

「ユビキタスエコノミー」下における組込み ソフトウェア生産労働の実態

～生産過程のユビキタスネットワーク化と組込み
ソフトウェアへのソフトウェア労働者の組込み～

Actual Situation of Embedded System Software Engineers in
“Ubiquitous Economy”

野 田 哲 夫
NODA Tetsuo

はじめに

1990年代から2000年代にかけてのアメリカと日本のIT＝情報通信技術の生産過程への応用、すなわちIT投資と、それによる生産様式のネットワーク化、そして「ネットワーク」型企業関係は、それぞれの技術的優位性を背景としながら異なる様相で進んできた。これは、1970年代から開始されている生産過程への情報化投資の拡大と、それによる現代資本主義経済の「情報資本主義」への移行が、日米間でも競争（産業における覇権争い）を伴いながら進行・拡大・進化しているものである（野田 [2005] 参照）。

IT (Information Technology) とその生産過程～流通過程への応用、ネットワーク化という事態から、市場の質的变化、さらに資本主義の歴史的変容＝「IT資本主義」を語る主張も見られるが¹、北村洋基氏は「情報資本主義の時代は環境の変動・変化に前向きに対応し、うまく適応・適合した企業だけが生き残れ

キーワード：ユビキタス、ネットワーク、情報サービス産業、組込みシステム、ソフトウェア労働

Ubiquitous, Network, Information Technology Service Industry,
Embedded System, Software Engineers

るとともに新たなアイデアで参入することも容易な激しい競争の時代である」(北村 [2003]) としている。この認識は極めて現実的である。資本主義的生産においては企業相互間の関係は競争、協調、長期的継続的な取引関係から資本結合まで絶えず変化するものであり、「情報技術を介したネットワーク化は、一方ではこうした企業間関係をより緊密化させ、時間とコストを最小限まで削減する手段として利用される。しかし他方では、固定的・安定的な企業間関係を解体させ、その時々が必要に応じて、最適な企業間の組合せを目指す方向にも作用する」という主張が現代の資本主義における現実の資本の運動を的確に、現実に即して説明していると言えよう。

1990年代のアメリカ経済はIT投資＝情報化投資を中心とした設備投資が景気拡張の牽引車となったと言われている。ここからIT投資＝情報化投資が需要の側面から景気拡大に貢献しただけでなく、供給の面(サプライサイド)を活性化させ、労働の生産性を高め長期的な景気拡大を生み出すという考え方は「ニュー・エコノミー」論が登場した。2000年代になるとアメリカ経済全体の低迷、情報通信機器・サービスへの需要の一巡等により、情報通信産業は低迷しはじめた。アメリカの経済成長が続いた1990年代後半、情報通信産業の急激な発展と、それに過大な期待を寄せた投資家の過剰投資がインターネット関連企業の実需投資や株式投資の異常な高潮をもたらしたのがITバブル現象であり、そして2000年春にITバブルが崩壊する。アメリカから始まったITバブルの崩壊、IT不況は、日本のネット系ベンチャー企業の株価も暴落させ、2000年2月には「ネットバブル」の象徴であったソフトバンク、光通信などの株が大幅下落し日本の「未成熟ネットバブル」(『日経ビジネス』(日本経済新聞社2000.12による命名)は崩壊した。日米とも2002～2003年に入り、在庫の一巡もあって企業のIT投資は回復傾向に向かっている。しかしながらITバブルとその崩壊は、技術革新と経済成長を支えてきたIT産業自身がリストラに直面することを意味したのである。

その中で2000年代半ばになりアメリカから登場してきた、「Web2.0」を中心としたウェブの世界の環境変化、トレンド、そして日本で掲げられる「ユビキタ

スエコノミー」の概念は、ITバブル崩壊後に、90年代の経済成長をもたらしたIT革命に変わる新しい技術革新、イノベーションへの期待が込められているのである。Web2.0における「2.0」という表現には、1990年代半ば頃から普及・発展してきた従来型のWebの延長ではない、質的な変化が起きているという認識が込められており、Web2.0と親和性を持つオープンソースの開発スタイルも強調されている²。そして、日本で強調されるユビキタスエコノミーにおいても企業から個人・世帯へ情報通信技術の利用が広がることで、新しく多様な情報通信技術の利用形態、特に消費者発信型メディアの台頭が生み出され、社会経済システムを変革するとしている³。

「IT革命」という言葉に代表される情報通信技術の革新は単なる技術的な変化のみならず、市場構造の変化、すなわち市場をより競争的にさせ、それは生産過程における労働過程の強度の増大へとつながっている。Web2.0に代表される市場即応型の生産システムは「消費者」にとっては自分の欲望する商品をオンラインで生産させ、市場がより競争的になることは価格の低下とサービスの向上にもつながるのであるが、市場に登場する大多数の「消費者」が得る所得は生産過程において「生産者」＝労働者として存在することによって得られるものである。消費過程の華やかさとは裏腹に、生産過程においては非常に過酷で厳しい競争、そしてリストラが待ち構えているのである。Web2.0の典型的な成功例であるアマゾンの販売システムは消費者にとっての利便性を向上させるが(同時にアマゾンに莫大な利益をもたらすが)、これを支えているのは物流センターで厳しいノルマとコンピュータの監視の下、低賃金・過酷な労働条件で働く雇用の不安定な労働者層である⁴。

ユビキタスエコノミーに関してみれば、遡って、1980年代に日本経済の「強さ」の象徴であった「かんぱん方式」＝「トヨタ型生産方式」に代表される多品種少量生産システムは、それによって生産性を高めた日本製品の輸出と同時に、そのシステム自体が海外に輸出された。特に日本の輸出攻勢を受けたアメリカでは「トヨタ型生産方式」を積極的に導入し学ぶと同時に、これをアメリカの得意な情報通信技術で強化し、「リエンジニアリング」という名前で生産シ

システムをより市場に直結させることによって「シリコンバレー型生産方式」とも呼ばれる、市場の変化にオンラインで即応した生産システムを作り出した。1990年代に入ってからアメリカ経済の「復活」の背景には「情報スーパーハイウェイ構想」に象徴されるIT技術革新とそれによる労働生産性の上昇があったのであるが、それは単なる生産の技術的な変化だけではなく、IT革命＝情報通信技術の発達による市場即応型生産システムの「完成」による労働過程の強度の増大があったのである。労働者は生産過程においてITによって代替されるか、ITによって強化された労働過程に従事するか、といった選択だけでなく、IT革命が作り出した情報通信網によって市場における競争にオンラインでさらされることになったのである。そして、90年代後半から日本において「構造改革」が叫ばれる中、「IT革命」が強調されITへの積極的な投資が進められたが、今度は日本が「シリコンバレー型生産方式」を導入することに他ならない。確かに、世界規模で業績好調のトヨタ自動車の「トヨタ型生産方式」の「自動化」（「にんべん」のついた自動化）に代表されるように日本の生産システムにおいて人間労働力の不断の「カイゼン」は大きな役割を果たしてはいる。だがそれはITによってより強化されたかんばん方式であり、それがまたユビキタスエコノミーの下でより強化された「電子かんばん方式」として現出し、日本の生産システムと労働過程、そして労働者の雇用に大きな変化をもたらそうとしている。

そこで本稿では、2000年のITバブル崩壊以降厳しいリストラを経過し、「ユビキタスエコノミー」を掲げながら新たなイノベーションに取り組む日本の産業、そしてそれを支えるIT産業、特にソフトウェア産業の実態に焦点を当てて分析することによって「電子かんばん方式」と市場即応型の生産システムを産出するソフトウェア労働者＝組込みソフトウェア労働者の労働の実態を明らかにすることを中心とし、日本における「情報資本主義」段階を特徴づけるユビキタスネットワークの連鎖の構造を明らかにすることを目的とする。

第1節 ユビキタスネットワークと組込みシステム需要の増大

1.1 かんばん方式を支えるユビキタスネットワーク、電子かんばん方式

拙稿「ユビキタス・ネットワークと『情報資本主義』段階の深化」（野田 [2005]）では、日本の「ネットワーク」型企業関係を可能にする「標準化」は、ITによる「オープン・アーキテクチャー」から直接的に導き出されるものではなく、トヨタ自動車に代表されるように「系列」を維持しながら「オープン・アーキテクチャー」に代わるIT投資をさらに企業活動に応用し、SCM～BtoB～eマーケットプレイスと続くネットワーク型の生産～流通システムを完成・拡大しようとするを明らかにした。これを支えるのがICタグ（RF-IDタグ）＝電子荷札を利用した生産管理であり、電子タグの応用と成果が進んでいるのはやはりトヨタなどの自動車産業を中心とする製造業であった。藤本隆宏 [2002] による日本の企業間関係の「系列」と部品供給の取引関係における製品アーキテクチャーのモジュール化⁵がICタグ（RF-IDタグ）の技術を背景に進み、いわば企業系列に対応した「電子かんばん方式」を進めているのである。野田 [2005] ではその代表的事例としてトヨタの下請企業のデンソーの生産ラインを紹介したが⁶、NECのパソコン工場（NECパーソナルプロダクツ米沢工場）では2004年に生産指示書の内容確認とバーコード読取作業の削減、トレーサビリティの強化の目的で1台のパソコン生産に対して1枚のRF-IDカードを割当て、生産ラインの各担当者がディスプレイで工程を確認できると同時に、組立・検査工程や検査結果のデータをリアルタイムで把握できるようになった。この「RFIDかんばん」導入により工場内部在庫を半減し、労働生産性は10%以上上昇したとされている⁷。そして、「RFIDかんばん」により部品供給ベンダーに対する部材の発注・納入指示伝達のリアルタイム性を強めると同時に、下流においても売上げデータの集計によって生産・発注計画のシミュレーションや需要予測を即座に行い、その結果受注から納入までのリードタイムを短縮させている⁸。このようにRF-IDカードが、かんばん、生産ラインのトレーサビリティ、生産管理、というサプライチェーンの各所において機能しており、まさにITによって

強化された自動化が進んでいるのである。

現段階では生産ラインにおいては「モノ」の入れ物へのRF-IDタグの付着や「モノ」に対応したRF-IDカードの導入による「モノ」とその流れの管理であるが、RF-ID技術の発達と低価格化によって部品自体への付着も進められている。既に生産過程においては金属でICタグを封止することによって生産手段に対してRF-IDを付着させる取組が進んでいるが⁹、後述するトロンプロジェクトにおいてリアルタイム組込みシステムの標準化「T-Engine」とともにもう一つの柱である世界中の「モノ」に2つとない同じ番号（認識コード）¹⁰を付着させようとする「ユビキタスID」技術においては認識コードを「モノ」に直接印字する取組も進められている¹¹。

このように生産システムの革新＝かんばん方式による不断のカイゼンと、ITの応用＝「RFIDかんばん」導入によって生産性の向上がなされるわけであるが、これは自動化＝人間労働の不断のカイゼンが電子的に強化される過程でもある。NEC米沢工場では1台のパソコン生産に対して1枚のRF-IDカードが割当てられるが、セルにおける労働者のそれぞれの工程自体がデータ化され管理されるため、工程の進捗状況がリアルタイムで電子的に集計され、ディスプレイに表示され、労働者に対して常にプレッシャーを与える仕組みになっている¹²。

このように、日本の生産過程においては市場に即応しながらも、従来から生産性の上昇に効果を発揮してきたトヨタ型の生産方式＝かんばん方式をITによってより強化する方向でカイゼンが進んでいる。特にICタグの技術（RF-IDタグやRF-IDカード）を使って「モノ」の情報を読取り、内容を確認し、「モノ」の流れを追いかける（トレーサビリティ）の技術はユビキタスネットワークの取組として進んできたのである。そして、ユビキタスネットワークの流過程、さらに生産過程への導入は「電子かんばん方式」とこれによる生産的労働の時間単位での管理強化を進めている。

1.2 ユビキタスネットワークからユビキタスエコノミーへ

ユビキタスはもともとは、ゼロックス社のパロアルト研究所のMark Wiser

によって、1988年に提唱された一人が複数のコンピュータを使う第3世代コンピュータ・ネットワークの「ユビキタス・コンピューティング」の中で初めて使われた。コンピュータのネットワークという技術的な目的で進められてきた研究の中で登場した概念であったのである。

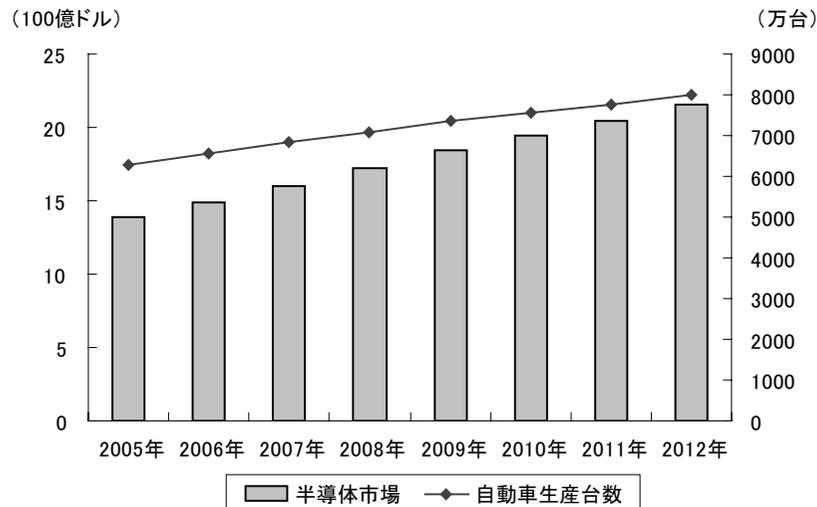
一方日本では、野村総合研究所が1999年に次世代ITをになうキーワードとして「携帯機器や情報家電などの種々の機器がネットワークに接続され、いつでも、どこでも利用できる」を意味する言語「ユビキタスネットワーク」として使い¹³、日本の情報戦略ではこの用法が定着している。この背景には後述する日本における「組込み式のコンピュータ」（＝携帯電話、情報家電など）の技術的優位性と¹⁴、この組込み式のコンピュータに使われるOSとして大きな市場シェアを占めると言われる「TRON（The Real-time Operating system Nucleus）」の存在がある（正確には組込みシステム向けのリアルタイムOS＝ITRON）¹⁵。

日本の情報戦略の中においてこのユビキタスネットワークが本格的に普及することによって、経済活力の源泉である技術進歩を加速させることに寄与することが期待されている。携帯電話端末の高機能化、電子タグの普及、コンテンツのブロードバンド配信、ブログ・SNS（ソーシャルネットワーキングサービス）等の消費者発信型メディアの台頭等がその象徴であろう。そこで、『平成18年版情報通信白書』では、将来（2010年）のユビキタスネット社会（u-Japan）の実現に向けて、ユビキタスネットワークの進展により生じる社会経済の特質、を「ユビキタスエコノミー」と名づけ、ユビキタスネットワークの進展により、企業から個人・世帯へ情報通信技術の利用が広がることで、新しく多様な情報通信技術の利用形態（通信・放送の融合・連携の進展、Web2.0等の新しい潮流、ブログ等の消費者発信型メディアの進展等）が生み出され、日本の社会経済システムを変革するとしている¹⁶。前述したように、日本では2000年に入ってからバブル崩壊以降、長期的な経済成長をもたらすイノベーションのひとつとしてユビキタスネットワークに期待がかかっており、それが「ユビキタスエコノミー」の命名に込められているのである。

1.3 ユビキタスを支える技術：マイクロプロセッサと組み込みソフトウェア

1974年に Intel 社によって発売されたマイクロプロセッサは、大型コンピュータに必要な回路がほとんど組み込まれていた。このマイクロプロセッサの登場によって大型コンピュータの処理能力を小型のワンチップで、低価格で手に入れることが可能になり、パーソナル・コンピュータの実現が可能になった。一方、マイクロプロセッサは電卓の他、炊飯器、テレビ、自動車のエンジンなどの機器に組み込むことによって、これらの機器の制御も可能になるものであり、ユビキタス技術にもつながるものでもあった。現在、全世界でパーソナル・コンピュータの生産台数は年間約2億台であるが、このマイクロプロセッサが組み込まれている「組み込み式のコンピュータ (Embedded Computer)」(＝自動車の電装品、携帯電話、情報家電、ロボットや工作機械などに内蔵されたコンピュータ)の年間生産台数は80億個とも言われている。日本においてもこれに関連した市場 (ハードウェア、OSやアプリケーションなどのソフトウェア、システム全体のサービスなど) は今後も拡大が予想される。

図1 世界の自動車生産台数と自動車用半導体市場の成長予測

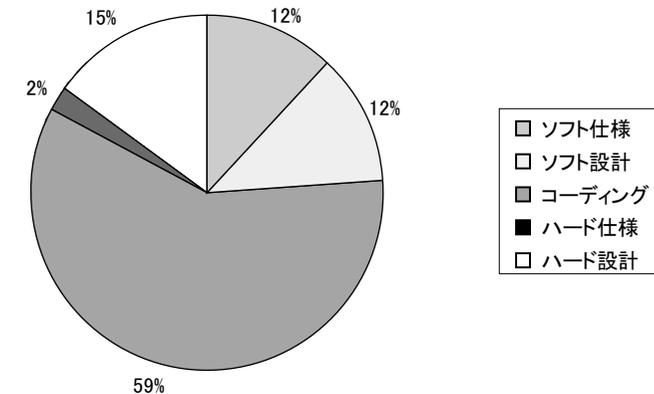


Strategy Analytics 調査 (<http://www.strategyanalytics.net/>)
及び、ルネサステクノロジー調査 (<http://www.renesas.com/jpn/>) より。

電子化が急速に進む自動車には平均数十個のマイクロプロセッサが搭載されており、今後自動車の生産台数の伸張 (そして2007年度にはトヨタが世界販売・生産で共にトップに立つことが確実視されており) とともにハイブリッドカーに代表されるような電子化が進めば、当然ながらマイクロプロセッサの市場も拡大する (図1 参照)。

そして自動車産業においてはマイクロプロセッサとそれを制御するソフトウェアによって構成される1つの組み込みシステム＝ECU (Electronic Control Unit: 電子制御ユニット) の開発費のうち8割以上がソフトウェアで占められている (図2 参照)¹⁷。

図2 自動車の ECU 開発工数

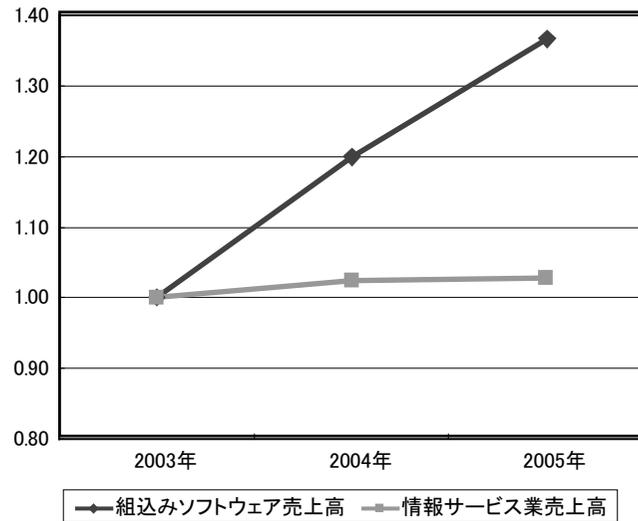


JasPar (Japan Automobile Software Platform Architecture) 資料
(<http://www.jaspar.jp/>) より。

経済産業省の「2006年版組み込みソフトウェア産業実態調査報告書」¹⁸によると2005年における組み込みシステム開発費総額 (マイクロプロセッサの設計＝ハードウェア回路設計を含む) は6兆7,700億円 (2003年は5兆円、2004年は5.9兆円) となっており、そのうち組み込みソフトウェア開発費は2兆7,300億円 (2003年は2兆円、2004年は2.4兆円)¹⁹で、年10～20%の伸び率を示し、経済産業省「特定サービス産業実態調査」による情報サービス産業全体の年間売上高14兆5560億

円²⁰に対しても約20%を占めるなど、独自の産業分野として成立していることを示している。そして同時期の情報サービス産業全体の年間売上高が微増（2005年の年間売上高は前年比0.2%の微増）であったのと対照的である（図3参照）。

図3 組み込みソフトウェア市場の推移（情報サービス産業との比較）
2003年を1として比較

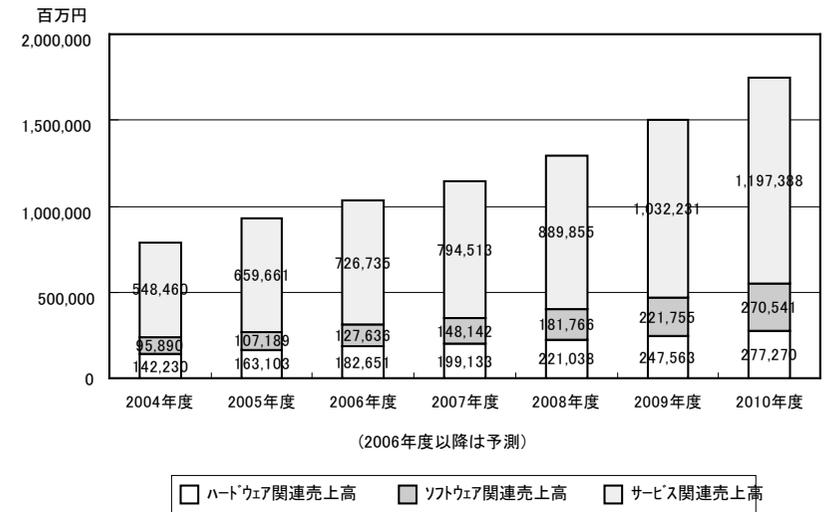


経済産業省組み込みソフトウェア開発力強化推進委員会 [2004] ~ [2006]、および経済産業省 [2006] より。

また民間マーケティング調査会社・ミック経済研究所による組み込みソフトウェア開発企業に絞った調査（マイクロプロセッサや組み込み式コンピュータ製造メーカー部分、そして2次請け、3次請けのダブルカウント分を除き、組み込みソフトウェア開発とソフトウェアパッケージにおける外販の市場調査に絞ったもの²¹）によっても市場規模は2005年度の段階で9000億円を超えている（図4参照）。

組み込み式のコンピュータにももちろんそのハードウェアを制御するためのソフトウェア＝組み込みソフトウェアが必要とされ、汎用コンピュータ（大型コンピュータやパーソナル・コンピュータなど）に比べて多用途性・複雑性よりも用途に即したリアルタイム性がより重視される（1マイクロ秒単位での応答速

図4 エンベデッドシステム・ソリューション市場推移

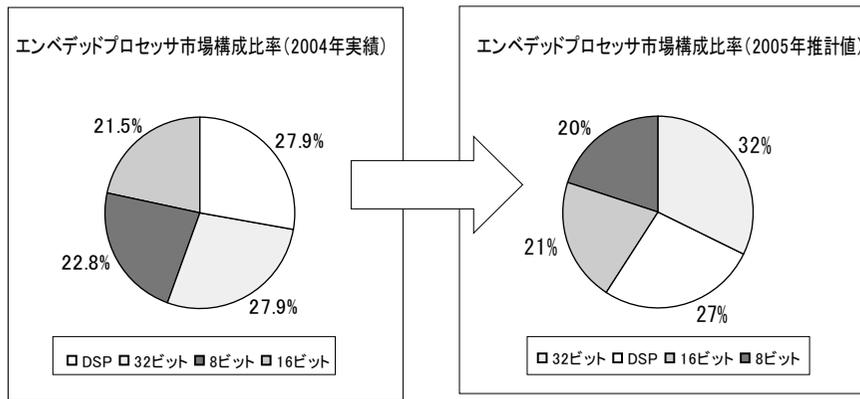


ミック経済研究所 [2006] より。

度が必要とされる)。これは自動車のエンジン制御など組み込みソフト開発には迅速性や安定した運用の要求、開発コストの低減が求められるからであり、そのため前述の ITORN などのリアルタイム OS (RTOS:Real-time Operating system) が主流を占めてきた。しかし最近では高機能の携帯電話やデジタルテレビなどの情報家電の普及により、組み込みコンピュータのハードウェア部分＝エンベデッドプロセッサへの需要も高機能（高ビット）のものへ市場がシフトしてきている。民間のマーケティング調査会社・富士経済の調査²²によるとエンベデッドプロセッサ市場規模は2004年実績の5,496億円から2005年では6,065億円規模への拡大（約10%増）が見込まれ、構成比率では高機能（32ビット）の割合が伸びている（図5参照）。

そしてハードウェア（エンベデッドプロセッサ）を制御するソフトウェアも機能のリアルタイム性はさほど重視されなくなる一方（数十マイクロ秒程度の応答速度で充分）、より高性能化・複雑化が求められ、開発自体も大規模化して

図5 エンベデッドプロセッサ市場構成比率の推移（2004年実績→2005年推計）

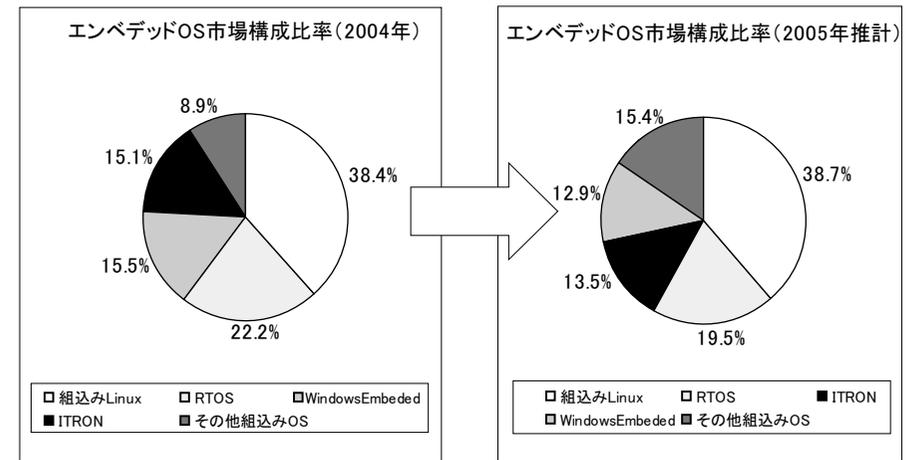


富士経済大阪マーケティング本部 [2005] より作成。

ることになる。経済産業省の調査では組込みシステムの開発費の40.4%が組込みソフトウェア開発費となっている²³。そして、既に組込みソフトウェアのOS部分にあたる組込みLinuxの市場は2000年のゼロから4割近くに拡大してきており、今後もLinuxやJavaなどのPC系ソフトでの開発が主流になってくることが予想される。特に組込み式のコンピュータの開発には高性能化・複雑化とともに、市場の急成長に伴う開発競争の激化によって開発期間の短縮化・効率化が求められており、オープンソースであるLinuxOSへの期待は高まっている。上記富士経済調査ではエンベデッドOS市場規模は2004年実績の68億円から2005年では78億円規模への拡大が見込まれ、組込みLinuxOSの構成比が伸びている他、後述するSymbianOSも含まれるその他OSの伸びも顕著である（図6参照）。

特に組込みLinuxOSは携帯電話や情報家電で搭載が進んでおり、国内で年間5000万台の出荷台数で推移している携帯電話市場においては、既に国内市場で4分の1（図7参照）の市場シェアを占めるパナソニックとNECが第3世代携帯端末（NTTドコモのFOMA端末）向けにLinuxを採用している（パナソニックとNECの携帯はツインCPUで構成され、ベースバンドチップ上にITRON、アプリケーションプロセッサ上にMontaVista Linuxが載っている）²⁴。MontaVista

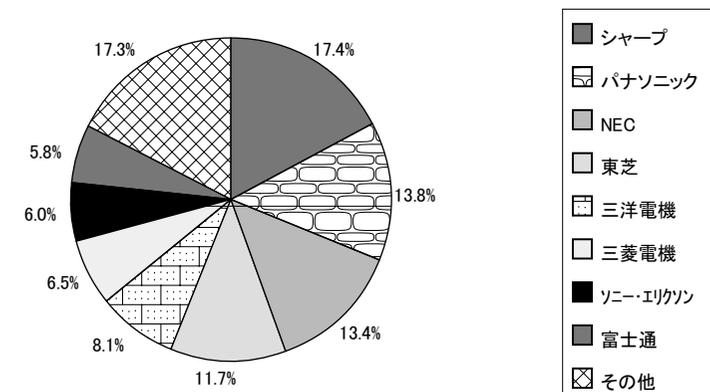
図6 エンベデッドプロセッサ OS 市場構成比率（2004年実績→2005年推計）



富士経済大阪マーケティング本部 [2005] より作成。

Linuxは富士経済調査によると2004年時点で世界の組込みLinuxOS市場で46%、日本市場で63%を占めているが、今後は産業機器分野や自動車の制御などにも市場拡大を図っており、「日本法人設立から5年かけてLinux携帯がモノとなっ

図7 国内携帯電話市場シェア（2005年度）



IDC ジャパン「国内携帯電話市場 2005年第4四半期の分析」より作成。

た。次の5年、2010年にはLinuxを積んだ自動車を現実のモノにできる]と展望している。一方、世界的に第3世代携帯端末で7割以上のシェアを占めているのがSymbian OS²⁶であるが日本においても市場シェアを伸ばしつつあり、従来からSymbian OS採用していた富士通の他に2006年に入って三菱電機、シャープ、ソニー・エリクソンもSymbian OSの採用に踏み切っている。

これに対してトロンプロジェクトでは組込みコンピュータ用の仕様に関する技術はITRONによって行われていたが、現在はユビキタス・コンピューティング環境構築のためのオープンなリアルタイムシステム標準開発環境として2002年に発表されたT-Engine²⁷と、リアルタイムOSであるT-Kernelとして進んでおり、Linuxとの提携を模索する一方²⁸、Microsoftとの提携も強めている²⁹。現在は組込み分野でも注目を集めているオープンソースのソフトウェアの開発環境である「Eclipse」ベース上でT-Engineの開発環境(PC上でのGUIベースでの開発)の構築・普及が進められている³⁰。

このように、組み込み式のコンピュータの市場拡大にともない、ソフトウェア、特にOSを中心とした開発環境をめぐる各陣営の競争と協調が繰り返され、市場拡大と競争の中で必要な人材を低コストで獲得し、養成し、そして消費するかが課題となっているのである。この事態を、市場の競争化の中で流動化が進む組込みソフトウェア労働者の側から見ていくことにしよう。

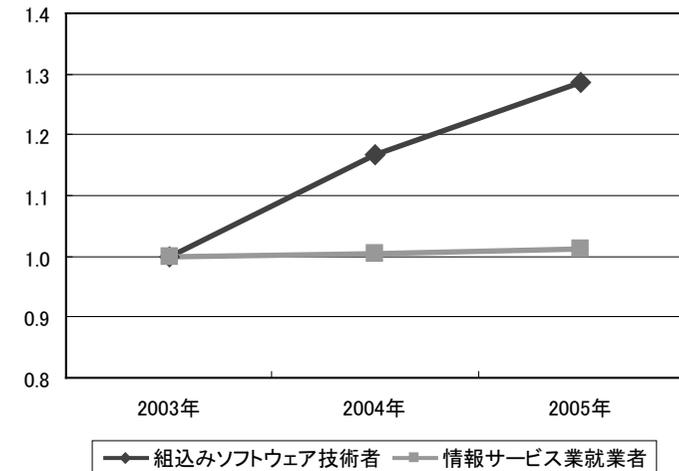
第2節 組込みソフトウェア労働者の流動化

2.1 増大する組込みソフトウェア労働の需要

経済社会の「ユビキタスネットワーク化」(「ユビキタスエコノミー」)によって、前節で見たように組込みソフトウェアに対する需要は拡大し続けている。その結果、経済産業省「2006年版組込みソフトウェア産業実態調査報告書」によると組込みソフトウェア技術者の総数も増え続けており(2003年の15万人から2005年の19.3万にと約30%、2004年の17.5万人から2005年にかけては10%の増加)、同じく経済産業省による「特定サービス産業実態調査」によると同時期の

情報サービス産業全体の年間売上高が微増(2005年の年間売上高は1兆5560億円で前年比0.2%の微増)、就業者数も横ばい(平成17年は573,778人で、前年比0.7%増)であるのと対照的である(図8参照)³¹。

図8 組込みソフトウェア技術者の推移(情報サービス産業との比較)
2003年を1として比較



経済産業省組込みソフトウェア開発力強化推進委員会 [2004] ~ [2006]、および経済産業省 [2006] より。

このように組込みソフトウェア技術者に対する需要は増え続けているが、この傾向は最近になって急速に拡大してきたものである。前節で見たようにマイクロプロセッサ自体は1970年代に開発され市場に投入され、価格低下や小型化によって適用分野は拡大してきたが、それが「マイコン制御の炊飯器」に代表されるようにハードウェア機器の制御を行うことが主目的であった。一方、高機能化したマイクロプロセッサはマイクロ・コンピュータ=パーソナル・コンピュータを中心とした情報処理端末に搭載され、組込みソフトウェアとは別に、情報処理系のOSやソフトウェアの開発が進み(インテルが1974年に開発したマイクロプロセッサによって製作されたマイクロコンピュータ=マイコンのためのプログラムがMicrosoft社の創業者・ビル・ゲイツによって書き上げられたの

は象徴的な出来事であろう)、パーソナル・コンピュータが汎用化する一方で応用分野の広がり、高機能化・複雑化をカバーしてきたのである。

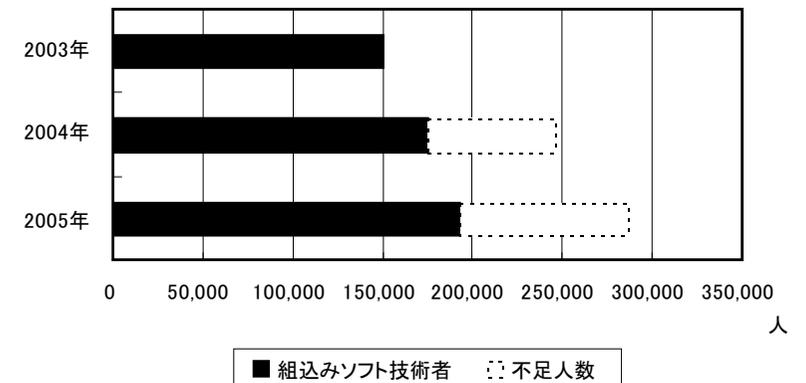
それが、マイクロプロセッサの性能の向上(8ビットから16ビット、32ビット、64ビットと高機能化)したことにより、マイクロプロセッサを組み込んだハードウェア＝組み込み式コンピュータ端末においてもパーソナル・コンピュータ同様の高機能な操作が可能になり、また1990年に入ってからインターネットに代表されるネットワーク接続の拡大は携帯電話のiモード接続に代表されるように90年代末からその他の組み込み式コンピュータ端末にも広がっている。ハイブリッドカーでは複雑なエンジン制御が要求され、環境対策やコスト削減を目的にアクセルペダルの状況やスピードなどの複数のセンサからの情報をもとに燃料噴射量や点火時期など制御し、エンジンを最適な状態に保っている。第3世代携帯ではインターネット接続サービスを行いながら電話をするといった複数の機能を処理するマルチタスク処理が必要となり、地上デジタル放送対応機種の開発も進んでいる。そして情報家電においても、地上デジタル放送に象徴されるように複数の情報を受信しながら画面上で映像情報や文字情報のマルチタスク処理を行い、インターネットとの接続によって双方向通信の制御も必要となる。30年以上にわたるマイクロプロセッサの長い歴史に比べ、現在の高度な組み込みソフトウェア開発への需要はここ数年で急激に拡大してきたものであり、「ユビキタスネットワーク社会」が要請する技術なのである。

このような組み込み式コンピュータ端末の高機能化・高性能化やネットワーク化、さらにセキュリティへの対応などによってソフトウェア開発規模も拡大している。NEC(日本電気)の調査によると2000年から2005年の間に組み込みソフトウェアの開発規模が5～10倍に、プログラムでは数百万行レベルに達している。例えば自動車であればエンジン制御やミッション制御から、テレマティクスやETC、カーナビゲーションシステムなどで500万行レベルに³²⁾、携帯電話ではブラウザやJava、カメラ、Felicaやワンセグ対応など500万行に、情報家電(DVDレコーダ)でもHDDやEPG、ブラウザ、地上デジタルの他に著作権管理などで180万行のプログラムが必要とされている³³⁾。そしてハイブリッド自動車

では製造原価に占める電装部品の割合が47%にのぼり(ガソリン自動車で15～20%)³⁴⁾、上記NEC調査によれば、製品開発費における組み込みソフトウェアの割合は、携帯電話機が80%、情報家電が40%、カーナビゲーションシステムが60%となっている。一方、これに対して開発期間は短縮化してきており、経済産業省の2004年度調査によると、平均的な製品開発期間は6ヶ月以上1年未満が43.2%、6ヶ月未満も19%を占めており、短期間での開発が大半となっている³⁵⁾。

その結果、経済産業省による調査と試算によると、組み込みソフトウェア技術者の不足は2004年から2005年にかけて32%の増加であり、不足率は41%から49%に上昇している(図9参照)³⁶⁾。

図9 組み込みソフトウェア技術者と不足する人数



経済産業省組み込みソフトウェア開発力強化推進委員会 [2004]～[2006]より。

そこで、経済産業省では組み込みソフトウェア開発における問題点を「慢性的な人材の量と質の不足」として位置づけ2004年度に独立行政法人・情報処理推進機構(IPA)内にソフトウェアエンジニアリングセンター(SEC)を設立し、経済産業省の組み込みソフトウェア開発力強化推進委員会と協力して「組み込みソフトウェア産業実態調査」のような調査事業を行っている。また、2005年5月には組み込みソフトウェア開発について必要な技術やキャリアを整理した「組み込みスキル標準」(ETSS)³⁷⁾を発表し、組み込みソフトウェア開発における人材不足を

開所するプランを策定している他、民間企業もそれぞれ技術者育成に取り組んでいる。例えば日本電気（NEC）は上記プランに先立ち2005年4月には組込みソフトウェア開発の効率化、迅速化、高機能化を支援する目的で「組込みソリューション事業推進センター」を立ち上げ、NECグループ内の組込み関連の受託開発を統合して行い、顧客に対してソリューションとして提供する戦略をとっている。そのショーウィンドウの一つが前節にあげた電子かんぱん＝ユビキタスネットワークで制御されたパソコン工場なのである。

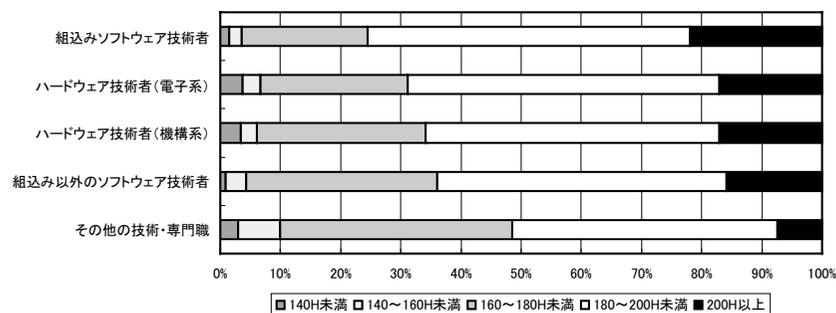
2.2 組込みソフトウェア労働者の企業内移動

このように組込みソフトウェア技術者に対する需要は拡大し、これに対応して技術者育成のためのプランニングは行われているが、技術者の供給の現状はどうなっているのだろうか。

組込みソフトウェア技術者は月平均労働時間が200時間以上（月40時間以上の残業をしている）の労働者が20%以上を占める現在の技術者の労働時間の延長によってまかなわれており、需要に追いついていない現状が浮き彫りになっている（図10参照）。

組込みソフトウェアはもともとハードウェア＝「モノ」づくりの中でその制

図10 技術者の月平均労働時間比較

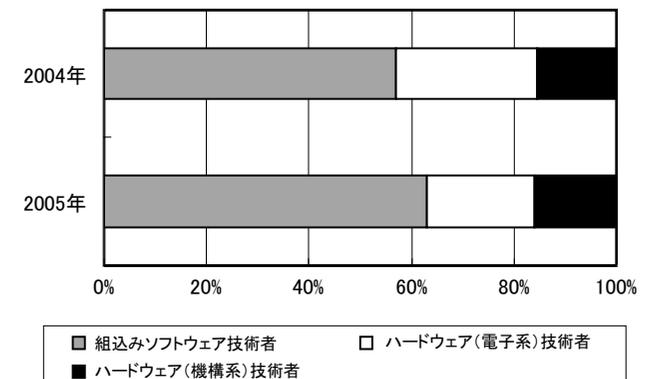


経済産業省組込みソフトウェア開発力強化推進委員会 [2006] より。

御の必要性から生じてきたものであり、マイクロプロセッサを組み込んだハードウェア＝組込み式コンピュータ端末を製造するメーカーも組込みソフトウェアの開発をほとんどは自社で行ってきた。第1節で見たように、経済産業省によるハードウェア・メーカーまで含んだ「組込みソフトウェア産業実態調査報告書」による2005年の組込みソフトウェアの開発費が2兆7,300億円であり、ミック経済研究所による組込みソフトウェア開発企業に絞った調査による売上が9000億円であるとすると、その差額部分の約1兆8000億円は自動車（電装品部分）や携帯電話、情報家電を製造するハードウェア・メーカーに内製化された（そしてさらに外注化される）部分であると考えられる。また組込みソフトウェア技術者数は前記調査が193,000人であるのに対し、後記調査が技術・開発のリソース数を43,200人としており³⁸、これも差分の約15万人がハードウェア・メーカーに内生化されているか、あるいは後述するように国内外に外部委託されていると考えられる。

そのため組込みソフトウェア技術者の需要増大に対しては、まずハードウェア・メーカー内部のリソース＝労働者の配置転換によって進められている。組込みソフトウェア技術者の絶対数自体の増加はもちろんであるが、図11からも組

図11 組込み事業部門の従業者の比率

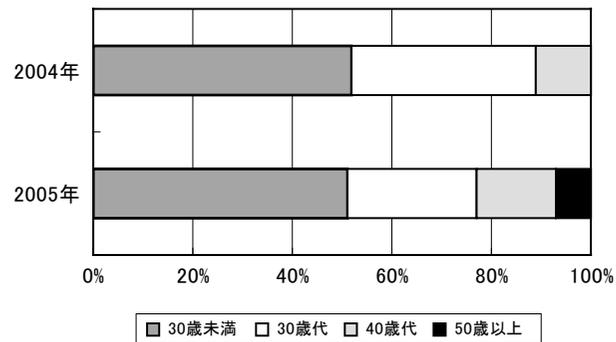


経済産業省組込みソフトウェア開発力強化推進委員会 [2005]、[2006] より。

込み事業部門における組み込みソフトウェア後術者の相対的増加の一方、ハードウェア関連技術者の割合が減っていることから、組み込みハードウェア関連の技術者が組み込みソフトウェア開発へ移行していったことが伺える（図11参照）。

また、IPA ソフトウェアエンジニアリングセンターの組み込み系プロジェクト・サブ・リーダーの田丸喜一郎氏が「企業・組織内で他の開発を行っていた40代から50代の技術者が組み込み系に移行した可能性が高い」³⁹と指摘するとおり、中・高年の技術者に支えられている現状がある。下図から分かるように2005年になって組み込みシステム開発に50歳以上の技術者が「参入」しており、40歳代の技術者の「参入」も増加している（図12参照）。単純に技術者の年齢が増加したわけではなく、今まで組み込みのハードウェア技術に関わっていた中高年の労働者が、新たに需要の大きい組み込みソフトウェア部門に移動したことがはっきりと見てとれる。

図12 組み込みシステム開発に関わる1年未満の技術者



経済産業省組み込みソフトウェア開発力強化推進委員会 [2005]、[2006] より。

2.3 組み込みソフトウェア労働者の企業間移動

組み込みソフトウェア技術者の需要増大に対して、企業内での、同じ事業部門内（組み込みシステム開発内）でのリソース＝人的資源の移動だけではいずれ人材は枯渇する。そこで次に頼るのが外部への委託である。

組み込みソフトウェア開発自体が「モノ」づくり産業の受託ソフトウェア開発に他ならない。日本の情報サービス産業では、主として上流工程の「要求定義」や「設計」の段階は自社において自社スタッフが業務を遂行し、開発段階では外注化を行って他社のスタッフを工程に参加させるというスタイルをとってきた。元請けで上流工程を行い、下流工程を下請けに出すという情報サービス産業の現状の階層構造には、開発プロセスが逐次的であるウォーター・フォール・モデルが最も適していたのである。このウォーター・フォール・モデルによる日本の情報サービス産業の開発・生産体制が、上記の産業内・業界内での連関の多重性、同業者間での委託・受託の複雑な連鎖を生み出しているのである⁴⁰。そして組み込みソフトウェア開発では他のソフトウェア開発よりも要求定義や設計の上流工程に比べてコーディングやテストの工程の下流工程の占める割合が大きいと言われており、松尾谷 [2006] によると要求定義（15%）と設計（10%）に25%のコストと時間がかかっているが、残り75%はコーディング（5%）とテスト（70%）であり、実に全体の70%に達するコストを掛けて上流工程で発生したバグをつぶしていることになる⁴¹。経済産業省の「組み込みソフトウェア産業実態調査報告書」では、外部委託の有無しか調査していないが（「外部委託あり」と回答した企業が全体の80%）、前述のミック経済研究所の調査では（ハードウェア・メーカを除いた組み込みソフトウェア開発企業に絞った調査ではあるが）技術・開発リソース＝人件費の4割強は協力企業（外注企業）で占められると分析している⁴²。「特定サービス産業実態調査」の情報サービス業における外注費比率32.4%に比べても高い⁴³。日本の情報サービス産業の開発・生産体制に特徴的な業界内での連関の多重性、同業者間での委託・受託の複雑な連鎖の関係が組み込みソフトウェア産業でも典型的に生み出されている。

国内携帯電話市場で第1位の市場シェア（17.4%、図7参照）を占めるシャープは従来音響機器の製造を行っていた東広島工場をモバイル通信事業の本部として改変し、国内の携帯電話端末の開発・製造拠点としている⁴⁴。従業員数は1500人となっているが、「工場」では1200人が携帯用組み込みソフトウェアの開発・製造にあたっている。そしてその1200人の組み込み技術者のうちシャープの正社員

は300人、実に残りの900人（75%）がシャープから外部委託された企業の従業員である。

シャープからの受託企業の一つであるイ、ソフト株式会社の佐藤則康社長へのヒアリングによると⁴⁵、東広島工場では携帯1機種（サイクルは6ヶ月）の組込みソフトウェア開発をシャープ本社と受託企業の技術者によって混成された200人の技術者がチームを作って行っており、イ、ソフトでも60人の技術者が異なるチームに分かれて開発に参加している（15人から20人のチームが3機種から4機種に分かれてそれぞれの機種の開発に従事している）とのことであった。シャープ本社工場のための人材派遣企業と言っていいであろう。開発自体は組込みソフトウェアのプログラムが400万行に達し、6ヶ月の開発サイクルのうち「要求定義」や「設計」に1ヶ月、「コーディング」と「単体試験」に1ヶ月、残りの4ヶ月が「結合試験」、「統合試験」そして「評価」、要するにバグ出しと修正の作業となっており、前述の松尾谷氏のコスト分析とほぼ一致する。携帯電話の開発に際してはハードウェアの側でも度々仕様変更があり、また品質の管理や機密の保持のためにもソフトウェア開発においても「モノ」づくりの現場と近接した場での作業が求められるとのことであり（ハードウェアとの「擦り合わせ」が必要とされる）、また技術的にも組込みソフトウェアのモジュール化が進んでおらず、工場外への外注化は難しいとのことであった。野田 [2006] で指摘したようにソフトウェア生産＝情報サービス産業においてはコンピュータ・ハードウェアや組織における「モジュール化」の成功をそのまま当てはめることはできず、特に開発・製造においてはコミュニケーションとコラボレーションが必要とされ、この不足は生産性の低下にもつながる。そして本稿第1節で指摘したように組込みソフトウェアにおいてはOSだけでもITRONから組込みLinuxOS、そして携帯電話市場ではSymbianが市場を分割し、これに従ってミドルウェアや開発環境・開発ツールも乱立していることがモジュール化・標準化を一層困難し、ハードウェア・メーカーによる「閉じた」生産システムになっている。

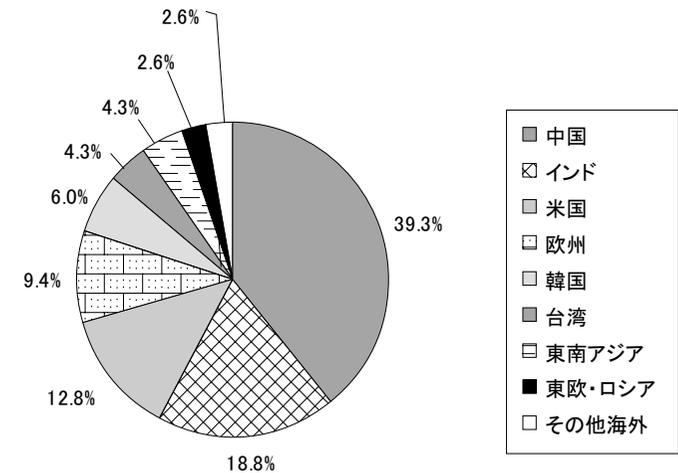
その結果「要求定義」や「設計」、「コーディング」の作業は「組込みソフト

ウェア工場」内での閉じた、集中した過程になっているが、シャープ1社だけでも年間にドコモ、au、ソフトバンク各キャリア向けにそれぞれ10機種前後、合計で30機種前後の新機種を市場に投入する必要がある、上記の計算によると（1200人の開発者で6ヶ月のサイクルの1機種を200人＝6チームで開発する）とても間に合わない。すなわち「試験」に要する作業、下流工程は工場外への「外注」となっている。ヒアリングでは上流工程は工場内での関連企業への外注、下流工程では中国などの人件費の安い工場外への外注で開発・製造を行っていることが判明した。

IPAソフトウェアエンジニアリングセンターの田丸氏は「人手がかかるところは外部にアウトソースするケースが多いようだ。事業数で見ると、半数近くの企業が海外へ外注しており、外注先国は中国が最も多くて40%、次いでインドが20%、そのほか欧州や北米が続いている」（図13参照）と指摘しており⁴⁶、すでに半数近くの企業が海外オフショア開発を手掛けていることが判明している⁴⁷。

組込み産業の最上流にある組込み式コンピュータ端末を製造するハードウェア

図13 海外の地域別外部委託先



経済産業省組込みソフトウェア開発力強化推進委員会 [2006] より。

ア・メーカは、開発技術、機密保持、コスト削減を天秤に図りながら、工場内外、国内外に外注を行っている実態が明らかになった。それでもなおかつ、「組込みソフトウェア産業実態調査」が指摘するように組込み式コンピュータ端末の需要拡大に対してソフトウェア開発者が追いついていないどころか不足数は拡大していく現状があり、これはどのように供給されようとしているのであろうか。

第3節 組込みソフトウェア労働の移動と「カイゼン」

3.1 組込みソフトウェア労働者の業界間移動

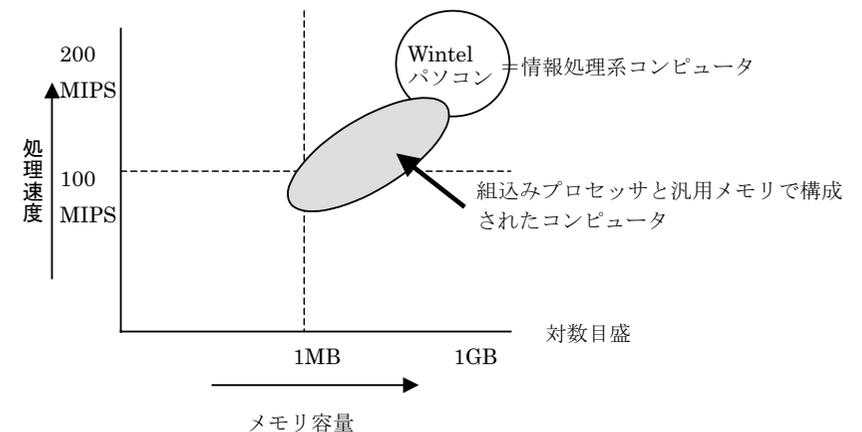
前節で見たように組込みソフトウェア技術者を企業内での移動や関連企業（組込み人材派遣企業）からの派遣があっても、組込みシステムの需要には追いつくことはできずに、技術者の不足は解消しない。行政（経済産業省やIPA）もその認識から技術者の育成を政策的課題とし、「組込みソフトウェア産業実態調査」も2006年から大学や高等専門学校などの教育機関、都道府県などの地方自治体にも調査対象を拡大しながら育成の課題と同時に産業界の求める組込みソフトウェア技術者養成を啓蒙し、若年層からの育成を図っているが⁴⁸、技術者の養成・育成は時間を要する作業である。

第1節、第2節で見たように組込みシステムにおけるソフトウェア需要の拡大は、システム自体の需要の拡大のみならず、システムが複雑化・大規模化することにも要因がある。第3世代携帯電話にしてもデジタルテレビやDVDレコーダなどの情報家電にしても、その性能は情報処理に使われるコンピュータと変わらないものである。

コンピュータ・ハードウェアの登場とともに von Neumann によるプログラム内蔵方式によって、コンピュータに対する命令の列は論理化・数値化され計算機内部の記憶装置に記憶されるようになった。プログラムの表現は電子回路に対する形式論理的な操作であるが、これを言語形式で表現したものがマシン語であり、これによって組まれたオブジェクト・プログラム（オブジェクト・コー

ド）に対して、人間にもっとわかりやすい言語＝プログラミング言語が開発され、プログラミング言語によって書かれたものがソース・プログラム（ソース・コード）と呼ばれるようになった。プログラムで何万行と数えられるのはこのソース・コードの行数である。これらのプログラム言語によって様々なプログラム＝ソフトウェアが開発され、情報処理系のコンピュータの応用分野を広げ、その市場の拡大に貢献していったのである。これらのソフトウェアは当初はハードウェアのサービスの要素が強く、販売もコンピュータ・ハードウェアと一括されていた⁴⁹。それが、ソフトウェアの応用分野の広がりや、IBM に対する独占禁止法訴訟と IBM のアンバンドリング（価格分離）政策⁵⁰などによってこれまでのコンピュータ・システム全体のレンタル価格体系が、ユーザには内訳が不明だったのに対し、OS も含めて、それぞれ別立ての料金体系として分離したものであった。ここにソフトウェアはコンピュータ・ハードウェアに付随するものではなく、それ自身が価値＝価格をもつ独自の商品として自立し、情報処理ソフトウェアを製造する産業＝情報サービス産業も産業として確立・

図14 コンピュータのメモリ容量と処理速度による分類

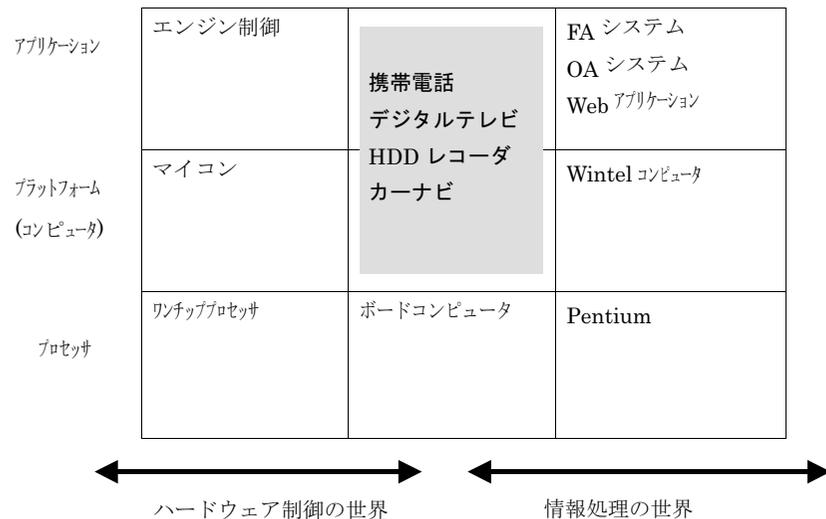


NEC システムインテグレーター・根木勝彦氏への取材
(トロンショー2007:東京国際フォーラム)より作成。

発達していくことになる。

これに対して組込みシステムは組込み式コンピュータ＝マイクロプロセッサを組み込む「モノ」づくり産業＝自動車産業や家電産業に付随して発達してきたものであり、産業分野としても確立したものでなかった。それがここ数年の組込み式コンピュータ端末の高機能化・高性能化によって、プロセッサ自体も情報処理系のコンピュータに近づき（図14参照）、また組込みソフトウェア開発規模の増大によって、その応用分野や開発自体も情報処理系のソフトウェアに近接したものになってきている（図15参照）。

図15 組込み式コンピュータと情報処理系コンピュータの範囲



NEC システムインテグレーター・根木勝彦氏への取材
(トロンショー2007：東京国際フォーラム) より作成。

その結果、高度な組込みソフトウェア開発への需要は、高度な情報処理ソフトウェア開発者の需要につながるようになる。IPA ソフトウェア・エンジニアリング・センターによれば既に情報処理系から組込み分野へのソフトウェア技術者の移動が起こっており⁵¹、これらの技術者がより高品質な組込みソフトウェアを開発するために必要なスキルなどを網羅した「組込みスキル標準 (ETSS)」を

2005年から発表している。また Linux 分野でも、日本エンベデッド・リナックス・コンソーシアム (Emblix) が2007年から組込み Linux 技術者スキルの認定制度を開始することを明らかにしている。これらの認定制度は組込みソフトウェア技術者のキャリア形成を支援し、関連する教育・訓練機関の活動を促進するとともに情報処理系のソフトウェア技術者からの参入を円滑化することを目的にしている。

前節で見たシャープの東広島工場では、イ、ソフトのように組込みソフトウェア開発を専門とした下請企業＝人材派遣業の他に、一般の情報処理系の情報サービス産業も人材を派遣している。島根県からも情報処理系の企業から1～2人程度（1人当たりの派遣単価＝1人月が70万～80万円）、県単位で数十人の単位でこの工場にソフトウェア技術者を派遣しており、その集合が1200名中900名（75%）のソフトウェア派遣労働者の実態であり、情報処理系から組込み系に、地域から都市に、ソフトウェア労働者の大移動が起こっているのである⁵²。

3.2 組込みソフトウェアの標準化と競争

組込みソフトウェア開発において開発の効率化を図るのであれば、開発環境の標準化に向かうことになる。組込みソフトウェア開発者の需要の増大、情報処理系から組込みソフトウェアへの技術者の移動は、ソフトウェア労働者の労働市場を流動化させているが、組込みソフトウェア技術の標準化が進むならば労働力の流動化はより加速することになる。

自動車業界では増大し続ける電装部品の制御ソフトを共通化するために2004年に主要な自動車メーカー、部品メーカーが共同で JasPar (Japan Automobile Software Platform Architecture) を立ち上げ、OS やミドルウェアなどシステムの土台となる基盤の共通化を進めている（図16参照）。これらのシステムを構成するソフトウェアを標準化、部品化し、再利用できる環境を構築するのが狙いである⁵³。

その一方でトヨタ自動車は次世代の OS の標準化を独自に進めている。名古屋大学と共同で開発しているプロジェクトでは情報系の OS では Linux をベースに

図16 車載システムと標準化の考え方



JasPar 資料 (<https://www.jaspar.jp/>) より。

開発し、リアルタイムが求められる制御系の OS には TRON (ITRON) を採用する方向である。また、第1節で見たように携帯電話の OS においても Microsoft、欧州の Symbian、そして TRON の各陣営で激しい競争と協調が行われており、各製造メーカーもそれぞれ標準化を目指しながらも業界全体としては規格の統一化は進んでいない。ソフトウェアの基盤となる OS 自体がこの状況であるため、ミドルウェアやアプリケーションの部分では独自開発が進んでいるのである。まさに「企業相互間の関係は競争、協調、長期的継続的な取引関係」まで絶えず変化しながら展開しているのである⁵⁴。

また、組込みソフトウェアを供給するメーカー＝情報サービス産業の側でもソフトウェアの実装部分は各社のノウハウが詰まっている部分であり、他社との差別化によって競争力を保っている部分でもある。一方で、標準化は市場の拡大、すなわち系列親企業以外のメーカーにもソフトウェアを供給できる機会を（中国やインドとの厳しい競争をとめないながら）拡大するものでもある。実際には OS などの基盤部分の標準化がトヨタ自動車などの各系列の頂点にあるメーカーごとに進み、ソフトウェア供給側は系列の仕事を優先させながら、海外も含めた他社への取引のために異なる仕様の製品を製造することになり、ソフトウェ

ア技術者への需要をより拡大することになる。

3.3 組込みソフトウェア開発の「カイゼン」と労働者の組込み

ソフトウェア開発の標準化が進めば市場はより競争的になり、労働力市場の流動化が進み、ただでさえ下請けや派遣の現状にあるソフトウェア労働者の流動化をさらに進めることになる。一方、この標準化が日本の産業構造に特徴的な系列ごとに進むのであれば、人材の不足はより深刻なものになる。人材の不足は企業にとってコスト増加につながるだけでなく、製品の品質維持を困難なものにする。トヨタ自動車に代表される日本の製造業は絶えざる「カイゼン」によってこれを補ってきた。第1節で見たように組込みソフトウェア開発の産物である IC タグの技術は流通過程、生産過程に導入され「電子かんばん方式」として生産的労働の時間単位での管理強化＝「カイゼン」を進めている。そしてその「カイゼン」は組込みソフトウェア開発自体でも推し進められることになる。

ハイブリッドカーに代表されるように製品における組込みシステム、組込みソフトウェア開発の部分が増大すれば、製品の品質もソフトウェア部分に負うことになる。ソフトウェアの障害によるトラブルも絶えない⁵⁵。そこで、特に品質が求められる自動車産業では、品質を高める検証や下請け先への監査など製造で培ってきた「カイゼン」の取組を、ソフトウェア工学の手法を取り入れながらソフトウェアの製造工程にも応用している⁵⁶。

ソフトウェア工学が、ソフトウェア技術者＝プログラマの労働の成果物である目に見えないソフトウェア商品の機能や品質を計るものとして成立・発展してきた一方、プログラマの作業が時間単位で計られ、プログラマの管理が人月管理から人時間管理へと進んできたことは野田 [2006] でも指摘したが⁵⁷、その「モノ」づくりにおける「カイゼン」を応用させるために、ソフトウェア生産工程の「見える化」の取組が進んでいる。本稿でもたびたび取上げている情報処理推進機構 (IPA) ソフトウェアエンジニアリングセンター (SEC) では目に見えないソフトウェアの生産工程の、「スケジュール」「コスト」「品質」「開発作

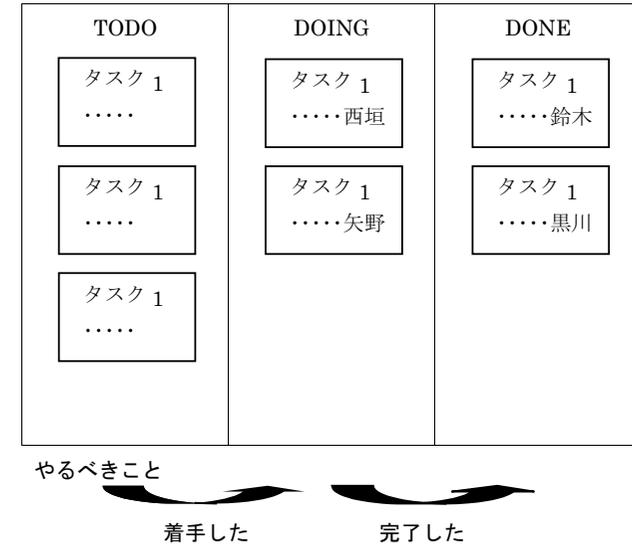
業」などの工程からデータを収集し「見える化」する手法を開発している。ここではプロジェクト全体を「見える化」するだけでなく、プロジェクトの遂行を阻害する根本問題を指摘する「言える化」、そこで明らかになった問題を改善する「直せる化」といった3つの視点でプロジェクトに全体の「カイゼン」にあたらせようとするものである⁵⁸。

このソフトウェア生産工程の「カイゼン」にユビキタスネットワーク＝ICタグを導入するとともに組込みソフトウェア開発の効率化にも「先進的」に取り組む NEC ソフトウェアでは特にこのソフトウェア開発における「見える化」に積極的に取り組んでいる。NEC ソフトウェア北陸 第三ソリューション事業部では「見える化」を

- ① 毎朝チームで「昨日やったこと」、「今日やること」、「問題点」を手短かに報告し合うミーティングを実施し（「朝会（あさかい）」と呼ぶ）、作業状況を「見える化」。
- ② また、プロジェクトにおける作業を記載した付箋紙（タスク・カード）を“To Do”、“Doing”、“Done”に分けてホワイトボードに貼り付け、プロジェクトの進捗状況を「見える化」。
- ③ 開発者が毎日退社する際に、そのときの気分に合った色のシールを貼るための一覧表を用意し、チームの雰囲気「見える化」。
- ④ さらに、週ごとに「継続して実施すること（Keep）」、「問題点（Problem）」、「新たに取り組むこと（Try）」を確認する機会を設け（「KPT（ケプト）ふりかえり」と呼ぶ）、問題点を「見える化」。

と「見える化」を進めていった⁵⁹。②のホワイトボードは「ソフトウェアかんばん」（図17参照）と呼ばれ、作業の進み具合に応じて、タスクカードを右側に移動させていくことにより、誰の目から見ても進捗が「見える」ようになり、すべてのタスクカードが DONE のレーンに移動すれば、作業は完了となる仕組みである。また、③の一覧は「ニコニコ・カレンダー」（図18参照）と呼ばれ、これによってチーム全体の状態が読取られ、「悪い状態」が長続きしないような「カイゼン」が図られることになる。

図17 ソフトウェアかんばん



藤田他 [2006] より。

図18 ニコニコ・カレンダー

12月	4日	5日	6日	7日	8日		11日	12日	13日
西垣さん	●	●	●	●	○		○	○	○
矢野さん	●	●	○	○	○		○	○	○
鈴木さん	○	○	●	○	○		○	○	○
黒川さん	○	●	●	○	○		○	○	○

NEC ソフトウェア北陸の例では、ハッピーな気分なら黄色（図は白丸）、アンハッピーな気分なら青色（図は黒丸）、普通なら赤色のシール（図は斜線）を貼ることを基本とし、後はチームごとにアイデアを盛り込んでカスタマイズしたという。

藤田他 [2006] より。

この取り組み結果、進捗状況や問題点が把握しやすくなり、チームで協力して作業を進めることが増えるなど、チームとしての一体感が強まったと言われる⁶⁰。

まさに製造業で進められている「カイゼン」の取り組みをソフトウェア開発工

程で進め、また「ソフトウェアかんぱん」に見られるように、親企業と下請けとの関係を、企業内における設計と開発、上流工程と下流工程の関係にあてはめることであり、この工程に併行して進むソフトウェア技術者の「移動」をトヨタ型の生産システムに「組込む」ことに他ならない。そして、今後組み込まれる労働者はトヨタ型の生産システムとは無縁な情報処理系の技術者が増大してくるのであるなら、そのミスマッチが労働者自身の肩に押し掛かってくることを意味するのである⁶¹。

おわりに

1990年代、日本の「トヨタ型生産方式」を導入しこれを「シリコンバレー」で開発されたITによって強化したアメリカの製造業、特にGMに代表されるような自動車産業は90年代のアメリカ経済の「復活」の象徴であった。ITによって強化されたeGMが進める世界的な電子商取引市場「COVICINT」は日本の自動車メーカーさえも巻き込んだ。しかしながら部品調達の完全な市場化は製造業の品質を維持することができずに2000年代に入って「自動化」（「にんべん」のついた自動化）による「かんぱん方式」を掲げたトヨタ自動車の復活によって世界市場においてトップの座から下ろされることになる。IT革命は90年代のアメリカにおける「ニュー・エコノミー」を生み出したが、ITの生産過程への適応においては日本の製造業の「勝利」であったと言えよう。この製造業における「電子かんぱん方式」を支えるのは製造業の労働者と下請け企業に対する不漸の「カイゼン」の要求であり、本稿で見たように製造品における組込みシステムの開発比率が高まるにつれて、「カイゼン」の要求は組込みソフトウェア労働者や下請け情報サービス企業へ強められる。特に、派遣ソフトウェア企業や派遣ソフトウェア労働者に対しての「カイゼン」の要求が最も強められるのである。これが日本における「情報資本主義」段階を特徴づけるユビキタスネットワークの連鎖に他ならない。

一方、アメリカの「ニュー・エコノミー」は2000年のITバブルの崩壊を経た

後に、Web2.0に代表される新しい技術、新しいサービスをその成長の土台としようとしている。GoogleやWikipediaに代表される膨大な個の情報を集積した「参加型」のビジネスやサービスは、同様のスタイルを持つ開発スタイル、すなわちオープン・ソースの開発スタイルによって支えられており、情報サービス産業における高い生産性を生み出している。しかしながら、製造業の「勝利」、「モノ」づくりの「優位性」に酔いしれ、さらに市場の拡大を進める日本の産業はこの分野の労働者に、「かんぱん方式」とは無縁なオープン・スタイルの技術者にまで触手を伸ばしているのである。マクロレベルで進行している日米間の資本主義経済の「情報資本主義」への移行が、ミクロレベルではそのリソースである、資本主義経済を支えている労働者の争奪として進行しており、その中で短期間で消費されてしまう労働者の実態がある。

【脚注】

- 1 野口 [2002] 参照。「IT革命は産業革命に匹敵する生産様式の革命であり、それに媒介されたポスト産業資本主義がIT資本主義である」とする野口氏によるとIT革命は市場原理主義とネットワーク主義の2つのシナリオに分かれ、前者ではインターネット上の電子商取引は新たなグローバル競争市場ととらえられ、一方後者では市場の量的拡大より質的拡大、流動化・パーソナル化とされ、1990年代に入り後者の戦略的パートナーシップに基づくネットワークの時代になったとされる。
- 2 Linuxに代表されるオープンソース・ソフトウェア（OSS）や、これによる新たなソフトウェアやシステムの開発はインターネットも利用して自主的に参加する人材が集まり、自由に利用できるソース・コードと、迅速な対応が可能となる。また統一した規格や標準化もオープンな場で議論し、決めることが可能である。これ自体Web2.0的な開発スタイルであるが、Web2.0のシステム自体にも多くのオープンソース・ソフトウェアが利用されている。詳細は野田 [2006] 参照。
- 3 総務省 [2006] 参照。
- 4 アマゾンに注文した書籍が瞬時に消費者の下に配送される背景には「1分3冊」のノルマで広大なスペースを走り回り、指示された本を探し出して抜き出す時給900円のアルバイトの存在がある（横田 [2005] 参照）。
- 5 藤本 [2002] 参照。
- 6 野田 [2005] 参照。デンソーの大安製作所（三重県いなべ市）ではエアバッグやブレーキの部品が入った箱に米粒ほどの大きさのICタグ（電子荷札）が付いており、いつ、どの機械で加工し、どんな検査をしたかなど品質に絡む情報が書き込まれていく。不具合が生じても、問題の在りかは一目りょう然で、すぐにラインを止めてカイゼンに入れる仕組みになっている。

- 7 2006年11月7日 NEC パーソナルプロダクツ米沢工場にて取材・ヒアリング。米沢工場ではもともとトヨタ生産方式を指導した岩城宏一氏を指導者として招いて「カイゼン」を進めており、ノートパソコンの生産ラインであるセルの最適化＝短縮化を図っていたが（従来17メートル11人だったものを7.5メートル6人に短縮）、この「RFID かんばん」導入によってセルは3人に短縮されていた。同じノートパソコンの国内生産拠点として有名な富士通の斐川工場がセル6人の体制で生産を行っているのと対照的であった。「米沢工場はITソリューションを進める NEC グループのショーウィンドウとしての役割を持つ」（NEC パーソナルプロダクツ IT 戦略部・須田マネージャー談）とのことであった。
- 8 2000年に生産に5日、物流に2日、合計で7日かかったものが、RF-ID カード導入後の2005年の段階では生産に0～2日（0日は需要シミュレーションによる）、物流に1日、合計1～3日のリードタイムになっている。
- 9 日立情報システムズによって2006年6月に開発された「Chipin/Metal」、トロンショー2007（2006年12月5日～7日）にも出展された。金づちでたたいても風雨にさらされても壊れにくいステンレスでできた無線 IC タグ。金属で IC タグを封止すれば、電波や電磁波が通らなくなり通信できなくなるが、日立情報システムズは発想を転換し、封止に使う金属自体を IC タグのアンテナとして機能させることにした。
- 10 トロンプロジェクトが進める ucode（ユビキタスコード）のことで、基本コードが128ビット、約340,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000個（ 3.4×10^{38} 乗個=3.4億×1000兆×1000兆個）の番号をつけることができる。
- 11 トロンショー2007（東京国際フォーラム：2006年12月5日～7日）では青森県産のリンゴに u-code を印字し、市場、卸売、量販店に至るまで食味と内部改変への影響を調べ、適期適正出荷を分析する取組が紹介されていた。
- 12 富士通斐川工場ではセルごとの目標値に対して実績値が電光表示される仕組みであったが、NEC 米沢工場では個人単位で各工程の進捗状況が大型ディスプレイ表示されるだけでなく、生産管理において集計されデータ化される仕組みにまで「カイゼン」されていた。
- 13 野村総合研究所 [2000] 参照。
- 14 総務省 [2005]、「情報通信機器、情報通信技術の日本の優位性」参照。
- 15 TRON は組み込み制御用のコンピュータの OS だけでなく、コンピュータのハードウェアの規格や IC カード、非接触認証などの規格からコンピュータの人間の間のインターフェースデザインまで含めた標準化とオープン化の取り組みになっている。そのため TRON プロジェクトは、MTRON（TRON プロジェクトの目標とする分散コンピューティング環境）、ITRON（組み込みシステム向けのリアルタイム OS）、BTRON（パソコン向けの OS）、eTRON（セキュリティ規格を定めたもの、IC カード、非接触認証などの規格）などの互いに連携する多くのサブプロジェクトによって構成されている
- 16 総務省 [2006] 参照。白書では「近年、情報通信技術の利用は、企業等だけではなく、一般利用者の生活領域にまで広く浸透している。例えば、携帯電話を使ったオークションへの出品、ブロードバンドによる映像コンテンツの視聴、ブログ・SNS 等を利用した自由活発な情報発信による社会に対する一定の影響力の行使等は、これまでの利用形態の延長上にはない新しいタイプの利用形態であり、ライフスタイルの変化を伴うものである。そして、このようなライフスタイルの変化から、新しい市場や雇用が生じる一方、旧来の市場は縮小、あるいは変容し、企業等はこれに対応しなければなら

- い。ユビキタスネットワークの進展により生じる社会経済の特質を表すものとして、「ユビキタスエコノミー」という用語をあえて使う意義はこの点にある。」（総論より）として「ユビキタスエコノミー」の概念が登場している。
- 17 トヨタ自動車は車体からマイクロプロセッサまで、ハードウェアからソフトウェアまでをグループ内で「内生化」し、ソフトウェア技術者もグループ内で1万人以上を抱え、さらに2010年までに約8000人を増員する計画である（トヨタ自動車渡部社長談、2006年5月経営説明会にて）。
- 18 経済産業省組込みソフトウェア開発力強化推進委員会 [2006]。国内の組込みシステム開発に関わるハードウェア・メーカからソフトウェア・メーカまで（①情報家電機器や携帯機器、自動車や産業機器等の組込みソフトウェアが搭載された機器（組込み機器）を開発する企業・事業、②組込み機器に搭載されるソフトウェア（組込みソフトウェア/OS/ミドルウェア等）を開発・提供する企業・事業、③組込み機器の開発に利用されるツール/開発環境を開発・提供する企業・事業、④上記企業・事業に対する受託開発サービス、コンサルティングサービス、人材派遣サービス等を提供する企業・事業、⑤組込みソフトウェアや組込みシステム関連の教育・研修等を提供する組織、企業・事業）アンケート調査を行い（調査期間2006年1月～3月、有効回答数：324社）、その集計結果から市場動向を推計したもの。
- 19 経済産業省組込みソフトウェア開発力強化推進委員会 [2004]～[2006] 参照。
- 20 経済産業省 [2004]～[2006] 参照。なお「組込みソフトウェア産業実態調査報告書」では組込みソフトウェアに関連する産業は製造業（一般機械器具製造業、電気機械器具製造業、情報通信機械器具製造業電子部品・デバイス製造業、輸送用機械器具製造業、精密機械器具製造業、その他の製造業）と情報通信業（情報サービス業）を対象としており、経済産業省「特定サービス産業実態調査」の「情報サービス業」には組込み機器メーカからソフトウェア産業に外注された組込みソフトウェア開発が含まれているので、それぞれ重なっている部分とそうでない部分がある。
- 21 ミック経済研究所 [2006] 参照。調査はエンベデッドシステム関連ベンダー102社を対象として面接取材を中心にアンケート調査、電話取材の実施によって行い、全体を積み上げ市場全体を推定したものになっている。
- 22 富士経済大阪マーケティング本部 [2005] 参照。
- 23 経済産業省組込みソフトウェア開発力強化推進委員会 [2006] 参照。
- 24 また、2003年に日本の家電メーカを中心に携帯電話と情報家電端末向けの Linux を標準化しようとする CELF（CE Linux Forum）というコンソーシアムが設立された一方、携帯電話の Linux OS を標準化しようとする2005年11月には通信機器メーカー、半導体メーカー、ソフトウェア企業などを中心に Linux Phone Standards Forum（LiPS）コンソーシアムが設立され、標準化を通じて携帯電話などのモバイル機器への組込み Linux OS の普及を図っている。
- 25 モンタピスタソフトウェアジャパン・有馬仁志社長インタビュー（『日経エレクトロニクス』2005年7月20日付け記事）より。
- 26 世界的には高機能形態端末向け OS の市場シェアは Symbian OS が70.4%を占め、Linux は19.7%に止まっている（『日経エレクトロニクス』2006年6月13日付記事より）。
- 27 T-Engine には携帯型情報機器などの画面制御などの開発環境である標準 T-Engine の他、家電機器や計測機器向けの μ T-Engine、照明機器などの制御の n T-Engine、そして無線ネットワーク経由での超小型端末のための p T-Engine の4つのプラットフォームが

- ある。
- 28 2003年3月にはT-Engine上にMontaVista Linuxを「T-Linux」として移植するプロジェクトを進めた。
- 29 2003年9月にはT-Engine上で動作するWindowsCEが登場し、同じ組込み機器で高いリアルタイム性が要求される部分にT-Kernelを使い、使い勝手が要求される操作画面などにWindowsCEを使う方向で開発が進んでいる。
- 30 トロンショー2007（東京国際フォーラム：2006年12月5日～7日）での取材・ヒアリングより。
- 31 経済産業省組込みソフトウェア開発力強化推進委員会 [2004]～[2006] 参照。
- 32 2006年秋に発売されたトヨタ自動車の最高級車「レクサスLS460」のマイクロプロセッサユニットは100個になりプログラムは実に700万行に達した。
- 33 NECソフトウェア事業企画室「NECの組込みソリューションへの取り組み強化について」<http://www.nec.co.jp/press/ja/0501/2101.html> などより。
- 34 JasPar（Japan Automobile Software Platform Architecture）資料 <http://www.jaspar.jp/> より。
- 35 経済産業省組込みソフトウェア開発力強化推進委員会 [2005] より。
- 36 経済産業省組込みソフトウェア開発力強化推進委員会 [2004]～[2006] 参照。各年の調査は各年1～3月にかけて経営者および事業者に対するアンケート調査によって行い集計から推計しているため、技術者および不足人数に関しては各年の前年の値として比較した。
- 37 組込みソフトウェア開発力強化推進委員会活動報 <https://sec.ipa.go.jp/download/200504eb.php> 参照。
- 38 ミック経済研究所 [2006] 参照。
- 39 財団法人しまね産業振興財団ものづくりセミナー「組込みソフトウェア」とは何？（2006年11月13日、テクノアークしまね）の田丸氏講演、およびヒアリングより。
- 40 野田 [2006] 参照。
- 41 松尾谷 [2006] 参照。
- 42 ミック経済研究所 [2006] 参照。
- 43 経済産業省 [2006] 参照。情報サービス産業の年間営業費用に占める給与支給総額が26.9%、外注費が32.4%となっている。
- 44 <http://www.hhcci.or.jp/databank/data/102392.html> 参照。
- 45 イ・ソフト株式会社 (<http://e-soft.co.jp>)。2000年にシャープの役員であった佐藤氏によって設立され、主にシャープの携帯電話の組込ソフトを中心に事業を展開している。従業員は100人、年商13億円。ヒアリングは2006年12月27日にシャープ東広島工場にて実施。
- 46 特にインドのソフトウェア企業の伸張は目覚しく、Mind Tree Consulting Pvt. Ltd. 社 (<http://www.mindtree.com>) や、ExitSoft Technologies Pvt. Ltd. 社 (<http://www.exitsoft.com>) など組込みソフトウェア開発に資源を集中している企業も多く、Ontrack System Ltd. 社 (<http://www.ontrackindia.com>) のように日本からの開発委託を請け負っている企業もある（BCN 2006年10月23日参照）。
- 47 経済産業省組込みソフトウェア開発力強化推進委員会 [2006] および田丸氏講演より。
- 48 例えば新潟県では「にいがた産業創造機構」(<http://www.nico.or.jp/>) が中心となってデジタルカメラや携帯電話、自動車に搭載する組込みソフトウェア開発の人材を育成

- するために2005年5月からは長岡高専と協力した人材育成を始めた。入社1、2年目の技術者向けにプログラミングの基礎から学ぶ「入門」、実際に組み込みソフトの開発に携わった経験がある技術者を想定した「基礎」、プロジェクトを適切に遂行できる技術者を育成する「実践」の3コースに分かれている。このような教育機関と連携した取組が「先進事例」となって、今後各地域で展開されることになる。
- 49 IBMはコンピュータの販売方式においてレンタル/リース方式を採用し、コンピュータのハードウェアだけでなくOSを含むソフトウェア、さらにフィールドサポート、システムコンサルティング、ユーザ教育等コンピュータを利用するために必要なサービスを包括的にレンタル価格に含めていた。しかしながらソフトウェアを含めてそれぞれの価格が明確になっていたわけではない。包括レンタル価格方式によってソフトウェアまで含めた固定資本の参入障壁を高めることによってIBMの寡占化にますます拍車をかけたのである。
- 50 アメリカ司法省は1969年にIBMによる包括レンタル方式を反トラスト法（独占禁止法）違反であるとして公正取引委員会に提訴した。IBMはただちに和解（事実上の敗訴）し、一方的にアンバンドリング（価格分離）政策を発表する。
- 51 IPAソフトウェア・エンジニアリング・センター・鶴峰征城所長談（@IT：『組込み版ITSS』策定でエンジニアが大移動」 <http://www.atmarkit.co.jp/news/200410/26/sec.html> より。）
- 52 イ・ソフトでのヒアリングでは設計や機密の問題のため地方に仕事を分割することは現状では難しいとのことであったが、地方からグループ単位（5～10人）の派遣があるとチームリーダーも任せられるし、個人単位では短期間でも組織的にローテーションを組むことによって経験と信頼を蓄積でき、将来的には仕事を分割して請け負える可能性もあるとのことであった。一方、派遣側の企業からは複数の技術者を派遣しても全く異なる部署に回され、同じ企業から派遣した技術者がお互い何を開発しているのかもわからない現状があり、とても設計やリーダーまでまかせてもらえるような状況ではないとのことであり（松江市の情報サービス企業などでヒアリング）、双方の説明が食い違っていた。
- 53 もともと自動車の電装品は日本では国産OS、TRONが中心であったが、現在は欧州メーカーが策定したOSEKが標準になっている。トヨタをはじめ日本メーカーは現在ではOSEKに切り替えている。
- 54 すでに次世代の車載ネットワークの通信規格「フレックスレイ」では通信速度などをめぐって日欧で規格をめぐる競争が行われている。
- 55 代表的なのが2005年に起こったトヨタのハイブリッドカーのプリウスが走行中にエンジンが突然停止するトラブル。この問題についてトヨタは2005年2月までに販売された現行モデル約16万台に対し無料で「改良」して対処した。携帯電話やデジタルテレビなど、ソフトウェアの不具合によるシステム障害の事例をあげれば枚挙にいとまがない。
- 56 トヨタ自動車の渡辺社長はソフトウェア開発における品質管理だけでなく「設計思想にまで踏み込みECUの統合化を進め、四つの標準機能群にまとめていく」（2006年5月、経営者説明会にて）としており、トヨタ自動車独自の「標準化」によってソフトウェアの開発効率をあげ、競争条件を整備していこうとしている。
- 57 ソフトウェア工学自体は、プログラマの労働の成果物である目に見えないソフトウェア商品の機能や品質を計るものとして成立・発展してきたが、これを定量化しようと

する場合、プログラマの能力を計量する必要が生じ、その能力の差異と標準化はプログラム開発工程の時間数で計られることになる。プログラマの作業はコンピュータ上で行われるため、その作業時間、コーディングなどのプログラミング作成作業、動作確認（テスト）、不具合の修正（デバッグ）などにかけた時間はコンピュータ上に秒単位で記録され、プログラマごとに日々算出されることになる。プログラマがソフトウェア開発のためにコンピュータで行った作業はすべてコンピュータに記録されるのである。そして、プログラマの能力ごとに時間単価が決められ、ソフトウェアの価値はソフトウェア生産にあたるプログラマの時間単価×総時間数の総和で算出されることになる（野田 [2006] 参照）。

- 58 情報処理推進機構（IPA）ソフトウェア・エンジニアリング・センター [2006] 参照。
 59 藤田他 [2006] 参照。
 60 藤田他 [2006] 参照。
 61 実際にもシャープ東広島市の携帯電話組込みソフトウェア「工場」に島根県の情報処理系ソフトウェアハウスから派遣された技術者は、その製造業的開発スタイルへの「組込み」の中で体調を壊したり、仕事をやめたりするケースが多い。一方「工場」の側ではこのようなケースで排出された労働力をまた次の派遣企業からの供給によってまかない、組込みソフトウェア技術者の「消費」を続けている。そのため工場内の労働力の大部分（約80%）は25歳から35歳の労働者で常に占められている状態になっているのである。

【参考文献】

- O'reilly Media [2005] “What Is Web2.0”
<http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html>
 梅澤 隆 [2000]、『情報サービス産業の人的資源管理』、ミネルヴァ書房。
 北村洋基 [2003]、『情報資本主義論』、大月書店。
 経済産業省組込みソフトウェア開発力強化推進委員会 [2004]、『2004年版組込みソフトウェア産業実態調査報告書』
<https://sec.ipa.go.jp/download/files//report/200406/es04r002.pdf>
 経済産業省組込みソフトウェア開発力強化推進委員会 [2005]、『2005年版組込みソフトウェア産業実態調査報告書』
<https://sec.ipa.go.jp/download/files//report/200506/es05r001.pdf>
 経済産業省組込みソフトウェア開発力強化推進委員会 [2006]、『2006年版組込みソフトウェア産業実態調査報告書』
<https://sec.ipa.go.jp/download/files//report/200606/es06r001.pdf>
 経済産業省 [2006]、『平成17年度 特定サービス産業実態調査（確報）』
<http://www.meti.go.jp/statistics/data/h2v2000j.html>
 坂村 健 [2002]、『21世紀の日本の情報戦略』、岩波書店。
 坂村 健 [2004]、『ユビキタス、TRONに出会うー「どこでもコンピュータ」の時代へ』、NTT出版。
 坂村 健 [2005]、『グローバルスタンダードと国家戦略』、NTT出版。
 佐藤博樹監修・電機総研編 [2001]、『IT時代の雇用システム』、日本評論社。
 情報処理推進機構（IPA）ソフトウェア・エンジニアリング・センター [2006]、『IT

- プロジェクトの「見える化』、日経BP社。
 新堂克徳 [2006]、『ユビキタス ID アーキテクチャーって何ですか?』、『TRONWARE』VOL.98所収、パーソナルメディア社。
 総務省 [2005]、『平成17年度版 情報通信白書』、総務省。
 総務省 [2006]、『平成18年度版 情報通信白書』、総務省。
 独立行政法人情報処理推進機構 ソフトウェア開発・金融推進部 金融推進グループ [2006]、『第28回情報処理産業経営実態調査報告書』、情報処理推進機構。
 根本勝彦 [2006]、『NECグループのT-Engineと活用事例』、『TRONWARE』VOL.98所収、パーソナルメディア社。
 野口 宏 [2002]、『IT資本主義の歴史的位置—生産有機体から生産ネットワークへ—』関西大学総合情報学部紀要『情報研究』第17号、所収
 野田哲夫 [2003]、『資本主義経済におけるSOHOの役割と協同組合への道』、『島根大学法文学部紀要社会システム学科編 経済科学論集』第29号、所収。
 野田哲夫 [2005]、『ユビキタス・ネットワークと「情報資本主義」段階の深化—IT投資としてのユビキタス・ネットワークと日本的「ネットワーク」型企業間関係の完成—』、『島根大学法文学部紀要社会システム学科編 経済科学論集』第31号、所収。
 野田哲夫 [2006]、『ソフトウェア生産のオープン化と地域の情報サービス産業—オープンソース・ソフトウェアによるソフトウェア生産のモジュール化と情報サービス産業の組織のモジュール化のマッチングの可能性—』、『島根大学法文学部紀要社会システム学科編 経済科学論集』第32号、所収。
 野村総合研究所 [2000]、『ユビキタス・ネットワーク』、野村総合研究所。
 富士経済大阪マーケティング本部 [2005]、『エンベデッドシステムマーケット2005』、富士経済。
 藤田国和、稲葉 徹、山口正毅、池上雅雄 [2006]、『ソフトウェア活動における見える化活動』、PFU Technical Review, 第32号所収。
 藤本隆宏 [2002]、『日本型サブライヤー・システムとモジュール化』、青木昌彦編『モジュール化—新しい産業アーキテクチャーの本質』、東洋経済新報社、所収。
 松尾谷徹 [2006]、『現場力を高めるテスト』日経エレクトロニクス・日経バイト共同編集、『組み込みソフトウェア2006』、日経BP社所収。
 ミック経済研究所 [2006]、『エンベデッドシステム・ソリューション市場の現状と展望2006年度版』、ミック経済研究所。
 横田増生 [2005]、『アマゾン・ドット・コムと影—躍進するIT企業—階層化する労働現場』、情報センター出版局。
 由良修二 [2006]、『T-Engineって何ですか? T-Kernelって何ですか?』、『TRONWARE』VOL.98所収、パーソナルメディア社。