

Discussion Paper Series, No.006
Research Center for Innovation Management,
Ritsumeikan University

自動販売機メーカーの ソフトウェアオフショア開発

ソフトウェアアーキテクチャのモジュール化と オフショア開発の関係

立命館大学テクノロジー・マネジメント研究科・准教授
高梨 千賀子

2010年1月



立命館大学イノベーション・マネジメント研究センター
Research Center for Innovation Management, Ritsumeikan Univ.

〒525-8577 滋賀県草津市野路東1丁目1-1
1-1-1 Nojihigashi, Kusatsu, Shiga 525-8577, Japan
<http://www.ritsumeikai.ac.jp/acd/re/ssrc/innovation/dp/index.htm>

本ディスカッションペーパー中、意見にかかる部分は著者によるものであり、立命館大学イノベーション・マネジメント研究センターの見解を示すものではない。
引用・複写の際には著者の了解を得ること。

ソフトウェア開発では、中国へアウトソースする比率が増大しており、中でも企業によるオフショア開発が急速に増えている。この理由の一つにソフトウェアアーキテクチャの進展がある。本稿では、自動販売機メーカーのオフショア開発の事例を取り上げながら、ハードとソフトのアーキテクチャの変遷とソフトウェアのオフショアリング開発の関係について明らかにする。

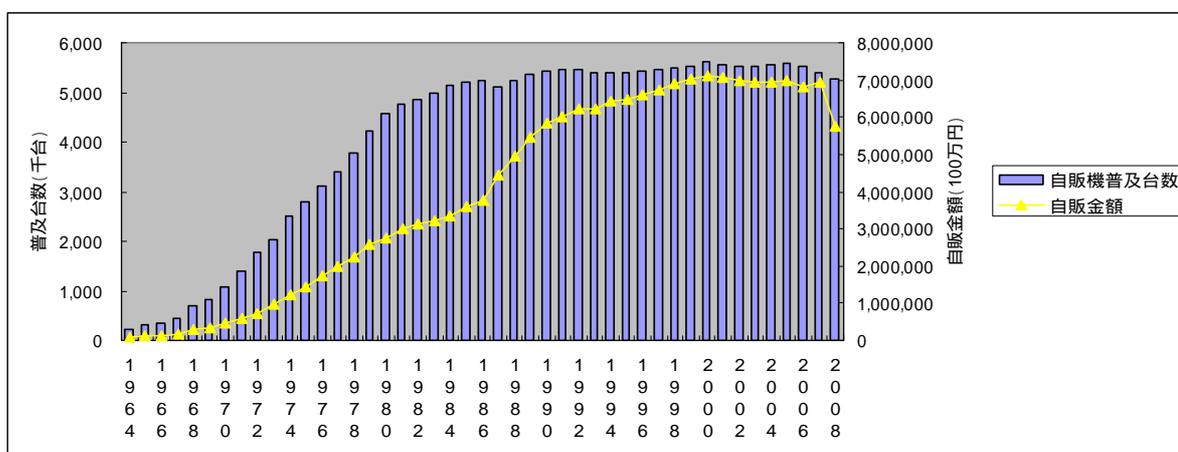
1. はじめに

海外に行くと、日本の便利さを痛感することがよくある。その一つが自動販売機(以下、自販機)である。日本では、街頭のそこかしこに存在し、タバコにしても飲料にしても、いつでも欲しいときにお金や電子マネーなどで買うことができる。それが日常の光景となって溶け込んでいる。今ではおしゃれな自販機も登場し、景観を損ねないばかりかコーヒーの豊かな香りまで提供して、心を潤してくれるサービス満点のものもある。

そんな自販機の便利さとは裏腹に、自販機業界の競争状態は苛烈である。2008年末時点で自販機の普及台数は526万台(このうち、飲料自販機が49.2%と最も多い)、中身商品の自販機による売上高(自販金額)は5兆7478億円(このうち、飲料は全体の43.9%)で、2008年は不況の影響を受け、普及台数、自販金額ともに前年割れとなったが、図1に示すように両指標とも1990年ごろよりほぼ横ばい状態であり、成熟段階に入っている。

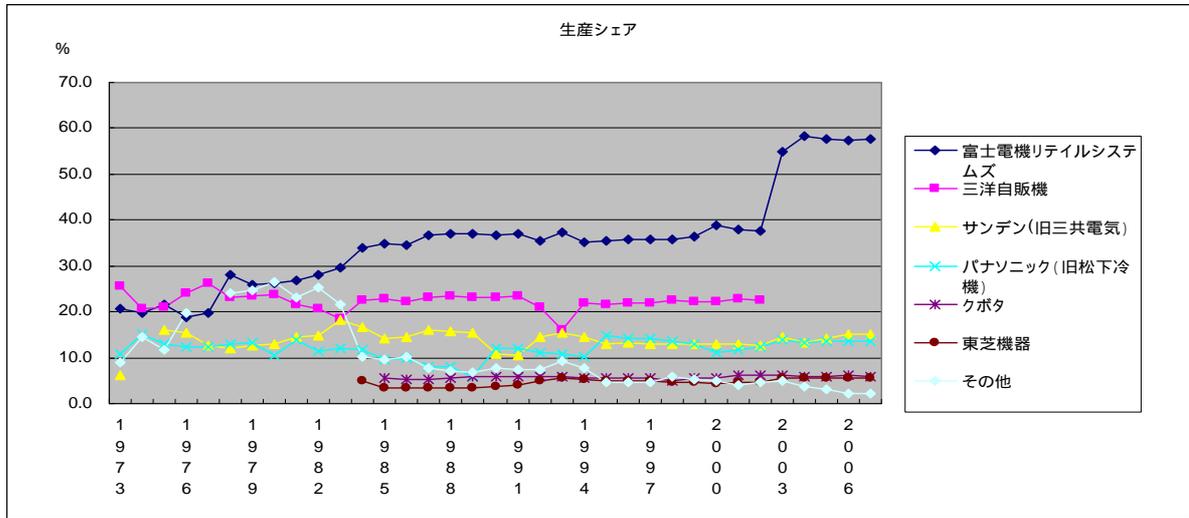
飲料自販機を製造する主要メーカーは5社で、富士電機リテイルシステムズ(以下、FRS)は5割以上のシェアを誇るリーダー企業¹である。2002年には業界2位の三洋電機自販機事業部門を吸収合併したことから、他社とのシェア格差はさらに拡大した(図2参照)。しかしながら、あらゆる製品レンジを幅広くそろえるフルライン戦略をとる同社は、拡大しないパイを巡り、海外展開を積極的に進めるサンデン、家電総合メーカーの技術力を背景に技術差別化を推し進めるパナソニック(旧松下冷機)、徹底的な低価格商品でシェアを広げつつあるクボタなどと、激しく争っている。

図1) 自販機の普及台数、自販金額推移(全体¹⁾)



出典；日本自動販売機工業会

図 2) 生産金額シェア推移 (飲料用自販機のみ)



出典；矢野経済研究所『日本マーケットシェア事典』

FRS は、高い技術力を背景に、これまで製品技術はもちろんのこと、環境対応技術など様々な面で業界をリードしてきたⁱⁱⁱが、ハード面におけるイノベーションは販売増には結びつきづらくなってきた。主な買い手である飲料メーカーにとっては、自販機はスーパーやコンビニなどと同じ販売ツールである。正価販売が通常である自販機からの収益を伸ばすためには一台あたりの販売額（パーマシ）を拡大することが至上命題であるが、これだけ普及が進むとよいロケーションを確保するためのロケオーナー^{iv}に対する条件競争が激化し、収益を圧迫しかねない状態になっている。追い討ちをかけたのが昨今の不況であり、飲料メーカーには自販機への投資を抑制したいという意識が働く。つまり、新しい機能を備えた製品を自販機メーカーが売り込んでも、そうした意識を跳ね返してイノベーションの R&D コストを回収するだけの収益を獲得するようなアピール力がないのである。

こうしたハード面でのイノベーションによる競争力が維持できなくなっている現状の中で、FRS はソフトウェア開発に力を入れてきている。自販機も他の家電製品と同様、マイコン化が進み、ソフトウェアによる制御なしでは機能し得ない。本ケースが示すものは、まさしく、ハード面に加えてソフト面でも業界リーダーを目指す FRS の姿である。FRS はどのようにその土台を築いてきたのだろうか。そこに立ちはだかった障害はどのようなもので、同社ではどのような解決策を見出していったのだろうか。

2.現在の自販機の製造・ソフト開発体制

FRS では、自販機のほか、通貨機器、コールドチェーン機器の 3 ユニットを中心にしてつ、一つ一つのユニットを超えてトータル的に「快適商空間」の創造を実現するためのソリューションを提供していく会社である。2008 年度の売上高は 1364 億円で、前年度に比

し14%減だったが、富士電機グループ全体が16.9%減となっている中で健闘している^v。

FRSの現在の自販機国内製造拠点は、三重（缶自販機製造。主力工場）、埼玉（カップ自販機製造。買収した旧三洋電機の工場）の2工場のほか、2002年に完全子会社化した信州富士電機株式会社（自販機の主要部品である通貨関連機器を製造）の3つである。このほか、海外拠点としては、中国大連に工場を擁している。北京オリンピックおよび上海万博を睨んで、2003年8月に大連冷凍機器股份有限公司と合併契約を締結し、2004年から生産を開始した^{vi}。

一方、FRSの現在の自販機に組み込むソフトウェアの開発は、FRS三重工場開発部、埼玉工場制御開発部、東海ソフト株式会社、そして、FRSの中国100%子会社である杭州富士制冷機器有限公司の3社4組織で行っている。

当初、FRS^{vii}ではマイコン化を急速に進めるに当たって、専門性の高さやマンパワー確保が必要になるソフトウェア開発は、設計子会社の富士電機三重設計を中心に行っていたが、当該会社の清算に伴い、近隣大手の東海ソフトにアウトソースすることとし、その在籍人員も転社させて新体制とした。

杭州富士制冷機器有限公司は1997年にFRS^{viii}によって設立された。当初は小型冷却機器の製造・販売が主な目的だったが、日本での組み込みソフトウェアの開発費用の増大を背景に、98年には、ソフトウェア開発拠点化が図られ、2000年ごろより本格化、現在では同事業が主事業となっている。技術者数は、現在、プロパーと外注人員含めて130人規模となっている。

このように、FRSでは現在、2工場（三重、埼玉）の開発部門、東海ソフトと杭州富士制冷機器有限公司の4拠点が連携を取りながらソフトウェアの開発を行っているが、その一角をしめる杭州富士制冷機器有限公司の急成長が目覚ましい。同社は、図3、4に示すように、創業以来、右肩上りの成長を記録している。創業4年目の2000年には累損が解消した。主な取引先は、FRSの製造工場およびグループ会社であるが、2001年には親会社以外の企業からの請負業務も開始した。その割合は2007年時点で同社売上高の約14%（3,324,825円）に拡大しており、同社の主要業務の一つとして成長してきている。主な取引先は、日本の通信大手や半導体製造装置メーカーなどである。ソフトウェア開発の主な領域は、図5に示すように、制御がメインだったが、システム、新分野（他企業受託分）などにも拡大している。

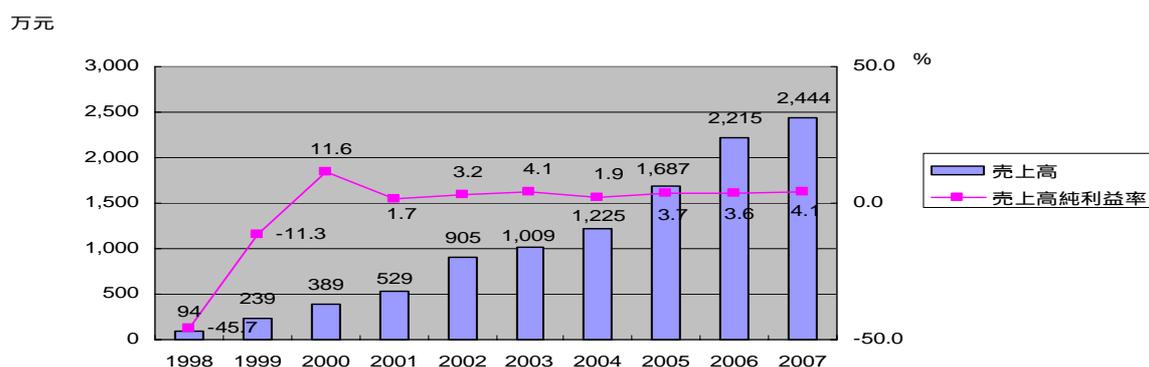
しかし、この分業体制を構築するまでには様々な試行錯誤があった。

表 1) 会社沿革

1997年3月	会社設立(中国浙江大学对外技術貿易公司との合併会社。日本側出資比率8割)
1998年2月	事務所移転
2001年10月	日本側出資会社変更(富士電機冷機製造株式会社 富士電機株式会社)
2003年4月	日本側出資会社変更(富士電機株式会社 富士電機リテイ尔システムズ株式会社)
2003年6月	事務所移転
2007年	完全子会社化
2008年6月	事務所移転

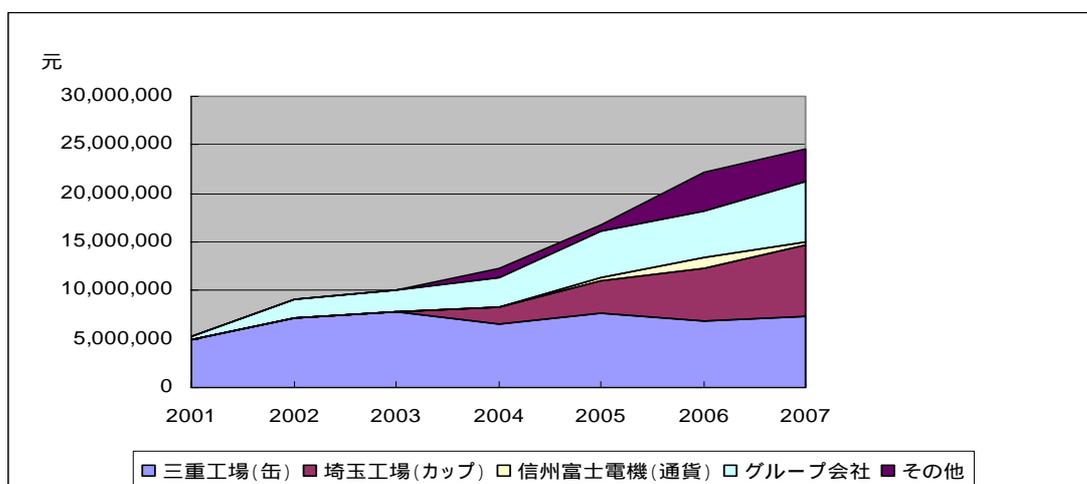
出典: FRS 提供資料より作成

図 3) 杭州富士制冷機器有限公司の売上高推移



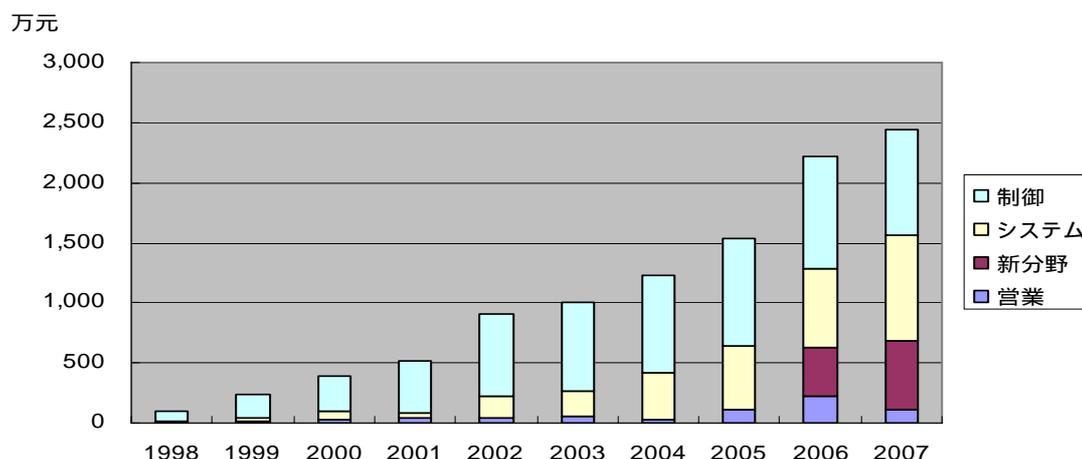
出典; 杭州富士制冷機器有限公司提供資料より作成

図 4) 杭州富士制冷機器有限公司の顧客別売上高推移



出典; 杭州富士制冷機器有限公司提供資料より作成

図 5) 部門別売上高推移



出典；杭州富士制冷機器有限公司提供資料より作成

3. オフショアリングという分業

オフショアリングとは、企業が自社の業務プロセスの一部、または全部を海外に移管・委託することであり、資本関係のない海外企業にオフショアリング（アウトソース・オフショアリング）する場合と、海外支社・法人を設立して現地で人材採用を行い、業務移管する場合がある^{ix}。FRS のケースは後者に当たる。

一般に、ソフトウェア開発のオフショアリングには、コスト削減、資源の確保、リスク分散、顧客のグローバル化への対応、特殊な技術やノウハウの吸収、本業への集中、時差を利用した業務のスピードアップなどのメリットがある。しかし、一方で、これまで自社の中で行っていた業務を外に出すことに伴ってコストが発生するというデメリットも存在する。『2008年版組み込みソフトウェア産業実態調査』（経済産業省）からオフショアリングも含んだアウトソーシングの課題を拾い出してみよう。国内大手や中小開発企業が指摘しているアウトソーシングの課題は、「コストが高い」に次いで「委託先の人材の継続的な確保が難しい」「品質管理が難しい」「納期・開発工程の管理が難しい」「技術の蓄積が難しい」「要求仕様や設計仕様の共有が難しい」が挙げられている。また同事業を海外で営んでいる企業が挙げる課題は「コミュニケーションが難しい（文化や言語の違い）」「品質管理が難しい」「要求仕様や設計仕様の共有が難しい」「納期・開発工程の管理が難しい」「委託前の仕様や計画の確定が難しい」などが指摘されている。つまり、安定して（人の継続性）よい品質（管理）のものを顧客のニーズに応じて柔軟に対処して提供できるかどうか（コミュニケーション能力、要求仕様や設計への対応）が大きな問題になっているのである。

こうしたコストは、業種、組織文化、経営陣の体質などで程度が異なるが、オフショアリング活動が企業に対して経済価値を生み出すには、これらのコストの削減が必須となる。しかしながら、このコストの削減は予想外に企業に大きな負担を強いた。1990年代後半、安い人件費とIT産業の台頭によって多くの企業が中国やインドにソフトウェア開発の委託を開始した。前述のアウトソース・オフショアリングの形態をとるものも、また、FRSのように自社拠点をそれらの国に設けて委託するケースもあったが、こうした活動が成功裏に運ばない例が多々見られた。その当時は、まだ日本製造企業による組み込みソフトウェアのオフショアリング開発は緒に就いたばかりであり、その効果が期待されつつも、軌道に乗せた企業は少なかったのである。それに対し、FRSは、上述のように、90年代後半より自社製品（自販機）に組み込むソフトウェアの開発を中国にオフショアし、順調に業績を上げてきた。では、如何にして業績向上が図れたのであろうか。次のセクションでは、こうした問題への対処が可能になった理由として、そもそものオフショアを可能にした技術（技法）に着目してみよう。

4. 新しいソフト開発技法の登場

1980年代の終わりにオフショアを促す開発技法が登場した。オブジェクト指向プログラミングという技法である。オブジェクト指向プログラミングとは、データとそれを操作する手続きをオブジェクトと呼ばれるひとまとまりの単位として一体化し、オブジェクトの組み合わせとしてプログラムを記述するプログラミング技法のことである^x。それ以前のソフトウェアの開発は、構造化手法がとられていた。これは、システム分析のレベルにおいて、データ構造を中心としたシステムの分析技法のことである。それぞれの手法は単純には比較できないが、構造化手法は開発フェーズで機能モデルを中心に開発していく。表記としては一貫性があり詳細化には一見有利であるが、手段（手続き）の展開となるため高度なモジュール化基準（アルゴリズム、データ構造、変更容易性、再利用、性能等）を備えていないと属人的な開発を助長してしまう。一方、オブジェクト指向は、「オブジェクトの振る舞いは、そのオブジェクトだけが知っている」を基本概念としてモジュール基準に合わせた専用モデルで開発していく。特に協調型のモジュール設計を促し、組織的な開発を容易にした。

オブジェクト指向を導入することでソフト開発の生産性の飛躍的な向上が広く期待された。しかし、それは久しく叶えられなかった。その原因は、小山・竹田（2001）によると、相互依存関係の規則化が完全に行われていなかったためである。

その後オブジェクト指向プログラミングの問題点を解決するためにアスペクト指向プログラミングが登場した。アスペクト指向プログラミングとは、ソフトウェアの特定の振る舞いを「アスペクト」として分離し、モジュール化するプログラミング技法である。オブジェクト指向プログラミングでは、属性（データ）と操作（メソッド）の集合であるオブジェク

トをソフトウェアの分解単位として扱うが、オブジェクトとしてうまく分解ができないソフトウェアの「様相」や「側面」といったものが存在し、このような様相や側面は、複数のオブジェクト間にまたがる操作となる。これを「横断要素」と呼ぶ。アスペクト指向プログラミングでは、こうした要素を「アスペクト」としてモジュール化し分離することで、把握・管理・変更を容易にするプログラム開発技法である^{xi}。簡単に言えば、オブジェクト指向においては、構造化手法での属人的要素が排除され、さらにアスペクト指向では、アーキテクチャ上の依存関係の整理がなされ、ソフトウェア開発のモジュール化が促されたということである。それにより、それまで自社内で開発を行っていた（究極には、一人の技術者にノウハウが閉じ込められていた）状態から分業（オフショアを含め複数の人々との協業）が可能になったのである。これまで自社の中で行っていた作業の一部を外に出すには、ソフトウェア設計上の相互依存性を削減し、モジュール化を進めなければならない。これが可能になったことで、オフショアリングへの動きが出てきたのである。

FRS でも、これらの 2 つの技法を導入してきた。しかし、新たな技法を、すぐに取り入れることは一般に言ってたやすいものではない。すでに慣れている手法があるし、作業のやり方を変えていくには手間もかかる。また、組み込みソフトウェアは、それが実装されるハードを制御するという目的が付されて始めて価値を生むものであり、ソフトウェアそのものは、目的を持たない。つまり、ソフトはハードの技術的影響を大きく受けるのである。次のセクションでは FRS での 2 つの技法の導入プロセスをハードの世代推移とあわせて見ていこう。

5. FRS での制御システムの変遷と新しいソフトウェア技法の導入

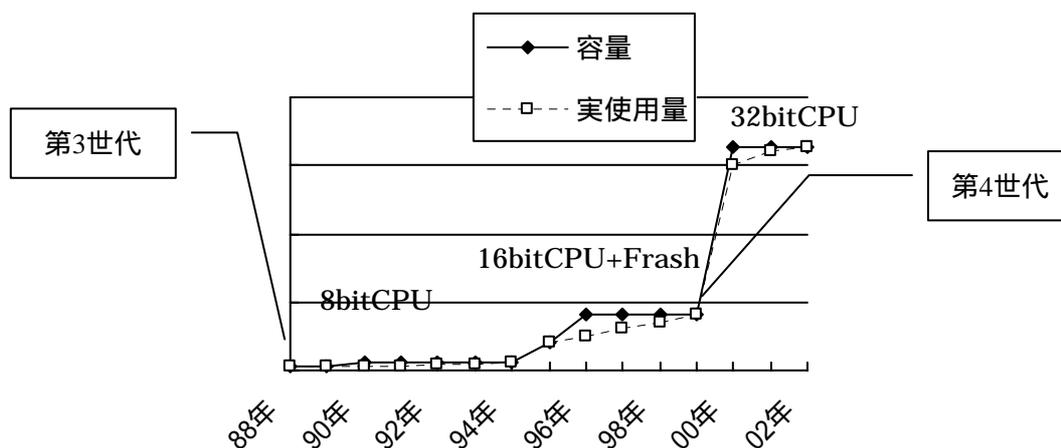
表 2 は、自販機に求められる機能と、それを実現するためのハードのアーキテクチャ、さらにそれを制御するソフトウェアのプラットフォームの変遷を示したものである。それによると、ハードウェアは時代に求められる機能を実現するために、複雑・高度化され、それに伴いソフトウェアの制御機能も増大したことがわかる。

第 1 世代は、所謂、メカニカル・リレー（接点）のリレーシーケンスによる制御（ハードウェアのみによる制御）が中心であったが、1978 年からの第 2 世代は家電製品と同様マイコンの搭載が活発化した。これに伴い、ソフトウェアの開発が始まる。当時は構造化手法がとられ、ソフトウェアの開発ノウハウは技術者個人の中にあった。

第 2 世代のマイコンは当初 4 ビット型で実現されていたが、すぐに 8 ビット型へ移行した。制御方法としては、集中制御方式が採用された。このマイコン制御により、第 1 世代のリレーシーケンス制御では実現が困難だった 40 を超える販売商品の販売価格を設定できるようになるなど、大型化、多セクション化に対応することが可能になった。さらに、マイコンでは時計機能を内蔵していることから、特定の期間の販売記録を作ることもでき、売れ筋商品のデータを分析するためのマーケティング・ツールとしても使用できるようになった。

しかし、自販機の大型化や機能アップに伴ってマイコンの入出力数が増加し、1つのマイコンによる集中制御が困難になってきた。商品選択ボタンや売り切れ表示などの入出力部品の点数や商品運搬機能が増加する一方で、入金金額の計算などの金銭処理機能もマイコンに取り込んでいたからである。そこで、一つのマイコンを機能ブロックごとに複数のマイコンに分散し、それらをシリアル通信で相互に接続する分散制御システムが開発され、業界標準となった。それが第3世代である。分散制御システムは1つの主制御部(マスタ)の下に、スレイブと呼ばれる複数の端末から構成されている。それらのスレイブには、コインを扱うコインメカニズム、紙幣を扱うビルバリデータ(紙幣識別機)、扉接客部の入出力操作、商品搬出機構制御、自販機内部の冷却・加熱制御、プリンタ、販売情報端末などがあった。また、この時期、自販機の情報化も進展した。自販機にもPOS端末のような販売情報の収集・発信機能の強化・拡充が提案され、自販機をネットワークに接続するための接続用アダプタも開発・実用化されている。こうした自販機制御の多機能化、高速化、情報化に伴い、マスタに使われるマイコンは、8ビット型から16ビット型へと変わった。さらに高速化が進んだ第4世代では、32ビット型となっている(図6参照)。

図 6) CPU の性能推移



典 ; FRS 資料

処理能力の高い CPU を導入することで、多機能化、高速化、大型化に対応を図ったわけだが、それらを制御する組み込みソフトの開発コードも膨大になり、結果的に 32 ビット型の CPU になった第 4 世代のプログラム容量は、ソースコードレベルで 80 万ステップ、ROM 容量は 1.5MB にもなった。第 4 世代への移行にあたっては、プログラムの記憶素子の大容量化で物理的制約の心配はなくなったものの、ソフトウェア開発の増加への対応は、開発面でのボトルネックになると想定された。

FRS 三重工場が南山大学との連携でオブジェクト指向に着手したのは、第 3 世代の半ば、1990 年代初めであった。このままソースコードが肥大化すれば、いずれ開発はパンクするに違いない。そういう思いがあった。当時の FRS のオブジェクト指向への取り組みは、日本企業の中でも草分け的であり、この実績を買われ、某家電総合メーカーからも訪問を受けたほどだった。

FRS では、従来の構造化手法で開発したモジュールは、効率よく定められた時間内に制御が完了することを保障するため、リアルタイム OS 上に実装されていた。リアルタイム OS は、本来 1 つの処理しかできない CPU に、処理の待ち時間を利用したり、処理の優先順位をつけたりすることにより、仮想的に同時に複数処理をさせるものである。処理の単位をタスクといい、構造化で分割されたモジュールが複数のタスクに実装された。それぞれのタスクを実装しているモジュール間の情報伝達には、通常イベント送受信（イベントの開始を指示する）やメッセージ送受信が使われるが、情報量が増加するとオーバーヘッド処理が増加して制御効率が低下するために、グローバル変数を介してモジュール間の情報伝達を行った。しかし、この時、複数タスクに実装されたモジュールが同一のグローバル変数を取り合う現象が発生し、制御上の不具合を発生させてしまうことがあった。それを防止するためにタスクの同期制御や共通資源排他制御を設計しモジュール内に実装する必要があった。このことはモジュールを再利用・再配置する上で、タスク同期制御や共通資源排他制御を再設計・再実装が不可欠となり再利用性を低下させることを意味した。

では、オブジェクト指向での開発はどうであったろうか。本来、オブジェクト指向プログラミング自身には同期制御や共通資源排他制御機能はないため、単純に行うと構造化手法と同一の問題が生じてしまう。また、オブジェクト指向で分割が進むと OS のオーバーヘッドも大きくなってしまうという問題もあった。そこで、この問題を解決するために、オブジェクト指向の特性（カプセル化、メッセージパッシング）を利用しつつ、ARTIC というオブジェクト実行環境（プラットフォーム）を自社開発した。ARTIC とは、状態遷移モデル（表）で表記実装しオブジェクト指向技術を中心とした開発手法および動作環境である。ARTIC 下では、基本的に OS に対応したイベント送受信とタスク管理を行うオブジェクトを各クラスに実装した。この結果、オブジェクト自身からの同期制御や共通資源排他制御は不要となった。このプラットフォームを用意することにより、各オブジェクトは OS に依存しないものを実現できた。つまり、自販機がなくてもパソコン上で開発、パソコンによるプロトタイピングを行うことができるようになったのである。

さらに、オブジェクト指向での効果を高めるために、FRS では、アスペクト指向に取り組んだ。ソフトウェアの保守性、再利用の向上をはかるためには、プログラム全体を一括で開発するのではなく、プログラムをうまくモジュールとして分割し、組み立てていくのがよい。しかし、モジュール化を実現するためには、モジュールの機能間の依存度をどうなくすかが問題となる。そこでアスペクト指向を用いて、モジュール間に横断して存在し依存関係を作っていた機能（横断機能）の分離を図ったのである。ただし、この考え方の一番の問題は、横断的要素の抽出が難しく、規定を設けずに設計していくと、再利用性の低いソフトウェア構造になってしまう点である。そこで、自販機制御で共通に適用できるアーキテクチャモデルを開発した。その結果、横断要素を単一のモジュールアスペクトにまとめて記述し、オブジェクトにまたがって処理を分散させないで済むようになり、プログラムの結合ができるようになった^{xii}。

中国拠点へのオフショアが本格化したのは 2000 年ごろからだった。表 2 の変遷からすると、第 4 世代に相当する。それは、制御ソフトのスクラップ&ビルドが終わり、ハードウェアのアーキテクチャが超分散型システムへと移行したのを受けて、産学連携で培ったオブジェクト指向を自販機に展開し、さらにアスペクト指向を導入して、ソフトウェアのモジュール化が図れた時期であった。

表2) 自販機のハード・アーキテクチャとソフト・プラットフォームの変遷

世代	求められる機能	ハード・アーキテクチャ	ソフトウェア・プラットフォーム
第1世代 ~ 1978 年	基本機能 飲料缶の冷却 投入硬貨の識別 商品搬出	リレーシーケンス制御 ・ コインメカニズムでコイン識別 入出力信号を元に搬出制御を実施 問題点； ・ 複数価格帯の商品販売に限界。多 種の商品の販売は出来ず ・ 販売数の把握は電磁カウンターで 行い、その値を書き取る。 ・ 紙幣使用できず。	
第2世代 1978年 ~	自販機の大型化、 多セレクション化	マイコン制御開始。1つのマイコン(4 8ビット)による「集中制御方式」 ・ 内蔵の時計により、特定期間の販 売記録をとることが可能に マー ケティング・ツール化 問題点； ・ マイコンに求められる制御の数が 膨大(商品選択ボタン、商品運搬 機能の増加、入金金額の計算、金 銭処理機能の一部など、マイコン の入出力点数が300点以上) ハ ード・ソフトの開発効率の低下	構造化手法 ・ C言語 ・ プラットフォーム;リアルタイム OS(マルチタスク) ・ ソフトウェアアーキテクチャ;機 能別タスク、タスク内ライブラリ ・ 再利用フレームワーク;ライブラ リ一覧による設計割付
第3世代 1986年 ~	さらなる自販機の 大型化、多セレクシ ョン化(高機能化) 「情報化」; POS 端 末としての販売情 報収集・発信機能の 強化・拡充 制御システムの標 準化(飲料メーカー ごとに異なる標準 となることを懸念)	コインメカニズムの新仕様統一 「分散制御システム」; ・ 主制御部(マスタ)と複数端末(ス レイブ)からなる。それらのスレ イブには、コインメカニズム、ピ ルバリデータ、扉接客部の入出力 制御、商品搬出機構制御、自販機 内部の冷却・加温制御、プリンタ、 販売情報収集端末などがある。 ・ 自販機をネットワークに接続す るための接続用アダプタ、開発・実 用化	構造化手法を継続 1990年代初期より、産学連携にて、 「オブジェクト指向」による自販機 ソフトウェア開発を試行。

世代	求められる機能	ハード・アーキテクチャ	ソフトウェア・プラットフォーム
第4世代 1995年 ～	顧客の重点施策によって異なる要求機能(顧客の機能ニーズの多様化)	「超分散制御システム」 <ul style="list-style-type: none"> ・ マスタとスレイブ間のバス仕様を、ポーリング・セレクトイング方式に加え、高速シリアルバスのCSMA/CD方式を採用。 ・ 高速動作の実現、機能アップでの制御ブロック追加の容易さ、自販機内部の省線化 「Javaプラットフォーム」 <ul style="list-style-type: none"> ・ 主制御部(基本機能)とJavaプラットフォームを持つ副制御部(応用機能)からなる。 ・ 組み込みソフトの高い信頼性を損なうことなく、ネットワーク接続を前提に、顧客ごとのアプリケーションソフトウェアをスピーディに開発して組み込むことが可能に 	2000年スクラップ&ビルド完了 2000年～ 「オブジェクト指向」実用化 <ul style="list-style-type: none"> ・ C言語による抽象データプログラミング、UML、Java ・ プラットフォーム;ARTIC ・ ソフトウェアアーキテクチャ;三層参照アーキテクチャ(MVC) ・ 再利用フレームワーク;クラス一覧による設計割付 「オブジェクト指向+アスペクト指向+モデル駆動開発」 <ul style="list-style-type: none"> ・ C言語による抽象データプログラミング、UML、Java ・ プラットフォーム;ARTIC、再定義によるアスペクト間記述(部品接続)、再定義による抽象レベル階層 ・ ソフトウェアアーキテクチャ;マルチコンサーンアーキテクチャ(状態遷移、ロジック、ハードウェア、タイマ、データ)、抽象レベル階層(純部品群 アプリケーション依存コンポーネント) ・ 再利用フレームワーク;部品接続、抽象レベル階層差分開発、プロダクトライン、MDA(モデル駆動型アーキテクチャ)

出典;中野・繁田・渡辺(2005)および楨田・福井(2005)を参考に作成

6. ソフト開発を磐石にしたハードでの「業界標準」奪取

しかし、これらのソフトウェア開発手法が同社で定着し、安定した技術基盤となっていくためには、実はハードにおける「業界標準」奪取が不可欠だった。表2に示すように、ハードの第4世代は、要求機能の高まりとともに、制御通信速度の高速化が不可欠になった時期であった。そこで、主マイコンのCPUの性能も32ビット化する一方で、システムでは端末部品レベルまでにマイコンを搭載し、制御端末を細分化するとともに、それらを高速のシリアルバスで結合し、自販機全体を総合的に制御する「超分散制御システム」を

構築した。マスタとスレイブ間の通信を行うバスには、従来のポーリング・セレクトイング方式に加えて、高速シリアルバス（CSMA/CD方式）が導入された。これにより、大幅な省線化の実現と機能の飛躍的な拡張が可能になった。

それ以前の第3世代の制御方式（ポーリング・セレクトイング方式）は、当時、業界第2位の三洋電機がいち早く業界に提案した三洋オリジナルの技術がベースだった。新しい超分散型制御方式は、FRSが業界に先駆けて開発したものだが、その後、ライバル企業の三洋でも同じようなシステムを開発してきた。技術的には、両システムともメリット・デメリットがあり、優劣がつけがたいものだった。

当時は、大手顧客によるコスト削減を目的とした自販機部品の標準化（自販機メーカー間の統一）の動きが活発になってきた時期であり、如何に顧客にFRSシステムの採用を促し、主導権を取るかが、大きな焦点になった。結局、足しげく毎日のように顧客や競合の自販機メーカーを訪問しては技術的な優位性を訴え仲間集めをしたことが実った。業界2位の飲料メーカー、その後には業界1位の飲料メーカーも採用し完全にFRSのバス仕様がデファクトスタンダードになったのである。

このハードにおけるシリアルバスの業界標準奪取がなければ、それをベースにしたソフトウェアの開発は大きな修正を迫られていたはずであった。

7. 分業の仕方

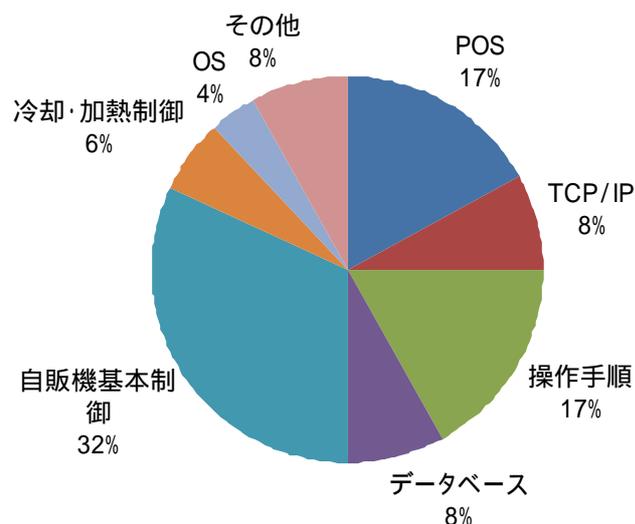
ソフトウェアの分散開発の仕組みができたとしても、一体、何を中国で開発し、何を日本に残すのか。それが問題である。FRSが行ったことは、自販機の主制御部の機能（機能制御、冷却、Pos、通信、操作手順など）のうち、自販機のハードに依存しないところ、たとえば、操作手順、Pos、データベースなど、データ処理関係を中国で開発したことだった（図7参照）。こうすれば、自販機についての知識を持たなくても開発できるし、独立して評価もできるからである。たとえば、操作手順は、多少設定する項目（たとえば、消灯時間や商品温度などの商品管理処理データなど）の違いはあるが、自販機の共通部分であり、制御のロジックは同じである。この部分は、自販機についての知識がなくても開発でき、機械を想定したシミュレーターを用いることで評価もできるのである。一方、機械をリアルタイムに制御するところは、ハードと密接なつながりがあるため、ハードが手元にないと評価できないし、ノウハウが詰まっているところであり、日本で行うことにした。

つまり、ソフトウェアのプラットフォームにおいて、独立性が高くハードに依存しないモジュールを中国で開発しているのである。確かに顧客によって微妙に操作手順などが違う機種があり、おのおの対処していかなくてはならないが、基本的な部分は同じであり大きな変更もなく、効率化を図ることができる。

開発フェーズにはR&Dと製品開発の2段階があるが、中国での操作手順アプリケーション開発は、現在、R&D段階から製品開発段階へと拡大している。操作手順は毎年変更や新しい機能が付加されることが多いが、このように、量も多くて変更も多いところを標準

化し、中国で開発することによって、投資対効果でメリットを享受しているのである。

図 7) 自販機における主制御の機能別内訳



注；コードサイズに占める割合

出典：中野・繁田・渡辺

(2005)

8. オフショアリングのマネジメント

このように2つのソフトウェア開発技法の導入とそれによる分散開発体制の構築によって、FRSでは中国へのオフショアリングを可能にしてきた。しかし、だからといってオフショア拠点の業績が上がるわけではない。セクション3で示したように、オフショアには多くの困難がある。では、どのようにしてオフショアリングをマネジメントしてきたのだろうか。

杭州富士制冷機器有限公司の技術者は、図8に示すように増加しているが、それは仕事の規模と量に任せてのことではない。同社では、分量も開発サイズもコントロールしており、大型のプロジェクトは行っていない。他社からの開発委託業務においても、ビッグチームを作るといったようなことはせず、他社が嫌がるような小さな作業を請け負っているのである。それが実績に結び付いている。同社の方針は、持っている人材で開発できるものだけを受託し、人員拡大は主戦略としないというものであり、量の拡大より効率よく開発できる方法を持った会社を目指した。結果として、小型のプロジェクトであるがゆえに、効率よく開発するための管理・品質管理ノウハウについても確固たるベースを構築す

ることができ、品質の向上に繋がっているのである。

親会社やグループ外の他社からの業務受託は、分野外の技術の習得とともに、それを自販機に活かすためのノウハウの構築としても役立つ。また、技術者の開発インセンティブにも繋がる。杭州富士制冷機器有限公司の離職率は過去平均 3%と中国 IT 企業全般の離職率 15%^{xiii}に比し低く、他企業からは、技術者の継続性という点でも評価を受けている。さらに、同社では、職場における日本語使用を徹底しており、顧客とのコミュニケーションギャップを生まないように工夫されている。

では、いかなる管理を行ってきたのか。それは所謂「アジャイル (Agile) な」ものだった。アジャイルとは主に開発技法 (Agile Software Development^{xiv}) について言われるものだが、その本質は開発の姿勢である。「アジャイルソフトウェア開発宣言」(Manifesto for Agile Software Development)によれば、「アジャイルソフトウェア開発におけるトッププライオリティは価値あるソフトウェアを早期にそして継続してカスタマーに提供し満足してもらうことである・・・仕様変更はカスタマーの競争優位に繋がるため、開発が進んだときにでも喜んで行う・・・2, 3 週間から数ヶ月の頻度でソフトウェアを納入し・・・(そのために) 開発者もクライアントも日々と一緒に仕事をする・・・動機付けられた個人を中心としてプロジェクトを組立て、必要な環境と支援を与え、仕事の進め方については彼らを信頼して任せる。開発チームに対し、あるいは開発チーム同士で情報を伝える最も効果的な方法は、フェース・トゥ・フェースの会話である・・・実際に動くソフトウェアこそが進展を図る尺度である・・・」(筆者訳)。FRS では、この開発姿勢に則り、「人」や「作っているプロセス」を管理するのではなく、「人」は動機付けして自由裁量を保ちつつ、作り方のルールは規定して、作られている (作られた)「モノ」、つまり成果を管理した。

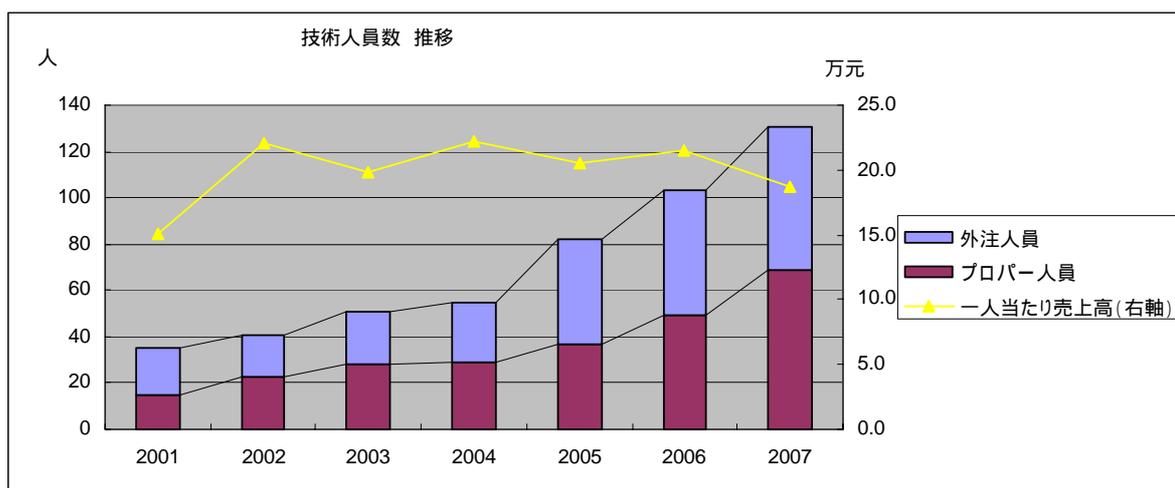
実際には、アジャイル開発手法においては、開発対象を多数の小さな機能に分割し、1 つの反復で 1 機能を開発する。これは反復型開発と呼ばれる。計画、要求分析、設計、実装(コーディング)、テスト、文書化といった、ソフトウェアプロジェクトに要する全ての工程を、1 つの反復内で行う。この反復のサイクルを継続して行い、1 つずつ機能を追加開発していく。おのおのの反復は、小規模なソフトウェア開発プロジェクトに似ている^{xv}。そもそも、杭州富士制冷機器有限公司では、小さなプロジェクトしか受注していない。それは FRS でかつてソフトが肥大化して苦勞した過去の反省にたったものであり、FRS では中国での開発規模をあえて小さくして、このようなアジャイルな開発を行うことにしたのであった。

動機付けとしては、技術者には「杭州で一番給与の高い会社になろう」といった明確で具体的な会社の方針を説明して共有化した。さらに、一見、アジャイル方式は自律分散型で管理フリーに見えるため、技術者が完成品や進捗状況についてアピールする場を設けた。

また、中国人は自身の成長につながらない時間を過ごすことをリスクと考え、育てられていない自分を見つけると離職していく傾向があるため、キャリアプランと昇給制度を明

確化した。昇給のチャンスは年に2度設け、技術者全員の前でプレゼンテーション試験を実施した。昇給に関する情報は中国人技術者同士でよく情報交換が行われて筒抜けであることから、隠すのではなく透明であることを良しとしたのであった。

図 8) 技術者の推移



出典；杭州富士制冷機器有限公司提供資料よ

り作成

8. オフショア拠点の課題とFRSのソフトに置けるプラットフォームリーダーへの道

杭州富士制冷機器有限公司は、2007年3月に「2006年度浙江省ソフトウェア輸出成長企業第4位」、2009年2月には「2008年度杭州市オフショア成長企業第3位」をそれぞれ受賞した。いずれも、オフショア企業の成長性が評価基準で、これまでの成果が社会に認められた結果であった。

しかしながら、いつまでも右肩上がりが続くわけでない。同社の技術者は長年受注してきた業務についてはすでによりの水準に達している。この意味で、同社は安定期に入りつつあると言え、給与の上昇以外で技術者のモチベーションを如何に維持していくべきか考える時期にきている。

方策の一つは、事業内容の見直しである。具体的には、売上に占めるFRSの比率（現在本社からは6割維持と言われている）をどうするか、上流開発への参加の可能性、自販機以外のFRS関連開発業務の受注（たとえば通貨機器のソフトウェア開発）、新分野の開発（グループ会社以外の企業からの受注）の拡大に加え、従来のソフトウェアの下請け開発から脱皮し、エンタープライズ系のソフト開発、B to Bのシステムメンテナンスといった新サービスへの事業を展開する可能性などである。最後の項目は、オフショア拠点の収

益拠点化として注目されるものであり、日本にとって、ソフトウェア開発以外のサービス事業のテストマーケティング的なものとも成りうる。

一方、FRS ほうでは、2008 年、制御システムはメモリを除いた周辺チップを統合してワンチップ化した（第 5 世代）。これには、バスの制御、USB の機能なども取り入れられた。FRS では、是が非でも USB 機能を取り入れたかった。従来、プログラムの書き換えはメモリーカードで行っていたが、当事、採用したメモリーカードの技術はすでに陳腐化しており、進化するたびにそのカードに対応していく必要があった。これを USB にすれば、インターフェースが安定・継続性があるため、いろいろな機能アップが簡単にできるようになるからである。通常 USB をつけるとコストがアップするが、それを防止するためにワンチップ化を考え、それに伴い、マイコンを独自開発し、競合他社に対しても、顧客側の標準化要請に応えるために、同マイコンを提供している。

FRS の方向性としては、本稿で示したように、ハードに加えてソフトウェアにおいてもプラットフォームリーダーとして業界を主導していく一方で、自販機で培った技術を広く通貨機器などの新分野にも応用していくことで、新たな展開を推し進めているのである。

9. まとめと考察

これまで、FRS では、ハードによるイノベーションを促進することで、業界を常にリードしてきた。しかし、自販機業界は成熟期に入って久しく、自販機メーカーはハードにおけるイノベーションからは収益が上がらない状況に直面している。そこで、FRS では、ソフトウェア開発を主導することにより、ソフト面のイノベーションの推進を始めた。そのベースになったのは、1990 年代初期に取り組み他社に先駆けて導入した新開発技法に基づくソフトウェアの新しいプラットフォームの構築であった。

自販機は、マイコン化の進展によって製品の多機能化、高速化、情報化に対するニーズに応えてきた。それに伴い、自販機の組み込み制御ソフトウェアは開発コードが肥大化し、FRS では、従来の構造化手法ではソフトウェア開発が破綻するかもしれないという危機感を持った。そこで取り入れたのが、オブジェクト指向とアスペクト指向という新開発技法だった。これらの技法でもってなしえたのは、ソフトウェア開発のモジュール化である。それに成功したことによって、中国へのオフショア開発と日本との分業体制が可能になったのである。中国オフショア拠点は、分業に伴うコストを小さなプロジェクトのみを受注し、それをアジャイルな方法で管理するなど、いくつかの優れたマネジメント手法で対処することにより、当初より成功した。

以上見てきたように、ソフトウェア開発は、オブジェクト指向とアスペクト指向の 2 つの技法によって大きな転換を果たした。それは、製品アーキテクチャの転換である。製品アーキテクチャとは、「分け方とつなぎ方」に着目してシステムを理解するための概念であり、全体をどのように切り分け、切り分けられた各部分をどのように関連付けるか、つまり、構成要素間の相互依存関係のパターンによって表されるシステムの性質をさす。代

表的なパターンは、「モジュラー型」対「インテグラル型」、「オープン型」対「クローズド型」の2×2のマトリックスによって示すことができる（藤本・武石・青島 2001）。前者が相互依存関係の切り分けの程度を示すものであり、後者はシステムが（自社の）外にどの程度開いているかの程度を示すものである。

ソフトウェア開発について言えば、オフショアリングは、それまで自社内で開発を行っている「クローズド」型から海外との分業を行う「オープン型」への移行であった。これまで自社の中での一部を外に出すには、ソフトウェア設計上の相互依存性を削減し、モジュール化を進めなければならない。これを可能にしたのが、オブジェクト指向とアスペクト指向の導入だった。つまり、オフショアリングは、ソフトウェアの開発工程を「クローズド・インテグラル」から「オープン・モジュール」へ転換する動きと捉えることができる^{xvi}。

問題は、何を自分で開発し、何を外へ出すかであった。FRSの場合、日本と中国オフショア拠点の間で、ノウハウの詰まった高機能で付加価値が高く、ハードとの依存性の高いモジュールを日本に残し、中国へは標準化して低付加価値だが量産可能なモジュールを出した。この切り分け方は、インテルがPCにおいて行ったものと同じと考えられる。インテルは、PCにおいてマザーボードなどのモジュールの標準化を推し進め、知識を持たない新興国やベンチャーでのモジュールの生産を可能にし、PCの大量生産を可能にしつつ、自社の高付加価値のCPUはブラックボックス化した（立本・高梨 2008）。モジュールアーキテクチャであるPCでの分業構造を、FRSでは、ソフトウェアのインテグラル開発からモジュール開発への展開において、実行していたのである。

また、FRSでは、楠木・チェスブロー（2001）が言うところの「統合組織の落とし穴」をオフショア拠点との分業によって、回避したものと考えられよう。インテグラルな知識に優れており、その強みに基づいてさらに製品をよりよいものにしていくことができる統合組織では、インテグラルイノベーションを追求していくほうが効果的で効率的であるため、モジュールイノベーションの推進は非効率となり、企業の活動をモジュールイノベーションに振り向けるのが困難になる。それが組織慣性となり、モジュラー化していく製品アーキテクチャとの統合組織の間に不適合が生まれる。その不適合な状態に陥ることが「統合組織の落とし穴」である。モジュールイノベーションとインテグラルイノベーションとは、マネジメントの仕方が違うため、不適合に落ちいった企業は他社に競争優位を奪われることになる。

FRSの場合、統合企業でありながら、自らモジュール化を推進した。それは、従来の開発工程では破綻が待っただけと思われたからである。中国へのオフショアは、ソフトウェア開発をモジュール化したことを受けて行われたが、自社の中にモジュール化した状態を維持していたならば、マネジメントの変更もより大規模に行わなければならなかったはずである。中国へのオフショアは標準化されて低付加価値で小規模のモジュールであったがゆえに、アジャイルという日本では取れなかった管理体制をとることが可能になり、それが

業績の向上に一役買ったと考えられる。日本でも中国へオフショアしたことにより、ソフトウェア開発の負担は以前よりも軽減され、新しいアーキテクチャへの適応も進んだものと考えられる。ただし、そもそも、FRSのように子会社と親会社という資本関係のある企業間分業と、楠木・チェスブローが想定している他社へのアウトソーシングは異なるため、同一軸では語れない。しかし、FRSでは、中国拠点の技術者は現地採用であり、本社のやり方をそのまま導入したレプリカを作ったわけではなかったため、少なくとも新しいマネジメントの仕方が必要となったし、日本側でも同様だった。

FRSと中国オフショア拠点の未来を考える上で留意すべき1つの点は、この分業構造の変化である。上述したように、オフショア拠点は、現在、事業の見直しを行っており、その一つに、上流開発への参加の可能性の模索があった。これは、高付加価値で依存性の高いモジュールを日本で開発し、標準化して低付加価値のものを中国で開発するという、現在の日本との分業のあり方を変えることを意味し、日本側の技術の流出、空洞化にも繋がる恐れもある。何を、どこで、どこまで行うのか。ソフトのイノベーションを推進するFRSにとって、中国オフショア拠点との分業のあり方は重要な問題である。

ⁱ 同社は自販機事業においては後発ではあったが、不採算だった富士電機の家電部門の資産を利用しつつ、フルライン戦略をとることで、当時業界1位だった三洋電機を追い抜き、1978年にトップの座を射止め、現在に至る(高梨2003)。

ⁱⁱ 飲料ばかりでなく、タバコ、券類などその他を含む自販機全体。

ⁱⁱⁱ 自販機メーカーの抱えるジレンマ、および、自販機をめぐる業界構造については、高梨(2003)参照のこと。

^{iv} 自販機の設置場所を所有し、場所を提供する人。

^v 富士電機ホールディングス(株)第133期決算報告より。

^{vi} 出資比率は、富士電機リテイルシステムズが51%、中国側が49%。資本金18億円。事業内容は、自販機の開発・製造・販売・アフターサービス・オーバーホール、設置工事、コンサルタントなど。

^{vii} 旧富士電機。当時の自販機事業は、製造する担当する富士電機と販売を担当する富士電機冷機に分かれていた。2003年4月に、これまで富士電機三重工場で行っていた生産部門を統合し、製販一体型企業として富士電機リテイルシステムズとして再出発した。同年10月1日には、純粋持ち株会社「富士電機ホールディングス株式会社」のもとで、自販機事業を含めた主要4事業がそれぞれ独立会社として事業会社体制となった。

^{viii} 当時は富士電機冷機製造(富士電機の子会社)。

^{ix} 『@IT情報マネジメント用語辞典』の定義より。<http://www.atmarkit.co.jp/aig/04biz/offshoring.html>

^x 『IT用語辞典 e-Word』

<http://e-words.jp/w/E382AAE38396E382B8E382A7E382AFE38388E68C87E59091E38397E383ADE382B0E383A9E3839FE383B3E382B0.html>

^{xi} 『IT用語辞典 e-Word』

<http://e-words.jp/w/E382A2E382B9E3839AE382AFE38388E68C87E59091E38397E383ADE382B0E383A9E3839FE383B3E382B0.html>

^{xii} 中野・繁田・渡辺(2005)

^{xiii} 杭州富士制冷機器有限公司の提供情報。

^{xiv} 2001年に、アジャイルソフトウェア開発手法(当時は軽量ソフトウェア開発手法と呼ばれていた)の分野において名声のある17人が会し、彼らがそれぞれ別個に提唱していた開発手法の重要な部分を統合することについて議論した。そして、彼らは「アジャイルソフトウェア開発宣言」(Manifesto for Agile Software Development)

という文書にまとめた。 <http://www.agilemanifesto.org/> 参照のこと。

^{xv} 『Wikipedia』

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A2%E3%82%B8%E3%83%A3%E3%82%A4%E3%83%AB%E3%82%BD%E3%83%95%E3%83%88%E3%82%A6%E3%82%A7%E3%82%A2%E9%96%8B%E7%99%BA>

^{xvi} 組織の境界をどこに設定するかによって、オープンとクローズドの関係は異なる。子会社も含めた企業グループを一つの組織として捉えると、本ケースはクローズドとなる。

参考文献

小山裕司・竹田陽子(2001)「ソフトウェアの開発技法と構造」藤本隆弘・武石彰・青島矢一編『ビジネスアーキテクチャ』有斐閣。pp.161-171。

楠木建・ヘンリー・W. チェスブロー(2001)「製品アーキテクチャのダイナミック・シフト」藤本隆弘・武石彰・青島矢一編『ビジネスアーキテクチャ』有斐閣。pp.263-285。

高梨千賀子(2003)「富士電機リテイルシステムズ:自販機業界での成功要因と新たな課題」『一橋ビジネスレビュー』東洋経済新報社。Vol.51、No.3、pp. 154-175。

立本博文・高梨千賀子(2008)「コンセンサス標準をめぐる競争戦略」新宅純二郎・江藤学編『コンセンサス標準戦略』日本経済新聞出版社。pp. 36-84。

中野竹夫・繁田雅信・渡辺哲仁(2005)「自動販売機制御ソフトウェアの生産技術」『富士時報』Vol.78 No.3、pp.186-189。

藤本隆弘・武石彰・青島矢一編(2001)『ビジネスアーキテクチャ』有斐閣

槇田幸雄・福井一夫(2005)「自動販売機の情報・制御技術の変遷」『IEEJ Journal』Vol.125, No.6 pp.360-363。

『日本マーケットシェア事典』矢野経済研究所

『2008年版組み込みソフトウェア産業実態調査』経済産業省

http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/2008software_research.html

『自販機普及台数及び年間自販金額』日本自動販売機工業会

<http://www.jvma.or.jp/information/fukyu2008.pdf>

富士電機ホールディングス(株)第133期決算報告

<http://www.fujielectric.co.jp/ir/pdf/so133/report.pdf#page=6>

『IT用語辞典 e-Word』 <http://e-words.jp/>

『Wikipedia』

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%A1%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%83%9A%E3%83%BC%E3%82%B8>

謝辞；

本稿を執筆するに当たり、富士電機リテイルシステムズ（株）楨田氏（自動化機器事業本部企画本部長・杭州富士制冷機器有限公司前董事長）、繁田氏（通貨機器事業本部 e-ビジネス技術部部長・杭州富士制冷機器有限公司董事長）、谷口氏（ものづくり本部三重工場開発部制御技術課課長補佐・杭州富士制冷機器有限公司副總經理）、上田氏（管理本部総務人事部広報担当部長）、杭州富士制冷機器有限公司の川嶋氏（総経理）、東海ソフト（株）の山本氏（執行役員・杭州富士制冷機器有限公司元董事長）には多大なご協力をいただいた。多くの資料提供をいただいたほか、日本での3回にわたるインタビューに加え、杭州富士制冷機器有限公司への視察（2008年8月）もさせていただいた。ここに厚く御礼申し上げます。