

2011 年度 卒業論文

デジタル機器の価格と需要の分析

慶應義塾大学 経済学部
石橋孝次研究会 第 12 期生

北原 咲

はしがき

2011年7月、リコーはHOYAが展開している「ペンタックス」ブランドのデジタルカメラ事業を買収することを発表した。そのペンタックスは2007年にHOYAが買収していた。2006年に遡ると、コダックはデジタルカメラの製造から撤退、ソニーが旧ミノルタのデジタル一眼レフ事業を買収している。さらに遡り2005年には京セラがデジタルカメラ事業から撤退している。このように、デジタルカメラ業界の再編・淘汰は激しく、各企業は生き残りをかけた戦いをしているのである。そんな競争の激しいデジタルカメラ市場だが、なぜキヤノンはシェア1位を維持できているのだろうか。キヤノンに打ち勝つために、他のメーカーはどんな戦略で対抗しているのだろうか。一方、キヤノンが同様に首位であるインクジェットプリンタ市場は、キヤノンとエプソンの2企業が競い合っているものの、「業界再編」という言葉とは縁がないように感じられる。では、この2つの市場では何が異なるのだろうか。

本論文の研究をするにあたり、私自身もコンパクトデジタルカメラを一台購入するに至った。しかし、以前は携帯電話のカメラがあれば充分だと考えており、わざわざ「写真や動画を撮影する機能しか持たない機械」を購入することに疑問を感じていた。消費者は、製品のどんな機能、あるいは品質に魅力を感じているのだろうか。

以上が今回の卒業論文のテーマを研究する動機である。メーカー側の戦略を分析するための「ヘドニック・アプローチ」、消費者の評価を明らかにし、需要関数を推定する「BLPモデル」。これら2つの分析手法を用いることにより、これらの疑問を明らかにしたい。

目次

序章	1
第1章 デジタル機器市場	2
1.1 デジタルカメラ市場の歴史	2
1.2 国内デジタルカメラ市場の現状	3
1.3 インクジェットプリンタ	6
1.4 インクジェットプリンタ市場の現状	7
第2章 ヘドニック・アプローチによる価格分析	9
2.1 ヘドニック・アプローチの理論的基礎づけ	9
2.2 先行研究	12
2.3 デジタルカメラのヘドニック・アプローチによる分析	16
2.4 インクジェットプリンタのヘドニック・アプローチによる分析	23
第3章 BLPモデルによるデジタルカメラ市場における需要関数の推定	29
3.1 BLPモデル	29
3.2 先行研究	31
3.3 デジタルカメラの需要関数の推定	35
第4章 結論	41
参考文献	43

序章

近年、日本のデジタル機器産業における国際競争力の低下が取り沙汰されている。そのような状況下でも、世界シェアトップ3にランクインする日本企業は存在する。デジタルカメラにおいては、キヤノン、ソニー、ニコンの3社が世界の3強と呼ばれており、2010年の3社合計シェアは53.4%と半分以上を占めている¹。インクジェットプリンタにおいても、首位は取れていないものの、2位、3位にはキヤノンとエプソンがランクインしている²。

日本が誇るべきデジタルカメラ市場に注目し、実証分析まで行った論文は、Miyamoto and Tsubaki (2001) が存在するものの、2001年から技術は進歩しているにもかかわらず、それ以降の分析は盛んではない。また、インクジェットプリンタ市場においては、伊藤 (2008) が同様にヘドニック・アプローチによる分析を行っているが、こちらも2006年までのデータを用いて研究しており、より新しいデータを用いた研究が必要であると言える。

本稿の目的は、これら2つの市場、デジタルカメラ市場とインクジェットプリンタ市場について分析を行い、日本企業の戦略を明らかにすることである。第1章では、デジタルカメラ市場とインクジェットプリンタ市場の特徴を概観する。第2章では、ヘドニック・アプローチの理論的基礎づけと分析手法を紹介し、デジタルカメラとインクジェットプリンタのデータを用いて実証分析を行う。第3章では、BLPモデルによるデジタルカメラ市場における需要関数の推定を行う。ヘドニック・アプローチは、企業側が重視している特性を明らかにする分析である一方、BLPモデルは消費者が評価している特性を明らかにする分析である。これら2つの分析を行うことにより、企業の戦略と消費者の求める品質との乖離、あるいは一致を明らかにする。第4章では、本稿の総括を行う。

¹ 日経産業新聞 2011年7月25日を参照。

² 同上。

第1章 デジタル機器市場

第1章では、デジタル機器市場、特にデジタルカメラ市場とインクジェットプリンタ市場について分析する。1.1では、デジタルカメラ市場の歴史という観点から特徴を明らかにする³。1.2では、デジタルカメラ市場の現状を概観する。1.3では、技術特性の観点からインクジェットプリンタの特徴を述べる。1.4では、インクジェットプリンタ市場の現状を数値データに基づいて分析する。

1.1 デジタルカメラ市場の歴史

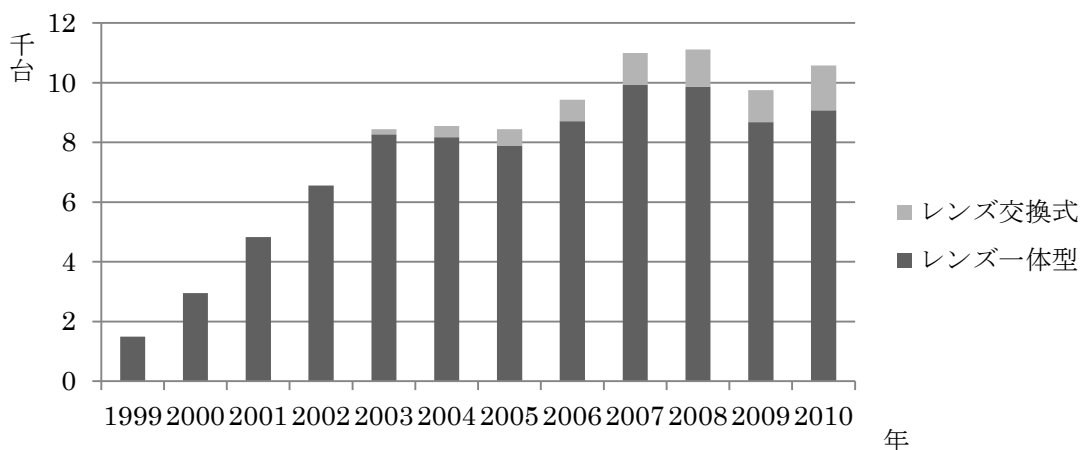
デジタルカメラの歴史は、ソニーが1981年に磁気記録方式による「マビカ」を発表したことから始まる。「マビカ」は市販には至らなかったが、これをきっかけとして業界各社が開発を本格的に始めた。その後、キヤノンが1986年に「RC-701」を初めて市販したが、一式を購入するのに500万円かかるという個人向けとは言えないものであった。デジタルカメラが一般の顧客に身近になったのは、1995年にカシオ計算機が「QV-10」を発売してからである。QV-10は、定価65,000円という当時の破格の値段で発売され、パソコンに画像を取り込み、さらに液晶画面で撮影した画像がその場でみられるという真新しさから人気を博した。翌1996年には、30社弱の様々な業界の企業がデジタルカメラ市場に参入した。この際、カメラメーカーは、レンズなどの光学技術を利用し、高画質化・高解像度化を図った。家電・電気機器メーカーは、カメラのデジタル化に伴い、「デジタル家電製品」として参入した。玩具メーカーは、新しいエンターテインメントというニッチ市場を狙った。また、フィルムメーカーは、「写真」がフィルムからデジタルで流通する時代を見越して参入したのである。また、デジタルカメラメーカーに求められる技術は大きく分けて3つある。1つ目は、レンズやフォーカスといったカメラ技術である。2つ目は、撮影された光の情報を電気信号に変えるCCDなどのイメージ技術である。そして3つ目は、撮影した画像をその場で見たり、パソコンで編集したりするためのデジタル技術である。このように、デジタルカメラは複数の技術特性の集合体であると考えられる。このように、様々な業界のメーカーが競合し、複数の技術特性によって成り立っていることがデジタルカメラ市場を特徴づけていると言える。

³ この節は、「特集富士写真フィルム—巨人を悩ますデジタル包囲網」『日経ビジネス』, 1997年11月17日号. を参照している。

1.2 国内デジタルカメラ市場の現状

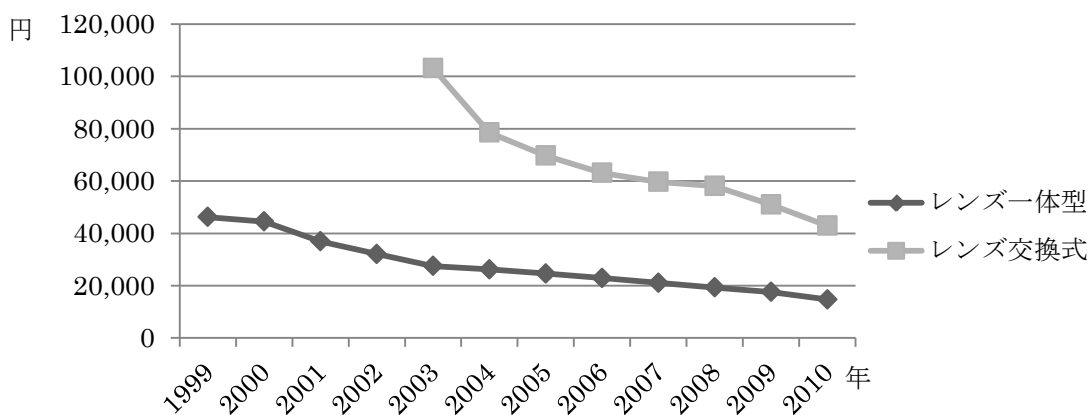
図1-1は国内のデジタルカメラの出荷台数の推移を表したものである。1999年から2003年まではかなり早いスピードで普及していったことがわかる。それから2006年まではほぼ横ばいだが、2007年に出荷台数は急増した。現在ではほぼ全ての機種に搭載されている「顔認識」の機能だが、BCNランキングの記事によれば、2005年に登場後、2007年には多くのメーカーで取り入れられ、販売されている製品の約8割が顔認識機能を搭載している。顔認識を含め、様々な機能が追加されていくことで、消費者にとって魅力的になっていったと考えられる。

図1-1 デジタルカメラの出荷台数推移



出所：カメラ映像機器工業会ホームページより作成

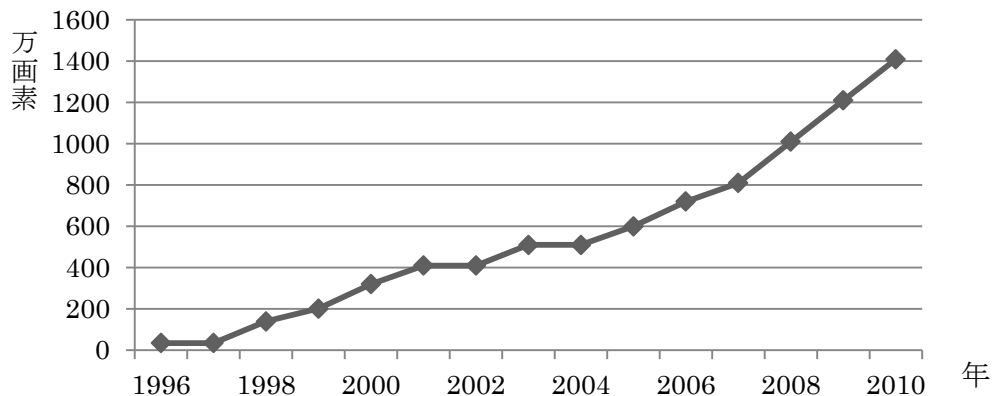
図1-2 デジタルカメラの平均単価の推移



出所：カメラ映像機器工業会ホームページより作成

図1-2はデジタルカメラの平均単価の推移である。レンズ一体型もレンズ交換式も統計の初めに比べると、2010年には半分以下の価格になっている。図1-3は有効画素数の推移である。データを網羅しやすかったソニーのサイバーショットの画素数をグラフにしている。

図1-3 有効画素数の推移（ソニー・サイバーショット）



出所：ソニー ホームページより作成

画素数の増加するスピードは速く、15年間で約40倍にまで増加した。これまでのデジタルカメラ市場は、価格競争・画素数競争が激しいと言われてきた。しかし、近年は競争に限界が来ているという議論がささやかれ始めた⁴。価格は1万円台のものも出てきており、今後はそれほど下がらないと考えられる。また、低価格帯で品質がそれほど高くない製品の場合、スマートフォンや携帯電話に市場を奪われてしまう危険性もあるため、価格競争を避けようとするメーカーが増えている。画素数については、キヤノンのPower Shot Gシリーズが高画素化ストップの良い例である。Power Shot G11は、従来の画素数である1470万画素からあえて1000万画素に抑えている。画素数を減らすことにより、高感度の画質を高めるのが狙いだ。各メーカーは、価格競争・画素数競争だけに頼るのではなく、独自の技術や新機能を搭載することで差別化を図ろうとしている。

⁴ 「日経 PC21」 2010年5月号。

表1-1 デジタルカメラ（レンズ一体型）のシェアトップ3

	1位	2位	3位
2010	キヤノン(19.0%)	カシオ計算機(15.2%)	パナソニック(13.9%)
2009	キヤノン(19.6%)	カシオ計算機(18.6%)	パナソニック(14.6%)
2008	キヤノン(18.3%)	カシオ計算機(15.4%)	パナソニック(15.2%)
2007	キヤノン(19.8%)	松下電器産業(16.1%)	ソニー(14.1%)
2006	キヤノン(21.0%)	カシオ計算機(16.3%)	ソニー(15.2%)
2005	キヤノン(18.5%)	カシオ計算機(14.7%)	松下電器産業(12.7%)

出所：BCN AWARD

表1-1には、デジタルカメラのシェアトップ3を示している。2008年から2010年までの3年間の売り上げトップ3は、キヤノン、カシオ計算機、パナソニックの順で固定されている。キヤノンは2005年から変わらず首位をキープしている。2011年の上半期でもキヤノンは首位であるが、シェアは17.9%と下がっている。これは3月の震災の影響であると考えられる。

表1-2に示すのは、デジタルカメラの買い替え状況である。

表1-2 デジタルカメラの買い替え状況

調査時期	平均使用年数 (年)	買い替え理由(%)		
		故障	上位品目	その他
19年3月	3.5	20.8	62.4	16.7
20年3月	3.7	31.2	57.4	11.0
21年3月	3.8	27.8	54.2	17.1
22年3月	4.4	32.2	50.6	16.7
23年3月	4.3	31.3	51.4	16.5

出所：内閣府 消費動向調査より作成

デジタルカメラは、約4年程度の使用の後、新しい製品に買い替えられている。このことは、デジタルカメラが技術革新の速い製品であることに起因し、新しい機能や改良される品質に魅力を感じた消費者が新製品を購入していると考えられる。ここで、モデルチェンジの時期にも触れる。デジタルカメラのモデルチェンジは、基本的に春・秋の2回だが、メーカーやブランドによっては春・秋に加えて行楽シーズンにも発売する場合もある。また、キヤノンのPower Shot Gシリーズは年に1回、リコーのGRデジタルシリーズは2年に1回であり、ハイエンドの製品はモデルチェンジが少なく

なる傾向がある。

1.3 インクジェットプリンタ

プリンタの種類は、印刷の方法によって、レーザープリンタとインクジェットプリンタに分けられている。レーザープリンタは、黒のトナーを紙に定着させることで印刷を行う。インクジェットプリンタは、インクを粒子状にして吹き付けることで印刷を行う。また、このインクジェットプリンタには大きく分けて二つの方式がある。1つは、キヤノンが採用した「サーマル方式（バブルジェット方式）」であり、ヒーターを加熱することにより、気泡を発生させてインクを吐出させる技術である。この方式は、キヤノンの他にヒューレット・パッカー、富士ゼロックス、レックスマークが採用している。サーマル方式の長所は、インク噴出のための高圧化装置などを省くことができるため、ヘッド構造を比較的簡略にできる点、印刷速度の高速化・印字画素の高密度化が図りやすい点が挙げられる。短所は、インクを加熱する必要があるため、熱劣化に強いインクを採用しなければならない点、ヘッドの寿命が短くなる点が挙げられる。もう1つは、セイコーエプソン（以下エプソン）が採用した「ピエゾ方式」であり、電流を流すと伸縮する「ピエゾ素子」を利用して、機械的加圧力でインクを吐出させる技術である。エプソンの他には、ブラザー工業、ローランド、リコーが採用している。ピエゾ方式の長所は、ピエゾ素子の変形量を電圧制御するため、インク噴出量を緻密に制御できる点、また、サーマル方式に比べて使用できるインクの種類が豊富であり、ヘッドの寿命が長い点が挙げられる。短所は、インク内に気泡が混じると目詰まりが生じやすく、余分にインクを排出しなければならない点、ドット毎にピエゾ素子を配置するため、ヘッド構造が複雑になる点が挙げられる。

インクジェットプリンタは、デジタルカメラで撮影された写真を綺麗に印刷できるカラープリンタとして広く普及している。一般的に、カラープリンタでは4色のインクを混ぜ合わせることによって、色を表現している。シアン、マゼンタ、イエロー、ブラックが主に使われているが、淡い色を表現するために、これら4色に薄いシアンとマゼンタを加えた製品も存在する。

1.4 インクジェットプリンタ市場の現状

インクジェットプリンタ市場の7割は、印刷機能のほかにスキャナ機能やファクシミリ機能を備えたMFP（Multi-Function Printer）が占めている。表1-3は、インクジェットプリンタの出荷数量の推移である。2010年度の出荷数量は、前年度比105.7%

となっているが、キヤノン・エプソンともに次の操作を光るボタンでわかりやすくする機能やパソコンに接続しなくても印刷できる機能などを新たに搭載したことによる買い替え需要から、出荷台数が増加したと考えられる。

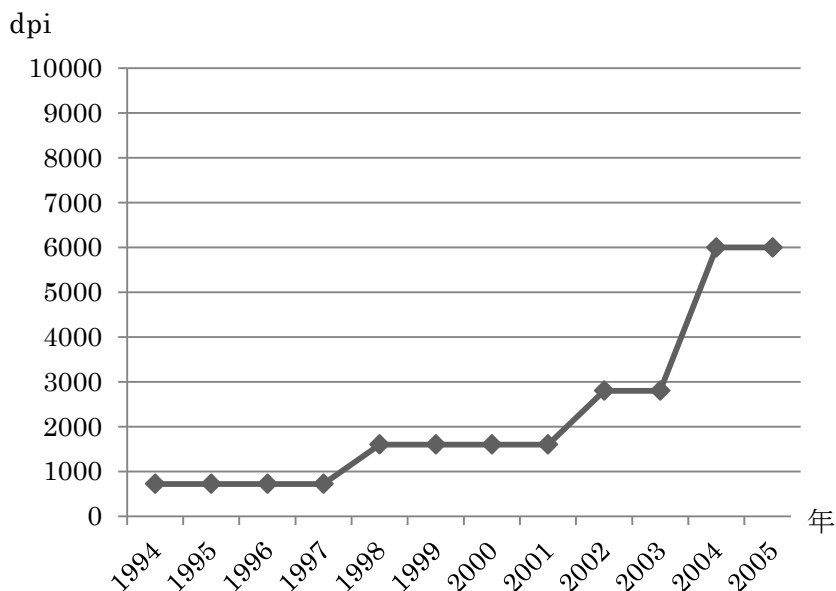
表1-3 インクジェットプリンタの出荷数量の推移

	2008年度	2009年度	2010年度
数量(台)	36,332,600	36,235,000	38,315,000
前年度比	—	99.7%	105.7%

出所：矢野経済研究所（2011）

図1-4は、インクジェットプリンタの解像度の推移である。解像度は2003年から2004年にかけて急速に性能が向上したことが分かる。

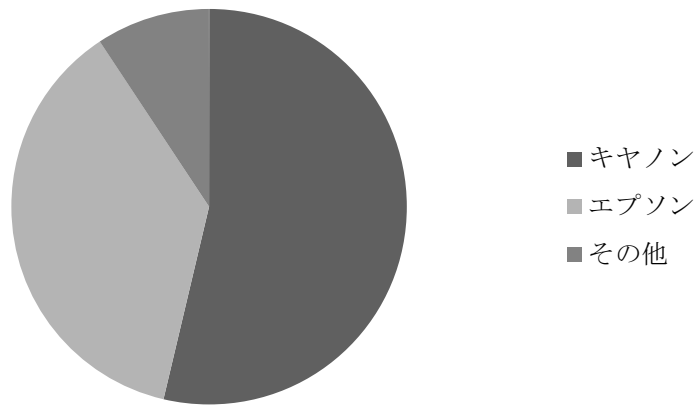
図1-4 インクジェットプリンタの解像度の推移（エプソン）



出所：特許庁 平成17年度特許出願技術動向調査報告書より作成

図1-5は、インクジェットプリンタ市場のシェアを表している。この市場の特徴は、参入企業が少なく、実質的にはキヤノンとエプソンによる上位2社の寡占となっていることである。特に、上述のように、キヤノンとエプソンは採用技術が異なる2社であり、製品差別化の存在する寡占市場となっているところがポイントである。図1-5において、その他に含まれている企業は、ブラザー工業やヒューレット・パカード、レックスマークである。

図1-5 インクジェットプリンタ市場のシェア



出所：矢野経済研究所（2011）

第2章 ヘドニック・アプローチによる価格分析

様々な特性を持つ製品について、各メーカーがどのように他社と競争しているのかを分析するためにヘドニック・アプローチが適用される。2.1では、白塚（1994）に基づきヘドニック・アプローチの理論的基礎づけを行い、2.2で先行研究を紹介する。2.3、2.4ではそれぞれデジタルカメラ、インクジェットプリンタの属性価値を分析する。

2.1 ヘドニック・アプローチの理論的基礎づけ

ヘドニック・アプローチでは、各種の財・サービスの価格は、その品質を表す種々の「特性」に依存していると考えられる。そして、このアプローチに経済学的意味づけをするのが「ヘドニック仮説」と呼ばれる考え方であり、総合的な品質を個別の「特性」の総和として評価する。ここでいう特性とは、例えば、自動車であれば重量、燃費、馬力などである。

完全競争市場において、諸特性を取引していると想定する。品質が特性ベクトル $z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$ で表される製品群を考えると、この市場における、ある特性 z をもつ製品の価格は、ヘドニック関数 $p(z) = p(z_1, z_2, \dots, z_n)$ で決まる。

まず、消費者の効用最大化行動を考える。ある消費者が消費する諸特性ベクトルを z 、価値尺度財を x とすると、消費者の効用関数は $U(z, x)$ と表せる。また、消費者の所得を y とすると、予算制約式は、 $y = p(z) + x$ と定義される。予算制約のもとで、効用最大化すると1階の条件は、

$$P_z = U_z(z, y - p(z)) / U_x(z, y - p(z)) \quad (2.1)$$

となる。ここで、 P_z, U_z, U_x はそれぞれ1階の偏導関数を意味する。

次に、消費者の効用水準 u のもとでの買値関数を $\theta(z; u, y)$ とすると、

$$U(z, y - \theta) = u \quad (2.2)$$

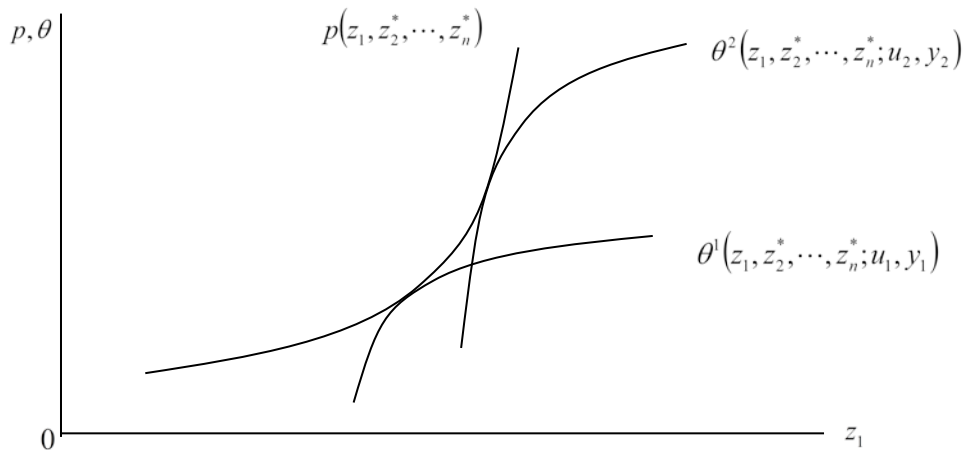
が成立している。さらに、(2.2)式を微分すると、

$$\theta_{z_i} = U_{z_i} / U_x > 0, \quad \theta_{z_i z_i} = (U_{z_i}^2 U_{z_i z_i} - 2U_{z_i} U_x U_{z_i x} + U_x^2 U_{xx}) / U_x^3 < 0$$

が得られる。これは、買値関数が増加関数かつ凹関数であることを示している。買値関数 $\theta(z; u, y)$ は所与の効用水準と所得のもとで特性 z に対して進んで支払う金額を示している。一方、消費者から見たヘドニック関数 $p(z)$ は、消費者が市場において支

払わなければならない最低価格を意味している。したがって、消費者の効用は、買値関数とヘドニック関数の接点において最大化されている。すなわち、消費者の最適化行動の結果、 $\theta(z^*; u^*, y) = P(z^*)$, $\theta_z(z^*; u^*, y) = P_z(z^*)$ が満たされることになり、ヘドニック関数は消費者の買値関数の包絡線となる。これを図示したものが図2-1である。

図 2-1 消費者の均衡



出所：白塚（1994）

次に、企業の利潤最大化行動を考える。企業は生産量 M のほか、生産する製品の特性ベクトル z について意思決定を行う。すなわち、企業の費用関数は $C(M, z)$ となる。このとき、企業の利潤最大化行動は、次のように定式化される。

$$\max_{z, M} P(z)M - C(M, z)$$

したがって、1階の条件は、 $P_z = C_z(M, z)$, $P(z) = C_M(M, z)$ となる。ここで、売値関数 $\phi(z, \pi)$ を想定すると、 $\pi = M\phi - C(M, z)$ が成り立つ。これを z, M で微分すると、

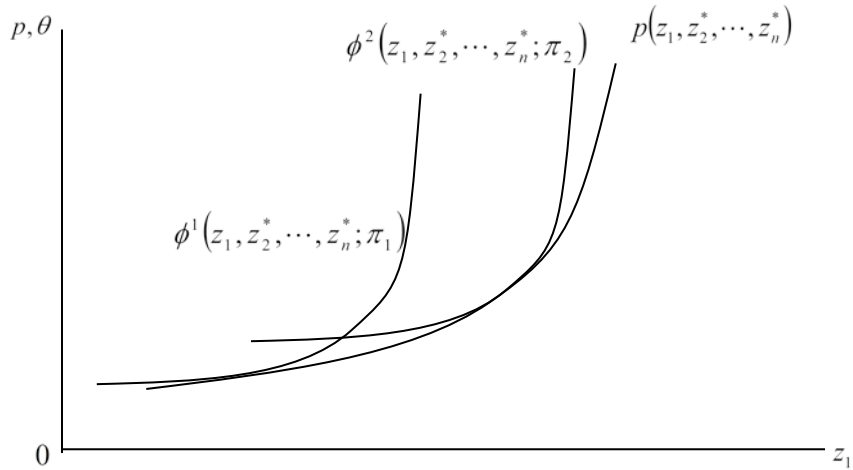
$$\phi_z = C_z/M > 0, \quad \phi_\pi = 1/M > 0$$

が得られ、売値関数は増加関数かつ凸関数であることがわかる。

売値関数は、企業が製品を販売してもよいと考える最低価格であり、また、企業からみたヘドニック関数は、市場において企業へ支払われる最高価格を意味している。したがって、企業の均衡においては、 $P(z^*) = \phi(z^*, \pi^*)$, $P_z(z^*) = \phi_z(z^*, \pi^*)$ が満たされ、ヘドニック関数は企業の売値関数の包絡線となる。これを図示したのが、図2-2

である。

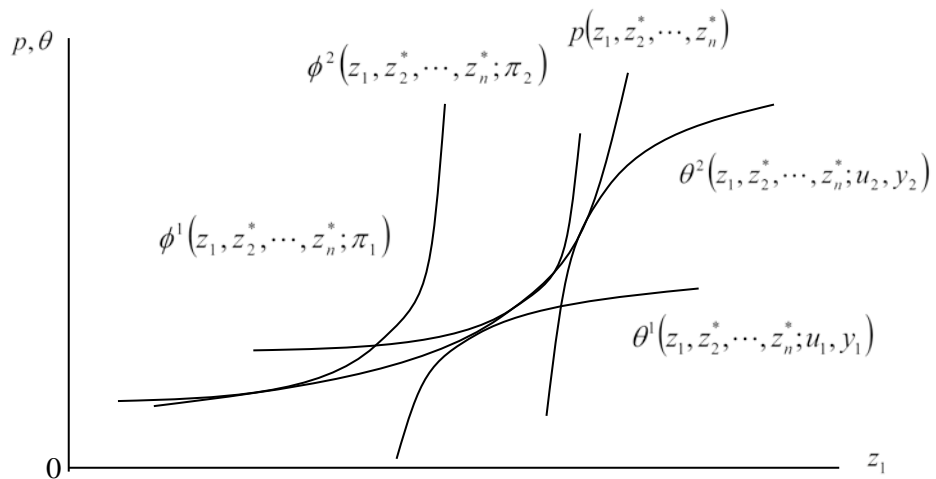
図 2-2 企業の均衡



出所：白塚（1994）

この結果、市場均衡においては、売り手と買い手が完全に一致し、消費者の買値関数と企業の売値関数が、市場を均衡させるヘドニック関数を挟んで接しており、ヘドニック関数は、買値関数と売値関数の両者の包絡線とみることができる。したがって、ヘドニック関数は、市場において観察される価格と諸特性の関係を示しているにすぎないと理解できる。図2-3は市場均衡を表している。

図 2-3 市場の均衡



出所：白塚（1994）

2.2 先行研究

2.2.1 パソコンの価格分析

ヘドニック・アプローチを適用し、パソコンの価格分析を行った白塚（1994）の論文を紹介する。この論文は、1990年から94年までの5年間のデータをもとに推定している。推計式は、価格、特性を対数変換した両対数線形であり、具体的には次のとおりである。

$$\ln P_{it} = \alpha + \sum_{j=1}^n \beta_j \ln x_{ijt} + \sum_{k=1}^T \delta_k d_{ikt} + u_{it}$$

ここで、 x_{ijt} 、 d_{ikt} 、 u_{it} はそれぞれ t 期における第 i 財の第 j 番目の特性、第 k 期の時間ダミー、誤差項とする。説明変数として、CPUの処理速度を表す「クロック周波数」、「メモリ容量」、「ハードディスク容量」、周辺機器接続のための拡張チャンネル数である「拡張スロット数」、そして「画面表示精度」などの物理変数を採用している。また、パソコンの区分や搭載されている機能の有無を表すダミー変数、メーカーダミーなども採用している。なお、メーカーダミーはNECを基準としている。推計については、全てのデータを一括利用した「通年次推計」、隣接年次ごとにサンプルを区切って推計した「隣接2年次推計」、そして年次ごとにサンプルを区切って推計した「単年次推計」の3通りについて実施している。これは、パソコンの技術革新が著しく、推計されたパラメータの安定性をチェックしておく必要があると考えられるためである。表2-1, 2-2はそれぞれ通年次推計、単年次推計の抜粋である。

表 2-1 推計結果 (通年次推計)

	係数	標準誤差		係数	標準誤差
定数項	3.2022	0.191***	ウインドウズ・プレ インストール	-0.0926	0.045**
クロック周波数	0.3210	0.035***	大型モニター	0.4583	0.066***
メモリ	0.0654	0.015***	年次 91年 92年 93年 94年	-0.1882	0.037***
ハードディスク容量	0.0567	0.005***		-0.3650	0.043***
拡張スロット	0.2436	0.035***		-0.6697	0.044***
画面表示	0.2693	0.030***		-0.9259	0.051***
ラップトップ	0.2272	0.042***	エイサー	-0.7733	0.060***
ノートブック	0.1048	0.048**	アップル	0.2484	0.054***
白黒モニター	-0.2587	0.111**	コンパクト	-0.2685	0.043***
プラズマ液晶	0.3165	0.200	DEC	-0.5108	0.096***
STNカラー液晶	0.3994	0.058***	デル	-0.4376	0.051***
TFTカラー液晶	0.5608	0.038***	エプソン	-0.1733	0.023***
8ビットCPU	-0.2699	0.076***	富士通	-0.1495	0.063***
16ビットCPU	-0.1982	0.038***	IBM	-0.2233	0.051***
ペンティアム	0.2137	0.061***	パッカードベル	-0.5272	0.040***
パワーPC	-0.0911	0.072	東芝	-0.1424	0.053***
FD 2ドライブ以上	0.0460	0.038	修正済み決定係数	0.7955	
CD-ROM ドライブ	-0.0419	0.047	残差平方和	26.1014	
サウンド機能	-0.0450	0.066	サンプル数	569	

(注) ***は1%、**は5%、*は10%の水準で有意であることを示す。

出所：白塚 (1994)

表 2-2 推計結果（単年次推計）

	90年	91年	92年	93年	94年
定数項	1.4009 (0.312***)	2.0623 (0.488***)	2.0325 (0.415***)	1.7475 (0.315)	3.1472 (0.291***)
クロック周波数	0.5791 (0.125***)	0.5028 (0.102***)	0.6437 (0.152***)	0.4000 (0.040**)	0.4006 (0.036***)
メモリ	0.0869 (0.031***)	0.1195 (0.017***)	0.0597 (0.028**)	0.1309 (0.024**)	0.0729 (0.023***)
ハードディスク容量	0.0740 (0.010***)	0.0933 (0.006***)	0.0686 (0.009***)	0.0292 (0.006***)	0.0390 (0.007***)
拡張スロット	0.0661 (0.055)	0.1931 (0.041***)	0.4643 (0.084***)	0.1478 (0.059**)	0.1306 (0.051***)
画面表示	0.4377 (0.047***)	0.3096 (0.062***)	0.2163 (0.046***)	0.3551 (0.052**)	0.1019 (0.044**)
アップル	0.6135 (0.100***)	0.2923 (0.082***)	0.2895 (0.084***)	0.1406 (0.073**)	-0.1649 (0.107)
コンパック	—	—	—	-0.2734 (0.052**)	-0.2024 (0.042***)
デル	—	—	—	-0.3498 (0.063**)	-0.3701 (0.051***)
エプソン	0.0526 (0.045)	0.0441 (0.036)	-0.26156 (0.049***)	-0.3677 (0.061**)	-0.1802 (0.038***)
富士通	—	0.1709 (0.069***)	-0.25971 (0.064***)	-0.0366 (0.162)	-0.2265 (0.074***)
IBM	—	—	-0.1413 (0.066**)	-0.2226 (0.067**)	-0.4171 (0.072***)
東芝	0.0227 (0.111)	-0.1613 (0.059***)	-0.19411 (0.073***)	-0.2386 (0.056**)	-0.0755 (0.043**)
修正済み決定係数	0.9418	0.9710	0.8860	0.8191	0.8574
サンプル数	56	98	126	142	147

(注) ***は 1%、**は 5%、*は 10%の水準で有意であることを示す。

() 内は標準誤差。

出所：白塚（1994）

推計結果は、3通りのサンプル期間全てにおいて決定係数は高かった。パラメータについても、クロック周波数、メモリ、ハードディスク容量、拡張スロット数、画面表示精度の5種類の特性は、全ての推計においてプラスかつ有意な結果が得られた。また、メーカーダミーは、他の諸特性がすべて同一であると仮定した場合の価格差に相当し、メーカーの技術力やアフターサービスの良さなどの「除外された諸特性」の影響を補足していると考えられる。例えば、アップル社ダミーは、1992～93年頃までのウィンドウズが本格的に普及する以前はかなり大きな推計パラメータを得ていた。これは、GUI(グラフィカルユーザインターフェース)を採用したことで操作性に優れているといった要因による、非価格競争力の高さを示していると考えられる。しかし、ウィンドウズが本格普及する1993～94年には、推計値はかなり低下した。また、1993年頃から本格的な参入が始まったコンパック、デルなどの海外企業のダミーは、-0.2～-0.4前後の推計パラメータが得られたが、これはメーカーダミーのベースとなっているNECパソコンより割安で取引されていることを示している。

2.2.2 デジタルカメラの価格分析

デジタルカメラの価格分析を行ったFehder *et al.* (2009) の論文を紹介する。この論文では、1999～2003年の5年間のアメリカのデータを使用して推計している。

各説明変数の内容は次のとおりである。PIXELは解像度、ZOOMは光学ズーム倍率、WEIGHTはカメラの重さである。また、ダミー変数については、 D_{MOVIE} は動画撮影機能の有無、 D_{USB} はUSB接続の可否、 $D_{BATTERY}$ は拡張バッテリーの有無、 $D_{SENSOR1}$ 、 $D_{SENSOR2}$ はそれぞれ1/1.8型CCDセンサー、2/3型CCDセンサーを表している。一般に、CCDサイズが大きいほど、性能が高いと言われている。さらに、1999年を基準とした年代ダミーも採用している。ヘドニック回帰式は両対数線形モデルであり、

$$\begin{aligned} \ln(PRICE) = & b_0 + b_1[\ln(PIXEL)] + b_2[\ln(ZOOM)] + b_3[\ln(WEIGHT)] + b_4[D_{MOVIE}] \\ & + b_5[D_{USB}] + b_6[D_{BATTERY}] + b_7[D_{SENSOR1}] + b_8[D_{SENSOR2}] + b_9[D_{2000}] \\ & + b_{10}[D_{2001}] + b_{11}[D_{2002}] + b_{12}[D_{2003}] \end{aligned}$$

と表す。表2-3は、推計結果を抜粋したものである。

表2-3 推計結果

	1999-2003	p値
定数項	-1.943	0.001
$\ln(\text{PIXEL})$	0.433	0.001
$\ln(\text{ZOOM})$	0.190	0.001
$\ln(\text{WEIGHT})$	0.330	0.001
D_{MOVIE}	0.024	0.001
D_{USB}	-0.063	0.001
D_{BATTERY}	0.144	0.001
D_{SENSOR1}	0.130	0.001
D_{SENSOR2}	0.235	0.001
修正済み R^2	0.792	
サンプル数	12978	

出所：Fehder *et al.* (2009)

表2-3の推計パラメータは、すべて1%有意であり、自由度修正済み決定係数も0.792と高い数値を得られた。*PIXEL*と*ZOOM*の係数はともに正であるが、これは解像度や光学ズーム倍率が高いほど、高価格になることを意味する。特に、*PIXEL*の数値は他と比較するとかなり大きいと言え、解像度はデジタルカメラの価格設定において重要な要素であることが示された。*WEIGHT*については、正の値が得られたが、カメラは軽い方が好まれるだろうという予想に反し、意外な結果であった。 D_{SENSOR1} 、 D_{SENSOR2} については、CCDサイズの大きいものの方が、それだけ価格も高くなるということが示された。 D_{USB} が負の値である理由としては、SCSIやFirewireなどの代替が誕生していくため、USBが消費者にとってそれほど魅力的でなくなったことが予想される。また、 D_{MOVIE} 、 D_{USB} については、係数が小さいため、価格に与える影響は少ないと解釈できる。

2.3 デジタルカメラのヘッドニック・アプローチによる分析

先行研究を参考に、デジタルカメラの実証分析を行う。本稿で確認したいことは、画素数競争は本当に終わったのかどうか、また、Fehder *et al.* (2009) には含まれていない比較的新しい特性が価格に与える影響はどのようなものか、の2点である。

2.3.1 データの選択

データ期間は、2011年8～11月の4か月分としているが、200×4か月の800個のプールデータとして推定する。ここで扱うのは、「コンパクトデジタルカメラ（レンズ一体型）」のみであり、「デジタル一眼カメラ（レンズ交換型）」は基本的に高価なものが多く、購買層も異なると考えられるため除外している。

BCNランキングから価格と製品特性の情報を取得した。価格は掲載されている「市場推定価格」を用いている。製品の品質や物理的形状を表す変数に関しては、Fehder *et al.* (2009) で扱われていた画素数、光学ズーム倍率、重量の他に、外形寸法の幅×高さ(面積)を加えている。面積は、液晶画面の大きさを表し、より大きな画面の方が好まれるのではないかと考えたためである。特性のダミー変数については、先行研究で使用された2003年までの特性とは大きく異なると考えたため、新たな変数を取り入れている。採用したのは、カラーバリエーションの有無、タッチパネル対応か否か、防水機能があるかどうか、記憶媒体にSDXCカードが含まれているかどうか、手振れ補正機能の有無、CMOSイメージセンサーが採用されているかどうか、フルHD動画撮影が可能か否か、の7つである。カラーバリエーションは、デジタル一眼カメラにはなく、コンパクトデジタルカメラには存在する特性である。消費者はカラーの豊富さから一つの製品を選択しているのではないかと考えられたため、変数に取り入れている。タッチパネルについては、2007年にiPhoneが発売されて以降、携帯電話やデジタルカメラにタッチパネルが搭載されるようになった。好んでタッチパネル搭載の製品を購入する消費者が多いと考えられたため、取り入れている。防水防塵のデジタルカメラも、各メーカーで生産・販売されているため、需要があると判断し、防水機能も分析対象としている。メモリーカードについては、大容量で記憶できる「SDXCカード」という記憶媒体に対応しているほうが、より好まれるだろうと考え、変数に組み込んでいる。手振れ補正機能は、初心者でも、手軽にブレの少ない写真を撮影することのできる機能であり、コンパクトデジタルカメラにおいて重要な機能だと考えたため、追加している。CMOSイメージセンサーは、従来のCCDイメージセンサーに代わって採用されている。CMOSセンサーはCCDセンサーに比べると、消費電力が少なく、高速に処理できるという利点がある⁵。これらの理由から、CMOSセンサーダミーを取り入れている。フルHD動画撮影ダミーは、動画撮影においてより画質の良いものの方が好まれると予想し、取り入れている。表2-4に基本統計量を示している。画

⁵ 「日経ものづくり」2005年11月号。

素数については、平均で1410万画素であることが分かる。光学ズーム倍率については、平均で7.7倍率であることが分かる。重量の平均は175.9 gであり、平均値と最小値、最大値の関係から分布は右に歪んでいると考えられる。面積については、平均で5877.58平方ミリメートルであり、面積と同様に分布には歪みがあることが分かる。

表2-4 基本統計量

	標本数	平均	標準偏差	中央値	最頻値	最小	最大
画素数	800	1410.9	185.19	1410	1210	1000	1620
ズーム倍率	800	7.69	5.85	5	5	1	36
重量	800	175.87	82	156	117	105	730
面積	800	5877.58	1045.33	6193.7	6193.7	4686.5	11845.4

表2-5に示すのは、メーカー別の価格・特性の平均値である。価格については、GEが圧倒的に低価格であることが分かる。また、最も高価格なのはリコーであった。しかし、基本的にはどのメーカーも同程度の価格で提供していることが示された。画素数については、多くのメーカーが1400万画素程度である中で、キヤノン、リコーは平均1200万画素であることが分かる。光学ズーム倍率については、7倍程度のメーカーがほとんどであるが、富士フイルム、ニコン、オリンパスは9倍以上の製品を販売していることが分かる。重量については、GEが最も軽く、富士フイルムが最も重いことが分かる。面積については、全てのメーカーにおいてほぼ同程度であることが分かった。

表2-5 メーカー別の価格・特性の平均値

	価格	画素数	ズーム倍率	重量	面積
キヤノン	22782.14	1250.357	6.571429	194.1071	5909.959
カシオ	19202.17	1418.696	7.369565	161.6522	5715.039
パナソニック	23135.58	1394.615	6.992308	156.8846	5751.317
ソニー	24819.44	1589.167	6.916667	154.75	5254.681
富士フイルム	20578.41	1506.364	9.045455	206.5	6399.189
ニコン	21607.89	1311.053	9.7	196.4737	6181.619
オリンパス	22229.17	1408.333	9.5125	186.9583	6312.224
リコー	29918.75	1225	7.35	181.5	5848.235
ペンタックス	20093.75	1400	6.5	160.0833	6057.333
GE	6425	1410	3	120	5566

2.3.2 推計モデルと変数

関数形に関しては、2.1で説明したとおり、ヘドニック関数は、市場において観察される価格と諸特性の関係を示しているにすぎないため、理論的制約は存在しない。推計にあたり、両対数線形、半対数線形、線形の全ての推計を行ったうえで、一番あてはまりの良かった半対数線形のみをここでは紹介する。推計式は以下のとおりである。

$$\begin{aligned}\ln(\text{PRICE}) = & \alpha_0 + \alpha_1 \text{PIXEL} + \alpha_2 \text{ZOOM} + \alpha_3 \text{WEIGHT} + \alpha_4 \text{SQUARE} \\ & + \beta_1 \text{COLORVARIATION} + \beta_2 \text{TOUCH} + \beta_3 \text{WATERPROOF} \\ & + \beta_4 \text{MEMORY} + \beta_5 \text{IMAGESTABILIZATION} + \beta_6 \text{CMOS} + \beta_7 \text{fullHD} \\ & + \beta_8 \text{age4} + \beta_9 \text{age7} + \beta_{10} \text{age10} + \beta_{11} \text{MANUFACTURER}\end{aligned}$$

被説明変数は、BCNランキングから得た市場推定価格を対数変換したものである。説明変数については以下のとおりである。*PIXEL*は画素数、*ZOOM*は光学ズーム倍率、*WEIGHT*は重量、*SQUARE*は外形寸法の幅と高さをかけた面積である。ダミー変数については、*COLORVARIATION*はカラーバリエーションの有無、*TOUCH*はタッチパネル対応か否か、*WATERPROOF*は防水機能の有無、*MEMORY*は記憶媒体にSDXCカードが含まれているかどうか、*IMAGESTABILIZATION*は手振れ補正機能の有無、*CMOS*はCMOSセンサー搭載か否か、*fullHD*はフルHD動画撮影が可能か否かを表す。また、*age*は発売月数ダミーである。ベースは発売から3か月以下の製品としており、*age4*は発売から4か月以上6か月以下の製品を、*age7*は発売から7か月以上9か月以下の製品を、そして、*age10*は発売から10か月以上の製品を表している。*MANUFACTURER*はメーカーダミーである。

2.3.3 推計結果

推計は、(1)シェア上位4社であるキヤノン、カシオ、パナソニック、ソニーの4社のメーカーダミーを用いた分析、(2)シェアトップであるキヤノンをベースとした分析の2種類を行っている。表2-6は(1)の推計結果、表2-7は(2)の推計結果である。

表 2-6 上位 4 社の推計結果

	係数		係数
<i>PIXEL</i>	-0.0003069 (-3.08***)	<i>fullHD</i>	-0.0365519 (-0.61)
<i>ZOOM</i>	0.0126898 (2.18**)	<i>age4</i>	-0.1272772 (-3.69***)
<i>WEIGHT</i>	0.0013011 (1.76*)	<i>age7</i>	-0.16932 (-4.95***)
<i>SQUARE</i>	-7.40e-06 (-0.15)	<i>age10</i>	-0.0331701 (-0.55)
<i>COLORVARIATION</i>	-0.2496838 (-1.98**)	<i>CANON</i>	-0.091268 (-1.63*)
<i>TOUCH</i>	0.1187971 (4.13***)	<i>CASIO</i>	0.0684095 (1.35)
<i>WATERPROOF</i>	0.4739204 (9.03***)	<i>PANASONIC</i>	0.2000198 (4.52***)
<i>MEMORY</i>	0.1996318 (4.01***)	<i>SONY</i>	0.1608713 (3.31***)
<i>IMAGESTABILIZATION</i>	0.0556778 (0.79)	定数項	9.900363 (32.57***)
<i>CMOS</i>	0.4074268 (6.51***)	サンプル数	800
		決定係数	0.5348

(注) ***は1%、**は5%、*は10%の水準で有意であることを表す。

() 内はt値。また、White の一致標準誤差を用いてロバスト修正してある。

表 2-7 キヤノンをベースとした推計結果

	係数		係数
<i>PIXEL</i>	-0.0002163 (-2.13**)	<i>age10</i>	0.0712778 (1.16)
<i>ZOOM</i>	0.0099483 (1.74*)	<i>CASIO</i>	0.1912491 (3.39***)
<i>WEIGHT</i>	0.0012475 (1.72*)	<i>PANASONIC</i>	0.2433808 (4.58***)
<i>SQUARE</i>	7.18e-06 (0.13)	<i>SONY</i>	0.2449051 (4.46***)
<i>COLORVARIATION</i>	-0.2633744 (-2.46***)	<i>FUJIFILM</i>	0.0348266 (0.53)
<i>TOUCH</i>	0.1566885 (5.15***)	<i>NIKON</i>	0.0003774 (0.01)
<i>WATERPROOF</i>	0.3407308 (5.93***)	<i>OLYMPUS</i>	0.2043809 (2.60**)
<i>MEMORY</i>	0.3309212 (5.23***)	<i>RICOH</i>	0.6775737 (5.64***)
<i>IMAGESTABILIZATION</i>	0.0967591 (1.53)	<i>PENTAX</i>	0.209862 (2.61**)
<i>CMOS</i>	0.2084226 (3.66***)	<i>GE</i>	-0.3140398 (-3.19***)
<i>fullHD</i>	0.1380211 (2.51***)	定数項	9.39141 (31.14***)
<i>age4</i>	-0.0180563 (-0.47)	サンプル数	800
<i>age7</i>	-0.0586864 (-1.57)	決定係数	0.5778

(注) ***は1%、**は5%、*は10%の水準で有意であることを表す。

() 内はt値。また、White の一致標準誤差を用いてロバスト修正してある。

(1) 上位4社の推計結果

表2-6より、製品特性に関しては、外形寸法から求めた面積と手振れ補正、フルHD撮影ダミー以外は全て統計的に有意である。また、係数からは、製品特性が1単位上昇するときの価格の上昇率が分かる。これより、画素数が1万画素増加すると0.03%、カラーバリエーションがあると25%、価格はそれぞれ低下する。そして、光学ズーム倍率が1倍率分増加すると1.3%、重量が1g増加すると0.13%、タッチパネル対応のとき11.9%、防水機能があると47.4%、記憶媒体にSDXCカードが含まれていると20%、CMOSセンサー搭載のとき40.7%、価格がそれぞれ上昇する。発売月数ダミーは、age4とage7が統計的に有意であり、発売から4か月以上6か月以下のとき12.7%、7か月以上9か月以下のとき16.9%、それぞれ発売から3か月以下の製品より価格が低下する。メーカーダミーは、カシオ以外は有意であった。シェア1位であったキヤノンは、他のメーカーより低価格になっていることが示された。一方、パナソニックとソニーは、他のメーカーよりも比較的割高になっていることが分かる。

(2) キヤノンをベースとした推計結果

表2-7より製品特性に関しては、面積と手振れ補正以外は統計的に有意である。推計結果より、画素数が1万画素増加すると0.02%、カラーバリエーションがあると26.3%、価格は低下する。そして、光学ズーム倍率が1倍率分増加すると0.99%、重量が1g増加すると0.12%、タッチパネル対応のとき15.7%、防水機能があると34.1%、記憶媒体にSDXCカードが含まれていると33.1%、CMOSセンサー搭載のとき20.8%、フルHD動画撮影ができるとき13.8%、価格はそれぞれ上昇する。発売月数ダミーは、どれも統計的に有意とはならなかった。メーカーダミーに関しては、富士フィルム、ニコン以外は統計的に有意である。カシオ、パナソニック、ソニー、オリンパス、ペンタックスはキヤノンに比べて20~25%程度割高になっている。リコーは、キヤノンと比べて約70%も割高になることが示された。実際に、リコーはGRシリーズのような高級感のあるモデルを多く販売しており、他のメーカーと大きく差をつけて高価な製品が多いことが分かる。一方、GEは、キヤノンと比べて約30%も低価格である。GEのモデルは、画素数は他のブランドと同程度だが、バッテリーは乾電池になっており、この点により安価で供給できていると考えられる⁶。

どちらの分析でも、Fehder *et al.* (2009) の推計結果で最も価格への影響があると

⁶ 現在市場で取引されている製品の多くは、リチウムイオン充電電池を採用している。

されていた画素数の係数は負であった。この結果から、現在においては、画素数は重視される特性ではなくなったことが分かる。現在発売されている製品は、すでに1000万画素を超える高画素のカメラが多く、ある一定の水準をクリアしていれば、そこまで画素数にはこだわらなくなったという解釈が可能である。また、この分析結果は、画素数に代わって防水機能とSDXCカード対応であること、そして、CMOSセンサーが採用されていることが価格に大きく影響を与えていることを示している。手振れ補正機能は、現在市場で取引されている製品のほぼ全てに搭載されているため、統計的に有意な結果が得られなかったと考えられる。タッチパネルに関しては、多くのメーカーが採用し始めていることもあり、係数が高くなることを予想していた。しかし、現時点でデジタルカメラに搭載されているタッチパネルの多くは「抵抗膜方式」であり、スマートフォンで採用されている「静電容量方式」ではないため、感度はそれほど良くない。今後、操作性が改良されれば、タッチパネルの価格への影響は大きくなると期待される。フルHD動画撮影ダミーが(1)で統計的に有意とならなかった理由としては、上位4社では積極的にフルHD動画撮影のできるモデルを投入していたことが予想される。メーカーダミーは、2.2でも説明したように、他の特性が全て同じであるとした場合の価格差を表す。つまり、そのメーカーがどの程度価格プレミアムを得ているかが分かる。(2)の推計結果からは、富士フィルム、ニコン、GE以外のメーカーは、キヤノンと比較して価格プレミアムを獲得していることが分かる。

2.4 インクジェットプリンタのヘドニック・アプローチによる分析

この節では、インクジェットプリンタの実証分析を行う。消費者は、プリンタのどの特性を評価しているのかを分析する。

2.4.1 データの選択

製品特性に関するデータは、デジタルカメラと同様にBCNランキングから取得した。価格は、TrendSearchに掲載されている2011年10～12月のデータを使用した。サンプル数は116×3か月の348個であり、プールドデータとして扱う。インクジェットプリンタを分析対象としたのは、家庭用プリンタにおける属性価値の推定を行うためである。しかし、データセットの中には大型の業務用プリンタも含まれている⁷。

⁷ ブラザー工業が販売するプリンタは、家庭・ビジネス兼用のものが多く、単純に除外することができなかった。

プリンタ性能や物理的形状に関する変数に関しては、解像度⁸、インク色数、外形寸法(幅×奥行×高さ)を採用している。解像度は、印刷の画質の精度を表す。インク色数は、多いほど様々な色を表現できる。また、プリンタは、室内に常時設置するものであるため、製品サイズも製品選択に影響を与えられられる。特性ダミー変数には、サーマル方式、カラーバリエーション、自動両面印刷、レーベル印刷、ダイレクトプリント機能、PictBridge、プレビュー画面、スキャナ機能、FAX機能、無線LAN⁹を採用している。サーマル方式は、第1章でも述べたように、インクジェットプリンタの製品差別化を特徴づける性質であるため、変数に加えることにした。カラーバリエーションについては、従来プリンタは単色のみの生産だったが、キヤノン・エプソンともにカラーバリエーションを用意した製品を販売するようになった。そのため、カラーバリエーションの需要があると考え、ダミー変数に取り入れている。自動両面印刷は、これまでの手動両面印刷と比較すると、紙の方向を間違えることもなく、インクが裏移りしにくいという利点がある。レーベル印刷は、CD/DVD-ROM等のラベルにプリンタで印刷を施すことのできる機能であり、写真や動画・音楽のデータをCD/DVD-ROMで保存するような人に需要があると考えられる。ダイレクトプリント機能とは、パソコンを介さずにプリンタとデジタルカメラを接続して画像をプリントアウトできる機能である。メーカーが独自に開発した機能の場合、特定のメーカーの限定された機種間のみで接続可能であった。しかし、標準規格として登場したPictBridgeでは、メーカーを問わずプリンタとデジタルカメラを接続することができる¹⁰。これらの機能も購買に影響を与えられられるため、変数に取り入れている。プレビュー画面は、プリンタ本体のみでスキャンした画像をプレビューすることができる。また、画面が大きいものやタッチパネルの製品なら操作性が高くなる。スキャナ機能とファックス機能は、MFPならではの特性といえ、消費者の製品選択に影響を与えられられるため、変数に組み込んでいる。無線LAN対応機種は、ネットワークに接続すれば、離れた場所にあるパソコンからの印刷や、スマートフォンからの印刷が可能になる。これらの機能においても、消費者の選好は高くなると考えられるため、変数に取り入れている。

表2-8に基本統計量を示している。解像度については、平均で6138.62dpiであることが分かる。インク色数については、平均で4.7色であることから、4色プリンタが

⁸ ここでは横の解像度を表す。

⁹ ここでの規格はIEEE802.11としている。

¹⁰一般社団法人カメラ映像機器工業会(CIPA)のホームページを参照した。

最も標準的であることが分かる。外形寸法については、平均で33952立方センチメートルであり、平均値と最小・最大値の関係より、分布は偏っていることが分かる。

表2-8 基本統計量

	標本数	平均	標準偏差	中央値	最頻値	最小	最大
解像度	348	6138.62	1505.98	5760	5760	4800	9600
インク色数	348	4.7241	1.2584	4	4	1	10
外形寸法	348	33952.4	20493.2	27578	21528	3675.5	11815429

また、表2-9に各メーカーの価格・特性の平均を示している。価格については、キヤノンとエプソンは同程度の価格で提供していることが分かる。解像度については、キヤノンが最も高く、ヒューレット・パッカーが最も低いことが分かる。インク色数については、キヤノンとエプソンは平均5色、ブラザー工業とヒューレット・パッカーは平均4色であることが分かる。

表2-9 各メーカーの価格・特性の平均

	価格	解像度	インク色数
キヤノン	28575.31	7644.444	5.333333
エプソン	29805.28	5717.333	4.955556
ブラザー工業	31765.86	6000	4
ヒューレット・パッカー	18419.43	5082.353	4.294118

2.4.2 推計モデルと変数

デジタルカメラの推計と同様に、半対数線形のモデルで推計した。推計式は以下に示したものである。

$$\begin{aligned} \ln(PRICE) = & \alpha_0 + \alpha_1 RESOLUTION + \alpha_2 INK + \alpha_3 SIZE + \beta_1 age7 \\ & + \beta_2 THERMAL + \beta_3 COLORVARIATION + \beta_4 BOTHSIDE \\ & + \beta_5 LABEL + \beta_6 DIRECTPRINT + \beta_7 PICTBRIDGE \\ & + \beta_8 PREVIEW + \beta_9 SCANNER + \beta_{10} FAX \\ & + \beta_{11} IEFF + \beta_{12} MANUFACTURER \end{aligned}$$

被説明変数は、TrendSearch から取得した価格を対数変換したものである。被説明変数については以下のとおりである。RESOLUTION は解像度、INK はインク色数、SIZE はプリンタ本体の外形寸法である。age7 は発売から7カ月以上の製品ダミーで

ある。*THERMAL*はサーマル方式かどうか、*COLORVARIATION*はカラーバリエーションの有無、*BOTHSIDE*は自動両面印刷の可否、*LABEL*はレーベル印刷の可否、*DIRECTPRINT*はダイレクトプリント機能の有無、*PICTBRIDGE*はPictBridge対応かどうか、*PREVIEW*はプレビュー画面の有無、*SCANNER*はスキャナ機能の有無、*FAX*はFAX機能の有無、*IEEE*は無線LAN対応であるかどうかを表す。*MANUFACTURER*はメーカーダミーである。

2.4.3 推計結果

推計は、インクジェットプリンタ市場の上位2社であるキヤノンとエプソンのダミー変数を含めて回帰した。ここでベースとなっているのは、ブラザー工業とヒューレット・パッカーである。表2-10に推計結果を示した。

製品特性に関しては、レーベルプリント機能、ダイレクトプリント機能以外は統計的に有意であった。係数からは、解像度が1dpi増加すると0.003%、インク色数が1色増えると23.3%、自動両面印刷対応のとき24%、PictBridge対応のとき14.2%、プレビュー画面があるとき33.4%、FAX機能があるとき36.8%、無線LAN対応のとき9.5%、それぞれ価格が上昇する。また、サーマル方式のとき35.8%、カラーバリエーションがあるとき14.2%、スキャナ機能があるとき57.6%、それぞれ価格は低下する。発売月数ダミーは有意に負であったことから、発売から半年以上経った製品のほうが9.7%割安になることが分かる。メーカーダミーに関しては、エプソンのみが統計的に有意であるが、価格プレミアムは得られていない。

以上の結果より、インクジェットプリンタにおいて重視されている特性は、高い方からFAX機能、プレビュー画面、自動両面印刷機能であることが分かった。FAX機能については、単純に消費者がFAX機能を重視しているとも考えられるが、FAX機能を備えた製品の多くはブラザー工業から販売されているものであり、ホーム・ビジネス兼用のために価格が高くなったとも考えられる。プレビュー画面については、プリンタ本体のみでコピーやスキャンが行え、さらに、無線LAN対応機であればプリンタからオンライン上に保存していた画像を選択して印刷することが可能になる。こういった機能から、プレビュー画面は今後も多くの製品に取り入れられていくと考えられる。自動両面印刷機能は、機械が用紙を裏返してくれるため、手間も省け、ミスも減らすことができるため、消費者から評価されていると考えられる。解像度とインク色数は、どちらも印刷の質を高める特性であるが、解像度はそれほど重視されていないという結果になった。解像度が高い製品よりも、インク色数の多い製品

表 2-10 インクジェットプリンタの推計結果

	係数		係数
<i>RESOLUTION</i>	0.0000332 (1.91*)	<i>PICTBRIDGE</i>	0.1417094 (2.63***)
<i>INK</i>	0.2325754 (9.70***)	<i>PREVIEW</i>	0.3335658 (3.61***)
<i>SIZE</i>	9.88e-09 (10.13***)	<i>SCANNER</i>	-0.5758667 (-7.32***)
<i>age7</i>	-0.0965589 (-2.50***)	<i>FAX</i>	0.3677484 (5.86***)
<i>THERMAL</i>	-0.3579408 (-5.83***)	<i>IEEE</i>	0.0949511 (2.18**)
<i>COLORVARIATION</i>	-0.1416379 (-2.27**)	<i>CANON</i>	0.1086888 (1.61)
<i>BOTHSIDE</i>	0.2400242 (4.76***)	<i>EPSON</i>	-0.0966996 (-1.71*)
<i>LABEL</i>	-0.0405125 (-0.57)	定数項	8.524839 (53.88***)
<i>DIRECTPRINT</i>	-0.0383548 (-0.45)	サンプル数	348
		決定係数	0.7121

(注) ***は1%、**は5%、*は10%の水準で有意であることを表す。

() 内は t 値。また、White の一致標準誤差を用いてロバスト修正してある。

のほうが、消費者にとって高品質のプリンタということになる。PictBridge は 2003 年にカメラ映像機器工業会によってダイレクトプリントの標準規格に定められた。デジタルカメラとプリンタのどちらも PictBridge 対応であれば、ダイレクトプリントが可能になるため、今後両機器の買い替え等によって、さらに評価される可能性もある。MFP はほとんどの製品が無線 LAN 対応機種である。多くの製品ですでに導入されている場合、消費者からの評価は下がりやすいが、それでも IEEE の符号が正であったのは、スマートフォン対応のプリンタが発売し始めたからだと考えられる。今後はスマートフォンの普及に対応して、さらに評価が高まることが期待できる。サーマル方

式のプリンタのほうが低価格になるという結果は、2通りの解釈が可能である。1つ目は、サーマル方式のプリンタに使用されるインクは、熱劣化に強いものでなくてはならないため、インクの値段が吊り上がることが予想される。そのため、プリンタ自体は低価格に抑え、インクの売上を増加させるという企業側の戦略が表れているという解釈である。2つ目は、サーマル方式でない、ピエゾ方式を採用しているグループにはブラザー工業が含まれており、上述のようにビジネス用も兼ねていることから高価格な製品が多いために、このような結果になったという解釈である。また、スキャナ機能のある製品ほど安くなるという結果は、予想外であった。約60%も安くなるという結果は、誤差とは言い難い。データセットからビジネス用を除去しなかったのが原因の一つとして考えられる。

メーカーダミーに関しては、キヤノン・エプソンの両企業とも価格プレミアムを得られていないという結果になった。この結果は、インクジェットプリンタの特性はどれも似通っており、製品差別化がうまく行えていないために、価格競争をせざるを得なくなったという状況を表していると考えられる。

第3章 BLPモデルによるデジタルカメラ市場における需要関数の推定

第3章では、BLPモデルを用いて需要関数を推定し、デジタルカメラ市場におけるブランド選好や消費者の製品特性への評価を分析する。3.1ではNevo (2000) と三浦・内藤 (2008) に基づきBLPモデルを説明し、3.2では先行研究としてSriram *et al.* (2006) の論文を紹介する。3.3では、実際に実証分析を行う。

3.1 BLPモデル

BLPモデルとは、Berry, Levinsohn and Pakes (1995) の名にちなんだ需要推定の方法である。この方法では、製品差別化市場での需要曲線の推定が可能になった。製品差別化市場の需要推定には2つの問題があった。1つは、製品数が多くなるため、推計するパラメータ数もかなり多くなってしまいう点である。もう1つは、消費者の選好の異質性を考慮しなければならない点である。BLPモデルは、これらの問題を克服しているため、製品差別化市場での需要推定において優れたモデルであるといえる。

3.1.1 BLPモデルについて

市場において、消費者 $i = 1, \dots, I_t$ がいると仮定する。各市場において、総販売量、平均価格、 J 個の製品特性が観察できる。各製品は、観察可能な特性 x_{jt} と観察不可能な特性 ξ_{jt} を持っている。市場 t における、製品 j を購入することによる消費者 i の間接効用は以下ようになる。

$$u_{ijt} = \alpha_i (y_i - p_{jt}) + x_{jt} \beta_i + \xi_{jt} + \varepsilon_{ijt}, \quad (3.1)$$
$$i = 1, \dots, I_t, \quad j = 1, \dots, J, \quad t = 1, \dots, T.$$

ここで、 y_i は消費者 i の所得、 p_{jt} は製品 j の価格、 α_i は消費者 i の所得の限界効用、 β_i は消費者 i の選好ベクトル、 ε_{ijt} は攪乱項を表している。また、攪乱項 ε_{ijt} はタイプ I の極値分布に従うと仮定する。

BLPモデルでは、製品特性に対する限界効用のパラメータが消費者間で異なり、それらは消費者の選好によって決定されると仮定する方法がある。本論文では、製品差別化市場の需要推定を行うため、この消費者が異質である場合についてのみ扱う。各消費者のパラメータ α_i と β_i の平均値を α と β で表し、以下のような特定化を行う。

$$\begin{pmatrix} \alpha_i \\ \beta_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} + \Pi D_i + \Sigma v_i \quad (3.2)$$

ここで、 D_i は消費者*i*の観察可能な特性(人口統計のデータ)であり、分布 $P_D^*(D)$ に従う変数である。また、 v_i は消費者*i*の観察不可能な特性であり、分布 $P_v^*(v)$ に従うものとする。(3.2)式において、平均値である α と β は消費者すべてに共通のパラメータであり、 $\theta_1 = (\alpha, \beta)$ と表すことにする。また、 Π と Σ は消費者ごとに異なるパラメータであり、 $\theta_2 = (\Pi, \Sigma)$ と表す。このとき、(3.1)式の間接効用関数は以下のように書き換えられる。

$$\begin{aligned} u_{ijt} &= \alpha_i y_i + \delta_{jt}(x_{jt}, p_{jt}, \xi_{jt}; \theta_1) + \mu_{ijt}(x_{jt}, p_{jt}, v_i, D_i; \theta_2) + \varepsilon_{ijt}, \\ \delta_{jt} &= x_{jt}\beta - \alpha p_{jt} + \xi_{jt}, \quad \mu_{ijt} = [-p_{jt}, x_{jt}](\Pi D_i + \Sigma v_i) \end{aligned}$$

ここで、 δ_{jt} は平均効用であり、すべての消費者間で等しいものである。また、 μ_{ijt} と ε_{ijt} はそれぞれ、分散不均一な攪乱項、分散均一な攪乱項である。

消費者は、どの製品も購入しないと決定することもでき、その場合「外部財」を購入していると仮定する。外部財からの効用はゼロであり、間接効用関数は以下の式で表される。

$$u_{i0t} = \alpha_i y_i + \varepsilon_{i0t}$$

これらの仮定のもとでの製品*j*のマーケットシェアは、以下のとおりである。

$$s_{ijt} = \frac{\exp(\delta_{jt} + \mu_{ijt})}{1 + \sum_{k=1}^K \exp(\delta_{kt} + \mu_{ikt})}$$

また、 s_{ijt} は消費者*i*の製品*j*を購入する確率でもある。製品*k*の価格に対する製品*j*のマーケットシェアの価格弾力性は

$$\eta_{jkt} \equiv \frac{\partial s_{jt} p_{kt}}{\partial p_{kt} s_{jt}} = \begin{cases} -\frac{p_{jt}}{s_{jt}} \int \alpha_i s_{ijt} (1 - s_{ijt}) d\hat{P}_D^*(D) dP_v^*(v) & \text{if } j = k \\ \frac{p_{kt}}{s_{jt}} \int \alpha_i s_{ijt} s_{ikt} d\hat{P}_D^*(D) dP_v^*(v) & \text{otherwise} \end{cases}$$

となる。

3.1.2 データ

推定には、マーケットレベルでのデータが必要である。具体的には、マーケットシェア、各市場での価格、ブランドの特性などである。マーケットシェアは数量変数に

よって定義されるが、どんな製品について推定するかによって選ぶべきデータも変わってくる。Berry *et al.* (1995) では、自動車の売上台数を用いている。また、外部財のマーケットシェアは、「市場の全体の大きさ-内部財のシェア」と定義される。外部財も同様に、どんな製品について推定するかによって異なる。

推定には二段階最小二乗法が用いられるが、Berry *et al.* (1995) は、価格の操作変数として、グループ内のモデル j を除いた特性の合計、あるいは平均を用いることを提案している。

3.2 先行研究

この節では、Sriram *et al.* (2006) のモデル及び推計結果を紹介する。

3.2.1 モデルの紹介

各 t 期に消費者 h が、市場において B ブランドによって提供されるデジタルカメラを1つ購入する状況を考える。このとき、各消費者はいずれの製品も購入しないことを選択することができ、この場合は外部財を購入していると考えられる。消費者の決定は、消費者特有のニーズやブランド選好、そしてブランドによって提供されるモデルの魅力によって表現される。そこで、 t 期に消費者 h が、ブランド b によって提供されるモデル j を購入すれば、その間接効用は次のように定式化される。

$$U_{hjbt} = \alpha_t + \beta_{0hbt} + \theta H_{bt} + \beta_h X_{jbt} + \xi_{jbt} + (1 - \sigma)e_{hjbt} + e_{hbt} \quad (3.3)$$

ここで、 β_{0hbt} は消費者 h の固有の選好、 H_{bt} は環境因子のベクトル（ホリデーシーズンなど）、 X_{jbt} は t 期にブランド b によって提供されるモデル j の特性ベクトル、 β_h は製品特性に関連した消費者の選好のベクトルを表す。また、 X_{jbt} はモデルの年数などのような消費者のモデルへの理解に影響を与える因子も含んでいる。 α_t は、全てのブランドに共通し、外部財とも関連があるtime-specificダミーであり、イノベーションなどによるデジタルカメラ市場の成長を示す。 ξ_{jbt} は消費者には観察されるが、研究者には観察されない「除外された特性」の効果を表す。誤差項 e_{hjbt} はi.i.d.で、 t 期にブランド b によって提供されるモデル j に対する消費者 h の特異な選好を表す。誤差項 e_{hbt} は、 t 期にブランド b によって提供される全てのモデルの誤差である。 $\sigma(0 < \sigma < 1)$ は入れ子ロジットモデルでの規模のパラメータであり、あるブランドによって提供されるモデルの効用の相関の程度を表す。また、外部財からの効用はゼロ

とする。

これらの仮定のもとで、消費者 h が t 期にブランド b によって提供されるモデル j を購入する確率は

$$\Pr_{hjbt} = \frac{\exp((\delta_{jbt} + \mu_{hjbt})/(1 - \sigma))}{\left[1 + \sum_{b'=1}^B D_{hb't}^{(1-\sigma)}\right] \left[D_{hbt}^\sigma\right]}$$

である。ここで、

$$D_{hbt} = \sum_{j \in M_b} \exp\left(\frac{\delta_{jbt} + \mu_{hjbt}}{1 - \sigma}\right) \quad (3.4)$$

D_{hbt} は包括的な価値、 δ_{jbt} は消費者間のモデル j の平均効用、そして μ_{hjbt} は消費者 h の平均効用からの外れ値を表す。具体的には、これらは

$$\delta_{jbt} = \alpha_t + \beta_{0bt} + \theta H_{bt} + \beta X_{jbt} + \xi_{jbt}, \quad \mu_{hjbt} = \Delta\beta_{0hb} + \Delta\beta_h X_{jbt}$$

と表せる。ここで、 β_{0bt} は外部財を考慮したときの t 期でのブランド b から得られる消費者の平均効用の増分、 β は製品特性やベクトル X_{jbt} の他の変数に関連する選好の平均ベクトル、 $\Delta\beta_{0hb}$ は消費者のブランド選好における β_{0hb} からの不変の外れ値、そして $\Delta\beta_h$ は X_{jbt} の効果の β からの外れ値である。

(3.4)式における μ_{hjbt} が0のとき、通常の入れ子型ロジットモデルを適用する。このモデルを用いることで、多項ロジットがIIA、すなわち、似通った選択肢とまったく異なる選択肢を同等に扱ってしまう性質を緩和することができる。それでも、ブランド内でのモデル間にはIIAの影響が生じてしまう。この制約を克服するために、 μ_{hjbt} が0でないことを認めることで、観察できない不均一性を説明する。特に、ベクトル $\nu = (\Delta\beta_{0hb}, \Delta\beta_h, b=1, 2, \dots, B)$ は消費者ごとに異なり、正規分布に従うと仮定する。このとき、 t 期にブランド b によって提供されるモデル j のマーケットシェアは以下のように表せる。

$$s_{jbt} = \int_A \frac{\exp((\delta_{jbt} + \mu_{hjbt})/(1 - \sigma))}{\left[1 + \sum_{b'=1}^B D_{hb't}^{(1-\sigma)}\right] \left[D_{hbt}^\sigma\right]} \phi(\nu) \partial \nu$$

ここで、 $\phi(\cdot)$ は多変量正規分布の密度、 \int_A の範囲はブランドモデルの選択の結果を示している。

3.2.2 データと推定結果

データ期間は、1997年4月～1999年5月の26カ月であり、月ごとのデジタルカメラの価格と売り上げの情報をアメリカの小売店の決算から収集している。さらに、推定には各モデルの特性の情報を用いている。取り扱う特性には、最大解像度、画像の最大保存数、内・外部メモリの容量、記憶媒体の種類、セルフタイマー機能の有無などが含まれている。また、同じ期間の月ごとの各ブランドの広告支出のデータも収集している。

Sriram *et al.* (2006) では、カシオ、コダック、オリンパス、そしてソニーの4ブランドについて実証分析を行っている。これらのブランドを選択した理由は、デジタルカメラ全体の売上の93%を4ブランドが占めているためである。表3-1に4ブランドの統計データを示している。

表3-1 デジタルカメラブランドの統計データ

ブランド	平均価格 (ドル)	総売上量 (台)	市場シェア (%)	広告支出 (万ドル)	平均年数 (月)	平均モデル数
カシオ	320	176,049	10.69	848.3	13.79	10.50
コダック	485	360,778	21.90	9,223.4	14.18	8.00
オリンパス	606	305,385	18.54	4,432	9.92	6.31
ソニー	675	691,457	41.98	11,890.6	8.43	4.96

出所：Sriram *et al.* (2006)

表3-1からは、ソニーは平均価格が最も高いにも関わらず、一番高いシェアを有していることが分かる。一方、カシオは、平均価格は4ブランドで最も低いが、シェアも最下位である。ソニーが高価格で高いシェアを維持できているのは、製品ラインにおけるモデルの魅力によるものか、あるいは、ブランド選好の高さによるものだと考えられる。また、広告支出に注目すると、ここでもソニーが最も高いことが分かる。カシオの広告支出は、ソニーの約7%であり、広告がブランド選好を高くする要因と考えることもできる。

上記で定義した(3.3)式の効用関数より、需要関数は以下のように表される。

$$\ln s_{jbt} - \ln s_0 = \alpha \ln p_{jbt} + \sum_j X_{jbt} \beta + \theta H_{bt} + \sigma \ln s_{j/b} + \xi_{jbt} \quad (3.5)$$

ここで、 s_0 は外部財の市場シェア、 p_{jbt} は t 期にブランド b によって提供されるモデル j の価格、 $s_{j/b}$ はモデル j のブランド b 内でのシェアを表す。推定する特性 X_{jbt} は、解像度、画像の保存数、記憶媒体がフロッピーディスクであるかどうか、外部のメモ

り容量、セルフタイマー機能の有無、そしてモデルの年数である。モデルの年数は、そのモデルが最初に市場に登場してからの月数である。 p_{jbt} には、モデルの価格を対数変換したものをを用いている。月ごとのブランドの広告支出は広告変数として扱う。また、各ブランドの市場シェアを算定するために、潜在的市場のサイズを定義する必要がある。Sriram *et al.* (2006) では家庭でコンピュータを使用している世帯数と想定し¹¹、潜在的市場の規模は1000万としている。各ブランドのシェアは、ブランドの売上と潜在的市場規模から算出している。また、Sriram *et al.* (2006) では「入れ子型ロジットモデル」を採用しているが、入れ子構造は、まずブランドを選択し、その次にブランド内からモデルを選択するという2段階としている。

推計結果は表3-2に示している。推計結果からは、解像度の増加がモデル選択の確率に有意に正の影響を与えているということが分かる。記憶媒体にフロッピーディスクを採用していること、セルフタイマー機能があることも同様にシェアの増加に正の影響を与えている。また、価格は安くなるほどシェアが大きくなることが分かる。モデルの年数については、線形の項が有意に負である一方、2乗項は正ではあるが統計的に有意ではなかった。このことから、発売してから時間が経つほど、シェアは低下していくことを表している。各ブランドのダミー変数の係数は、ブランド選好の度合いの大きさを示す。4ブランドとも統計的に有意ではなかったが、ソニーのブランド選好が一番高く、カシオが最も低い、という期待通りの結果であった。広告に関しては、カシオ、オリンパス、ソニーにおいて有意に正の影響であることが分かる。また、 σ の推定値は0.9542であったが、この値が示すのは、同一のブランドによって提供されるモデルの効用の相関が強いということである。つまり、消費者はデジタルカメラの購入の際に、ブランドを選択してからモデルを選択しているということになる。

¹¹ デジタルカメラの使用は、コンピュータに画像を取り込むことが想定されるため。

表3-2 需要関数の推定結果

	係数	t値
価格	-2.1893	-5.0822 ***
$\ln s_{j/b}$	0.9542	38.6984 ***
解像度	2.2582	4.6183 ***
画像保存数	-0.4594	-1.5406
フロッピー	0.8312	2.5041 ***
外部メモリ容量	-0.1541	-0.9239
セルフタイマー	0.7867	5.056 ***
年数	-2.2186	-6.9305 ***
年数の2乗	0.0137	0.1631
カシオ	-0.4273	-0.8688
コダック	-0.2457	-0.564
オリンパス	-0.3006	-0.6884
ソニー	-0.208	-0.5287
広告(カシオ)	1.1517	2.3044 **
広告(コダック)	0.0007	0.04
広告(オリンパス)	0.1197	1.6979 *
広告(ソニー)	0.2192	1.8358 *
ホリデー・ダミー	0.5386	5.0588 ***

(注) ***は1%、**は5%、*は10%の水準で有意であることを示す。

出所：Sriram *et al.* (2006)

3.3 デジタルカメラの需要関数の推定

この節では、先行研究に基づき、デジタルカメラの需要関数の推定を行う。

3.3.1 データの選択

価格と製品の市場シェアは、TrendSearch から取得している。2011年12月時点で掲載されていた200個のデータを用いている。価格は、Sriram *et al.* (2006) と同様に、対数変換したものを使用している。また、製品ごとの市場シェアは、潜在的市場の規模と製品の売上台数から算出するのが望ましいが、各製品の売上台数に関するデータは手に入れることができなかったため、TrendSearch におけるPVシェア率とい

うデータを代用している。PV数というのは、価格.comの製品詳細ページの閲覧回数を集計したものである。集計の対象となるのは、「価格比較」、「スペック」、「特長」、「レビュー」、「クチコミ」の5タブの閲覧回数である。PVシェア率は、同カテゴリ内の製品PV数のシェアであるため、製品ごとの市場シェアの代理変数として扱う。製品特性に関するデータは、BCNランキングから取得した。変数として扱った特性は、第2章で使用した特性をベースとしたが、カラーバリエーションは除外している。同じ製品の異なる色のモデルに対し、それぞれにシェアが与えられているため、異なる色のモデルは別個の製品として扱った方がよいと考えたためである。また、発売年数ダミーは採用せず、Sriram *et al.* (2006) に従いモデルの年数として扱っている。ブランドダミーはキヤノンをベースとして用いている。

表3-3に基本統計量を示している。画素数は平均で1355.24万画素であることが分かる。また、最小値と最大値から、製品によっては1000万画素以上の差があることが示された。ズーム倍率は平均で9.36倍であることが示されたが、最頻値より5倍の製品が主流であると分かる。重量は平均で213.7gであるが、中央値と最小・最大値の関係より200g以下の製品が多いことが分かる。面積は平均で5090.2平方ミリメートルであることが分かる。また、平均値と中央値・最頻値の関係から分布は右に歪んでいることが分かる。

表 3-3 基本統計量

	標本数	平均	標準偏差	中央値	最頻値	最小	最大
画素数	200	1355.24	238.88	1400	1210	469	1620
ズーム倍率	200	9.3635	7.4173	5	5	1	36
重量	200	213.73	109.94	189.5	205	109	730
面積	200	5090.2	997.35	4854.6	4645.26	3588.9	8884.07

3.3.2 推計モデル

推計する需要関数は以下のとおりである。

$$\ln s_j - \ln s_0 = \alpha \ln p_j + \sum_j X_j \beta + \sigma \ln s_{j/g} + \xi_j$$

s_0 は外部財のシェアであり、Sriram *et al.* (2006)と同様にコンピュータを保有している世帯数を用いた。製品ごとのシェアは、売上台数と世帯数から算出したものではなく、すでに「%」表示のものを用いているため、外部財のシェアにおいても、内

閣府の消費動向調査に掲載されている「主要耐久消費財等の普及率」から取得した「%」表示のものを使用している。 $s_{j/g}$ はモデル j のグループ内シェアである。

入れ子構造に関しては、Sriram *et al.* (2006) ではブランドを選択した後にモデルを選択するという2段階の構造を想定していた。しかし、同様の入れ子構造を想定して分析を行ったところ、価格の係数が負とならず、需要関数としてふさわしい結果は得られなかった。これは、消費者がブランドに関係なくデジタルカメラを選ぶようになったということを表していると考えられる。そのため、本稿ではレンズ形状により「コンパクト」、「全天候型」、「超望遠（ハイエンド）」の3つのグループに分けている。この3つのグループは、いずれも購買目的が異なるものと考えられることができ、より消費者選択に近い状況を想定できていると言える。「コンパクト」はいわゆる通常のコンパクトデジタルカメラであり、薄さや小ささを意識したデザインのものが多く、光学ズーム倍率は5～8倍のものが主流である。「全天候型」は、防水防塵堅牢を特徴としているモデルであり、レンズは比較的小さく、せり出してこない。そのため、光学ズーム倍率は1～5倍のものが多く、「超望遠（ハイエンド）」は、光学ズーム倍率が10～30倍程度のモデルであり、比較的大きなサイズが特徴である。値段も高いが、レンズの交換のできないデジタル一眼カメラの廉価版という位置づけでもある。具体的な分け方としては、「超望遠」は光学ズーム倍率が10倍以上のもの、「全天候型」は防水機能があるもの、「コンパクト」はそれ以外のもの、としている。

推計は、最小二乗法と二段階最小二乗法でそれぞれ行った。 p_j の操作変数には、モデル j と同一グループに属するモデル j 以外の特性の平均を用いている。表3-4は推定結果を示している。二段階最小二乗法においては、操作変数の妥当性の検定を行ったが、弱相関操作変数の問題が生じていることが分かった。弱相関操作変数の問題は、内生変数との相関が弱い操作変数を用いたことにより、推計結果にバイアスが生じてしまうことである。

まず、OLSの推定結果について考察する。価格の係数は負であり、統計的に有意であることから、価格が下がるとシェアが増加するという需要関数としてふさわしい結果が得られている。具体的には、価格が1%低下すると、シェアは約4%上昇することが示されている。グループ内シェアの係数は、同一グループ内にあるモデルのほうが、他のグループ内にあるモデルよりも代替的であることを示す。係数は0.9875と高く、かなり代替的であることが分かる。よって、本稿で想定した入れ子構造はあてはまりが良かったと考えられる。製品特性において、統計的に有意だった変数は、光学ズーム倍率、重量、防水機能、CMOSイメージセンサー、フルHD動画撮影であっ

た。画素数は有意でなく、需要に影響を与える要素ではないことが示された。光学ズーム倍率については、ズーム倍率が1倍率低下するとシェアは2%増加することが分かる。コンパクトデジタルカメラの購入層は、手軽に購入できる製品を望んでおり、そのためにハイエンドなモデルを意識した高いズーム倍率のシェアは伸びていないと考えることができる。重量については、係数の値はかなり小さく、需要に影響は小さいと考えられる。防水機能の係数は負で統計的に有意であり、防水機能を施されていないモデルの方が、シェアが上昇することが示された。しかし、データは12月に掲載されたものを用いており、行楽シーズンではないために需要がなかったと考えることも可能である。CMOSイメージセンサーの係数も負であり、CCDセンサーを採用しているモデルの方が8%だけ需要が増加することが分かる。また、フルHD動画撮影ができるモデルの場合、7.6%シェアは増加し、需要に影響を与える特性であることが示された。モデルの年数については、線形の変数のみが有意であることから、発売から時間が経つほどシェアが低下していくことが示された。ブランドダミーは、ほとんどのブランドが有意とならなかった。

次に、2SLSの結果を考察する。価格の係数は負で統計的に有意であり、価格が1%低下するとシェアが59%増加することを示しており、OLSの結果よりもかなり係数が大きくなっている。グループ内シェアの係数は1.0238と高かったが、理論の仮定では $\sigma(0 < \sigma < 1)$ としており、異常な結果が得られてしまった。原因としては、操作変数が妥当でなかったことやデータのサンプル数が少なかったこと、あるいは市場シェアのデータがふさわしくなかったことなどが考えられる。製品特性において、統計的に有意だった変数は、画素数、光学ズーム倍率、重量、防水機能、フルHD動画撮影であった。画素数については、係数がかなり小さく、消費者はデジタルカメラ購入の際にそれほど画素数を重視していないということを表している。光学ズーム倍率については、ズーム倍率が1倍率低下するとシェアは3.5%増加することが示された。防水機能の係数は負で統計的に有意であり、防水機能を施されていないモデルの方が、シェアが上昇することが示された。また、フルHD動画撮影ができるモデルの場合、22%シェアは増加し、価格以外の特性では最も重視されていることが示された。第2章のヘドニック分析において統計的に有意であった記憶媒体(SDXCカード)とCMOSセンサーは、BLPモデルでは有意とならなかった。モデルの年数については、線形の変数のほうが2次項よりも有意であることから、発売から時間が経つほどシェアが低下していくことが分かる。ブランドダミーは、コダックとライカが1%の水準で有意であるという結果であるが、この2ブランドは他のブランドに比べ、データ数が少な

かったために有意になったと考えられる。また、リコーとソニーは、ベースとしているキヤノンよりもシェアが高くなるという結果が示されている。

最後に、OLS と 2SLS の結果を比較する。OLS のほうが決定係数の値がわずかに高いが、それほど差はないと言える。統計的に有意な変数の数は、2SLS のほうが多かった。また、有意な変数(価格を除く)の符号や係数は、2つの結果で大きく異なるものは少ない。価格は、内生変数であるため操作変数法による結果が支持されるべきだが、グループ内シェアの係数から、2SLS の結果は必ずしも正しいとは言えない。

表 3-4 デジタルカメラの需要関数の推定結果

	OLS		2SLS	
	係数	標準誤差	係数	標準誤差
log(価格)	-0.0399	0.0177 **	-0.5903	0.1488 ***
log(グループ内シェア)	0.9875	0.0073 ***	1.0280	0.0216 ***
画素数	-0.0001	0.0001	-0.0003	0.0001 **
光学ズーム倍率	-0.0200	0.0021 ***	-0.0345	0.0055 ***
重量	0.0006	0.0002 **	0.0014	0.0007 **
面積	7.05e-07	0.0001	0.0001	0.0001
タッチパネル	0.0136	0.0446	-0.1408	0.1074
防水機能	-2.3215	0.0232 ***	-2.3856	0.0629 ***
記憶媒体(SDXC)	-0.0002	0.0206	0.0685	0.0675
手振れ補正	-0.0197	0.0244	0.0169	0.1102
CMOS	-0.0808	0.0195 ***	-0.0230	0.0758
フル HD 動画撮影	0.0758	0.0212 ***	0.2272	0.0745 ***
年数	-0.0042	0.0024 *	-0.0294	0.0112 ***
年数の 2 乗	0.0001	0.0001	0.0005	0.0003 *
カシオ	-0.0666	0.0326 **	-0.0229	0.0704
パナソニック	-0.0368	0.0268	0.0011	0.0729
富士フイルム	-0.0425	0.0276	-0.0928	0.0673
コダック	-0.1565	0.0320 ***	-0.5543	0.1390 ***
ライカ	0.0595	0.0481	1.376	0.3909 ***
ニコン	-0.0253	0.0311	-0.0260	0.0604
オリンパス	-0.0258	0.0315	0.0372	0.0794
ペンタックス	-0.0587	0.0406	0.0296	0.0928
リコー	-0.0492	0.0323	0.2235	0.1229 *
シグマ	-0.0107	0.0358	0.1976	0.1686
ソニー	0.0059	0.0256	0.1170	0.0760 *
決定係数	0.9923		0.9445	

(注) ***は1%、**は5%、*は10%の水準で有意であることを表す。

また、White の一致標準誤差を用いてロバスト修正してある。

第4章 結論

本稿では、デジタル機器の特性を価格と需要への影響という観点から分析した。特に、デジタルカメラとその補完財ともいえるインクジェットプリンタに注目して分析を行ってきた。

第1章では、デジタルカメラ市場とインクジェットプリンタ市場の現状分析をそれぞれ行った。デジタルカメラの品質である画素数は、15年間で約40倍にまで性能を上げており、デジタルカメラは技術革新の非常に速い電子機器であると言える。一方、インクジェットプリンタの品質である解像度は、10年間で約6倍まで性能を上げているが、デジタルカメラほどの性能向上は見られなかった。また、デジタルカメラの画素数や光学ズーム倍率以外の特性は、どのメーカーでも類似した特性を採用しているために、十分な製品差別化はできていないのが現状である。しかし、インクジェットプリンタにおいては、キヤノンはサーマル方式、エプソンはピエゾ方式をそれぞれ選択しており、製品差別化された製品であると言える。このように、デジタルカメラ市場とインクジェットプリンタ市場は異なる特徴を持った市場であることが示された。

第2章では、ヘドニック・アプローチによる価格分析をデジタルカメラ市場、インクジェットプリンタ市場のそれぞれについて行った。デジタルカメラ市場においては、画素数の価格への影響はほとんどないことが示され、画素数競争は限界を迎えてしまったことが証明された。そして、画素数に代わって価格に大きく影響を与えているのは、防水機能、記憶媒体にSDXCカードが使用できること、CMOSイメージセンサーが採用されていること、の3特性であることが分かった。また、キヤノンは価格プレミアムを得られていないことも示された。インクジェットプリンタ市場においては、FAX機能、プレビュー画面、自動両面印刷機能が価格に大きく影響を与えていることが示された。また、サーマル方式のプリンタの方が、ピエゾ方式のものよりも本体価格は割安になることが分かった。しかし、推定結果は、サーマル方式を採用しているキヤノンは、エプソンに比べると価格プレミアムを獲得できていることを示しており、2つの結果は矛盾している。このことは、データセットにビジネス向けのインクジェットプリンタを含めてしまったことが原因と考えられる。

第3章では、BLPモデルを用いてデジタルカメラの需要関数を推定した。推計結果からは、価格の低下がシェアの増加に影響を与えていることが分かった。また、画素数は需要にそれほど影響を与えていないことが示された。画素数に代わって需要に影響を与えているのは、フルHD動画撮影機能であることが分かった。また、分析では

レンズ形状でグループ分けをしているが、同一グループ内にあるモデルのほうが、他のグループ内にあるモデルよりも代替的であることが明らかになった。しかし、BLPモデルにおいて、反省点がいくつかある。一つは、パネルデータでの推定が行えなかった点である。BLPモデルでは、パネルデータでの分析が推奨されているが、時間の制約上、クロスセクションデータでの分析しか行うことができなかった。もう一つは、適切な操作変数を見つけることができなかった点である。本稿では、グループ内のモデル j を除いた特性の平均を用いたが、価格との相関はかなり小さく、操作変数としては妥当でなかったといえる。

本稿では、デジタル機器、特にデジタルカメラについてはヘドニック・アプローチとBLPモデルの2つの方法で分析を行ってきた。ヘドニック・アプローチは、どのような特性が「価格」を決めるのかを目的としているが、消費者の選択はモデルに考慮されていない。つまり、ヘドニック・アプローチは、メーカー側が重視している特性が結果として現れることになる。一方、BLPモデルはどのような特性が「需要」を決めるのかを目的としている。消費者の選択は、入れ子構造を設けることで考慮しているため、消費者側の特性への満足度が結果に表れる。以上のことを踏まえると、ヘドニック・アプローチで有意であったが、BLPモデルでは有意でなかったタッチパネル、防水機能、記憶媒体(SDXC)は、メーカー側は需要に影響を与えると予想して価格決定の要素にしたものの、消費者側はそれほど重視していなかった特性であると言える。また、フルHD動画撮影はどちらの推計結果でも有意な結果が得られており、フルHD動画撮影が可能なモデルは適切な価格設定が行われていると考えられる。

CMOSイメージセンサーにおいては、ヘドニック・アプローチでは正の効果を得ているが、BLPモデルでは負の効果を示している。つまり、消費者はCMOSセンサーの製品よりもCCDセンサーの製品を好んでいることになる。従来の表面型CMOSセンサーと比較した場合には、CCDセンサーのほうが画質は優れていた。しかし、改良された裏面照射型CMOSセンサーでは、課題であった高感度の弱さは克服され、どちらのイメージセンサーでも性能に大差はないというのがメーカー側の主張である。しかし、CMOSセンサーの長所は、消費者にはまだ理解されていないと考えられる。新しい機能や、改良された機能により需要を増やそうとするならば、メーカー側はより納得でき、分かりやすい説明を消費者にしていくことが求められるだろう。

参考文献

- 伊藤宗彦 (2008), 「製品差別化競争の考察—インクジェット・プリンタ産業における製品開発戦略の分析」『日本経営学会誌』 **22**, 15-26.
- 白塚重典 (1994), 「物価指数に与える品質変化の影響」『金融研究』 **13**(4), 61-95.
- 特許庁(2006), 「平成 17 年度特許出願技術動向調査等報告書—画像記録装置における記録媒体取扱技術」特許庁.
- 三浦功・内藤徹 (2008), 「応用経済分析 I」勁草書房.
- 矢野経済研究所 (2011), 「日本マーケットシェア事典」矢野経済研究所.
- Berry, S., J. Levinsohn, and A. Pakes, (1995), “Automobile Prices in Market Equilibrium,” *Econometrica*, **63**(4), 841-890.
- Fehder, D. C., E. Nelling and J. J. Trester, (2009), “Innovation and price: the case of digital cameras,” *Applied Economics*, **41**, 2229-2236.
- Miyamoto, M. and H. Tsubaki, (2001), “Measuring Technology and Pricing Differences in the Digital Still Camera Industry Using Improved Hedonic Price Estimation,” *Behaviormetrics*, **28**(4), 111-152.
- Nevo, A.(2000), “A Practitioner’s Guide to Estimation of Random-Coefficients Logit Models of Demand,” *Journal of Economics & Management Strategy*, **9**(4), 513-548.
- Sriram, S., P. K. Chintagunta and R. Neelamegham, (2006), “Effects of Brand Preference, Product Attributes, and Marketing Mix Variables in Technology Product Markets,” *Marketing Science*, **25**(5), 440-456.
- 一般社団法人カメラ映像機器工業会 (CIPA) <http://www.cipa.jp/>
- エプソン <http://www.epson.jp/>
- キヤノン <http://canon.jp/>
- ソニー <http://www.sony.jp/>
- 内閣府 消費動向調査
http://www.esri.cao.go.jp/jp/stat/shouhi/menu_shouhi.html
- BCNランキング <http://bcnranking.jp/>
- TrendSearch <http://trendsearch.kakaku.com/top.asp>

あとがき

先行研究を理解するのは、どのテーマにしてもきっと難しい。それならば、テーマだけは自分にとって身近で、興味深いものにしたい。その思いが研究テーマを決めた動機の一つでもあった。現状分析を行った時点では、今まで知らなかった知識を吸収することができ、研究を「楽しい」と心から感じていた。第2章のヘドニック・アプローチについての実証分析は比較的解釈がしやすく、先行研究を読みながら、「石橋研究会で勉強してきた成果が表れている。以前より賢くなった気がする」などと考えていた。しかし、地獄の始まりは自らの実証分析からである。分析で使用するデータは、インターネットで製品スペックを検索し、すべて自分の手で入力していった。打ち込むことはそれほど苦ではなかったが、一つずれて入力してしまっていることに気づいたときは深い絶望におそわれた。第3章のBLPモデルにおいては、推定結果がなかなか期待どおりのものが表れず、何度も何度も変数を作り直し、組み替えて挑戦した。苦しい思いをしてきたが、それだからこそ、この論文を書き上げることができたことに本当に喜びを感じている。

指導教授である石橋孝次先生の授業を受けたことが、このゼミに入会するきっかけであった。先生の授業は、勉強する楽しさを思い出させてくれる魅力的なものであった。研究会で過ごした2年間は、驚くほど速く過ぎ去ってしまったが、様々なことを学び、かけがえのない友人たちと出会うことのできた「濃い」2年間であったことは間違いない。

最後に、ともに励まし合い、助け合ったゼミの同期、凝り固まった頭に新しいアイデアを吹き込んでくれた3年生、実証分析に関して助言をくださった11期生の木村篤さん、BLPモデルについて指導してくださった産業研究所の松浦寿幸先生、そして、2年間熱心な指導してくださった石橋孝次先生に心より感謝の意を表したい。