

Title	不完全なモジュラー性と製品開発力：携帯電話端末開発における垂直分裂と製品開発知識の補完(<ホットイシュー>日本企業のアジア展開(1), 一般講演, 第22回年次学術大会)
Author(s)	安本, 雅典
Citation	年次学術大会講演要旨集, 22: 720-723
Issue Date	2007-10-27
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/7377
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

不完全なモジュラー性と製品開発力

：携帯電話端末開発における垂直分裂と製品開発知識の補完

○安本雅典（横浜国立大学/東京大学）

1. イントロダクション

本報告では、環太平洋圏における携帯電話端末開発プロセスを参考に、企業間分業における製品開発知識の意義について検討する。今日の日本企業の直面する課題として、製品システムのモジュラー化が進むことにより製品のコモデティ化が進んだことが挙げられている（伊藤 2005；榊原・香山、2006）。製品システムのモジュラー化が進むことで、コア部品を含め標準的な部材がオープンに供給されるようになった。このため、新興メーカーの参入によるメーカー間の競争が激しくなるとともに差別化が困難となり、コモデティ化が進んだ。このため、要素技術開発と製品開発を統合して、先端的な部材を活かした製品を開発することの重要性が指摘されている。

しかしながら、標準的な部材を用いながら、製品として一貫したものを仕上げることは必ずしも容易なく、この点に製品開発の要諦がある可能性が高いように思われる。実際、近年では、一見モジュラー化が進んだ分野においても、製品レベルの統合知識、すなわち「システム統合の知識」が不可欠であることが指摘され始めている（青島・延岡、1997；延岡、2005；延岡・上野、2005；Staudenmayer, et. al., 2005）。それにもかかわらず、経験に乏しくシステム統合の知識の蓄積のないはずの新興企業が容易に参入可能となっており、コモデティ化の流れを促しているのである（丸川他、2007）。

本報告では、いわば垂直分裂（vertical disintegration）ともいえる、技術開発から生産（ときには販売）までの一連の「プロセスのモジュラー化（process modularization）」が進んでいることに注目する（Christensen, et al., 2002；Jacobides, 2005；Sturgeon, 2002）。垂直分裂の進展は、従来は企業内/グループ内のプロセスが、専門企業に委ねられるようになってきていることを示している。こうした動きにより、製品開発に必要なシステム統合の知識ですら、外部から調達可能となっていると考えられる。

本報告は、まず携帯電話端末開発における垂直分裂的なプロセスのモジュラー化の状況を示し¹、システム統合のための製品開発知識の意義を明らかにする。続いて、こうした知識の実態について示したうえで、幾つかのインプリケーションを提示する。以上の点を明らかにすることにより、オープン化の進む状況下で、日本企業に求められている製品開発力を明らかにし、そうした製品開発力の観点から開発拠点の海外展開のあり方を検討することが可能になると考えられる。

2. 垂直分裂下のプロセスのモジュラー化とシステム統合知識の提供

従来、日本企業の強みは垂直統合にあるとされてきた。画期的な製品を実現するためには、新しい要素技術や部材の導入を容易にする、技術開発から生産までを垂直統合する必要がある。新技術を用いた製品の開発に際しては、技術開発から生産準備までの開発プロセスを統合する必要が高くなる（Iansiti, 1997；Takeishi, 2002；Yasumoto, 2006）。このような一連のプロセスに関わる知識を、企業内もしくはグループ内で垂直統合的に囲い込むことで、競争力のある新規性や独自性の高い製品が生み出されると考えられてきたのである（榊原・香山、2006）。

しかしながら、垂直統合的な製品開発は、様々なベンダが新しく開発する構成要素の変化への対応やコストの面で、必ずしも競争力を保障しなくっている。近年の垂直分裂の流れのなかで開発プロセスのモジュラー化が進むことにより、こうした垂直統合的な製品開発の課題はより深刻になっている。今日では、技術開発から生産に至るまでのプロセスをそれぞれ専門化した企業が担うことが増えている。とくにデジタル機器産業ではこうした傾向が顕著であり、IP や技術の開発、基板（PCB）設計、個別製品

¹ 本報告のデータは、2002 年～2007 年の間で行われた、端末メーカー、デザインハウス、技術プラットフォーム・ベンダ、ソフトウェア/部品/IP ベンダ、関係調査機関に対する調査に主にもとづく。

開発、生産準備といったプロセスは、それぞれ別々の企業によって担われることも珍しくない。

携帯電話産業では、デジタル化の進展とともに、1990年代後半から半導体ベンダからベースバンドの標準チップ・セットが提供されはじめ、2002～2003年にはリファレンス・デザイン、エンジニアリング・サンプル、ソフトウェア、開発ツール、推奨部品リスト、技術サポート等をセットにした技術プラットフォームが供給されるようになった。これにより、従来からの米欧ならびに一部の日本の端末メーカーは主に端末の開発・生産に注力するようになってきている（図1）。

一方、中台韓等の新興企業は、当初から外部の技術（コア・チップ等の主要部品を含む多くの汎用部品）に依存しながら開発・生産に集中することで成長を遂げてきた（今井・川上、2006）。とくに中国の場合には、外部の技術を用いて端末を開発するデザインハウス（IDH）の手がけた機種が、出荷量の40%以上に及ぶほどになった²。これは、地場ブランド・メーカーの開発力が概して不足していたためである。IDHは、顧客である端末メーカーに代わって、技術プラットフォームをベースに端末やPCBの設計、ソフト開発、評価・検証、生産手配を行っている。

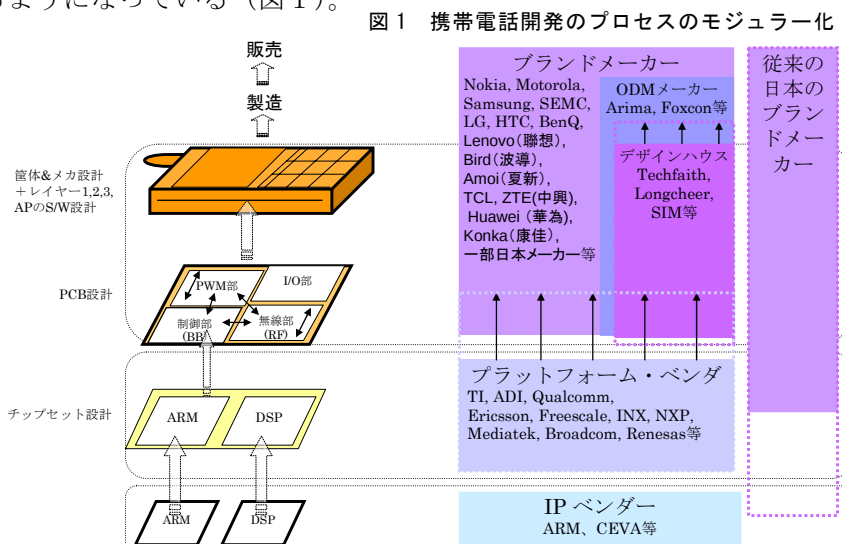
ただし、台湾のODM同様、PCBレベルで幾つかの製品プラットフォーム（BBチップ・セット、高周波、電源等を配置した基板と基本ソフト）が用意されており、これらをもとに顧客仕様の機種は提供されている。

その後の急速な市場の立ち上がりと技術プラットフォームを用いた参入企業の増加のため、2006年には70以上の企業が1500もの機種を提供することになり、開発競争が激化することになった³。そのなかで、台湾のMTK（Mediatek）のような技術プラットフォーム・ベンダが、2004年以降急速にシェアを伸ばしている⁴。MTKのトータル・ソリューションは、端末のシステムをワンチップにSoC化して機能を統合することで（カプセル化）、端末開発企業の負担を大幅に軽減することで、顧客を増やしてきた。中級機以下のフィーチャーフォンで迅速に新機種を投入したい端末メーカーの要求を充たすことにより、2006年には中国市場で50%以上のシェアを占めるに至っている。

技術プラットフォームの提供により、オープンな企業間関係を活用した製品開発が可能になると考えられることが多かった（Chesbrough, 2003; Iansiti & Levien, 2004; von Hippel, 2006）。また、要素技術変化や対顧客・市場向けの製品インテグリティの高さといった、製品システム以外の要因によって、製品のモジュラー化が進んだ分野でシステム統合の必要性が生じるとされてきた（延岡、2005; 延岡・上野、2005）。一方、以上の事例は、統合度の低い技術プラットフォームや標準化された部材がオープンに供給されているだけでは、そもそも製品のモジュラー性は不完全な状態にあることを示している。数多くの企業の参入による開発競争の激化により開発を外注する必要性が高まったこともあるが、IDHやトータル・ソリューション・ベンダの台頭は、不完全なモジュラー性に対する地場ブランド・メーカーの開発力不足に由来するところが多い。IDHやトータル・ソリューション・ベンダのプラットフォームによって、システム統合の知識が補完されていなければ、経験の乏しい新興メーカーが端末を開発することは容易ではないのである⁵。

3. システム統合知識の実態とその提供

近年では、トータル・ソリューションのように、非常に機能の統合度が高い技術プラットフォームが



出所：丸川、安本、今井、許、2007、「プラットフォーム化と企業間分業の展開」、東京大学MMRC DP J-143をもとに作成

² 外資トップ5メーカーが5割程度のシェアを占めており、その多くはIDHやMTK等のトータル・ソリューションを使用していないことを考えれば、相当高い割合であるといえる。

³ 流通業者「北斗手機網」の取り扱っている認可を受けたメーカーのものだけでなく、これ以外に、他の流通業者ブランドの端末（例えばLenovoと国内地場ブランド・シェア1,2位を争っている天語）や流通業者ブランドによる無認可企業による数多くの「闇携帯（黒手机）」が流通している。こうした端末の開発を支えているのは、IDHやMTKのようなトータル・ソリューション・ベンダである。丸川他（2007）。

⁴ MTKの台頭により、従来の欧米プラットフォームを端末化するというIDHのモデルは変容しつつある。IDHの淘汰が進む一方、有力IDHはMTK等のプラットフォームを用いることで迅速な製品開発を売りにする（最短2〜3ヶ月）、ODM化して部材調達面で収益を確保しようとしている。

⁵ これ以外に開発のノウハウが体化された3D-CADやシミュレーション・ツールの影響が大きいと考えられるが、この点については今後の検討に委ねたい。

登場している。しかし、それ以外のコア・チップセットや技術プラットフォームは、機能の統合性が低く、顧客である完成品メーカーが一定以上の開発力をもっていることを前提としている。そして、この統合性の低さに、開発力のある完成品メーカー、とくにトップ5といわれる欧米韓有力メーカーや標準チップ・セットを用いている一部の日本メーカーは、差別化の余地を見出してきた。こうした差別化を新しい要素技術で実現しようとする場合には、製品のモジュラー化が進んだ分野でもシステム統合の必要性が高まる可能性がある（延岡、2005；延岡・上野、2005）。

だが、垂直分裂的なプロセスのモジュラー化は、製品開発プロセスにおけるシステム統合が、要素技術開発の統合とは本来異なる性質のものであることを示している（丸川他、2007；Yasumoto, 2006）。新技術開発をとまなわず標準的な構成要素を用いる場合であっても、製品のモジュラー化が完全に保障されていない状況では、整合性があるように構成要素間の水平的な統合を進める必要がある。技術や部材の開発を垂直統合的に製品開発に取り込むことと、既存の技術や部品を製品システムのうえで水平的に統合することは、関連していても同じではない。プロセスのモジュラー化が進む中では、こうした水平的なシステムの統合が意義をもち、その能力の優劣が差別化の可能性を左右すると考えられる。

では、システム統合の知識は、どのような場合に必要なのだろうか。ユニット化やワンチップ化が進んだことと、デジタル機器ではこうした整合性はある程度論理的に判断できるようになっていることから、端末の開発は容易になってきている。携帯電話の場合、メカを除くエレクトロニクスの部材は、ほぼ全て標準的な部品が活用されるケースも出てきている。しかし、設計・評価・検証のプロセスでは数多くの作業が必要になることから、6ヶ月程度の期間を要することが標準的である（表1）。

表1 設計・評価・検証のプロセス

	回路/PCB 設計	EVT(Engineering Test)	DVT(Design Test)	PVT(Production Test)
作業	シミュレーション、リスト(PCB チェック、Net List & Single Pin チェック)、確認(メカ、レイアウト・ルール、EMI Preview)、部品位置決め	プレ・テスト ：ワーキング・サンプルで部品と回路のシミュレーション、テスト(H/W、設計品質、EMI、Application & BIOS)	βテスト ：パイロット・ランで総合テスト、テスト(H/W、DFM、Application、EMI、BIOS Porting & Testing)	工場におけるパイロット・テスト ：量産パイロット・ランで総合テスト、テスト(H/W、DFM、Application & BIOS、EMI、S/W & BIOS Porting)
アウト プット	回路設計、ICT(回路テスト)、Gerber File、BOM、Driver & BIOS、Draft Manual	αテスト・レポート テスト・レポート(EMI Pre-Scan、On Board Function、Driver、部品テンプレート、環境、製造プロセス・テンプレート、電力消費、S/W EVT、設計品質許容範囲、振動・衝撃、使用環境シミュレーション)、レポート(H/W Timing、信号・電圧 & 許容範囲、Chipset Register Check & パフォーマンス調整、部品仕様チェック、EVT Pilot Run)、シミュレーション結果 & Real Onboard Signal 確定、EVT サンプル・バグ確定、EVT Bug Trace List、Manual	最終 Test Report、レポート(S/W DVT Test、安全性、認証、DVT Pilot Run)、EVT Sample Bug 確定、DVT Sample Bug Trace List	量産への移管、正式 Test Report、DVT Bug 確定、PVT Bug 絞り込み

注：聞き取りと各社資料より作成。

的確に部材・モジュール選択し基板上に配置するためには、設計のみならず、基板の配線や部材の整合性を判断する上での評価・検証に経験的な知識が求められる。表1のような作業プロセスはいずれの企業にも存在するが、一連の作業を迅速に進める上では、ノウハウと設計や部材特性に関するデータの蓄積が不可欠である。

アナログ回路が入る高周波や電源の回路と関連部品、部品間の物理的/電磁的干渉、各種の許容範囲等については問題が生じることが多いとされる。だが、ノウハウやデータを活用することで、設計上の問題を予め回避できるだけでなく、評価・検証でも問題の特定と解消を精確かつ迅速化することが可能である。実際、同レベルの新規機種を6ヶ月で開発できる企業と10ヶ月かかる企業といった差が生じている。一方、配線や部材の整合性を保ちながら各部材を効果的に選択することができれば、より低いコストでより高度な仕様を実現することが容易になる。より高度な要求を満たしながらより調達コストの安い部材を選択することが、可能になるからである(例えば小型・薄型部品)。以上のことから、開発上の多くの課題の解決能力は、システム統合の知識のレベルによって大きく左右されていると考えられる。

4. まとめとインプリケーション

企業の開発プロセスの領域は限定され、多くの開発プロセスが外部に委ねられるようになってきている。こうした垂直分裂下での開発プロセスのモジュラー化の実態は、製品システムのモジュラー化が進み標準化された部材が供給されている分野においても、システム統合の知識が不可欠であることを示し

ている。システム統合は構成要素間の水平的な統合を担っており、技術開発と製品開発との垂直的な統合のプロセスと同義ではない。システム統合の知識をもとにした製品開発力は、要素技術の開発力とは区別され、それ自体が競争上の意義をもっている。

一方、開発プロセスのモジュラー化は、製品システムのモジュラー化よりも遥かに大きなインパクトを持っている可能性がある。中国の事例が典型であるが、新興メーカーの参入と競争を促しコモデティ化を促していたのは、以前から存在した標準化された部材の供給よりも、むしろシステム統合を担う専業ベンダによるシステム統合の知識の補完であったといえる。こうした状況は、モジュラー化された開発活動を行っている企業であっても、必ずしも技術進歩への適応が制約される（Chesbrough & Kusunoki, 2001）とはかぎらないことを示唆している。システム統合の知識ですら、専業ベンダによって供給される可能性が高いからである。

無論、専業ベンダによるシステム統合の知識の供給は、些細な使用の違いをめぐる開発競争を激化させ、機種間の抜本的な差別化を困難にするという問題を生じている。だが、一方で機能、サイズ、形状等の面で斬新な機種の開発は、端末開発企業の高度なシステム統合の知識に依存している（例えば日経エレクトロニクス、2006）。それぞれ別々の企業で開発される膨大な数の部品やモジュールを的確に選択し基板上に配置するためには、製品システムについて経験的に蓄積された高度のシステム統合の知識が不可欠である（Brusoni & Prencipe, 2001）。企業の競争力の源泉は、個々の要素技術・部材そのものよりも、それらを製品としてまとめあげるプロセスにあるのである（Henderson & Cockburn, 1994）。

完成品レベルの競争では、的確な部材選択・購買を進めつつ製品システムの設計・評価・検証を進める能力を、いかに効果的に蓄積し活用できるかが鍵となっている。こうした能力は先進技術の開発力の延長にあるのではなく、製品システム・レベルでの開発の経験と知識の蓄積に大きく依存している。以上の点をふまえれば、垂直統合を通じ新規技術の開発と導入を一体として進めることだけに、活路を求めるわけにはいかないと考えられる。日本企業が開発拠点展開を進めていくうえでは、技術開発力とともにシステム統合の知識のレベルを考慮する必要があるのではないだろうか。

* 本報告は、平成 18 年度、平成 19 年度文部科学省科学研究費、基盤研究（B）（代表者：丸川知雄）、基盤研究（C）（代表者：安本雅典）」の成果の一部である。

【参考文献】

- 青島矢一・延岡健太郎（1997）「プロジェクト知識のマネジメント」、『組織科学』、31-1、20-36。
- Brusoni, A., & Prencipe, A. (2001) Managing knowledge in loosely coupled networks: Exploring the links between product and knowledge dynamics, *Journal of Management Studies*, 38 (7) , 1019-1035.
- Chesbrough, H. W. (2003) *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*; Cambridge, MA: Harvard Business School Press. .
- Chesbrough, H. W., & Kusunoki, K. (2001) The modularity trap: Innovation, technology phase shifts and the resulting limits of virtual organization. In I. Nonaka & D. Teece (Eds.), *Managing Industrial Knowledge*, London: Sage.
- Christensen, C. M., Verlinde, M., & Westerman, G. (2002) Disruption, disintegration, and the dissipation of differentiability, *Industrial and Corporate Change*, 11 (5) , 955-993.
- Henderson, R. and Cockburn, I. (1994) 'Measuring competence: Exploring firm effects in the pharmaceutical research', *Strategic Management Journal*, Vol. 15, 63-84.
- iSuppli Corporation (2005) *China Handsets: Consolidation Underway*; China Research Service Topical Report-Q2.
- Iansiti, M. (1997) *Technology Integration: Making Critical Choice in a Dynamic World*, The Free Press, New York.
- Iansiti, M. & Levien, R. (2004) *The Keystone Advantage: What the New Business Ecosystems Mean for Strategy, Innovation, and Sustainability*, Boston: Harvard Business School Press.
- 伊藤宗彦 (2005) 『製品戦略マネジメントの構築：デジタル機器企業の競争戦略』、有斐閣
- 今井健一・川上桃子編 (2006) 『東アジアのIT機器産業—競争・分業・棲み分けのダイナミクス』、アジア経済研究所
- Jacobides, M. G. (2005) Industry change through vertical disintegration: How and why markets emerged in mortgage banking, *Academy of Management Journal*, 48 (3) , 465-498.
- 丸川知雄・安本雅典・今井健一・許銘明 (2007) 「プラットフォーム化と企業間分業の展開：中国の携帯電話端末開発の事例」、東京大学COE ものづくり経営研究センター MMRC Discussion Paper NO.143.
- Merrill Lynch (2006) China handset baseband IC market: Trend towards localization, October 4.
- 日経エレクトロニクス (2006) 「韓国発の薄型ケータイに見る世界を狙う設計思想」『日経エレクトロニクス』2006. 4.10、51-55.
- 延岡健太郎 (2005) 「デジタル家電における日本企業の競争力：安定型と変動型のモジュラー型製品」、『Business Insight』、Autumn、8-19.
- 延岡健太郎・上野正樹 (2005) 「中国企業の情報家電における競争力：モジュラー型製品開発における組み合わせ能力の限界」、RIETI Discussion Paper Series 05-J-004.
- 榊原貞則・香山晋編著 (2006) 『イノベーションと競争優位：コモデティ化するデジタル機器』、NTT出版
- Staudenmayer, N., Tripas, M. & Tucci, C. L. (2005) Interfirm modularity and its implications for product development, *Journal of Product Innovation Management*, 22, 303-321.
- Sturgeon, T. J. (2002) Modular production networks: A new American model of industrial organization, *Industrial and Corporate Change*, 11 (3) , 451-496.
- Takeishi, A. (2002) Knowledge partitioning in the interfirm division of labor: The case of automotive product development, *Organization Science*, Vol.13, No.3, 321-338.
- von Hippel, E. (2006) *Democratizing Innovation*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- Yasumoto, M. (2006) Reconsidering Novel Technology Introduction Strategies: Impacts of Technology, Design, and Market Attributes on 118 Japanese Product Development Projects, *Annals of Business Administrative Science*, vol. 5, 67-98.