

Discussion Paper Series No. J72

携帯電話市場におけるネットワークの外部性の研究
- 携帯電話市場ではなぜ OS の標準化が進まないのか? -

伊藤 宗彦 (神戸大学経済経営研究所)
福本 幸弘 (松下電器産業株式会社)

2005 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。

携帯電話市場におけるネットワークの外部性の研究

- 携帯電話市場ではなぜ OS の標準化が進まないのか？ -

伊藤宗彦 神戸大学経済経営研究所

福本幸弘 松下電器産業株式会社

携帯電話の機能は飛躍的に向上してきており、使用されるソフトウェアの高容量化・複雑化は企業にとって、製品開発上、大きな負荷となっている。製品開発の効率性の向上のために、携帯電話にもパソコンと同様に OS の使用が不可欠になってきている。本研究は、携帯電話市場では OS によるネットワークの外部性が働きにくいことを述べる。携帯電話の構造はパソコンと類似しているにも関わらず、パソコンのようにネットワークの外部性が働かない理由として、携帯電話の世代交代による要求性能の変化、アプリケーションソフトウェアとの適応性など重要な要因について分析を行う。

目次：

1. はじめに	2
1 - 1 標準化の生成プロセスとその要因	3
1 - 2 標準化と製品競争	6
1 - 3 仮説の設定	7
2. 携帯電話における OS の役割	8
2 - 1 携帯電話技術の推移	9
2 - 2 携帯電話市場におけるネットワークの外部性	11
2 - 3 携帯電話で使用される OS	12
3. 携帯電話のモジュール化	15
3 - 1 垂直統合から水平分業へ	15
4. 結章	18
4 - 1 携帯電話とパソコンの OS の構造面からの比較	18
4 - 2 結論	20
4 - 3 インプリケーション	24

1. はじめに

デジタル技術は、この20年で世界経済に大きな影響を与えるようになった。特にインターネットや携帯電話に代表される通信機器の普及は、従来の製品開発の理論では捕らえきれないような速度で進展している。本稿では、そのうち携帯電話市場、特に、OS と呼ばれるソフトウェアに焦点を当て、いかに標準化が進み、その標準化にはどのような要因が関連しているのかを検討することを目的にしている。携帯電話のようなデジタル機器では、ソフトウェアとハードウェアという性質の異なる技術を結合しなければならないという課題、あるいはパソコンや PDA といった機器との機能の融合、あらゆる機能を世界中で使用可能にする互換性、さらには、小型化・長時間駆動という利便性まで数多くの製品開発の課題を内包することから、本稿では製品構造面から分析を行う。本稿では、携帯電話に使用されるシンビアン (Symbian) という OS についてその普及の過程を詳細に分析することにより、このようなソフトウェアは世界市場の中で独占もしくは寡占になりやすいこと、先行者優位 (First Mover Advantage) が成立しないこと、さらに、産業の水平分業構造を促進することを示す。

このような分析を行うためには単純に技術的優位性による評価だけでは普及の条件を規定できない。何故ならば携帯電話はネットワーク機器として外部性が考慮されるべき機器であり、既存システムや国ごとに展開される異種システムとの互換性、東欧、北米、東アジアと多くの大量生産地域において調達できるハードウェア部品との相性の問題、通話機能だけでなくパソコンや PDA を代表とする他システムとの融合の可能性など、さまざまな課題があるためである。本章ではまず、既存理論について、イノベーションの普及、標準化競争、ソフトウェアの性質、企業間のコンソシアム、製品戦略という多面的なレビューを行う。

標準化の研究の系譜は、1860年、アメリカにおける鉄道線路幅の規格の研究にさかのぼる。その後、GE とウエスティンハウスによる直流か交流かの抗争を始めとしてさまざまな研究がなされてきた (Friedlander, 1995; Shapiro and Varian, 1999)。情報通信分野の研究が、標準化研究のひとつの主流となったのはバンドワゴン効果、ドミナントデザインの役割、先行者有利が成り立たない

といった経済理論と結びつけるのに最適な事例であったためである。このような研究を、標準化の生成プロセスとその要因の研究、標準化と製品競争の関係の研究という二つの側面から見てみよう。

1 - 1 標準化の生成プロセスとその要因

標準化のプロセスは、長期的競争において企業が生き残るための最重要条件として認識されており、特に制度面より多くの研究が成されてきた。制度面からの標準化プロセスは、市場型 (Market-based Model) と委員会型 (Committee-based Model) さらには、その混合型(Hybrid-based Model)という三つの分類がなされている (Farrell and Saloner,1988)。市場型は競合する複数の技術が市場に導入され、勝ち残ったのが標準となるという考え方 (De-fact Standard)であり、委員型は市場とは別に委員会によって規格が規定され、そのまま市場に適用され標準化されるという考え方 (De-jure Standard) である。混合型は、まず少数のリーダー企業が協調して規格を定め、その後、その規格を公開することにより標準化するという市場型と委員会型の折衷的な考えによるが、基本的には市場型と同様に市場の評価により標準が決まる (De-fact Standard)。ここで示した 3 つの標準化プロセスには多くの先行研究がある。以下、それぞれをレビューしていく。

まず市場型を説明する代表的なメカニズムは、利用者の増加に伴って利用者の効用が高まり¹、さらにその市場的な進捗を利用者が認識する²ことで一人勝ちの構図³となり、標準化が完結するというものである。このような現象はバンドワゴン効果と言われ標準化が進む過程を説明するうえで重要な概念となる。このバンドワゴン効果については、利用者の利益が伝播することにより、その使用者が増加し、その増加によりさらに使用者の利益が高まるというネットワークの外部性の議論 (Farrell and Saloner,1985; Katz and Shapiro,1985, 1994) 情報の不完全性が潜在的使用者の学習を促し情報量が増えることによ

¹ ネットワークの外部性と言われる。この分野の先行研究は多く多くの数量モデルが研究されている。代表的な研究は、Dybvig and Spatt(1983)、Farrell and Saloner(1985),(1986)、Katz and Shapiro(1985) などがある。

² バンドワゴン効果と表現される。古くは 19 世紀の Veblen によるヴェブレン効果と呼ばれる消費者行動研究から端を発し、さまざまな研究がされている。

³ ポジティブ・フィードバックと呼ばれ、強者はさらに強者に、弱者はさらに弱くなるという循環を表す。

り使用者が拡大するという学習効果の議論 (Mansfield, 1961; Rogers,1995; Valente and Rogers,1993) 情報や使用者の利益には関わらず使用者の増加によって採用に対するプレッシャーが存在するようになるという社会的プレッシャーの理論 (Meyer and Rowan,1977) さらに、このようなプレッシャーは社会的正当性や関連サービスの充実につながり結果的に標準化へつながるという議論 (Tolbert and Zuker,1983; Pennings and Harianto,1992; Abrahamson and Rosenkopf, 1993; Wade,1995) がある。このような市場型の標準化は情報・通信分野で特に顕著であり、ケーブルテレビの規格 (Benson and Johnson,1986) やアメリカにおける電話の規格競争の例 (Rutkowski,1986; Sullivan and Zader,1985) AM と FM ステレオの研究 (Benson and Johnson,1986; Benson,1992) RCA と CBS によるカラーテレビの標準化の研究 (Ducy, and Fratrick, 1989; Farrel and Shapiro,1992; Shanpiro and Varian,1999) VCR におけるソニーとビクターによる競争 (Lander,1988; Grindley and McBryde, 1992; Cusmano, Mylonadis and Rosenbloom, 1992) DVD の規格化競争の研究(Laat, 1999)、HDTV の規格化抗争の研究 (Benson and Johnson,1986) ソフトウェアの例では、Windows、OS/2、UNIX の標準化競争 (Lindquist,1993; Bozman,1993) などにより実証例が多く報告されている。

一方、委員会型による標準化のプロセスは非常に明確である。国内、国外を問わず、公的・民間などさまざまなレベルで多くの委員会が存在している。こうした標準の制定方法は参加企業による事前協議を前提としているため、市場型が抱える多くの問題点、特に利害関係による複数の規格が並立することによる消費者の不利益を回避できると考えられている (Farrell and Saloner,1988) しかしながら、委員会のリーダーシップによる参加企業の意味統一には限界があるため、結果的に標準化の遅れや物別れによる機会損失といった消費者の不利益につながるという委員会型による標準化の不完全さを指摘する研究もある (Verman,1973; Sanders,1972) 委員会型による標準化は、上記のような問題が指摘されてはいるが、比較的単純なプロセスであるために、研究事例はあまり報告されていない。代表的な例は、CCITT (the International Consultative Committee for Telephone and Telegraph) による ISDN(Integrated Services

Digital Network) 規格の制定などの研究事例がある (Rutkowski, 1985)。

混合型の標準化プロセスは、市場型と委員会型、両者の性質を併せ持つ。まず少数のグループが標準化を目指し、半公開性の企業グループを形成し、そのような複数のグループ間で市場型の標準化を目指すものである (Axelrod, Mitchell, Thomas, Bennet and Bruderer, 1995; Wade, 1995)。近年の情報通信に関わる標準化の多くはこのようなプロセスによる。このようなプロセスは、特定グループ間の競争とグループ内の最終的な規格案の策定の競争という二つの段階を経て標準化が決まる (Gomes-Casseres, 1996; Moore, 1996)。通常、このプロセスは、まずグループ間の競争を経て、勝ち残ったグループ内の競争、つまり、オープンアライアンスの市場普及 (市場型) とクローズアライアンスの調整 (委員会型) という二つの標準化のプロセスが混在した形になる (Keil, 2002)。このような事例としては、モバイル機器の簡易情報伝達ツールとして HomeRF、IrDa と規格を争った Bluetooth がある。混合型の標準化に至る初期の段階では、まず技術進歩が確認される。先行した技術に潜在能力を感じた企業がアライアンスを立ち上げ技術を軸にした競争が開始される (Hill, 1997)。結果的に少数の技術がドミナントデザインを目指すことになるが、ここでの競争は必ずしも最も優れた技術が勝ち残るとは限らない (Lee, O'Neil, Pruett and Thomas, 1995)。むしろ、他の要因によって決められた技術経路に左右される (Arthur, 1989) ため、非常に繊細な戦略策定が要求される (Liebowitz and Margolis, 1990)。このように技術経路の方向性は、たとえば、携帯電話では同じ規格の端末が多ければ多いほど、使用者の効用は高まるという直接的なネットワークの外部性 (Katz and Shapiro, 1986) と、ゲーム機とゲームソフトの関係のように補完財が売れば売れるほど使用者の効用が高まる間接的なネットワークの外部性 (Brynjolfsson, 1996) という二つの要因によって決定される。近年の研究では、このようにネットワークの外部性が有効となるような販売実績の規模よりも、企業がその規格を採用し市場参入するタイミングや組織学習による市場適応の方が、標準化には大きな要因になることが明らかにされている (Schilling, 1999, 2002)。

1 - 2 標準化と製品競争

標準化が生成されるプロセスの既存研究をレビューしてきた。標準化が市場競争に与える影響についての研究も多く行われている。多くの企業では、標準化のアーキテクチャを制するものが大きな利益をあげることができる (Architectural Franchise)、つまり、標準化に直結する技術を制する企業が市場を制するという信仰が非常に強い (Ferguson and Morris, 1993)。企業は、互換性のない製品は市場では不安定であり、最終的には唯一の標準しか生き残らないことを本能的に理解している (Benson and Johnson, 1986)。このような競争を制する要因についてもさまざまな議論がされてきたが、過去の標準化競争の例を見るまでもなく、技術的、価格的に有利な標準が勝ち残るとは限らない (Farrell and Saloner, 1985, 1986; Katz and Shapiro, 1986, 1992; Krugman, 1991)。それではこのような標準化を目指した競争に勝ち抜くための要因はどのようなものであろうか。多くの事例研究から、既存顧客数、知的財産権、イノベーション能力、先行者利益、生産能力、補完財の提供能力、ブランド、といった企業資産は標準化を目指す企業に備わっている必要性が経験的に明らかにされてきた (Shapiro and Varian, 1999)。

ソフトウェアがこのような競争で果たす役割も多くの事例が報告されている。たとえば、ハードウェア、ソフトウェアはそれぞれ単品ではネットワークの外部性が観察されないような場合でも、たとえば、あるソフトウェアの使用に際し、特定のハードウェアが必要となるとき、そのソフトウェアの販売量はハードウェアの既存販売量と潜在的販売量に影響されることを、ハードウェア/ソフトウェア・パラダイム (Hardware / Software Paradigm) と呼ぶ (Katz and Shapiro, 1985; Church and Gandal, 1992)。このような現象は2段階で説明され、消費者は、まずハードウェアを購入した段階で、特定ソフトウェアの購入の機会しか得られなくなることから、ロック・イン (Locked In) されることになる (Shapiro and Teece, 1994)。次に、ソフトウェア企業は、できるだけ差別化した製品を大量に販売し、利用者同士の効用を高めることによるネットワークの外部性を目指して浸透価格政策を取るようになる。つまり、さまざまな機能をもつソフトウェアが独占を目指して市場に投入されるときに、ソフトウェアの製品数は増大し、価格は低下し、総販売数が指数的に増える状態がソフ

トウェアのネットワークの外部性を説明するメカニズムになる (Church and Gandal,1992; Chou and Shy,1990)。さらに、ソフトウェアの利益がハードウェア企業の利益につながるとき、ハードウェア企業もまた、浸透価格政策をとるようになり、ハードウェアにもネットワークの外部性が働くという相乗効果により標準化が完結することになる (Katz and Shapiro,1999)。

標準化が製品競争に与える影響はドミナントデザインの形成と関わるためとされてきた (Utterback and Abernathy,1975;Freeman,1994; Utterback,1994)。このような研究の論点はネットワークの外部性が働くような市場、たとえば本稿の主題となる携帯電話市場では、ドミナントデザインを無視した企業よりも積極的に自社製品に取り込んだ企業の成功確率が高いことが示されている。換言すれば、企業の市場参入戦略は、市場で認知された技術を取り込み自社技術との融合を上手く行った企業の方が、認知されていない新規技術を取り込むよりも成功確率が高い、すなわち、技術リスクよりも市場リスクを回避する方が重要な条件となる。標準化された技術の採用は、極めて限られたタイミング、つまりドミナントデザインが形成される直前に採用され、しかも、企業内の技術の延長線上にはなく、新しいアーキテクチャを伴ったイノベーションを採用した企業の成功確率が高いことが明らかにされている (Henderson and Clark,1990; Christensen, Suarez and Utterback,1998)。

以上、主にソフトウェアの標準化のプロセスについて既存研究の成果をレビューした。

1 - 3 仮説の設定

本稿では、携帯電話市場で大量に使用される基本ソフトウェアである OS の研究のために、技術・マーケティングという環境要因の詳細な検討を行う。さらに携帯電話の製品機能・モジュール構成を検討することにより、ネットワークの外部性が極めて有効に働くパソコン市場との比較の上で、なぜ、同じような製品構造をもつ携帯電話では標準化が進まないのかを明らかにする。このような分析は、詳細な文献レビューと、実際に携帯電話の設計・生産を行う企業の開発担当者への調査という二つの方法で行った。携帯電話に使用される OS の標準化は典型的な混合型のプロセスによって進められている。既存研究から、

携帯電話市場ではパソコンと比較して、ソフトウェアの使用に際し特定のハードウェアが必要となり、そのソフトウェアの販売量はハードウェアの既存販売量と潜在的販売量に影響されるハードウェア/ソフトウェア・パラダイムが働きにくいと予想される。このことから、以下の仮説を設定する。

仮説1：携帯電話のOSはパソコンと比較してネットワークの外部性が働きにくい。

携帯電話市場におけるネットワークの外部性は、パソコン市場と比較して、参入企業間で過剰なほど意識されている。しかしながら、目標性能という観点より、その実現方法は大きく異なっている。携帯電話は小型・軽量化という制約のために、よりモジュール間の相互依存関係が強い。しかしながら、パソコンと同様に極めて明確な水平分業構造が構築されているためにモジュールの相互関係構築、つまり、すり合わせのために、モジュール供給企業とセット企業の間でせめぎあいが存在する。そのために、製品性能は顧客要求よりも市場で入手可能なモジュールの性能に依存する産業構造がネットワークの外部性を働きにくくすることが考えられ、以下の仮説として要約する。

仮説2：携帯電話の性能は市場要求を常にオーバーシュートしており、このような企業の戦略はOSの標準化にとって否定的に働く。

2. 携帯電話におけるOSの役割

携帯電話市場は二つの視点から技術的に説明される。まず、国ごとのシステムの違いであり、現在、世界標準に近いものは、GSM⁴と呼ばれるヨーロッパの規格である。多くのアジア諸国、南北アメリカ、アフリカなど世界160ヶ国以上で使用されており、GSMの電話が使用できないのは、おそらく日本と韓

⁴ GSM: Global System for Mobile communication である。欧州における実際的な標準規格である。現在、音声、データ通信、メッセージのサービスを世界中のローミングを通じて受けることができる。800,900,1800,1900MHz と多くの周波数帯が利用されている。世界の70%以上の端末がGSM用であり、現在、160ヶ国以上の国で採用されている。

国だけという世界的な規格である。その他には、cdma-One⁵と呼ばれるアメリカのクオルコム社のライセンスにより使用できる方式がある。現在、アメリカ、日本、韓国、中国、香港、オセアニアで使用されている。さらに日本の PDC 方式⁶や、アメリカの AMPS⁷方式が実際に運用されているが、世界的にみるとその普及はごくわずかである。本章では、携帯電話のネットワークの外部性を検討するために、まず、携帯電話の技術推移を述べ、さらにその構造の変遷とネットワークの外部性はどのように関わるかを検討する。

2 - 1 携帯電話技術の推移

携帯電話は、備えられる機能によって 1G、2G、2.5G、3G と世代を表すように分類される⁸。携帯電話の世代を分類するのは、通信技術による通話機能とインターネットや情報技術による情報処理機能(以下、アプリケーション技術)という二つの技術が関連するためである。正確には上記世代は通信方式の世代であるが、この世代毎にアプリケーション技術も進化している。このような携帯電話の各世代を説明するのが表 1 である。この表について少し考察してみよう。まず、携帯電話の特徴として、異なった世代間・方式間でも情報のやり取りや会話が可能であり、互換性が保持されている点がある。実際、アメリカでは、現在でも 1G のアナログ携帯電話が使用されており、1G と 3G の間でも通話は可能である。さらに、表からも推察されるが、携帯電話の機能は二つに分類されることが分かる。一つは無線通信技術、つまり電話機能であり、もう一つはインターネットやパソコンの技術でありこれをアプリケーション技術と

⁵ CDMA: Code Division Multiple Access; 符号分割多重方式のこと。現在、CDMA 方式は、韓国、香港、米国などで既にサービスが始まっており、cdma-One は日本のサービスの愛称である。日本の多くの携帯電話会社が採用しているのは TDMA (Time Division Multiple Access; 時分割多元多重方式)だが、TDMA はパケット通信に似ており、一つの周波数を時分割し各ユーザの通信波を乗せる方式。現行以上の周波数を時分割する技術は通話品質を保つ上で難しい TDMA に対し、CDMA はユーザ毎に固有の符号つけて、一つの帯域に同時に何人ものユーザが使用できる画期的な方式である。また、CDMA は先述したように固有の符号を割り当てるためクローン電話は作りにくくなる。

⁶ PDC: Personal Digital Cellular system; デジタル携帯電話というデジタル方式を使った携帯電話。AU の cdma-One 方式の携帯電話を除くと、現在の日本の携帯電話はすべて PDC 方式を採用している。日本固有の方式である。

⁷ AMPS: Advanced Mobile Phone Service の略。北米の携帯電話サービスの名称。アナログ方式で 800MHz 帯を使用する。PCS/CDMA 800 複合方式の携帯電話サービス事業者は、PCS/CDMA800 の通信方式だけでは全米のエリアをカバーできないため、すでに全米で普及している AMPS とのローミングサービスを行う必要がある。そのため PCS/CDMA800 端末は、PCS/CDMA800/AMPS のトリプルモードになっている。

⁸ それぞれの“G”は Generation を表す。現在、世界的には 2.5G が多く採用されており、3G は、日本、イギリス、オランダ、イタリアなど少数の国に限られている。

呼ぶ。表1からも分かるように、2G までの携帯電話は通信技術に大きく依存していたものが、2.5G からはアプリケーション技術との複合化が進んでいる。したがって、これらの異なる技術を融合する必要から、両技術をともに制御する OS の選定は極めて重要なものになっている。GPS やカメラ機能のような技術は、無線通信技術とは全く独立しているように思われるが、実際には GPS による位置情報はネットワークより時刻情報や位置補正情報、地図の配信などを受けており密接に関係している。また、カメラ機能にしても撮影した画像の送信には大容量の情報を伝送できる無線通信技術が不可欠であり、カメラの画素数が向上するにつれ、その関係はより密接になっている。このような通信技術を制御する OS には極めて精度の高いリアルタイム性が要求され、パソコンで使用される Windows のような OS とは全く異なったものとなる。一方、アプリケーション技術は同様に画像やスケジュール管理のような機能が要求され、パソコンと類似点がある。このように、携帯電話は、通信技術と

表1 携帯電話技術の推移

世代	1G	2G	2.5G	3G
年代	80年代～	90年～	97年～	2002年～
標準方式	アナログ FDMA	デジタル TDMA	デジタル TDMA, CDMA	デジタル W-CDMA, CDMA2000
具体的方式	TACS, NMT	PDC, GSM cdma-One, GPRS, PHS		FOMA, UMTS, cdma-2000-1X
データ通信速度(理論値)	-	64 kbps	115 kbps	2 Mbps
(実サービス値)	-	9.6 kbps	115 kbps	384 kbps
CPU	CCPU	CCPU	CCPU+ACPU	CCPU+ACPU
待ち受け時間 (hr)	17	170	400	500
代表的アプリケーション	電話帳、時計	着メロ、 ショートメール	カメラ、GPS、 ゲーム、インターネット	テレビ、動画、 e-コマース

注: CCPU: Communication CPU, ACPU: Application CPU

アプリケーション技術といった異なる技術が融合された機能が要求され、使用される OS の選択は重要な要件となる。

2 - 2 携帯電話市場におけるネットワークの外部性

先行研究から明らかなように、標準化は同じ規格の端末が多いほど使用者の効用は高まるという直接的なネットワークの外部性と、ゲーム機とゲームソフトの関係のように補完財が売れるほど使用者の効用が高まる間接的なネットワークの外部性という二つの要因によって決定されことはすでに述べた。ネットワークの外部性が働くのは、主に、モジュール間、使用者間のインタフェイスである。たとえば、OS とアプリケーションソフトのインタフェイスは API⁹ であり、この API に従うアプリケーションソフトは全てこの OS 上で動作する。同様に DVD では、DVD フォーマットが共通インタフェイスであり、この共通インタフェイスに従う DVD ソフトはすべて再生できる。このようにネットワークの外部性が働くのは、正確には OS や DVD 機器ではなく、API や DVD フォーマットというインタフェイスである。

ネットワークの外部性が製品ではなく、インタフェイスに働くのであれば特定の製品による独占は起こらない。製品とインタフェイスの関係について少し詳しく見てみよう。インタフェイスが特定企業の支配を受けない場合を完全オープン、逆に、支配を受ける場合を不完全オープンと定義しよう。ファックス、DVD フォーマット、USB インタフェイス、TCP/IP など完全オープンな場合、特定企業の製品を購入する必要は生じない。これに対し、Windows の API やエクセルのファイル形式は特定企業のみが変更内容やその時期を決められるため、支配が生じる。つまり、ネットワークの外部性が働くのは、マイクロソフトのように特定企業が製品インタフェイスを支配する不完全オープンの場合である。

携帯電話の場合、前述した通信技術に関しては、最も使用者の多い GSM でも日本で使用される PDC 方式でも通話機能のインタフェイスは完全オープン

⁹ API: Application Program Interface あるプラットフォーム(OS やミドルウェア)向けのソフトウェアを開発する際に使用できる命令や関数の集合のこと。また、それらを利用するためのプログラム上の手続きを定めた規約の集合。個々のソフトウェアの開発者がソフトウェアの持つすべての機能をプログラミングするのは困難で無駄が多いため、多くのソフトウェアが共通して利用する機能は、OS やミドルウェアなどの形でまとめて提供されている。

であるため、どの企業もネットワークの外部性が働く要素はない。携帯電話の場合、むしろ、アプリケーション技術の方にネットワークの外部性が働く要素がある。以下、この観点についてさらに分析していくことにする。

2 - 3 携帯電話で使用される OS

現在、携帯電話市場では主として4種類のOSが使用されている。パソコン市場ではデスクトップやラップトップ用にWindowsが使われるのに対してサーバー用にはLinuxの普及が進んでいる。これとは対照的に、4種類のOSにはそれぞれ特徴があるが、標準OSとしての普及には至っていない。ここではそれぞれのOSについて、その特徴を比較する。

表2は主な携帯電話用OSを比較したものである。Symbian¹⁰はNokia、Ericssonなどといったヨーロッパの携帯電話メーカーの共同出資による企業が保有するOSであり、1998年から2.5G以降の比較的高級な携帯電話用に使用されている。多くのミドルウェアを有しており、アプリケーション技術だけでなく、情報通信技術にも優れた対応が可能なOSである。Windows Mobileはマイクロソフト社が保有する携帯電話端末用のOSであり、多くのミドルウェアがあり、開発環境としてPDA用に普及したWindows CEのものが流用できるため企業にとって開発しやすいOSである。Linuxは普及しているサーバーやパソコン用からリアルタイム性を改良して組み込み用OSとして開発されたオープンソースである。ただし、改良には一定のルールがあり、ライセンス料などはかからないが、全く自由に改良できるというものではない。以上3種類のOSは元来コンピュータ(PDAを含む)用途の大規模なものであるが、1G、2Gの携帯電話や多くの家電製品にはもっと小さな組み込みOSが用いられてきた。これらは単純な制御しかできないがリアルタイム性の高いRTOS (Real Time Operating System) と呼ばれるものである。ここではRTOSの代表として日本製の携帯電話で標準的につかわれてきた μ -ITRONについて述

¹⁰ Symbianは会社の名称であると共に、Symbianプラットフォームは同社が開発する携帯電話用マルチタスクOSの製品名である。同社のOSであるEPOCをベースにしたものであり、多くの場合、EPOCと同義に扱われる。次世代携帯電話のOSとして開発されたEPOCだが、元々は英PSION(サイオン)のPDAに搭載されていたもので、現在はこのOSの開発を携帯電話メーカーであるエリクソン、モトローラ、ノキア、松下電器産業などとPSIONの合併会社である英Symbianが進めている。Symbianがライセンスを供与しているところとしては、出資関係にある5社以外に、ソニー、三洋電機、ケンウッド、SIEMENS、Philippisなどの携帯電話メーカーがある。

べる。μ-ITRON だけは、やや異なった性格を有している。もともと1984年に東京大学の坂村教授が立ち上げたコンソシウムの成果物であり、正確にはOSではなくAPIであり、準拠した多数のOSが存在する。その特徴は圧倒的に高いリアルタイム性と容量の小ささである。

以上、現在、世界で使用されているOSを概観したが、表1に示した携帯電話の各世代と表2のOSの革新プロセスとの関係を考えてみよう。まず、1Gの初期にはOSは存在していない。1Gの初期の携帯電話に要求される機能は、待ち受け、呼び出し、会話であり、それぞれの局面でハードウェアを切り替えるだけでよかったため、OSの必要性はなかった。1Gの後半から2Gになると、着メロや電話帳などの機能が強化され、たとえば、待ち受け時に電話がかかってくると、着メロを呼び出し、ディスプレイのバックライトを点灯させ、相手の名前を表示するなどのタスクをCPUがこなす必要が出てきた。このようなタスクと同時に着信に対する通信機能を立ち上げる必要があり、数10マイクロ秒でそれぞれのタスクを切り替える必要性が出てくる。そのために、リアルタイム性を有したOSが必要となったが、OS自体の性能不足はハードウェアやCPUの性能向上によってカバーできるレベルのものであった。しかし、2.5Gの時代になると、OSへの要求度合いは一変する。複雑なファイル処理、プッシュボタンでのさまざまな処理、仮名漢字変換、デジカメ機能、GPSに

表2 携帯電話用OSの比較

	Symbian	Windows Mobile	Linux	RTOS (μ-ITRON)
OSの性格	マルチタスク性	マルチタスク性	マルチタスク性	リアルタイム性
ミドルウェア市場の有無	有り	有り	有り	×無し
LSIへの移植性	有り	有り	有り	有り
コンソシウムの有無	有(6社)	マイクロソフト社	ボランティア	有(ITRONプロジェクト)
変更の可否	×不可	×不可	可能	可能
インタフェースのオープン性	不完全	不完全	完全(オープン・ソース)	完全(オープンAPI)

よる位置検索など、ほぼパソコンに近い機能が持ち込まれ、大きなメモリ空間とマルチタスク性を有した OS の必要性が増した。しかしながら、携帯電話の持つ本来の機能である通信機能は、当然のことながら保持されなければならない、高度なリアルタイム性は確保されなければならない。このように、マルチタスク性とリアルタイム性という、相反する要求を満たすために、各携帯電話企業はさまざまな戦略を持つことになる。

ここで、2.5G 以降、現在にいたる携帯電話用 OS に対する要求と企業の対応を整理してみよう。2.5G は、現時点では世界的に最も標準的な機能を要する世代である。それだけに、PDA やパソコンで使用されるレベルの機能を小さな端末でこなす要求が顕在化しており、さまざまな問題が出ている。たとえば、携帯電話の開発上、各企業が遭遇するトレードオフだけでも、通話という通信技術に要求されるリアルタイム性とさまざまな機能に対応するためのマルチタスク性という問題、さまざまな機能をハードウェアに負わせることによりソフトウェア、つまり OS の負担を軽減できるが、その代わり回路が大きくなるという小型・軽量化の問題、さらには、ハードウェアの消費電力アップによる電池寿命の問題など、さまざまなトレードオフが存在している。このような問題に対して、各企業の戦略は大きく二分されている。

まず、欧米の携帯電話企業は、根本的な問題解決に取り掛かった。携帯電話に 2.5G で要求されるさまざまな機能を付与することは、あたかも PDA そのものの開発に関わるようなものである。Symbian や Windows Mobile はこのような発想から出発しており、まさに、携帯端末の理想を追うものであった。一方、日本企業の対応は全く逆であり、μITRON といった基本的なリアルタイム OS にアプリケーションを積み上げていくため、製品の世代が進むごとに複雑性が増し、企業間の互換性どころか、完全に一品一様の設計となっている。しかし、このような方法は、CPU に余分な機能という負荷をかけず、単純に必要な量のソフトウェアを設計しているため、無駄がなく CPU の性能を十分に引き出すことができるという利点も有している。つまり、欧米は機能を OS により切り分けるパソコンと同様のモジュール化を志向し、日本は、むしろ、一品ごとに CPU パワーを存分に生かせる無駄のないすり合せによる設計を目指した。

しかしながら 3G の世代になると状況は変わる。パソコンと同様の e-コマースや TV 電話といった高度な機能が要求され、日本型のすり合わせによる積み上げ方式ではもはや対応が取れない。したがって、日本企業や一部のアメリカ企業は、Linux というパソコン用の OS を持ち出して、μITRON との複合化によって対応しようとした。主たる機能である通信性能を確保するためのリアルタイム性、携帯電話としてのブートアップ性¹¹、低消費電力といった基本機能が 3G の OS には要求され、結果的に、欧米の Symbian、Windows Mobile そして日本企業が中心となって取り組んだ Linux とともに、パソコンと類似した仮想メモリを要するようなマルチタスク性を有する基本アーキテクチャを持つ OS が目指されることになり、3G ではモジュール性が強くなっている。

以上、欧米と日本企業という少し大雑把な切り分け方で OS の戦略を比較した。結果として、携帯電話としての全体最適から各機能を考える欧米のモジュール化の戦略と、各機能のすり合わせにより全体最適を目指す日本企業の戦略には相違があることを示した。

3. 携帯電話のモジュール化

前章では、携帯電話の OS について、欧米企業が全体最適を求め 2.5G の段階からモジュール化を進めていったのに対し、日本企業は 2.5G ではすり合わせを主体に、3G ではモジュール化を目指すようになったことを述べた。本章では、モジュール、すり合わせとは何かを中心に、モジュール化の進展には産業の水平分業化が同時に進行することを述べ、このような構造と携帯電話用 OS のモジュール構造とネットワーク外部性の関係について言及していく。

3 - 1 垂直統合から水平分業へ

携帯電話産業では、垂直統合型から水平分業型への移行が進んでいる。しかし、パソコンがたどった水平分業構造への経路とは異なっている。この点についてまず議論しよう。図 1 は携帯電話の生産台数を地域別に表したものである。ここでの着目点は地域別の推移だけでなく、世代との関係である。携帯電話生

¹¹ パソコンのように、電源投入後、分単位の立ち上げ時間は携帯電話には許されない。数秒単位で OS が立ち上がる機能を指す。

産台数は各地域とも大きく成長している。特にヨーロッパの成長が著しい。携帯電話の産業構造を決定する要因は、2G、2.5G といった世代の進展に伴うアプリケーション機能の変遷に伴う構造の変化である。携帯電話の基本機能である通信機能については、携帯電話企業が使用するアンテナやアナログ受信回路といった基本モジュールが大きく変化しているわけではなく、携帯電話の製品構造は不変である。逆に企業は、アプリケーション機能に対して使用する CPU の性能向上を考慮し、OS、ミドルウェアを改良していく。すなわち、携帯電話の産業構造に大きく影響を与えるのはアプリケーション機能である。

ここで、このような産業構造の変遷を表した図2を見てみよう。携帯電話の機能は、1G、2G の世代においては通信技術に依存していたため、企業はプロセッサの仕様を決め、半導体企業に発注しており、この段階の産業構造は、小型・軽量化に必要な電池の開発を専門企業に依存した以外はほぼ垂直統合であった(図中(A)(B)参照)。2Gの後期から2.5Gにかけて、パソコンやPDAと同様に携帯電話にもスケジュール管理、ゲーム、着メロ、デジカメ、位置情報といった高度なアプリケーション技術が要求され、要素技術が外部から持ち

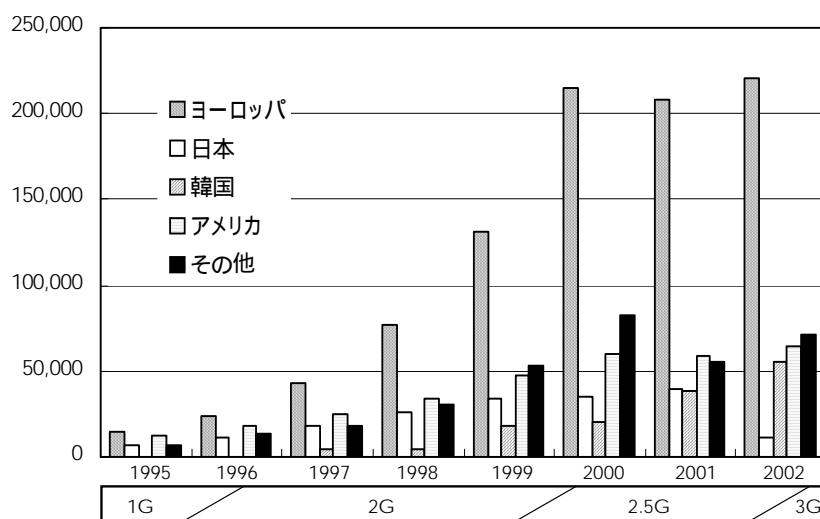


図1 携帯電話の世界地域別生産数(単位 1000 台)¹²

¹² Gartner 社による調査結果(2003年)。地域別とは、携帯電話端末のブランドの企業がどこの地域に属するかという観点で区分されている。たとえば、モトローラ社が中国で生産しても、アメリカの生産ということになる。また、EMS や ODM についても同様に、あくまでブランド保有企業を主体に考えている。

込まれるようになった。たとえば、デジカメや位置情報を得る GPS といった技術は携帯電話の開発者が簡単に取り組めるような技術ではないため、専門企業からの供給をうけ、自社製品への組み込みに専念するようになる。このように搭載されるアプリケーションが増えると他社との分業が増えるため、できるだけモジュール化を進めながら設計を単純化し適切な OS を導入することによるソフトウェアの管理性、再利用性を向上させる必要が出てきた。初期の段階では、通信機能の制御のために不可欠リアルタイム性を有した μ ITRON などを主体に、アプリケーションを継ぎ足すごとに OS に機能を追加しながら使用していった(図中(C)(D)参照)。2Gの後期から2.5Gにかけてアプリケーションが大幅に増加し、OSへの負荷が大きくなり、家電用の組み込みプロセッサでは処理能力が足りなくなったため ARM¹³や SH¹⁴といった高性能の組み込みプロセッサの採用が進んだ(図中(E)参照)。さらに3Gの世代になるとゲームやメール機能、インターネット用ブラウザなど、パソコンと同様の機能が要求されるようになり、もはや、 μ ITRONのような単機能のOSの改良では

	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
アプリケーション	セットメーカーによる垂直統合	電話帳 着メロ	メーカー	メーカー ゲーム・ブラウザ	メーカー 写真、他	メーカー GPS、他	メーカー テレビ、他
OSミドルウェア		RTOS (μ ITRON)	RTOS (μ ITRON)	RTOS (μ ITRON)	RTOS Symbian Win-Mobile	Linux Symbian Win-Mobile	Linux Symbian Win-Mobile
プロセッサ		組み込みMPU	組み込みMPU	組み込みMPU ARM Cdma-One	ARM,SH Cdma-One OMAP	ARM,SH Cdma-One OMAP Xscale	ARM,SH Cdma-One OMAP Xscale
主要デバイス		電池	電池 LCD	電池 LCD	カメラ 電池 LCD	カメラ 電池 LCD	カメラ 電池 LCD
組立て(生産)						EMSなどの アウトソーシング	EMSなどの アウトソーシング
	1G	2G	2.5G	2.5G	2.5G	3G	3G
	~1995		~1999		~2002		

図2 携帯電話産業における水平分業化の進展

¹³ ARM: Advanced Risc Machines の略称、又は ARM 社が出している組み込みマイコン、及びそのアーキテクチャのこと。特に区別する必要がある場合は ARM 社、ARM マイコン、ARM アーキテクチャなどと呼ぶこともあるが、単に ARM と書かれることも多い。組み込み分野では標準的に使用されるアーキテクチャである。設計したアーキテクチャは自社で生産せず、他メーカーにライセンスする。ARM7、ARM9、StrongARM など複数のアーキテクチャがある。

¹⁴ SH-4: 日立 RISC マイコン「SuperH(TM)ファミリ」の最上位 CPU コア名。組み込み型マイコンとしては、業界最高レベルの 360MIPS を実現する。

対応しきれなくなってきた。そのためには、Linux のようなフリーウエアとの複合化により独自性を残すか、Windows Mobile や Symbian といった専用に開発された OS を使用するかという選択に直面することになる。このような段階になると、一つ一つの要素技術は企業で取り組むには負担が大きく、専門企業の提案、供給を受けるようになり、水平分業化が加速される。そのために、設計の垂直統合度がなくなり、需要の拡大・柔軟性を考慮すると、設備投資の伴う自社生産と比較して、EMS などの大規模生産アウトソーシングの優位性が高まる（図中（F）（G）参照）。このように、基本機能である通信機能の進展だけではなく、アプリケーション機能の拡充によるソフトウェアの大規模化、それに伴う OS の導入といった要因により、携帯電話の水平分業化が進展する。完全モジュール化により、高度なすり合わせによる設計能力の必要性の低下とともに、参入障壁の低下を招き、中国を中心に参入企業数は増加している。

4. 結章

携帯電話産業は水平分業化しており、その製品構造はモジュール化していることを述べてきた。携帯電話市場では、OS によるネットワークの外部性が働きにくいことを述べる。実際、携帯電話市場では、いまだに標準化された OS は存在していない。結論として、多くのコンソシウムが結成されているが、規格化はできるが、ネットワークの外部性が上手く働かず、結果として標準化されない場合も多い。本章では、携帯電話には OS の標準化によるネットワークの外部性は上手く機能しないという仮説の証明を行う。

4 - 1 携帯電話とパソコンの OS の構造面からの比較

モジュール間の接合規定をインタフェースと呼ぶと、ソフトウェアの構造は、レイヤー構成でモジュールを定義する。あるモジュールから見て、上位のインタフェースを適用性、下位のインタフェースを移植性と定義すると、上位のインタフェースはアプリケーションソフトウェアと、下位のインタフェースはプロセッサとの関係を表す。つまり OS は、ハードウエアとソフトウェアの接合という機能を果たしている。このようなモデルを基に、パソコンと携帯電話の OS の構造を調べてみよう。パソコンと携帯電話の OS の状態を表したものが

図3である。図3左図はパソコンの構造を表すが、上位インタフェイスは Win32API と呼ばれる Windows OS 専用のインタフェイスがあり、下位インタフェイスは Pentium や AMD といったプロセッサのドライバー群である。したがって、極めて複雑で不完全オープンな構造となっている。これに対して、図3右図は、携帯電話の OS の構造を表すが、パソコンと明らかに異なるのはアプリケーションの適応性、プロセッサへの移植性を向上させるためにインタフェイス吸収層 (I/F 吸収層) が設けられており、柔軟に対応できるような構造を有している。それでは、それぞれの OS の構造から見て、ネットワークの外部性が働く条件を、パソコンの例から考えてみよう。まず、1980年代のパソコンの萌芽期において最初に採用されたのが MS-DOS という非常に小さな OS であった。この OS と当時のプロセッサ (i8086) との組み合わせは、移植性や適応性は全く考慮されていなかった。この組み合わせは、IBM が偶然、採用したためであり、結果的にこの組み合わせが最後まで生き残ることになった。最初の組み合わせのインタフェイスを忠実に守りながら規模を拡大したところに Windows という OS にネットワークの外部性が働きかけとなった。さらに、Windows が世界的な標準 OS として普及したのは、図3中の x86 インストラクションセット (x86 Instruction Set) が複雑でなかったため、AMD やトランスメタといった互換性のあるプロセッサが製品化され、より、Windows が支持されネットワークの外部性に拍車がかかった。また、意図的かどうかは別として、Windows の内部構造があまりにも複雑であり大規模になっていたため、互換性のある OS は現われなかった。そのために、あらゆる

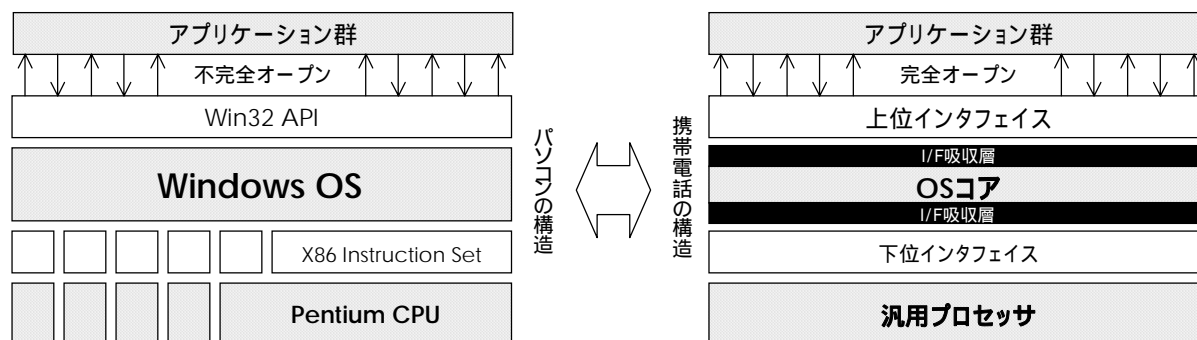


図3 パソコンと携帯電話の OS の比較

アプリケーションソフト企業が Windows 用にソフトウェアを供給したことによりネットワークの外部性が働くことになった。

上記の議論をまとめる。パソコンの OS がネットワークの外部性が働く素地を備えていると仮定すれば；

- ・ 比較的小規模な状態から、互換性を保ちながら規模を拡大する戦略が有効に働くこと。
- ・ 複数のプロセッサへの移植性があること。
- ・ 互換性のある OS が現われないこと。

上記のような条件が必要になる。上記のような条件を加味しながら、Symbian、Windows Mobile、 μ ITRON、Linux といった OS を見てみよう。Symbian、Windows Mobile はそれぞれ、携帯電話用に専用設計されており、互換性を保ちながら規模が拡大されたものではない。しかしながら、複数のプロセッサへの移植性は確保されているし、互換性のある OS も実現しそうにない。一方、 μ ITRON、Linux はもともと、ソースコードが開示されており、小規模な段階から互換性を保ちながら拡大されており、さらに、複数のプロセッサへの移植性も有している。これらの点においてはネットワークの外部性が働く要素を持つ。しかしながら、互換性のある OS は、フリーソフトという性質から無数に存在する可能性がある。このように、携帯電話で使用されている OS は、一見、パソコン用 OS と類似した構造を持っているが、ネットワークの外部性が働く条件を満たしてはいない。

4 - 2 結論

携帯電話用の OS について、さまざまな角度から、そのネットワークの外部性が働く要因を見てきた。ここでは、本章の締めくくりとして議論を整理する。通信機器ではネットワークの外部性の議論は、製品戦略上、極めて重要な要件となる。携帯電話の基本的な性質である通信機能のうち通話機能についてはすでに各世代を経て、満足度の高いサービスの提供が可能になっている。問題となるのは、2.5G 以降のメール、ブラウザ、デジカメ、位置情報といった付加機能である。従来、ネットワークの外部性を議論する際、あるソフトウェアの使用に際し特定のハードウェアが必要となるとき、そのソフトウェアの販売量

はハードウェアの既存販売量と潜在的販売量に影響されることを、ハードウェア/ソフトウェア・パラダイム (Hardware / Software Paradigm) と呼び、消費者がハードウェアを購入した段階で特定ソフトウェアの購入の機会しか得られなくなる (Katz and Shapiro,1985; Church and Gandal,1992; Shapiro and Teece,1994)。ソフトウェア企業は、できるだけ差別化した製品を大量に販売し、利用者同士の効用を高めることによるネットワークの外部性を目指して浸透価格政策を取るようになる。つまり、さまざまな機能をもつソフトウェアが独占を目指して市場に投入されるときに、ソフトウェアの製品数は増大し、価格は低下し、総販売数が指数的に増える状態がソフトウェアのネットワークの外部性を説明するメカニズムになる (Church and Gandal,1992; Chou and Shy,1990)。Symbian や Windows Mobile といった OS はこのようなネットワークの外部性を目指したものであるが、このようなメカニズムが上手く働くパソコンの市場と携帯電話市場では、明らかに異なる点が指摘できる。携帯電話はハードウェアでありながら、販売の主導権は電話会社であり、彼らの収益の源泉はハードウェアやソフトウェアの販売益ではなく、通信回線の使用料である。また、携帯電話用のアプリケーションは極めて柔軟な構造をしており、さまざまな OS との冗長性を有していることはすでに述べた。また、携帯電話市場は世界中に広がっており、規格の統一は進んでいるが、アプリケーションは文化的な背景もあり、地域差があることもこの分野でのネットワークの外部性が働かない要因の一つである。

以上、携帯電話のネットワークの外部性についての議論をまとめると：

携帯電話はパソコンと似た構造を持つが、ソフトウェアは購入後にユーザーが買い足すものではないため、ソフトウェアという補完財としてのネットワークの外部性が働く要素がなかった。

全く異なる OS 同士でも働く JAVA などのプラットフォーム技術が生まれ、OS の独自性を顧客が認識できなくなった。

携帯電話の機能のうち、通信機能はすでに最初の世代よりほぼ顧客満足を与えるレベルに達していたため、その後の製品機能の推移は全く異なる次元で行われた。

携帯電話の機能付与については、電話会社のインフラとのかかわりが強

く、携帯電話企業の戦略だけでは推進できない制約があった。

上記のような理由から、「携帯電話の OS はパソコンと比較してネットワークの外部性が働きにくい。」という仮説 1 と、「携帯電話の性能は市場要求を常に超過しており、このような企業の戦略は OS の標準化にとって否定的に働く」という仮説 2 の成立が示唆される。

仮説の成立をさらに詳しく検証したのが図 4 である。図は、1980 年代に携帯電話が普及し始め、その後、三世代に渡るモジュール化の状況を示している。携帯電話の製品アーキテクチャは、図から明らかなように通信と情報処理という二つの技術との関係によって変化している。1980 年代に普及し始めた携帯電話はアナログだったこと、また、当時の半導体技術は、現在、主流であるシステム LSI のような高度な小型・集積化の技術は未熟で電力消費も大きかったため、大きなバッテリーを搭載する必要があり、モジュール化による生産性の向上や原価低減は困難であった。1990 年代に入ると、2G と呼ばれる 2G のデジタル化技術が確立され、一気に小型化が進んだ。基本設計はもちろん、使用される部品も全く新規のものになった。すなわち、製品アーキテクチャが一新

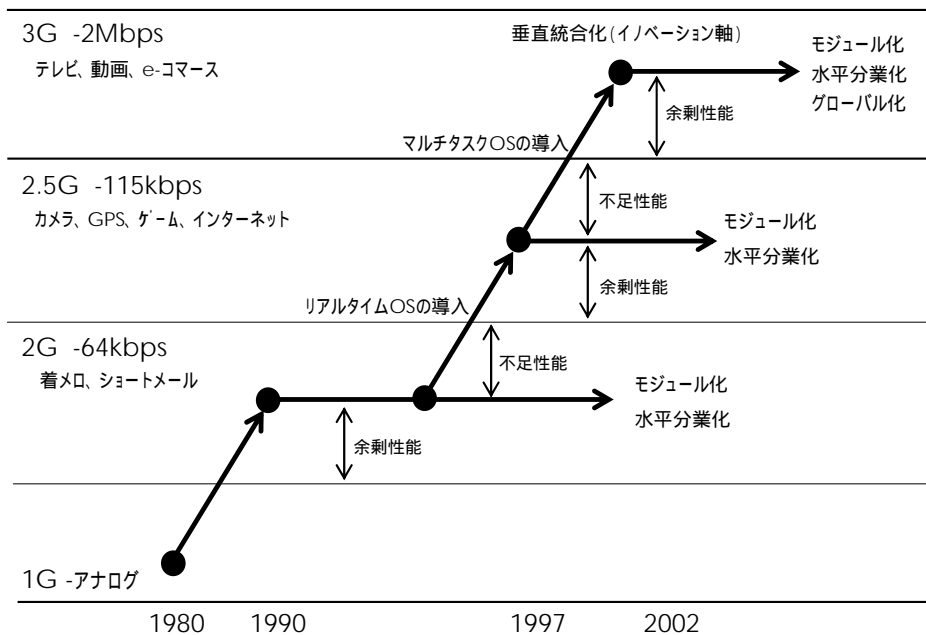


図4 携帯電話のイノベーションとモジュール化

された。このような世代交代はアナログからデジタルという大きなイノベーションによるものであり、従来技術の延長線上にはなかったことは、図の1Gから2Gへ移行する右上がりの矢印によって表されている。このような2Gの携帯電話はデジタル技術により回路は洗練され、新たに半導体が設計されモジュール化が始まった。この様子は2Gの水平な矢印によって表されている。2Gの携帯電話はショートメールや着メロといった、現在、よく使われる機能が織り込まれており、世界的には現在でも大量に作られている。

しかしながら、パソコンで普及したインターネットやメール機能が携帯電話でも要求されることになり、64kbpsという通信速度では不十分であったため、115kbpsという2.5Gへの移行が急務となった。2.5Gでは、さらにデジカメやゲームが使える設計となっており、それぞれの機能をリアルタイムで切り替えて制御するリアルタイムOS(RTOS)が導入されるようになった。このようなOSの導入は、ソフトウェア、ハードウェアの設計にも大きな影響を与え、2Gとは全く異なった製品アーキテクチャが取られた。この時点では、図2(D)、(E)に示されるように水平分業構造がかなり明確になりモジュール化が進展した。

近年、テレビ電話、GPS(位置情報)、e-コマース機能などが携帯電話で実現する3Gの時代に入ったが、さらに高い通信速度とマルチタスクをこなす新たなOSが必要になり、SymbianやLinuxといった高度なOSが組み込まれる必要性が生まれた。この時点では、図2からも明らかなように、完全な水平分業構造をとるようになっておりモジュール化が一層、進むと思われる。

以上、携帯電話はアナログから始まり、デジタル化した後も進化が続き、2G、2.5G、3Gと三度にわたる製品アーキテクチャの変遷が見られる。その度にモジュール化が進み、産業構造は水平分業化している。ここでの議論は、モジュール化を進めても次の世代の製品アーキテクチャには到達しないという点である。世代の更新には、製品アーキテクチャの変化が必要だという点である。本稿ではこのような製品アーキテクチャの変遷の指標としてOSに焦点をあて、日本と欧米の携帯電話企業の戦略比較を行ってきた。製品戦略上の重要な点は、世代の更新時にどのような製品アーキテクチャに取り組むべきかという点で、図4では矢印の元の黒丸で表される分岐点での戦略を意味する。現行世代の製品の価値獲得と次世代製品の価値創造は、一つのベクトル上では実現できない

ことを意味する。3G を想定して設計された Symbian という進んだ OS は、2G や 2.5G では、数多くのアプリケーションを導入するにはプロセッサのパワーが不足し、逆に、日本企業が行っている μ ITRON と Linux の組み合わせでは、毎回、OS の設計を変更し、それに伴うアプリケーションの整備という膨大な開発要素を抱え、完全なモジュール化への進展が遅く価値獲得ができないという問題のため、標準化は進まないことを示した。このように、モジュールと産業の水平分業構造は、常に、製品要求レベルの余剰と不足のバランスの中で進展するものであり、上位要求レベルに対しては、常に異なったコーディネーションを考えねばならない。

4 - 3 インプリケーション

デジタル機器開発の局面において、ネットワークの外部性と標準化は極めて重要な課題となる。パソコン市場はすでに成熟しているが、マイクロソフトやインテルは業界標準戦略によって極めて安定した収益基盤を確立している。両社の例からも分かるように、モジュール化・水平分業化した産業で強いモジュールを持つことは、デジタル機器開発戦略の理想と思われる。本稿では、携帯電話の事例から OS をめぐる標準化競争の要因を分析してきた。デジタル機器産業では、ほとんどすべての関連領域で標準化競争が行われている。企業は、どのようなタイミングで何を目指して標準化の戦略を立案するのであろうか。図5を用いて、製品のモジュール化と標準化プロセスを考えてみよう。図中、矢印は、新製品開発の方向性を表している。同様に点線で示した矢印は、将来、企業が目指す可能性のある開発ベクトルを示している。ここで、企業は下位市場、現行市場、上位市場という順に製品開発活動を行うと仮定する。実際に、標準化を考える企業は、現行品ではなく近未来の製品戦略上、自社に有利になるようなベクトルを想定している。現在、T2 という時点で企業が標準化戦略を考えているとしよう。T2 時点では、現行製品の開発は終わっており、企業は上位市場との技術的ギャップを現行製品の逐次的改良によって埋めようとするか（図中 のベクトル）あるいは、全く新規のイノベーションにより埋めようとするのか（図中 のベクトル）さらには、標準化を現行市場で狙うという選択肢（図中 のベクトル）がある。このように、企業が取り得る標準化の方向性

は、 \vec{v}_1 、 \vec{v}_2 、 \vec{v}_3 の3つのベクトルで表される。

まず、 \vec{v}_1 は現行市場ではなく、次に狙う上位市場に向けての標準化戦略である。このような上位市場への製品開発では、全く新規仕様の製品を設計することになり、新たにシステム LSI や資産特種的なモジュール・部品が多く設計されるため、T3 の時点で開発される製品はインテグラルな構造となり易い。また、企業内でも、現行製品とは全く異なる要素技術開発の必要性があり、現行製品の開発グループとは異なるグループが担当するなど、少なくとも、違う場所や予算で開発を行う新たな社内コーディネーションが不可欠になる (Henderson and Clark, 1991)。その後、企業間で主要モジュールを供給し合うなど業界標準が規格化されるとモジュール市場が立ち上がり、少しずつモジュール化が進行する(図中の \vec{v}_2 のベクトル)。これが市場主導の標準化達成(De-fact Standard)の一つの例であり T3 の段階、もしくはそれ以降に規格が立ち上がる。 \vec{v}_3 のベクトル上で、T2 と T3 の間に企業間のコーディネーションによって、製品化の前

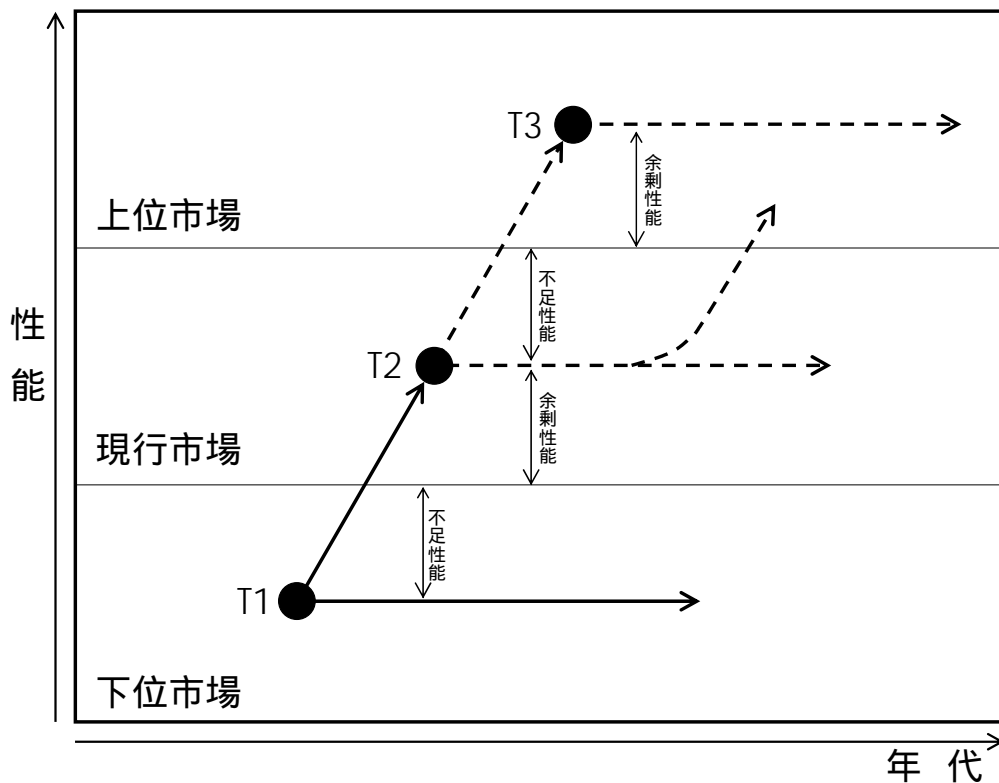


図5 デジタル機器のモジュール化と標準化

に規格が制定されることもある(De-jure Standard)。いずれの場合でも、上位市場に向けての製品開発段階では、企業間の協調により新たな市場拡大（価値創造）のための標準化が目指される。

次に、現行市場の延長線上で標準化が目指される場合もある（図中、 \rightarrow のベクトル）。このケースでは、産業特殊的と産業横断的、両方の場合が有り得る。現行市場で標準化が争われるケースでは、現行の製品開発チームが標準化作業(De-fact Standard)に関わることが多く、企業間の価値獲得競争となり易い。このような標準化は図中、 \rightarrow のベクトル上で起こるが、実際には \rightarrow のように現行市場の延長線上で上位市場を捉えることは不可能である。たとえば、携帯電話においても、2.5G の電話に Symbian のようなさまざまな機能を有した OS を導入しても、情報処理能力や通信速度が満足できるものではなく、永遠に 3G 端末にはなり得ない。このように、下位市場から上位市場への製品戦略は、製品アーキテクチャの変更を伴う新たなコーディネーションが不可欠であり、従来の製品アーキテクチャを構成するモジュールの性能をいくら上げても上位市場の製品にはならない。現行市場上での標準化は価値創造を伴うというよりも、価値獲得の競争となることが多い。

しかしながら、近年のネットワークの外部性、標準化の問題は、このようにネットワークの外部性が働く条件を満足させても、余剰利益になかなかつながらないという点である。その理由は、図5が示すとおり、インテグラルな製品アーキテクチャも、量の拡大のためにすぐにモジュール化する傾向があり、なおかつ、標準化のためにコンソシアムを組むことが多く、しかもそのコンソシアムも年々、大型化する傾向があるためである。たとえば、携帯電話にも用いられる Bluetooth では 1500 社が、SD カードでは 500 社もの参加企業があり、確かに、圧倒的に強い標準が形成されネットワークの外部性も働くが、権利を持つ企業が多いため大きな収益にはつながりにくい。

ここで、ネットワークの外部性と標準化の問題を整理してみよう。重要となるのは、現行製品のデザインが決定され、量的拡大の意思決定と上位市場への製品戦略を決定すべき時点での判断である（図5、T2 の時点）。現行製品がモジュール化することはデジタル機器ではほぼ必然であり、問題は、モジュール化した後の価値獲得の仕組みをこの時点で明確にしなければならない点である。

自社の持つコア技術を考慮し、主要モジュールを見極める必要がある。標準化コンソシアムへの参加は、標準化のための情報をいち早く入手するために必要である。ただし、利益を生むにはコンソシアムに参加するだけでは不十分で、あくまで主要モジュールによる価値獲得を目指す必要がある。一方、上位市場への戦略は、少数企業によるクローズなアライアンスはあり得るが、大型のコンソシアムが結成されると一気に収益確保は難しくなる。このような場合でも、いずれはモジュール化が進行するため、インタフェイスのオープン性を確保した上で内部構造をインテグラル化するなど、容易に後発企業が追随できないよう、技術をブラックボックス化する必要がある。

References:

- Arthur, W. B. (1989) , "Competing Technologies, Increasing Returns and Lock-in by Historical Events,"
Economic Journal (99), pp.116-131
- Axelrod, R., Mitchell, W., Thomas, R., Bennet, D.S., and Bruderer, E. (1995) , "Coalition Formation in
Standard-Setting Alliances," Management Science (41:9), pp.1493-1508
- Benson, B. and R. Johnson (1986), "The Lagged Impact of State and Local Taxes on Economic Activity
and Political Behavior," Economic Inquiry 24 (July): 389-401.
- Besen, S. (1992) , "Am vs. FM : The Battle of the Bands," Industrial and Corporate Change, I,
pp.375-396
- Brynjolfsson, E. (1996), "Network externalities in microcomputer software: an economic analysis of the
spreadsheet market, " management Science, Vol. 42, pp. 1627-1648
- Chou, C. and O. Shy (1990) , "Network Effects without Network Externalities," International Journal of
Industrial Organization, Vol.8, pp.259-270
- Christensen, C.M., F. F. Suárez and J. M. Utterback (1998), "Strategies for Survival in Fast-Changing
Industries, " Management Science, Vol. 44, No. 12, pp. S207-S220.
- Church, J. and N. Gandal (1992), "Network Effects, Software Provision and Standardization," Journal of
Industrial Economics XL, pp.85-104
- Cusmano, M., Mylonadis, Y. and R. Rosenbloom, (1992), "Strategic Maneuvering and Mass-Market
Dynamics: The Triumph of VHS and Beta," Business History Review, 67, 51-94
- Ducey, R. and M.R. Fratrick (1989), "Broadcasting Industry Response to New technologies," Journal of
Media Economics, Fall 1989, 67-87
- Farrell, J. and G. Saloner (1988), "Coordination through Committees and Markets," RAND Journal of
Economics, RAND, vol. 29(2), pp.235-252, summer.
- Farrell, J. and G. Saloner (1986), "Installed Base and Compatibility: Innovation, Product
Preannouncement and Predation, "American Economic Review vol.76, pp.940-955
- Farrell, J. and G. Saloner (1985), "Standardization, Compatibility, and Innovation," RAND Journal of
Economics, RAND, vol. 16(1), pages 70-83, spring.
- Farrell, J. and C. Shapiro (1992), "Standard Setting in High Definition Television," Brookings Papers on
Economic Activity: Microeconomics, 1992, pp.1-93
- Ferguson, C. H. and C. R. Morris (1993), "Computer Wars," Times Books, New York

- Freeman C. (1994), "The Economics of Technical Change", Cambridge Journal of Economics, vol. 18, pp.463-514.
- Gomes-Casseres, B. (1996), "The Alliance Revolution: The New Shape of Business Rivalry," Harvard University Press
- Grindley, P. and R. McBryde (1992), "Compact Disc and Digital Audio Tape: The Importance of Timing," Standards, Business Strategy and Policy, A book, Centre for Business Strategy, London: London Business School
- 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.
- Hill, L. (1997), "Establishing a standard: Competitive strategy and technological standards in winner take all industries," Academy of Management Executive, 11(2), pp.7-25
- Katz, M. and C. Shapiro (1985), "Network Externalities, Competition and Compatibility," American Economic Review, vol. 75 (3), pp. 424-440
- Katz, M. and C. Shapiro (1986), "Technology Adoption in the presence of network externalities," Journal of Political Economy, 94(4), pp.822-841
- Katz, M. and C. Shapiro (1992), "Product introduction with network externalities," Journal of Industrial Economics Vol.40, pp.55-84.
- Katz, M. and C. Shapiro, (1994), "Systems Competition and Network Effects," Journal of Economic Perspectives, vol. 8, no. 2, pp. 93-115.
- Keil, T. (2002), "De-facto standardization through alliances – lessons from Bluetooth," Telecommunication Policy, 26, 205-213
- Laat, P. (1999), "Systemic Innovation and the Virtues of Going Virtual: The Case of the Digital Video Disc," Technology Analysis and Strategic Management, Vol.11, No.2 pp.159-180
- Lee, R., O'Neal, D., Pruett, M. and Thomas, H. (1995), "Planning for Dominance: A Strategic Perspective on the Emergence of a Dominate Design," R&D Management, Vol. 25, No. 1
- Liebowitz, S. J. and S. Margolis (1990), "The fable of the keys," Journal of Law and Economics, Vol.33, pp.1-26
- Moore E. (1996), "Intel - Memories and the Microprocessor," Daedalus, Special Issue, Managing Innovation, spring, Vol. 125, pp.55-80.

- Rogers, E. M. (1995). "Diffusion of innovations (4th ed.)," New York: Free Press.
- Rutkowski, A. (1985), "Integrated Services Digital Networks," Artech House
- Schilling, M. (1999), "Winning the standard race: building installed base and the availability of complementary goods," *European Management Journal*, 17(3), pp.265-274
- Schilling, M. (2002), "Technology success and failure in winner-take-all market: the impact of learning orientation, timing, and network externality," *Academy of Management Journal*, 45(2),
- Shapiro, C. and H.R. Varian (1999) , "Information Rules: A Strategic Guide to the Network Economy," Harvard Business School Press
- Shapiro, C. and D. J. Teece (1994) , "Systems Competition and Aftermarket: An Economic Analysis of Kodak," *Antitrust Bulletin*
- Sullivan, M.T. and R. Zader (1985) , "The Role of Standards in Network Evolution," *Computers and Standards*, Vol.4, pp.33-53
- Utterback J. M. and W. J. Abernathy(1975), "A Dynamic Model of Product and Process Innovation," *Omega*, Vol. 3, No. 6, pp. 639-656.
- Utterback J. M. (1994) , "Mastering The Dynamics of Innovation," Boston, Massachusetts: Harvard University Business School Press
- Valente, T.W. and Rogers E.M. (1995), "The origins and development of the diffusion of innovations paradigm as an example of scientific growth," *Science Communication: An Interdisciplinary Social Science Journal* 16(3):238–269.
- Verman, C.(1973) , "Standardization: A New Discipline," Hamden, CT: Archon Books/Shoe String Press
- Wade, J. (1995) , "Dynamics of Organizational Communities and Technological Bandwagons: An Empirical Investigation of Community Evolution in the Microprocessor Market," *Strategic Management Journal* (16: Special Issue), pp.111-133