



イノベーション・インパクト : デジタル機器産業におけるイノベーション・マネジメント

伊藤, 宗彦

(Citation)

国民経済雑誌, 201(6):85-104

(Issue Date)

2010-06

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/81006942>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81006942>



イノベーション・インパクト

——デジタル機器産業におけるイノベーション・マネジメント——

伊 藤 宗 彦

国民経済雑誌 第 201 巻 第 6 号 抜刷

平成 22 年 6 月

イノベーション・インパクト

——デジタル機器産業におけるイノベーション・マネジメント——

伊 藤 宗 彦

本研究は、市場データに基づく実証研究である。イノベーション活動により創造された製品品質は、どのように付加価値を獲得し収益を生み出だすのか、そのメカニズムを実証的に明らかにする。具体的には、デジタル・カメラ産業を事例として取り上げ、①製品開発におけるイノベーション活動がいかに製品付加価値と結びついているのか、②競争優位源泉となるのはどのような品質項目で時間とともにどのように推移しているのか、③競争力のある企業はどのような製品戦略を有しているのか、という企業のイノベーション活動と製品付加価値概念を再考するものである。結果として、デジタル・カメラ産業においては、画素数や光学レンズ倍率といったインクリメンタル・イノベーションと、レンズ交換技術や手振れ防止といったラディカル・イノベーションによって、それぞれ、価格サイクル、製品ヒエラルキが構築され、価格プレミアムが生じ、製品付加価値が生み出されている。

キーワード 組み立て型産業、消費者行動、ヘドニック分析、イノベーション、製品戦略

1 はじめに

デジタル機器産業¹⁾における日本企業はイノベーション活動をリードし、知財や主要部品を支配することにより、グローバル市場に大きな影響力を示している。しかし、デジタル機器産業は組み立て型産業（セット産業）という性質を持つため、部品の内製化にこだわらなければ比較的容易に参入できる産業であり、生産性という側面において中国、韓国、台湾などの企業との競争では必ずしも有利な位置にいるわけではない（榊原、2005；榊原・香山、2006）。デジタル機器産業間では、半導体、ソフトウェア、モジュールといった共通技術による産業の水平分業化が進み、日本企業の内製率を高める垂直統合と世界的な水平分業との不一致はグローバル競争を一段と複雑で厳しいものになっている。さらに、デジタル技術は、製品開発の局面においても大きな変革を迫っている。たとえば、携帯電話やテレビといった製品への要求品質は極めて明確であり、同質化に向かう傾向にある（伊藤、2005）。そのために、従来、企業が指向してきた製品差別化や市場細分化といった基本戦略が有効に機能しなくなってきている。こうしたデジタル機器の中でも、デジタル・スティル・カメラ（以下

デジタル・カメラ)産業では活発な製品開発競争が行われ、日本企業は高い競争力を示している。本研究では、デジタル・カメラ産業を事例として取り上げ、①製品開発におけるイノベーション活動がいかに製品付加価値と結びついているのか、②競争優位源泉となるのはどのような品質項目で時間とともにどのように推移しているのか、③競争力のある企業はどのような製品戦略を有しているのか、という3点を明らかにする。

2 従来研究のレビューと方法論

本研究は、市場データに基づく実証研究である。具体的には、イノベーション活動により創造された製品品質は、どのように付加価値を獲得し収益を生み出だすのか、そのメカニズムを実証的に明らかにする。本節では、製品品質に関わるイノベーション・マネジメントと、製品品質と価格の関係を扱う消費者行動理論という、実証を行う上で依拠する理論に関わる先行研究をレビューする。

研究対象とするデジタル・カメラは、液晶ディスプレイ (LCD)、メモリ、USB コネクタ、光学素子²⁾(CCD や CMOS) 等の汎用部品と、レンズ、電池等の専用モジュールから構成されるセット製品と位置づけられる。セット製品の品質は、構成するモジュールとそれらを組み合わせるシステムの知識によって決定される。製品競争は、製品コンセプトとモジュールの関係を固定し、モジュールレベルの逐次的改良によって製品の品質を向上させるインクリメンタル・イノベーション、次にモジュールの組み合わせによるシステム化の差異により品質向上を目指すアーキテクチャル・イノベーション、さらには、製品コンセプトが強化され、大幅な品質向上が果たされるラディカル・イノベーションによる枠組みによって説明されてきた (Henderson and Clark, 1990)。インクリメンタル・イノベーションは、デジタル・カメラの画素数や光学レンズ倍率など、常に改良が続けられる品質を説明する概念である。また、一眼レフカメラのように製品コンセプトが強化され、従来の製品と比べて格段の品質向上がある時には、ラディカル・イノベーションが起こっている場合が多い。産業規模が拡大し、市場が成長段階に入るとモジュール産業も十分な規模を持つようになり、モジュール間のインタフェイスが標準化され、イノベーションがモジュール内で起こるようになる。このように標準化されたモジュールの組み合わせの局面では、標準化競争で優位に立った企業が供給するモジュールにより価値が決まってしまうことが起こる (Langlios and Robertson, 1992)。このような標準化が、ハードウェアとソフトウェアの強固な組み合わせにより達成された場合をプラットフォームと呼ぶ (Meyer and Lehnerd, 1997; Gawer and Cusumano, 2002)。プラットフォームが成立すると、特定企業が独占的に主要モジュールを供給するようになる。こうした産業構造下では、製品企画・設計・生産といった機能をアウトソーシングし、サプライ・チェーンに組み込む企業も出現し、製品競争は同質化へと向かい価格競争

が激しくなる (Lee and Chen, 2000; Sturgeon, 2003)。標準化されたモジュールの出現により、産業構造が水平分業へ移行しているように考えられるが、こうした変化は、モジュールレベルで起こるインクリメンタル・イノベーションが密接に関与し、さらに企業は製品差別化のために、異なったコンセプトの製品を新規に創造するラディカル・イノベーションによって、再び、垂直統合へと向かうサイクルが繰り返される (Calderon, 2001; Serant and Shah, 2001)。本研究では、デジタル・カメラは光学レンズユニットや光学素子の組み合わせ部分では同じ企業内の製品系列間でプラットフォームが形成されており、製品開発はインクリメンタル・イノベーションにより画素数が逐次的に改良され、さらに、一眼レフカメラのようにレンズ交換機能や大型光学素子といった新たな技術はラディカル・イノベーションによって創造されたという前提で議論を進める。

それでは、企業の製品開発の段階で創造された製品品質は市場でどのように評価され企業の収益に結びつくのであろうか。本研究で扱う、モジュールから構成される製品の付加価値については、従来のミクロ経済学の消費者効用概念では説明しにくい。たとえば、ある予算でAとBという2つの製品の購入を考える場合、製品A、Bを代替関係にある別々の財として捉え、両者の予算集合と無差別曲線の接点での消費を均衡点として捉えるミクロ経済学の考え方は、財の品質が均質であるという前提に立っている。したがって、食品や薬品など、一つの製品を一つの機能として捉えることができる場合には有効な枠組みとなる。しかし、デジタル・カメラのように特性項目が多く、しかもその変化が多様化する財を購入する消費者は、製品を一つの機能として考えることはできない。つまり、特性項目の多い製品の購買意思決定の場面では、財を特性の集合体として捉える前提で分析を進める必要がある。たとえば、ある消費者がデジタル・カメラを購入しようとするとき、画一的な財として製品Cを購入したのではなく、製品Cの有する特性が条件を満たすか、もしくは、最も希望に近いからその製品を購入したと考えるべきであろう。

本研究では、ある財は固有の品質・サービス・ブランドといった多様な特性の集合体であり、製品価値は品質によって生み出されると考える消費者行動理論 (ランカスター・モデル) を前提にして分析枠組みを構築する (Lancaster, 1966, Foss, 1993)。ここでいう品質とは、太田 [1980] によれば、①ある財の提供する機能を構成する客観的な諸特性の水準、②ある財の客観的な諸特性の水準に対する総合的な評価、という二つの意味を有する。たとえばデジタル・カメラでは、画素数、画面サイズ、レンズ倍率、F値といった特性の組み合わせで一つの製品が成立するが、こうした特性の組み合わせとそれぞれの水準が同じであれば同じ品質と考えるのが前者である。しかしながら、企業は、多様な特性をさまざまな水準で組み合わせた製品を開発している。そのように考えると、特性の異なる製品同士の品質を比較する場合、後者で定義された総合的な評価をしなければならない。このような場合、デジタル

・カメラの特性を何らかの共通パラメータに置換えることにより品質の比較ができる。ヘドニック・アプローチは、価格という指標を用い、製品特性を説明変数とした回帰分析を行い、それぞれの品質特性が価格に及ぼす係数を計算することにより、製品の品質を金額という客観的な数字に置き換えるものである (Court, 1939; Lancaster, 1971)。それぞれの特性を価格に換算できれば、各特性の価格へのインパクトを測定することにより、製品付加価値を定量的に分析できると考えるのが本研究の前提条件である (ヘドニック分析については、Appendix 1 を参照)。

3 品質特性が価格に与える影響

デジタル・カメラ産業の製品付加価値概念を実証的に測定するために必要な理論枠組みを示し、既存研究をレビューした。実際にヘドニック分析を実行するためには、一つ一つの製品について、ある一定時期の価格とその製品の品質特性を一つのデータとして統合し、さらに企業ダミー、年次ダミーを付与したデータ・セットとして作り上げる作業が必要である。したがって、市場データの入手とその信憑性・安定性は分析を実行するために重要な要件となる。本研究では、長期的に同じ環境条件で入手できるという理由から POS データ³⁾を使用し、データベースを構築した (Appendix 2 を参照)。その基礎統計を表 1 に示す。表 1 には、デジタル・カメラの品質は、大きく 3 種類存在することが示されている。まず、表中、画面サイズ、F 値、光学ズーム倍率、総画素数、本体質量、1 秒毎フレーム数といった連続的な値をとる品質・特性グループがある。こうした品質・特性は、デジタル・カメラを構成するうえで不可欠なものであり、連続的品質項目とする。たとえば、総画素数は、1996年には74.4万画素であったものが、2006年には712.0万画素と10倍近くになり、直接、デジタル・カメラの品質向上に寄与している。それぞれの特性値は連続的に変化しており、こうした品質の改善はそれぞれの特性値の向上が他の品質項目と関連なく起こることから、インクリメンタル・イノベーションによるものと考えることができる。次に、表 1 の品質項目のうち、モニタ有無以下、動画画素数までの32項目は、品質項目自体が置き換わるものであり、デジタル・カメラを構成するうえで、必ずしも必要な品質ではない。こうした品質の有無を 0 か 1 かというダミー変数で表すことからこれらの項目を離散的品質項目と呼ぶと、連続して数値が改善されるような品質ではないため、明らかにインクリメンタル・イノベーションによるものではない。これらのうち、手振れ防止、レンズ交換対応の機能などは、不連続な技術革新に相当するものはラディカル・イノベーションによるものと推測される。最後に、表 1 にはオリンパス以下、参入12社の企業ダミーが加えられ企業ブランドも品質項目として分析される。以上の三種類の品質項目がヘドニック分析の対象となるが、実際に分析を行う際には、さらに、年度ダミーが加えられ、その推定値より年度ごとに品質を調整した物価指数を

表1 デジタル・カメラのヘッドニックス分析基礎統計量

年度	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	平均
項目	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
平均価格 (円)	47,096	56,455	52,439	45,346	42,640	39,466	36,441	34,828	33,822	43,170
画面サイズ	1,932	2,225	1,744	1,607	1,562	1,561	1,679	2,025	2,420	1,795
F値	2,080	1,036	2,710	2,627	2,811	2,783	2,839	2,860	2,587	2,733
光学ズーム倍率	1,881	1,901	2,035	1,548	2,742	3,076	3,493	3,733	3,497	2,958
デジタルズーム倍率	1,336	0,717	2,095	2,539	2,702	3,172	3,306	4,033	3,904	2,045
総画素数	74,457	45,295	193,531	210,067	124,782	329,113	401,544	527,697	711,974	341,506
本体質量	277.065	97.052	261.497	115.189	223.833	204.107	185.283	185.893	205.594	214.348
1秒毎フレーム数	1,118	1,280	1,404	2,346	10,815	13,094	19,194	22,588	22,128	12,882
内蔵メモリー	0,989	0,105	0,990	0,098	0,922	1,000	1,000	1,000	1,000	0,954
スマートメディア	0,266	0,443	0,055	0,224	0,328	0,113	0,114	0,000	0,000	0,059
コンパクトフラッシュ	0,437	0,497	0,584	0,421	0,494	0,058	0,234	0,000	0,000	0,209
SDメモリスティック	0,249	0,433	0,291	0,455	0,326	0,446	0,153	0,360	0,116	0,321
XDピカチャード	0,048	0,213	0,041	0,198	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006
メモリスティック	0,000	0,000	0,000	0,000	0,332	0,053	0,223	0,000	0,000	0,000
SDメモリーカード	0,000	0,000	0,000	0,016	0,124	0,357	0,301	0,459	0,491	0,500
メモリスティックPRO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,152	0,207	0,405	0,512	0,418
リチウムイオン電池	0,087	0,282	0,198	0,396	0,000	0,002	0,047	0,093	0,276	0,345
リチウムイオン電池	0,793	0,406	0,545	0,499	0,349	0,458	0,433	0,483	0,806	0,306
ニッケル水素電池	0,031	0,173	0,144	0,352	0,170	0,376	0,065	0,247	0,108	0,131
リチウム二次電池	0,042	0,201	0,070	0,255	0,104	0,305	0,148	0,355	0,087	0,134
単3アルカリ電池	0,042	0,201	0,070	0,255	0,104	0,305	0,148	0,355	0,087	0,134
単4アルカリ電池	0,922	0,269	0,805	0,398	0,352	0,478	0,110	0,312	0,009	0,088
USB	0,017	0,129	0,127	0,334	0,592	0,492	0,840	0,367	1,000	0,000
AVI	0,022	0,148	0,085	0,274	0,177	0,382	0,283	0,451	0,327	0,469
QUICKTIME	0,000	0,000	0,019	0,138	0,148	0,355	0,189	0,392	0,481	0,258
クレードル有	0,008	0,091	0,000	0,000	0,000	0,000	0,036	0,187	0,361	0,438
カラー液晶方式	0,003	0,053	0,000	0,000	0,000	0,075	0,264	0,103	0,195	0,354
光学非-レフ方式	0,560	0,497	0,788	0,409	0,837	0,370	0,818	0,384	0,698	0,242
MPEG1	0,011	0,105	0,063	0,242	0,085	0,274	0,117	0,321	0,101	0,301
MP3	0,000	0,000	0,000	0,010	0,101	0,025	0,157	0,040	0,114	0,112
レンズ交換対応	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,071	0,000	0,000	0,000	0,000
光学式手振れ防止	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,092	0,014	0,119	0,075	0,408
電子式手振れ防止	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PictBridge	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
動画画素数(160x120)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,147	0,032	0,177	0,000	0,000
動画画素数(160x120未満)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
動画画素数(320x240)	0,008	0,091	0,000	0,295	0,108	0,451	0,511	0,500	0,744	0,268
動画画素数(640x480)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026	0,158	0,059	0,236	0,091	0,490
オリオンパス	0,154	0,362	0,175	0,381	0,168	0,375	0,202	0,402	0,150	0,330
コキヤック	0,062	0,204	0,108	0,311	0,088	0,284	0,083	0,276	0,101	0,302
コキヤノン	0,059	0,236	0,055	0,229	0,051	0,220	0,014	0,119	0,008	0,075
コニカ ミニルタ	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,278	0,142	0,350	0,166	0,373
ソニー	0,076	0,265	0,072	0,259	0,097	0,296	0,126	0,332	0,111	0,412
ペンタックス	0,028	0,165	0,041	0,198	0,065	0,246	0,007	0,222	0,080	0,352
リコー	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,085	0,029	0,190	0,223
三洋電機	0,101	0,302	0,055	0,229	0,026	0,158	0,017	0,129	0,031	0,154
パナソニック	0,087	0,282	0,075	0,263	0,049	0,217	0,008	0,094	0,024	0,153
富士写真フイルム	0,008	0,091	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,049	0,027	0,164
サンプル機数	357	416	588	831	892	914	881	877	655	6411

計算する（Appendix 1 を参照）。

デジタル・カメラの技術革新のスピードは極めて速く、製品ライフサイクルも格段に短いため、製品品質特性が価格に対する影響度合いは、時間とともにシフトしていると考えることができる。そのために、分析する期間のデータを全て包括した通年次推定、2年ごとにデータをプーリングした隣接2年次推定という異なった期間でヘドニック分析を行った。その結果を表2に示している。⁴⁾

表2の結果について、マクロ的視点として、デジタル・カメラ産業全体で価格推移と製品品質向上を補償した物価指数推移を比較することにより、イノベーションによってもたらされた価値の大きさを確認し、次に、ミクロ的視点として製品品質変化がどのように価値を生み出しているのかという二つの視点より考察する。このように、ミクロ、マクロという二つの視点より考察することで、産業全体で価値がどのように生み出され、各企業はどのようにその価値を獲得しているのかを推定するためである。

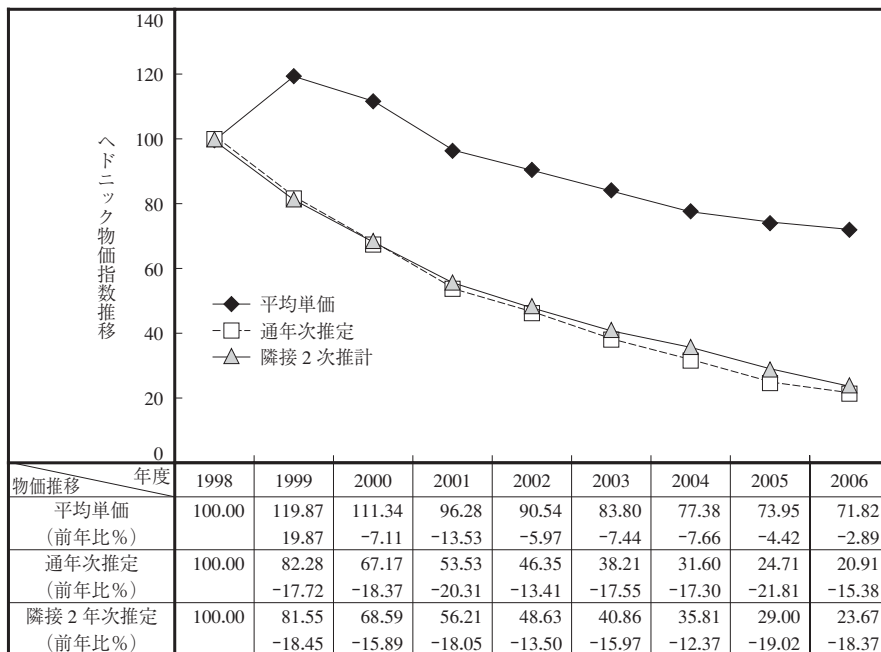
まず、マクロ的視点より考察を行う。Appendix 1 の式5に従い、年次ダミーにかかる係数より品質調整済み物価指数を計算し、市場で実際に販売された平均価格と比較したのが図1である。図1には、平均価格推移と、通年次、隣接2年次という2種類の物価指数が、測定開始年度である1998年度の価格を100としたときの相対指数としてプロットされており、下段にはそれぞれの計算値と対前年比が示されている。平均販売価格が一定の数値を示しても主要な特性項目で顕著な向上があれば、顧客からは実質的に値段が下落しているように思われる。こうした特性変化を補償したのが品質調整済み物価指数である。ヘドニック分析は価格を品質の集合として捕らえており、平均価格と品質調整済み物価指数との差は、製品付加価値の大きさを表すと想定できる。図1を見てみると、デジタル・カメラ全体の価格は、年間平均で3.13%下落しているが、1998年と比較すると、2000年度までは、むしろ高い価格で販売されている。一方で、品質調整済み物価指数は、9年間で80%程度、年間約9%程度の価格下落を示しており、通年次推定、隣接2年次推定、いずれの推定方法でもほぼ同様に推移していることから、デジタル・カメラの品質特性は短・長期いずれの期間でも大幅に向上していることが分かる。すなわち、デジタル・カメラ産業ではイノベーション活動が盛んに行われ、品質特性が絶え間なく向上しており、顧客からみて製品価格よりも品質の向上度合いが大きい、いわゆるコストパフォーマンスの高い製品と考えられる。

それでは、どのようなイノベーションがどのように品質を向上させ、顧客に対する製品付加価値を付与しているのであろうか。こうした分析は、ヘドニック分析結果より得られる各製品品質・特性ごとのミクロ的な視点より考察する必要がある。表2にヘドニック分析の推定結果を示している。各推定方法ともに高い決定係数（表中、自由度調整済R²値）が得られている。

表2 デジタル・カメラのヘッドニックス分析結果—通年次推定, 隣接2年次推定

		有意水準 * 5 % *** 1 %															
		隣 接 2 年 次															
通年推定		1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006								
定数	月数 (LN)	7.176	130.110**	7.176	56.197**	7.035	74.349**	5.978	61.445**	6.266	59.793**	5.675	38.737**	6.855	52.151**	5.111	30.935**
	画面サイズ (LN)	-0.130	-39.711**	-0.130	-17.145**	-0.117	-17.438**	-0.125	-21.769**	-0.146	-24.579**	-0.161	-27.861**	-0.151	-29.708**	-0.112	-18.284**
F 値 (LN)	光学ズーム倍率 (LN)	0.276	10.855**	0.627	5.970**	0.340	5.529**	0.364	6.154**	0.853	13.176**	-0.208	-4.874**	0.093	2.853*	0.275	7.390**
	デジタルズーム倍率 (LN)	0.118	15.025**	0.135	7.021**	0.218	16.392**	0.142	12.206**	-0.092	-2.705*	-0.130	-2.655*	0.036	2.024*		3.283**
光学的ズーム倍率 (LN)	CDD 総画素数 (LN)	0.432	49.116**	0.053	5.084**	0.395	24.872**	0.480	27.598**	0.426	22.796**	0.533	25.857**	0.436	20.324**	0.436	15.520**
	本体質量 (LN)	0.283	21.751**	0.297	5.860**	0.267	6.817**	0.220	6.817**	0.338	15.428**	0.368	14.355**	0.162	5.850**	0.431	28.242**
1 秒毎フレーム数 (LN)	モニタ有			-0.220	-7.065**	-0.031	-4.742**			0.087	11.827**		0.040	4.266**			
	内蔵メモリ	0.137	5.546**	0.322	3.368**	0.749	17.192**			-0.253	-5.519**	0.338	5.993**			0.075	3.283**
スマートメディア	コンパクトフラッシュ			-0.054	-2.380*							0.074	5.414**	0.121	6.437**	0.169	7.084**
	フロッピーディスク			-0.605	-5.904**			-0.436	-2.828*								
メモリスティック	SD メモリカード	-0.038	-3.628**			-0.281	-2.628*			0.281	10.738**	-0.148	-5.942**	-0.070	-5.995**	-0.135	-7.721**
	XD ピクチャーカード	-0.099	-7.212**					-0.153	-3.260*								
メモリスティック PRO	メモリスティック電池	-0.150	-15.157**	-0.220	-10.167**	0.164	5.172**	-0.157	-9.000**	0.352	25.391**	0.275	24.634**	0.161	8.942**	0.260	19.696**
	メモリスティック PRO デュオ	0.134	13.884**	-0.117	-3.593**	0.373	11.068**	0.130	7.304**	-0.490	-3.368*						
リチウムイオン電池	単 3 アルカリ電池	0.032	2.141*			0.492	13.512**	0.082	3.354*	0.069	3.593**	0.054	2.498*	-0.068	-2.853*		
	ニッケル水素 3 形					0.352	10.528**			0.223	11.065**						
リチウム一次電池	単 4 アルカリ電池	-0.055	-3.979**			-0.149	-4.882**	-0.284	-7.625**	0.407	10.265**			-0.470	-7.637**	-0.354	-6.630**
	RS282C					-0.069	-2.514*	-0.104	-3.300*								
USB	AVI	-0.069	-6.286**					-0.057	-4.070**								
	MPEG1			-0.333	-4.415**	0.247	4.697**										
QUICKTIME	クレードル有	-0.112	-9.220**			0.149	3.739**			0.146	5.972**	0.060	3.474**	-0.085	-8.361**	-0.116	-5.658**
	カラー液晶方式	0.065	3.994**									0.233	9.558**	0.256	8.574**		
光学非一眼レフ方式	MP 3	-0.041	-4.996**	-0.037	-1.941*	-0.103	-5.456**	0.331	11.411**	0.497	15.515**	1.565	21.184**	-0.058	-5.482**	-0.083	-6.252**
	レンズ交換対応	0.389	14.617**	0.205	2.585*	0.293	6.815**	1.050	17.362**	0.700	11.045**	0.536	10.295**	0.902	16.301**	0.604	12.765**
光学式	電子式	-0.040	-2.390*			1.021	8.504**	-0.111	-2.525*	-0.298	-7.309**	-0.069	-2.111*			0.068	3.039*
	PictBridge									-0.127	-4.946**	-0.053	-3.837**	0.051	2.061*		
160 x 120	320 x 240	-0.186	-4.986**			-0.213	-5.346**	-0.234	-5.032*							0.049	3.617**
	430 x 480	0.248	8.300**			0.417	5.367**	0.109	6.597**	0.367	10.148**						
320 x 240	430 x 480	0.110	9.162**	0.524	7.937**	0.326	7.375**	0.109	6.597**	-0.046	-3.305*	-0.027	-2.209*				
		0.116	8.395**			0.673	8.634**	0.263	10.739**								

図1 品質調整済み物価指数の推移



まず、すべての期間で価格に対して有意となる品質特性項目を見てみよう。画面サイズ、画素数、本体質量といった連続的品質とみなされる特性項目は、通年次推定、隣接2年次推定、いずれの測定期間でも価格に対して有意となっている。複数年にわたり、品質が価格に対して影響があるということは、これらの品質項目について同質化せず、常に、製品差別化が行われていることを示している。つまり、上位の特性値を有する製品の価格は上がり、特性値が低い製品の価格は下がることを意味する。すなわち、このような連続的品質特性値の向上は価格サイクルを作り出すことが示唆される。こうした価格サイクルの形成については次節でさらに検証する。

一方、動画画素数が160 x 120 dpiの製品は通年次、隣接2年次ともに負の推定値を持つが、それ以上の動画画素数を持つ製品は正の推定値を持つことから、たとえば普及品と高級品というような製品ヒエラルキが形成されていることが示唆される。また、記憶媒体については、どのタイプも有意にならない。つまり、記憶媒体の差異による価格差は認められない。

次に、通年次推定で有意になり、なおかつ、隣接2年次推定の限定的な期間で有意となる品質特性項目について見てみよう。プリンターに直接、接続するための機能であるPictBridgeは2003年より搭載され、隣接2年次に有意なパラメータになっている。表1の基礎統計量からPictBridgeを見てみると、2004年より2005年度にかけて90%以上の機種に採用

されており、製品差別化ができる特性ではなくなったと考えることが出来る。一方で、製品への採用度合いは高くはないが、価格に対するインパクトを有する品質特性項目もある。音楽再生やレンズ交換といった1999年までのデジタル・カメラの初期には見られなかった品質が、2000年ごろより価格への影響度を強めている。さらに、手振れ補正機能については2001-2004年の期間に光学式が負の推定値を、2004年以降電子式が正の推定値を持つことから、価格に対しては電子式が大きなインパクトを示すことがわかる。これらの限定された期間にのみ有意となり、しかも採用率が5-10%程度と比較的低い品質特性値は主に離散的品質特性であり、特定企業が製品差別化のために採用することにより価格プレミアムを得た可能性がある。こうした離散的品質特性項目の製品価格へのインパクトが短期的である理由は、すぐに他社にも採用され同質化した、あるいは、単純に市場で製品プレミアムを生み出せなかったという両方の可能性がある。このように離散的品質項目ではすぐに品質が同質化するために価格サイクルは形成されない。

次に、企業ダミーの推定値について考察しよう。これは、品質が他社と同等であると仮定した場合の価格差を表しており、企業ブランドの強さ、技術力、補完財の強さ、宣伝広告などのマーケティング戦略の影響が反映される項目である。隣接2年次推定結果を見ると、1998年より2000年まではニコンが、キヤノンは2006年に、パナソニックは2002年より2006年まで、そしてソニーが2003-2005年あたりに価格プレミアムを獲得していることが示されている。通年次推定ではソニー、パナソニックが正の、富士写真、オリンパスが負のパラメータを示している。極論すれば、パナソニック、ソニー、キヤノンといった企業はブランドという価格プレミアムを持つ。このように企業ダミーの推定値は、市場競争の結果としての価格プレミアムとそれを勝ち取った企業を示しているが、特定の企業が勝ち続けている結果にはなっていない。おそらく、キヤノンの一眼レフやパナソニックの手振れ防止機能といったイノベーションによって新たな価値が創造されることにより企業ブランド価値の高揚が価格に反映されるが、同質化がもたらす作用により、企業ブランドによる価格プレミアムは一定の期間で消滅してしまうのであろう。

以上、品質特性項目が価格に与える影響についてヘドニック分析結果を基に議論した。明らかになったのは、連続的品質特性は、すべての製品の特性値として改良され続けることにより価格サイクルを形成するが、離散的品質特性は、特定企業が製品差別化のために採用し価格への大きなインパクトを示すことにより製品ヒエラルキを形成する。しかし、他社の追随により同質化するため、価格との有意差が無くなる場合が多い。また、企業ブランドによる価格プレミアムは明らかに存在する。

4 イノベーション・インパクト

前節では、ヘドニック分析結果より、連続的品質は価格サイクルを、離散的品質は製品ヒエラルキを形成することを示した。本節では、製品に関わるイノベーションと品質の関係を、さらに掘り下げて分析する。まず、図 2-1 を参照したい。図の上段には、連続的品質項目である光学素子の画素数、光学レンズ倍率、LCD（液晶）画面サイズの変化と価格推移の関係を示している。図中、○と点線によって製品全体の平均価格推移も比較検討のために示している。下段には年度ごとの製品特性値の分布を箱ひげ図で示し（図中左軸に特性値が表されている）、さらに、ヘドニック分析の隣接 2 年次推定における t 値の変動（図中右軸に t 値が表されている）を○印で表している。下段の図より各特性は、1998 年より 2006 年まで、絶えず改良されていることが分かる。画素数の場合、主力製品は、1998 年には 100 万画素であったのが 2006 年には 700 万画素に、光学レンズは 2 倍程度であったものが 3.5 倍に、LCD 画面サイズでは 1.8 インチから 2.3 インチへと特性値が向上していることが分かる。特性値の向上に伴う価格の変動はどうであろうか。図にある 3 つの特性項目はいずれも同じ技術の延長線上で逐次的に改善されており、インクリメンタル・イノベーションによるものと考えられる。図を見る限り、インクリメンタル・イノベーションが生み出す付加価値は、画素数や光学レンズ倍率のように、特性値が改善されるごとに価格サイクルが作り出され、その度に価格が押し上げられ価値が生み出されていることが分かる。

一方、LCD 画面サイズの場合、画面サイズを大きくすることにより製品ヒエラルキが構築され、価格プレミアムが作り出されている。以上の議論をまとめると、インクリメンタル・イノベーションは、価格サイクル、あるいは、製品ヒエラルキを作り出すことによって価格プレミアムという付加価値を生み出していると推定できる。画素数や光学レンズ倍率のような品質特性は、陳腐化・成熟化しやすく、価格は常に下落傾向にある。ある特性値を有した製品は、発売当初は高い価格をつけるがその下落スピードも速く、優位性が失われる。このような事実は、図中、各特性値の推移直線が平均価格推移直線と交わることから確認できる。しかし、新たな特性値を有した製品は、再度、高い価格がつけられ、価格プレミアムが獲得されるが、時間とともに、再度、平均価格を下回るようになる。このようにインクリメンタル・イノベーションは価格サイクルを作り続ける性質をもち、そのたびに付加価値が生み出されている。一方、LCD 画面サイズの変更では、それぞれの特性値を持った製品の価格推移直線が平均価格推移直線と交わることが無い。すなわち、製品ヒエラルキが構築された時点で製品付加価値が獲得され維持される性質を持つ。

次に図 2-2 を見てみよう。図 2-2 は離散的品質項目について価格推移と品質の比率推移の関係を表している。ヘドニック分析の結果、価格に対して統計的に有意となる品質項目とし

図 2-1 製品特性変化と価格推移の関係—連続的品質特性

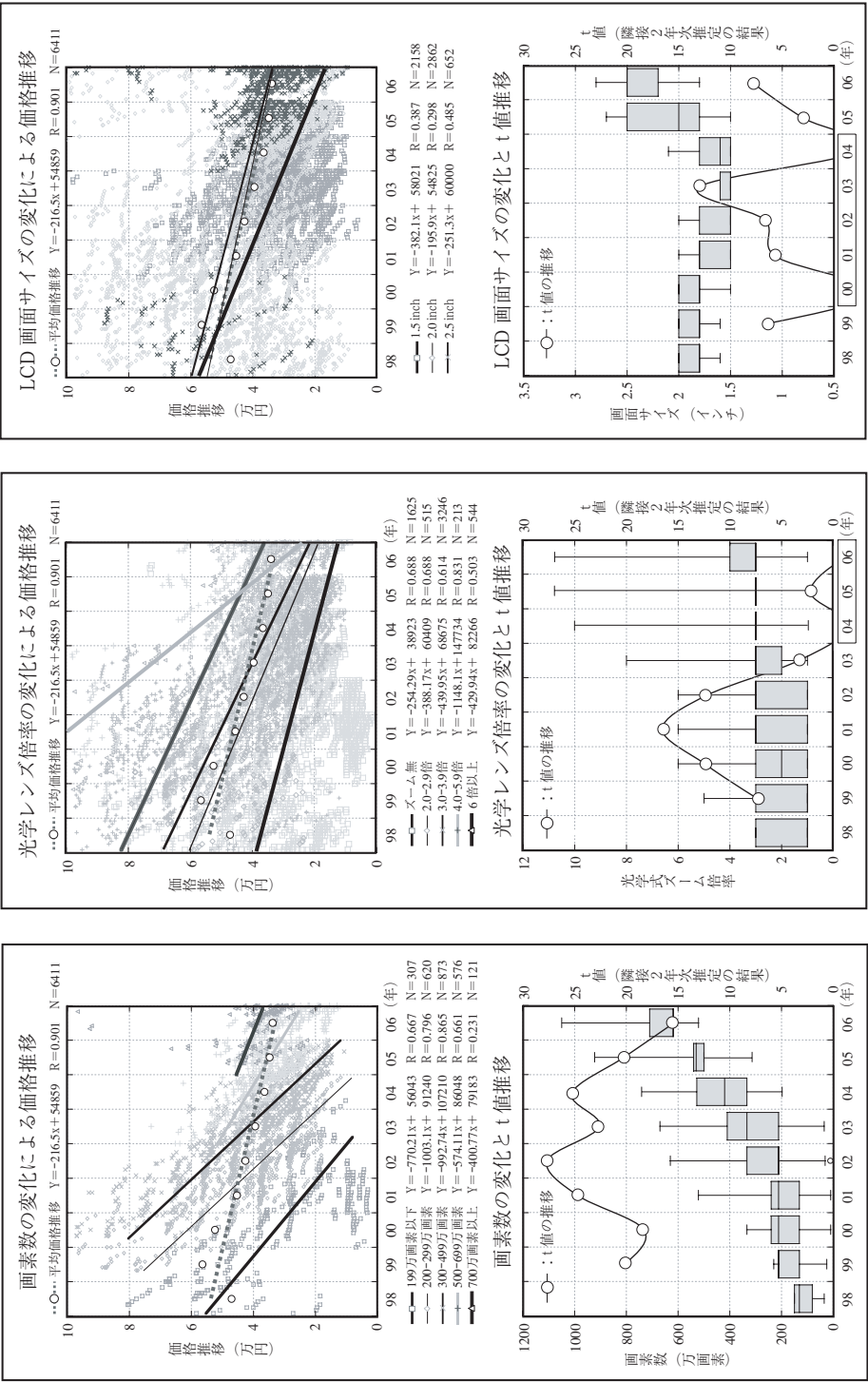
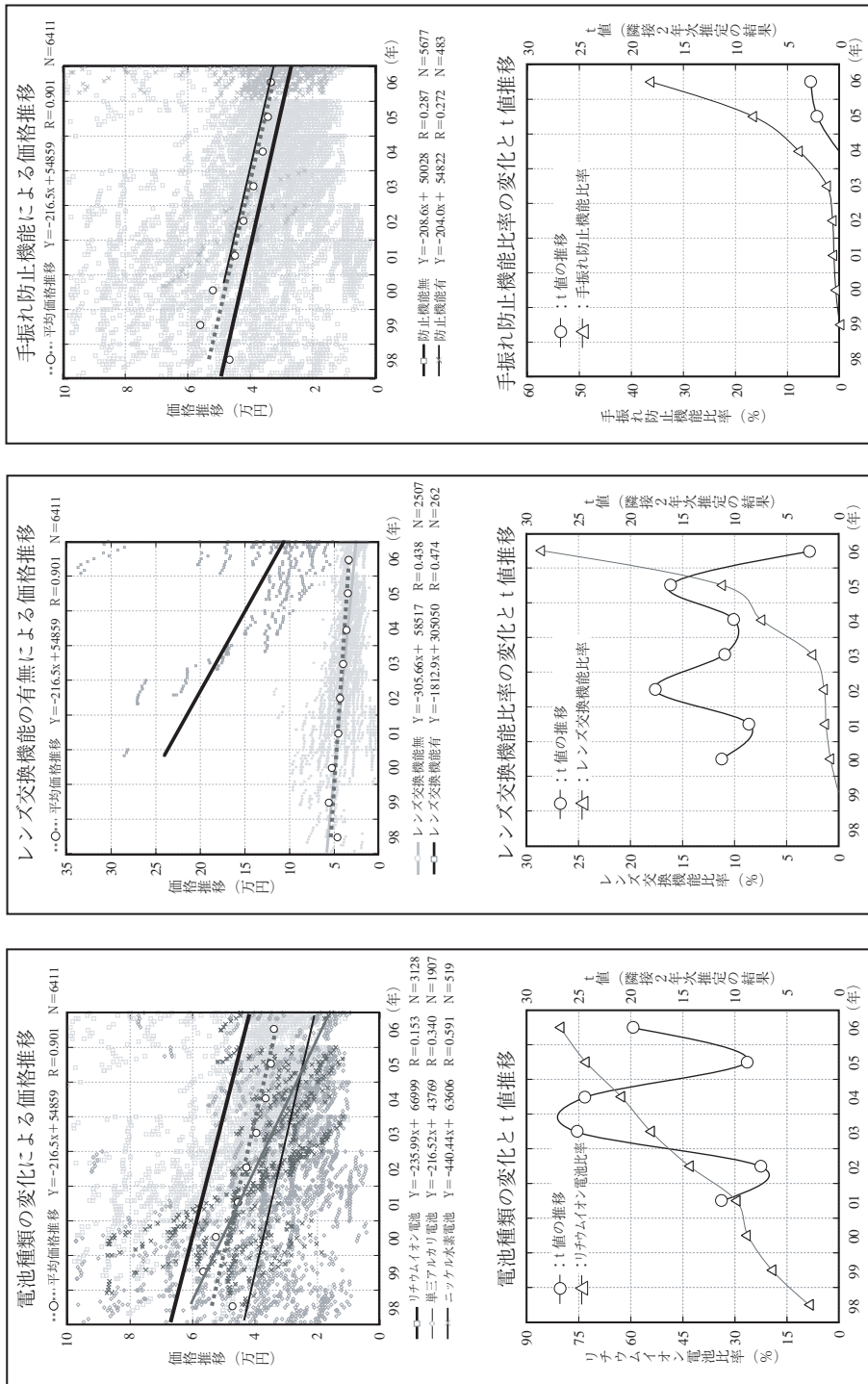


図 2-2 製品特性変化と価格推移の関係—離散的品質特性性



て電池種類、レンズ交換機能、手振れ防止機能を取り上げ、図中上段にその品質の変化に伴う価格推移を示した。図2-1と同様に、比較のため、○と点線によってデジタル・カメラ全体の平均価格推移を示している。図より、離散的品質は、その変化により製品ヒエラルキが構築され、付加価値として価格プレミアムが生み出されていることが分かる。たとえば電池の場合、単3電池はリチウムイオン電池よりも価格下落率が高く、ニッケル水素電池はリチウムイオン電池と平行に価格が推移しているが、平均価格推移はちょうどその中間に平行に推移している。リチウムイオン電池を使用したデジタル・カメラは上位機種であり、ニッケル水素電池は下位機種に位置づけられる。すなわち、電池の種類によって製品ヒエラルキが構築されている。次に、レンズ交換機能付カメラ（デジタル一眼レフカメラ）は、常にデジタル・カメラ全体の価格推移よりも高い価格が付けられている。レンズ交換機能の無いものの価格推移は、デジタル・カメラ全体の推移とほぼ一致しており、レンズ交換機能が普及し始めた2003年ごろより平均価格推移よりも下回っているが、その差はごくわずかである。同様に手振れ防止機能についても、機能が付与された製品とされていない製品の価格推移は平均価格推移をはさんでほぼ平行に推移しており、製品ヒエラルキが構築されていることが分かる。要約すれば、連続的品質特性値がインクリメンタル・イノベーションによって、離散的品質特性値はラディカル・イノベーションによって改善されていると思われる。すなわち、インクリメンタル・イノベーションは、製品のモジュールレベルで起こっており、デジタル・カメラの場合、より画素数の高い光学素子へ置き換える場合でも製品全体のシステムへの影響は少ないのに対し、ラディカル・イノベーションの場合、たとえば電池のケースでは電源回路や充電回路など、レンズ交換機能であればレンズのマウント方法、画像処理エンジンの能力、手振れ防止機能であればレンズや光学素子と振動センサーのシステム上の組み合わせなど、製品のシステムレベル、もしくは、モジュール間にまたがって起こっている。

本節のまとめとして、イノベーションと品質特性、価格推移の関係について議論しよう。インクリメンタル・イノベーションによる連続的品質特性項目は、古い特性値に新しい特性値が置き換えられていくものであり、特に製品ライフサイクルが短いデジタル機器製品では多く見られる。そのために、古い特性値の製品価格は下落し、ある時点で製品全体の平均価格を下回るようになる。その後、新たな特性値の製品が市場化されるとまた価格は上がり、製品全体の平均価格を上回るようになる。このようにインクリメンタル・イノベーションによる製品品質特性値の改善は価格サイクルを造り、付加価値を生み出す。図2-1の下段の図は、各特性値が価格推移に与える影響の大きさを t 値で示している。製品特性値は画素数、光学レンズ倍率、LCD画面サイズともに測定期間内で改善されているが、画素数では、毎年、製品全体の平均値が上り、9年間で約4倍になっているのに対し、光学レンズ倍率やLCD画面サイズは改善され続けているが、改善度合いは2倍にも達していない。 t 値の変化

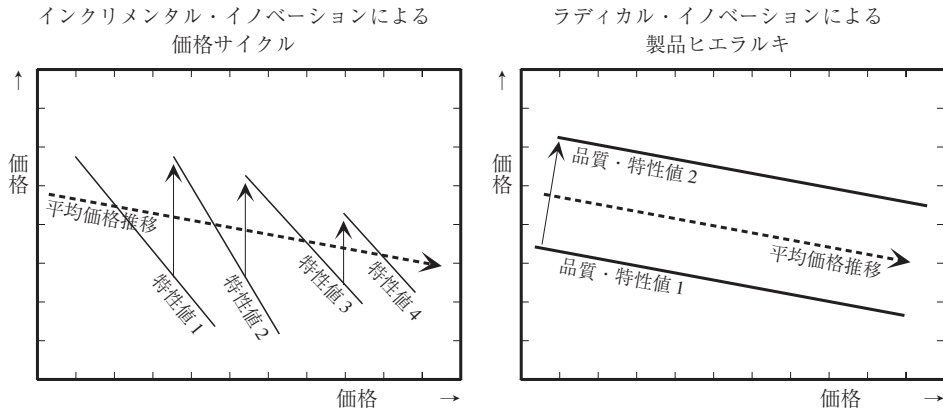
を見てみると、改善度合いの大きい画素数では全体的に高い数値を示している。それに対して、光学レンズ倍率や LCD 画面サイズでは、光学レンズ倍率での2001年や LCD 画面サイズの場合の2003年のように10を超える高い値を示すこともあるが、全体的には画素数よりも小さい値である。このような結果を見ると、インクリメンタル・イノベーションによる製品品質特性は、その向上・改善の度合いが大きいほど価格サイクルの頻度が上り、価格へのインパクトも大きくなるが、イノベーションが頭打ちになると価格サイクルが消滅し、価格へのインパクトも弱くなる。

ラディカル・イノベーションによる離散的品質の改善は、図 2-2 から明らかなように、製品ヒエラルキの形成による。高い品質を持つ製品は、全体の平均価格よりも高い水準の価格が設定され、付加価値として取り込まれている。インクリメンタル・イノベーションによる場合と異なるのは、すべての製品に付加される機能ではないため、その品質の採用率とともに価格は下落している。つまり、採用率の上昇は製品全体の同質化傾向と考えられるため価格は下落するが、製品品質と価格の関係を表す t 値は、ラディカル・イノベーションのインパクトの強さ、すなわち、製品ヒエラルキの価格差によって決まる。

5 ま と め——製品開発マネジメントにむけて

本研究では、デジタル・カメラ産業を事例として取り上げ、①製品開発におけるイノベーション活動がいかに製品付加価値と結びついているのか、②競争優位源泉となるのはどのような品質項目で時間とともにどのように推移しているのか、③競争力のある企業はどのような製品戦略を有しているのかを明らかにすることであった。結果をまとめてみよう。図 3 はイノベーションと製品品質特性、価格推移の関係を表したものである。まず、図中、点線の矢印は全製品の平均価格推移を表している。また、実線はその特性値を持つ製品の価格推移を表しており、細線の矢印はイノベーションを表している。本事例のデジタル・カメラのケースでは、画素数、光学レンズ倍率など逐次的に品質特性が向上するインクリメンタル・イノベーションは製品価格に大きく関係しており、図 3 左のように、特性値が時間とともに改良されていくたびに価格サイクルが形成されている。このような価格サイクルは平均価格推移直線と交わりながら変動することから、平均価格をはさんで製品付加価値の程度は時間とともに変化していることがわかる。これに対して、電池の種類やレンズ交換機能、手振れ防止機能といった製品システムレベルに関わるようなラディカル・イノベーションの場合が図 3 右に示されている。ラディカル・イノベーションによる品質変化は、製品ヒエラルキを作り出し平均価格推移直線と交わることなく並行に推移する。このようなイノベーションが価格に与える影響は、インクリメンタル・イノベーションの場合、特性値の変化量が、ラディカル・イノベーションの場合はその品質の採用率が大きいほど価格と品質特性の関係性は

図3 イノベーションと製品品質特性・価格推移の関係



きくなることが分かった。

本研究から得られた知見をまとめると、

- ① インクリメンタル・イノベーションは価格サイクルを形成することにより付加価値を生み出している。
- ② ラディカル・イノベーションは製品ヒエラルキを形成することにより付加価値を生み出している。
- ③ 製品ヒエラルキが構築されると、上位市場と下位市場が形成される。
- ④ 下位市場がボリュームゾーンになる場合、上位市場に集中してしまった産業での日本企業の競争力は弱い。
- ⑤ インクリメンタル・イノベーションが滞る産業では価格下落が著しくなり、付加価値の獲得が困難になる。

以上、デジタル・カメラ産業の詳細な分析を元に、企業のイノベーション・マネジメントへのインプリケーションを示し、本稿を締めくくりにする。

Appendix 1 ヘドニック分析の説明

本研究は、日本銀行による消費者物価指数等の算出で実績がある白塚 [1994] の方法に準拠した価格、特性両者を対数変換する両側対数形の方法に、離散的品質特性値をダミー変数として組み込むヘドニック分析を行った。まず、式1は、価格を被説明変数とし、製品の特性項目を説明変数とした分析の基本となる式を示している。

$$\ln P_{it} = \alpha + \sum_{j=1}^n \beta_j \ln x_{ijt} + \sum_{h=1}^m \gamma_h y_{iht} + \sum_{k=1}^T \delta_k d_{ikt} + u_{it} \quad (1)$$

式中、 x_{ijt} 、 y_{iht} 、 d_{ikt} 、 u_{it} はそれぞれ t 期における第 i 財の第 j 番目の連続的品質特性、第 h

番目の離散的品質特性（企業ダミーも含む）、第 k 期の年次ダミー、誤差項を意味している。また、 β_j , γ_h , δ_k は、それぞれ連続的品質、離散的品質、年次ダミーにかかるパラメータである。価格は同じ機種でも絶えず変動しており、年次ダミーを付与することにより年度ごとの価格変動を推定する。実際の分析では、以下のような計算式より品質調整済み物価指数を推定する必要がある。基準時点（ $t=0$ ）の第 j 番目の連続特性を x_j^* 、第 h 番目の連続特性を y_h^* とし、これを式 1 に代入すると、基準時点での年次ダミー d_{ikt} は 0 となり、比較を行う時点を $k=s$ とするとそのときの年次ダミー d_{ikt} は 1 となる。したがって、基準時点、比較時点での品質を一定とした推定価格をそれぞれ $\hat{P}_0$, $\hat{P}_s$ とすればそれぞれは、

$$\ln \hat{P}_0 = \hat{\alpha} + \sum_{j=1}^n \hat{\beta}_j \ln x_j^* + \sum_{h=1}^m \hat{\gamma}_h y_h^* \quad (2)$$

$$\ln \hat{P}_s = \hat{\alpha} + \sum_{j=1}^n \hat{\beta}_j \ln x_j^* + \sum_{h=1}^m \hat{\gamma}_h y_h^* + \hat{\delta}_s \quad (3)$$

となる。そこで、式 2 と式 3 から、

$$\ln \hat{P}_s - \ln \hat{P}_0 = \hat{\delta}_s \quad (4)$$

となり、基準時点 0 期を 100 とする比較時点 k 期のヘドニック物価指数 I_{os} は、

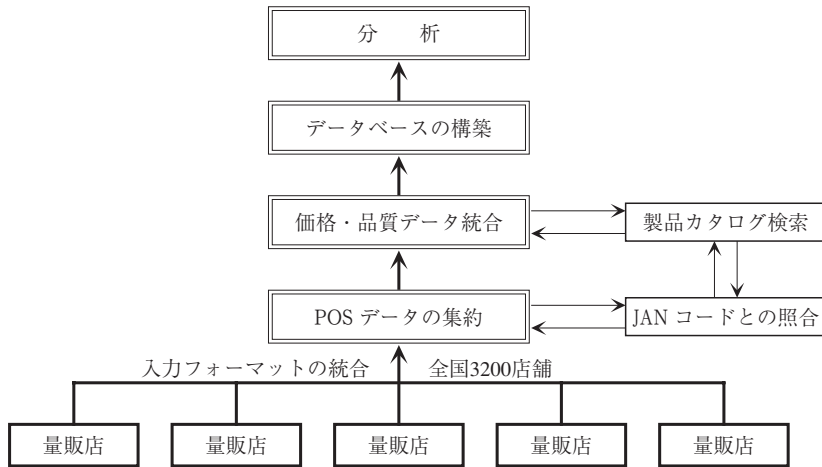
$$I_{os} = \exp(\hat{\delta}_s) \times 100 \quad (5)$$

上式より、年次ダミーにかかるパラメータから算出できる。

Appendix 2 分析に使用したデータベースについて

分析に使用する POS データは価格情報であり、ヘドニック分析の基礎データとするには製品特性データとの正確な統合が別作業として必要である。そのために、POS データに併記されている JAN コード⁵⁾に着目した。JAN コードとは商品識別コードであり、在庫管理や受発注システムのために広く利用されている。JAN コードを元に、該当する製品のカatalog や仕様書入手し、価格情報と統合した。今回、使用した POS データは日本国内の家電量販店 3,200 店舗より送られてくる販売価格・数量データ⁶⁾について、日および週単位の集計を行い、再度、加重平均化することにより平均販売価格と平均販売数量を求め、この段階で JAN コードより作成された製品特性データと統合した（図 4 参照）。分析期間は、POS データが技術的に実用可能になった 1998 年より 2006 年末までの 9 年間である。実際に分析したサンプル数は、分析対象期間中のデータ数量が年度ごとにばらつかないように、月単位で加重平均化した段階で、販売数量上位 100 位以内で、なおかつ、最低 100 台/月以上売り上げた機種に絞り込んでいる。結果的に 41 の品質特性項目と販売数量上位 12 社の企業ダミー値を入れ、53 項目からなるサンプル総数 6,411 のデータベースを作成した。このように、一定販売数量以下の製品はデータベースには組み込まれず、返品や極端なバーゲンプライスといったバイ

図4 分析に使用するデータ・セットの説明



アスが入らないデータベースを構築した。

注

- 1) デジタル機器産業とは、たとえば、デジタル・カメラ、薄型テレビ、DVD 機器、携帯電話等、デジタル技術をもとにした家電産業のことをさす。情報家電産業等の用語も使われるが本稿ではデジタル機器という用語を用いる。
- 2) CCD: Charge Coupled Device。光エネルギーを電気信号に変換し、映像を電子化する素子。デジタル・カメラの主要部品の一つである。CMOS: Complementary Metal Oxide Semiconductor。IC 製造の標準的な技術である CMOS（相補型金属酸化物半導体）を利用したイメージセンサ。従来の光学素子センサーに比べて約 1/10 の電力で動作し低電圧で稼動することから周辺回路との一体化も可能になる。CCD に比べて感度に劣るという欠点を持っていたが、最近では改良が進められており、デジカメの新しい撮像素子としてさらなる省電力化、小型化が期待されている。
- 3) 実際に、POS データを研究に応用するにはいくつかの制約が存在する。まず、欧・米・中国など大きな市場における POS データも入手したが、POS データそのものは価格情報が主体であり、各国が決める製品コードは照合されているが、製品コードにある製品特性との整合性を取るという技術的な面で、実際に海外の POS データを分析するにはさらなる時間が必要となる。本研究では、POS データの入手、一次加工段階には、GFK ジャパン社と協同行った。
- 4) 多量の変数と膨大なデータを有する回帰を行う場合、多重共線性について検証しておく必要がある。分析の際、VIF 値を必ず計算し検証したが、すべての分析において、多重共線性が問題になる 10 以上の値を示す変数はなかった。
- 5) JAN: Japanese Article Number。JAN コードとは商品識別コードであり、通常、POS データに併記され、在庫管理や受発注システムのために広く利用されている。本研究では、JAN コードを元に、企業の製品仕様を、カタログを中心に価格情報とともにデータベース化して分析している。

- 6) POS データより得られる販売数量と工業統計を比べると、3,200店舗で販売される数量は日本全体の約3分の1の量に相当する。

参 考 文 献

- Calderon, J., “EMS aims at vertical convergence,” *Electronic News*, 2001, Feb. 5
- Christensen, C.M. and M.E. Raynor, *The Innovator’s Solution: Creating and Sustaining Successful Growth*, Boston: Harvard Business School Press, 2003 (玉田俊平太監修, 櫻井祐子訳『イノベーションへの解』翔泳社, 2003)
- Court, A.T., “Hednic Price Indexes with Automotive Examples,” *The Dynamics of Automobile Demand*, The General Motors Corporation, 1939
- Foss, M.F., M.E. Manser and A.H. Young, *Price Measurements and Their Uses*, The University of Chicago Press, 1993
- Gawer, A. and M. A. Cusumano, *Platform Leadership: How Intel, Microsoft, and Cisco Drive Industry Innovation*, Boston: Harvard Business School Press, 2002
- Henderson, R.M. and K.B. Clark, “Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms,” *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, pp. 9–30, 1990
- Jorgenson, D.W. and R. Landau, *Technology and Capital Formation*, MIT Press, 1989
- Lancaster, K.J., “A new approach to consumer theory,” *Journal of Political Economy*, Vol. 74, No. 2, pp. 132–157, 1966
- Lancaster, K.J., *Consumer Demand*. Columbia University Press, 1971 (桑原秀史訳『消費者需要』千倉書房, 1989)
- Langlois, R.N. and P.L. Robertson, “Networks and Innovation in a Modular System: Lessons from the microcomputer and stereo component industry,” *Research Policy*, 21, pp. 297–313, 1992
- Lee, J.R. and J.S. Chen, “Dynamic synergy creation with multiple business activities: Toward a competence-based growth model for contract manufacturers”, in Sanchez, R. Y., Heene, A. (eds), *Theory development for competence-based management, advances in applied business strategy*, pp. 209–28. Stamford, CT: JAI Press, Inc., 2000
- Mayer, H.M. and A.P. Lehnerd, *The Power of Product Platforms: Building Value and Cost Leadership*, The Free Press, 1997
- Serant, C. and J. Shah, “OEMs under pressure to share design jewels with contract Manufacturers,” *Electronic Business News*, 2001, Feb. 5
- Sturgeon, J.S., “Exploring The Risks of Value Chain Modularity: Electronics Outsourcing During The Industry Cycle of 1992–2002,” Working Paper, MIT-IPC-03-003, 2003
- 伊藤宗彦『製品戦略マネジメントの構築——デジタル機器企業の競争戦略』有斐閣, 2005
- 太田誠『品質と価格』創文社, 1980
- 榎原清則『イノベーションの収益化——技術経営の課題と分析』有斐閣, 2005
- 榎原清則・香山晋『イノベーションと競争優位——コモディティ化するデジタル機器』NTT 出版, 2006

白塚重典「物価指数に与える品質変化の影響——ヘドニック・アプローチの適用による品質調整済みパソコン物価指数の推計」『金融研究』第13巻第4号，日本銀行金融研究所，1994