

Discussion Paper Series No. J61

デジタルカメラ産業におけるモジュール化の研究
ーデジタルカメラの製品競争力はいかに構築されるのかー

伊藤 宗彦 (神戸大学経済経営研究所)

2004年 8月

※この論文は神戸大学経済経営研究所のディスカッション・ペーパーの中の一つである。
本稿は未定稿のため、筆者の了解無しに引用することを差し控えられたい。

論文題目: デジタルカメラ産業におけるモジュール化の研究

ーデジタルカメラの製品競争力はいかに構築されるのかー

IT 機器のうち、日本の産業競争力が高いデジタルカメラ産業に焦点をあて、その発展のなかで、参入企業は市場導入期からどのように市場成長を果たしたのか、特に市場をリードした企業の製品戦略をモジュール化、プラットフォーム化といった面から詳細に分析する。結果として、企業の製品生産、開発リードタイム、価格といった指標が、企業が取るモジュール化、プラットフォーム化といった戦略とどのように係わるかを分析する。

キーワード:

製品開発、モジュール化、プラットフォーム化、垂直統合化、製品戦略

Product Development, Modularity, Product Platform, Vertical Integration, Product Strategy

目次

1. はじめに	2
1-1 モジュール化に関する先行研究	2
1-2 本稿の目的	5
2. 分析の枠組み	6
2-1 デジタルスチルカメラ産業の概要	6
2-2 分析の視点	6
2-3 デジカメのモジュール構造	7
3. モジュール化のプロセスの分析	8
3-1 キヤノン社のモジュール化戦略	8
3-2 デジカメ産業のモジュール化	12
4. 製品競争力の分析	16
4-1 参入企業の戦略分析	16
4-2 競争におけるモジュール化の役割	17
4-2 まとめ	19

1. はじめに

IT 機器産業は 1990 年代以降、急速な進展を続けている。その中でも携帯電話、デジタルスチルカメラ（以下デジカメ）、大型表示装置、DVD、パーソナルコンピュータ、カーナビゲーションシステムなどは世界規模で成長を遂げている。こうした IT 機器の発展のプロセスには共通のパターンがあるように思われる。製品構造のモジュール化、製品戦略としてのプラットフォーム化など参入企業間の協調・競争による切磋琢磨によることは否定しがたい。

本稿では、このような IT 機器のうち、日本の産業競争力が高いと思われるデジカメ産業に焦点をあて、その発展のなかで参入企業がどのような製品戦略を実行してきたのか、また、そのような製品戦略を上手く成し遂げた企業とそうでない企業の差は何であったのかをモジュール化という側面から分析する。その上で、このような産業を発展させている日本の産業競争力の源泉はどのようなものであるかについて論じる。

1-1 モジュール化に関する先行研究

製品戦略をモジュール化という観点から捉える研究は近年、盛んに行われている。まず、本稿の基本概念を構成する、産業構造、市場成長、製品生産とモジュール化についての既存研究を概観する。

モジュールに関する議論は、ヘンリー・フォードによる大量生産方式について、ホイール、ハブ、ベアリング、ガソリタンクといった標準化されたモジュールの記述が認められるようにその歴史は非常に古い (Swan,1914)。その半世紀後、Simon による時計職人の寓話によるモジュール化が果たす生産の効率化の議論 (Simon,1962)、Starr が提唱した製品の多品種化 (Starr,1965) によってモジュールという概念が広く認識されるようになった。その後、1990 年代に入り、Ulrich 等によるモジュール化についての詳細な研究が始まり、モジュール間インタフェースの概念が提唱され (Ulrich and Tung,1991)、製品開発リードタイムの短縮化 (Thomke and Reinertsen,1998)、多品種少量生産と低コストの両立 (Pine,1993; O'Grady,1999)、製品イノベーションへの影響についての詳細な研究 (Baldwin and Clark,2000) など、多くの成果が報告されてきた。しかしながら、モジュール化研究にも問題が顕在化している。まず、モジ

ジュールについての解釈・定義・観点が研究者によって統一されていないという点である。たとえば、製品開発マネジメントに視点を置く研究者はモジュールを標準化され互換性のある共通部材として捉え、イノベーション活動の多組織間の偏在性を指摘してきた (Galsworth,1994; Sanchez and Mahoney,1996; Schilling,2000; Baldwin and Clark,2000)。一方、テクノロジー論では、モジュールは製品開発のための設計指針として捕らえられ、製品開発マネジメントは与件として扱われている。たとえば、製品機能、製品要求、材料の種類などからモジュールが定義されている (Smith and Eppinger,1997; Newcomb, Bras and Rosen,1998; Stone and Wood, 2000)。このようにマネジメント論、テクノロジー論にかかわらずモジュールを共通の観点から定義しようという試み (Brusoni and Prencipe,1999; Baldwin and Clark,2000; Fixson,2003; Schilling,2002; Sturgeon,2002; Sako,2003) が多数なされているが、多くは概念論に終始し共通の定義が規定されていないのが現状である。その理由として前述したマネジメントとテクノロジーという異なった観点の存在以外にも二点の要因を指摘できる。

まず、モジュール議論における産業特殊性である。ハードウェアとソフトウェア、あるいは、ハードウェアにおいても、組み立てが必要な機構を要する製品と高密度に設計される小型電子機器ではモジュールの定義が大きく異なることが余儀なくされる。たとえば、自動車のモジュール化 (Sako and Murray,1999)、大型機械であるエレベーターのモジュール化 (Mikkola,2001)、パーソナルコンピュータ (以下、パソコン) (Fine,1998; Baldwin and Clark,2000)、エレクトロニクス製品 (Sturgeon,2003)、など産業特殊的な研究は多く報告されているが、そのモジュールに関する定義は統一されていない。

モジュールの定義に関するもう一つの問題点は、モジュールを規定する観点が複数存在することである (Fixson,2003)。モジュールの規定は、大きく、システム・階層・製品ライフサイクルという三つの視点から分析できる。システム的な視点は製品アーキテクチャの分析を目的とし、製品構成要素としてのモジュールとそのインタフェースによって結びつく関係を捉えようという見方である (Ulrich,1995; Garud and Kumaraswamy, 1995; Schilling,2000; Baldwin and Clark,2000)。製品アーキテクチャと

は製品機能と製品構造、つまり製品の構成要素間の関係を表す概念である

(Ulrich,1995; Baldwin and Clark,2000; 藤本・武石・青島,2001; 青木・安藤,2000)。次に、階層の視点はモジュール化をさらに進めていくと、技術的、市場的にさらに上位階級のモジュールが形成されるようになることを指し、多くの論文ではプラットフォームという言葉で表されている。つまり、上手い製品開発とは、限られた部品やモジュールを組み合わせることによってプラットフォームを形成することにより、柔軟かつ迅速に顧客ニーズに合わせた製品ファミリーを形成できるような仕組みを持つことを意味する (Hyer and Wemmerlov,1984; Nobeoka and Cusmano1994;

Meyer and Lehnerd,1997; Robertson and Ulrich,1998;

Gonzalez-Zugasti, Javier, Otto and Baker,2000; Gawer and Cusumano, 2001)。最後に製品ライフサイクルの視点とは、製品のモジュール化は製品開発 (MID: Modularity in design)、製品使用 (MIU: Modularity in use)、製品生産 (MIP: Modularity in production) という各ステージによって異なった定義がなされるというものである (Sako and Murray,1999;

Baldwin and Clark,2000)。現在の製品構造は複雑すぎて、一人の人間がすべて設計できる能力を越えており、モジュール化は組織構造に関連して進められるという考え方ができる (Brusoni and Prencipe,1999)。換言すれば、製品開発組織構造は製品のモジュール設計と関連するという見方である (Henderson and Clark,1990; von Hippel,1990)。しかしながら、製品を使用者側からみると、モジュール化で重要な要因となるのは、機能の追加、アップグレード性、購入時のオプションの多様性である (Pine,1993; Sako and Murray,1999; Yu, Javier, Gonzalez-Zugasti and Otto,1999)。

最後に製品生産についても、モジュール化の議論はサプライチェーンの形成という最も現実的な問題を含んでおり (Sturgeon,2002)、モジュールを外部調達する場合やアウトソーシングを活用する場合、市場調達が可能なモジュールの選定が必要条件になる (Whilhelm,1997)。

以上、モジュール化における研究の系譜を述べて来た。本稿では、デジカメ産業で使用されるモジュールは固定化しており、限られた選択範囲において企業はどのように製品差別化を行い、競争力を高めようとしているのかについてモジュール化・プラットフォーム化という概念を用いて考察していく。

1-2 本稿の目的

本稿はデジカメ産業を分析対象に、企業の製品開発、製品生産の局面においてモジュール化が果たす重要な役割を実証することを目的とする。デジカメ産業は1995年に市場導入されてから年間5000万台以上を生産する巨大産業に成長した。その間、小型レンズの複合化技術、光学素子技術、デジタル画像処理技術など、多くのイノベーションを生んできた。このようなイノベーションは参入企業間でどのように共有・伝播されたのか、また企業業績にどのように反映されたのかをモジュール化という概念を通して分析するのが本稿の目的である。

本稿ではモジュール化とコモディティ化の問題を取り上げる。コモディティ化とは市場で製品差別化による余剰利益を上げることができなくなる状況を指し、逆に、コモディティ化された製品から余剰利益を得るようになるプロセスを脱コモディティ化と呼ぶ(Christensen and Raynor, 2003)。そこで、以下の仮説を設定する。

仮説1：主要モジュール市場が形成され、参入企業が類似のプラットフォームの形成を進めると製品のコモディティ化が促進される。

仮説2：製品の同質化は主要モジュールの製品性能支配によって起こる。

すなわち、産業の水平分業構造が進むにつれ同質化が顕著となる。

仮説3：プラットフォームの変更を伴わない技術イノベーションでは脱コモディティ化は達成できない。すなわち、余剰利益を得るためにはアーキテクチャの変化を伴う技術をブラックボックス化する必要がある。

仮説1と仮説2では、モジュール化とプラットフォーム化という企業の製品開発・産業構造・市場構造の関係を問い、仮説3では技術のブラックボックス化の問題を考えてみる。具体的には、デジカメ産業には多くの企業が参入しているにもかかわらず、レンズ・光学素子・画像処理エンジン・液晶・電源・メモリーカードという画一的なモジュールから構成されており、限定された組み合わせの中でいかに製品開発が行われているかを明らかにしていく。すなわち、モジュール市場が確立している状況下での企業の製品戦略を実証分析していくことを目的とする。

2. 分析の枠組み

デジカメ産業を選択した理由は二つある。まず、国際競争力が高く、参入企業の製品戦略の分析は製品開発における競争力を研究するために最適な事例と思われるためである。また、デジカメ産業は比較的新しく、市場化された全ての製品についての実勢市場価格や仕様など、包括的・客観的に分析できるデータ入手が可能であったためである。さらに、使用される OS の多様化¹、マイコンの性能向上、メモリー容量の増大、液晶などの表示装置の小型化といった要素技術・部品市場の発展は、デジカメ以外の IT 機器と類似性・共通性が高く、デジカメ産業の分析は IT 機器産業全体の研究への足がかりとなる可能性が高いためである。本章ではまず、デジカメ産業の概要を述べ、モジュール、プラットフォームなど分析対象の定義を行う。

2-1 デジタルスチルカメラ産業の概要

1988年10月、DSP-1という試作モデルが富士写真フィルムから発表され、その3年後、DSP-100というモデル名で製品化された。殆ど同時期に、コダックはニコンと共同でハードディスクを内蔵した DC3/32、DCS200ci という2つのモデルを発売している²。その後、1993年10月、オリンパスから VC-1000 というモデルが発売された。上記の4社、5モデルがデジカメの初期モデルとして位置付けられる。当時のデジカメが置かれた環境として、記録、再生、印刷するためのパソコン市場の未成熟さもデジカメの普及の阻害要因となり、また、APS カメラ³の商品化も重なり、デジカメの普及は進まなかった。デジカメ市場は、1995年3月、カシオが QV-10 という 25 万画素の低価格モデルを発売し一気に立ち上がった。その後、1995年から1997年の3年間に主な参入企業が出揃った。2003年までに 564 機種が製品化されている。

2-2 分析の視点

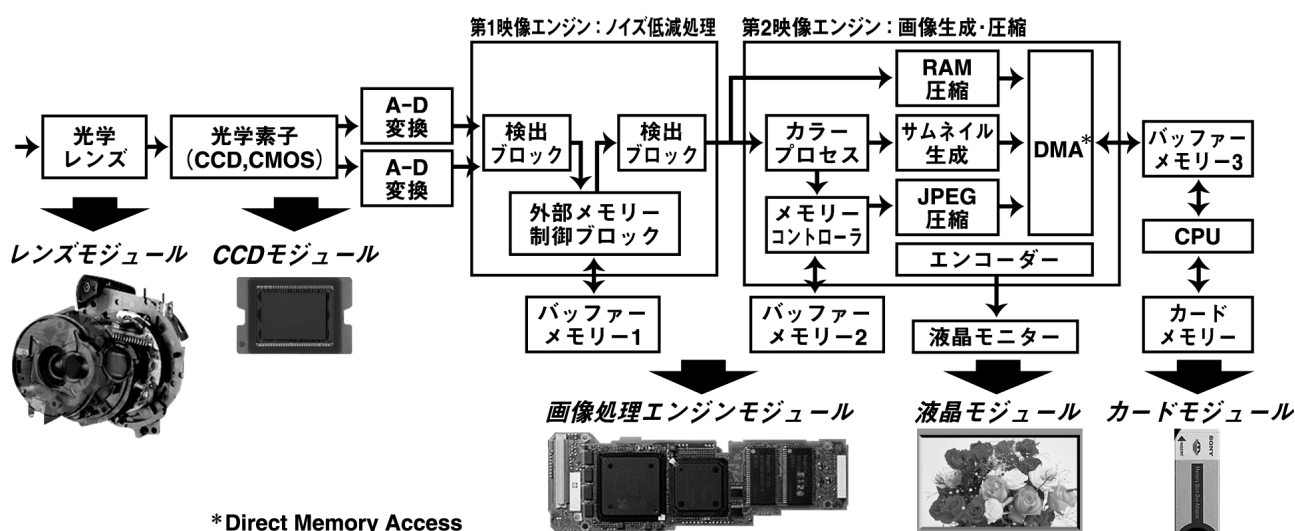
デジカメ産業全体の製品の変化を分析する仕組みを設定する。ここでの問題は、デジカメの製品アーキテクチャを分析するため、使用部品・ソフトウェア構造・OS といった設計レベルにまで立ち入った調査を、分析対象となる 564 機種すべてに適用するのは困難という点にある。さらに、市

場価値を調べるために全製品の原価構成にまで立ち入ることも現実的には困難である。そこで、本研究では、製品仕様を入手し製品競争力の変化を代表しうる指標を適用すること、さらに、発売年度における実勢販売価格を詳細に調べ、産業全体の製品の相対的価値を示すことにより参入企業の戦略分析を試みる。従来の研究では、製品価値すなわち価格的要素は、企業の固定費、流通経路、企業戦略などに大きく影響されるため製品そのものの変動費を表すことができない、という理由から分析対象とはされてこなかった。しかし、昨今の情報技術の進歩により価格情報の入手も容易になったため、あえて価値分析のデータとして使用することにした。したがって本稿では、各製品の仕様、実勢市場価格、工業会による生産統計⁴から作成したデータを基に分析を進める。

2-3 デジカメのモジュール構造

典型的なデジカメの構成を図1に示す。図1のようにデジカメは大きく、レンズ、光学素子（CCDあるいはCMOS⁵）、画像処理エンジン、液晶、電源、外部メモリーといったモジュールから構成されている。図1に示す図はあくまで概念的であり、実際の製品にはいくつかのバリエーションが存在する。たとえば、カメラ付携帯電話に使用されるデジカメ機能は単焦点レンズと光学素子が一体化されモジュールを形成しているがコンパクト

図1. デジカメのモジュール構造



タイプのデジカメでは複数のレンズを組み合わせたレンズユニットとファインダーによってレンズモジュールが形成され、さらに CCD モジュールと組み合わせられて光学プラットフォームが形成される。しかしながら、上位機種である一眼レフデジカメの場合、レンズ、ファインダー、光学素子はモジュール化されているがプラットフォームの形成はされていない。このように、同じモジュールで構成されているデジカメもその組み合わせによって異なったプラットフォームを形成する。

3. モジュール化のプロセスの分析

本章では二つの観点から分析を進める。まず、デジカメ産業におけるリーダー企業であるキャノン社の調査データをもとに仮説の検討を行い、次に、研究対象およびその分析範囲を 1995 年から 2003 年に発売された約 30 社、564 モデルのデジカメについて再度、分析を行う。

3-1 キャノン社のモジュール化戦略

キャノン社のデジカメ市場への本格的な参入は 1996 年 10 月に発売された PowerShot シリーズに始まる。その後の製品開発推移をモジュール面から記述したものが表 1 である。キャノン社は 1996 年以来、2003 年までの 8 年間に 43 機種を製品化している。表 1 はその全てをできるだけ年代にそって記述しているが、同じ仕様のレンズ、光学素子を組み合わせ、なおかつ、他のモジュールについても同じ仕様である場合、プラットフォーム化されていると表現する。たとえば、表 1 では網掛けのある 4 つのプラットフォームが確認できる。まず、コンパクトな製品群である IXY シリーズ、汎用電池を用いた標準品の PowerShot A10 シリーズ、単焦点・低価格の PowerShot A100 シリーズ、上級な PowerShot S シリーズであり、それぞれ異なった仕様となっているが同じプラットフォームを持つためシリーズ内では全く同じ構造と考えることができる。このようなプラットフォーム化は 2000 年より始まり、2003 年の製品にも引き継がれている。表中、価格は百万画素あたりの実勢価格を表し、年代ごとに低下傾向にあることが示され、また、製品開発期間は 1996 年の 140 週からプラットフォーム形成時の 50 週、そして 2003 年には 40 週に短縮されている。

表1. キヤノン社の製品モジュール化とプラットフォーム化

製品名		レンズ		光学素子		その他のモジュール					発売	期間	価格	開発期間
シリーズ	Model	焦点距離	F値	サイズ	画素数	フィルタ	カード	液晶	画像	電源	年月	(週)	(万円)	(週)
PowerShot	600	10	F2.5	1/3	57	補色	PC3	X	DVC	NiCd	1996年10月		22.46	140
PowerShot	600N	10	F2.5	1/3	57	補色	PC3	X	DVC	NiCd	1997年2月		22.46	140
PowerShot	350	8	F2.8	1/3	35	補色	CF	1.8Mini	DVC	単3x3	1997年3月		19.94	140
PowerShot	A5	5.4	F2.5	1/3	81	補色	CF	1.8TFD	DVC	NiH	1998年4月		9.23	140
PowerShot	A5zoom	4.3-8.75	F2.6-4.0	1/3	81	補色	CF	2.0TFD	DVC	NiH	1998年10月		10.47	140
PowerShot	Pro70	3.5-10.8	F2.0-2.4	1/2	168	補色	CF	2.0PS	DVC	NiH	1998年11月		9.40	140
PowerShot	A50	3.5-10.8	F2.6-4.0	1/2.7	131	補色	CF	2.0PS	第1世代	NiH	1999年4月	なし	6.09	140
PowerShot	S10	5.4-10.8	F2.8-4.0	1/2	211	補色	CF	1.8PS	第1世代	NiH	1999年10月		4.26	140
PowerShot	S20	4.0-8.0	F2.8-4.0	1/1.8	334	補色	CF	1.8PS	第1世代	NiH	2000年3月		2.99	50
PowerShot	Pro90	5.5-22.2	F2.8-3.5	1/1.8	334	補色	CF	1.8PS	第2世代	Li	2001年2月		4.79	50
PowerShot	G1	5.4-10.8	F2.0-2.5	1/1.8	334	補色	CF	1.8PS	第2世代	Li	2000年10月		3.44	50
PowerShot	G2	5.4-10.8	F2.0-2.5	1/1.8	410	原色	CF	1.8PS	第2世代	Li	2001年9月		2.80	50
PowerShot	G3	7.2-28.8	F2.0-3.0	1/1.8	410	原色	CF	1.8PS	Digic	Li	2002年11月		2.20	50
PowerShot	G5	7.2-28.8	F2.0-3.0	1/1.8	530	原色	CF	1.8PS	Digic	Li	2003年6月		1.70	40
IXY DIGITAL	0	5.4-10.8	F2.8-4.0	1/2.7	211	補色	CF	1.5PS	第2世代	Li	2000年5月		3.55	50
IXY DIGITAL	200	5.4-10.8	F2.8-4.0	1/2.7	211	原色	CF	1.5PS	第2世代	Li	2001年5月		3.41	50
IXY DIGITAL	200a	5.4-10.8	F2.8-4.0	1/2.7	211	原色	CF	1.5PS	第2世代	Li	2002年4月	37ヶ月	2.99	50
IXY DIGITAL	320	5.4-10.8	F2.8-4.0	1/2.7	320	原色	CF	1.5PS	Digic	Li	2002年10月		1.56	50
IXY DIGITAL	30	5.4-10.8	F2.8-3.9	1/2.7	320	原色	CF	1.5PS	Digic	Li	2003年5月		1.41	40
IXY DIGITAL	300	5.4-16.2	F2.7-4.7	1/2.7	211	原色	CF	1.5PS	第2世代	Li	2001年4月		4.03	50
IXY DIGITAL	300a	5.4-16.2	F2.7-4.7	1/2.7	211	原色	CF	1.5PS	第2世代	Li	2002年4月	なし	3.27	50
IXY DIGITAL	400	7.7-22.2	F2.8-4.9	1/1.8	410	原色	CF	1.5PS	Digic	Li	2003年3月		1.46	40
IXY DIGITAL	L	6.4	F2.8	1/2.5	420	原色	SD	1.5PS	Digic	Li	2003年10月		0.95	40
PowerShot	A10	5.4-16.2	F2.8-4.8	1/2.7	130	原色	CF	1.5PS	第2世代	単3x4	2001年6月		3.83	50
PowerShot	A20	5.4-16.2	F2.8-4.8	1/2.7	211	原色	CF	1.5PS	第2世代	単3x4	2001年5月		2.65	50
PowerShot	A30	5.4-16.2	F2.8-4.8	1/2.7	130	原色	CF	1.5PS	第2世代	単3x4	2002年3月	21ヶ月	2.91	50
PowerShot	A40	5.4-16.2	F2.8-4.8	1/2.7	211	原色	CF	1.5PS	第2世代	単3x4	2002年3月		2.36	50
PowerShot	A60	5.4-16.2	F2.8-4.8	1/2.7	210	原色	CF	1.5PS	Digic	単3x4	2003年3月		1.43	40
PowerShot	A70	5.4-16.2	F2.8-4.8	1/2.7	330	原色	CF	1.5PS	Digic	単3x4	2003年3月		1.21	40
PowerShot	A80	7.8-23.4	F2.8-4.9	1/1.8	410	原色	CF	1.5PS	Digic	単3x4	2003年10月		1.10	40
PowerShot	A100	5	F2.8	1/3.2	130	原色	CF	1.5PS	第2世代	単3x2	2002年3月		1.91	50
PowerShot	A200	5	F2.8	1/3.2	210	原色	CF	1.5PS	第2世代	単3x2	2002年6月	11ヶ月	1.52	50
PowerShot	A300	5	F3.6	1/2.7	330	原色	CF	1.5PS	Digic	単3x2	2003年4月		0.76	40
PowerShot	S30	7.1-21.3	F2.8-4.9	1/1.8	330	原色	CF	1.8PS	第2世代	Li	2001年12月		2.72	50
PowerShot	S40	7.1-21.3	F2.8-4.9	1/1.8	410	原色	CF	1.8PS	第2世代	Li	2001年10月	15ヶ月	2.43	50
PowerShot	S45	7.1-21.3	F2.8-4.9	1/1.8	410	原色	CF	1.8PS	Digic	Li	2002年10月		1.59	50
PowerShot	S50	7.1-21.3	F2.8-4.9	1/1.8	530	原色	CF	1.8PS	Digic	Li	2003年3月		1.32	40
EOS	D30			APS	325	原色	CF	1.8PS	第1世代	Li	2000年10月		11.02	50
EOS	EOS1D			35mm	448	原色	CF	2.0PS	第2世代	NiH	2001年12月		16.74	50
EOS	D60			APS	650	原色	CF	1.8PS	第2世代	Li	2002年3月		5.08	50
EOS	1Ds			35mm	1140	原色	CF	2.0PS	Digic	NiH	2002年11月		8.77	50
EOS	10D			APS	650	原色	CF	1.5PS	Digic	Li	2003年3月		3.08	40
EOS	KISS			APS	650	原色	CF	1.8PS	Digic	Li	2003年9月		1.85	40

(注)表中のデータはキヤノン社より入手したものである。レンズにあるDSLRとは一眼レフを指し、交換可能なものである。光学素子はインチサイズである。液晶のPSはPoly Siliconを表す。画像処理エンジンは、DVCがビデオカメラの流用、第1世代・第2世代は専用となり、Digicとは第3世代のブランドである。価格は実勢価格を百万画素あたりの単位で示している。

このようなキャノン社のデジカメの生産量、海外生産、開発リードタイムがモジュール部品の外部調達比率、プラットフォーム、自社技術貢献度などの製品開発要因とどのように関連しているのかを調べるため、8つの指標を1996年より2003年まで時系列にまとめたものが表2である。キャノン社は1997年に2割をOEMに依存したものの、その後全量を自社生産している。さらに総生産量は2000年に100万台規模に達し2001年度より海外生産が開始され、その比率は2003年には44%まで急速に上昇している。さらに、2000年には製品開発リードタイムも140週から50週に急激に短縮されている。このように生産、製品開発に関わる指標が大きく変化する要因を検証するため、指標間の相関係数を求めた。相関係数は指標内にプラットフォーム率や自社技術貢献度などのノンパラメトリックデータを含むことからPearsonの相関係数を求め、

表2. キャノン社のデジカメ生産量と製品開発要因推移

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
総生産量(千台)	40	80	140	320	970	2450	5300	8920
海外生産比率 (%) *1	0	0	0	0	0	2	34	44
自社生産比率 (%) *2	100	80	100	100	100	100	100	100
外部調達比率 (%) *3	69	69	69	69	69	68	69	67
価格指数(万円/百万画素) *4	22.46	21.2	9.7	5.18	3.33	3.33	2.26	1.26
プラットフォーム率 (%) *5	0	0	0	0	25	63	60	45
自社技術貢献度(%) *6	23	23	23	23	31	32	31	33
開発リードタイム(週) *7	140	140	140	140	50	50	50	40

(注)表中データはキャノン社より入手 *1:海外生産はマレーシア、珠海(中国)、台湾の自社工場での生産。*2:1997年のみ松下電器よりOEM供給を受けた。*3:変動原価構成は、レンズユニット(23%)、液晶パネル(14%)、CCD(17%)、ASIC(8%)、その他部品(9%)、メモリー(4%)、バッテリー、アダプター等付属品(25%)。その内、レンズユニット、ASICは全て自社生産、CCDは2001年よりCCDの一部代替のCMOSを自社生産。*4:価格指数は、実勢価格(万円)を画素数(百万画素単位)で割ったもの。*5:その年に発売された製品の内、表1のプラットフォームで構成された製品の割合。*6:自社固有技術であるレンズユニット、2000年から導入された画像処理エンジンDigicは業界ではブラックボックス技術である。この二つの技術をもったモジュールの変動原価の中で占める割合を示している。*7:開発リードタイムは企画開始から生産移行までの期間を表す。

表3に結果を示した⁶。表3より、総生産量は海外生産量に大きく依存しており、開発リードタイムと外部調達比率と負の相関、つまり開発リードタイムの短縮化と外部調達比率の低下によって、また、プラットフォーム化、自社技術貢献度が高いほど総生産量は増加することを示している。次に、開発リードタイムはプラットフォーム化率と自社技術貢献度と負の相関がある、つまり、プラットフォーム化率が上がり、自社技術の貢献度が高いとき、開発リードタイムは短くなる。次に、開発リードタイムが短くなると価格指数も下がり（正の相関）、自社技術貢献度が上がると価格指数は下がる（負の相関）ことが示されている。

ここでキャノン社のケースについて仮説の検証を行おう。まず仮説1、2についてであるが、コモディティ化の条件は生産量の増大と価格の低下である。相関分析結果より企業が生産量を増やすには、海外生産を増やし、製品開発リードタイムを短縮し、モジュールの外部調達比率を下げると同時に、プラットフォームの形成と自社技術の活用がその条件となり、さらに、価格の低下には開発リードタイムの短縮化と自社技術の活用が条件となる。つまり、キャノンのケースからは、仮説1のモジュール市場の形成により企業がプラットフォーム化を進めると製品のコモディティ化が促進されるという仮説を肯定するものである。次に仮説2については、主要モジュールの性能向上と産業の水平分業化についてはここでは議論できない。仮説3の余剰利益とブラックボックス化の関係

表3. キャノン社製品開発要因間の相関係数（Pearsonの相関係数）

	総生産量	海外生産	自社生産	リードタイム	外部調達	価格指数	プラットフォーム	自社技術
総生産量	1.000	.964**	.275	-.743*	-.799*	-.600	.718*	.765*
海外生産比率	.964**	1.000	.223	-.627	-.636	-.505	.620	.635
自社生産比率	.275	.223	1.000	-.377	-.204	-.595	.346	.375
開発リードタイム	-.743*	-.627	-.377	1.000	.586	.757*	-.910**	-.997*
外部調達比率	-.799*	-.636	-.204	.586	1.000	.447	-.549	-.646
価格指数	-.600	-.505	-.595	.757*	.447	1.000	-.649	-.754*
プラットフォーム率	.718*	.620	.346	-.910**	-.549	-.649	1.000	.916**
自社技術	.765*	.635	.375	-.997**	-.646	-.754*	.916**	1.000

(注) 有意水準： **1% *5%

については、自社技術貢献度は総生産量、開発リードタイムの短縮に貢献するという結果から肯定される可能性が高い⁷。

3-2 デジカメ産業のモジュール化

デジカメの仕様書から入手できる機能情報は限定される。表4はデジカメの代表的機能の変遷を表したものである。表1のキャノン社の例でも分るように、固定レンズと一眼レフデジカメの機能間の関連性を分析する目的である。ここでは、二分的に判断できる項目を掲げており、画素数⁸、価格については連続的な数値となるため記されていない。まず、変換方式⁹とはデジカメに取り込んだ画像データの処理方式であり、補色系から原色系への傾向が顕著である。レンズは固定と一眼レフに分かれる。大口径レンズと小さな CCD 素子との組み合わせは画像の端部分にひずみが生じるという技術的な課題があったが、2001年頃より光学機器企業を中心に独自の大型受光素子を設計する技術が確立され、2003年度には多くの一眼レフデジカメが製品化された。記憶媒体は外部記憶媒体

表4. デジタルカメラの主要仕様の変遷

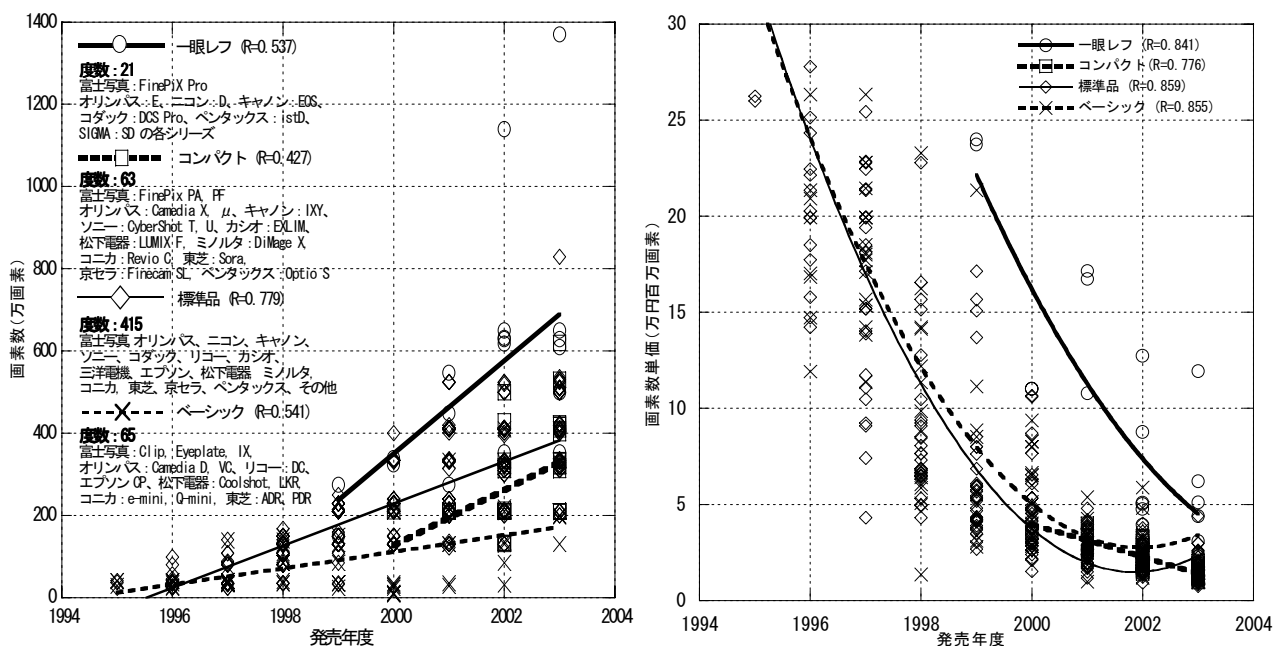
年代	変換方式		レンズ		記憶媒体		ファインダー		液晶モニター		電源		インタフェース	
	補色	原色	固定	一眼	内部	外部	他	光学	無し	有り	専用	汎用	専用	USB
1995	6	1	7	0	4	3	2	5	5	2	3	4	7	0
1996	21	7	27	1	14	14	9	19	10	18	6	22	28	0
1997	32	14	46	0	15	31	19	27	6	40	9	37	45	1
1998	29	18	47	0	2	45	12	35	2	45	13	34	47	0
1999	22	35	55	2	2	55	8	49	2	55	18	39	46	11
2000	28	51	77	2	9	70	17	62	10	69	29	50	16	63
2001	25	66	88	3	6	85	15	76	9	82	37	54	6	85
2002	14	84	92	6	5	93	21	77	1	97	55	43	2	96
2003	0	109	96	15	0	111	23	88	1	110	60	51	2	109
合計(度数)	177	385	535	29	57	507	126	438	46	518	230	334	199	365
固定レンズ [*]	-0.083	.932**	1	.690*	-.309	.981**	.834**	.987**	-.211	.985**	.923**	.932**	-.427	.910**
一眼レンズ [*]	-.692*	.884**	.690*	1	-.487	.785**	.642	.752*	-.450	.783*	.859**	.505	-.568	.795*

(注) 有意水準: **1% *5%

の仕様、つまりメモリーカードがほとんど大勢を占めている。ファインダー¹⁰は多様化している。ここでは光学式のファインダーの比率を見ているが、液晶ファインダーなど非光学式のものも数は多い。液晶モニターは表中、ほとんどの機種で標準仕様になっている。電源は汎用の乾電池を使用するものと、全く独自に設計した電池を使用する2通りがある。たとえば、コンパクトタイプのデジカメには汎用の乾電池は大きすぎるために使用されない。最後にインターフェイスは2000年以降、USBが主流になってきている。

表4の下2行には固定レンズと一眼レンズとの相関係数を示している。固定レンズと一眼レフレンズの相関関係の違いは、一眼レフは補色系・原色系両変換方式、光学式ファインダー、専用電源との相関が強いのにに対し、固定レンズでは原色系に限られ、光学式ファインダー・他方式のファインダー、および、汎用・専用電源ともに相関が強い。このような傾向を分かりやすく理解するため、デジカメを、一眼レフ・コンパクト・標準・ベーシックの4つのタイプに分類した¹¹。以下、分析はこの分類にしたがって進める。図2は、この4タイプのデジカメの画素数変遷(左図)と百万画素あたりの単価を年度別に示し一次回帰を行ったもの(右図)である¹²。参入企業のそれぞれのタイプに相当する製品名を示して

図2. タイプ別画素数と画素数単価推移



ある。一眼レフは大口径レンズと高画素数の大型光学素子の使用、レンズの交換性から識別できる。画素数は1999年の200万画素から2003年の650万画素と急激に増加している。コンパクトは200g以下の重量で専用電源を有しており、専用の製品名から識別は容易である。標準品とコンパクトとの識別は、汎用電池の使用の有無による。ベーシックは、200万画素以下の廉価なシリーズであり、標準品とは異なった品番で識別されている。

デジカメ産業のモジュール化を検証するデータとして、光学素子サイズの変遷とその年に発売された全製品の画素数、画素数単価の平均値との関係について調べたものが表5である。光学素子は、1995年より2003年までに合計19種類が使用されている。しかしながら、実際のデジカメに使用される光学素子は、表5に示す3つのサイズに集中している。1996年度より1999年度までは、1/3.0インチサイズの光学素子が主に使用されてきたが、2000年以降、1/2.7と1/1.8インチの2つのサイズが6割以上使用されるようになっている。この傾向は表1に示すように

表5. 光学素子サイズとその集中度

素子サイズ 年度	1/1.8		1/2.7		1/3.0		その他		製品数 合計	画素数 (万画素)	画素単価 (万円)
	度数	(%)	度数	(%)	度数	(%)	度数	(%)			
1995	0	0.00	0	0.00	2	28.57	5	71.43	7	36.00	38.60
1996	0	0.00	0	0.00	16	57.14	12	42.86	28	39.71	24.16
1997	0	0.00	0	0.00	25	54.35	21	45.65	46	48.52	16.03
1998	0	0.00	14	29.79	16	34.04	17	36.17	47	109.60	8.47
1999	0	0.00	7	12.28	8	14.04	42	73.68	57	160.73	6.51
2000	23	29.11	20	25.32	10	12.66	26	32.91	79	223.17	4.25
2001	30	32.97	30	32.97	8	8.79	23	25.27	91	279.96	3.51
2002	32	32.65	39	39.80	1	1.02	26	26.53	98	323.14	2.86
2003	23	21.10	44	40.37	0	0.00	42	38.53	109	384.64	1.70
合計	108	19.22	154	27.40	86	15.30	214	38.08	562	-	-
相関係数(画素数)	.838**		.906**		-.889**		-.539		-	-	-
相関係数(単価)	-.641		-.814**		.626		.595		-	-	-

(注) 有意水準： **1% *5%

キャノンのケースと全く一致しており、キャノン社だけでなく、産業全体でレンズモジュールと光学素子によるプラットフォームの形成が進んでいることを示す可能性が高い。その可能性の根拠は、表5に示す画素数と画素単価の推移と使用される光学素子との Pearson の相関係数から推測される。まず、画素数の増加は3つの光学素子それぞれと1%で有意となり高い相関関係を示している。つまり、これらの光学素子サイズによってデジカメの画素数を増加するためのプラットフォームが形成されている、すなわち、産業内で標準となる光学素子は画素数の増加に大きな影響を与えていることが示唆される。さらに、画素数あたりの単価は、1/2.7インチの光学素子と負の相関がある。つまりデジカメの価格低下は1/2.7インチサイズの光学素子の普及と関連している。これもまた、表1のキャノンのケースと全く一致している。

以上、さまざまな角度からデジカメ産業全体の変遷を検証してきた。仮説の検証をして本章を締めくくりにする。まず、図2が示すようにデジカメは著しく性能が向上しているにもかかわらず価格低下が急である。特に、図2右図が示すように2001年に百万画素当たりの価格は一気に下落している。つまり、一眼レフカメラを除くコンパクト、標準品は2001年からコモディティ化していると考えられる。この段階では表5が示すように、大型の1/1.8インチの光学素子は標準品に、小型の1/2.7インチのものはコンパクト品に多く採用され、表2からも分るように多くの仕様が同質化している。すなわち、主要モジュール市場が形成され、参入企業が類似のプラットフォームの形成を進めると製品のコモディティ化が促進されるという仮説1の成立を示唆する結果となった。また製品の同質化、たとえば、画素数が産業全体で同じようなペースで推移していくというような現象は、各社が同じプラットフォームを形成し、その主要モジュールである光学素子の開発に合わせて、市場で入手できる最高の画素数を有する光学素子を参入企業が採用するために生じると考えることができる。つまり、製品の同質化は主要モジュールの性能支配によって起こるという仮説の成立を肯定するものである。以上、仮説1、2の成立を示唆する結果を示した。

4. 製品競争力の分析

デジカメの製品仕様が同質化する理由として、参入企業の使用するモジュールが共通化し、モジュール提供企業によって製品性能が支配されることを述べた。本章では参入企業がこのような競争の中でどのように製品戦略を実施し、製品競争力はどのように形成されるものかを議論していく。さらに、仮説の検証を行い、議論を締めくくる。

4-1 参入企業の戦略分析

デジカメの製品競争力を決める要因は何であろうか。この疑問に答えるため、前章では仕様の変遷を調べた。その結果、多くの機能は同質化していくのに対し、光学素子サイズを固定化しながら高画素数化は逐次的に改良され続けていることを示してきた。本章では、このような産業構造の中で各企業はどのような製品開発戦略を構築してきたのかを議論していく。

デジカメ産業の特徴は、1995年から1997年の2年間にすべての参入企業が製品化を終えていることである。したがって、先行企業と新規参入企業の区別が明確にできない点が特徴である。この要因として考えられるのは、デジカメは銀塩カメラ¹³とビデオカメラの技術的影響を引き継ぐ製品であり、その両方の製造企業がデジカメに参入したためである。結果として、銀塩カメラ企業と電子機器企業の両者が参入したために、競争は激しいものとなった。この競争の転機は2度あった。まず、ほぼ同時に市場が立ち上がったAPSカメラを生産台数で上回った1999年と、光学式カメラ全体の生産台数を上回った2001年である。この転機を捕らえた企業はソニーとオリンパス、富士写真、キャノンである。ソニー、オリンパスは1999年より一気に製品数を増やし、キャノンはIXYといったコンパクトの小型機や、EOS デジタルといった一眼レフをシリーズ化して新しい価値を提供した。結果的にこの転機を捕らえた企業が販売台数を伸ばすことになった。

デジカメには3層の顧客要求レベルがある¹⁴。まず、200万画素以下の要求レベルであり、主にウェブページ用途で、以後、カメラ付携帯電話と競合することになる。次に、スナップ写真など手軽に写真を撮るレベルで200万画素以上が要求される。さらに、職業写真家やマニアが使用する一眼レフの要求があり、600万画素以上の解像度と大口径レン

ズの組み合わせによるひずみのない画像、さらには高速連写機能といった機能が要求される。すなわち、デジカメ産業の競争の構図は、標準品やコンパクトという同質化しながら画素数を逐次的に改良して量的拡大を追うベクトルと、一眼レフなど新たな価値を創造するベクトルという異なったベクトルが共存する市場となっている。たとえば、一眼レフは全く異なる製品開発が行われている。まず、使用される素子は製品ごとに設計されている。たとえばキャノンの例では、22.7x15.1mm、28.7x19.1mmのCMOS素子と35.8x23.8mmのCCD素子をそれぞれ専用に開発しており、専用の映像エンジンとの組み合わせにより独自仕様で製品化している。さらに一眼レフでは高速連写機能が要求される。デジカメは光学素子が画像を取り込み、電子的に変換した情報を記憶媒体に書き込むという機能を持っているが、高画素数の膨大な情報を瞬時に処理する機能は各企業が独自に開発した映像エンジンの性能に負っている。さらに、フィルター処理前の生データの提供、専用の電源回路の設計、大型光学素子の防塵機能など、極めて高度な摺り合せが要求される製品であり、プラットフォームはまだ形成されていない。

4-2 競争におけるモジュール化の役割

デジカメ産業の競争の構造を分析してきた。そこでは画素数増加や軽量化といった逐次的な製品改良がモジュールを組み合わせたプラットフォームによって形成され、さらには一眼レフという新たな市場が誕生している。

図4は製品開発の方向性とモジュール化の関係を示したものである。それぞれについて考察していこう。まず、デジカメは1980年台末には多くの企業で技術開発が行われていたが、当初、銀塩カメラを代替するように意図されたものではなかった¹⁵。このように顧客要求を満足できない段階での製品開発はモジュールや部品市場が完備されていないため、独自のモジュールや部品を用いて試行錯誤で製品性能を上げていく必要があった。その後、顧客要求が満足され余剰性能が生まれると主要モジュール市場が確立され、水平分業構造化が進んだ。図4はその状況を表しており、1995年より2000年にかけてモジュール市場が形成されその間、企業はさまざまなモジュール構成で性能向上を目指した。この様子は、表1のキャノン社の例からも分るように、統一されたプラットフォ

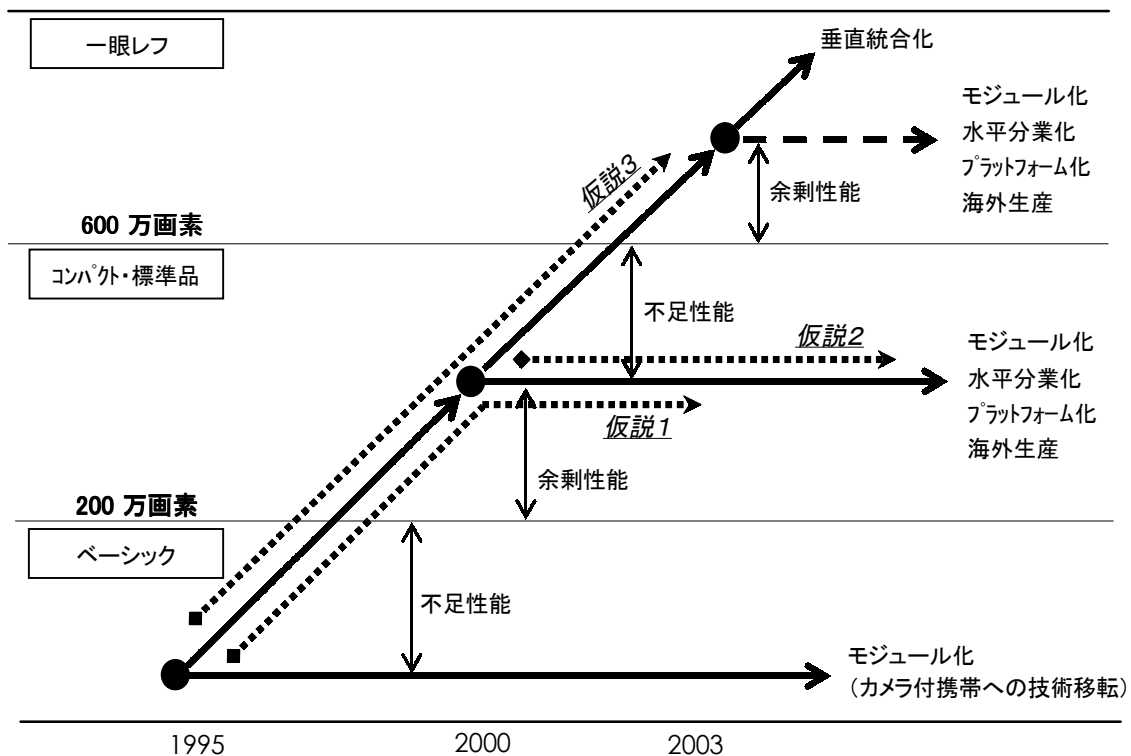
ームは形成されていない。2000年以降、各社でプラットフォームが形成され、製品開発はモジュールそのものの性能向上に沿って行われるようになった。このようなプラットフォームの形成は海外生産を容易にし、生産能力の拡大による製品価格の急激な低下が始まり、製品のコモディティ化が促進された。このような状況は表4、表5、図2より2000年以降、急激に同質化が進んでいることから明らかである。したがって、

仮説1：主要モジュール市場が形成され、参入企業が類似のプラットフォームの形成を進めると製品のコモディティ化が促進される。

は図4、仮説1のベクトルによって表される。

次に、キャノン社の例である表1や表5からも明らかなように、1/1.8、1/2.7インチの光学素子（ソニー社製）が産業全体の6割以上の市場占有率を持ち、2000年以降、参入企業はこのサイズの光学素子とキャノン社やタムロン社のレンズモジュールを組み合わせてプラットフォーム化し、光学素子の開発に合わせて画素数を向上させていった。したがって、

図4. デジタルカメラにおける製品開発とモジュール化



仮説 2 : 製品の同質化は主要モジュールの製品性能支配によって起こる。
すなわち、産業の水平分業構造が進むにつれ同質化が顕著となる。

は図中、仮説 2 のベクトルによって示される。

さらに、図 2 右図が示すように、2000 年以降、プラットフォームが形成されたコンパクトや標準品は価格低下が一定化するというコモディティ化が起こり、その延長線上には価格上昇、言い換えると脱コモディティ化の傾向は見られない。一方、一眼レフは価格低下が相対的に小さく、余剰利益があることを示している。この余剰利益は上位市場に対する不足性能を満たすために、再度、製品のアーキテクチャが見直され、インテグラル化が起こり新たな市場価値を生み出すことによって生じた。たとえば、専用の画像処理エンジンが開発され、一眼レフ用にレンズをマウントする独自ボディ構造が設計され、顧客要求レベルに対する不足性能を補う必要のある状況では製品構造の垂直統合化が起こってきた。つまり、独自のレンズマウント方法や画像処理といったブラックボックス化された技術が余剰利益を生んでいる。したがって、

仮説 3 : プラットフォームの変更を伴わない技術イノベーションでは脱コモディティ化は達成できない。すなわち、余剰利益を得るためにはアーキテクチャの変化を伴う技術をブラックボックス化する必要がある。

については、図 4 の仮説 3 のベクトルによって示される。

4-2 まとめ

本稿の目的は、モジュール化とプラットフォーム化という企業の製品開発要因、産業構造、市場構造の関係を問い、技術のブラックボックス化の問題を考えることである。言い換えると、産業競争力を有すると思われる産業でも、他産業・海外企業と比べて利益水準が明らかに低いという事実、そして、産業競争力の維持・向上にはブラックボックス化された技術が必要であるという通念について洞察を加える目的である。このような目的に対し、本稿ではモジュールという概念を中心に分析を行った。具体的には、デジカメ産業で使用されるモジュールは極めて画一

的で、参入企業はレンズモジュール・光学素子・画像処理エンジン・液晶・電源・メモリーカードを用いて類似のプラットフォームを形成しながら競争していることが分った。しかし、このような競争はプラットフォームを形成した段階でモジュール提供企業の技術に製品仕様を委ねることになり、結果的として同じモジュールを使用する他社との製品差別化が困難になる。したがって、モジュール化が進み、プラットフォーム化されるような段階になると、製品差別化が困難になるためコモディティ化が進み、企業利益は損なわれる (Christensen and Raynor, 2003)。

本稿では、このように強いと言われる産業においてもモジュール化により企業収益が損なわれることを示したが、企業はこのようなコモディティ化にいかに対処すればよいのであろうか。本稿ではこの問題に対し、三つの対策があることを示した。第1に生産に関しては変動費に対する外部調達費率を下げ自社独自技術を活用し開発リードタイムを短縮すること、第2に価格低下には製品開発リードタイムと自社独自技術を用いたモジュールの変動原価に占める割合を上げること、第3に開発リードタイムの短縮にはプラットフォーム化を進め自社技術を活用することであった。

以上の議論をまとめると、企業が高利益を獲得するためには、まず他社のプラットフォーム形成に必要不可欠なモジュール技術をブラックボックス化し自社製品にも活用すること、さらに、より上位の顧客市場を特定しモジュールの異なった組み合わせ、もしくはモジュールそのものを新しくし、全く新たなアーキテクチャを構築することが収益確保の必要条件となるのである。

脚注：

- 1 多くのアプリケーションソフトから共通して利用される基本的な機能を提供し、コンピュータシステム全体を管理するソフトウェア。「基本ソフトウェア」とも呼ばれる。ソフトウェアの開発者は、OSの提供する機能を利用することによって開発の手間を省くことができ、アプリケーションの操作性を統一することができる。OSには、パソコン用のものとIT製品などに用いられる組み込み型のものがある。
- 2 1980年代よりデジカメの開発を行っているコダック社の研究開発部門へのインタビューによって明らかになった情報である。
- 3 コダック、富士写真フィルム、キヤノン、ミノルタ、ニコンの5社で作った統一規格APS: Advanced Photo System仕様のカメラのことで、新システムカメラなどとも呼ばれる。従来のカメラとは使用するフィルムが異なり、カートリッジ式でコンパクト。フィルムは従来のとは異なり、電磁的にデータを記録している。通常のデータ機能に加え、メッセージを印字したり、プリントタイプ(C、P、Hの3タイプ)をコマ毎に記録することも可能であった。さらに、撮影条件等をコマ毎に記録しておき、プリント時に適当な補正をかける事も出来た。さらに、音声データを記録することも技術的には可能だったが、商品化する前にデジタルカメラが市場に出たため大きな市場とはならなかった。
- 4 製品仕様は、近年のモデルについてはカタログ、専門誌、各企業のホームページなど、さまざまな媒体より入手したデータを使用した。実勢価格は、本データベースの作成を開始した1999年より、各量販店や通信販売などのサイトに掲載される価格を1000円単位で把握して積み重ねてきたデータである。物価指数等による補正は行っていない。実勢価格はモデルが古くなると大きく変動するが、できるだけ、3月、12月の販売が活発な時期の新製品販売価格を参考にした。各社の出荷台数のデータ、市場シェアは、日本カメラ工業会からの提供を受けたデータを使用した。
- 5 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。デジカメ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(相補型金属酸化半導体)を利用したイメージセンサ。従来のCCDセンサに比べて約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。
- 6 相関関係とは二つの平均値を原点とし軸を描いた場合、第一象限と第三象限にデータが集まる状況である。共分散でも二つの変数間の相互関係を示すことは可能であるが、共分散は分散と同じく測定単位の影響を受けるため、分散を異にした他の同時分布との比較はできない。そこで、二つの変数の標準偏差(s_x , s_y)で共分散を除いて規準化し、測定単位によらない指標がPearsonの積率相関係数で、 $r = s_{xy}/s_x s_y$ と定義される。Pearsonの積率相関係数は、-1から1の値をとり、相関係数が1のとき相関図上でデータが右上がりの直線上に並び、逆に-1のとき右下がりの直線上に並ぶ。上記の積率相関係数は二つの変数が間隔尺度や比尺度の場合の線形相関係数である。
- 7 本章ではキヤノン社のケースを取り上げたが、ソニー社やニコン社、三洋電機社の調査も行った。ソニー社は2000年より6つのプラットフォームを、ニコン社は2001年より3つのプラットフォームを形成しておりキヤノン社と同様の分析結果が得られると思われる。
- 8 デジタルカメラにおける画素数は、使用しているCCDの受光部である素子の数を表す。光を信号に変換する素子の数は、デジタルカメラの性能を測る重要な要素で、その素子が多いほど光を受けてデータに変換される画素の数が多く、より多くの情報を記録することができる。デジタルカメラが発売された当初は、30万画素のものが主流だった。しかし今では、メガピクセルモデルと呼ばれる300万画素を超える高画素数のCCDを搭載したモデルが標準になっている。
- 9 デジカメで使用されるCCDは基本的に白黒画像しか記録できない。そのためにフィルターを併用し色を再現している。原色系フィルターとは、CCDの一素子ごとにフィルターをつけ、R(赤)、G(緑)、B(青)それぞれの光のみを通過させ画像の色を再現している。一方、補色系フィルターは、RGBの補色にあたるフィルターをかけたものである。補色系フィルターは補色を用いることから光の透過量が多くなるため、感度が高くなるという利点があるが、色の再現のために複雑なデータ処理が必要になるという欠点もある。一方、原色系フィルターは、発色が綺麗でその再現に複雑なデータ処理が必要ないという利点があるが、感度は高くない。近年の傾向としては、大口径のレンズと原色系フィルターの組み合わせが増えてきている。
- 10 光学式ファインダーとは、撮影時にのぞくカメラの窓を表す。フィルムカメラでは単に「ファインダー」と呼ぶが、デジカメでは液晶モニタをファインダーとして利用できるため、区別するために光学式と付けている。ここでは、撮影画像と連動したフィルター、つまりレンズを通した画像が見えるファインダーを光学式ファインダーと呼ぶ。たとえば、ズームをし

た場合、ファインダーの画像もズームされるようなファインダーである。これに対して電子式のファインダーもあり、これは、ファインダーに液晶をつけ、実際に取り込む画像を映すものである。

- 11 重量、画素数について各タイプについて χ^2 検定を行ったところ、漸近優位確率0.5%で優位になった。したがって、このような分類は統計的にも妥当性があると判断できる。
- 12 ここでの市場価格は量販店での店頭価格を1000円単位で平均した値を用いている。店頭価格は、複数の価格比較サイトから収集し蓄積したものである。デジカメの市場価格は量販店間の価格差は小さく、比較的、ばらつきは少ない。
- 13 銀塩フィルムを使用するカメラを指す。通常、光学式カメラと呼ぶが、デジタルカメラも光学式であり、カメラ映像機器工業会ではこのような名称を使用しているためそれに準じた。
- 14 カメラ映像機器工業会へのインタビューで確認できた。ここでの産業統計は、200万画素以下とそれ以上という分類で作成されている。また工業会のアンケート調査によると、光学式一眼レフカメラの愛好者の要求レベルは600万以上となっている。
- 15 1980年代後半にはすでに富士写真、ソニー、コダックといった企業はデジカメの技術的ブレイクスルーを狙い技術開発を行っていた。1980年代末から1995年のデジカメの誕生時期までコダック社のデジタルカメラの研究開発責任者であった七井研究所長にインタビューを行った。「当時、デジタルカメラの技術が銀塩フィルムの画質に追いつくなんて、誰も思ってもいなかった。ただ、スタジオの試し撮り用など特殊な用途はあると思っていたので開発は精力的に行っていた。コダックは100万画素のCCDをどこの企業よりも早く開発しており、有利な立場にしながらデジカメの主導権を握れなかった。当時の銀塩フィルムの売り上げと利益があまりにも膨大で、対照的に、デジカメの一号機の売り上げがあまりにも小さく、みすばらしく見えてしまったためである。」つまり、初期のデジカメは現在のように銀塩カメラを代替するように意図されたものではなく、特殊な用途向けに開発されたものであった。

参考文献：

- Baldwin, C. Y. and K. B. Clark (2000). "Design Rules: The Power of Modularity." MIT Press, Cambridge, MA
- Brusoni, S. and A. Prencipe (1999). "Modularity in Complex Product Systems: Managing the Knowledge Dimension." Working Paper, SPRU, Sussex University
- Christensen, C.M. and M.E. Raynor (2003). "The Innovator's Solution: Creating and Sustaining Successful Growth." Harvard Business School Press, Boston
- Fixson, S. (2001). "Three Perspectives on Modularity – A Literature Review of a Product Concept For Assembled Hardware Products." MIT Working Paper, ESD-WP-2001-06
- Fixson, S. (2003). "The Multiple Faces of Modularity - A Literature Analysis of a Product Concept for assembled Hardware Products." Technical Report 03-05, Industrial and Operations Engineering, University of Michigan, Ann Arbor, MI: 87.
- Fine, C. (1998), "Clockspeed – Winning Industry Control in the Age of Temporary Advantage." Perseus Books: New York
- Galworth, G.D. (1994). "Smart, Simple Design." Oliver Wight Publications, Essex Junction, Vermont

-
- Garud, R. and A. Kumaraswamy (1995). "Technological and Organizational Designs for Realizing Economies of Substitution." *Strategic Management Journal*, Vol.16 (Summer Special Issue), pp.93-109.
- Gawer, A. and M.Cusmano (2001), "Platform Leadership: How Intel, Microsoft, and Cisco Drive Industry Innovation." Harvard Business School Press, Boston
- Gonzalez-Zugasti, Javier P., Kevin N. Otto and J.D. Baker (2000), "A Method for Architecting Product Platforms." *Research in Engineering Design*, Vol.12, pp.61-72.
- Henderson, R.M. and K. B. Clark (1990). "Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms." *Administrative Science Quarterly*, Vol.35, pp.9-30.
- Hyer, N.L. and U. Wemmerlov (1984), "Group Technology and Productivity." *Harvard Business Review* (January/August, 1984), pp.3-12.
- Meyer, M.H. and A.P. Lehnerd (1997) , "The Power of Product Platform." The Free Press, New York.
- Mikkola, J.H. (2001), "Modularity and Interface Management: The case of Schindler Elevators." *Proceeding of the DRUID 2001 Winter Conference Korsor, Denmark, January 17-19, 2001*
- Newcomb, P.J., B. Bras and D.W. Rosen (1998). "Implications of Modularity on Product Design For The Life Cycle." *Journal of Mechanical Design* Vol.120, pp.483-491.
- Nobeoka, K. and M.A. Cusmano (1994), "Multi-Project Strategy and Market Share Growth: The Benefits of rapid Design Transfer in New Product Development." *Interbational Center for Research on the Management of Technology Working Paper #105-94.*
- O'Grady, P. (1999). "The Age of Modularity – Using The New World of Modular Products to Revolutionize Your Corporation." Adams and Steel Publishing
- Pine, B. Joseph II (1993). "Mass Customization: The New Frontier in Business Competition." Harvard Business School Press, Boston
- Robertson, D. and K.T. Ulrich (1998), "Planning for Product Platforms." *Sloan Management Review*. Vol.39(4), pp. 19-31.
- Sako, M. and F. Murray (1999). "Modules in design, Production and Use: Implications for the Global Automotive Industry." *Proceeding of the International Motor Vehicle*

-
- Program (IMVP) Annual Sponsors Meeting, October 1999, Cambridge Massachusetts.
- Sako, M. (2003), "Modularity and Outsourcing: The Nature of Co-evolution of Product Architecture in The Global Automotive Industry." Proceeding of Eleventh Gerpisa International Colloquium
- Sanchez, R. and J. T. Mahoney (1996). "Modularity, Flexibility, and Knowledge Management in Product and Organization Design." Strategic Management Journal, Vol.17 (Winter Special Issue), pp.63-76.
- Schilling, M.A. (2000). "Towards a General Modular Systems Theory And Its Application to Interfirm Product Modularity." Academy of Management Review, Vol.25, pp.312-334.
- Schilling, M.A. (2002). "Modularity in Multiple Disciplines: Managing in the Modular Age: Architectures, Networks and Organizations. R.Grud, A. Kumaraswamy and R.N. Langlois." Blackwell Publishers, Oxford
- Simon, H.A. (1962). "The Architecture of Complexity." Proceeding of the American Philosophical Society, Vol.106(6), pp.467-482.
- Smith R.P. and S. D. Eppinger (1997). "A Predictive Model of Sequential Iteration in Engineering Design." Management Science, Vol. 43, No. 8, pp. 1104-1120.
- Starr, M. K. (1965). "Modular Production – A New Concept." Harvard Business Review Vol.43 (November-December), pp.131-142.
- Stone, R.B. and K.L. Wood (2000). "Development of a Functional Basis For Design." Journal of Mechanical Design Vol.122, pp.359-370.
- Sturgeon, J.S. (2002). "Modular Production Networks: A New American Model of Industrial Organization." Industrial and Corporate Change Vol.11:3, pp.451-496.
- Sturgeon, J.S. (2003). "Exploring The Risks of Value Chain Modularity: Electronics Outsourcing During The Industry Cycle of 1992-2002." Working Paper, MIT-IPC-03-003
- Swan, W. A. (1914). "Proposes Standardization of Car Sizes." The Automobile Vol.31, pp.76-77.
- Thomke, S. and D. Reinertsen (1998). "Agile Product Development: Managing

-
- Development Flexibility in Uncertain Environment.” California Management Review, Vol.41, pp.8-30.
- Ulrich, K. T. and K. Tung (1991), “Fundamentals of Product Modularity.” Working Paper WP#3335-91-MSA, MIT Sloan School of Management.
- Ulrich, K.T. (1995), “The Role of Product Architecture in The Manufacturing Firm.” Research Policy, Vol.24, pp.419-440.
- Von Hippel, E. (1990). “Task Partitioning: An Innovation Process Variable.” Research Policy Vol.19(5), pp.407-418.
- Wilhelm, B. (1997). “Platform and Modular Concepts at Volkswagen – Their Effects on the Assembly Process.” Transforming Automobile Assembly – Experience in Automation and Work Organization. K. Shimokawa, U. Juergens and T. Fujimoto. Berlin, Springer, pp.146-156.
- Yu, J.S., Javier P. Gonzalez-Zugasti and Kevin N. Otto (1999). “Product Architecture Definition Based Upon Customer Demands.” Journal of Mechanical Design, Vol.121, pp.329-335
- 青木昌彦・安藤晴彦（2002）『モジュール化—新しい産業アーキテクチャの本質』東洋経済新聞社
- 藤本隆宏・青島矢一・武石彰（2001）『ビジネス・アーキテクチャー—製品・組織・プロセスの戦略的設計』有斐閣