

Discussion Paper Series No. J55

デジタルカメラの製品システム構造の変遷

伊藤宗彦 (神戸大学経済経営研究所)

2004年 1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: デジタルカメラの製品システム構造の変遷

ソフトウェアとハードウェアの統合を研究する枠組みとしてシステム・アーキテクチャという概念を導入し、製品開発、市場競争との関連性の分析を行う。本稿では、デジタルカメラ市場を詳細に分析することにより、ソフトウェア、ハードウェアともにモジュール化が進展し、システム・アーキテクチャは同質化していくこと、また市場環境、企業戦略などの要因により、そのダイナミクスの変遷には複数の経路が存在することを述べる。

キーワード:

製品開発、ソフトウェア、ハードウェア、システム構造のダイナミクス、製品戦略

Product Development, Software, Hardware, Dynamics of System Architecture, Product Strategy

目次

1. はじめに.....	2
2. 本稿の目的.....	2
3 分析対象市場の特徴.....	3
4 システム・アーキテクチャのダイナミクスの分析.....	6
4-1 基本機能分類.....	6
4-2 システム・アーキテクチャのダイナミクスの分析.....	8
4-3 企業の製品開発戦略.....	14
4-4 システム・アーキテクチャのオープン化.....	18
5 まとめ.....	21

1. はじめに

IT時代の電子機器は、例外なくソフトウェアとハードウェアから構成されるシステム化された製品である。こうした製品の市場競争では、ソフトウェアとハードウェアの統合の成否は、企業経営にとって非常に重要な役割を負うようになってきている。一方では、製品の構成がモジュール化しており、水平分業化が進んでいるというオープン・アーキテクチャ化の議論が行われている（国領 [1999]）。しかしながら、このような議論は、ハードウェア、ソフトウェア、それぞれを別々に扱ったものであり、システム化された製品を直接分析するような試みはなされてこなかった。本稿では、ソフトウェアとハードウェアの統合を分析する枠組みとして、システム・アーキテクチャという概念を導入する。その概念は、ハードウェアとソフトウェアのアーキテクチャの組合せによって規定されるシステムの性質を分析する枠組みを表す。このような分析概念を用い、ソフトウェアとハードウェアの統合具合を分析することにより、製品構造がオープン化するとともにモジュール化が進展することを示す。

本稿では、ケースとしてデジタルカメラ市場（以下、デジカメ市場）を詳細に分析することにより、システム・アーキテクチャが市場の成長に伴ってダイナミクスを持つこと、また、そのダイナミクスは製品アーキテクチャのモジュール化を伴い、同質化へと向かうことを論じる。

2. 本稿の目的

本稿では、製品構造の変化をシステム面から見る、つまり、製品システムのアーキテクチャ変化を詳細に分析するために、デジカメ市場を分析対象として研究を進めた。デジカメ市場を選択した理由は、日本が世界的な生産国となっており、企業の製品戦略を研究するために最適な事例と考えられ、また、比較的新しい市場であり、市場化された全ての製品を包括的に分析できるデータ入手の可能性が高かったためである。

本稿では、1995年にデジカメが本格的に市場化されてから2002年までに製品化された全453モデルについて分析を行った。このような分析を行う目的は、まず、製品構造がオープン化・モジュール化しているという実証を行うことで

ある。モジュール化については、Boldwin and Clark[2000]等の研究により、多くの利点が報告されているが、産業全体にわたる包括的な実証研究は少ない。そのため本稿では、デジカメ市場におけるモジュール化の進展とそのダイナミクスを実証的に解析していく。第2の目的は、デジカメのように強い産業の製品アーキテクチャは、どのような製品戦略のもとに進化しているのか、また、そのような進化の意図とその実現の方法についての解析を行うことである。

このような研究は、システム・アーキテクチャの分析枠組みを利用して行う。本稿では、市場化された製品の詳細データをもとに、産業全体の分析を行い、モジュール化が進行するプロセスを記述することにする。

3 分析対象市場の特徴

まず本項の始めに、システム・アーキテクチャのダイナミクスの研究対象、およびその分析範囲を設定する。研究対象となるデジカメ市場は、1995年の本格的な立ち上がりから7年という比較的新しい産業である。デジカメ市場を分析対象として選んだのは、詳細なデータ収集が正確に行えるためである。もっとも、IT時代の電子機器は、携帯電話、カーナビ、パソコン、DVDなど、1990年代以降に本格的に市場が立ち上がっており、デジカメ市場と酷似していることは明記しておく必要がある。これは偶然ではなく、使用されるOSの多様化、使用されるマイコンの性能向上、重要な部品となるメモリー容量の増大などといった要素技術・部品市場の発展と相関があるためと推定できる。

最初のデジカメは富士写真フィルムから市場化された。1988年10月、デジカメの1号機であるDSP-1という試作モデルが発表され、その3年後、DSP-100というモデル名で製品化された。当時の価格で68万円と非常に高価であったため、販売数量は限定されていた。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。やはり、352万円という高額のため、特殊な用途にしか受け入れられなかった。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3社、4モデルがデジカメの初期モデルとして位置付けられるものであり、結果的には試作機的な意味合いが強く、また、ハードディス

クの搭載、光学式カメラやビデオ機器の本体を流用するなど、製品の完成度も高くはなかった。当時のデジカメが置かれた外部環境として、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った。デジカメはその性質上、撮った写真を何らかの技術で記録、再生、印刷する必要があり、当時、パソコンの普及率は高くなく、デジカメ市場の形成に適した環境ではなかった。

デジカメの市場形成は、1995年3月、カシオのQV-10という25万画素のモデルによって開始された。価格も65,000円と低く抑えられたため、一気に市場が立ち上がった。さらにこの年、多くのモデルが発売された。カシオの他にも、リコー、富士写真フィルム、オリンパス、コダック、チノン、アップル・コンピュータの計7社が市場参入した。表1はこのようなデジカメ市場における企業・年代別発売モデル数を表す。表から明らかなように、デジカメのモデル数は順調に増加しており、1995年から1997年の3年間に主な参入企業が出揃っていることが示されている。

議論を、デジカメの製品開発の進展に移そう。図1はデジカメ市場における年度別平均画素数の推移を示しており、黒い四角は各年度に発売された全モデ

表1. 企業・年代別デジタルカメラ発売モデル数

会社名	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	総モデル数
富士写真	1	2	4	7	7	9	11	12	53
オリンパス	1	3	5	5	7	13	11	8	53
ニコン	-	-	2	3	4	2	6	7	24
キャノン	-	1	2	3	2	4	9	11	32
ソニー	-	2	4	6	6	11	13	14	56
コダック	1	3	2	3	6	4	3	-	22
リコー	1	5	3	3	3	4	3	2	24
カシオ	1	4	4	3	3	5	7	7	34
サンヨー	-	-	2	3	3	3	3	3	17
エプソン	-	2	1	2	2	1	2	-	10
松下電器産業	-	-	5	1	1	3	2	4	16
シャープ	-	1	3	-	2	1	-	-	7
ミノルタ	-	-	1	1	3	2	5	5	17
コニカ	-	1	2	2	1	-	5	6	17
東芝	-	-	1	2	4	2	3	6	18
京セラ	-	-	1	1	1	1	1	5	10
その他 ³	2	4	3	2	2	12	5	3	33
年度別総数	7	28	46	47	57	79	91	98	453

ルの平均画素数を 95%信頼区間とともに表している。図中、明らかなように、デジカメの画素数は確実に増え続けている。1995年の発売当初の25万画素から、2002年には、製品化されたデジカメの平均画素数は300万画素を越えており、最高画素数のモデルでは1000万画素を越えるものまで製品化され、今後もいっそう、画素数は増加する傾向にある。一方、図には記載されていないがローエンドモデルも製品化が続いており、たとえば、2001年度でも、富士写真フィルムは30万画素の小型ローエンドモデルを製品化している。このような低画素数のデジカメの用途を調べてみると、写真シール作成専用デジカメや、超小型デジカメ、1万円を切るような低価格製品など、製品の多様化が顕著に現れている。つまり、ハイエンドモデルは画素数の競争、ローエンドモデルはニッチ市場となり、市場全体としては高画素数・多様化傾向が強い。デジカメ市場は、毎年、順調に拡大しており、2001年には1500万台を越える市場となっている。

デジカメ市場は成長段階にあり、今後も市場拡大が続くことが予想できる。このような背景を持ち、デジカメのドミナント・デザインは、1995年に確立された。液晶モニター、ファインダー、メモリー、CCDなどから構成されるデジカメのドミナント・デザインはこの年に決まったのである。本稿では1995年以降を分析範囲として議論を進める。

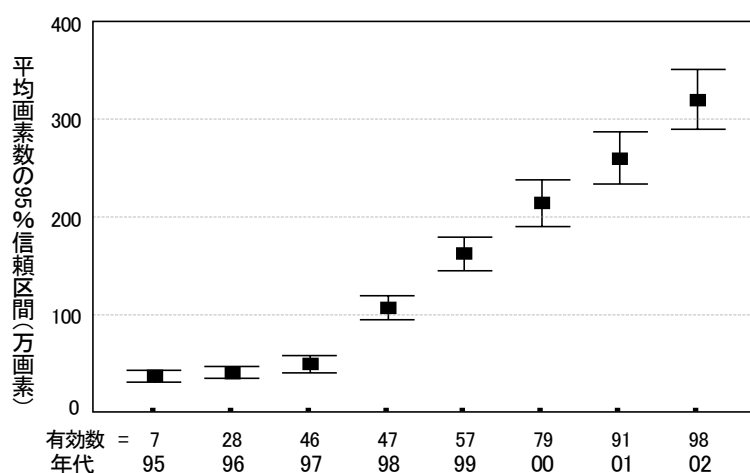


図1. デジタルカメラの年代別画素数の推移⁵

4 システム・アーキテクチャのダイナミクスの分析

本項では、分析フレームを設定し、システム・アーキテクチャは実際にどのようなダイナミクスを持って変化しているのかという分析を行う。まず、デジカメの基本機能を明確に分類するとともに、1995年から2002年までに発売された全デジカメ453モデルの基本機能データを収集した。次に、収集したデータを企業・年代・機種別に、基本機能データとともにデータベース化し、このようにして作成したデータベースを基に、分析に必要な機能をソフトウェア、ハードウェアに関する項目として分類した。全てのモデルについて、その機能がモジュール化、オープン化されているかどうかを判定し、データベースを再構築した。最後に、このデータベースをもとに、システム・アーキテクチャのダイナミクスを観察できるよう、各モデルのモジュール化、オープン化の度合いを、ハードウェア、ソフトウェアに関する軸を設定し、プロットすることにより、各年に製品化されたデジカメがどのようなアーキテクチャを有しているのか、また、どう変化しているのかを可視化できるようにした。以下、このような分析枠組みにしたがい分析結果を考察する。

4-1 基本機能分類

デジカメのシステム・アーキテクチャのダイナミクスを検討する上で、その分析対象となる製品の特徴、すなわちデジカメの基本機能を明確にしていく。まず、デジカメのドミナント・デザインは、1995年に確立されたことは既に述べた。この点について、再検討していこう。あるイノベーションによってもたらされた製品について、標準化が目指され、製品の性能・規模・費用を基にした競争が始まるとき、ドミナント・デザインが確立されたとみなすことができる(Utterback [1994])。つまり、ドミナント・デザインは所与のものではなく事後的に観察されるべき性質を有している。デジカメの場合、1988年にコンセプトモデルが発表されており、その後、1991年に本格的に製品化された。1995年に製品化された7社のモデルは、光学式ファインダー、メモリー、CCDによる画像処理、バッテリーによる駆動と、基本的な製品構成は共通するものが認められ、ドミナント・デザインとみなすことができるものである。それでは、このようなデジカメのドミナント・デザインは、どのような基本機

能を選定すれば規定することができるのであろうか。本稿では、客観的な分析を試みるため、使用者側から見て、デジカメとして販売している製品について、その機能が明確に識別でき、しかも全て仕様書や製品説明資料で明示されている12の基本性能について分析を進めていく。まず初めに、1995年から2002年の間に発表された全てのデジカメについて、基本機能を記述したデータベースを作成した。表2はこのようなデータベースを統計処理し、各基本機能についての度数を表したものである。

まず、この表には記載されていないが、全デジカメの平均画素数は198万画素となっている。デジカメに使用される素子の種類はCCDとCMOSの2種類があり、CCDは423機種で、CMOSは30機種で使用されている。データ変換方式とは、画像情報がデジカメに取り込まれるときの変換方式を表し、補色系と原色系に分かれる。177機種が補色系、276機種が原色系となっている。レンズ交換できるものは14機種と非常に少ない。記憶媒体は、390機種が外部記憶媒体（メモリーカード）を使用し、残りの63機種が内蔵メモリーを使用している。また、光学式ファインダーは350機種に採用されている。さらに液晶モニターは408機種で使用されており、電源は283機種が汎用の充電電池を、残りの170機種が内蔵された専用充電電池を使用している。256機種がUSBポートを、209機種がAV端子を、また、21機種でシリアルポートの外部インターフェイスが搭載されている。

表2. デジカメ基本機能の度数表

基本機能	項目0の度数	項目1の度数	基本機能の説明
素子種類	30	423	0:CMOS、1:CCD
変換方式	177	276	0:補色系、1:原色系
レンズ交換	439	14	0:レンズ交換不可、1:レンズ交換可能
記憶媒体	63	390	0:内部メモリー使用、1:記憶媒体使用
ファインダー	103	350	0:ファインダー無、1:ファインダー有
液晶モニター	45	408	0:液晶モニター無、1:液晶モニター有
電源	170	283	0:専用電源使用、1:汎用電池使用
USBポート	197	256	0:USBポート無、1:USBポート有
AV端子	244	209	0:AV端子無、1:AV端子有
シリアルポート	432	21	0:シリアルポート無、1:シリアルポート有

有効サンプル数：453

4-2 システム・アーキテクチャのダイナミクスの分析

デジカメの基本機能とシステム・アーキテクチャの関連性について詳しい分析を試みよう。まず、画素数はデジカメの性能を表すが、デジカメにとって必須機能であり、アーキテクチャの分類に影響を与えないことから分析対象とはしなかった。表2は、その他、10の基本機能の分布を表したものであり、図3はこのような分析結果をもとに、デジカメの製品機能をプロットする空間を規定したものである。ソフトウェアに関連する因子を横軸に、ハードウェアに関連する因子を縦軸に取っている。

横軸は、変換方式、USBポート、AV端子、シリアルポート、記憶媒体という、オープンかクローズかによって表現され得る5つの因子からなるソフトウェア要因軸である。ここでは、外部機器（たとえばパソコン）とデータが標準化された規格でやり取りできる場合がオープンとなる。たとえば、USBやAV端子、シリアルポートは標準化された規格であり、また、CFカードなどの記憶媒体は、パソコンへもそのまま共有して使用できる。また原色系か補色系かというのも明らかにソフトウェアに関する規格であり、データは比較的加工されずに出力される原色系をオープンとした。

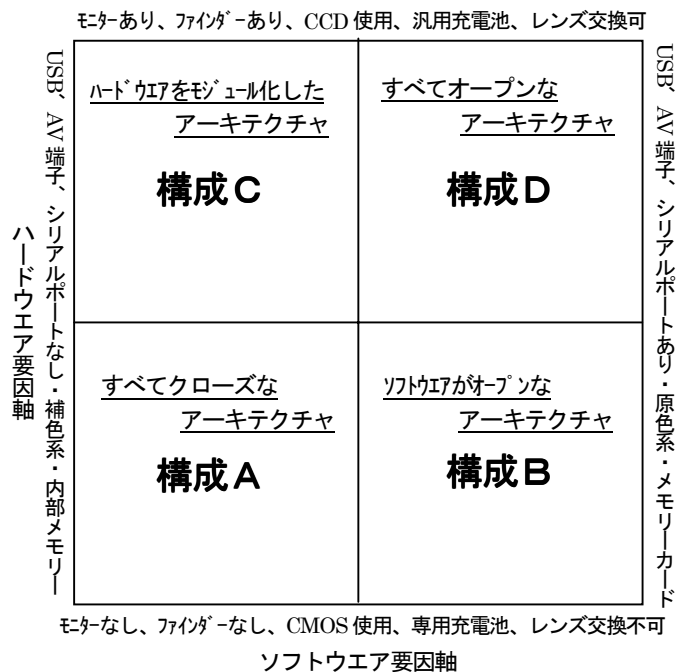


図3. 因子空間の規定

一方、縦軸は素子種類、ファインダー、モニター、電源、レンズ交換という5つの因子からなるハードウェア要因軸である。それぞれの要因ごとに見ていくと、現在のデジカメではCCDとCMOSの2種類の素子が使用されているが、CCDは光情報を電子情報に変換する際、微弱な信号を増幅して記憶する回路などとともに複合化され、モジュールとして搭載される。したがってCCDを使用している場合をオープン、それに対し単体として使用されるCMOSを使用している場合をクローズと判断した。ファインダー、モニターについてはモジュールとして市場化されている場合が多く、使用されている場合をオープンとした。電源は特殊な回路を必要とする専用充電電池を使用する場合をクローズ、一次電池も併用できる汎用の単3型充電電池を使用する場合をオープンと規定した。レンズについては、規格品の交換レンズが使用できる場合をオープンとし、他の場合をクローズとした。

こうして構成されたマトリクスをそれぞれA、B、C、Dと命名すると、構成Aは、ハードウェア、ソフトウェアともに、オープンな項目が2つ以下、つまり、半分以上の因子がソフトウェア、ハードウェアともにクローズであるデジカメを表す。構成Bは、ハードウェアはオープンである項目が2つ以下、ソフトウェアは3つ以上の項目がオープンである構成となる。構成Cはハードウェアの3項目以上がオープンとなり、ソフトウェアは、2項目以下がオープンである組み合わせの構成となる。構成Dはハードウェア、ソフトウェア

	基本機能	機種A	機種B	機種C
ハードウェア因子	レンズ交換	0	0	0
	素子種類	1	0	1
	ファインダー	1	1	1
	液晶モニター	0	1	1
	電源	0	1	1
	指数	0.4	0.6	0.8
ソフトウェア因子	記憶媒体	1	1	1
	変換方式	0	0	1
	USBポート	0	1	1
	AV端子	0	0	1
	シリアルポート	0	0	0
	指数	0.2	0.4	0.8

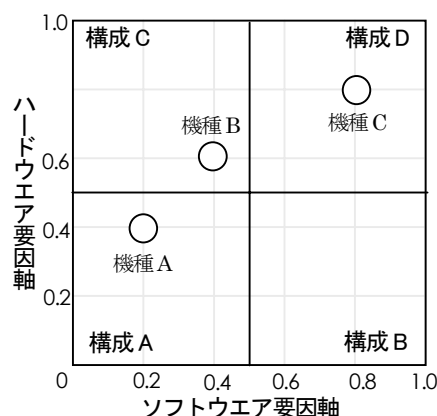


図4. システム・アーキテクチャの変遷

ともに、オープンな項目が3つ以上となる構成である。すなわち、ハードウェア、ソフトウェアを構成するそれぞれ5項目のうち、クローズの項目、オープンの項目、どちらが多いかで4つの構成に分離したものが図3となる。

このように規定した空間上にデジカメ各機種をプロットし、どのようにシステム・アーキテクチャが変化しているのかを調べていくことにしよう。まず、図4に例を示す。デジカメの各機種は、基本機能ごとにハードウェア因子とソフトウェア因子に分離され、それぞれオープンになる因子数によって指数を計算した。たとえば、図中、機種Aでは、ハードウェア因子のうち、オープンとなる項目が2つあるので、指数は、 $2/5=0.4$ となる。同様に、ソフトウェアの場合、1項目のみがオープンとなるので $1/5=0.2$ となる。このようにして機種A、B、Cをプロットすると図4の右側のような図になる。以降、本稿ではこのような枠組みでシステム・アーキテクチャについて調べていくことにする。

ハードウェア要因、ソフトウェア要因を別々に取り出して年代別に推移をみたものが図5である。図5は横軸に年代を取り、縦軸にはオープン・クローズ指数として先述した5要因のうちオープン化した項目数の比率の平均値を取っている。この図より、ハードウェアとソフトウェアの性質の違いが理解される。本稿では、デジカメの機能をソフトウェア、ハードウェアに関するものに

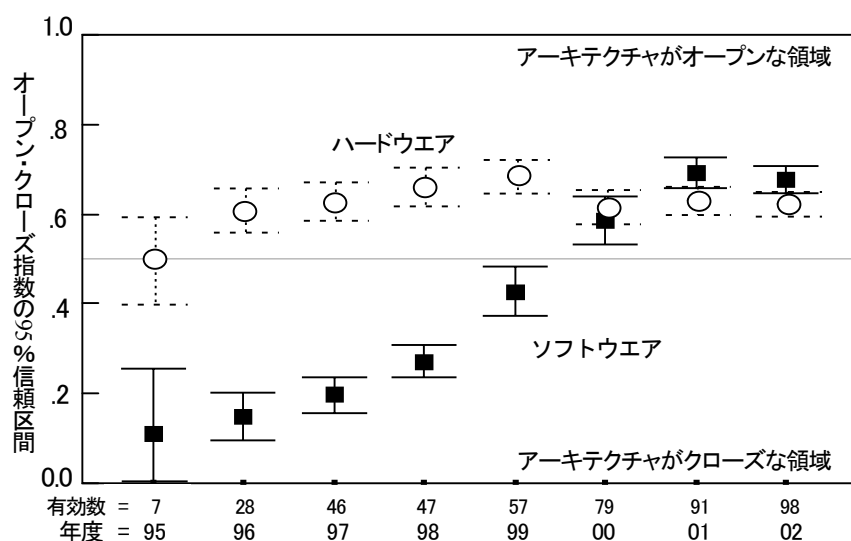


図5. ハードウェア、ソフトウェアのオープン化率推移

分類し、それぞれの機能がオープンかクローズで製品のアーキテクチャをシステム・アーキテクチャと表現し、そのダイナミクスを分析しようとしている。一般化のために、半分以上の機能項目がオープンとなったとき、すなわち、指数が0.5を上回った場合をオープン、下回った場合をクローズとした。ここで、ソフトウェアとハードウェアでは根本的に性質が異なることを明記しなければならない。ソフトウェアのオープン化は他の機器との結合性、互換性を表しソフトウェアのモジュール化を意味することではない。それに対し、ハードウェアの機能のオープン化は、その機能を有するモジュールの使用、すなわちモジュール化と密接に関係しているという点である。ただし、ソフトウェアのオープン化に伴って、使用される部品、たとえば、USB や AV 端子のコネクターなどにはモジュール化された部品が使用されるため、モジュール化の進展と無関係ではない。ここでは、ハードウェア、ソフトウェアのオープン化はモジュール化と密接に関連していると捕らえることにする。改めて図5を見てみよう。まず、ハードウェアは、0.4 から 0.7 という狭い範囲のなかで指数を変化させているのに対し、ソフトウェアは基本的にクローズからオープンへとなだらかに推移している。このような違いを示す原因は、デジカメのモデルの機能を細かく観察することによって推察できる。まず、ハードウェア要因、たとえば、CCD か CMOS か、専用電池か汎用電池か、ファインダーと液晶モニターの使用の組み合わせ方など、さまざまな機種が開発されていることと関連している。すなわち、小型・軽量化、コストダウンのために、擦り合わせかモジュール化か、あるいは、外部調達か内部設計かという選択が常に行われるために、オープン化の進展に関して一進一退が繰り返されていることが考えられる。一方、ソフトウェアは、いったんソフトウェアが開発されると再利用にはコストがかからないことから、仕様はできるだけ変更せず、追加していくことが示されている。1999 年を境に、クローズからオープンへと変化しているが、これは、USB や AV 端子などがパソコンに標準仕様として導入されたことに起因している。しかしながら、シリアルポートなど一部の機種にしか採用されない規格も存在しているため、指数としては0.8以下で推移している。

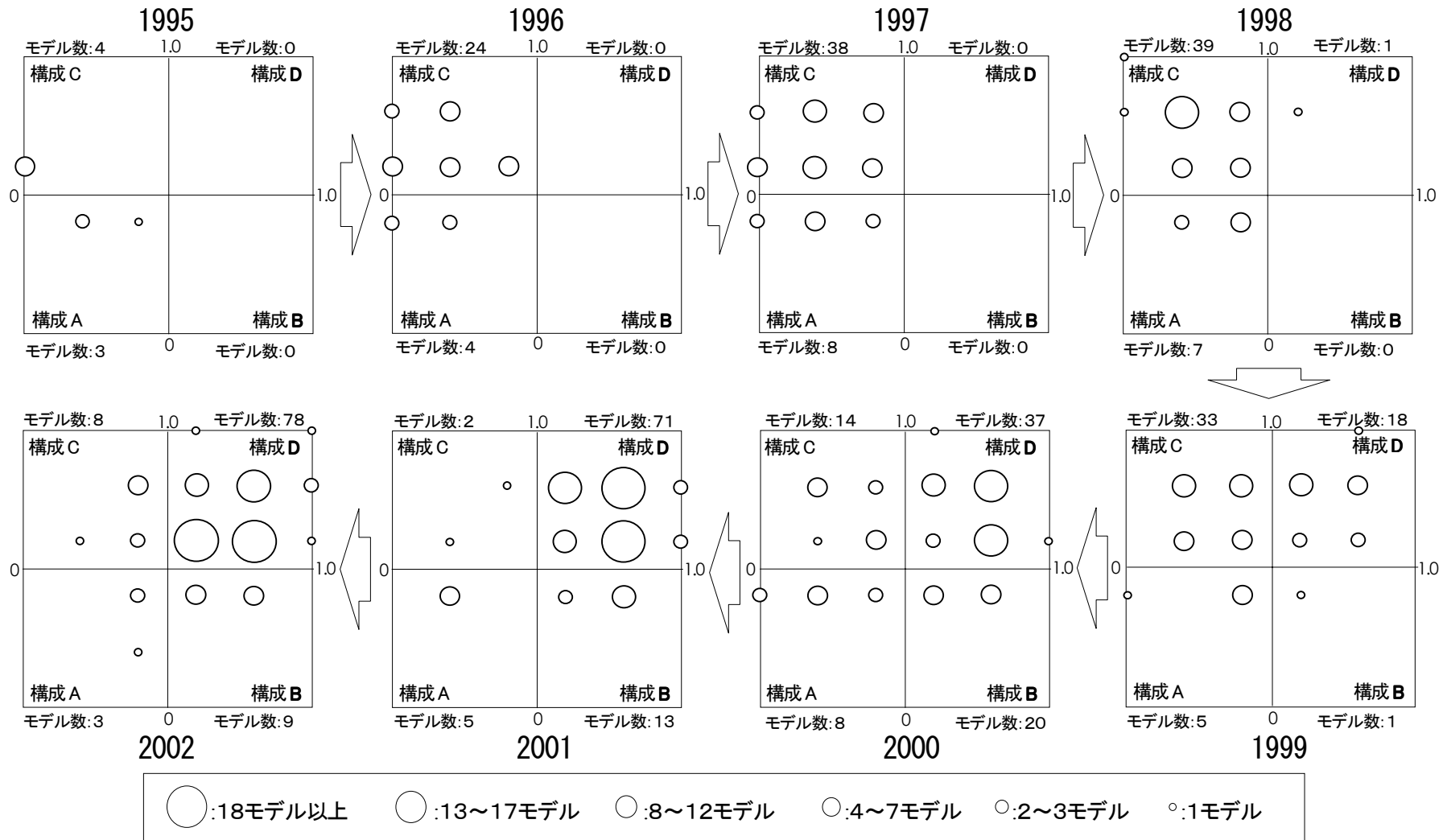


図6. デジカメのシステム・アーキテクチャ年度別変遷

次に、デジカメのシステム・アーキテクチャがどのように変化しているかを調べるため、ハードウェア要因を縦軸に、ソフトウェア要因を横軸に、年代別にプロットした結果を図6に示した。図中、各象限に示された数字は、その構成に相当するモデル数を表しており、丸印はそのモデルの機能、すなわち、システム・アーキテクチャを表し、その丸印の大きさはそのアーキテクチャに対応するモデル数を表している。たとえば、大きな丸印ほど、そのアーキテクチャに対応するモデル数は多いということになる。

まず1995年、デジカメのシステム・アーキテクチャは構成A、Cから始まった。その後、構成Aのアーキテクチャを持つデジカメは1997年の8モデルまで増え続け、構成Cのデジカメは、1998年の39モデル数まで増え続ける。構成Dのデジカメは1998年に現れ、その後、急速にモデル数を増やし続け、2002年には78モデルに至っている。構成Bについては、1999年に1機種が現われ、2000年の20モデルをピークに、その後、モデル数を減らしている。要約すると、構成A、Cで始まったデジカメは、その後、モデル総数は増え続けるとともに、構成Dに収束していく。さらに、1999年以降、構成Bのモデル数が増加している。

図6のシステム・アーキテクチャの年代別推移について、その特徴を改めてまとめると：

- ・産業全体で構成Aから構成Cを経て、構成Dへ移行している。
- ・構成Bは、構成Dの増加と同調して数が増えている。
- ・特定のアーキテクチャへの同質化が観察される。

以上、3点が明確になった。それぞれを考察していこう。

まず、デジカメのシステム・アーキテクチャは大きく変容している。しかしながらその変化は緩やかであり、毎年、急激に変化するような傾向は示さない。変化の方向性は、図5、図6より、ハードウェア、ソフトウェアともにクローズな構成Aより始まり、両者ともにオープンな構成Dへと向かう。その過程は、まず、ハードウェアとして液晶モニター、ファインダー、CCDといった市場調達が可能なモジュールを組み合わせることによって、ハードウェアのオープン化を進め構成Cへと進み、その後、少しずつソフトウェアがオープン化し、構成Dへと向かう。図5からも分るように、ソフトウェアは一度、オープ

ン化されるとその傾向は続くため、構成 D から構成 C への変化は見られないが、ハードウェアは、図 5 から分るように、小型・軽量化や素子の変更など、差別化のための設計変更が行われ、モジュール化から擦り合わせが必要なクローズな構成へのより戻しも見受けられる。図 6 から分るように、ハードウェアがクローズな構成 B は 2000 年より構成 D と同調して急激に増えている。具体的には、小型化のための、薄型充電電池の開発や、一眼レフデジカメのための高感度 CMOS 素子、レンズ交換可能な機種、デジタルズーム機能を有したファインダーなど、多くの製品イノベーションがハードウェアから発生し、いったんオープン化した後、再びクローズ化している。

一方で、製品機能の同質化も顕著に観察される。2001 年、2002 年の構成 D への集中度合いが急激に高まっているのは、明らかに同質化である。各参入企業の製品は、たとえば、小型化製品は、薄くするために専用の充電電池が開発され、同様の解像度の液晶モニター、同レベルのズーム機能を持つファインダー、外部出力としての USB ポート、AV 端子、小型外部メモリーなど、機能的な差異はなくなり、各企業の主力製品の同質化傾向は顕著となっている。

4-3 企業の製品開発戦略

さらに分析結果を見てみよう。図 7 は分析対象期間中に製品化したモデル数の多い上位 6 社のデジカメのシステム・アーキテクチャの推移を表したものである。まず、アーキテクチャの推移パターンは複数ある。最も多く見受けられるのは、構成 C→D という変遷であり、ソニー以外の 5 企業は基本的にこのようなパターンを持つ。この C→D という推移について考えてみよう。構成 C は、初期のデジカメでよく見られる構成である。構成 C から市場に参入する企業は分析対象の 6 社のうち 4 社である。デジカメは、携帯電話やカーナビとともに IT 関連機器の代表的な製品であり、テレビやラジオ、白物家電製品と異なるのは、CPU、メモリー、ディスプレイ、メモリーカードなど、IT 関連機器に共通な部品、要素技術の市場がすでに存在していたことである。したがって、デジカメ固有の CCD や CMOS などの受光素子、光学式ファインダーといった部品市場は、要素技術市場の出現とともに水平分業化していることが予想される。

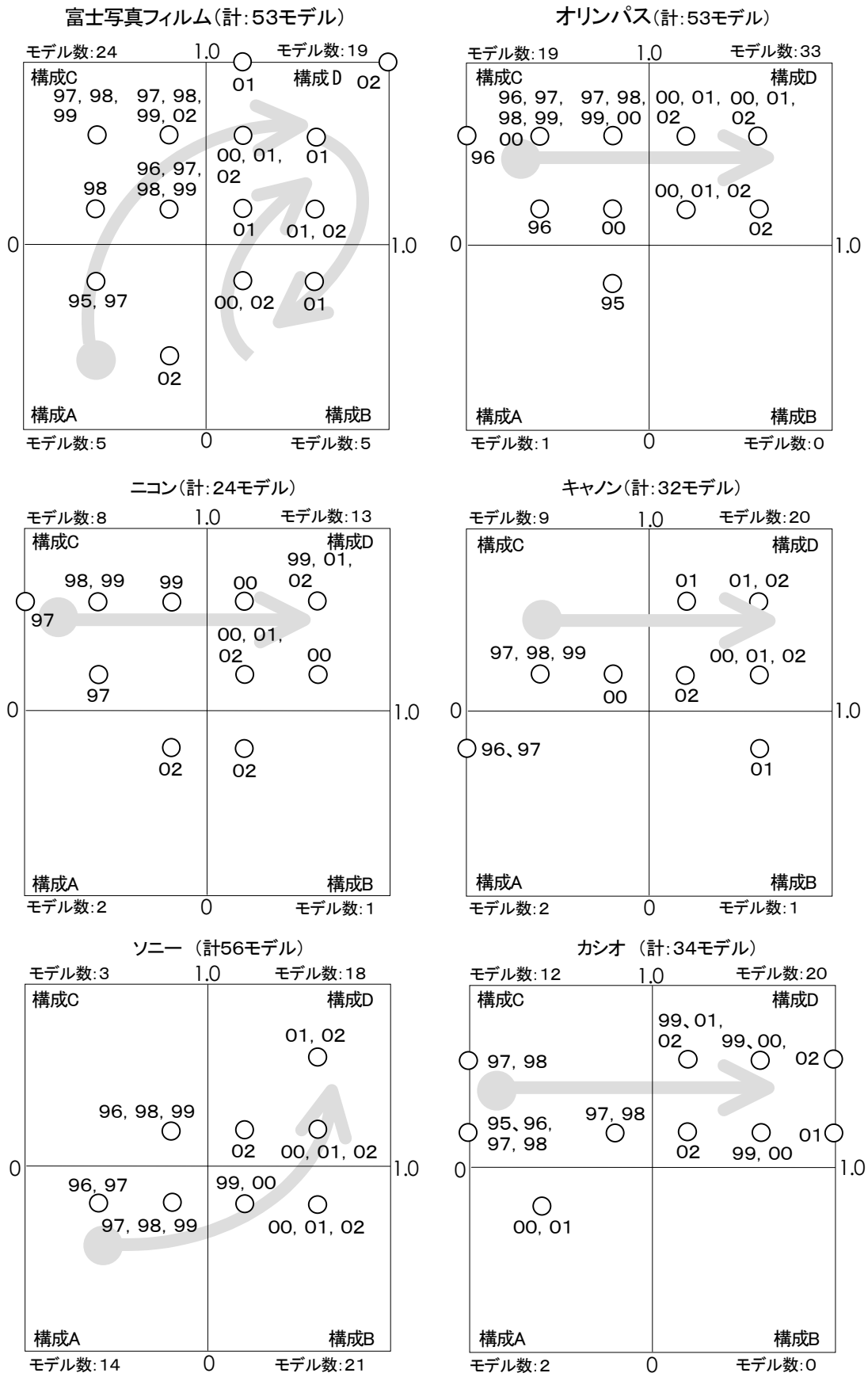


図7. デジカメのシステム・アーキテクチャのダイナミクスの分析結果⁸

ここで、構成 C をあらためて考えてみよう。まず、デジカメに参入した企業は、光学式カメラの企業と電子機器企業であるが、光学式カメラ企業は自社内に電子部品や電子機器の要素技術の蓄積が少なかったために、部品の外部調達、あるいは完成品調達（OEM 調達）を行うことは最も自然な戦略であった。このように、企業独自の製品コンセプトを市場で調達できる部品をもとに実現しようとするのが構成 C である。したがって、構成 C は市場初期に新規参入する企業が取る戦略の一つとなる。

次に、構成 D を見てみよう。構成 D は、全ての企業が最終的に到達するアーキテクチャとなっている。特にソフトウェアの場合、USB ポートや AV 端子といった外部インタフェイスは、汎用パソコンやプリンターとの接続が不可欠であるデジカメの場合、絶対的に必要な機能となり、社会的に共有されたインタフェイス規格への準拠、すなわち標準化は、デジカメの製品設計を行ううえで必須条件となる。このようなソフトウェアのオープン化が起こると、社会的な共有概念の転換が起こらない限り、機能・仕様の変更は起こらないことになる。したがって、図 5 が示すようにソフトウェアのオープン化はなだらかに続くことになり、クローズ化へのより戻しは起こりにくい。こうして、構成 C→D の変化は、市場調達できる部品を利用した製品設計と社会的に共有化されたインタフェイスの採用、ハードウェア、ソフトウェアともにオープン化を目指す方向性を示し、多くの企業が採用することになる。オリンパス、ニコン、キヤノン、カシオの 4 社は、C→D という製品戦略を採用している。

さらに、富士写真フィルム、ソニーのように他の 4 社と比較して、より複雑なアーキテクチャのダイナミクスを示す企業の存在についても検討する必要がある。まず、富士写真フィルムは、前述したように 1988 年に世界初のデジカメを製品化している。しかしながら、量産品としてではなく企業の技術力を試す試作品的な製品であった。1995 年には、初の量産機を発売したが、その後、1997 年までに発売した 7 機種は機能が全て異なっており、試行錯誤を繰り返したことが証明される。たとえば、この間に市場化されたそれぞれの機種は光学式ファインダー、液晶モニター、専用充電機など、それぞれの組み合わせが全て異なっており標準的な機種を模索している。このような経緯により、富士写真フィルムは、構成 A のようにハードウェア、ソフトウェアがともにクローズ

な段階で試行を繰り返すことにより、システム・アーキテクチャの方向性を模索していたと予想される。つまり、1995年より1997年にかけて、擦り合わせが必要な製品開発を行ってきたのである。富士写真フィルムの示すシステム・アーキテクチャの構成A→C→Dというダイナミクスは、デジカメの標準的なアーキテクチャを決めるドミナント・デザイン創造の過程が構成Aとなり、液晶モニター、光学式ファインダー、CCDといった標準的な機能をデジカメの必要機能として部品市場が形成される構成Cの段階、さらには、社会的に共有されるインタフェースが確立され、その機能を付与した構成Dへと進むベクトルを示している。すなわち、富士写真フィルムはデジカメのアーキテクチャの変遷を実践してきたのである。さらに、富士写真フィルムは、2000年以降、ハードウェアについて、モジュール化されたアーキテクチャに手を加え、図7中、構成Dと構成B間を行き来する擦り合わせによる製品改良を加えている。このように富士写真フィルムは、デジカメ市場の形成のためにさまざまな機種を開発しながら、結果的にハードウェア、ソフトウェアともにオープンなアーキテクチャへと製品開発を進めており、さらに、オープン化したハードウェアの機能も再度、クローズ化させながら製品を進化させている。

ソニーのシステム・アーキテクチャの変化も他のデジカメ企業と全く異なっている。図7より、ソニーの製品開発の特徴は2点、考えられる。まず、ソフトウェアのオープン化を他社よりも早く進めている。1995年より1998年まで、比較的初期のデジカメでは、カメラとしての性能を少しでも向上させため、より高い解像度が期待できる補色系のデータ変換方式を採用する企業が多かった。補色系では、通常、4色のフィルターを用いるため、光の透過量が多くなり解像度が高く設定できるという一般的な性質を利用したものであった。一方、補色系ではデータの演算が複雑、すなわち難易度の高いソフトウェア開発が必要となり、使用するレンズ、CCDなどとの組み合わせによりソフトウェアをモジュール化することが難しく、結果的に、綺麗な発色を実現するのが難しい方法といわれてきた。ソニーはデジカメの主要部品の一つであるCCDを内製化しており、当初より原色系にこだわることにより、解像度よりも綺麗な発色やソフトウェアの標準化に努めてきた。また、USBやAV端子といった外部インタフェースも早くから取り入れ、ソフトウェア機能のオープン化を優先させて

きた。ソニーの第2の特徴はハードウェア開発である。ソニーはデジカメ企業の中では最も製品プラットフォーム指向を計画的に進めている。たとえば、二つの製品シリーズを持ち続け、フロッピー・ディスクやCDといった汎用的な記憶媒体への書き込みを行うMVCシリーズとメモリースティックといった小型記憶媒体を用いるSVCシリーズの2つを1995年のデジカメの誕生以来、進化させ続けている。このように、他社にない記憶媒体を使用し、小型化、デザイン性の追及を目的として、多くの機種は専用開発された充電電池を使用するなど、ハードウェアのオープン化はなかなか進めることができなかった。このようにソニーでは自社の強みとするCCDの技術を生かすことにより製品市場の初期の段階より原色系フィルターのみを採用し、外部インタフェースのオープン化を進めることにより、IT機器の製品開発では最も開発費用のかかるソフトウェアの機能を固定する一方、ハードウェア部分はオープン化を進めるよりも、特徴とするデザインや小型化を優先するためにオープン化が遅れた。この結果、システム・アーキテクチャはA→B→Dという経路を持つことになった。

4-4 システム・アーキテクチャのオープン化

デジカメのアーキテクチャのダイナミクスを年度別、企業別に分析してきた。本項では、システム・アーキテクチャの構成比率の推移とデジカメの重量の年度別推移という二つの指標を用い、オープン化の進展について議論する。

最初に、図8に年代別構成比率の推移を示す。この図は、図6に示された構成比率を年度ごとにプロットしたものである。この図をもとにシステム・アー

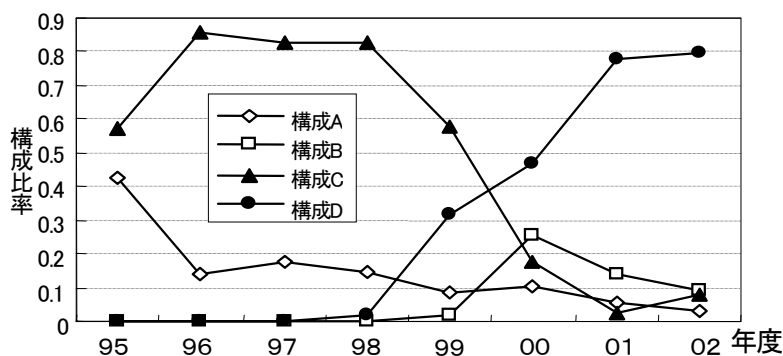


図8. システム・アーキテクチャの構成比の推移

キテクチャのダイナミクスについて考察を加えよう。まず構成 A は、1995 年からごく少数販売されてきた構成である。ハードウェアとしては、液晶、光学式ファインダーのいずれかが使用されており、メモリーは内蔵され、ソフトウェア面から見ると、ごく少数の機種で RS232C などのシリアルインタフェイスが付随している以外、インタフェイスは装備されていない。ほとんどの機種で補色系フィルターが用いられており、結果的に、ハードウェア、ソフトウェアともにクローズな構成であった。次に、構成 C は、カシオの QV-10 に代表される初期のデジカメに多く見られる構成で、単 3 電池が使用され、液晶、光学式ファインダーの両方を備えるタイプのデジカメである。ハードウェアはすでにオープンな構造を取っていたが USB 等のインタフェイスは使用されておらず、また画像の保存形式は標準とされる JPEG フォーマット以外のものも多く、ソフトウェア面からはクローズであった。非常に多くの機種が構成 C に相当する。構成 D は、1999 年以降に登場する。構成 C と構成 D の最も大きな違いは、ソフトウェア面である。特に、インタフェイスは 1999 年以降、RS232C に代わり USB が多く使用されるようになり、デジカメでも一気に採用が進み、2000 年には、ほぼ標準的な仕様となった。現在のデジカメはほとんどがこの構成 D に属する。すなわち、液晶モニター、光学式ファインダー、外部メモリーと言ったハードウェアと、原色系フィルター、USB や AV 端子などのインタフェイスを備えた機種が構成 D に相当する。構成 B は、比較的、新しい構成となる。ここでは、キャノンの一眼レフタイプのように、CMOS を使用するタイプや、小型化のために専用充電池を使用するような非常に複雑な構造を持った擦り合わせ型の製品が相当する。

あらためて図 8 を見てみよう。デジカメのアーキテクチャの推移は、1999 年までは構成 A と構成 C が、2000 年を境に構成 D が支配的になっている。構成 B については 2000 年に増加するが、その後、減少する傾向にある。このような推移を示す理由として考えられる要因はいくつか考えられる。まず、デジカメにとって重要な要素技術はいくつかあるが、レンズの技術はすでに光学式カメラで培われており、むしろ重要となるのは、光信号を電気信号に変える CCD の技術、映像のモニタリングのための液晶技術、映像情報を保存するメモリー技術などの主要となる要素技術市場はすでに存在し、ハードウェアの設

計は比較的容易に小型・軽量・薄型化ができたのではないかという点である。すなわち、デジカメ産業の場合、ハードウェアのオープン化は比較的、短期間に進められたのではないかという推定できる。その説明として：

- (1) 1995年のデジカメの第1号機の市場化から2年後の1997年には、すでに20社以上の企業が参入している（表1参照）。
- (2) デジカメの性能を端的に現す画素数（解像度）の推移は、発売以降、極めてバラツキが少なく推移している。すなわち、少数のCCDの供給企業がデジカメ産業に技術を提供していると推定される（図1参照）。
- (3) 2000年には、デジカメのアーキテクチャは構成Dに固定化してきており、同質化競争に入っている（図6、図8参照）。

上記のように、本稿で取り上げたデータは、ハードウェアのオープン化が短期間で推移したことを示している。

このようなオープン化の急速な進展を示す裏づけとして図9にデジカメの平均重量の推移を示す。この図は、1995年のデジカメの市場化以降、小型・軽量化は少しずつ進展していることを示すが、1996年以降、2002年まで軽量化の程度は約50gであり、これは、7年間で15%程度の軽量化しか進められていないことを示しており、言い方を変えると1996年には既に、現在使用されている液晶やCCD、充電電池、メモリーといった主要要素技術が市場化されデジ

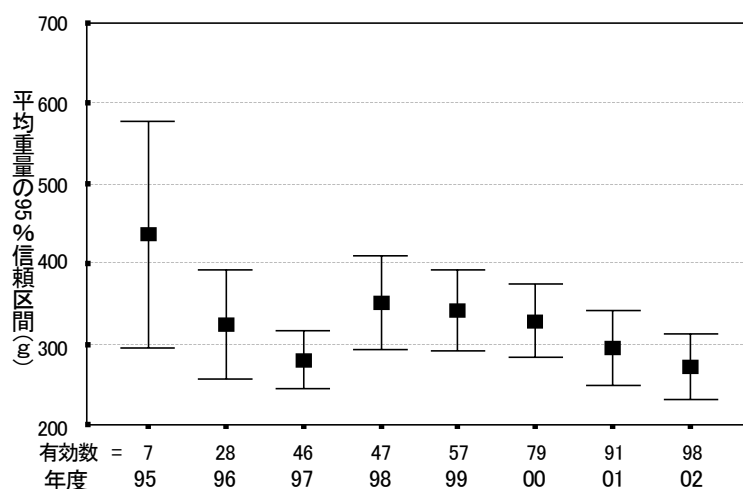


図9. デジカメの平均重量の年度別推移

カメラに使用されていたことを示している。すなわち、オープン化と関係のあるモジュールの使用はすでに1996年ごろ、デジカメの初期の段階で始まっており、多くの企業はモジュールの市場調達を行うことでデジカメ市場への参入を行ったと想定される。以上、本項で議論したデジカメのオープン化については、ハードウェアのオープン化はデジカメの市場化後間もない1996年度に始まっていること、また、ソフトウェアのオープン化はハードウェアより遅れ、2000年まで遅れたことが示された。

5 まとめ

本稿の締めくくりとして、デジカメのケースを基にシステム・アーキテクチャのダイナミクスのモデル化を試みよう。製品のアーキテクチャは、製品機能の面からインテグラルかモジュラーかという分類、また、製品の開発・生産における他組織との連携という観点より、オープンかクローズかという分類ができる(藤本 [2001])。しかしながら、IT機器のように、ソフトウェアがハードウェアに高度に統合されるシステムを分析するには、いくつかの問題点を指摘しうる。たとえば、あるシステムを構成するハードウェアはクローズ、ソフトウェアはオープンという構造を取るとすると、システム全体としては一体どちらの構造となるのか判明しない。このように、システム化された製品を分析するには、オープンかクローズかという製品アーキテクチャの分類だけでは不十分である。本稿ではこのようなソフトウェアの関わり方について、システム・アーキテクチャという新しい分析枠組みを提案してきた。ここで言うシステム・アーキテクチャとは、ハードウェアとソフトウェアのアーキテクチャの組み合わせによって規定されるシステムの性質、と定義する。本稿では、ソフトウェア、ハードウェアの製品アーキテクチャをそれぞれX、Y軸に取り、オープンかクローズかという分類を行い、システム・アーキテクチャの分類をマトリクス化してきた。ここで、オープンとは、製品構成要素間のインタフェースが企業を超えて業界レベルで標準化した製品を指し、クローズとはインタフェースの設計が1社内で閉じている状態を示す(藤本[2001])。図中、システム・アーキテクチャは、ソフトウェア、ハードウェアがそれぞれオープンかクロー

ズかという組み合わせによって4つに分類されている。

それでは、デジカメのシステム・アーキテクチャを見てみよう。デジカメ産業では、構成Aから構成Dへという、ハードウェア、ソフトウェアを共にオープン化するベクトルが存在することを示してきた。図10は、本稿で分析してきたシステム・アーキテクチャの枠組みを用い、実際に企業が行った製品開発戦略とはどのようなものか、①から④までの4つのベクトルを用いて示している。このように異なったベクトルが存在するのは、企業が異なった製品開発戦略を有するためと考えることができる。それぞれのベクトルについてその特徴をまとめてみよう：

- ① 新規市場創造型参入パターンである。構成Aは市場導入期に企業が用いるアーキテクチャである。市場が成熟していないため、ハードウェアを構成する部品・デバイス市場は存在せず、既存製品、あるいは、専用設計部品・モジュールをソフトウェアと組み合わせる擦り合わせを主体としたアーキテクチャとなる。先行企業は必然的にこの構成Aを経験する。その後、市場の拡大とともに立ち上がった部品市場から部品を調達し、ハードウェア、ソフトウェアの順にオープン化していく戦略である。
- ② 後発追い上げ型参入パターンである。先行企業による製品のドミナント・デザインの形成を確認しつつ市場参入を行う戦略である。構成Cは、市場調達が可能な部品やモジュールを組み合わせる市場成長期初期のアーキ

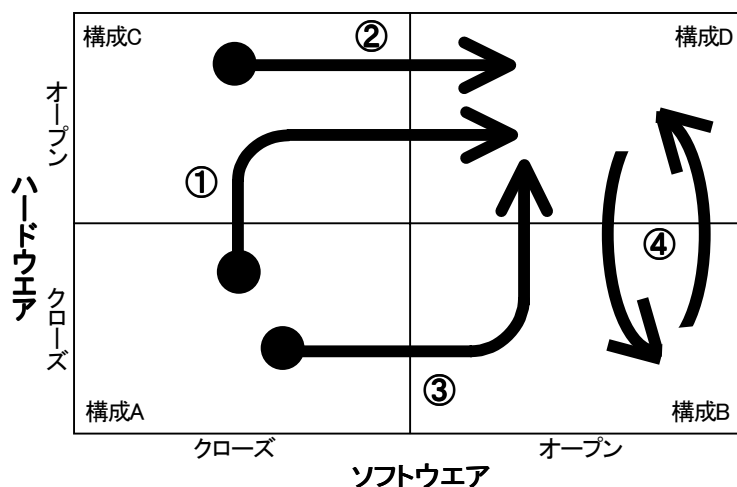


図10. システム・アーキテクチャのダイナミクス

テクチャである。その後、ソフトウェアを再利用し、さらには、外部インタフェースなどの規格の成立、補完財市場の立ち上がり具合などを確かめながらソフトウェアをオープン化していく戦略である。

- ③ 独自市場創造型参入パターンである。市場導入期に擦り合せ型の製品開発が要求される構成Aを経験するという点では新規市場創造型参入パターンと同じであるが、その後、社会的認知を前提にした規格を設定し、それに沿った製品開発を行う戦略である。市場でのリーダーシップを目的とした戦略となる。近年、IT 関連機器では、市場形成より先にコンソシウムなどが設立され、規格化を先行させることも多い。
- ④ 擦り合わせによる改良パターンである。市場成長期には部品やコンポーネント市場の発展による産業の水平分業化が進展する。たとえば、膨大な技術蓄積や設備投資の必要な CCD の生産は限られた企業による寡占供給となっている。このような環境下においては、各企業の主力製品の同質化が進んでいく。価格競争力の確保や製品開発への資源集中のため、EMS などへの生産委託なども多く起こる。このような同質化競争から製品差別化を目指すためには、たとえば小型・軽量化などの目的で専用部品や要素技術の開発を行うようになり、擦り合せ型の構造を再構築することになる。その後、擦り合せ型の構造がオープン化され、このような擦り合せとオープン化を繰り返すことにより製品差別化競争が続く。

以上、デジカメのシステム・アーキテクチャについて分析した結果、4つの戦略パターンによって製品開発が行われてきたことを論じた。最後に、産業全体の分析結果から得られた知見について考察を加える。産業全体では、構成Aから構成Cを経て構成Dへ向かうベクトルが支配的である。言い方を変えると、デジカメのシステム・アーキテクチャは参入企業同士が同質化しながらオープン化していく。このような現象の要因を考察しよう。

まず製品開発の高効率化の要求がある。表1を見てみると、たとえば富士写真フィルムやソニーは、発売以来、年度ごとのモデル数を増やし続けており、同様に各参入企業の製品発売モデル数は、基本的に増加傾向にある。こうした発売モデル数の増加は企業に製品開発の高効率化を要求する。次に、競争の同

質化の問題がある。デジカメに限らず、多くの IT 関連機器産業では、製品は年代とともに高性能化され、競合企業同士が同質化競争を行う場合が多い。本稿の分析でも、図6が示すとおり、毎年、発売されるモデルのアーキテクチャは産業全体で推移し、図1が示すように各モデルの画素数の増加も企業間ばらつきが少なく、たとえば、各種撮影モード、ズーム機能、画素数の切り替え機能などはどのデジカメにも付与され、各社の主要モデルは同質化する傾向にある。このように、デジカメの発売モデル数の増加、製品開発リードタイムの短縮化、製品の高性能化・同質化など、製品開発活動への負担は確実に増している。このような状況に対して、企業はどのように対処しているのだろうか。

今回の分析結果より、ハードウェアは光学式ファインダー、液晶、CCD など、部品・モジュール市場によって比較的、市場初期の段階でオープン化、モジュール化が進展したように思われる。事実、液晶や CCD などのモジュールは、ビデオカメラの部品市場から容易に派生され得るものであった。したがって、図5からも明らかのように、企業はハードウェアの開発にはこのようなモジュール化を進めていくことにより、製品開発の効率化を狙ったことが伺える。ソフトウェアはハードウェアのように単純ではない。ソフトウェアの製品開発の高効率化、たとえば、製品リードタイムの短縮化には、人員増だけでは対応できない。さらに、ソフトウェアはオープンかクローズかという判断は、物理的には行えない。それでは、どのように効率化が図られているのであろうか。近年、デジカメのような機器では、リアルタイム OS⁵⁾と呼ばれるソフトウェアが搭載されている。デジカメの例では、シャッターを押した直後に画像データは JPEG 方式による圧縮計算が行われ、記憶媒体に書き込まれ、同時に液晶ディスプレイに解像度を落として表示されるというように、瞬時に複数の作業が行われるようになっている。このような機能は、リアルタイム OS というオープン・アーキテクチャなソフトウェアにより容易に実現できるようになっている。代表的なリアルタイム OS である ITRON⁴⁾のデジカメへの搭載率のデータは無いが、2000 年時点で 50%は越えていると思われる⁵⁾。このようなリアルタイム OS により、ソフトウェアのモジュール化がより容易になり、ソフトウェアの製品開発リードタイムの短縮化など、高効率化が実現されている。

以上、デジカメのシステム・アーキテクチャは同質化をしながらオープン化

していくことを述べてきた。このようなオープン化のプロセスは、ハードウェア面では部品・モジュール市場が比較的早く立ち上がったため、市場化後の早い段階から市場の水平分業構造が進み、モジュール化された部品が多く使用されることによって進展したことが示された。一方、ソフトウェアは、USBなどのパソコンとのデータ交換のためのインタフェイスの社会的認知や、リアルタイム OS などの普及といった外部環境要因に合わせ、少しずつオープン化していくプロセスが認められた。それぞれの企業の製品開発パターンは、システム・アーキテクチャという分析枠組によって複数存在することを示すことができた。

- 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 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を搭載したモデルも開発されている。
- 3 その他の企業には、アップルコンピュータ、チノン、NEC、ポラロイド、セガ、プラス、ペンタックス、ビクター、三菱電機、トミー、高木産業、タカラ、バンダイ、ニチメン、日立製作所、無印良品、マクセル、ライカ、以上の18社のモデルが含まれる。
- 4 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
- 5 分析対象企業の453機種のカタログ値をもとに、筆者が作成した。
- 6 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。
- 7 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ので、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。このように、素通しのガラスファインダーは光学式ファインダーと区別している。
- 8 分析結果を基に筆者が作成。
- 9 1999年までにデジカメに装備されたのはシリアル・インタフェイスのみであり、そのうちの多くはRS232Cであった。
- 10 JPEG形式は静止画像圧縮技術標準団体である「Joint Photographic Experts Group」の名称がそのままファイル形式の名前になったものである。圧縮を前提として規格されている保存形式で、その圧縮率は1/2から1/100という高い圧縮率を誇っている。デジカメではJPEGは基本的にほとんどの機種で使用されているが、画質の劣化という欠点を持っているため、TIFF、WAVE、J6Sなどその企業独自のフォーマットを使用する機種も、初期のデジカメでは多く見られた。またデジカメは動画録画機能を有している機種も多く、MPEG-1というフォーマットを併用している機種がほとんどである。
- 11 たとえば、カーナビゲーションシステム(カーナビ)では、ナビゲーション研究会というコンソシウムが製品化の前に設立され、参入予定企業はまず、この規格制定に同意した。したがって、カーナビ市場では、初期の製品から、ソフトウェアは社会的認知を受け、参入企業間で、ほぼ互換性が確保されていた。このような例は、欧州の携帯電話企画であるGSMなど、数多くある。
- 12 尾高・都留[2001]によると、情報化が進み、企業間競争が激化している市場において企業は、製品差別化を必死で試みるが競合他社はすばやく追随し、模倣するようになる。特に市場が有望であればあるほど各企業は経営資源を集中投入するため、同質化競争が起こりやすくなる。
- 13 リアルタイムOSとは、外部の変化に追従できるOS(Operating System)をいう。たとえば、携帯で名では、着信があったとき、瞬時に受信音を鳴らし、信号が途切れたら受信音が止まるというような役目を果たす。リアルタイムOSはこのように極めて精度高く時間制御ができるOSを指す。
- 14 TRON: The Real Time Operating system Nucleusであり、そのうち機器に組み込む目的のものがITRONである。ITRONは基本的に無償で使用できるオープン・アーキテクチャなOSであり、すでに多くの機器で使用されている。
- 15 社団法人TRON協会の調査資料は公表されており、2002年の調査結果では、50%を越える日本製情報端末機器でITRONが使用されている。

—文献リスト—

- Baldwin, C and Kim. B. Clark (2000), "Design Rules," MIT Press
- Chesbrough, H.W and David Teece (1996), "When is Virtual Virtuous?: Organizing for Innovation,"
Harvard Business Review, Jan./Feb., pp.65-74
- Child, J and David Faulkner (1998), "Strategies of Co-operation: Managing Alliances, Networks, and
Joint Ventures," Oxford University Press
- Christensen, C. M. (1997), "The Innovator's Dilemma," Harvard Business School Press
- Garud, R. and A. Kumaraswamy (1995), "technology And Organizational Designs for Economies of
Substitution," Strategic Management Journal, Summer Special Issue, 16, pp.93-109
- Henderson, R and Kim B. Clark (1990), "Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing
Product Technologies and the Failure of established Firms," Administrative Science
Quartaly, Vol.35. pp.9-30.
- Iansiti, M (1998), "Technology Integration," Harvard Business School Press
- Rosenberg, N (1976), "Perspectives on Technology," Cambridge University Press
- Rosenberg, N (1982), "Inside the Black Box : Technology and Economics" Cambridge University Press
- Simon, H. A (1969), "The Architecture of Complexity: Hierarchic Systems," The Science of the Artificial,
3rd ed. (1996), Cambridge, MA: MIT Press
- Teece, D.J. (1980), "Economies of Scope and The Scope of The Enterprise," Journal of Economic
Behavior and Organization," 1, pp.223-247
- Utterback, J. M. and W. Abernathy (1975), "A Dynamic Model of product and Process Innovation,"
Omega, Vol3 No.6, pp.639-656.
- Utterback, J.M (1994), "Mastering The Dynamics of Innovation," Harvard Business School Press
- Wheelwright, S.C., and K.B. Clark (1992), "Revolutionizing Product Development," The Free Press, New
York, NY.
- Williamson, O.E. (1985), "The Economic Institutions of Capitalism." New York : Free Press
- 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
- 青島矢一・武石彰 (2001) 「アーキテクチャという考え方」 『製品・組織・プロセスの戦略的

設計—ビジネス・アーキテクチャ』有斐閣

青島矢一 (2003) 「産業レポート - デジタルスチルカメラ」 『『一橋ビジネスレビュー』第
51 巻第 1 号』

青島矢一 (2003) 「ビジネスケース - オリンパス光学工業」 『『一橋ビジネスレビュー』第
51 巻第 1 号』

尾高煌之助・都留康 (2001) 『デジタル化時代の組織革新』有斐閣

伊藤宗彦 (2003) 「システム・アーキテクチャとイノベーション - カーナビにおけるソフト
とハードの統合」 『一橋ビジネスレビュー』第 50 巻第 4 号

楠木建・野中郁次郎・永田晃也 (1995) 「日本企業の製品開発における組織能力」 『組織科学』
第 29 巻第 1 号 pp.92-108.

楠木建 (1997) 「システム分化の組織論」 『ビジネスレビュー』第 45 巻第 1 号.

楠木建 (2001) 「価値分化と制約共存」 『知識とイノベーション』一橋イノベーション研究セ
ンター編、東洋経済新聞社.

柴田友厚・玄場公規・児玉文雄 (2002) 『製品アーキテクチャの進化論—システム複雑性と
分断による学習』白桃書房

武石彰 (2003) 『分業と競争 - 競争優位のアウトソーシング・マネージメント』有斐閣

西口敏宏 (1997) 「共生進化の組織間マネージメント」 『アウトソーシングの実践と組織進
化』ダイヤモンド社

西口敏宏 (2000) 『戦略的アウトソーシングの進化』東京大学出版会

延岡健太郎 (1996) 『マルチプロジェクト戦略』有斐閣

藤本隆宏、K.B.クラーク (1993) 『製品開発力』田村明比古訳、ダイヤモンド社

藤本隆宏・安本雅典 (2000) 『成功する製品開発』有斐閣

藤本隆宏 (2001) 「アーキテクチャの産業論」 『製品・組織・プロセスの戦略的設計—ビジネ
ス・アーキテクチャ』有斐閣

藤本隆宏 (2003) 『能力構築競争 - 日本の自動車産業はなぜ強いのか』中公新書