

論 説

製品イノベーションの歴史的展開構造

— ゲーム専用機を事例として —

佐 野 正 博

目 次

1. 分析視点
2. 製品イノベーションにおける差異化, 低コスト化, 集中化
3. 製品の差異化を実現する技術的手段の複数性に由来する歴史的分析の複眼性
4. 互換性維持と差異化のトレードオフ関係と両立可能性
5. 製品イノベーションにおける差異化重視戦略
6. 製品イノベーションにおける互換性維持重視戦略
7. 製品イノベーションにおける両立重視戦略

1. 分析視点

本稿の目的は、トレードオフ関係にある技術的目標への技術戦略論的対応という視点から、製品イノベーションの歴史的展開構造を分析することにある。

第1に取り上げるのは、「新機能実現や大幅な性能向上」という技術的目標と「コスト低減」という技術的目標の間のトレードオフ関係である。旧世代製品にはない新機能の実現や旧世代製品に対する大幅な性能向上の実現には、それを可能にする高い研究開発力や多額の研究開発投資を一般には必要とする。それらなしに、持続的競争優位をもたらすような新機能や大幅な性能向上の実現は多くの場合は困難である。逆に言えば、そうしたコスト負担こそが技術的差異化による持続的競争優位をもたらすのである。したがって製品イノベーションに対しても差異化と低コスト化のトレードオフ関係というポーターの競争戦略論的視点からの考察が適用可能である。

そしてまた製品イノベーションの技術的方向性をめぐる汎用化と専用化、あるいは、モジュラー化とインテグラル化という対立関係が存在するため、製品イノベーションで対象とするターゲット顧客の範囲を広く取るのか、特定範囲に絞り込むのかというポーターの競争戦略論的視点からの考察も適用可能である。

それゆえ技術革新による製品イノベーションに関しても、差異化戦略、コストリーダーシップ戦略、差異化集中戦略、コスト集中戦略という4つの戦略的対応が存在することになる¹⁾。

1) Porter, M.E. (1983) "The Technological Dimension of competitive Strategy," *Research on Technological Innovation, Management and Policy*, Vol.1, p.13 [邦訳: ポーター「競争戦略の技術範囲」『ハーバードで教える R&D 戦略』日本生産性本部, p.177], Porter, M.E. (1985) *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*, Free Press, p.178 [邦訳: ポーター, M.E. (土岐坤訳, 1985)『競争優

第 2 に取り上げるのは、「旧世代製品に対する差異化の実現」という技術的目標と、「旧世代製品との大幅な互換性維持の実現」という技術的目標の間のトレードオフ関係である。旧世代製品との大幅な互換性の維持を図ろうとすると、旧世代製品の技術的構造や技術的インターフェースを大胆に変革するような技術的差異化は困難になる。逆に、差異化のために旧世代製品にはない新機能や大幅な性能向上を実現しようとする、旧世代製品とは異なる新しい技術的構造や技術的インターフェースの採用が一般に必要なため、旧世代製品との互換性維持が困難になってしまう。

しかしながら旧世代製品との互換性維持は、ネットワーク外部性によるバンドワゴン効果や補完財によるバンドワゴン効果の利用に必要不可欠である²⁾。旧世代製品との互換性を維持する、あるいは、維持できるようなイノベーションを技術的に選択することは、そうではないイノベーションを選択する場合に比べて相対的に競争優位を獲得できるのである。

ただし差異化と互換性維持というトレードオフ関係の場合は、差異化と低コスト化というトレードオフ関係の場合とは異なり、製造コストあるいは投下資源の増大を許せば両立可能である。実際、任天堂のゲームボーイアドバンスやソニーの PS2 といった製品の場合に見られるように、差異化のために旧世代機と互換性のない新規モジュールを採用するとともに、互換性維持のために旧世代製品の主要モジュールを内蔵するならば、そうしない場合よりもコストは増大するけれども、差異化と互換性維持の両立が可能となる。

それゆえ、差異化の実現の有無という技術的指標と互換性維持の実現の有無という技術的指標の二つを分類軸として製品イノベーションに対する戦略的対応を、差異化重視戦略、互換性維持重視戦略、両立重視戦略、非互換戦略という 4 類型に区分することができる。

このように本稿では、ゲーム専用機を中心とした具体的な事例分析をもとに、個別製品レベルにおける製品間競争という前者の分析視点、および、製品システムレベルにおける製品間競争という後者の分析視点から製品イノベーションの歴史的展開構造を考察する。

2. 製品イノベーションにおける差異化、低コスト化、集中化

最初に、個別製品に関するイノベーションに際してコストリーダーシップ戦略を取り低コス

位の戦略』ダイヤモンド社、p.223]

2) バンドワゴン効果に関しては、Rohlf, J. H. (2003), *Bandwagon Effects in High-Technology Industries*, MIT Press [ロルフス (佐々木勉訳, 2005) 『バンドワゴンに乗る: ハイテク産業成功の理論』NTT 出版] において FAX など数多くの事例研究とともに理論的に説明されている。ロルフスは、従来の「規模の経済」効果や「規模の不経済」効果の議論が供給サイドの問題に限定されていたのを、需要サイドに拡張し、需要サイドの「規模の経済」効果や「規模の不経済」効果をバンドワゴン効果と呼んでいる。同書の出版は 2003 年と遅いが、ロルフスがネットワーク外部性によるバンドワゴン効果を論じ始めたのは 1973 年頃である。

ト化を相対的に重視するのか、差異化戦略を取り新機能や大幅な性能向上の実現を相対的に重視するのかという技術的選択の問題を取り上げる。

イノベーションにおいてコストリーダーシップ戦略を取れば、画期的な新機能の実現や劇的な性能向上が一般的には困難になる。というのも、新機能や大幅な性能向上を新世代製品において実現することを目標に新規技術開発をおこなう場合には、目標実現を可能とする新素材や新モジュールの開発成功までにかかなりの時間がかかるだけでなく、多額の新規研究開発投資や新規製造設備投資を一般に必要とするからである。

もちろん当該製品セグメントではまだ利用されていないが既に研究開発が終了している既存技術や既存モジュールに基づいて新機能や高性能性を実現する技術的選択肢が採用可能な場合には新規研究開発投資や新規製造設備投資をかなり節約できる。しかしそうした場合でも、競争優位の持続のため模倣困難性を高めようとするればするほど低コスト化が困難になる。

特に組立型製品では、新機能や大幅な性能向上の実現を可能にするための技術（製品技術）と、低コスト化を可能にするための技術（生産技術）が異なることが多いため、少なくとも製品イノベーション初期には低コスト化は困難である。組立型製品では、アッターバックがドミナントデザイン論で論じているように、製品技術に関するイノベーションが先行し、生産技術に関するイノベーションの追求が盛んになるのはドミナントデザインの確立後である。組立型製品では、新機能や大幅な性能向上を可能にするラディカルな製品イノベーションが活発になされる時期と、高品質化や低コスト化を主目標とした生産プロセスに関するイノベーションが活発になされる時期は異なる³⁾。このことは、組立型製品に関するラディカルな製品イノベーションにおいて、ドミナントデザイン成立前には製品技術に関する技術革新（製品イノベーション）による差異化が、ドミナントデザイン成立後は生産技術に関する技術革新（プロセスイノベーション）によるコスト低減が重要であることを意味するものである。

素材型製品や素材型モジュールの場合には、生産プロセスに関する技術革新によって新機能や高性能性の実現が可能であるから、新機能や高性能性の実現と製造コスト低減を両立させたイノベーションの遂行も不可能ではない⁴⁾。というのも、製品コスト低減の実現に多額の新規研

3) Utterback, J.M. (1994) *Mastering the Dynamics of Innovation*, Harvard Business School Press, pp.81-83 [アッターバック, J.M. (大津正和, 小川進監訳, 1998) 『イノベーション・ダイナミクス』有斐閣, pp.107-109]。

4) 半導体モジュールは、多数のトランジスタを組み合わせ、一つの部品に集積することで機能するモジュールではあるが、素材型に分類される。

半導体モジュールのイノベーションの遂行には、多額の新規研究開発費や新規設備費用が必要とされる。しかしながら半導体モジュールは、素材型としての大量生産が可能であるだけでなく、回路線幅の微細化という生産プロセスに関する技術革新によって、半導体回路の高速動作・高集積度化による性能向上・新機能実現という差異化と、シリコン素材の使用量の減少や高集積度化による組立工程数低減という低コスト化の両方を同時に実現することが可能である。

新宅純二郎 (2006) 「技術革新に基づく競争戦略の展開」『戦略とイノベーション』有斐閣, 第4章において、製品の機能向上と価格低下が同時進行している顕著な例として挙げられている電卓、パソコン、デジタ

究開発投資や新規設備投資が必要であったとしても、生産プロセスに関するイノベーションによる製造コスト低減効果や、技術的差異化による製品競争力の増大に起因する販売数量の増大による規模の経済効果や経験曲線効果などにより、新規研究開発投資や新規設備投資のコスト負担を上回るコスト低減を起こしうるからである。ただしそうした場合でも高性能性の実現を犠牲にすることでより一層の低コスト化の追求が可能なが多い。

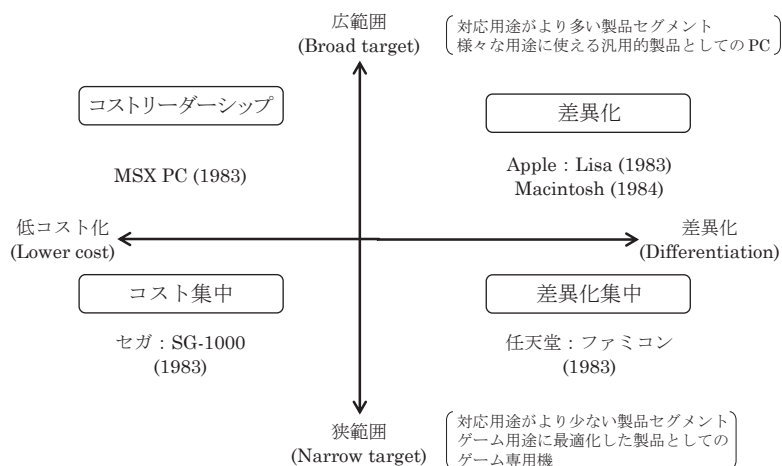
以上のような意味において、イノベーションにおける「コスト低減の徹底的追求」と「新機能や高性能性による差異化の徹底的追求」とは二律背反的である。

また多種多様な用途に利用可能な製品では、製品イノベーションにおいて技術革新の対象を特定の用途に絞り込むのか、絞り込まないのかという視点から、技術開発や製品開発を分類することが可能である。

ターゲット顧客の範囲を絞り込み特定の用途に最適化した技術革新によって相対的競争優位の獲得を目指す技術的選択は、それまで存在しなかった新しい製品セグメントの確立をもたらすことがある。家庭用ゲーム専用機市場という製品セグメントは、まさしくそうした集中戦略に基づく製品イノベーションの結果として構築され維持されてきたものと見ることができる。

ここでは図 1 に示したように、個別製品のイノベーションにおける差異化戦略、コストリーダーシップ戦略、差異化集中戦略、コスト集中戦略という 4 つの戦略に対応する具体的事例として、アップルの Lisa や Macintosh、マイクロソフトとアスキーによって提唱された MSX 規格に基づく 8 ビット PC、任天堂のファミリーコンピュータ、セガの SG-1000 といった 1983 年頃の製品を取り上げて論じることしよう。

図 1 1983-84 年におけるゲーム関連マシンの製品イノベーション戦略の相対的分類



ルカメラといった製品はどれも、半導体モジュールを主要モジュールとして使用している製品である。

アップル、MSX、任天堂、セガの製品イノベーションに関する技術選択の意味を理解するためには、1983年までのPCに関する製品イノベーションの歴史的展開プロセスに関する理解が必要不可欠である。

PC市場セグメントは、1975年にMITSのAltair8800というキット型8ビットPCを先駆的製品として構築された。PCに関する第一のイノベーションは、1977年のアップルのApple IIなど完成品型8ビットPCの製品イノベーションである。PCに関する次の大きな製品イノベーションは、1981年のIBM PCによる完成品型16ビットPCの製品イノベーションである。

IBMは、8ビットCPUとのアセンブリ言語レベルでの互換性を確保しつつ大幅な性能向上を実現したインテルの16ビットCPUの8087を採用することで旧世代機PCとの差異化を実現した⁵⁾。すなわちIBMは、PCの主要モジュールであるCPUに関する技術革新を利用した製品の差異化で競争優位を確保した。その結果としてIBMが世界PC市場における出荷台数シェアを急速に伸ばす一方で、アップルの出荷台数シェアは1982年には1981年の約半分となるなど急激に落ちこんだ。

アップル社によるLisa（1983）やMacintosh（1984）といった新製品の開発はこうした歴史的状況の中で進められたのである。旧世代機に対する差異化戦略的イノベーションで成功したIBMに対抗するため、アップルもIBM PCなどのCUI型16ビットPCに対して差異化戦略的イノベーションで対抗した。

すなわちアップルは製品イノベーションの遂行に際して、IBM PCのキャラクタユーザインタフェース（CUI）に対する技術的差異化を実現するために、コスト増にはなるが、グラフィカルユーザーインターフェース（GUI）を採用した。ただしそうした差異化実現のためには、IBM PCが8ビットCPUとの互換性を重視して開発されたインテルの8087というCPUを採用したのに対して、アップルは8ビットCPUとの互換性を犠牲にすることでより一層の高性能性を追求したモトローラの68000を採用せざるを得なかった⁶⁾。

ソニー、三洋電機、三菱電機、日本ビクター、東芝、松下電器、キヤノン、カシオ計算機、パイオニア、ヤマハといったPC市場で出遅れていたメーカーは、コストリーダーシップ戦略的イノベーションによる競争優位性の確保を狙ってアメリカのマイクロソフトと日本のアスキーが1983年に提唱した低価格PC向けのMSX規格を採用することでPC市場に参入した。

上記メーカーがプログラミング可能で多種多様な用途に利用できる製品としてのPC市場セ

5) CPU（中央演算処理装置）が一度に処理できる情報量を8ビットから16ビットへ倍増させるとともに、CPUのアドレスバス幅を16ビットから20ビットに拡張することでサポートするメモリ空間の大きさを64KBから1MBへと拡大するなど大幅な性能向上を実現した。

6) モトローラの68000という16ビットCPUは、同社の8ビットCPUの6800との互換性はなかったが、そのアドレスバス幅が24ビットであり16MBという大きなメモリ空間をサポートするなど高性能な16ビットCPUであった。

グメントという広範囲の顧客をターゲット対象とした製品イノベーションを追求したのに対し、任天堂とセガは対象用途をゲームに絞り込む集中戦略的イノベーションを採用し、家庭用 TV ゲーム専用機市場セグメントを新たに構築したのである。

セガは、コスト集中戦略を採用し、低価格 PC の MSX と同等の処理性能を確保した上で、対象用途をゲームに絞り込むことで低価格化を追求した。

セガの SG-1000 は、表 1 に示したように、CPU および GPU (画像処理装置) といった主要モジュールに関して、自社の SC-3000 という 8 ビット PC や MSX 規格による他社の低価格 PC とまったく同一のモジュールとすることで、「範囲の経済」効果により製品開発コストの低減を実現するとともに、処理能力に関して低価格 PC と同水準の技術的性能を確保することで、競争優位を確保しようとしたマシンであった。

PC との技術的構成上の主要な違いはキーボードの有無にある。キーボードはプログラミングや文書作成などの用途には必要不可欠であるが、ゲーム用途には必要不可欠というわけではない。そこでセガは、自社の SC-3000 という PC 製品からキーボードを取り除くことで低価格化を実現した SG-1000 というゲーム専用機を開発し 1983 年に発売したのである。

以上のことから SG-1000 は、より狭い範囲にターゲット顧客を限定した上で低価格化を追求することで競争優位を確保しようとするコスト集中

図 2 セガ SG-1000 (1983)



[出典] セガ「セガハード大百科 SG-1000」
<http://sega.jp/fb/segahard/sg1000/>

図 3 セガ SC-3000 (1983)



[出典] セガ「セガハード大百科 SC-3000」
<http://sega.jp/fb/segahard/sc3000/>

表 1 MSX, SG-1000, ファミコンの価格および性能の比較

	価格 (円)	CPU		GPU					
				名称	解像度	色数	スプライト	スプライト数	
MSX	29,800 ~	Z80 互換	TI 社製汎用チップ	TMS9918	256 ドット × 192 ドット	16	8 × 8 ドット	一画面 単色・32 枚	水平方向 単色・4 枚
セガ SG-1000	15,000								
任天堂ファミコン	14,800	6502 互換 (リコー製 RP2A03)	ファミコン専用チップ	PPU (RP2C02)	256 ドット × 224 ドット	56	8 × 8 ドット 8 × 16 ドット	一画面 4 色 64 枚	水平方向 4 色・8 枚

戦略的イノベーションによって開発された製品として位置づけることができる。

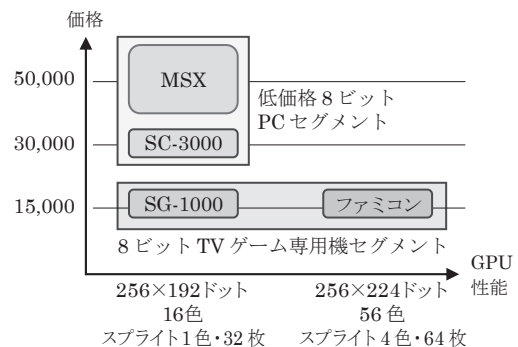
これに対して任天堂は、より狭い範囲にターゲット顧客を限定した上で性能による差異化を追求することで競争優位を確保しようとする差異化集中戦略を採用した製品イノベーションをおこなった。

任天堂のファミリーコンピュータ（以下、ファミコンと略記）は、表 1 や図 4 に示したように、セガの SG-1000 と同じく製品用途をゲームに特化させ文字入力用キーボードを付属させないことで低価格 PC に対する価格優位性を確保した上で、さらに画像処理性能に関しては低価格 PC の MSX やセガの SG-1000 よりも高性能な専用モジュールを新規開発することで競争優位の獲得を実現したものと位置づけられる。

MSX, SC-3000, SG-1000 の画像処理用モジュールは、テキサス・インスツルメンツ (TI) 社の汎用品の画像処理チップ TMS9918 であり、画面解像度 256×192 ドット、同時表示色数 15 色 + 1 色、使用可能なスプライト⁷⁾が 8×8 ドットの大きさと単色・32 個という性能であった。これに対してファミコンの画像処理用モジュールは、新規開発した専用品の PPU (Picture Processing Unit, リコー製 RP2C02) であり、画面解像度 256×224 ドット、同時表示色数 25 色、使用可能なスプライトが 8×8 ドット、 8×16 ドットの大きさと 4 色・64 個というように TMS9918 よりもかなり高性能であった。

このようにファミコンは、MSX や SG-1000 よりもかなり高い画像処理性能を持つことで技術的に大きな競争優位性を持ったのである。またファミコンは、専用画像処理チップを新規開発したが、大量生産による「規模の経済」効果や経験曲線効果による将来的なコスト低減を期待し、本体価格を SG-1000 と同価格帯に設定した。そのことがセガのコスト集中戦略による競争優位の獲得を阻止し、バンドワゴン効果とも相まって、累計販売台数に関して SG-1000 の 150 万台に対して、ファミコンが 6 千万台を超えることに大きく寄与したと考えられる。

図 4 価格と GPU 性能から見た位置づけ



7) スプライトは、ゲーム画面上の登場人物やアイテムといったキャラクタを、処理性能が低い CPU や GPU において高速に表示するための技術である。画面表示させるデータに関して、ゲームの登場人物やアイテムなどゲーム中にその存在位置や表示・非表示を比較的激しく変える小さな情報量の画面データ（スプライト）と、ゲーム中に変化しない背景画面など大きな情報量の画面データとに分離した上でプログラム処理をおこない、キャラクタ・データと背景画面データを画面上で重ね合わせて合成表示をおこなえば、画面表示処理に関わる負荷を低減できる。すなわち、背景画面が固定のまま変化しなければ、背景画面のデータ処理に関する CPU や GPU の負担がなくなり、処理性能の低い CPU や GPU でも多数のキャラクタ・データに対する情報処理作業をスムーズにこなすことができるようになる。

3. 製品の差異化を実現する技術的手段の複数性に由来する歴史的分析の複眼性

2000 年代までのゲーム専用機の世代的発展は、「CPU が一度に処理できる情報量」(以下、CPU のビット数と略記)を基本的分類軸として把握することができる。表 2 で示したように、ゲーム専用機はそれが内蔵する CPU のビット数に関する技術的性能向上を基礎として、8 ビット機、16 ビット機、32 ビット機、64 ビット機の順に基本的には歴史的展開がなされている。

表 2 CPU のビット数を基準とした据置型 TV ゲーム機の製品イノベーションの歴史的展開

CPU 種別	8 ビット		16 ビット		32 ビット		64 ビット		
	先発製品	後発製品	先発製品	後発製品	先発製品	後発製品	先発製品	後発製品 1	後発製品 2
任天堂	ファミコン 1983 年 7 月			スーファミ 1990 年 11 月			N64 1996 年 6 月	GAMECUBE 2001 年 9 月	Wii 2006 年 12 月
セガ	SG-1000 1983 年 7 月		メガドライブ 1988 年 10 月		セガサターン 1994 年 11 月	ドリームキャスト 1998 年 11 月			
ソニー					PS 1994 年 12 月			PS2 2000 年 3 月	PS3 2006 年 11 月
マイクロソフト						XBOX 2001 年 11 月			XBOX360 2005 年 11 月
NEC		PC エンジン 1987 年 10 月			PC-FX 1994 年 12 月				

8 ビット機では CPU が一度の処理で取り扱い可能な場合の数が 2^8 すなわち 256 通りと少なくコマンド処理画面で漢字を取り扱うことが技術的に困難であったが⁸⁾、16 ビット機では CPU が一度の処理で取り扱い可能なアドレス空間が 8 ビット機の $2^8 (= 256)$ 倍となったことで可能になった。32 ビット機では CPU が一度の処理で取り扱い可能なアドレス空間が 16 ビット機の $2^{16} (= 65,536)$ 倍に、64 ビット機では 32 ビット機の 2^{32} (約 43 億) 倍になったことで、高性能な GPU の同時利用により、ポリゴンによるゲーム画面の 3 次元コンピュータグラフィックス処理など、より高度な処理が可能となった。

CPU に関する性能指標としては、「CPU のビット数」という性能指標を基準軸とする以外にも、「CPU が 1 秒間に処理可能な命令の個数」⁹⁾、「CPU が 1 秒間に動作する回数」(動作周波数)、「CPU が 1 度に取り扱い可能なアドレス空間の大きさ」、「CPU コアの数」などの性能指標がある。

8) 一般に漢字は 2 バイト文字として取り扱われている。すなわち、漢字を一文字指定するのに 16 ビットの情報量が必要である。それゆえ、一度に取り扱い可能な情報量が 8 ビットである 8 ビット機では、漢字を CPU の一度の処理動作で取り扱うことができなかった。そのためファミコンのコマンド画面には漢字が登場しない。なお、0 から 9 までの数字の数が 10、アルファベットの小文字と大文字を合わせた数が 48、カタカナやひらがなの数が約 100 であるので、8 ビット機でも数字、アルファベット、カタカナ、ひらがなは一度の処理動作で取り扱うことができた。

9) 本稿では原則として、一秒間に何百万回の命令が処理可能かという MIPS (Million Instruction Per Second) 値を用いている。ただし場合によっては、1984 年に R.P.Weicker が開発した整数演算処理に関するベンチマークプログラム Dhrystone を利用した DMIPS 値を利用している。

CPU が 1 秒間に処理可能な命令の個数を基準として、据置型ゲーム機の技術発展を概観すると図 5 のようになる。CPU のビット数という性能指標による順番と基本的には対応しているが、CPU が 1 秒間に処理可能な命令の個数という性能指標に関して任天堂の 64 ビットゲーム機 N64（1996）よりも高性能な 32 ビットゲーム機が 2 機種存在する。すなわち、N64 に対してセガのドリームキャスト（1998）は約 3 倍、Microsoft の XBOX（2001）は約十数倍も性能が高い。

CPU モジュールだけでもこのようにいくつもの性能指標が存在していることからわかるように、複数のモジュールから構成される製品や、複数の機能を持つ製品は、それぞれのモジュールやそれぞれの機能ごとに多数の性能指標を持っている。

製品イノベーションによる差異化の有無や度合いは、それぞれの機能や性能指標ごとに一般に様々である。ラディカルな製品イノベーションによって単線的な技術発展が生じるわけではない。新機能実現や大幅な性能向上による差異化が実現している技術要素もあれば、逆に機能が失われたり性能が低下したりしている技術要素がある場合もある。技術発展の度合いは機能や性能指標ごとに不均等になることが多いだけでなく、ある性能指標で発展がある一方で別な性能指標で後退がある場合もある¹⁰⁾。そのため製品イノベーションを技術的視点から評価する場合には、そうした多数の性能指標に基づく複眼的視点からの考察が必要不可欠である。

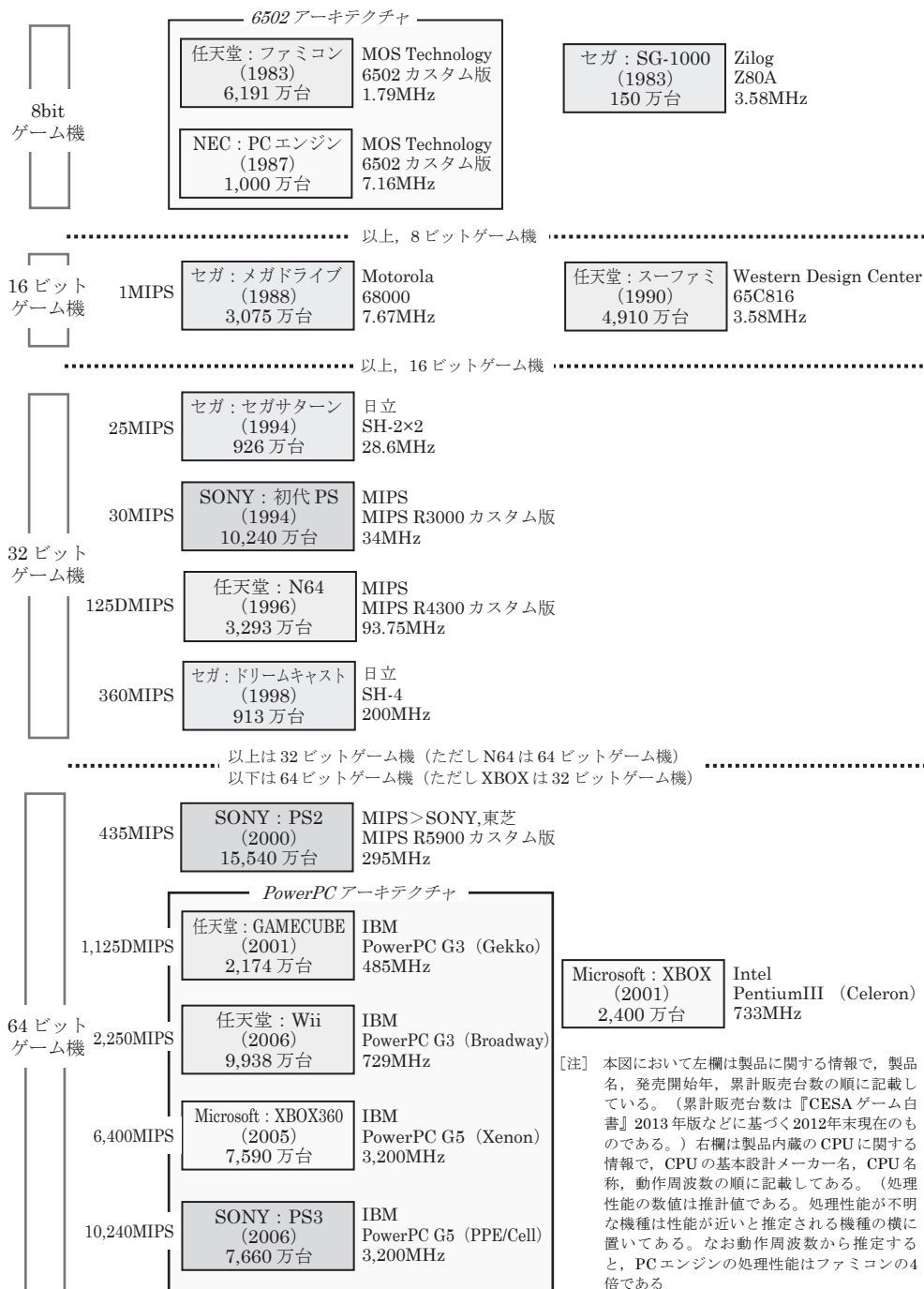
ゲーム専用機を構成するモジュールとしては、CPU モジュール以外に、GPU モジュール、記憶装置モジュール（ロムカセット、CD、DVD、ブルーレイなど）、入力装置モジュール（ジョイスティック、十字キー、音声認識機能モジュール、タッチパネル機能モジュールなど）など各種のモジュールがある。各種のモジュールに対する技術革新による製品差異化の有無や度合いの判断は基準とする技術要素により異なるため、技術革新によるゲーム製品の差異化は技術要素ごとに論じることがまず必要である。

例えば、ほぼ同時期に発売開始されたセガのメガドライブ（1988 年 10 月）と NEC の PC エンジン CD-ROM²（1988 年 12 月）という 2 機種のゲーム機は、製品の技術的差異化を実現している技術要素が異なっている。すなわち前者は CPU モジュールによって、後者は記憶装置モジュールによって旧世代機との差異化を図っている。

前述したように、画像処理モジュール PPU の新規開発による技術的差異化を追求した任天堂のファミコンに対して、PC で使われていた既存モジュールの転用などによる低コスト化を追求したセガの SG-1000 は競争優位を持つことができなかった。そのため、セガは、任天堂

10) 例えば、音楽メディアに関するアナログレコードからアナログカセットテープへの製品イノベーションは、メディアの大きさや取り扱いやすさという機能に関しては性能向上であったが、再生可能な音楽の周波数特性やランダムアクセスなどの機能に関しては性能低下であった。ゲーム専用機の記憶装置で言えば、ロムカセットから CD-ROM への製品イノベーションは、生産リードタイム、製造コスト、記憶容量に関しては性能向上であったが、アクセスタイムに関しては性能低下であった。

図 5 「CPU が一秒間に実行できる命令数」という性能指標から見た据置型ゲーム機の技術発展



のファミコンとの製品競争において初年度の1983年は市場シェアが任天堂の69%に対して31%と一定の健闘はしたものの、翌年度以降は市場シェアが13%、8%、5%と落ち込んだ。8ビットゲーム機世代において、コストリーダーシップ戦略的イノベーションを選択したセガは、差異化戦略的イノベーションを選択した任天堂に対する競争優位を確保できなかった。

そのためセガは、任天堂よりも早く次世代ゲーム機を投入するという製品イノベーションによる技術的差異化によって、旧世代ゲーム機のファミコンに対する競争優位の確保を図った。

その際にセガは、SG-1000の場合と同じく同時期のPCに対するコスト集中戦略的イノベーションを実行し、前述したアップルのMacintosh（1984）やシャープのX68000（1987）といったPCと同じ68000というCPUを採用するとともに、ゲーム用途に特化させることで低価格化を追求し、16ビットゲーム専用機市場セグメントにおいても引き続き先発者となった。しかも任天堂の16ビットゲーム専用機への市場参入はセガより2年ほど遅れたため、8ビットゲーム専用機市場セグメントの場合とは異なり、最初の2年間は16ビットゲーム機はセガ製品だけであった。

このようにPC市場セグメントでは既に一般的に使用されていた16ビットCPUをゲーム専用機市場セグメントでいち早く採用することで差異化を追求したセガに対して、NECはPC市場セグメントにおいてもまだ一般的ではなかったCD-ROMという記憶装置をゲーム専用機市場セグメントでいち早く採用することで差異化を追求した。

ファミコンやSG-1000などの初期ゲーム専用機で採用されていたROMカートリッジは、生産リードタイムが相対的に長く高コストなモジュールであるだけでなく、その記憶容量がその当時は16KB～32KBと小さかった。ゲーム専用機用ソフトウェアのメディアに関して、生産リードタイムの短縮、製造単価の低減、記憶容量の増大といった技術的差異化を実現するものとしてNECが採用したのがCD-ROMである。

NECはPCエンジン（1987）用の周辺機器としてCD-ROMドライブ装置のCD-ROM²を1988年に発売し、ロムカセットのファミコン（1983）やメガドライブ（1988）に対して技術的な差異化による競争優位性を一定期間確保した。というのも、任天堂はファミコンの後継機であるスーパーファミコン（1990）においてもロムカセットのままであったし、セガはメガドライブ用周辺機器としてCD-ROMを発売しているが、それは任天堂のスーパーファミコン発売に対抗したものであり、その販売開始は1991年12月とNECのCD-ROM²より3年も遅れたからである。

このように製品の差異化を実現する技術的手段は複数存在するため、どの技術的要素を基準として製品の技術的差異化による競争優位の確保を論じるかによって、製品イノベーションの性格が異なることになる。

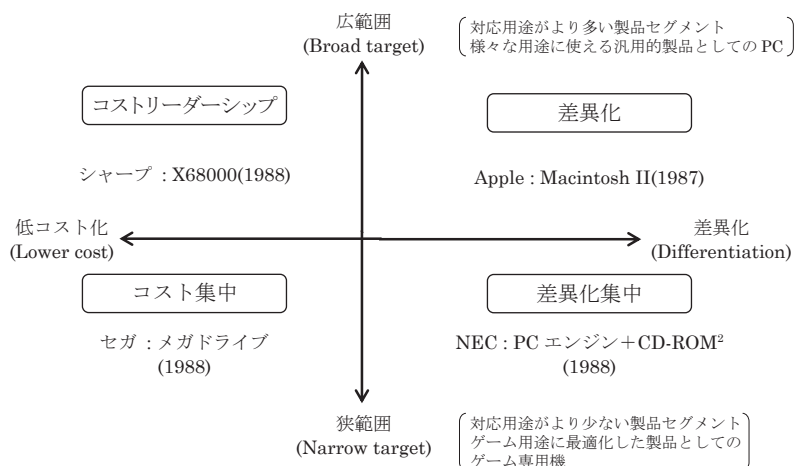
例えば、CPUのビット数を基準として製品イノベーションの戦略的位置づけを分類すると、

セガの SG-1000 (1983) からメガドライブ (1988) への製品イノベーションは、アップルの初代 Macintosh (1984) から Macintosh II (1987) への製品イノベーションやシャープの MZ-80 (1978) シリーズや X1 (1982) シリーズから X68000 (1987) への製品イノベーションに対してはコスト集中という位置づけになるが、ファミコン、SG-1000 といった旧世代ゲーム専用機および PC エンジンという同世代ゲーム専用機に対しては差異化という位置づけになる¹¹⁾。

これに対して記憶装置を基準として製品イノベーションの戦略的位置づけを分類すると、PC エンジンと CD-ROM² (1988) とを組み合わせた製品システムはメガドライブ (1988) という同世代ゲーム専用機に対して差異化という位置づけになる。

価格を含めて総合的に判断すると、1987-1988 年におけるゲーム専用機と関連する製品イノベーションは図 6 のように分類できる¹²⁾。図 1 とあわせて考えると、アップルは差異化戦略、セガはコスト集中戦略というように両社とも 1983-1984 年の場合と同じポジショニングで製品イノベーションをおこなっていると位置づけることができる。

図 6 1987-1988 年におけるゲーム関連マシンの製品イノベーション戦略の相対的分類



11) ファミコンの CPU は動作周波数 1.79MHz の 8 ビット CPU 6502 カスタム版である。PC エンジンの CPU は、ファミコンと同じく 8 ビット CPU 6502 カスタム版であるが、その動作周波数はファミコンの 4 倍の 7.67MHz と高速である。

12) メガドライブの CPU の動作周波数は 7.67MHz で、初代 Macintosh (1984) とほぼ同じである。シャープの X68000 (1987) の CPU の動作周波数はメガドライブの 1.3 倍の 10MHz とより高速であった。

ただし X68000 の本体価格は 369,000 円と、メガドライブの希望小売価格 21,000 円の 10 数倍もしていた。また NEC の PC エンジンとその周辺機器 CD-ROM² を組み合わせた製品システムは、X68000 の約 1/4、メガドライブの約 4 倍の 84,600 円という価格であった。

それゆえセガは、SG-1000 の場合と異なり、メガドライブではコスト集中戦略に基づく製品イノベーションにより市場で成功を収めることができた。

なおアップルは 1987 年には 16 ビット CPU の 68000 に代えて 32 ビット CPU の 68020 を採用した Macintosh II を発売し、初代 Macintosh (1984) の場合と同じく差異化戦略に基づく製品イノベーションをおこなっている。ただし Macintosh II も X68000 と同じく CD-ROM ドライブを備えてはいなかった。

4. 互換性維持と差異化のトレードオフ関係と両立可能性

製品イノベーションに際して、旧世代機との互換性維持と差異化の両立を一つの技術的要素によって実現することは一般的に極めて困難であり、互いにトレードオフ関係にある。イノベーションに際して旧世代機との互換性維持を実現しようとすれば、旧世代機との差異化は実現困難になる。逆にイノベーションによって旧世代機との差異化を実現しようとすれば、旧世代機との互換性維持は実現困難になる。

ゲーム専用機では CPU のビット数が異なる製品イノベーションに際して、新世代機用 CPU と旧世代機用 CPU との互換性が維持されてはいない。ゲーム専用機の製品レベルでの互換性を維持した両立重視戦略による製品イノベーションにおいても CPU レベルでの互換性維持はなされてはいない。

これに対して PC では、1970 年代後半の 8 ビット PC から現代の 64 ビット PC に至るまで、CPU のビット数に関する技術革新に際して CPU レベルでの大幅な互換性を維持した上での製品イノベーションが実現されてきている。PC 製品では、8 ビット CPU から 16 ビット CPU への製品イノベーションに際して旧世代機とのソフトウェアの互換性の維持を重視した IBM PC (1981) を初めとして、32 ビット PC への製品イノベーションや 64 ビット PC への製品イノベーションにおいても CPU のビット数に関する技術革新と旧世代機とのソフトウェア的互換性の維持を CPU レベルで両立させた製品イノベーションがなされている¹³⁾。この点で PC の製品イノベーションの歴史的構造はゲーム専用機と大きく異なっている。

とはいえ、一つの技術的要素のレベルでは互換性維持と差異化は一般的にはトレードオフ関係にある。PC 用 CPU においてインテルの x86 アーキテクチャを基礎とした互換性が維持されてきたのは例外的事例である。PC 用 CPU に関するイノベーションにおいても、8 ビット CPU から 16 ビット CPU へのイノベーションに際してザイログは Z8000 で、モトローラは 68000 で高性能による差異化を追求することでインテルに対する競争優位を確保しようとして自社の 8 ビット CPU との互換性を犠牲にしている。さらにインテルもまた PC 向けではなく高性能サーバー向けとしてではあるが、自社の最初の 64 ビット CPU である Itanium (2001) の開発に際して x86 アーキテクチャとの互換性を犠牲にして高性能性を追求している。

このように CPU レベルでは、互換性維持と差異化は一般にトレードオフ関係にある。しかし製品レベルでは、互換性維持と差異化は必ずしもトレードオフ関係にはない。CPU や記憶メディアなど個別モジュールのレベルにおける互換性維持の問題と、製品レベルにおける互換

13) IBM PC における CPU のビット数に関する技術革新とソフトウェア的互換性維持の両立に関しては、拙稿（2003）「パソコン市場形成期における IBM の技術戦略」『経営論集』（明治大学 経営学部），50（3），pp.79-109 を参照されたい。

性維持の問題は、二つの異なる事柄であり、両者を区別する必要がある。

ゲーム専用機では、互換性維持のための技術的要素と差異化のための技術的要素という二つの異なる技術的要素を新製品において内蔵することで互換性維持と差異化の両立が図られてきた。差異化と低コスト化、集中化と非集中化などの場合とは異なり、製品単価に関するコスト増大を許せば両者の両立は可能である。

実際、ハイブリッド自動車もそうした両立重視に基づく製品イノベーションである。すなわち、環境にやさしい自動車の社会的必要性に応えたイノベーションにおいて、既存補完財のガソリンスタンドを利用可能にするという互換性維持と、温暖化ガス排出量の低減という差異化の両立を図るために、ハイブリッド自動車は、ガソリンエンジンという「既存の技術的要素」とともに、電動モーターやアルカリ電池という「新しい技術的要素」の二つの異なる技術的要素をともに内蔵している。

それゆえ本稿では、「一つの技術的要素レベルにおける互換性維持と差異化のトレードオフ関係」視点、および、「製品レベルにおける複数の技術的要素の利用による互換性維持と差異化の両立可能性」視点という二つの視点から製品イノベーションにおける技術的選択のあり方を複眼的に分析することとする。すなわち、製品イノベーションの前後における「個別モジュールレベルにおける差異化」の実現の有無¹⁴⁾と「製品レベルにおける互換性維持」の実現の有無という二つの技術的指標を分類軸として製品イノベーションのあり方を、「差異化重視戦略」、「互換性維持重視戦略」、「両立重視戦略」、「非互換戦略」¹⁵⁾にタイプ分類して分析することとする。

例えば、「CPU が一度に処理できる情報量」(CPU のビット数) という性能指標を縦軸とし、「旧世代機のゲームソフトが新世代機において問題なく動作することを実現した製品イノベーションなのか? それとも旧世代機のゲームソフトの動作にかなり大きな問題がある製品イノベーションなのか?」という旧世代機とのソフトウェア的互換性の有無を横軸としてタイプ分類をおこなうと図 7 のように、差異化重視戦略、互換性維持重視戦略、両立重視戦略、非互換戦略が位置づけられることになる^{16) 17)}。

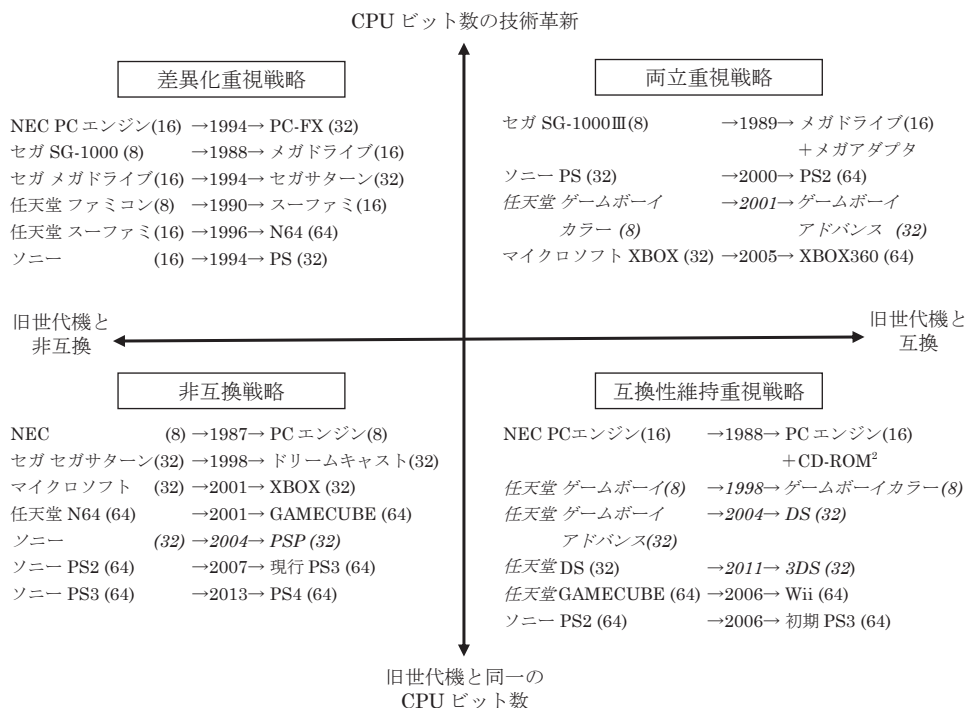
14) 複数の個別モジュールのレベルにおける差異化を複数の製品間で相互比較することにより、各個別モジュールの差異化が製品イノベーションによる競争優位獲得にどう影響しているかを分析することができる。

15) 非互換戦略は他の 3 つとは異なり競争優位獲得を積極的に目的とはしていない。しかしそうであるにも関わらずそうした戦略を選択したこと、あるいは、選択せざるを得なかったことは歴史的分析の対象となる。

16) 製品イノベーションに際しての CPU のビット数に関する技術的差異化の有無は、原則として同一企業の旧世代製品を比較対象としているが、後発製品としてのソニーの PS や PSP などのように先行の自社製品が存在しない場合は旧世代機の標準的な機種を比較対象としている。

17) 図 7 の中の表記はイタリック体が携帯型ゲーム専用機、そうでないのが据置型ゲーム専用機に関する製品イノベーションである。また、左端の項目が企業名、2 番目の項目が旧世代機の名称 (括弧内は CPU のビット数)、3 番目の四桁の数字が新世代機の発売年すなわち製品イノベーションの実行年、右端の項目が新世代機の名称 (括弧内は CPU のビット数) をそれぞれ表している。

図7 CPUが「一度に処理できる情報量」という性能指標から見たポジショニング分類



ただし、製品の差異化を実現する技術的アプローチは前述したようにいくつも存在するため、どの技術的要素を基準として製品の技術的差異化による競争優位の確保を論じるかによって、製品イノベーションの位置づけが異なる。

例えば PC エンジンから PC エンジン本体と CD-ROM² を組み合わせた製品システムへの製品イノベーションは、CPU のビット数を基準とした場合には図 7 のように互換性維持重視戦略に位置づけられるが、記憶メディアを基準とした場合には両立重視戦略に位置づけられる。

製品を構成する個々の技術的要素ごとに異なる製品イノベーションの位置づけを規定することで、製品セグメントや個別製品における製品イノベーションの歴史的構造を分析的に論じることが可能となるが、ここではまず製品イノベーションにおいて互換性維持とトレードオフ関係にある差異化として「CPU が一度に処理できる情報量」(CPU のビット数)に関する技術革新を取り上げよう。ゲーム専用機の主要モジュールである CPU の性能指標およびアーキテク

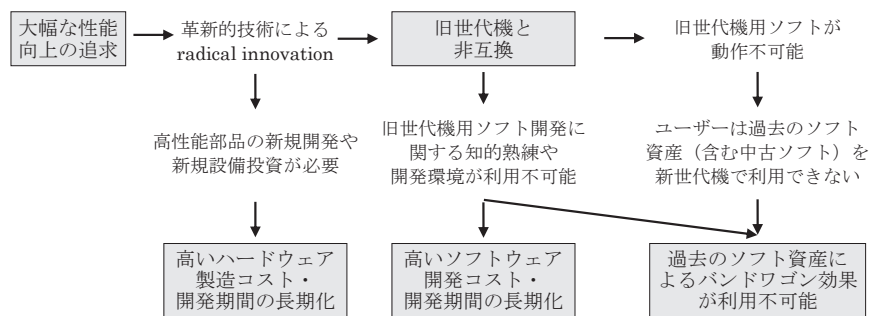
例えば、差異化重視戦略というポジショニングに位置する「セガ メガドライブ (16) → 1994 → セガサターン (32)」という表記は、セガが 1994 年に 16 ビット CPU の旧世代機のメガドライブに代えて、それとは互換性がない 32 ビット CPU の新世代機のセガサターンを発売開始したことを意味している。また「ソニー (16) → 1994 → PS (32)」という表記は、初代プレイステーション (以下、PS と略記) 以前の標準的旧世代機が 16 ビット CPU ゲーム機であり、ソニーはその標準的旧世代機とは互換性のない 32 ビット CPU の新世代機として PS を 1994 年に発売開始したことを意味している。

チャ特性として CPU のビット数は非常に重要な要因であるだけでなく、ゲーム専用機の互換性維持に特に大きく関係しているからである。

5. 製品イノベーションにおける差異化重視戦略

製品イノベーションによって競争優位を獲得する一つの方法は、差異化の実現を第一の目標とし旧世代機との互換性を犠牲にして製品開発を推進することである。差異化のために CPU のアーキテクチャを大幅に変え旧世代機との互換性を維持しなかったセガの SG-1000 (1983) からメガドライブ (1988) への製品イノベーション、任天堂におけるファミコン (1983) からスーパーファミコン (1990) への製品イノベーションやスーパーファミコン (1990) から NINTENDO 64 (1996) への製品イノベーションがこうした差異化重視戦略に基づく製品イノベーションとして位置づけることができる。

図 8 差異化重視戦略



CPU のビット数に関する技術革新にともなう性能向上を最重要視したそれらの製品イノベーションでは、図 8 に示したような連関において、ハードウェア開発・製造コストや対応ソフトウェア開発コストの増大、ハードウェア本体および対応周辺機器・対応ソフトウェアの開発期間の長期化、過去のソフトウェア資産によるバンドワゴン効果の利用不可能性といったことが問題となる。

NINTENDO 64 (以下、N64 と略記) への製品イノベーションを例に取り、そのことを具体的に見ていくことにしよう。任天堂は、1994 年に発売開始されたソニーの初代プレイステーション (以下、PS と略記) に対抗する製品の市場投入を遅らせ、スーパーファミコンの後継機として 64 ビット機の N64 で PS に対抗しようとした。N64 は CPU のビット数やアドレス空間の大きさが大幅に改善されていただけでなく、「CPU が一秒間に実行できる命令の個数」といった処理速度もスーパーファミコンよりも 100 倍以上も高かった。ソニーの PS に対しても約 4 倍の処理速度であった。

しかし N64 は性能向上を最優先させ、1994 年に始まった 32 ビットゲーム機時代をスキップして 1996 年にいち早く CPU を 64 ビットとしたことで、図 8 に示したような連関において、対応ソフトウェアの開発を困難にし、ソフト開発の遅れを招いた。このことに関しては任天堂も自社の Web 記事の中で、「NINTENDO64 は非常に優れたハードウェアでした。しかしその卓越した能力ゆえに、クリエイターの方々にはまるで「挑戦状」のように感じられたことでしょう。それはソフト開発の複雑化と相まって、“ロクヨンの開発は難しい”とのイメージを植え付けてしまったかもしれません。」と認めている。¹⁸⁾

6. 製品イノベーションにおける互換性維持重視戦略

製品イノベーションによって競争優位を獲得するもう一つの方法は、旧世代機との互換性維持を第一の目標とし、新機能実現や大幅な性能向上を犠牲にした製品開発を推進することである。製品イノベーションに際して CPU のアーキテクチャもビット数も変えなかった任天堂におけるゲームボーイ（1989）からゲームボーイカラー（1998）への製品イノベーション、ゲームボーイアドバンス（2001）から DS（2004）への製品イノベーション、DS（2004）から 3DS（2011）への製品イノベーション、GAMECUBE（2001）から Wii（2006）への製品イノベーションは、CPU モジュール視点からは互換性維持重視戦略と位置づけることができる¹⁹⁾。

製品イノベーションに際して互換性維持を最優先したそれらの製品イノベーションでは、図 9 に示したような連関において、ハードウェア開発・製造コストや対応ソフトウェア開発コストの低減、ハードウェア本体および対応周辺機器・対応ソフトウェアの開発期間の短期化、過去のソフトウェア資産によるバンドワゴン効果の利用といったことが期待できる。

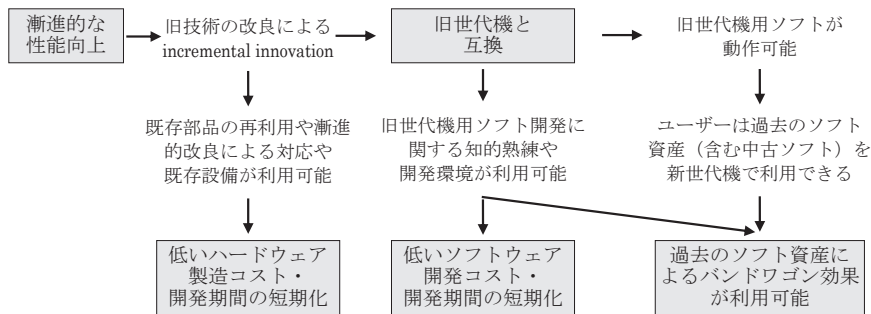
製品イノベーションの社会的普及における互換性維持の重要性は、FAX 製品の一般的普及は製品相互の互換性が低かった G1 FAX、G2 FAX の世代ではなく製品相互の互換性を高くした G3 FAX 世代になって初めて開始されたこと、G4 FAX は G3 FAX よりも高い技術的性能にも関わらず G3 FAX の補完財である普通電話回線でその高性能性を発揮できず ISDN 回線という新しい補完財（回線）を必要とするなど互換性の低さが普及のネックになったこと、環境に優しい次世代自動車へのイノベーションにおいてガソリンスタンドという既存の補完財を

18) 任天堂「Hardware>>>NINTENDO GAMECUBE：開発コンセプト」<http://www.nintendo.co.jp/ngc/concept/>

19) 現実的には、音声認識機能やタッチパネル機能を利用したゲーム操作が可能な任天堂の DS や、コントローラーを利用せずにプレイヤーの動きをカメラやセンサーによって捉えることでゲーム操作が可能なマイクロソフトの Xbox360 用の Kinect などの製品イノベーションに典型的に見られるような、新しい機能による技術的差異化の追求も極めて重要である。しかしここでは議論の対象を既存機能に関する性能向上の問題に限定し、新機能の実現の問題は直接的には議論の対象としない。というのも、新機能による技術的差異化は、製品イノベーションに際しての互換性維持とは直接的なトレードオフ関係を持ってはいないからである。

利用可能なハイブリッド自動車の方が既存の補完財を利用できず充電スタンドという新しい補完財への設備投資を必要とする電気自動車よりも競争優位にあることなど、システム性を持つ製品一般に言えることである。

図 9 互換性維持重視戦略



ソフトウェアの高度化が製品の有用性の向上には必ずしもつながらない初心者をつたるターゲット顧客としてゲーム専用機の製品イノベーションをおこなう場合には、互換性維持重視戦略を取り、製品の高性能化を追求しない技術的選択も有意義である。

例えば、Wii のハードウェア的性能向上を追求しなかったことに関して任天堂の岩田聡社長は、『次世代ゲーム機三つどもえの戦い』と言われるが、我々は全く意識していない。社内で『次世代』という言葉を使うのを禁止しているくらいで、高精細な画像のゲームを追求する気はない。²⁰⁾ としている。演算処理速度や画面解像度などの技術的性能を第一の評価軸とはしないという技術的決断は Wii の製品開発において意図的に採用されたのである²¹⁾。

7. 製品イノベーションにおける両立重視戦略

製品イノベーションによって競争優位を獲得する第三の方法は、ゲーム機の旧世代機から新世代機への製品イノベーションに際して、差異化と互換性維持を両立させることである。先に少し触れたように、差異化と低コスト化の場合とは異なり、コスト増大を許せば製品イノベーションにおいて差異化と互換性維持の両立は可能である。

20) 「初心者層を開拓、『次世代』とは一線・任天堂社長」『日本経済新聞』2006年5月12日朝刊

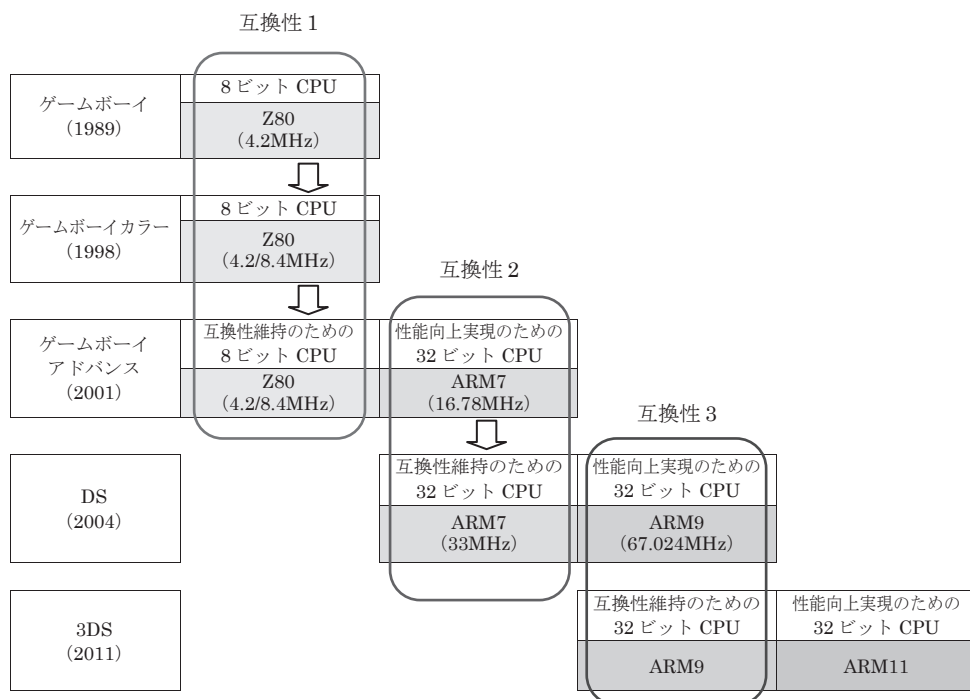
21) この点に関して Wii プロジェクト統括者の竹田玄洋は、「従来の〔技術〕ロードマップをそのまま踏まえるなら、「より速く、より豪華に」というふうになったと思うんです。つまり、豪華な映像を速く映し出す、という方向ですね。しかし、その方向に進んだとして、お客さんにどれほどのインパクトがあるだろうかと感じたんです。より豪華にするときの開発側の苦労やコストと、お客さんに新しさを感じてもらうことの効率の悪さ。そういったものを、開発の途中で感じるようになりました。」と述べている。任天堂 (2006) 「社長が訊く Wii プロジェクト Vol.1 Wii ハード編 第 1 回」 <http://www.nintendo.co.jp/wii/topics/interview/vol1/index.html>

ゲーム専用機の製品イノベーションにおいて差異化と互換性維持の両者を両立させるために用いられてきた技術的アプローチは下記のように大きく分けて二つある。

旧世代機用既存モジュールの継続利用によるハードウェア的互換性の実現

一つは、差異化のために旧世代機とは抜本的に異なる新しいモジュールを採用するとともに、互換性維持のために旧世代機の主要モジュールを再利用することである。これは、ソニーの PS (1994) から PS2 (2000) への製品イノベーション、任天堂のゲームボーイカラー (1998) からゲームボーイアドバンス (2001) への製品イノベーションにおいて採用されたアプローチである。ゲームボーイアドバンスは、旧世代機との差異化の実現のためにメインの CPU とし

図 10 任天堂の携帯型ゲーム専用機の内蔵 CPU から見た互換性確保の歴史的変遷



[注] 同一の CPU では処理速度は動作周波数に比例して大きい。また 1 秒間に処理可能な命令数 (MIPS 値) がゲームボーイアドバンス (2001) の ARM7 の 15MIPS に対して、DS (2004) の ARM9 は 75MIPS であり 5 倍の高速処理が可能となっている。

3DS の内蔵 CPU の種別に関しては、動作周波数 266MHz の ARM11 を 2 個搭載とする推定記事もあるが、3DS の分解に基づいて書かれた記事である「3DS の SoC から浮かび上がる任天堂の設計思想—“枯れた”技術を使いこなす」『日経エレクトロニクス』2011 年 4 月 18 日号、p.70 の推定によれば、内蔵 CPU は ARM9 と ARM11 が各 1 個である。

なお任天堂 3DS に搭載されているとされている ARM11MPCore のスペックは、ARM11 に関する ARM 社の解説記事「ARM11 プロセッサ ファミリー」 (<http://www.arm.com/ja/products/processors/classic/arm11/index.php>, 2013 年 10 月 31 日アクセス) によれば、動作周波数 427MHz、処理性能 530DMIPS とされている。DS (2004) に搭載されている ARM946E-S ARM9 の処理性能は、ARM「ARM946 プロセッサ」 (<http://www.arm.com/ja/products/processors/classic/arm9/arm946.php>, 2013 年 10 月 31 日アクセス) によれば、動作周波数 1MHz 当たり 1.1DMIPS とされているので、3DS (2011) は DS (2004) の約 7 倍の高速処理が可能と推測される。

て 8 ビット CPU に代えて 32 ビット CPU を搭載するとともに、ゲームボーイアドバンス以前の旧世代機で使用されていた 8 ビット CPU の Z80 系マイクロプロセッサも同時搭載することで、旧世代機用ソフトがうまく動作するように設計されている²²⁾。

このアプローチは、電動モータやアルカリ充電池という新世代的技術要素とともに、ガソリンエンジンという旧世代的技術要素を同時に内蔵させるハイブリッド自動車の場合と同じく、二つの異なる技術的要素をハードウェア的に同時に内蔵させるため限界費用低減効果は低いが、比較的高い互換性を維持することができる。

なおソニーや任天堂は、両立重視戦略とともに、互換性維持重視戦略においてもこうしたアプローチを用いている。例えば、ソニーの PS2 から初期 PS3 への製品イノベーションや、図 10 に示した任天堂の携帯型ゲーム機における DS や 3DS への製品イノベーションにおいてそうしたアプローチが用いられている。

エミュレーション・ソフトの新規開発によるソフトウェア的互換性の実現

もう一つの技術的アプローチは、差異化のために旧世代機とは抜本的に異なる新しいモジュールを採用するとともに、旧世代機との互換性をソフトウェア的に実現することである。これはマイクロソフトの XBOX (2001) から XBOX360 (2006) への製品イノベーションにおいて採用されたアプローチである。XBOX360 は、旧世代機との差異化の実現のためにインテル製 32 ビット CPU の PentiumIII に代えて IBM が基本設計をした 64 ビット CPU の PowerPC G5 (Xenon) を搭載するとともに、エミュレーション・ソフトの新規開発により旧世代機用ソフトが新世代機で動作するように設計されている。

互換性をソフトウェア的に実現するこうしたアプローチの方が、互換性をハードウェア的に実現する前述のアプローチよりも、製造単価的には相対的に有利である。というのも、旧世代機との互換性をハードウェア的に実現する場合には、互換性確保のための製品設計コストという固定費用だけでなく、互換性実現のためのハードウェアの製造費用（あるいは購入費用）という可変費用がかなり必要となり、限界費用低減効果が低いからである²³⁾。

これに対して、後者のアプローチでは、旧世代機との互換性実現に関わるソフトウェアの開発費用という固定費用はかかるが、ソフトウェアのコピー費用は製品価格と比べて無視できるほど少額であるので、旧世代機との互換性を実現するための可変費用はほぼゼロと見なせるため、大量生産によるより大きな限界費用低減効果が見込めるからである。

22) ハードウェアの世代識別のために、ゲームボーイアドバンス用カートリッジにはそれ以前のゲームボーイ用カートリッジと異なり、カートリッジ裏面の両側に切り欠きがある。すなわち、その切り欠きの有無により、ソフトがゲームボーイアドバンス用かどうかを識別し、動作させる CPU の切り替えを行っている。

23) 例えば、初期 PS3 は PS2 との互換性確保のための CPU / GPU ハードウェア・モジュールの部品コストとして製品 1 台あたり約 27 ドル（製品販売価格の約 7%）もかけている。