

解説



アジア・太平洋におけるソフトウェア技術

 10. ソフトウェアの需要と供給
のグローバルイゼーション†

Capers Jones ††

(翻訳編集: 二上 貴夫 ††† 立花 久稔 †††)

メインフレームの時代にソフトウェアはビジネス、政府、軍隊にとって主要なファクタになった。メインフレームのソフトウェア開発は米国のような工業国にとって有利であった。なぜなら、メインフレームコンピュータ自身に膨大な投資が必要であり、さらにメインフレームが特別仕様の建家や、冷却システム、電源などを必要としたからだ。しかし、パソコンや工業用マイコンは状況を劇的に変化させている。

プログラミングスタッフにパソコンを提供するための資本投資はきわめて少額である。将来的にソフトウェアの開発は世界の至る所で行われるようになるであろう。ソフトウェアは、環境破壊をせず天然資源もほとんど消費しないという意味で相対的に「緑豊かな」産業である。

現在、多くの国々が商用ソフトの分野に参入しているが、この傾向は21世紀にはますます加速するであろう。

同時に、ソフトウェアの利用と消費も地球規模で拡大していくであろう。

1. はじめに

20世紀の終わりにあたり、ソフトウェアはビジネス、政府、軍隊にとって主要な原動力となっている。工業化された世界のほとんどのビジネスはコンピュータとソフトウェアなしに競合どころか生きぬくことさえできないであろう。軍事分野では、「砂漠の嵐」作戦における連合軍側の戦略・戦術的成功は、米国と連合軍に代わって活躍した先進のソフトウェアにその一部を負っている。この先進のソフトウェアによってわれわれの軍隊は地

図にない砂漠地帯を高速で移動することが可能となったのである。

先進工業国においては、一般市民や消費者レベルでもソフトウェアは日常生活の一部になりつつある。家庭用パソコンの売上は伸びを示し、口座チェック、税金計算、ワープロ、さらにはこれまで手作業で行われていた業務を自動化するためのソフトウェアが急速に広がりを見せている。パソコンやパソコン用ソフトは値段が上がるどころかますます低下傾向にある数少ない商品といえる。

1994年現在、米国はソフトウェアの生産と消費において世界の頂点に立っている。ソフトウェア生産性リサーチ社*では、世界で稼働中のすべてのソフトウェアの40%が米国で開発されたものであると推定している。米国内で稼働中の全ソフトウェアの85%が米国企業の開発によるものである。

ソフトウェア消費の観点からみると、米国のコンピュータユーザ数は、米国の次に続く二つの国のユーザ数の合計を上回っている。著者の1993年の論文「今日のソフトウェアの生産と品質」¹⁾のために収集したデータによると米国のソフトウェア産業のように一方的に有利な貿易バランスを誇れる産業はほとんどない。

表-1はこの論文からの抜粋であるが、ソフトウェアの利用者数の多い国を順に10カ国リストしたものである。表-1のデータのマージン誤差は大きいですが、ランキングは現実に近いと思われる。「ソフトウェアユーザ」とはビジネス、政府、軍隊の日常の仕事の中でソフトウェアを使用する人たちを意味する。

各国のソフトウェア利用成長率は良好であり、

† Globalization of Software Supply and Demand by Capers JONES (Software Productivity Research).

†† ソフトウェア生産性リサーチ社

††† (株)東陽テクニカ ソフトウェアソリューション

†††† (株)東陽テクニカ 海外情報室

* Copyright © 1994 by IEEE.

* 著者が主宰している調査、コンサルティング会社で米国ボストン近郊にある。以後、SPR社

表-1 ソフトウェアユーザ人口国別トップ10

国	ソフトウェアユーザ概数
1) 米国	23,000,000
2) 日本	9,000,000
3) ロシア	8,000,000
4) インド	7,500,000
5) 中国	5,000,000
6) ドイツ	4,800,000
7) 英国	4,250,000
8) フランス	4,000,000
9) イタリア	3,500,000
10) ブラジル	2,600,000

21世紀もこの状態が維持されるであろう。米国、日本、西ヨーロッパといった先進工業地域の成長率は現在一桁台であるが、ソフトウェアの利用パターンが急速に加速している中国、インド、南アメリカ、東ヨーロッパといった地域では年間成長率がほぼ二桁台の状態である。

現在のところソフトウェア利用という観点から飽和レベルに達している国はどこもなく、今世紀の終わりまでにそのようなレベルに達する国もおそらくないであろう。新興国も安価なパソコンをビジネスや政府の業務に利用するため、ソフトウェアの世界的な需要は少なくとも21世紀半ばまでは二桁台の成長を続けるものと予測される。コンピュータとソフトウェアの新たなユーザは次々と現れてくるため、その利用率はこれからも増加するであろう。

この予測が正しいとすると、21世紀の第一四半期ごろには日常業務でコンピュータを使用する世界のユーザ数は2億5千万人に達するはずである。少なくとも数十カ国が1千万人以上のコンピュータとソフトウェアのユーザを抱えることになる。

家庭でも職場でも、パソコンは最終的に一般的な家電品になり、ラジオ、テレビ、その他の大量消費製品と同様に至る所に存在することになるであろう。もしゲームコンピュータも対象に含めると、家庭で使用されるコンピュータの数は倍に跳ね上がる。

米国のソフトウェア産業はこれまですばらしい成功をおさめ、ソフトウェア消費者数も地球規模で継続的に拡大しているが、将来はけっしてこれまでのように平坦なみちのりではないであろう。この先、地球規模の競合が市販のソフトウェアとカスタムメイドのソフト開発の場において現実と

なるだろう。1994年においてさえ地球規模の競合の兆候がすでにみられる。

2. メインフレームソフトウェア生産の経済学

1980年代までは、世界のビジネスソフトウェアの中心はメインフレームであり、ミニコンピュータがそれに続いていた。メインフレームとミニコンピュータのソフトウェア市場を支配していた会社は、Bull, Data General, DEC, IBM, ICL, Nixdorfなど、往々にしてコンピュータを自社生産している会社であった。

メインフレームのソフトウェアを生産するためには当然のことながらメインフレームへのアクセスが必要であった。メインフレーム自体が高価であり、その冷却システム、床あげ、また安全性の観点からみた物理的要求を満足させるためにメインフレームを設置するデータセンタも高価なものになった。冷却システムの電気的要求とメインフレーム自体の電気的要求に加え、メインフレームデータセンタ自身の消費エネルギーが全体コストを増加させる主要因となった。

これらのコストと特別な仕様のため、強大な工業国がソフトウェア生産者の中心になる傾向があった。メインフレームには大きな初期投資とメインフレームをサポートするための施設が必要なため、発展途上国や後進国には不利な状況であった。さらに、メインフレームは、電圧変動、電圧低下、停電、電力異常供給などへの保護対策を必要とした。

また、カスタムメイドのメインフレームソフトウェアは非常に人手がかかるため、通常メインフレームはかなり大規模なソフトウェアチームと補助チームによってサポートされている。大規模な会社の典型的なプログラミング所帯は1000人以上のメンバで構成され、500人以上のプログラミングとソフトウェア要員を抱えている。実際、国際的な銀行、電話会社、大規模な保険会社などはカスタムメイドのソフトウェア開発のために何千人というソフト開発要員を雇用することが可能であった。1990年代初期までに、多くのビジネスにシめるソフトウェア要員はしばしば10%を超え、開発したアプリケーションの成否がマーケットシェア、収益性、会社にとって重要な業務などに影響を及ぼした。

今日までのソフトウェアの問題点の一つはソフトウェアには人手が異常にかかるということであった。クライアントの要求を満たすために必要な人数という観点からみた場合、ソフトウェアほど高い比率を示す製品は他にほとんどみられない。大規模な会社のメインフレームの場合、約20～30人の最終利用者に1人のソフトウェア専門要員が必要である。このソフトウェア要員対最終利用者の高い比率に加え、コンピュータと付属設備への膨大なコストを考えれば、なぜカスタムメイドのメインフレームソフトウェアが大規模な企業と政府官公庁に限定されてしまうのかが理解できる。

これらの特別な要求の結果、メインフレームソフトウェア生産には興味深い現象がみられる。すなわち、ソフトウェア開発が非都市部や田舎ではなく都市部の職業になっているのである。(ただし、この傾向は将来的には変化するかもしれない。) 1994年初頭現在、世界のソフトウェア生産者のほぼ半数が主要都市の半径50マイル以内に

集中していると思われる。

表-2は、マージンの誤差は大きいですが、世界の都市部のソフトウェア人口ベスト30を示している。この表も著者の1993年の論文「今日のソフトウェアの生産と品質」¹⁾からの抜粋である。データ自身は会社調査、国勢調査、各地のソフトウェア協会などから収集したものである。多少インフォーマルであるが、国際線の飛行機の中で使用されているポータブルタイプのノート型コンピュータの数がソフトウェアのグローバル化を示している。ビジネスクラスの乗客の半数がフライト中にコンピュータを使用している光景もめずらしくない。

オリジナル論文では、200の国際都市をより広範に人口統計調査した結果、400万人のソフトウェア専門家が世界の主要都市に在住していると結論づけている²⁾。

米国の場合、全国のソフトウェア総人口1,920,000人のほぼ半数にあたる922,100人が50の主要都市部に住んでいると推定される。この分析のマージン誤差は大きく、サンプルもスポット

表-2 都市部におけるソフトウェア専門家の地域別ランキング

都市地域	ソフトウェア プロフェッショナル数	ソフトウェア マネージャ数	ソフトウェア 職業人総数
1) 東京	145,000	20,000	165,000
2) ロンドン	120,000	16,000	136,000
3) ロサンゼルス	110,000	16,500	126,500
4) ニューヨーク	100,000	15,000	115,000
5) メキシコシティ	97,000	13,000	110,000
6) ソウル	95,000	13,000	108,000
7) サンパウロ	93,000	13,000	106,000
8) モスクワ	90,000	15,000	105,000
9) 大阪	85,000	12,000	97,000
10) 北京	75,000	14,000	89,000
11) シカゴ	75,000	12,000	87,000
12) パリ	70,000	11,000	81,000
13) トロント	70,000	10,000	80,000
14) カイロ	65,000	10,000	75,000
15) 横浜	66,000	8,000	74,000
16) イスタンプール	65,000	8,000	73,000
17) バンコク	65,000	7,000	72,000
18) モントリオール	60,000	8,000	68,000
19) 上海	56,000	11,000	67,000
20) ベルリン	55,000	10,000	65,000
21) シドニー	56,000	8,000	64,000
22) リオデジャネイロ	55,000	8,000	63,000
23) ジャカルタ	55,000	7,000	62,000
24) ボンベイ	52,000	8,000	60,000
25) デリー	51,000	7,000	58,000
26) カルカッタ	50,000	7,000	57,000
27) セントペテルスブルグ	48,000	8,000	56,000
28) 台北	48,000	7,000	55,000
29) 天津	45,000	9,000	54,000
30) マドリッド	40,000	6,000	46,000
合計	2,157,000	317,500	2,474,500

的で不完全であるが、ソフトウェア生産は都市部に偏っていることが分かる。

この先ソフトウェア専門家はこれまでどおり増え続け、21世紀の第一四半期までには、世界のソフトウェア専門家は2千万人に達する見込みである。少なくとも、中国、インド、日本、ロシア、米国の5カ国はそれぞれ2百万人以上のソフトウェア要員を抱えることになり、メキシコとブラジルのソフトウェア要員人口も2百万人に達するであろう。

比率は下がるものの、ソフトウェア開発だけでなくソフトウェアの利用と消費にも同様の現象がみられる。大都市は伝統的にメインフレームコンピュータ、企業、政府官公庁などの本拠地になってきた。一方、軍事基地はより広範囲に分散している。

ところが、今や安価なパソコンが遠隔地まで現在急速に浸透しつつある。そして、バッテリー駆動で持ち運びのできるノートパソコンにとって、電力の安定供給など絶対必要条件ではない。こうしたパソコンが非常に一般的になったため、ソフトウェア開発の都市部集中が変化し始めている。たとえば日本では、ソフトウェア工場をより地方部へ移すための積極的な政策が採られている。

米国では、多くの地方都市やアラスカ州などのいくつかの州は、ソフトウェア会社をより地方へ誘致するための魅力的な減税措置や勧誘を行っている。これらの地域は土地や税金が安く、他の利点もあるため、20世紀の終わりにソフトウェアが都市部の主要職業として存続するかどうかに興味深い点である。

ソフトウェアの地域的な分散を妨げる一つの要素がソフトウェアの最終利用者と開発者にほとんど毎日必要となるコミュニケーションである。しかしながら、現代のコミュニケーション設備は、メインフレーム時代にはその大部分をしめていた担当者による直接会議などのかなりの部分を置き換えられるレベルに達している。

3. パソコンと安価なソフトウェアの成長

パソコン、ローカルエリアネットワーク、ビジネスアプリ用クライアント/サーバ・アーキテクチャの爆発的な成長は、すでにコンピュータとソフトウェアの分野に大きな変化をもたらしてい

る。メインフレームやミニコンのハードウェアとソフトウェアベンダの売上げは大幅に減少し、一連のファイナンスやキャッシュフローの損失に対処するため事業規模の縮小やレイオフを余儀なくされている。ニューイングランドにある、Data General, DEC, IBM, PRIME, Wangなどがよい例である。これらの会社はすべて10年前と比較し、規模は大幅に縮小され利益も減少している。

一方、MicrosoftやLotusのようなPCメーカーとPCのソフトハウスの売上げは増加している。Computer AssociatesやDun & Bradstreetのような伝統的なメインフレームとミニコン専門のソフトハウスは、クライアント/サーバやパソコンソフトの需要に対処するため、急速にパソコンソフト分野へ事業を拡大した。また、Cadre, Informix, Software Publishing Corporationなどの多くのCASEやソフトツールのベンダがワークステーションやパソコンを対象としたソフト製品を提供しはじめた。パソコンやクライアント/サーバを使用した、企業やメーカーの「ダウンサイジング」への移行に加え、過去10年間にまったく新しい巨大なマーケットが形成されている。ビジネスソフトが伸びているだけでなく、コンピュータゲームソフトや娯楽用ソフトに対する新しい市場同様、個人消費者向けのアプリケーションが増加している。

1990年代の市販ソフト分野の興味深い側面の一つは最終利用者の対ソフトウェア専門家比率である。ソフトウェア開発者の最終利用者に対する比率はカスタムメイドのメインフレームソフトウェアの場合は約1:30であったが、パソコンパッケージソフトの場合は、しばしば1:1000を超える。ワードプロセッサやスプレッドシートなどの規模の大きなソフトウェアの場合は、比率は1:10,000にも達する。

これらの比率の拡大が、なぜ商用ソフトパッケージのコストが他の多くの製品にみられるように上がるのではなく、下がるのかを説明している。このコストの低下はソフト製造側の生産性アップというよりも利用人口の拡大とより密接な関係があると思われる。

先進工業国では、パソコンとソフトウェアの使い方の学習はすでに当たり前で、子供たちが読み書きを覚える前に実施されている。米国やヨーロ

ツパでは、高校までに半数以上がソフトウェアとコンピュータを実際に使用した学習経験をもっている。大学や短大レベルではパソコンの所有とソフトウェアの利用はタイプライタに匹敵する。

実際、現在多くの大学がパソコンの所有を入学のための条件として要求している。完全にネットワーク化され、各教室や学生寮にネットワークアクセスが整備された大学もある。

パソコンはますます広がりを見せ、21世紀の第一四半期までにはコンピュータとソフトウェアを使用する能力のある人口は、全人口に占める読み書き能力のある人口と同じ比率に到達するであろう。おそらく先進工業国人口の半数以上が「コンピュータ使用可能者」になり、世界規模ではこのコンピュータ使用可能者の比率は世界全人口の5%をしめる可能性がある。

4. ソフトウェア産業の国際化

メインフレームソフトウェア開発と異なり、パソコンソフトウェア開発はエネルギーや消費材料をそれほど必要としない比較的「緑豊かな」産業である。

また、メインフレーム時代に比べパソコンソフトの開発に必要とされる資本投資も本質的に少なくなっている。高価なメインフレームが不要で、特別な建物、特別な冷却設備も不要で、消費電力も非常に少なくてすむ。

パソコンソフトの爆発的な成長は、発展途上国にとって非常に収益性があり、急速な成長をみせるマーケットに参入するための前例のない好機を与えている。メインフレームソフトと比較し、パソコンアプリケーションには優秀で、エネルギーで才能に満ちたソフトエンジニア以外は、ほとんど何も必要ない。これらの要求は現在では世界中のどこでも満たすことができる。

西ヨーロッパ、米国、日本、または、その他の人件費の高い国では、ソフトウェア生産の平均コストは、規模の小さい単純なアプリケーションの\$500/ファンクションポイント* (FP) から、複雑な軍事アプリケーションの\$3,000/FPまで幅が

ある。先進工業国における平均は、すべての種類のソフトに対し、約\$1,200/FPである¹⁾。

たとえば、1ファンクションポイントのソフトウェアを生産するための平均コストはオーストラリア、オーストリア、ベルギー、カナダ、英国、デンマーク、フランス、ドイツ、イスラエル、イタリア、日本、韓国、スウェーデン、米国では\$1,000を超える。

これとは対照的に、多くの新興国の人件費は非常に安いので、ソフトウェア開発にかかわる人的労力は先進工業国とおおよそ同じでもファンクションポイント当りの実コストは\$250以下になる。

たとえば、チリ、中国、コロンビア、インド、インドネシア、ハンガリー、マレーシア、パキスタン、ポーランド、ロシアなどではファンクションポイント当りのコストは\$250以下である。

これらの顕著なコストの差をみると、なぜ多くの国々が世界規模のソフトウェア市場への参入を企てているのかが理解できる。また、なぜインドやロシアといった国々が成功しているのかも納得できる。

ソフトウェアの国際化は、20世紀の終わりと21世紀の始まりを前に、米国、環太平洋、西ヨーロッパのソフトハウスが困難な挑戦をしなければならないことを意味している。状況がどのように推移してゆくかはまだ分からないが、現在の先進工業国はこれまでのように明るい未来を期待すべきでないことははっきりしている。国際開発に最も適したソフトウェアのクラス、地球規模で開発されるソフトウェアプロジェクトの可能性を評価する背景として、さまざまな種類の製品やサービスに対する消費者の地理的な好みを考慮することが有効である。たとえば、ある製品が米国の中西部で生産され米国全土で販売されると、生産拠点とカスタマベース間の平均距離は約1300マイルになる。地球規模で広範囲に供給されているLotusやMS-DOSなどの商用ソフトパッケージの開発拠点とカスタマベース間の平均距離は3000マイル以上ある。最終利用者と開発者間の長い距離は、重大な地理的バリアにはならないため、市販のソフトウェアは地球規模で生産することが可能である。

PBX電話システムなどのシステムソフトウェアの場合も、開発者と消費者間の距離は長く、多

* ファンクションポイントはA. J. Albrecht²⁾により提案された積み上げ方式(Synthetic)のメトリクスである。外部入力、外部出力、外部照会、内部論理ファイル、外部インタフェースの5つの外部機能特性から計算する。見積りなどではコード行数(LOC)などの他のメトリクスに比べ精度が高い。

くの場合数千マイルにも及ぶ。ここでも、ソフトウェアの国際化が米国、西ヨーロッパ、日本のソフトウェア生産者にとって興味深い挑戦となっている。

パトリオットやトマホークなどの合衆国の軍事ソフトウェアの場合、開発者と消費者間の地理的な平均距離は、6000マイルに達する。しかしながら、米国がその主要軍事能力の一つを他の国に持ち出すとは考えられない。したがって、クリティカルな防衛ソフトウェアに関しては、国際競争は無視することができる。

一方、国防省や合衆国軍隊は、ノンクリティカルなソフトウェアパッケージの巨大な消費者であり、通常の業務ソフトパッケージの場合、国外での開発も十分可能性がある。国防省が購入するソフトウェアは、Software Engineering Institute (SEI) の規格のレベル3以上のメーカーによって生産されたものでなければならないという新しい訓令が国際契約の障害になることはない。米国外でもレベル3以上のソフトハウスが急速に出現している。

米国の今日のMISの場合、開発場所と最終利用者間の距離は数千ヤード以下であることが多い。言い換えれば、MISソフトウェアの大半は同一の建物の中で毎日顔を突き合わせている人たちによって開発されているといえる。

頻繁な変更や状況レポートがMISのノルマであるため、MISの大部分をしめる最終利用者と開発マネージャ間の毎日のコンタクトをサポートするための優れたコミュニケーション施設が必要となる。

SPR社が評価のために収集した予備データによると、1994年現在、海外から調達しているMISソフトウェアは、米国全体のMISの1%未満である¹⁾。万一この比率が大幅に増加した場合は、米国および他の先進工業国のMIS要員は深刻なレイオフに直面するかもしれない。

人件費が安く、ソフトウェア専門家のための優れた教育施設があり、優れた輸送および通信設備をもち、先進のソフトウェアおよびコンピュータへのアクセスが可能で、政府や専門機関からの支援を受け、米国、ヨーロッパ、日本、その他の物価の高い国々になんらかの形で販売拠点をもっている国が、21世紀のソフトウェアの海外生産拠点

になる可能性が最も高い。米国企業にアピールするためには、安定政府と人権に対する配慮も重要な要素である。

これらの条件をほぼそろえた国として、中国、ハンガリー、インド、メキシコ、フィリピン、ポーランド、ロシア、シンガポール、タイ、ウクライナ、ベネズエラ、ベトナムなどがあげられる。

第二次大戦後急速に工業化を進め主要経済国になった国々（ドイツ、日本、韓国、台湾など）が、おおよそ米国と肩を並べるほどに人件費と生活費も上昇したのは興味深い。

世界のソフトウェア市場参入の成功が、海外からの調達を考えている国の給与と物価を上昇させるかどうかはまだ分からないが、予備データは、ソフトウェアマネージャとソフトウェア専門家の給与が上昇しなければ熟練者を長期間ひきつけ、保持することは困難であることを示唆している。

5. 生産性向上のための戦術

基本的な経済問題に対する回答が、世界の主要企業によって模索されている。ソフトウェアへの需要が増加するにつれソフトウェアのコストも増加する。問題は、自社のソフトウェアプロセスの改善に投資すべきか、またはすでにソフトウェアの生産が十分に可能なレベルに達している国内または海外の会社に切り替えるべきかである。

これは簡単な問題ではなく、長期的かつ戦略的な考察を必要とする。たとえば、「最高クラス」のソフトウェア生産者になるためにはソフトウェア開発者1人当たり\$25,000から\$50,000以上の投資が必要かもしれない。しかしながら、最高のソフトウェアができ上がってしまえば、その企業は人もうらやむほどに堅固なポジションを維持できる。

社外からの調達には大規模な投資が必要ないため節約に直結するが、いったん社外調達を選択した企業は自社の活動に対する完全なコントロールを失ってしまう。

ソフトウェア開発にファンクションポイント当たり平均で\$1,000以上かかる大企業は、ソフトウェアプロセスへの投資か社外調達のどちらか、またはそれらの両方を考慮すべきであろう。自社のソフトウェア開発や保守にどの程度のコストがかかっているのかを把握していない企業は明らかに

一ダ企業失格であるから、即座に競争力をつけるためのアクションをとるべきである。

ソフトウェアは企業、政府、軍隊などの業務にとって非常に重要であるため、ソフトウェアの開発や保守を改善するための努力が世界規模で行われている。著者の会社（SPR社）は、生産性、品質、手法などに関するデータを公的企業、私企業、政府団体が行った200から300のプロジェクトから毎年収集している。次に述べるのは1990年から1994年の間に対象となったプロジェクトから導き出されたソフトウェアの生産性と品質に関する結果の簡単なまとめである。

6. クライアント/サーバ・ソフトウェア・アプリケーション

多くの企業がメインフレームとネットワーク化されたパソコンの統合を模索している。1994年の時点では、ダウンサイジングやクライアント/サーバ・アプリケーションに関しては賛否両論である。賛成派に立てば、メインフレームに比べ基本的なハードウェアのコストが低く、また、クライアント/サーバのソフトウェアの生産性は、同等のメインフレームのソフトウェアの生産性より効率が良いことがあげられる。反対派に立てば、クライアント/サーバソフトウェアの品質管理やテスト技術はまだ確立されておらず、生産過程では多くのクライアント/サーバソフトウェアは信頼性に関し多くの問題を経験しているといえる。結局クライアント/サーバソフトウェアも古くなり、その保守が必要になる。1994年現在、クライアント/サーバの保守コストに関するデータはなく、メインフレームと比較し安価であるという確かな理由も存在しない。

7. 商用ソフトパッケージ

米国でのカスタムメイドのソフトウェア生産の平均コストは、1ファンクションポイント当り\$500から\$3,000以上である。オペレーティングシステム、ワードプロセッサ、スプレッドシートなどのパソコン上で走る市販のソフトウェアパッケージは、1ファンクションポイント当り\$0.25から\$15.00で購入することができる。1ユーザの1ファンクションポイント当りのパソコンソフトウェアの平均コストは\$1.00である。商用ソフト

のコストも下がっている。今のところはっきりしているのは、商用ソフトパッケージで要求が満たされるのであれば、それが現在最も経済的な方法であるということである。

一方、もし商用ソフトパッケージにカスタマイゼーションや修正が大幅に必要な場合は、経済的な利点は失われ両者の差はそれほどなくなってしまふ。商用ソフトパッケージとカスタムメイドのソフトウェアがどのような比率で使用されているのかは不透明である。たとえば、多くの小規模の企業は100%商用ソフトパッケージを使用し、カスタムメイドのソフトウェアは皆無である。一方、クリティカルな軍事アプリケーションでは、おそらく商用ソフトパッケージは存在しないであろうから、100%カスタムメイドということになる。はっきりとしているのは、市販のソフトウェアパッケージは、ソフトウェア産業全体において重要かつ急速な成長を示す分野であるということである。

8. コンピュータ支援によるソフトウェア工学

CASEはパワフルな技術を提供する。残念ながらCASEベンダたちの言い分は事実を誇張する傾向にあるが、CASEツールの能力は改善されている。しかしながら、多くのCASEツールがコード開発に主眼をおく傾向にあり、ドキュメンテーション、品質管理、コンフィグレーション管理、プランニング、見積り、測定、プロジェクト管理などをサポートしていないのは残念である。これらの補助的な活動の効果がコード自体よりも大きい場合があるため、CASEベンダの言うライフサイクル全般にわたる支援は、まだ実現されていない。しかしながら、このような状況は変化しており不足していた機能がCASEツールに追加されつつある。

9. 遺産システム対策用ツールおよびサービス

20世紀の終わりを迎え、先進工業国と世界の大手企業は古くなった膨大なメインフレームソフトウェアシステムの遺産の保守に愕然としている。社内のソフトウェア作業の半分以上がこのような遺産システムの保守に費やされている会社もある。1980年代半ばから遺産システム用のツールが現れてきた。1994年現在、コンフィグレーション管

理ツール、複雑度分析ツール、特定の言語用再構築ツール、古いソフトウェアを新しいプラットフォームに移すためのリバースおよびリエンジニアリングツールなどが入手可能である。古くなったソフトウェアを扱う専門コンサルタント会社もある。古くなったソフトウェアを救うための技術は、成果を上げているようである。ソフトウェアプロセス評価の結果、保守コストが大きい企業は、遺産システムの保守用ツールやサービスの導入が遅れていることが分かっている。たとえば、保険業界では、完全な遺産システム管理プログラムへ移行した会社の保守に関する作業範囲は、そのようなプログラムをもたない会社に比べ3倍以上にも及ぶ。保守の生産性比率は、遺産システム改善プログラムをもたない企業に比べ2倍以上である。

10. 高級プログラミング言語とプログラムジェネレータ

著者が毎年発行する「プログラミング言語表」によると1994年現在、日常使用されているプログラミング言語や方言は少なくとも400存在し、市場には約75のプログラムジェネレータが存在している。プログラミング言語にはアセンブラのような低級言語、C、COBOL、FORTRANなどの中級言語、SMALLTALKおよびVisual Basicなどの高級言語が含まれる。コーディングの生産性は、より強力な言語を使用することによって向上することを示す経験的なデータがある。しかし、このような説明には、多くのソフトウェアシステムの場合コーディングが全体コストを引き上げている主要因ではないことの指摘が含まれない傾向がある。書類作成やデバッグに要するコストがコーディングのコストを上回ってしまうことはしばしばある。より優れた言語は改善のためのキーとなるが、それだけが必要とされる技術ではない。

11. ISO9000の認証

1992年以来、ソフトウェアを含めヨーロッパ市場への製品の売込みに際し国際標準化機構(ISO)の規格番号9000から9004への準拠がほぼ強制化された。1994年現在、ISO規格が品質を向上させるのかどうかを裏付ける十分な経験的データはない。規格への準拠と認証を受けるためのプロセスは非常に時間とコストがかかる。モトロ

ー社のRichard Buetow氏³⁾のような米国の品質の専門家たちは、ISOのアプローチは真剣な品質改善のためには不完全で不十分だとみている。

12. 測定とタスク分析

長い間ソフトウェアは、正確な履歴データの不足と最も信頼性を欠くメトリクス(コード行数)に悩まされてきた。これらは改善されつつある。アクティビティとタスクのレベルまで落とした履歴データがより頻繁に蓄積されるようになった。また、プロセス評価の質問表を用いたプロジェクトへの影響要素の測定能力が改善されている。測定そのものは生産性の効率アップに直接インパクトを与えないが、ツール、言語、そして生産性に大きな影響を与える手法の価値やインパクトを示す生データが測定によって得られる。優れた測定プログラムはプロセスとツール改善のための必要条件であり、対投資効果計算をより確実にするための多面的な繰返し評価を可能にする。さらに、シニアマネジメントがソフトウェアの社外調達を考えているような会社を考えてみよう。そのような会社では、ソフトウェアグループが正確な社内コストデータを収集していないかぎり、社外調達を考えている他の会社が将来のコストをかなり正確に把握できる能力をもっている場合太刀打ちできない。

13. オブジェクト指向アプローチ

ソフトウェア開発に対するオブジェクト指向アプローチは、クラスライブラリと継承の概念をその根幹としているため、かなり高いレベルのコード再利用に向かう傾向がある。しかし、残念ながらOOが生産性を向上させることを裏付ける経験的なデータはあまりない。実際、結果に対する正確な定量化という観点からはOOのコミュニティは何も生産していない。生産性と品質という観点からSmalltalkやC++などのオブジェクト指向言語が手続きを重視した言語に比べ優れているとされるが、結果がまだはっきりとしていないオブジェクト指向分析と設計に関しては同じことは言えない。また、OOの文献はコードの再利用にかなり重点を置いているが、設計の再利用にはそれほど重点を置いていない。ドキュメンテーションの再利用、プラン、見積り、テスト資料の再利用な

ど、再利用の他の側面はオブジェクト指向の文献の中ではまだ重要項目として扱われていない。

14. 社外調達と海外調達

多くの企業が、ソフトウェア開発はビジネスを遂行する上で必要であると認めながらも、社内での開発が必ずしも事業成功の鍵ではないと考えている。この結果、社外調達や、ソフトウェア関連事業の一切を任すため外部企業を利用する企業が急激に増加している。海外調達も同じ考えであるが、開発は人件費の安い外国で行われる。国内における社外調達も海外調達も、米国、日本、すべての西ヨーロッパのように人件費の高い国においてエスカレートしている様子である。1994年の時点では、社外調達戦略の長期的な効果を判定することはできない。多くの企業は社外調達以前のコストに関する正確なデータをもっていないため、社外調達を実施する「前」と「後」のコスト比較に関するデータがほとんど存在しない。同一業界に多くの最終利用者をもつ企業は、社外調達によってハイレベルな資料の再利用が可能となり、結果的に最終利用者のコスト削減につながる。特定の業界に多くの最終利用者をもつことでスケールメリットが得られる。

15. プランと見積り

1994年初期現在、米国市場には約100のプロジェクトプランまたは管理ツール (Artemis, Microsoft Project, Project Manager Workbench, Timeline など) と約50のソフトウェア見積りツール (BRIDGE, CHECKPOINT, COCOMO, ESTIMACS, SEER, SLIM, SOFTCOST など) が存在する⁶⁾。2~3人以上からなる大規模なプロジェクトでは、プロジェクトプランツールとプロジェクト見積りツールの併用が効果的である。大規模なプロジェクトの場合、これらのツールのどちらかを使用するほうが手作業に比べ良い結果を生む。さらに両方のツールを同時に使用することにより、最も正確なスケジュールを作成することが可能で、コストの超過も最低限に抑えることができる。両方のツールを使用したプロジェクトでは、初期の見積りが作成された後追加される要求仕様から発生するコストだけが超過コストになる傾向がある。手作業でプランや見積り

を作成したプロジェクトの場合、スケジュールとコストは計画/評価法の誤りや初期見積りの誤差が大きいほど増大する傾向にある。国内、国外の調達先が正式な見積りツールを入札や契約交渉の準備として急速に採用しているのは興味深い。

16. 書類の削減

米国の軍事防衛ソフトウェアの書類作成コストは、少なくともソースコードの2倍である。DoD 2167 や 2167 A のような米軍規格に準拠したプロジェクトの場合、Ada のステートメントごとに約400字が生成される⁷⁾。たとえば Ada 83 という言語が使用されているとすると、軍事ソフトウェアの書類作成にかかる手間はコード自体にかかる手間の約2倍になる。他の産業も書類作成から発生するコストは大きい。たとえば、テレコミュニケーションソフトウェア産業などは書類によって発生するコストの影響をかなり受けている。将来の書類のコスト管理は以前に比べ良くなることを示す兆候がいくつかある。国防省は、コントラクターへの書類に関する要求を見直しており、もしコントラクターが SEI 規格のレベル3に属していれば、要求される書類の量が削減される可能性がある。テキストとグラフィックの完全統合、効果的なドキュメント・ライブラリ・システム、通信パッケージなど、書類作成のためのツールとサポートも急速に進歩している。また、ファンクションポイント法の出現により、書類の生産性を直接測定することが可能であるが、これはコードの行数をベースにした文献ではほとんど議論されていない。このトピックは最近のもので、リサーチがまだ十分に行われていない。

17. プロセスの改善

Software Engineering Institute (SEI) の Watts Humphrey とその同僚は、ソフトウェア開発会社はソフトウェアの構築に関し注意と厳格さに欠けると指摘している。SEI は、初期段階、繰返し可能段階、定義段階、管理段階、最適化段階の5段階からなるソフトウェア成熟モデルを開発した⁸⁾。1994年現在評価されたすべての会社の約85%がレベル1の初期段階の会社である。SEIの成熟モデルのレベルが高ければ高いほどソフトウェア生産性が改善され品質レベルが向上するとい

う主張に対し、これを支持する経験的データも否定する経験的データもほとんど存在しない。空軍の後援を受けた、Dr. Larry Putnam, Dr. Arlyn Schumaker, Dr. Paul Hughes による予備調査「再利用の経済分析とソフトウェア工学プロセス」⁹⁾では、SEI のレベル 3 におけるパフォーマンス改善のいくつかの実例が紹介されている。しかしながら、この調査ではレベル 3 に達するためにどの程度のコストが必要なのかの調査はされなかったため、パフォーマンスの改善がコストに見合ったものであるか否かの討論はなされなかった。さらに、各レベル間に品質と生産性においてある程度のオーバーラップがあるように思われる。レベル 1 から 2 の優れたプロジェクトが、品質、スケジュール、コストなどの観点からレベル 3 のプロジェクトより必ずしも劣るわけではない。レベル 4 と 5 の企業のコストを理解するためのデータが不足している。

1) SEI 成熟モデルのより高いレベルに到達するために必要なコストは？

2) より高いレベルを達成した結果としてどのようなメリットがあったのか？

などは基本的な質問であるが、これらに対する回答がなされていない⁷⁾。

18. 品質改善

ソフトウェアのデバッグ作業は往々にして最初にコードを作成するよりも手間がかかる。保守とリリース後のデバッグ作業を考慮すると、品質の改善が生産性とコスト削減に対し重要であることは明白である。いくつかのソフトウェアプロセス評価や基礎調査によると、品質と生産性とスケジュール厳守の間にはほぼ完璧な相関関係が存在するようである。30 年間継続的に実施されているリサーチは、高い生産性には高い品質が必要であることを示している。品質改善のための基本的な手法には、それぞれがシナジ効果をもつ、エラー予防手法とエラー除去手法がある。最適な結果を得るためには両方の手法が必要である。最も優れた企業やプロジェクトは非常に進んだソフトウェア品質管理をすでに実行しており、平均して 95% 以上のエラー除去レベルを達成している。平均的な会社や、遅れをとっている会社の結果はひどく、出荷前のエラー除去率が 60% 以下という会社も

ある。

19. 再利用性

ソフトウェアの再利用は、現在のあらゆる技術のソフトウェアの生産性向上に対し大きな可能性があるかと仮定されてきた。また、広範な再利用によって先進国と発展途上国間の人件費の格差を縮小できると仮定されてきた。しかしながら、再利用に関するリサーチと文献のほとんどはコードの再利用に重点を置いている。再利用の経済的効果が発揮される 10 のソフトウェア要素がある。それは、

- 1) 要求仕様
- 2) アーキテクチャ
- 3) 設計
- 4) 計画
- 5) 見積り
- 6) コード
- 7) データ
- 8) インタフェース
- 9) ドキュメンテーション
- 10) テスト資料

である。

再利用される資料が増えることは望ましい。著者の「Assessment and Control of Software Risks」⁹⁾にはこれらの 10 のソフトウェア要素に対する再利用の問題と利点が説明されている。優れた再利用戦略からの生産性のゲインは、他のソフトウェア技術のどれよりも高いようである。

20. まとめと結論

ソフトウェアは、現代社会の重要な原動力の一つであるが、非常に高価で厄介なしろものである。高いコストと人件費が必要とされるため、先進工業国よりも人件費の低い国々が商用ソフト分野への進出を有利と考える可能性がある。ソフトウェア開発の有力な手段として安価なパソコンがメインフレームと置き換えられているため、ソフトウェア開発グループを組織するための投資はそれほどかからない。

ソフトウェアの利用はあらゆる国で拡大しており、これがすぐに終わることはない。拡大する地球規模の市場の統合によって、ソフトウェアは 20 世紀における最も重要な産業になっているが、21

世紀にはますます重要になるであろう。より優れた計量および計測方法の出現と、ソフトウェア工学ツールとプロセスの改善によってソフトウェアの産業としての未来はますます明るいと思われる。

参考文献

- 1) Jones, C.: Software Quality and Productivity Today—The Worldwide Perspective, IS Management Group, Carlsbad, Calif. (1993).
- 2) Albrecht, A.J.: Measuring Application Development Productivity, Proc. Joint SHARE, GUIDE, IBM Application Development Symp., reprinted in Programming Productivity—Issues for the Eighties, IEEE CS Press, Los Alamitos, Calif..
- 3) Buetow, R. C.: ISO Certification, Motorola Quality J., Aug. 1993; reprinted in American Programmer, pp. 7-8 (Feb. 1994).
- 4) Humphrey, W.: Managing the Software Process, Addison-Wesley, Reading, Mass. (1989).
- 5) Putnam, L. H., Shumaker, A. D. and Hughes, P. E.: Economic Analysis of Reuse and Software Engineering Process, Volume 1, Standards System Center, Air Force Communications Com-

mand, Maxwell Air Force Base, Ala. (1993).

- 6) Jones, C.: Assessment and Control of Software Risks, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J. (1994).

- 7) Nowell, J.: An Economic Analysis of the Software-Engineering Process, Software Productivity Research, Burlington, MA. (1994).

(平成6年11月2日受付)

Capers Jones

フロリダ大学英語学科卒業。現在、Software Productivity Research 社会長兼コンサルタント。SPQR/20 とチェックポイント推定計測ツールの開発に従事。著書「Programming Productivity」(1986年)、「Applied Software Measurement」(1991年) (鶴保征城、富野壽 (監訳)) 「ソフトウェア開発の定量化手法」(1993年)、「Software Productivity and Quality Today—The Worldwide Perspective」(1993年)、「Assessment and Control of Software Risks」(1994年)、「New Directions in Software Management」(1994年)。Boston Computer Society, IFPUG (International Function Point Users Group), International Society of Parametric Analysis, IEEE Computer Society 各会員。

