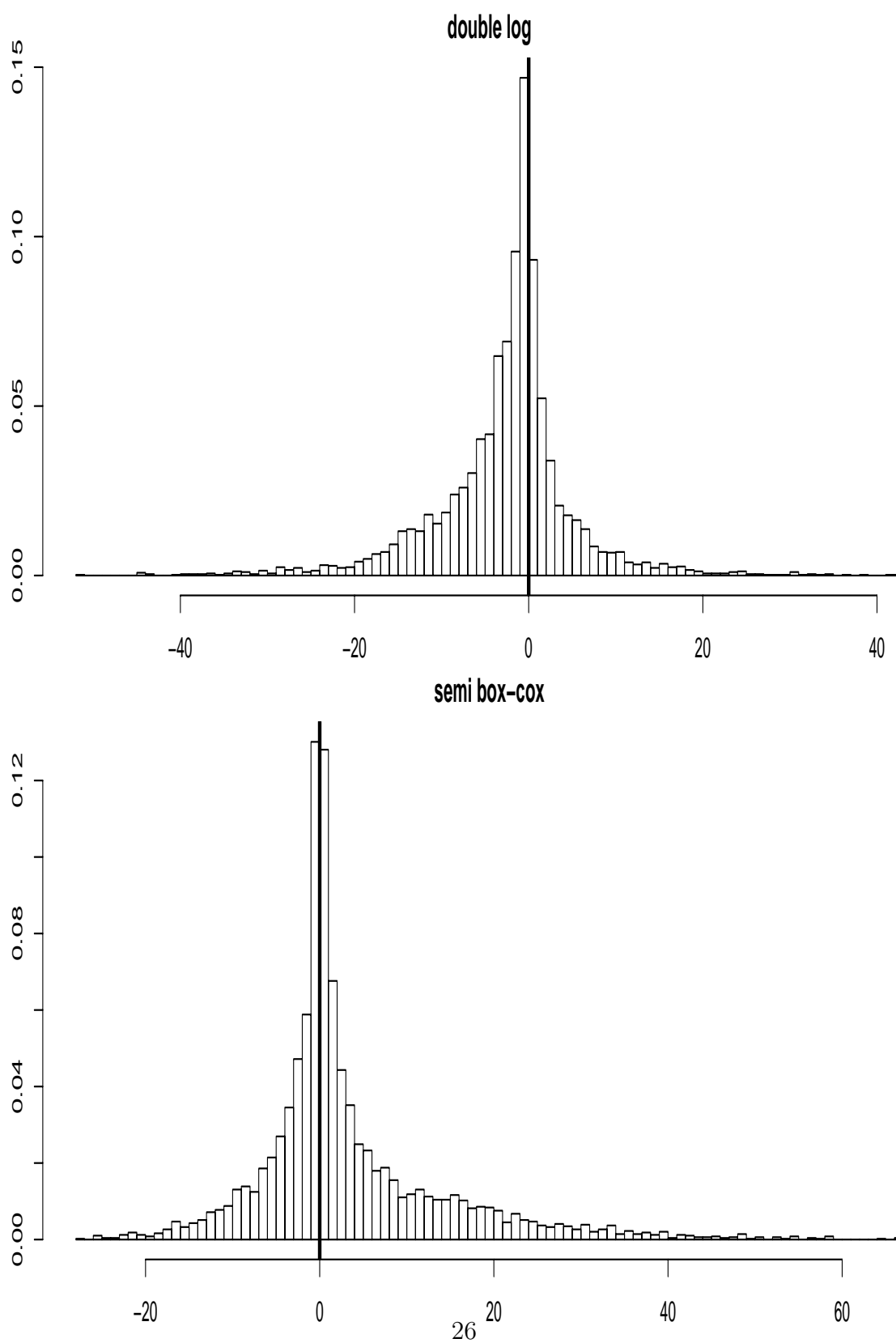


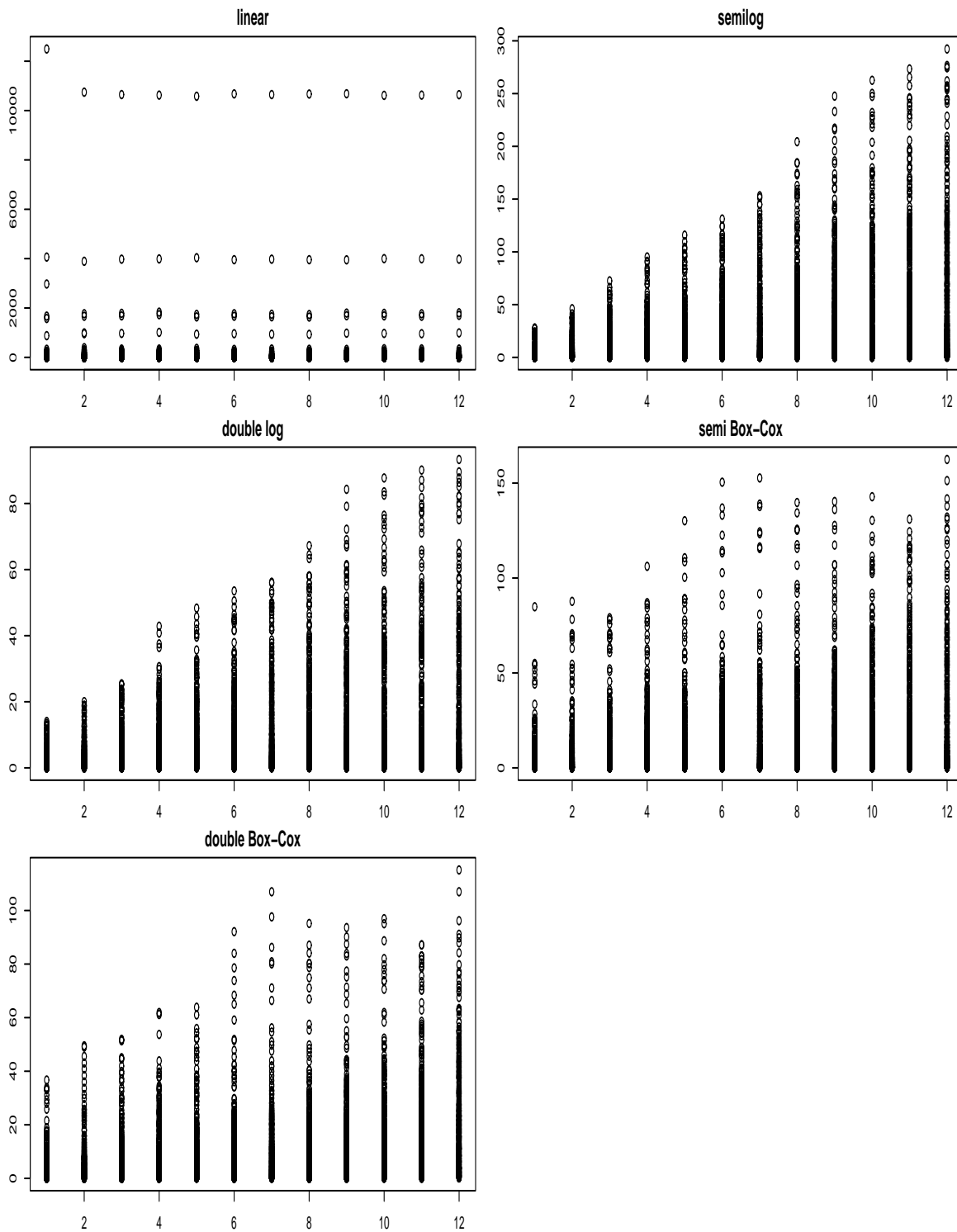
表 4: $R_{MN} = \Pr(dd_{mn}^i > 0|M, N)$ の算出結果

			M						
			6	7	8	9	10	11	12
N	6	線形	0.649	0.629	0.600	0.575	0.557	0.520	0.492
		片側対数形	0.572	0.604	0.626	0.656	0.663	0.668	0.677
		両側対数形	0.311	0.319	0.318	0.306	0.306	0.294	0.282
		片側 Box-Cox 形	0.574	0.575	0.570	0.569	0.551	0.541	0.529
	7	線形	0.675	0.640	0.610	0.585	0.567	0.530	0.501
		片側対数形	0.583	0.603	0.622	0.653	0.660	0.664	0.672
		両側対数形	0.315	0.321	0.321	0.311	0.311	0.299	0.287
		片側 Box-Cox 形	0.593	0.581	0.577	0.577	0.560	0.550	0.538
	8	線形	0.684	0.649	0.622	0.598	0.580	0.543	0.512
		片側対数形	0.584	0.606	0.620	0.651	0.658	0.661	0.669
		両側対数形	0.312	0.320	0.325	0.315	0.315	0.304	0.293
		片側 Box-Cox 形	0.606	0.596	0.585	0.586	0.569	0.560	0.547
	9	線形	0.694	0.660	0.635	0.612	0.594	0.556	0.525
		片側対数形	0.592	0.613	0.629	0.648	0.656	0.660	0.666
		両側対数形	0.310	0.318	0.324	0.319	0.318	0.308	0.298
		片側 Box-Cox 形	0.618	0.608	0.598	0.590	0.577	0.567	0.554
	10	線形	0.714	0.681	0.656	0.633	0.608	0.570	0.539
		片側対数形	0.581	0.604	0.619	0.639	0.654	0.658	0.664
		両側対数形	0.319	0.328	0.334	0.329	0.321	0.312	0.302
		片側 Box-Cox 形	0.613	0.605	0.595	0.590	0.581	0.573	0.561
	11	線形	0.720	0.685	0.660	0.636	0.612	0.585	0.553
		片側対数形	0.572	0.596	0.611	0.631	0.646	0.656	0.661
		両側対数形	0.319	0.328	0.336	0.331	0.323	0.317	0.307
		片側 Box-Cox 形	0.610	0.604	0.596	0.590	0.584	0.577	0.567
	12	線形	0.726	0.691	0.665	0.641	0.618	0.593	0.569
		片側対数形	0.567	0.590	0.605	0.626	0.640	0.651	0.661
		両側対数形	0.321	0.330	0.338	0.334	0.326	0.320	0.310
		片側 Box-Cox 形	0.612	0.604	0.596	0.588	0.582	0.577	0.570

注:

1. $6 \leq M \leq 12, 6 \leq N \leq 12$ の範囲内の (M, N) ごとに $dd_{mn}^i = d_{mn}^i - d_{mn}^{dbox}$ を算出し、 $dd_{mn}^i > 0$ の相対頻度を、関数形 i が両側 Box-Cox 形よりも陳腐化の度合いが大きい比率 $R_{MN} = \Pr(dd_{mn}^i > 0|M, N)$ とした。

図 9: 関数陳腐化 d と推定時点 m の関係



注:

1. 縦軸は d (関数陳腐化の大きさ、%ポイント)
2. 横軸は m (関数推定時点と品質評価時点の乖離、乖離月数)

表 5: β_{MN} の推定結果

			M							
			6	7	8	9	10	11	12	
N	6	線形	0.255	0.184	0.168	0.127	0.116	0.097	0.082	
			(0.171)	(0.139)	(0.116)	(0.101)	(0.090)	(0.080)	(0.073)	
		片側対数	1.698	1.772	1.854	1.964	2.015	2.074	2.151	
			(0.137)	(0.129)	(0.123)	(0.120)	(0.117)	(0.113)	(0.110)	
		両側対数	0.526	0.512	0.495	0.479	0.477	0.470	0.463	
			(0.049)	(0.045)	(0.042)	(0.040)	(0.038)	(0.036)	(0.034)	
	片側 Box Cox 形	0.712	0.667	0.631	0.645	0.636	0.639	0.644		
			(0.094)	(0.083)	(0.074)	(0.067)	(0.062)	(0.058)	(0.056)	
		両側 Box Cox 形	0.562	0.568	0.586	0.630	0.648	0.670	0.687	
			(0.059)	(0.054)	(0.047)	(0.045)	(0.041)	(0.038)	(0.037)	
		7	線形	0.224	0.143	0.138	0.104	0.095	0.072	0.053
				(0.223)	(0.176)	(0.148)	(0.129)	(0.115)	(0.102)	(0.093)
	片側対数		1.990	2.069	2.172	2.304	2.376	2.456	2.559	
			(0.148)	(0.138)	(0.132)	(0.128)	(0.125)	(0.122)	(0.119)	
	両側対数		0.621	0.612	0.594	0.577	0.573	0.565	0.558	
			(0.055)	(0.049)	(0.046)	(0.043)	(0.041)	(0.039)	(0.037)	
	片側 Box Cox 形	0.845	0.789	0.751	0.768	0.763	0.769	0.778		
			(0.104)	(0.089)	(0.079)	(0.072)	(0.067)	(0.063)	(0.061)	
		両側 Box Cox 形	0.636	0.655	0.683	0.735	0.755	0.783	0.808	
			(0.064)	(0.057)	(0.050)	(0.047)	(0.044)	(0.041)	(0.040)	
		8	線形	0.231	0.120	0.104	0.075	0.072	0.050	0.026
				(0.283)	(0.224)	(0.183)	(0.159)	(0.142)	(0.127)	(0.116)
	片側対数		2.311	2.408	2.502	2.661	2.757	2.861	2.989	
			(0.160)	(0.150)	(0.142)	(0.138)	(0.134)	(0.132)	(0.129)	
	両側対数		0.732	0.717	0.700	0.682	0.677	0.668	0.660	
			(0.060)	(0.054)	(0.050)	(0.047)	(0.045)	(0.042)	(0.040)	
	片側 Box Cox 形	1.006	0.933	0.878	0.902	0.901	0.911	0.924		
			(0.118)	(0.099)	(0.085)	(0.078)	(0.073)	(0.069)	(0.066)	
		両側 Box Cox 形	0.742	0.753	0.776	0.842	0.868	0.901	0.933	
			(0.070)	(0.061)	(0.053)	(0.050)	(0.046)	(0.044)	(0.043)	
		9	線形	0.183	0.054	0.049	0.011	0.015	-0.003	-0.023
				(0.348)	(0.275)	(0.224)	(0.190)	(0.169)	(0.152)	(0.138)
	片側対数		2.649	2.775	2.891	3.031	3.156	3.289	3.446	
			(0.174)	(0.164)	(0.156)	(0.149)	(0.146)	(0.142)	(0.140)	
	両側対数		0.852	0.834	0.810	0.793	0.790	0.780	0.770	
			(0.066)	(0.060)	(0.055)	(0.051)	(0.049)	(0.046)	(0.044)	
	片側 Box Cox 形	1.163	1.083	1.016	1.031	1.045	1.060	1.079		
			(0.135)	(0.113)	(0.095)	(0.085)	(0.079)	(0.075)	(0.073)	
		両側 Box Cox 形	0.835	0.846	0.860	0.932	0.979	1.019	1.059	
			(0.080)	(0.070)	(0.060)	(0.054)	(0.050)	(0.047)	(0.047)	
		10	線形	0.177	-0.010	-0.019	-0.060	-0.053	-0.063	-0.076
				(0.723)	(0.571)	(0.466)	(0.395)	(0.340)	(0.304)	(0.276)
	片側対数		2.977	3.109	3.251	3.403	3.568	3.732	3.923	
			(0.190)	(0.179)	(0.170)	(0.163)	(0.157)	(0.154)	(0.151)	
	両側対数		0.998	0.979	0.953	0.928	0.908	0.899	0.889	
			(0.073)	(0.066)	(0.061)	(0.057)	(0.053)	(0.050)	(0.048)	
	片側 Box Cox 形	1.323	1.229	1.145	1.152	1.185	1.208	1.236		
			(0.153)	(0.128)	(0.108)	(0.095)	(0.086)	(0.082)	(0.079)	
		両側 Box Cox 形	0.929	0.935	0.943	1.009	1.076	1.132	1.180	
			(0.091)	(0.079)	(0.067)	(0.060)	(0.054)	(0.051)	(0.050)	
		11	線形	0.394	0.074	0.012	-0.045	-0.037	-0.048	-0.066
				(2.577)	(2.051)	(1.682)	(1.416)	(1.217)	(1.059)	(0.960)
	片側対数		3.340	3.480	3.635	3.819	4.000	4.185	4.412	
			(0.205)	(0.193)	(0.184)	(0.178)	(0.171)	(0.164)	(0.162)	
	両側対数		1.140	1.123	1.101	1.073	1.043	1.023	1.014	
			(0.080)	(0.072)	(0.067)	(0.062)	(0.058)	(0.054)	(0.051)	
	片側 Box Cox 形	1.531	1.417	1.312	1.313	1.340	1.354	1.396		
			(0.170)	(0.143)	(0.121)	(0.106)	(0.095)	(0.088)	(0.085)	
		両側 Box Cox 形	1.055	1.048	1.044	1.120	1.177	1.235	1.299	
			(0.101)	(0.088)	(0.076)	(0.067)	(0.060)	(0.055)	(0.054)	
		12	線形	-1.956	-1.779	-1.480	-1.241	-1.021	-0.869	-0.752
				(7.256)	(5.702)	(4.634)	(3.863)	(3.281)	(2.831)	(2.477)
	片側対数		3.725	3.888	4.059	4.264	4.481	4.688	4.911	
			(0.218)	(0.207)	(0.198)	(0.192)	(0.185)	(0.178)	(0.172)	
	両側対数		1.309	1.285	1.263	1.235	1.201	1.170	1.143	
			(0.086)	(0.079)	(0.073)	(0.068)	(0.063)	(0.059)	(0.055)	
	片側 Box Cox 形	1.747	1.608	1.480	1.480	1.511	1.520	1.558		
			(0.189)	(0.159)	(0.135)	(0.118)	(0.106)	(0.097)	(0.091)	
		両側 Box Cox 形	1.187	1.173	1.154	1.234	1.300	1.345	1.413	
			(0.113)	(0.098)	(0.084)	(0.074)	(0.066)	(0.061)	(0.058)	

注:

1. 上記推定値は、推定式： $d_{mn} = \alpha_{MN} + \beta_{MN}m + \epsilon$ における β_{MN} 。
2. 下段括弧内は、標準偏差 (Heteroskedastic-consistent estimates)。

A 各期間におけるパラメータ推定値、有意水準

表 6: 線形：パラメータ推定値

推定期間		定数項	クロック周波数	RAM 容量	HDD 容量	TFT サイズ
データ始期	データ終期					
1999/2	2000/1	-31662.63	471.20	146.77	9143.19	5872.35
1999/3	2000/2	33531.61	450.22	169.71	7549.61	5848.15
1999/4	2000/3	-86988.71	472.18	286.62	6352.30	5866.24
1999/5	2000/4	-63392.39	435.04	427.96	5239.08	5995.42
1999/6	2000/5	-8025.41	372.74	775.95	3922.93	5752.33
1999/7	2000/6	-29632.97	368.21	829.54	2907.08	6139.33
1999/8	2000/7	-48824.20	370.97	767.97	2523.45	6565.09
1999/9	2000/8	-89796.15	391.76	655.48	2010.78	6364.76
1999/10	2000/9	-57378.47	386.25	649.12	2053.53	6408.50
1999/11	2000/10	-60530.09	360.48	619.11	1236.20	6549.73
1999/12	2000/11	-9456.21	377.37	534.23	1184.69	6478.42
2000/1	2000/12	-60870.63	333.22	591.11	1200.88	6463.48
2000/2	2001/1	-20763.72	268.59	610.79	1199.40	5948.93
2000/3	2001/2	-47681.45	259.69	593.78	1091.66	5887.93
2000/4	2001/3	-60239.56	263.55	589.48	875.75	6024.19
2000/5	2001/4	-50058.61	259.94	570.93	914.44	6025.36
2000/6	2001/5	-38946.08	258.49	514.11	917.67	6016.87
2000/7	2001/6	-34688.86	206.75	523.01	1079.20	5672.22
2000/8	2001/7	-50790.45	194.85	413.97	1110.42	5457.39
2000/9	2001/8	-28633.18	191.53	325.28	1070.73	5399.82
2000/10	2001/9	-14555.37	191.79	254.04	1108.67	5256.35
2000/11	2001/10	-26149.88	184.12	176.36	1091.41	4969.37
2000/12	2001/11	-9423.30	155.29	-20.88	1238.90	4985.88
2001/1	2001/12	5939.23	150.41	-72.73	1295.20	5028.04
2001/2	2002/1	17236.39	128.27	-17.87	1301.29	4634.56
2001/3	2002/2	54999.85	126.31	-33.03	1209.77	4277.19
2001/4	2002/3	39202.86	123.33	-46.28	1294.54	3930.75
2001/5	2002/4	16247.42	123.78	-71.85	1268.87	3784.25
2001/6	2002/5	14548.71	120.52	-64.29	1248.44	3686.46
2001/7	2002/6	-24829.30	96.82	28.87	1247.31	3276.50
2001/8	2002/7	-27402.94	95.40	39.92	1190.87	3356.80
2001/9	2002/8	8504.57	93.36	65.97	1239.05	3425.26
2001/10	2002/9	39675.45	92.54	73.04	1210.20	3608.55
2001/11	2002/10	-23193.58	92.71	86.02	1155.22	3644.03
2001/12	2002/11	-28854.76	85.94	106.16	1056.03	3872.27
2002/1	2002/12	-52661.76	83.12	112.64	1064.87	3781.11
2002/2	2003/1	-34193.68	81.26	128.39	902.74	4038.19
2002/3	2003/2	-69557.98	72.52	127.76	949.07	4279.00
2002/4	2003/3	-40861.66	71.65	127.47	965.49	4396.50
2002/5	2003/4	-63600.75	69.35	151.34	961.89	4500.13
2002/6	2003/5	-39358.92	77.39	120.52	887.70	4517.98
2002/7	2003/6	-76925.10	76.39	113.65	734.16	4148.55
2002/8	2003/7	-52522.78	78.21	111.76	719.80	4328.55
2002/9	2003/8	-89967.88	76.77	109.48	691.72	4216.21
2002/10	2003/9	-72208.07	76.21	117.70	691.24	4176.04
2002/11	2003/10	-42858.89	73.35	116.53	604.99	4393.24
2002/12	2003/11	-102808.64	79.94	84.62	596.50	4196.99
2003/1	2003/12	-86720.83	82.67	83.59	584.69	4199.87

注:

1. 上記の変数のほかに、月次の時間ダミーを加えて推定している。

表 7: 線形：パラメータ有意水準 (p 値)

推定期間		定数項	クロック周波数	RAM 容量	HDD 容量	TFT サイズ
データ始期	データ終期					
1999/02/01	2000 年 1 月	0.16	0.00	0.40	0.00	0.00
1999/03/01	2000 年 2 月	0.23	0.00	0.29	0.00	0.00
1999/04/01	2000 年 3 月	0.04	0.00	0.04	0.00	0.00
1999/05/01	2000 年 4 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/06/01	2000 年 5 月	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/07/01	2000 年 6 月	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/08/01	2000 年 7 月	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/09/01	2000 年 8 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/10/01	2000 年 9 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/11/01	2000 年 10 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/12/01	2000 年 11 月	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/01/01	2000 年 12 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/02/01	2001 年 1 月	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/03/01	2001 年 2 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/04/01	2001 年 3 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/05/01	2001 年 4 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/06/01	2001 年 5 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/07/01	2001 年 6 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/08/01	2001 年 7 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/09/01	2001 年 8 月	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/10/01	2001 年 9 月	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/11/01	2001 年 10 月	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00
2000/12/01	2001 年 11 月	0.37	0.00	0.76	0.00	0.00
2001/01/01	2001 年 12 月	0.55	0.00	0.29	0.00	0.00
2001/02/01	2002 年 1 月	0.14	0.00	0.76	0.00	0.00
2001/03/01	2002 年 2 月	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00
2001/04/01	2002 年 3 月	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00
2001/05/01	2002 年 4 月	0.38	0.00	0.13	0.00	0.00
2001/06/01	2002 年 5 月	0.13	0.00	0.17	0.00	0.00
2001/07/01	2002 年 6 月	0.04	0.00	0.46	0.00	0.00
2001/08/01	2002 年 7 月	0.04	0.00	0.31	0.00	0.00
2001/09/01	2002 年 8 月	0.58	0.00	0.10	0.00	0.00
2001/10/01	2002 年 9 月	0.15	0.00	0.07	0.00	0.00
2001/11/01	2002 年 10 月	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00
2001/12/01	2002 年 11 月	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/01/01	2002 年 12 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/02/01	2003 年 1 月	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/03/01	2003 年 2 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/04/01	2003 年 3 月	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/05/01	2003 年 4 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/06/01	2003 年 5 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/07/01	2003 年 6 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/08/01	2003 年 7 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/09/01	2003 年 8 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/10/01	2003 年 9 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/11/01	2003 年 10 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/12/01	2003 年 11 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2003/01/01	2003 年 12 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 8: 片側対数形：パラメータ推定値

推定期間		定数項	クロック周波数	RAM 容量	HDD 容量	TFT サイズ
データ始期	データ終期					
1999/2	2000/1	11.36	0.001565	-0.000225	0.04447	0.02675
1999/3	2000/2	11.54	0.001404	0.000284	0.03637	0.02733
1999/4	2000/3	10.83	0.001824	0.001467	0.02823	0.02813
1999/5	2000/4	11.01	0.001815	0.002123	0.02304	0.02913
1999/6	2000/5	11.17	0.001700	0.003273	0.01811	0.02855
1999/7	2000/6	11.10	0.001641	0.003727	0.01487	0.03059
1999/8	2000/7	10.98	0.001735	0.003506	0.01346	0.03374
1999/9	2000/8	10.70	0.001889	0.002998	0.01094	0.03332
1999/10	2000/9	10.82	0.001901	0.002997	0.01112	0.03381
1999/11	2000/10	10.75	0.001860	0.002956	0.00678	0.03470
1999/12	2000/11	10.91	0.002014	0.002413	0.00622	0.03479
2000/1	2000/12	10.70	0.001849	0.002675	0.00644	0.03487
2000/2	2001/1	10.87	0.001520	0.002918	0.00670	0.03265
2000/3	2001/2	10.79	0.001414	0.003007	0.00626	0.03222
2000/4	2001/3	10.72	0.001430	0.002928	0.00501	0.03283
2000/5	2001/4	10.77	0.001409	0.002814	0.00517	0.03237
2000/6	2001/5	10.80	0.001391	0.002655	0.00511	0.03226
2000/7	2001/6	10.86	0.001040	0.002984	0.00573	0.02985
2000/8	2001/7	10.79	0.000979	0.002595	0.00585	0.02868
2000/9	2001/8	10.90	0.000953	0.002274	0.00564	0.02806
2000/10	2001/9	10.97	0.000949	0.001899	0.00582	0.02695
2000/11	2001/10	10.89	0.000898	0.001652	0.00576	0.02557
2000/12	2001/11	11.03	0.000693	0.000699	0.00629	0.02486
2001/1	2001/12	11.15	0.000649	0.000421	0.00653	0.02483
2001/2	2002/1	11.22	0.000541	0.000536	0.00667	0.02267
2001/3	2002/2	11.45	0.000562	0.000127	0.00601	0.02097
2001/4	2002/3	11.36	0.000548	0.000060	0.00659	0.01935
2001/5	2002/4	11.27	0.000556	-0.000089	0.00647	0.01877
2001/6	2002/5	11.23	0.000542	-0.000049	0.00634	0.01841
2001/7	2002/6	11.01	0.000450	0.000222	0.00615	0.01752
2001/8	2002/7	11.01	0.000442	0.000250	0.00583	0.01791
2001/9	2002/8	11.28	0.000434	0.000268	0.00600	0.01769
2001/10	2002/9	11.42	0.000430	0.000283	0.00594	0.01878
2001/11	2002/10	11.07	0.000436	0.000349	0.00565	0.01933
2001/12	2002/11	11.08	0.000419	0.000355	0.00484	0.02117
2002/1	2002/12	10.93	0.000415	0.000398	0.00480	0.02128
2002/2	2003/1	11.06	0.000405	0.000434	0.00369	0.02305
2002/3	2003/2	10.85	0.000364	0.000418	0.00379	0.02476
2002/4	2003/3	11.06	0.000356	0.000423	0.00384	0.02536
2002/5	2003/4	10.91	0.000391	0.000605	0.00338	0.02647
2002/6	2003/5	10.89	0.000439	0.000459	0.00316	0.02786
2002/7	2003/6	10.77	0.000436	0.000350	0.00266	0.02642
2002/8	2003/7	10.78	0.000443	0.000353	0.00258	0.02712
2002/9	2003/8	10.66	0.000443	0.000369	0.00234	0.02753
2002/10	2003/9	10.73	0.000430	0.000396	0.00249	0.02620
2002/11	2003/10	10.89	0.000411	0.000418	0.00197	0.02767
2002/12	2003/11	10.55	0.000456	0.000252	0.00209	0.02663
2003/1	2003/12	10.72	0.000453	0.000246	0.00212	0.02552

注:

1. 上記の変数のほかに、月次の時間ダミーを加えて推定。
2. 被説明変数（価格）を対数、説明変数を線形として推定。

表 9: 片側対数形：パラメータ有意水準（p 値）

推定期間						
データ始期	データ終期	定数項	クロック周波数	RAM 容量	HDD 容量	TFT サイズ
1999/2	2000/1	0.00	0.00	0.77	0.00	0.00
1999/3	2000/2	0.00	0.00	0.71	0.00	0.00
1999/4	2000/3	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
1999/5	2000/4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/6	2000/5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/7	2000/6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/8	2000/7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/9	2000/8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/10	2000/9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/11	2000/10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/12	2000/11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/1	2000/12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/2	2001/1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/3	2001/2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/4	2001/3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/5	2001/4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/6	2001/5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/7	2001/6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/8	2001/7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/9	2001/8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/10	2001/9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/11	2001/10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/12	2001/11	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00
2001/1	2001/12	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00
2001/2	2002/1	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00
2001/3	2002/2	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00
2001/4	2002/3	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00
2001/5	2002/4	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00
2001/6	2002/5	0.00	0.00	0.83	0.00	0.00
2001/7	2002/6	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00
2001/8	2002/7	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00
2001/9	2002/8	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00
2001/10	2002/9	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00
2001/11	2002/10	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
2001/12	2002/11	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
2002/1	2002/12	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
2002/2	2003/1	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
2002/3	2003/2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
2002/4	2003/3	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
2002/5	2003/4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/6	2003/5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/7	2003/6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/8	2003/7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/9	2003/8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/10	2003/9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/11	2003/10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/12	2003/11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2003/1	2003/12	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00

表 10: 両側対数形：パラメータ推定値

推定期間		定数項	クロック周波数	RAM 容量	HDD 容量	TFT サイズ
データ始期	データ終期					
1999/2	2000/1	8.1933	0.4620	0.0633	0.5562	0.0273
1999/3	2000/2	7.1744	0.6053	0.1072	0.5349	0.0269
1999/4	2000/3	5.5449	0.7998	0.2101	0.4185	0.0277
1999/5	2000/4	5.0611	0.8879	0.2466	0.3179	0.0291
1999/6	2000/5	4.9489	0.8926	0.3145	0.2732	0.0288
1999/7	2000/6	4.3259	0.9697	0.3553	0.2275	0.0306
1999/8	2000/7	3.6115	1.0858	0.3496	0.2032	0.0335
1999/9	2000/8	3.0048	1.1894	0.2946	0.1781	0.0327
1999/10	2000/9	3.0332	1.1926	0.2947	0.1822	0.0333
1999/11	2000/10	3.0507	1.1832	0.2932	0.1565	0.0340
1999/12	2000/11	2.7622	1.2899	0.2385	0.1482	0.0343
2000/1	2000/12	2.7463	1.2372	0.2550	0.1476	0.0345
2000/2	2001/1	3.0900	1.1900	0.2485	0.1431	0.0324
2000/3	2001/2	3.0210	1.1856	0.2477	0.1397	0.0319
2000/4	2001/3	2.9441	1.1929	0.2394	0.1273	0.0321
2000/5	2001/4	3.0262	1.1752	0.2315	0.1444	0.0312
2000/6	2001/5	3.0353	1.1892	0.2043	0.1482	0.0314
2000/7	2001/6	3.6591	1.0662	0.2069	0.1675	0.0294
2000/8	2001/7	3.8279	1.0360	0.1772	0.1739	0.0281
2000/9	2001/8	4.0492	0.9908	0.1937	0.1796	0.0277
2000/10	2001/9	4.1275	0.9894	0.1748	0.1808	0.0265
2000/11	2001/10	4.1950	0.9609	0.1757	0.1786	0.0252
2000/12	2001/11	5.1475	0.7977	0.1691	0.2095	0.0233
2001/1	2001/12	5.4173	0.7628	0.1443	0.2335	0.0229
2001/2	2002/1	5.8010	0.6617	0.1410	0.2983	0.0217
2001/3	2002/2	6.2762	0.6918	0.0657	0.2823	0.0203
2001/4	2002/3	6.0944	0.6852	0.0428	0.3222	0.0185
2001/5	2002/4	6.0759	0.7009	0.0042	0.3199	0.0180
2001/6	2002/5	6.0775	0.6943	-0.0007	0.3194	0.0177
2001/7	2002/6	6.0181	0.6271	0.0316	0.3513	0.0166
2001/8	2002/7	5.9665	0.6321	0.0372	0.3380	0.0173
2001/9	2002/8	6.1407	0.6241	0.0479	0.3549	0.0175
2001/10	2002/9	6.5565	0.6160	0.0558	0.3496	0.0184
2001/11	2002/10	5.5716	0.6420	0.0922	0.3512	0.0185
2001/12	2002/11	5.1299	0.6790	0.1370	0.3264	0.0191
2002/1	2002/12	4.7825	0.6926	0.1545	0.3214	0.0192
2002/2	2003/1	4.8213	0.7182	0.1529	0.2791	0.0207
2002/3	2003/2	4.6460	0.6623	0.1961	0.3100	0.0211
2002/4	2003/3	4.8348	0.6517	0.1857	0.3345	0.0211
2002/5	2003/4	4.2392	0.6593	0.2843	0.3191	0.0211
2002/6	2003/5	3.8041	0.7808	0.2144	0.3008	0.0225
2002/7	2003/6	3.3393	0.8377	0.1982	0.2746	0.0218
2002/8	2003/7	3.3291	0.8529	0.1939	0.2704	0.0225
2002/9	2003/8	3.2131	0.8498	0.1930	0.2591	0.0227
2002/10	2003/9	3.1737	0.8428	0.2186	0.2757	0.0213
2002/11	2003/10	3.3377	0.8628	0.2116	0.2203	0.0242
2002/12	2003/11	2.4362	0.9770	0.1641	0.2308	0.0229
2003/1	2003/12	2.3277	1.0133	0.1666	0.2190	0.0230

注:

1. 上記の変数のほかに、月次の時間ダミーを加えて推定。
2. 被説明変数（価格）、HDD 容量、CPU クロック周波数、RAM 容量を対数に変換して推定。

表 11: 両側対数形：パラメータ有意水準（p 値）

推定期間		定数項	クロック周波数	RAM 容量	HDD 容量	TFT サイズ
データ始期	データ終期					
1999/2	2000/1	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00
1999/3	2000/2	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
1999/4	2000/3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/5	2000/4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/6	2000/5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/7	2000/6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/8	2000/7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/9	2000/8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/10	2000/9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/11	2000/10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/12	2000/11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/1	2000/12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/2	2001/1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/3	2001/2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/4	2001/3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/5	2001/4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/6	2001/5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/7	2001/6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/8	2001/7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/9	2001/8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/10	2001/9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/11	2001/10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/12	2001/11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2001/1	2001/12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2001/2	2002/1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2001/3	2002/2	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00
2001/4	2002/3	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00
2001/5	2002/4	0.00	0.00	0.93	0.00	0.00
2001/6	2002/5	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00
2001/7	2002/6	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00
2001/8	2002/7	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00
2001/9	2002/8	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00
2001/10	2002/9	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00
2001/11	2002/10	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
2001/12	2002/11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/1	2002/12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/2	2003/1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/3	2003/2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/4	2003/3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/5	2003/4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/6	2003/5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/7	2003/6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/8	2003/7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/9	2003/8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/10	2003/9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/11	2003/10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/12	2003/11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2003/1	2003/12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 12: 片側 Box-Cox 形：パラメータ推定値

推定期間		定数項	クロック周波数	HDD 容量	RAM 容量	TFT サイズ	Box-Cox パラメータ
データ始期	データ終期						
1999/2	2000/1	1032.714	2.87051	63.98628	0.48505	40.326	0.5960
1999/3	2000/2	3507.830	9.77770	183.50009	3.41349	141.901	0.6980
1999/4	2000/3	-613.466	24.13398	334.89650	15.83459	316.781	0.7624
1999/5	2000/4	954.424	7.10948	87.12875	7.48198	103.696	0.6693
1999/6	2000/5	808.153	1.88777	19.95057	3.81951	30.431	0.5719
1999/7	2000/6	1012.531	3.33715	27.71696	7.55082	58.414	0.6198
1999/8	2000/7	363.062	0.80001	5.78205	1.63894	14.927	0.5014
1999/9	2000/8	175.898	0.39734	2.17136	0.64746	6.802	0.4385
1999/10	2000/9	201.291	0.38247	2.13649	0.62262	6.642	0.4357
1999/11	2000/10	147.513	0.23438	0.82957	0.38706	4.356	0.3990
1999/12	2000/11	196.717	0.30643	0.94694	0.39606	5.308	0.4156
2000/1	2000/12	97.145	0.11565	0.40592	0.18069	2.213	0.3433
2000/2	2001/1	90.518	0.07038	0.31015	0.14315	1.533	0.3189
2000/3	2001/2	127.728	0.12832	0.55634	0.28198	2.934	0.3736
2000/4	2001/3	132.320	0.15134	0.51766	0.32241	3.487	0.3862
2000/5	2001/4	163.108	0.19798	0.71097	0.41353	4.590	0.4095
2000/6	2001/5	174.882	0.20707	0.74765	0.40641	4.840	0.4142
2000/7	2001/6	568.856	1.07546	5.71214	2.89122	30.215	0.5705
2000/8	2001/7	485.285	0.99941	5.77704	2.35698	28.620	0.5693
2000/9	2001/8	471.083	0.65872	3.75371	1.32675	18.998	0.5369
2000/10	2001/9	481.029	0.57885	3.41700	0.94940	16.170	0.5264
2000/11	2001/10	512.603	0.71488	4.36383	0.96156	19.808	0.5475
2000/12	2001/11	581.582	0.55695	4.66927	0.19703	18.816	0.5442
2001/1	2001/12	636.139	0.51401	4.69601	-0.00373	18.244	0.5412
2001/2	2002/1	205.794	0.07650	0.86272	0.03679	3.012	0.4009
2001/3	2002/2	172.637	0.05084	0.51711	0.00104	1.827	0.3664
2001/4	2002/3	108.355	0.02674	0.30574	-0.00192	0.913	0.3162
2001/5	2002/4	85.580	0.02012	0.22413	-0.00616	0.659	0.2922
2001/6	2002/5	86.097	0.02023	0.22663	-0.00500	0.665	0.2947
2001/7	2002/6	177.762	0.06052	0.80205	0.02407	2.226	0.4003
2001/8	2002/7	125.606	0.03466	0.44559	0.01724	1.338	0.3563
2001/9	2002/8	114.561	0.02425	0.32837	0.01525	0.954	0.3287
2001/10	2002/9	110.058	0.02060	0.27738	0.01409	0.868	0.3161
2001/11	2002/10	91.749	0.01985	0.25298	0.01622	0.849	0.3124
2001/12	2002/11	188.041	0.05802	0.68501	0.05629	2.809	0.4045
2002/1	2002/12	148.937	0.04608	0.55308	0.04962	2.264	0.3872
2002/2	2003/1	101.100	0.02152	0.20907	0.02581	1.175	0.3266
2002/3	2003/2	174.905	0.05969	0.68649	0.08069	3.840	0.4194
2002/4	2003/3	307.752	0.11193	1.34688	0.15815	7.461	0.4724
2002/5	2003/4	282.612	0.12687	1.40067	0.22719	8.474	0.4801
2002/6	2003/5	165.635	0.05460	0.48215	0.06591	3.385	0.4010
2002/7	2003/6	122.441	0.03996	0.29593	0.04091	2.349	0.3759
2002/8	2003/7	130.184	0.04195	0.29767	0.04203	2.497	0.3784
2002/9	2003/8	127.153	0.04984	0.33419	0.05172	2.991	0.3933
2002/10	2003/9	240.962	0.13766	1.01634	0.16355	8.057	0.4792
2002/11	2003/10	225.847	0.08617	0.54283	0.10803	5.586	0.4439
2002/12	2003/11	112.729	0.04881	0.27716	0.03562	2.770	0.3887
2003/1	2003/12	262.517	0.20310	1.19785	0.15502	10.982	0.5057

注:

1. 上記の変数のほかに、月次の時間ダミーを加えて推定。
2. 被説明変数（価格）を Box-Cox 変換 $\frac{x^\lambda - 1}{\lambda}$ して推定。説明変数は、線形。
3. 上記の表での Box-Cox Parameter は、Box-Cox 変換における λ 。

表 13: 片側 Box-Cox 形：パラメータ有意水準（p 値）

推定期間		定数項	クロック周波数	HDD 容量	RAM 容量	TFT サイズ
データ始期	データ終期					
1999/2	2000/1	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00
1999/3	2000/2	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00
1999/4	2000/3	0.78	0.00	0.00	0.03	0.00
1999/5	2000/4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/6	2000/5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/7	2000/6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/8	2000/7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/9	2000/8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/10	2000/9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/11	2000/10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/12	2000/11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/1	2000/12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/2	2001/1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/3	2001/2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/4	2001/3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/5	2001/4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/6	2001/5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/7	2001/6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/8	2001/7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/9	2001/8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/10	2001/9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/11	2001/10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/12	2001/11	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00
2001/1	2001/12	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00
2001/2	2002/1	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00
2001/3	2002/2	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00
2001/4	2002/3	0.00	0.00	0.00	0.85	0.00
2001/5	2002/4	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00
2001/6	2002/5	0.00	0.00	0.00	0.53	0.00
2001/7	2002/6	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00
2001/8	2002/7	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00
2001/9	2002/8	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00
2001/10	2002/9	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00
2001/11	2002/10	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
2001/12	2002/11	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2002/1	2002/12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/2	2003/1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/3	2003/2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/4	2003/3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/5	2003/4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/6	2003/5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/7	2003/6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/8	2003/7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/9	2003/8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/10	2003/9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/11	2003/10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/12	2003/11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2003/1	2003/12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 14: 両側 Box-Cox 形：パラメータ推定値

推定期間							Box-Cox パラメータ		
データ始期	データ終期	定数項	クロック周波数	HDD 容量	RAM 容量	TFT サイズ	被説明変数	クロック周波数	HDD 容量
1999/2	2000/1	1058.80	0.00021946	309.68601	0.21780	32.85384	0.57931	2.50705	0.28967
1999/3	2000/2	1495.70	0.49068493	591.41274	2.23115	69.11438	0.64010	1.35865	0.31252
1999/4	2000/3	938.86	0.46448862	1018.41788	8.77589	162.49261	0.70838	1.51948	0.35331
1999/5	2000/4	652.68	4.12176117	205.10057	6.17102	81.45704	0.64967	1.04625	0.60005
1999/6	2000/5	579.77	0.79965526	90.03284	2.97700	23.82907	0.55169	1.09334	0.37675
1999/7	2000/6	1644.15	0.00935999	99.33551	7.43194	56.67111	0.61736	1.90592	0.56219
1999/8	2000/7	551.25	0.00274174	19.04480	1.72018	15.48797	0.50440	1.87885	0.62140
1999/9	2000/8	191.57	0.01995326	13.40486	0.52728	5.56781	0.42237	1.42852	0.32903
1999/10	2000/9	242.47	0.00592736	12.41894	0.56207	6.00110	0.42743	1.62379	0.38777
1999/11	2000/10	85.15	0.16341526	11.68312	0.22298	2.48434	0.35367	0.96440	-0.00191
1999/12	2000/11	153.09	0.04792108	8.64468	0.26729	3.50544	0.38164	1.21342	0.20972
2000/1	2000/12	34.11	1.10019593	2.33839	0.10469	1.29141	0.29952	0.57050	0.30527
2000/2	2001/1	-61.91	17.81284267	0.96445	0.05952	0.71064	0.25606	0.05654	0.39373
2000/3	2001/2	-66.31	17.36891429	1.14779	0.07147	0.84767	0.27185	0.08812	0.38732
2000/4	2001/3	-88.88	21.71101146	1.99517	0.07338	0.89641	0.27550	0.06251	0.17542
2000/5	2001/4	-83.81	21.55410095	3.34212	0.05615	0.69905	0.25675	0.02761	-0.03400
2000/6	2001/5	-90.96	23.48146178	3.47073	0.04908	0.69301	0.25568	0.01493	-0.04404
2000/7	2001/6	-476.68	122.68506527	5.01631	0.14797	2.02895	0.34923	-0.07540	0.23158
2000/8	2001/7	-392.63	82.65203154	4.54593	0.16494	2.59615	0.37319	0.02101	0.36609
2000/9	2001/8	-546.63	180.33058584	3.44156	0.06798	1.23494	0.31332	-0.20008	0.22490
2000/10	2001/9	-430.09	139.51911518	2.29093	0.04872	1.03484	0.30191	-0.18238	0.31172
2000/11	2001/10	-274.13	62.25919020	2.60719	0.07638	1.72794	0.34813	0.01181	0.44654
2000/12	2001/11	-798.23	251.01756250	1.07810	0.03108	2.17294	0.37002	-0.17266	0.80805
2001/1	2001/12	-2571.83	1023.90753241	0.80271	0.01486	3.32371	0.40513	-0.31453	1.00204
2001/2	2002/1	289.83	0.02137622	0.61208	0.05418	4.20809	0.42793	1.22492	1.16572
2001/3	2002/2	464.21	0.00005483	0.80245	-0.02341	5.38284	0.45331	2.09763	1.16035
2001/4	2002/3	161.77	0.00008031	0.67988	-0.00777	1.38198	0.34897	1.86309	0.90573
2001/5	2002/4	135.25	0.00003258	0.50221	-0.01427	1.09173	0.33208	1.96010	0.92503
2001/6	2002/5	105.03	0.00005872	0.56666	-0.00811	0.77928	0.30673	1.83141	0.81424
2001/7	2002/6	123.93	0.00003072	3.79456	0.01178	1.24086	0.35288	1.96507	0.47510
2001/8	2002/7	109.53	0.00001247	2.33565	0.01183	1.00245	0.33260	2.05108	0.51931
2001/9	2002/8	91.35	0.00000237	1.80558	0.00979	0.65954	0.29834	2.21774	0.48452
2001/10	2002/9	84.70	0.00000063	1.77588	0.00869	0.56694	0.28038	2.36645	0.42776
2001/11	2002/10	71.09	0.00003329	0.89130	0.00948	0.53546	0.27408	1.80744	0.58220
2001/12	2002/11	70.32	0.02396534	0.88958	0.01452	0.69347	0.29183	0.93532	0.62192
2002/1	2002/12	48.66	0.09141898	0.62479	0.01180	0.49426	0.26481	0.70784	0.62871
2002/2	2003/1	39.51	0.01346815	0.44929	0.00666	0.29340	0.21534	0.88330	0.52016
2002/3	2003/2	58.59	0.01822595	1.14750	0.01687	0.72733	0.28635	0.94336	0.52370
2002/4	2003/3	81.39	0.01702355	2.49597	0.02669	1.16288	0.32417	1.01125	0.46085
2002/5	2003/4	64.31	0.00073952	5.93903	0.02954	1.04358	0.31280	1.41537	0.21640
2002/6	2003/5	36.36	0.00038224	2.97631	0.00750	0.36950	0.22368	1.37166	0.10518
2002/7	2003/6	35.02	0.00000125	3.67541	0.00493	0.33703	0.21992	2.11021	0.02317
2002/8	2003/7	35.64	0.00000066	4.67444	0.00495	0.35540	0.22241	2.19858	-0.02635
2002/9	2003/8	44.73	0.00000019	6.24520	0.00820	0.59585	0.26503	2.42278	0.01719
2002/10	2003/9	201.96	0.00000060	8.87113	0.06732	3.95580	0.42391	2.51938	0.38830
2002/11	2003/10	497.46	0.00000001	1.14334	0.13760	9.00332	0.48007	3.20946	0.91761
2002/12	2003/11	195.46	0.00003503	0.38447	0.03983	3.68880	0.41057	1.97144	0.97879
2003/1	2003/12	703.20	0.00075821	0.73443	0.23571	19.08951	0.54865	1.78837	1.20649

注:

1. 上記の変数のほかに、月次の時間ダミーを加えて推定。
2. 被説明変数（価格） λ 説明変数の双方を Box-Cox 変換 $\frac{x^\lambda - 1}{\lambda}$ して推定。ただし、RAM 容量、モニタサイズは Box-Cox 変換を行っていない。RAM 容量は、推定の際の非線形最適化の際に、Box-Cox パラメータを見つけることができなかったためである。また、モニタサイズは、モニタが付いていない機種に関しては 0 としているためである。
3. 上記の表での Box-Cox パラメータは、Box-Cox 変換における λ 。

表 15: 両側 Box-Cox 形：パラメータ有意水準（p 値）

推定期間		定数項	クロック周波数	HDD 容量	RAM 容量	TFT サイズ
データ始期	データ終期					
1999/2	2000/1	0.00	0.00	0.00	0.81	0.00
1999/3	2000/2	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00
1999/4	2000/3	0.38	0.00	0.00	0.02	0.00
1999/5	2000/4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/6	2000/5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/7	2000/6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/8	2000/7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/9	2000/8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/10	2000/9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/11	2000/10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999/12	2000/11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/1	2000/12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/2	2001/1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/3	2001/2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/4	2001/3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/5	2001/4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/6	2001/5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/7	2001/6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/8	2001/7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/9	2001/8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/10	2001/9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/11	2001/10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000/12	2001/11	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00
2001/1	2001/12	0.00	0.00	0.00	0.74	0.00
2001/2	2002/1	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00
2001/3	2002/2	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00
2001/4	2002/3	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00
2001/5	2002/4	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00
2001/6	2002/5	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00
2001/7	2002/6	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00
2001/8	2002/7	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00
2001/9	2002/8	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00
2001/10	2002/9	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00
2001/11	2002/10	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
2001/12	2002/11	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2002/1	2002/12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/2	2003/1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/3	2003/2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/4	2003/3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/5	2003/4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/6	2003/5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/7	2003/6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/8	2003/7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/9	2003/8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/10	2003/9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/11	2003/10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002/12	2003/11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2003/1	2003/12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00