

〈論文〉

〈Paper〉

ユビキタス社会における
組込みソフトウェア産業とビジネス動向

Embedded software industry
and the business trend in ubiquitous society

白井晴男

SHIRAI Haruo

上武大学経営情報学部, 〒370-1393 群馬県高崎市新町270-1

Faculty of Management Information Sciences, Jobu University, Takasaki, Gunma, 370-1393, Japan

受付 2007年6月28日

Received 28 June 2007

抄 録

ユビキタス社会とは身の回りの情報機器や道具を使って、いつでも、どこでも、誰とでも、仕事や生活に役立つ情報が得られ、コミュニケーションできる社会といわれる。これを支えている技術環境はネットワークであり、サーバー中のアプリケーション・プログラムであり、また各機器に実装されたシステム LSI (IC) や組み込みソフトウェアである。中でも組み込みソフトウェアは今後ますます発展し進化してゆき、知能の社会的基盤として必須の要素になり、職場や生活に浸透していくであろう。当論文では組み込みソフトウェアのビジネストrendと課題について考察する。

キーワード：ユビキタス社会、組み込みソフトウェア、アプリケーション・プラットフォーム、スキル基準

Abstract

Ubiquitous society is defined as enabling the communication, whenever, wherever, and whoever utilize the useful information for living and working by using personal information tools. Its technical foundation is the information network, application program in server, system LSI and embedded software built various equipments. Above all the embedded software is expected to evolve as the social infrastructure of intelligence and penetrate into all corners of life. This paper studies future prospect and issues on the embedded software.

Key words and phrases: ubiquitous society; embedded software; application platform; skills standard

ユビキタス社会における 組み込みソフトウェア産業とビジネス動向

SHIRAI Haruo

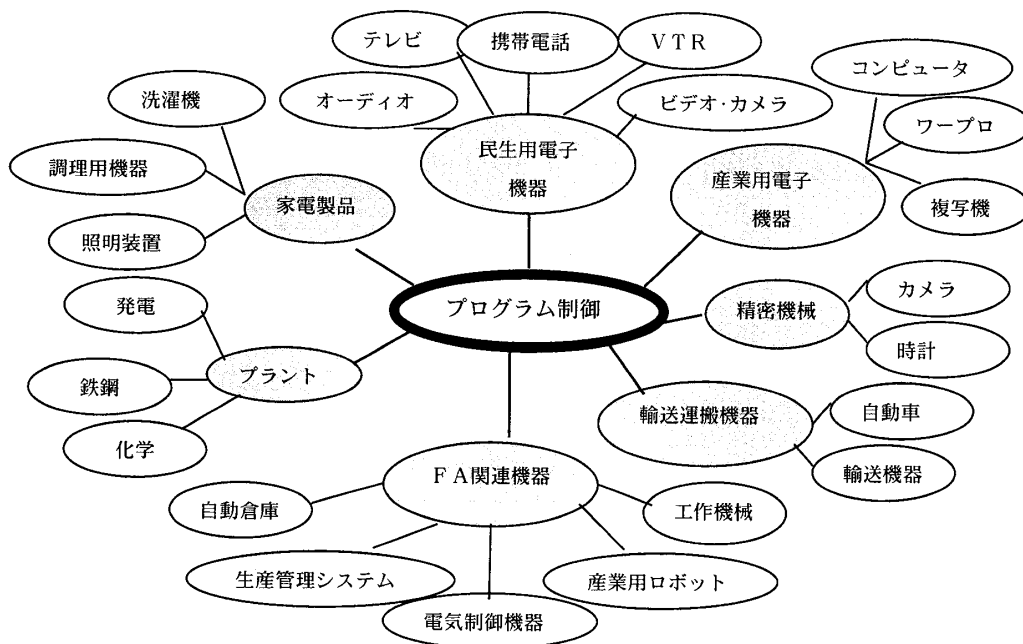
1. はじめに

ユビキタス社会においては、コンピュータは社会や生活の隅々にまで活用されている。身近な家電製品、自動車、携帯電話をはじめ、高性能のOA製品や産業用機器にも、様々なシステム制御機能(プログラム)を持ったソフトウェアが組み込まれている。(図1)

このように各種の産業機器や身近な情報機器の中に組み込まれたソフトウェアを組み込みソフトウェアという。このように組み込みソフトウェアの需要が拡大していく中で、技術者の不足や品質問題など課題も多くなっている。

本研究では、筆者の三俣記念基金研究「産学提携による組み込みソフト開発技術の教育プログラムの開発に関する研究」に基づいた教育用組み込みソフトウェア開発の事例、および経済産業省が実施した組み込みソフトウェア産業の実態調査の報告書「組み込みソフトウェア産業実態調査報告書」、および産業界における人材育成に向けて情報処理推進機構(IPA)ソフトウェア・エンジニアリング・センター(SEC)がまとめた人材育成、品質向上のためのガイドラインである組み込みスキル標準について、組み込みソフトウェア産業の実態と課題を考察する。

(図1)組み込みソフトウェアが用いられている主要分野(出典：特許庁HP)



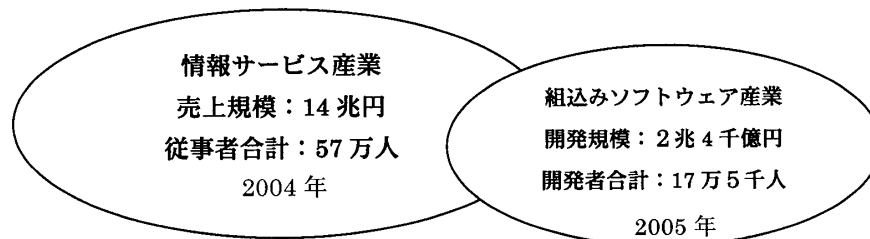
2. 組込みシステムのビジネストレンド

(1) 組込みシステムの普及

経済産業省の「2005年版組込みソフトウェア産業実態調査報告書」⁽³⁾によれば、組込みシステム生産高は、平成14年国内総生産(GDP)約500兆円のうち約1割51兆円で、開発費は5兆9000億円と推定されている。開発費の約41%が組込みソフトウェア開発費であることから、組込みソフトウェア開発規模は2兆4000億円の規模になる。一方組込みソフトウェア技術者は17万5000人で2004年度の15万人に対して17%増加している。

製造業に従事する従業員数は1000万人のうち、組込みシステム関連企業従業員数は480万人と推定され、組込みシステム産業の全産業に占める割合は9.2%、製造業に対する比率は48%に上っている。組込みシステムは製品の形態から、プロセッサやメモリなど、利用可能な資源に強い制約が課せられている条件下で、高信頼性の確保や、即時性の高いリアルタイム制御が求められ、汎用コンピュータシステムとは異なる特徴や要件を持っている。組込みシステムを専門とする技術者の総数は約38万人と推定されている。

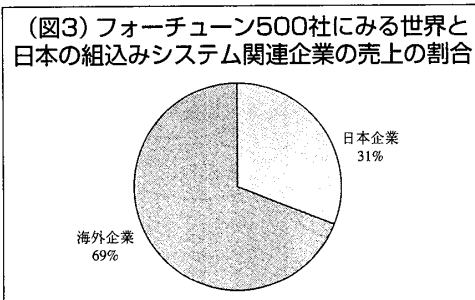
(図2)組込みソフトウェア産業と情報サービス産業



経済産業省「2005年度版組込みソフトウェア産業実態調査報告書」

(2) 組込みソフトウェア産業と日本の強み

組込みソフトウェアは日本の産業で重要なポジションを占めている。特に情報家電などのエレクトロニクス産業、プリンタ・複写機などコンピュータ周辺機器やOA機器、自動車を代表とする輸送機器産業、デジタルカメラなど映像機器、エレベータなどの各種産業機器など、日本の産業で国際的に競争力を持った製品はほとんど組込みシステム機器になっている。これらには組込みソフトウェアとシステムLSIが組み込まれている。



日本の組込み産業の強さをみるために、フォーチュン500社リストから組込みシステム関連企業を抽出すると、500社のうち75社が該当していると推定できる。これら75社の売上合計は2兆7,500億ドルとなっている。フォーチュン500社リストのうちで、組込み関連の日本企業は75社のうち25社となっている。売上規模では日本企業が8,511億ドルとなり、そのシェアは31%を占めている(図3)。

経済産業省「2005年度版組込みソフトウェア産業実態調査報告書」より

一方、パソコンを見るとハードウェアは日本製であるが、ソフトウェアはマイクロソフト社を代表として外国製のソフトウェアを日本語化して使用している。コンピュータに関するソフトウェアは基本的には外国製に依存しているといえる。しかし組込みシステムについてはマイクロプロセッサの大部分が日本製であり、これらに組み込まれているOSはTRONを中心に半数が日本製であり、組み込まれているアプリケーション・ソフトウェアについては大部分が日本製である。(表1)は日本企業が強みを持つ製品群で、これらの製品群には組込みシステムを構成する組込みソフトウェアとシステムLSIを中核技術として搭載しており、次々と新技術を開発し製品に搭載し国際競争力を強化している。

(表1)日本企業が強みを持つ組込みソフトウェア搭載製品の例

製品カテゴリ		組込みソフトウェアが実現する機能
家電機器	冷蔵庫	各区分ごとの温度設定、殺菌、インバータ制御(省電力)
	洗濯機	トルク制御、雑音制御、乾燥度、省電力
	エアコン	風量、温度、方向制御
	電子レンジ	温度、湿度
AV機器	テレビ	薄型・デジタルテレビ、インターネット接続、デジカメ連動、著作権保護
	DVD録再機	DVD/HDD録画・再生機能
	デジタルカメラ	撮影モード、編集機能、感度制御
	ナビゲータ	DVD地図、通信、AV機能
OA機器	デジタル複合機	プリント+FAX+スキャナ融合、ネットワーク、セキュリティ機能
産業機器	エレベータ	速度制御、群管理、コミュニケーション(箱内)
通信機器	携帯電話	インターネット接続、カメラ

経済産業省「2004年度版組込みソフトウェア産業実態調査報告書」より

組込みシステム製品の世界シェアは(表2)の通りで、液晶テレビ、プラズマディスプレイテレビ、デジタルカメラ、DVD製品を中心に日本製の製品の優位性が圧倒的に高い。これらの製品は組込みソフトウェアおよびシステムLSIが搭載されており、これらの製品の比重が高まっており、今後組込みソフトウェアのシステム開発分野が重要性を増しており、ソフトウェア開発の取り組みがますます重要になっていく。

(表2)世界市場における日本企業製品市場シェア(出典：2004年富士カメラ総研)

製 品	世界シェア
液晶テレビ	70%+
プラズマディスプレイテレビ	80%+
DVDレコーダ	90%+
デジタルスチルカメラ	90%+
デジタル複合機	90%+
レーザプリンタエンジン	90%+
インクジェットプリンタ	90%+

(3) 組み込みソフトウェアの要件

組み込みソフトウェアには次の4つの厳しい基本要件⁽⁴⁾を満たす必要がある。

1) 自然界での利用

組み込みソフトウェアはいわゆるコンピュータの中の世界、論理だけで稼動するものではない。風や水などの自然界の現象のなかで利用され、また落雷や地震など突発的な災害に際しても安定的に稼動することが要件となっている機器に組み込みソフトウェアが搭載されている。自然現象を扱う機器への組み込みソフトウェアは論理だけでなく物理的な条件にも稼動するためには、組み込まれるプログラムには高度で難しいロジックが必要になる。

2) リアルタイム制御

搭載される製品仕様により、プログラムが実行する処理で時間的制約がある。製品を操作するとき一定の待ち時間以内に操作しなければ仕事に使用できないリアルタイム制約がある。

3) 組み込み制約

組み込み機器によってはコストを抑えるために必要最低限のハードウェア・リソースしか搭載されていない。メモリ不足やCPUの性能不足が発生するなどの資源の制約の中で、要求仕様を実現するために創意工夫が必要になる。

4) 信頼性

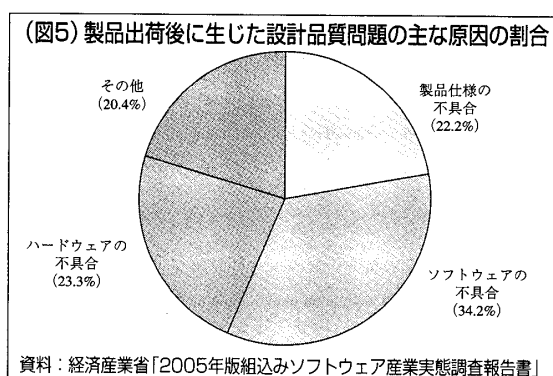
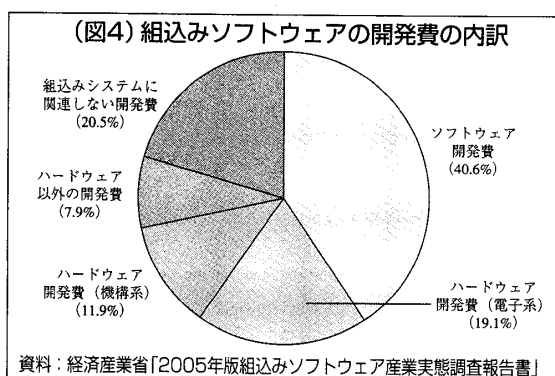
組み込みソフトウェアには高い信頼性が求められる。機器に搭載されたソフトウェアに不具合が生じることによって人命に関することや、製品のリコールに発展する可能性も潜んでいる。リコールの費用や社会的なイメージダウンにより経営の危機を招くようなことにもなる。

(4) 組み込みソフトウェアの重要性

組み込みソフトウェアの開発に携わる技術者は主にハードウェアとソフトウェアに区別さ

れ、組込みシステム技術者約38万人のうち、46.3% 17万5000人が組込みソフトウェア技術として分類される。また、組込みソフトウェアの開発費は、約2兆4000億円にのぼると推定され、(図4)に示す通り組込みシステムの全開発費の半分近く(40.6%)を占めている。

各種機械製品の高性能化、多機能化に伴って、組込みソフトウェアの大規模化・複雑化が急速に進み、その重要性がますます高まっている。同時に製品開発競争の激化によって、開発期間の短縮や低コストへの取り組みが求められ、開発プロジェクトの巨大化や組み込みソフトウェア開発技術者の人材の不足を招いている。また組込みソフトウェアを原因とする製品不具合が高い割合を占め(図5)、品質の向上も重要な課題になっている。



(5) 組込みソフトウェア開発の最近のビジネス事例

組込みソフトウェアの開発形態や人材育成について、最近の記事や事例を次に示す。

<事例：産業界における組込みソフトウェア開発の形態>

オリンパス製品のソフト日本IBMに開発委託

オリンパスはデジタルカメラに組込むソフトウェアの開発業務を、全面的に日本IBMに委託する。開発コストを自社単独で手掛ける場合に比べ、半分程度に抑える。デジタル家電は高機能化に伴いソフトの開発負担が重くなっている。

オリンパスは製品企画やハードの開発に特化して、製品競争力を高める。対象となるのはデジタルカメラのほか、内視鏡などの医療機器を含め、オリンパス製品を内蔵する全ソフト。日本IBMが設計段階からソフト開発に参加する。当初はオリンパスとIBMが共同でソフトを開発し、段階的にIBMが設計比率を引き上げる。デジカメなどデジタル家電でソフトを全面的に外部委託するケースは珍しい。

日本経済新聞2006年11月付より

<事例：中国における産学提携による組込みソフトウェア企業の設立>

横浜にある⑭エルエスアイ開発研究所は当初から組込みソフトウェア開発の技術とノウハウ・実績を持ち、大手家電メーカー(DVDや産業機器など)、オフィス機器メ

ーカー (プリンター製品など)、台湾カーオーディオメーカーなどの機器の組込みソフトウェアの開発を請負ってきたが、人材不足と人材育成の観点から中国の安徽省にある大学と提携し、2005年4月大学周辺に組込みソフトウェア会社を設立し、安徽大学の卒業生10数名を採用し組込みシステム開発の研修を開始した。これには筆者の大学 (上武大学) の卒業生 (中国留学生) が在学中に同社でインターンシップを行い、組込みソフトウェアのプログラミングスキルを習得し、同社に入社して早々横浜と中国をインターネットのスカイプにより中国の新入社員の組込みソフトウェア研修を行っている。

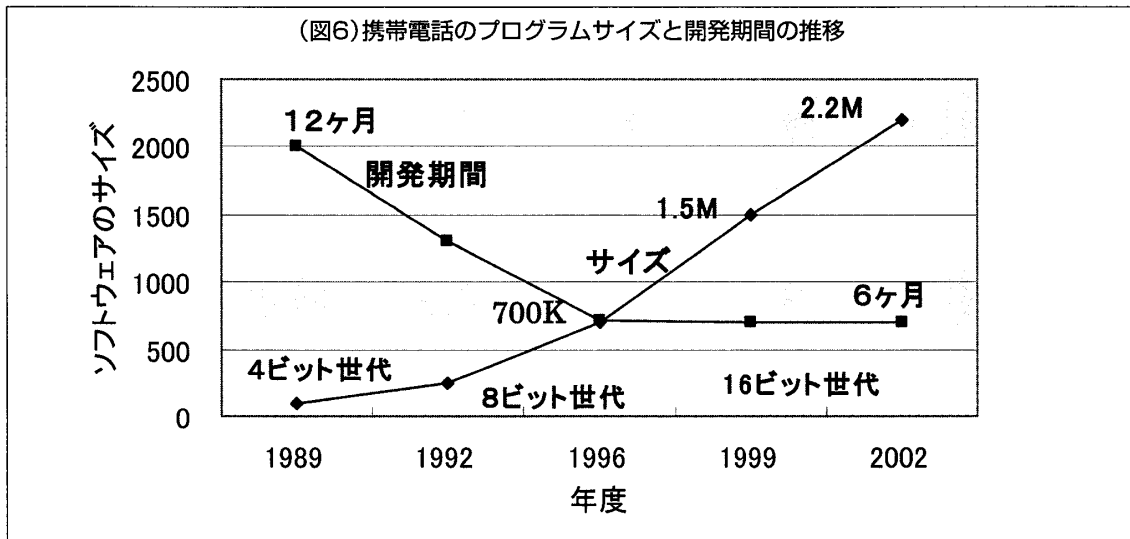
＜デジタル家電高機能化・ソフトウェア技術者不足深刻・負担軽減へ各社関係も＞
 (要旨) 薄型テレビや携帯電話などの高機能化が進む中で、ソフトウェアの開発人員不足が深刻になっている。携帯電話端末の開発コストの7割はソフトウェアで、端末一機種に組み込むプログラム行数は千万行を超え、地方銀行の基幹システム並みになっている。家電業界では国内で開発要員を確保できないので海外 (ベトナムなど) に開発拠点を新設する。組込みソフトウェア開発は、必要な専門技術を持つ人材に限られ、教育にも時間がかかる。組込みソフトの需要に対応するには二十八万人の技術者が必要で現状では十九万人強で、九万人以上足りないといわれる。新製品開発の競争の結果、ソフトが原因となる製品の不具合が急増している。経産省の調べで2006年度発生した電子機器の不具合でソフトが原因だったのは全体で55.3%と2005年の34.2%から大幅にふえている。開発コスト削減のためにNTTドコモはNEC、ルネサステクノロジなどと共同で携帯電話向けの共通基本ソフトの開発に乗り出した。ドコモなどは主要機能部分を基本ソフトとして共通化、メーカーや機種が違って使えるようにする。新たに開発するソフトは独自機能の部分だけで済み、開発作業を大幅に効率化できる。
 日本経済新聞社2007.5.28

3. 組込みソフトウェア産業の実態調査からみた課題

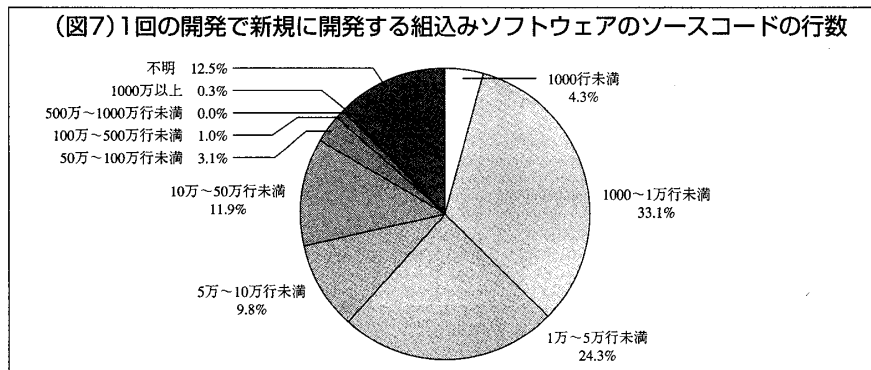
機械製品の高性能化、多機能化によって、組込みソフトウェアの大規模化・複雑化が進んでいる。ソフトウェア・エンジニアリング・センター (SEC) の調査から組込みソフトウェア開発プロジェクトにおいて品質、機能、性能、開発期間、開発費用の各面において当初想定されなかった問題があることを示している。これらの問題は組込みソフトウェア開発のニーズが急速に高まり、その結果、開発を行う技術者の絶対的不足から起因しているようである。

(図6) では携帯電話のプログラムサイズと開発期間の推移を示している。年々開発規模

が拡大する一方で、開発期間の短縮が急速に進んでいるため、さまざまな課題が発生している。



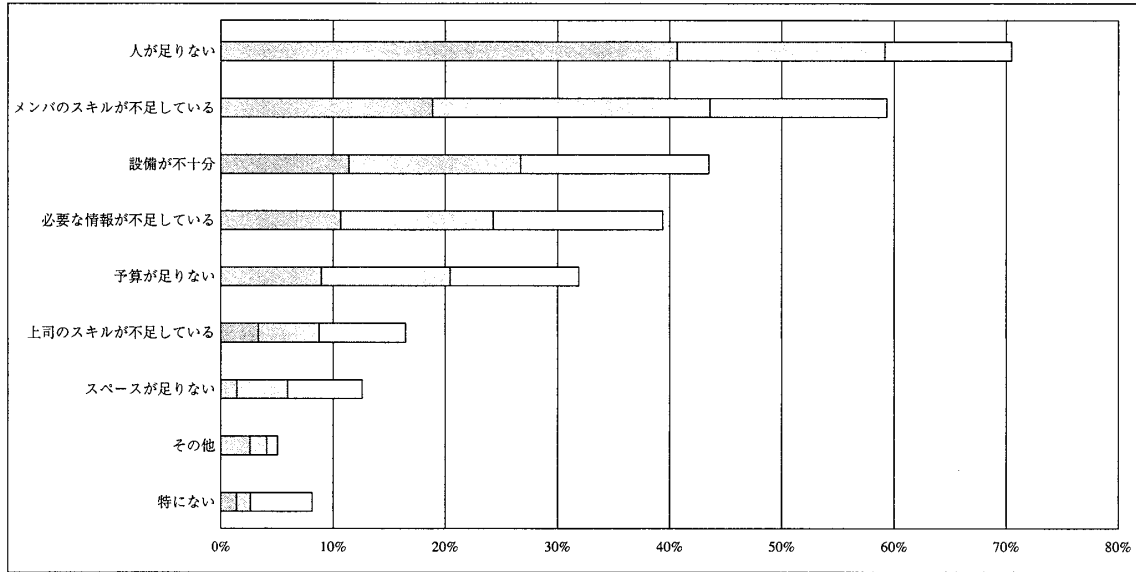
(図7) では1回の開発で新規に開発する組込みソフトウェアのソースコードの行数を示している。開発する組込みソフトウェアのソースコード行数は、開発した製品では平均50万行、1回の開発で新規に開発する製品では平均18万行となっている。



(1) 人材の不足

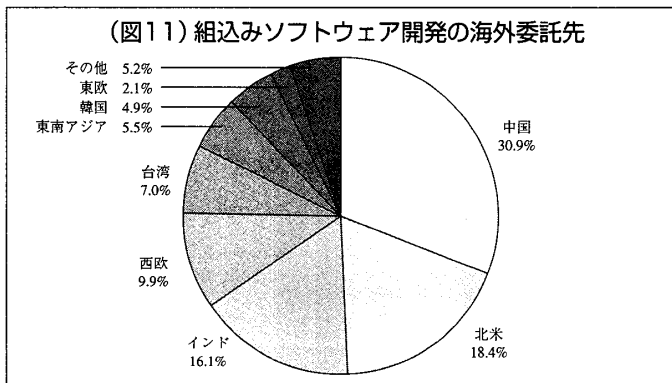
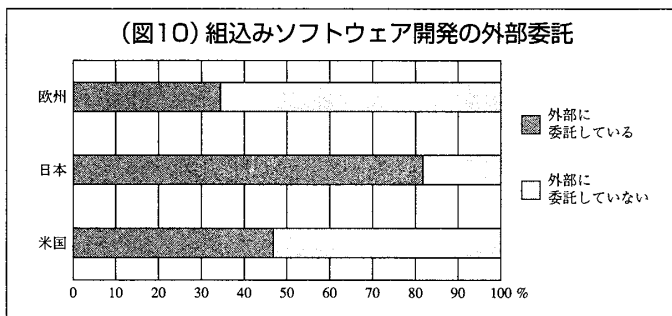
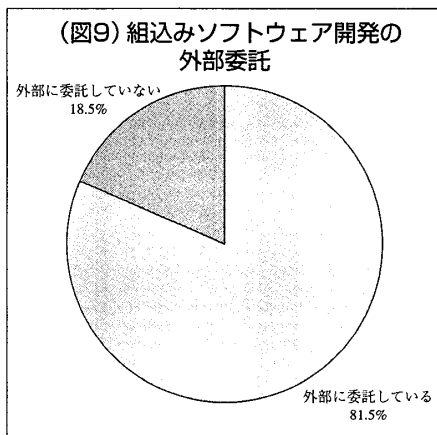
組込みソフトウェアの需要の増加と開発規模と期間の増大に伴って組込みソフトウェア開発のニーズが高まり、(図8)の通り開発技術者の不足やスキル不足が大きな課題になっている。SECの調査では約7万人の技術者が不足しているといわれる。

(図8) 製品の開発資源・環境で課題として感じていること



経済産業省「2005年度版組込みソフトウェア産業実態調査報告書」より

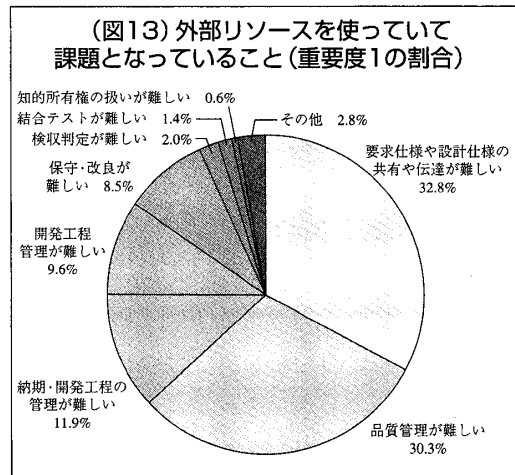
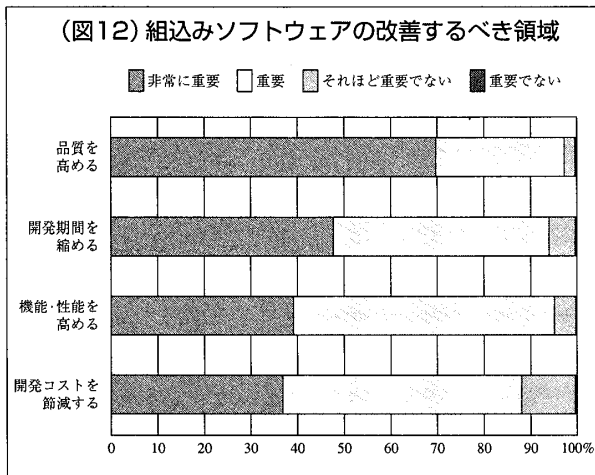
人材不足を解決する手段として(図9)で示す通り8割以上の日本企業はソフトウェアの外部委託を行っている。この外部委託の割合は(図10)の通り欧州や米国の企業に比べて日本が著しく大きい。委託先も(図11)に示すとおり中国、北米、インド、台湾などの海外委託が拡大しており、中国やインドにソフトウェア企業を設立するIT企業もある。事例で記述したようにベトナム等の東南アジアに人材を求める企業も増える予想される。



経済産業省「2004年度版組込みソフトウェア産業実態調査報告書」より

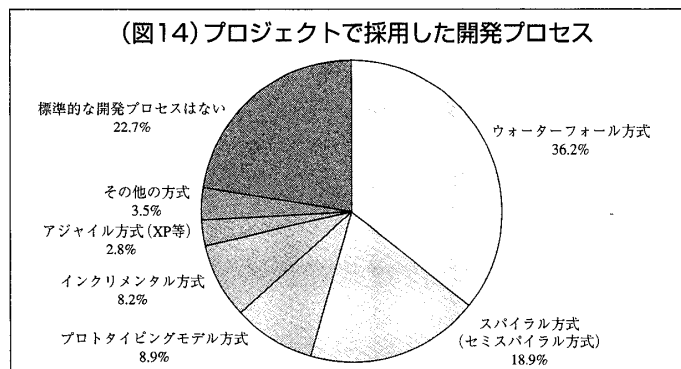
(2) 短納期化と品質の確保

組込みソフトウェア開発の期間の短縮、開発規模の増大に伴って品質の確保が急務となっている。従来の組込みソフトウェアは規模も小さく、開発技術者も少数で開発手法や開発手順などの開発プロジェクトは個々人の裁量に任されてきた。(図12)、(図13)では開発規模の巨大化、短納期化、外部リソースの活用などに伴って、ソフトウェアの品質確保は大きな課題になっていることがわかる。このことはプロジェクト管理手法や新たなソフトウェア工学の手法の導入が必要になっている。



(3) ソフトウェア開発過程とソフトウェア・エンジニアリング手法の変化

(図14)に示す通り短納期化に伴ってソフトウェア開発過程も従来のウォーターフォール方式からスパイラル方式やプロトタイプングモデル方式の導入など開発過程も変化している。また開発するアプリケーションが従来のデータ処理タイプから、組込みソフトウェアではイベントドリブン・タイプやメッセージ処理タイプなど、ダイナミックなプロセスモデルが開発対象になっており、これに対応して設計手法もユーザが理解しやすいモデルの記述方法であるUMLを用いたオブジェクト指向設計や設計仕様の厳密さを重視した形式的手法を採用するプロジェクトも現れている。



経済産業省「2005年版組込みソフトウェア産業実態調査報告書」より

4. 携帯電話向けアプリケーション・プラットフォームの共通化

3G 携帯電話の機能増大により、ユーザーの目に見えない部分で PC 化が進んでいる。⁽⁵⁾ この結果、端末開発負担が大きくなっている。通信方式が複雑になることにより高度な通信機能を生かしたアプリケーションが要求され、ハードウェアおよびソフトウェアへの要求が厳しくなっている。その結果、端末メーカー間の協業が進み、OS や通信チップ、操作性などでアプリケーション・プラットフォームの共通化を進める動きになっている。2003 年 2 月から KDDI が市場に導入しているクアルコムの携帯端末向けアプリケーション・プラットフォーム「**BREW**」は携帯電話向けアプリケーション開発環境と実行環境だけでなく、アプリケーションの設定、配信、課金まで踏まえた携帯電話向けアプリケーション・プラットフォームである。

(1) BREW の特徴⁽⁶⁾

- ・ C または C++ により、小さなコード・サイズで高度なアプリケーションを実現する
- ・ アプリケーションの相互連携を実現する実行環境を提供する
- ・ 携帯電話のために設計された軽量プラットフォーム

(2) メリット

① 携帯電話機メーカーへのメリット：BREW アプリケーションは、非力な CPU や少ないメモリの環境でも実行できるため、ローエンド携帯電話にも実装可能で、ハイエンド携帯電話に求められるマルチメディア機能もサポートする。BREW に対応した携帯電話は、メーカーや端末に依存することなく共通のアプリケーションを利用できるので、従来のような携帯電話端末ごとに独自の組込みアプリケーションを開発する必要がなくなる。

② コンテンツ・プロバイダのメリット：携帯電話の実機がなくても、PC 上で C や C++ の標準的な開発言語でアプリケーションの開発を行える。BREW 上で動作する JVM が用意されているので、既存の J2ME アプリケーションを利用することができる。(J2ME はサン・マイクロシステムズ社が提供)

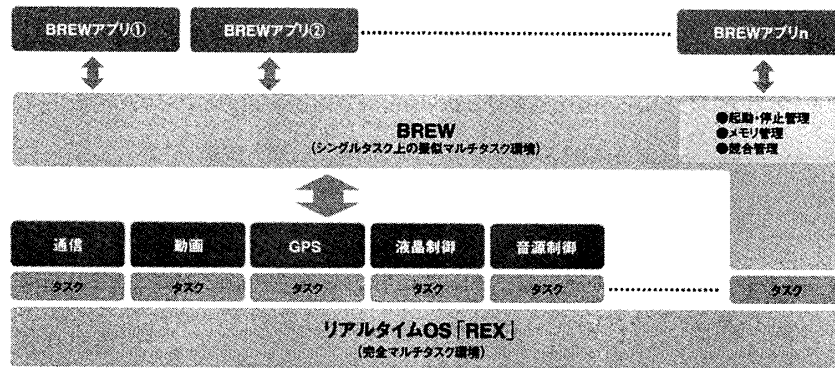
③ 携帯電話事業者のメリット：セキュアなアプリケーションの配信、課金システムを用意している。携帯電話事業者はユーザーに提供するアプリケーションの管理を容易に行える。

(3) BREW のアプリケーション実行環境

BREW アプリケーションのアーキテクチャ構成は (図 14-2) の仕組みで稼動する。BREW アプリケーションから API によって呼び出すことができる通信や動画再生といった機能は、マルチタスク OS である REX 上のタスクとして、BREW と並列に実行される。

BREW アプリケーションは、同時に複数起動することができるが、あくまで擬似マルチタスクとして稼動する。

(図14-2) BREW 実行環境の仕組み



COMPUTERWORD.jp「携帯電話向けプラットフォームBREW の実力」より

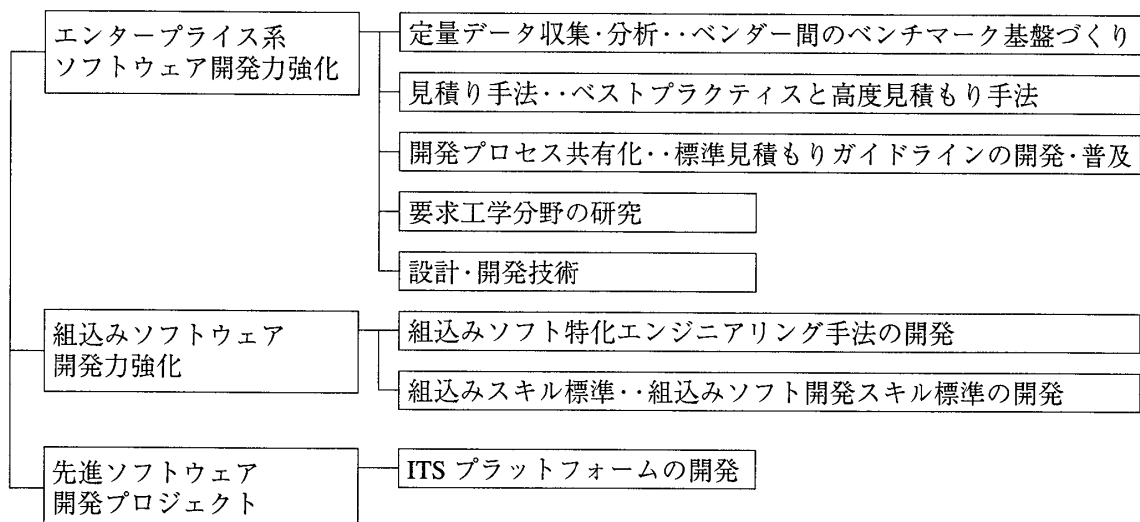
5. ソフトウェアエンジニアリングの取り組み

ソフトウェア・エンジニアリング・センター (SEC) では、日本のソフトウェア開発力の強化を目的として次の3つのプロジェクトに対する取り組みが行われている。

- ① エンタープライズ系ソフトウェア開発の強化
- ② 組込みソフトウェア開発力の強化
- ③ 先進ソフトウェア開発プロジェクト

特に②の組込みソフトウェア開発プロジェクトの強化策として、「組込みソフト開発スキル標準の開発」と「組込みソフト特化エンジニアリング手法の開発」についての標準化の取り組みが行われている。

(図15) SECのソフトウェアエンジニアリングの取り組み



情報サービス産業協会「情報サービス産業白書 2006」より

6. 人材育成と組み込みスキル標準

組み込みソフトウェア開発に関する課題は多い。これを解決するにはソフトウェア工学の確立と人材育成が重要な課題となる。人材の育成に当たってはスキルを明確化する必要がある。情報システム分野のスキルを体系化したITスキル標準があり、これをベースにSECより組み込みスキル標準 (ETSS: Embedded Technical Skill Standards) が発表された。

(表3)組み込みソフトウェア技術者の分類と定義

	大区分	詳細区分	定義
組み込みソフトウェア技術者の範囲	システム設計技術者	システム技術者	ハードウェア(回路とメカ)とソフトウェアを含むシステムを設計する
		要求仕様設計者	システム設計にもとづき、組み込みソフトウェアの要求仕様を設計する
	ソフトウェア設計技術者	構造設計者	要求仕様にもとづき、組み込みソフトウェアの構造を設計する
		詳細設計者	ソフトウェアの構造にもとづき、組み込みソフトウェアのコーディングをする
	テスト/品質管理技術者	テスト/検査技術者	組み込みソフトウェアのテスト設計、単体/結合/実機テストを行う
		品質管理技術者	組み込みソフトウェアの品質を管理する
	管理者/専門技術者	専門技術者	OS等開発環境の整備や特定分野の技術管理などの専門領域を担当する技術者
		管理者	プロジェクトの管理や部門、グループの管理をする技術者

経済産業省「2004年度版組み込みソフトウェア産業実態調査報告書」より

(1) 組み込みスキル基準

組み込みソフトウェア開発に必要なスキルを体系的に整理するためのフレームワークとして、次の3つのカテゴリで定義されている。(1)

- ①「技術要素」：組み込みシステム開発で用いられるハードウェア、周辺装置、OS、ミドルウェア、ドライバなどの要素で、これらの要素が体系的に整理されている。
- ②「開発技術」：要求分析から設計、実装、テストに至る一連の開発作業に関するスキルが定義されている。
- ③「管理技術」：開発プロジェクトの計画策定から構成管理、変更管理まで、ITスキル標準のプロジェクト・マネジメントの領域に示されている支援プロセスが体系的に整理されている。

(2) キャリア基準

SECでは組み込みソフトウェア開発にかかわる職種を(表4)の通り9つに分類し、職種ごとのソフトウェア開発プロセスにおける活動領域を例示している。

(表4)組込みソフトウェア開発技術者の職種分類

①プロダクトマネージャー	製品開発に必要なプロジェクト体制の構築および統括管理を実施する。プロダクトライン全体を考慮した開発製品の企画を検討する。
②プロジェクトマネージャー	プロジェクトの提案、立ち上げ、計画策定、遂行および管理・統制を実施し、計画された最終成果物に対して品質、コスト、納期に責任をもつ。
③ドメインスペシャリスト	特定の技術について高度で専門的な知識や技術、経験を有し、技術面における中核として活動する。
④システムアーキテクト	システムに対する要求仕様を分析し、システムの枠組みを策定するとともに、アーキテクチャ(構造)を設計する。
⑤ソフトウェアエンジニアリング	サブシステムの仕様分析、設計、プログラミングおよびテストを実施する。
⑥ブリッジエンジニア	開発拠点間でコミュニケーションを円滑かつ迅速に行い、拠点間のギャップを極小化する。
⑦サポートエンジニア	プロジェクト活動が円滑かつ効率的に行われるように、各種支援業務を実施する。
⑧QAスペシャリスト	ソフトウェアの品質向上と品質欠陥のリスクに対する戦略立案の実施、成果物の品質要件の明確化、測定、評価、改善を行う。
⑨テストエンジニア	ソフトウェアテストの設計、テストツール・手法の選択、テストデータの設計・作成を行い、各局面におけるテストを実施する。

SEC「組込みスキル標準ETSS解説書(2005年版)」より

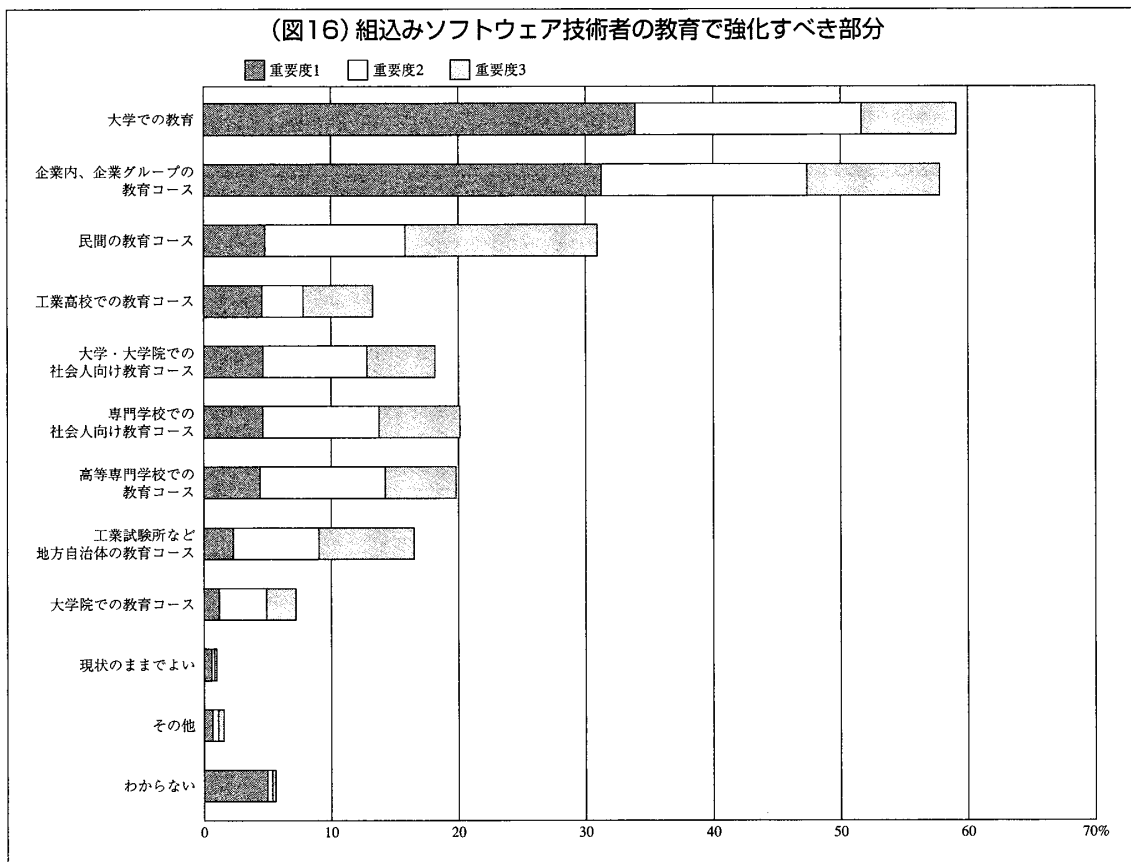
(3) 組込みソフトウェア技術者の教育

(図16)では組込みソフトウェア技術者の教育の強化に大学教育に期待していることがわかる。この理由として従来のエンタープライズ系情報システムの開発と比較して、開発規模が小さく、開発期間も短い。そのためシステム開発は先に人材の不足でも述べたように外部委託による開発体制が多数を占めている。委託先の企業は中小ソフトウェア企業が多い。これらの企業においてはIT技術者育成のための社内教育は十分とはいえない。従って即戦力となる社員を採用する傾向にある。新卒の学生を採用しても教育期間を短くして

現場でのOJTになるケースが多い。そのためITの基礎教育や応用教育を大学教育に期待する現われではないかと思われる。

従来、企業は大学教育に対して基礎的知識やコミュニケーション能力等の人間的教育しか期待しておらず、専門的な知識やスキルはあまり期待していないことを各種の調査が示している。

しかし、ソフトウェア業界の人材やスキル不足等を補うためにも、大学の情報教育においては、組込みソフトウェア分野のような応用的な情報工学分野を含めて強力に専門的情報教育を推進していく必要があると思われる。



経済産業省「2004年度版組込みソフトウェア産業実態調査報告書」より

7. 教育プログラムとしてのマイコン制作事例

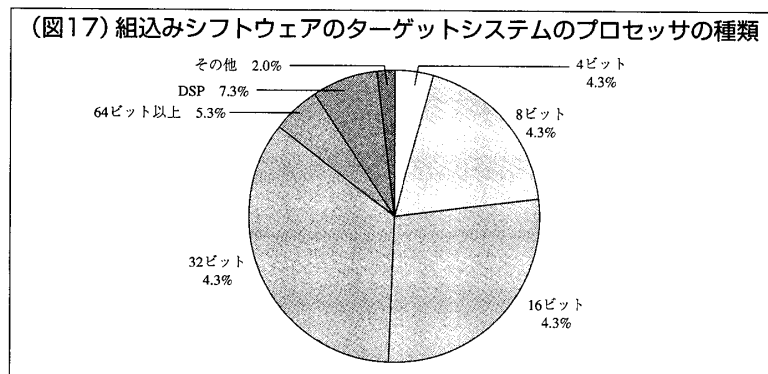
今回の組込みソフトウェア製作の第1の目的は学生がマイコン制作を通してコンピュータのハードウェアの動作を直接確認し理解することである。第2の目的はマイコンによる組込みシステムのプログラミングを体験することである。第3の目的は組込みソフトウェアの開発方法論(メソドロジー)とモデリング手法を研究することである。最終的には「組

み込みソフトウェア開発」の成果物を教育用教材として開発することである。

組込みソフトウェアのシステム開発のモデル(事例)としては、日立製 16bit MCU (H8/3048F) マイコンキット(図18)を使ってカレンダーと時間を表示する組み込みソフトウェアを開発する。マイコン制御の基礎知識と技術、C言語のプログラミング、システム設計のモデリング技法を習得することを狙いとしている。

(1) マイコンキットについて

小型のコンピュータ基板である H8 マイコンボード AKI-H8/3048F (秋月電子製) を、マザーボードといわれる開発キットの基板上に配置し、同時にスイッチ、ランプ、液晶表示器などのインターフェイスを基板上に組み立て、マイコンボードに別途パソコンで開発したプログラムを組み込み、動作確認を行う。マイコンボードを使うことにより組み込みソフトウェアの動作確認が容易にできるためマイコンを利用している。現在では周辺インターフェイスとメモリーを含め基本機能がひとつの LSI 素子(ワンチップ)の中に盛り込まれた便利なワンチップマイコンボードが簡単に入手でき、これに、ある条件に基づいて制御する組み込みソフトウェアを組み込むことにより、電気製品からロボットを動かすことができるようになってきている。



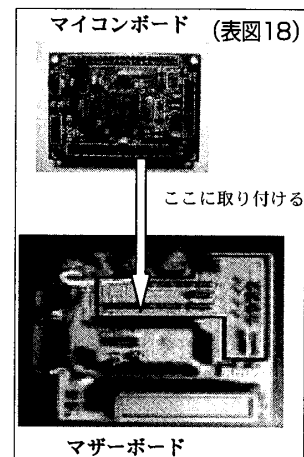
経済産業省「2004年度版組込みソフトウェア産業実態調査報告書」より

(2) マイコンの開発資源

●マイコンボード(図18)

★日立製作所の 16ビット CPU H8/3048F を使用したマイコンボード(図20)を使用する。1チップに ROM (128K) / RAM (4K) ・周辺回路を全て内蔵し、ボードは、シンプルかつ高性能である。

★内部アーキテクチャ 32ビットで 16MHz の高速動作を実現する。



★128K バイト大容量フラッシュメモリを CPU チップに内蔵している。プログラムは 100 回以上書き換え可能である。

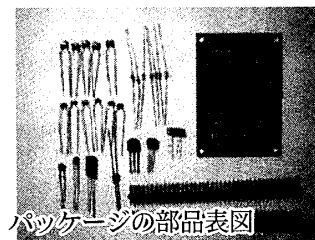
★メモリ空間は最大 16M バイトでさらに ROM・RAM を拡張することもできる。

●マザーボードと部品表

AKI-H8 マイコン専用マザーボードでマイコンボードを取り付けるボードである。AKI-H8 マイコンボード開発キットにはマザーボードの他に次の部品表に含まれ部品が必要である。(表5)

(表5)AKI-H8マイコン専用マザーボードの部品表

IC (IC1,IC2) (電源部分)	コネクタ (CN1~CN4) (RS-232C 部分)
コンデンサ (C1~C8)	コネクタ (CN5~CN6) (パソコン接続)
LED (発光ダイオード)	スイッチ (S1~S7)
抵抗 (R1~R9)	
トランジスタ	基板：マザーボード
半固定抵抗	液晶表示機 (LCD)

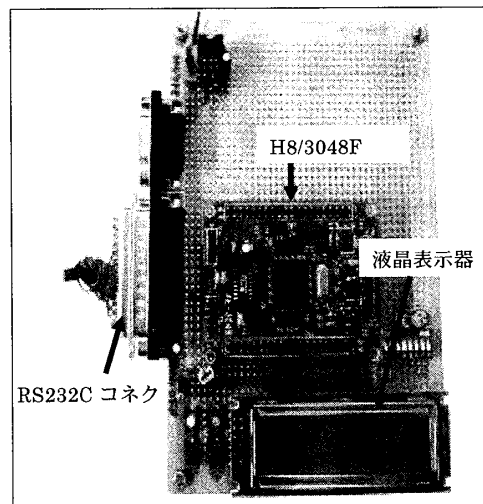


(3) H8 マイコンの組み立て<AKI-H8/3048 マイコンキット>

AKI-H8/3048F マイコンキットの購入時のパッケージには既に完成済みのマイコンボードとマザーボードに実装する部品が入っている。部品の種類は(表5)に示したとおりそれほど多くない。

マザーボード表面にあらかじめ部品表で示した部品、マイコンボード H8/3048F CPU を取り付ける。取り付けた部品をマザーボードの裏面からハンダごてを使ってハンダ付けする。これがなかなか技術を必要とし、完成後の確認テストのときハンダ付けの不具合で接続しない原因となっている。初めての学生で約3時間から5時間かかる。

(図19)AKI-H8/3048 マイコン完成図



(図19) が完成した AKI-H8/3048F マイコンボードの表側で、中心に位置する大きめの LSI が H8/3048F CPU である。

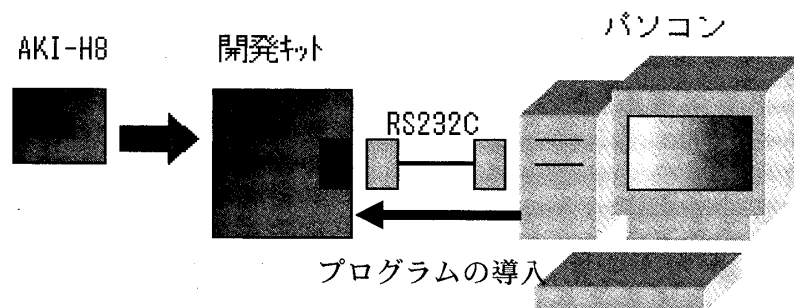
(4) 組込みソフトウェアの開発環境

1) プログラム導入の仕組み

AKI-H8 マイコンを開発キットに差し込んで、開発キットに接続している RS232C イン

タフェースを通じて、パソコンと通信ができる。パソコンで作成したプログラムをコンパイルして、H8マイコンに書き込むことにより、マイコンを制御することができる。

(図20)ソフトウェア導入の仕組み



2) プログラム開発ツール

AKI-H8が制御できるプログラム言語はアセンブラ言語、Basic言語、C言語の三つである。本設計はマイコンキッドに添付しているWindows対応にした総合開発環境とC言語コンパイラ<GCC>を組込みソフトウェア開発用パソコンにインストールし、C言語を使ってプログラム作成を行う。

C言語でプログラムを作成し、コンパイルが実行までの手順には次の通り通りです。

- ①ソースプログラムをエディタ (GCC) で入力する
- ②ヘキサファイルに変換するプログラムでコンパイルする
- ③通信プログラムで、マイコンに転送する
- ④マイコン上で、実行する

8. 教育用組込みソフトウェアの開発事例

2004年4月より筆者の大学のゼミ活動において、産学提携による組込みソフトウェア開発の研究に取り組むことになった。学生(3学年)に対してC言語の勉強を行い、3名の学生が夏季休暇に一ヶ月神奈川県横浜にあるIT企業でインターンシップを行った。与えられた課題をC言語で取り組む日々を過ごし、実力のついた学生に対してインターンシップ終了後も引き続いて授業の傍ら課題が与えられ、実質的に半年間の学内インターンシップを行った。4年生になり卒論研究として、次に示すH8マイコンによるカレンダーと時計の製作に取り組んだ。その組込みソフトウェアの設計内容の概要を報告する。

(1) 組込みソフトウェアの主な機能

1) カレンダーと時刻(時計)の表示機能

右図のようにH8マイコンの液晶表示機(LCD)にカレンダーと時刻を表示する。

2) カレンダーと時計の設定機能

- ①時計の設定:時間 (hour)、分 (min)・秒 (sec) を設定できるようにする
 - ②日付の設定:年 (year)、月 (month)、日 (day) を設定できるようにする
- 曜日 (week) は年、月、日の調整によって、表示が変わる

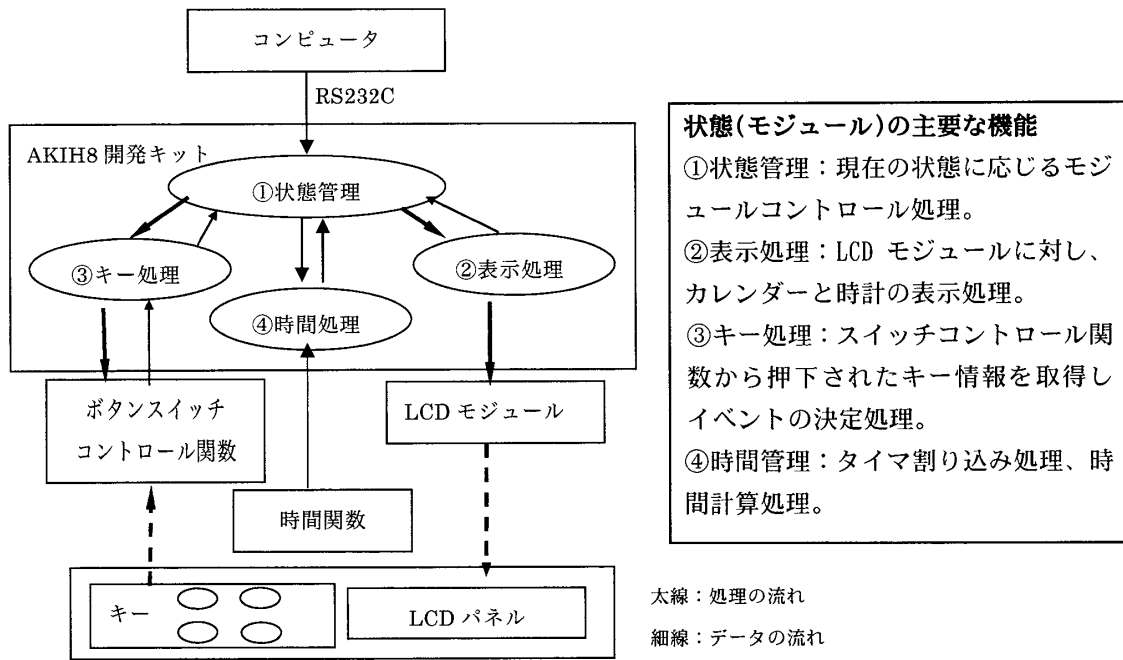
(図21)カレンダーと時計の表示



(2) システム機能のモデリングの事例

H8 マイコンの起動後のシステムの動作 (振る舞い) を (図 22) のような状態遷移モデルで表現している。これはマイコンの初期状態である①状態管理のメインモジュール、②表示処理、③キー処理、④時間処理の4つのモジュールを状態の遷移として構成している。

(図22)カレンダーと時計機能を表現した状態遷移図



9. まとめ

これまで情報システムの開発課題や情報システム産業の発展過程や課題等の調査や研究は、主にエンタープライズ系情報システムやパソコンを利用したシステムを対象として行われてきた。インターネットや携帯電話を代表する情報通信によってもたらされたユビキ

タス社会においては、情報社会の技術基盤として組み込みソフトウェアがさまざまな機器に搭載され、我々の見えない世界で情報システムが稼動し企業活動や生活をささえている。正常に稼動すれば便利で効率的に利用できる機器が突如として不具合により異常をきたし我々の生活や企業活動を混乱させたり停止させたりすることになる。

今後の研究課題としては組み込みソフトウェアに関して、ハードウェアやソフトウェアの開発負担の軽減を目的としたプラットフォームの汎用化や共通化の企業提携の取組み、携帯電話などのアプリケーション・プラットフォームの動向、組み込みソフトウェアを活用した製品や技術の開発、ソフトウェア開発技法や品質管理手法、産学提携によるソフトウェア技術者の人材育成の取組みなどが対象になる。

従来マイナーで隠れた技術や産業と見られた組み込みソフトウェア産業が重要な産業として認知され成長していくためには、これまで産業がその発展過程で経験した様々な問題や課題を解決してきたように、組み込みソフトウェア産業においても調査等で提起された課題等を解決していくことにより、世界をリードする重要な日本の産業としての地位を確立し発展していくことができるのではないだろうか。

参考文献

- (1) 「情報サービス産業白書2006」情報サービス産業協会
- (2) 経済産業省「2004年度版組み込みソフトウェア産業実態調査報告書」
- (3) 経済産業省「2005年度版組み込みソフトウェア産業実態調査報告書」
- (4) 「組み込みソフトウェア開発スタートアップ」CQ出版社
- (5) IT総合情報ポータル「<http://www.iymedia.co.jp>」「プラットフォーム共有で進む携帯PC化」
- (6) COMPUTERWORLD.jp「<http://www.computerworld.jp/news/>」「携帯電話向けプラットフォームBREWの実力」