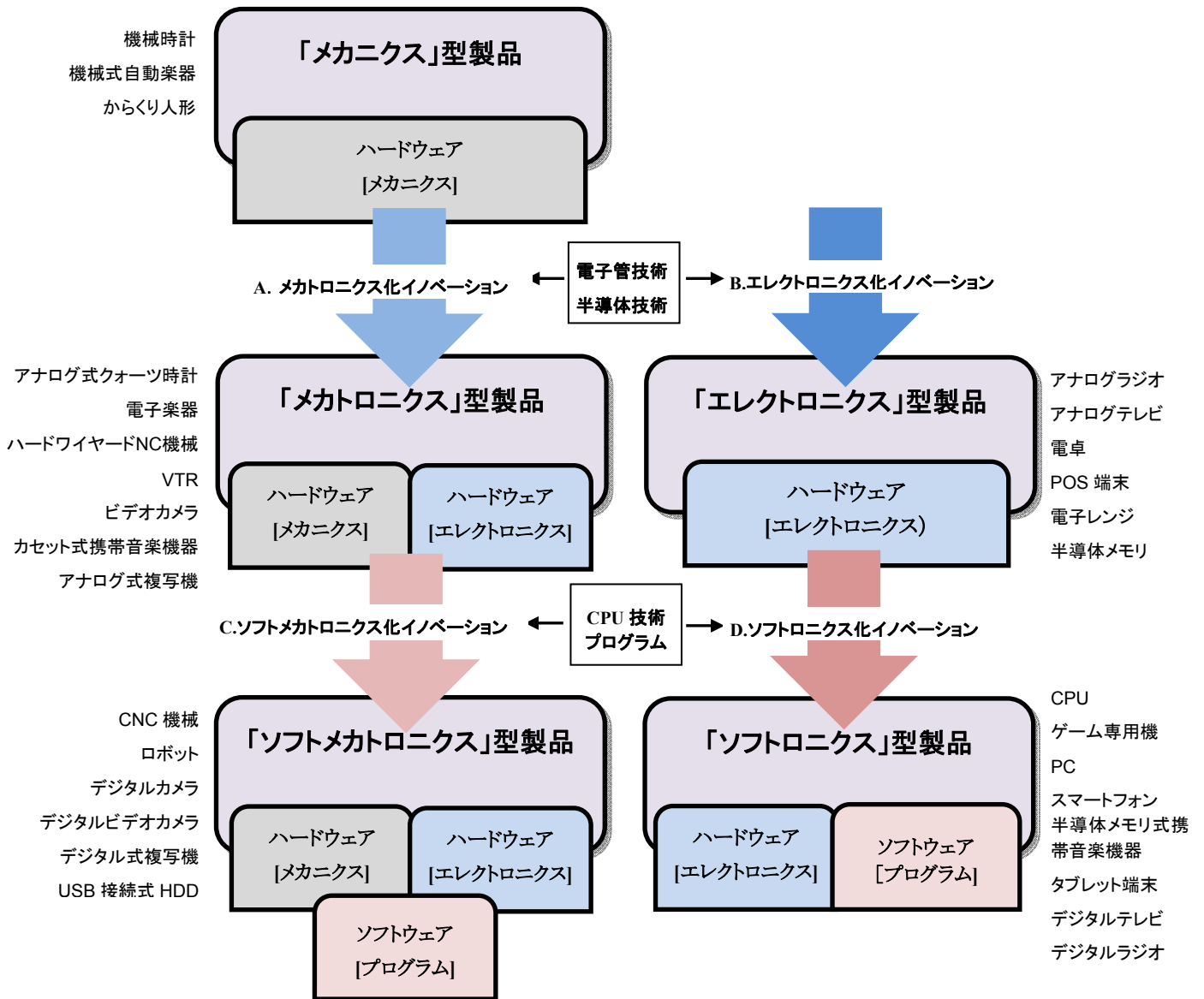


家電製品・コンピュータ製品・工作機械などの 20世紀における製品イノベーション

20世紀には電子管技術、半導体技術、レーザー技術、CPU技術などといった新しい技術の登場により、家電製品・コンピュータ製品・工作機械などに関して、製品イノベーションの歴史的発展が下記のように進んだと見ることができる。



19 世紀後半期における技術発展

---- エレクトロニクス技術の登場・社会的普及を可能にした歴史的基盤

機械技術を基盤とするメカニクス型製品としては、機械時計、機械式自動楽器[オルゴール、自動ピアノなど]、からくり人形などといった消費財製品や、産業革命期における紡績機、力織機、蒸気動力機関などの生産財製品がある。力学的エネルギーを電氣的エネルギーに変換する機械である発電機も、電氣的エネルギーを力学エネルギーに変換する機械である電動モーターも、その主要構造においてはメカニクス型製品である。

20 世紀には機械時計がクォーツ時計へ、機械式自動楽器が電子式自動楽器へ、からくり人形がロボットへと製品イノベーションを遂げることになるが、それらはエレクトロニクス技術によって実現可能となったイノベーションである。また 20 世紀を特徴付ける製品イノベーションとしては、電卓、テレビ、PC、ケータイなどがあるがそれらもまたエレクトロニクス技術によって実現可能となったイノベーションである。

こうしたエレクトロニクス技術を用いた様々な製品の登場・社会的普及を可能にした基盤には、19 世紀後半における電気および電子に関わる科学・技術の発展 ---- タービン型動力水車や蒸気動力機関の大出力化による発電技術の実用化、マクスウェル電磁気学の登場・発展、エジソン効果(熱電子放出現象: 1884)の発見など ---- がある。

20 世紀の技術発展による家電製品・コンピュータ製品・工作機械などに関する製品イノベーション

家電製品・コンピュータ製品・工作機械などに関しては、20 世紀以降における製品イノベーションの歴史的発展を次のような 2 段階に分けて論じることができる。

(1) エレクトロニクス技術による製品イノベーション ---- 「エレクトロニクス」型製品イノベーションと「メカトロニクス」型製品イノベーション

20 世紀を特徴づける製品イノベーションの第一段階は、20 世紀前半期における電子管技術[二極真空管(1904)・三極真空管(1906)・ブラウン管など]、20 世紀後半期における半導体技術[トランジスタ(1951)・IC(1958)・LSI(1968) など]やレーザー技術(1960)といった「エレクトロニクス」技術に主導された製品イノベーションである。

なお「エレクトロニクス」技術に主導された製品イノベーションは、技術論的には、「エレクトロニクス」技術を主要基盤とする「エレクトロニクス」型製品イノベーションと、「エレクトロニクス」技術と「メカニクス」技術の統合(「メカトロニクス」技術)を主要基盤とする「メカトロニクス」型製品イノベーションの 2 種類に分類することができる。

前者に属する製品には、アナログラジオ、アナログテレビ、電卓、POS 端末、電子レンジ、半導体メモリなどがある。後者に属する製品には、VTR、カセットウォークマン、サーボモーターなどがある^[1]。こうした製品イノベーションは量産化技術の発展とともに 20 世紀後半期に急速に社会的普及を遂げ、事務作業や日常生活に大きな変革をもたらした。

こうした技術的変革期を絶好の機会として、ソニー、パナソニック、シャープといった家電メーカーや FANUC といった工作機械メーカーなどの日本企業は大きな成長を遂げたのである。

(2) 「プログラム系ソフトウェア」モジュールによる製品イノベーション---- 「ソフトロニクス」型製品イノベーションと「ソフトメカトロニクス」型製品イノベーション

エレクトロニクス技術の発展の結果として、マイクロプロセッサ技術、ハードディスクやフロッピーディスクなどの磁気メモリ技術、ROM などの半導体メモリ技術が利用可能になるとともに、PC や CNC 工作機械などようにプログラム系ソフトウェアによって製品を制御・動作させることが可能になった。

[1] イノベーションの歴史的展開構造の具体的分析に際しては、製品、モジュール、部品・素材を相対的に区別して論じる必要がある。しかしここではそうした区別をせずに論じている。というのもモジュール、部品・素材も、それらを製造しているメーカーの視点から見れば製品だからである。その意味においては、ゲルマニウム半導体からシリコン半導体へという素材に関するイノベーションや、磁気コアメモリから半導体メモリへというモジュールに関するイノベーションも製品イノベーションの一種として理論的に位置づけることができる。

プログラム系ソフトウェアによる製品の制御・動作という技術革新は、「メカトロニクス」型製品や「エレクトロニクス」型製品に対する新たなイノベーションをもたらした。すなわち「メカトロニクス」型製品を「プログラム系ソフトウェア」で制御・動作させる「ソフトメカトロニクス」型製品イノベーションと、「エレクトロニクス」型製品を「プログラム系ソフトウェア」で制御・動作させる「ソフトロニクス」型製品イノベーションである。

前者に属する製品には、CNC機械、ロボット、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、デジタル式複写機などがある。後者に属する製品には、CPU、ゲーム専用機、PC、スマートフォン、半導体メモリ式携帯音楽機器、タブレット端末、デジタルテレビ、デジタルラジオなどがある。

3. 製品競争力、および、製品競争力の持続性を創り出すものとしての研究開発

ハードウェアに起因する製品競争力

メカニクス系ハードウェアやエレクトロニクス系ハードウェアは、その機能や性能によって製品の競争力を規定している。またハードウェアの機能や性能に関しては特許権により、模倣製品の排除など模倣困難性を法的に高めて製品競争力を持続させることが可能である。

ただし特許権による製品アイデアの法的保護期間は有限かつ製品市場の寿命に比べて相対的に短期間である。そのため、ハードウェアの機能や性能によって製品競争力を長期的に保持し続けるためには、研究開発による新技術や新製品の創造が必要不可欠である。

プログラム系ソフトウェア・モジュールに起因する製品競争力

プログラム系ソフトウェア・モジュールも、製品の機能や性能に強く関わるものであり製品の競争力を規定している。プログラム系ソフトウェアの場合は、製品に対する法的模倣困難性を高めて製品競争力を持続させることは、著作権によって担保可能である^[2]。著作権による法的保護期間も特許権と同じく有限ではあるが、特許権と比較してかなり長期間にわたる法的保護が可能である。ワープロ専用機のプログラムに対する法的保護がそうであるように、場合によっては製品市場の寿命よりも長い場合もある。

ただし著作権は表現を保護するものであって製品アイデアを保護するものではないため、クリーンルーム方式などの手段により同一の機能・性能を持つ互換プログラムの開発が可能であり、プログラムによる法的保護は回避されてしまう場合もある^[3]。そのためハードウェアの場合と同じくプログラム系ソフトウェアの場合も、それによる製品競争力を長期的に保持し続けるためには、研究開発による新たなプログラム系ソフトウェア・モジュールの創造が必要不可欠である。

特定製品専用プログラムによる製品の競争力の向上

プログラム系ソフトウェアは、それ単独として機能するものではなく、メカニクス系ハードウェアやエレクトロニクス系ハードウェアと組み合わせられた製品システムとして初めて機能するものである。

それゆえインテルの x86 系マイクロプロセッサ、ソニーや任天堂などのゲーム専用機、アップルの Macintosh PC、iPod、iPhone、iPad などといった製品がそうであるように、自社製品を構成する専用プログラムの著作権を自社が持っている場合には、プログラム系ソフトウェアはハードウェアとともにその製品に対する自社の法的保護を強めることになる。インテルの x86 系マイクロプロセッサなどの強い製品競争力も後述するように部分的には著作権による法的保護によって維持されているのである。

[2] ハードウェアが特許権だけでなく意匠権によって法的に保護される場合があるように、ソフトウェアも特許権によって法的に保護される場合がある。

[3] 例えば、BIOS という相対的に小さなプログラムによる IBM PC に対する法的保護は、コンパックなどによるクリーンルーム方式による互換 BIOS プログラムの開発によって無意味なものとなった。その結果として、様々なメーカーから IBM PC 互換機が発売されることになり、IBM PC の製品競争力は相対的に低下した。

そのため IBM は 1980 年代後半期には IBM PS/2 という新しい製品シリーズにおいて、標準バス回路を ISA バス(AT バス)からマイクロチャネル・バスに変えることによる新たな特許権保護と、標準 OS ソフトを Microsoft が著作権を持つ MS-DOS(PC DOS)から自社製の OS/2 に変えることによる新たな著作権保護によって製品競争力を向上させようとしたが、バンドワゴン効果の影響などの結果として失敗した。

これに対して IBM PC 互換機や Android ケータイがそうであるように、プログラムが自社製品だけでなく数多くの他社製品にも対応した汎用プログラムでありその著作権を他社が持っている場合には、プログラムによって自社製品に対する法的保護を強めることはできない。DVD ドライブなどの光ディスク駆動装置やデジタル方式液晶テレビがそうであるように、プログラムによって規定される製品の機能や性能に関しては他社との差異化が困難になり、自社製品の製品競争力は弱まることになる。

汎用プログラムによる製品差別化力の相対的低下と、研究開発の持続やバンドワゴン効果などによる汎用プログラム・メーカーのモジュール競争力の向上

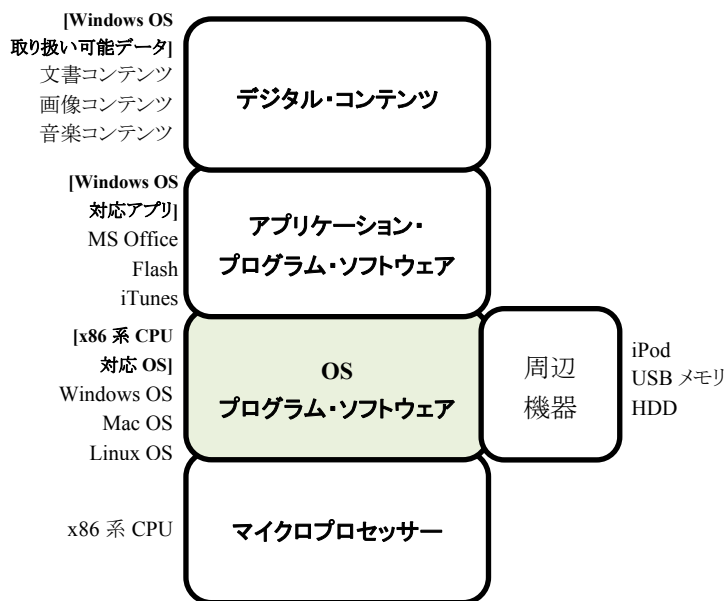
汎用的なプログラム系ソフトウェアの場合は、マイクロソフトの MS-DOS や Windows OS がそうであるように、汎用的プログラム系ソフトウェアが提供するプラットフォーム機能に関する進化を、持続的な研究開発によって継続させることで、汎用的プログラムというモジュールそれ自体の製品競争力の維持・向上が可能となる。

さらにまた OS ソフトのような基本的システムに関わる汎用的プログラムの製品競争力は、それに対応しているマイクロプロセッサや周辺機器といったハードウェア、当該 OS ソフト上で動作可能なアプリケーション・プログラム、当該 OS ソフトによって取り扱い可能なコンテンツ・データなどの補完財製品にも依存している^[4]。

それゆえ補完財に関するバンドワゴン効果論の視点から言えば、OS ソフトというプログラム・ソフトウェア・モジュールの製品競争力は、アプリケーション・プログラムやコンテンツ・データに対する当該 OS ソフトのプラットフォーム機能の進化、および、長期にわたるプラットフォーム支配力の維持によって強化されることになる。

マイクロソフトの高い営業利益率は、同社の継続的な研究開発による OS ソフトの継続的なアップグレードと、補完財によるバンドワゴン効果によって部分的には維持されているのである。

PC 製品システムとその補完財に関する具体例



ソフトロニクス的モジュールとしてのインテルの x86 アーキテクチャ型マイクロプロセッサの製品競争力

ソフトロニクス化イノベーションを支える現代的 CPU は、その設計構造によりワイヤードロジック方式とマイクロプログラミング方式に大別される。

ワイヤードロジック方式 CPU は、CPU に与えられた命令語の処理をエレクトロニクス系ハードウェアで処理するものであり、それ自体は「エレクトロニクス」型製品である。

これに対してマイクロプログラミング方式 CPU は、CPU 内部に貯えたマイクロプログラム(マイクロコード)を利用して命令語を処理するものであり、エレクトロニクス系ハードウェアとプログラム・ソフトウェアを統合した「ソフトロニクス」型製品である。IBM のメインフレーム IBM 360 シリーズや DEC のミニコン VAX シリーズの CPU とともに、インテルの x86 アーキテクチャ型マイクロプロセッサなど PC で利用されている CPU のほとんどがマイクロプログラミング方式 CPU である。

マイクロプログラミング方式 CPU は、マイクロプログラムというソフトウェア・モジュールを用いることで、同一世代製品におけるハードウェア構成の柔軟性の確保、旧世代製品との互換性を維持した上での新世代製品イノベーションの実行などが可能となっている。

マイクロプログラミング方式 CPU は「ソフトロニクス」型製品としてエレクトロニクス系ハードウェアとプログラム・ソフトウェ

[4] Linux OS は無償で利用できるにも関わらず PC 上でそれほどの普及が進まない理由として大きいのは、Linux OS で利用可能なプリンターなどの周辺機器が限定されていることや、Linux OS 上では MS Office が動作しないなど動作可能なアプリケーション・ソフトウェアが限定されていることなどの問題である。

ア・モジュールから構成されているため、特許権と著作権の両方による法的保護が可能である^[5]。

インテルの主力製品であるマイクロプロセッサは、マイクロプログラミング方式 CPU であるから、そのハードウェア的構成に関する特許権とともに、マイクロプログラムに関する著作権でも法的に保護されているのである。インテルの CPU に対するこうした多重の法的保護は、CPU に対する模倣困難性を高めるものであり、インテルの CPU が持つ製品競争力の源泉の一つとなっている。

インテルの CPU の製品競争力のもう一つの源泉は、IBM PC および IBM PC 互換機が PC 市場の主流となる中で、インテル CPU の x86 アーキテクチャが業界標準となったことにある。x86 アーキテクチャが業界標準となるということは、CPU 製品が市場で受け容れられるためにはインテル CPU の命令語が動作すること、すなわち機械語レベルでインテル CPU と互換性を持つ必要があることを意味する。機械語レベルでの完全な互換性維持のためには、機械語に対する CPU の動作を規定しているマイクロプログラムに関して完全な互換性維持が必要なことを意味する。

インテル互換 CPU 市場に新規参入しようとする企業は、インテル CPU と完全な互換性を実現するため、AMD のように互換 CPU に関するライセンス契約をインテルと締結するか、インテルが著作権を持つマイクロプログラムと完全互換なプログラムを著作権に触れない形で新規に開発する必要がある。

またインテルが自社の CPU に関して製品イノベーションをおこなってマイクロプログラムの追加・変更をおこなった場合には、互換 CPU メーカーも互換性維持のために著作権に触れない形でプログラムの変更をおこなう必要がある。例えば 20 世紀末に PC において音声データや動画データなどのマルチメディア関係データの処理に対するニーズが高まった際に、インテルは高速処理化のために Pentium プロセッサに MMX 命令を追加したが、AMD など互換 CPU メーカーはそれへの対応を必要とされた。

[5] OS プログラムやアプリケーション・プログラムなどコンピュータのプログラムが著作権保護の対象となることに関しては米国では 1976 年や 1980 年の著作権法改正の中で徐々に明確になっていった。しかしマイクロプロセッサ内部の ROM に書き込まれたマイクロプログラム(マイクロコード)が米国において著作権保護の対象となることが裁判判決として明確にされたのは 1989 年の判決 *NEC Corp. & NEC Electronics, Inc. v. Intel Corp.*, No. C-84-20799, 1989 WL 67434 と少し遅れた。