

## 情報化ダイナミックスのシステム分析

山本 勝, 萩巢芳和\*, 佐々木昌子\*\*

生産システム工学科

(1987年9月5日受理)

### System Analysis of the Information Dynamics in Japan

Masaru YAMAMOTO, Yoshikazu OGISU\*, Masako SASAKI\*\*

Department of Systems Engineering

(Received September 5, 1987)

In the coming high-leveled information society in Japan, computerization and communication networks will be developed increasingly not only in the industries but also in the society. And then, they will make the high leveled information society which is one of the complicated, large-scaled social system. Hence, in this paper, we make the total dynamic model of the information system by applying the System Dynamics Theory. We try to analyze and estimate the dynamic structure and future trend of the complicated information society in detail. Furthermore, we make simulation the model by the micro-computer under the some scenarios of information policies. Above all we examine the problem of the Software Crisis in nearer future in Japan.

#### 1. はじめに

情報化社会とは、情報通信産業の発展により、社会機能が効率化・活性化され、豊かで快適な国民生活が実現されていく社会である、と定義することができよう。従って、この情報化社会は、これまでの工業化社会に較べて、情報・知識等の果たす役割が極めて大きい社会でもある<sup>1),2)</sup>。また、この情報化社会をより高度に推進していく主要因として、国民ニーズの質的变化並びに情報処理・通信技術の発達と普及の2点を挙げる事ができよう。すなわち、社会、産業、生活および個人のあらゆる分野において、国民ニーズが多様化・高度化してきたとともに、そこで発生した多種多様の情報化ニーズに対して、情報処理、加工、蓄積、検索および伝達を迅速かつ正確に行うことが可能となる情報化シーズ(Seeds)が整備充実されてきたと言えよう。そして、この情報化ニーズとシーズは、相互に関連しあいながら社会全体をも巻きこんだ一つの情報化ダイナミックス・システムを構築してきたのである。従って、今日並びに今後の情報化に関する諸問題を解決していくためには、まず、それらを一つの社会システムとして総合的かつダイナミックにとらえていくことが不可欠なものとなってきた。

このような状況認識と研究目的から、本稿では、システム工学の立場から、システム・ダイナミックス理論<sup>3)</sup>を

用いた情報化ダイナミックス (Information Dynamics) モデルの構築と、そのシステム構造・動態特性の分析・評価を中心に考察を行う。また、ソフトウェア技術者の危機的不足を予測したソフトウェア・クライシス問題に関して、前述のダイナミックス・モデルを用いてシミュレーション実験を行うことにより、その将来予測と各種の情報化政策評価についても考察を行うこととする。

#### 2. 情報化の構造と特質

工業社会から情報化社会への移行要因として、とくに下記の3点を挙げる事ができよう。

(1)高度化・多様化する社会ニーズの変化

(社会ニーズ)；

わが国は、高度経済成長を経て物的豊かさを達成した結果、国民は質的、文化的豊かさを志向し、そのニーズは、より高度化・多様化あるいは個性化してきた。このような国民ニーズに即応した諸サービスを提供していくために、情報機能の果たす役割が重要になってきた。

(2)産業における生産性向上への要請 (産業ニーズ)；

これからの厳しい企業・社会環境のなかで、産業界は合理化・効率化を迫られており、FA および OA 等の導入が積極的に進められている。

(3)情報関連技術の開発と利用

\* 日本アイ・ビー・エム㈱, \*\* 名古屋通産局

表1 情報化推移と特徴

世代	企業環境・社会ニーズ	情報化技術(シーズ)	生産・物流構造の特徴	情報化の進展
昭和30年代	<ul style="list-style-type: none"> <li>高度成長</li> </ul>	PCS ↓ 第2世代 (トランジスタ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>少品種少量生産                              ↓ (20年代)                              少品種多量生産</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>集計単純業務のコンピュータ化</li> <li>バッチ処理</li> <li>大量データの処理</li> </ul>
昭和40年代 (1965年)	<ul style="list-style-type: none"> <li>高度成長</li> <li>量への対応</li> </ul>	↓ 第3世代 (IC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>少品種多量生産</li> <li>生産性向上</li> <li>一貫生産管理システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>管理業務のコンピュータ化</li> <li>オンライン・リアルタイム処理</li> <li>総合情報システム</li> </ul>
昭和50年代 (1975年)	<ul style="list-style-type: none"> <li>安定成長</li> <li>質への対応</li> <li>軽薄短小化</li> <li>高品質化</li> <li>効率化</li> </ul>	↓ 第3.5世代 (LSI)  ↓ 第4世代 (超LSI)	<ul style="list-style-type: none"> <li>省エネ・省資源</li> <li>工程の連続化</li> <li>オーダ・エントリ・システム</li> <li>コスト低減</li> <li>小ロット化・イン・ジャスト・タイム生産</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計画業務のコンピュータ化</li> <li>DSS (MDS)</li> <li>ネットワーク化</li> <li>OA化技術</li> <li>工作機械のNC化</li> <li>単体利用の自動化</li> <li>CAD/CAM</li> <li>自動搬送機</li> </ul>
昭和60年代 (1985年)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ニーズの多様化</li> <li>迅速化, 低コスト</li> <li>納期の短縮化</li> <li>個性化</li> <li>製品の多様化, 高付加価値化</li> <li>新製品の開発</li> </ul>	↓ 第5世代	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎多品種少量の受注生産の自動化</li> <li>◎計画重視型の生産管理方式</li> <li>◎販売・調達・生産・物流の総合管理</li> <li>◎設計・生産管理の総合ネットワーク化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>産業用ロボット</li> <li>広域オンライン・ネットワーク化</li> <li>(1)企業内総合ネットワーク (LAN)</li> <li>(2)系列会社間ネットワーク</li> <li>(3)企業間ネットワーク (VAN)</li> <li>FMS</li> <li>FA</li> </ul>
昭和70年代 (1995年)	<ul style="list-style-type: none"> <li>高齢化</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>工場の分散立地</li> <li>無人化工場</li> </ul>	

(情報化シーズの技術革新) :

電子技術, コンピュータ技術および通信技術の急速な発展と, これらの諸技術の実際の活用を推進・支援する情報関連産業の活躍が著しい。

そして, これらの諸要因が, 図1に示すごとく, 社会および産業ニーズがより高度の情報化シーズを生み, その結果, 更に新たな情報化ニーズを生む, という正のダイナミックなフィード・バック・ループを形成する。これが情報化社会構築への「情報化ダイナミックス」であ

る。なお, この情報化ダイナミックスは, 第1次情報化革命(1960年代~1970年代), つづいて第2次情報化革命(1980年代~1990年代)の名のもとに, 21世紀における高度情報社会の構築をめざして加速度的に進展していく。これらの情報化推移とその特徴を要約すると, 表1のようになる。

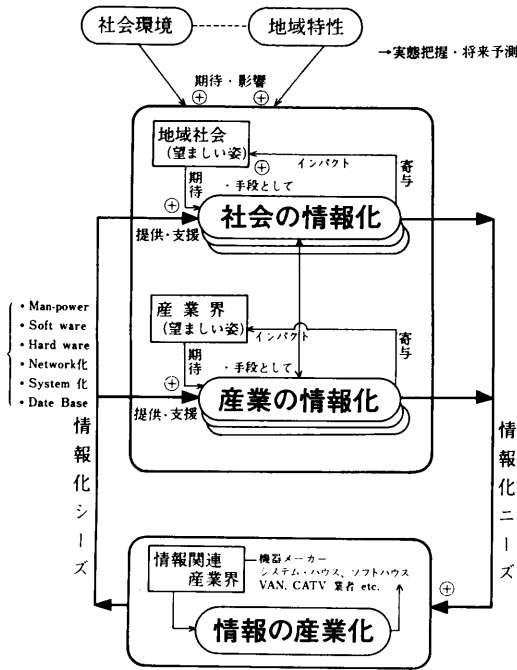


図1 情報化ダイナミックスのシステム構造  
Fig. 1 System structure of Information Dynamics

3. 情報化の理念と目的

産業界あるいは社会における情報化とは、それ自身が目的ではない。それは、社会あるいは産業界の活性化、生産性向上等を達成していくための一つの有力な手段であり方法である。従って、それぞれの置かれている固有の立場・目的にもとづいて、創造的かつ計画的に情報化を推進していくことが必要である。このためには、目的意識と主体性と計画性をもって、ユニークな情報化を推進していくことが大切である。この時、つぎに示す4つの課題に対する十分な考察と、それらの調整・調和が重要となってくる<sup>6)</sup>。

まず、(1)情報化における philosophy の確立である。すなわち、目的思考、ニーズ・オリエンティッドな情報化理念および目的の確立が先決である。つぎに、(2)情報化における Human Ware の確立である。情報化とは、単なる情報化機器の導入ではない。それは、後述の Hard Ware, Soft Ware および、このヒューマン・ウェアとの調和された一体化を意味するものである。人間の主体性、人間性尊重および円滑な人間関係を考慮しない情報化は、本来の機能・目的を十分に果たすことはできない。また更に、情報化が効率のかつ効果的に機能していくためには、(3)対象システムにおける Management Ware の確立が必要である。とくに、組織改革、手続・方法の見直し・改善、運営体制等の整備・充実などが重要な検討課題となってくる。最後に、(4)Hard Ware (狭義の Soft

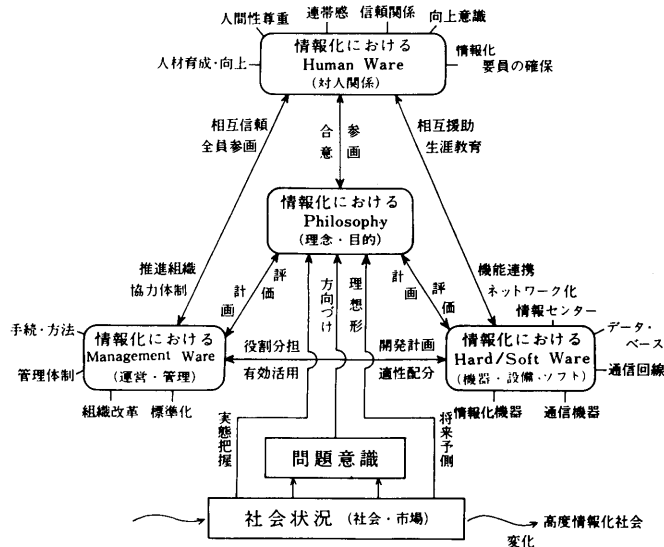


図2 情報化における5つの課題  
Fig. 2 Five subjects in Information Dynamics System

Wareを含む)の整備充実が大切である。すなわち、各種情報化機器の導入、データ・ベースの構築、通信回線の設置、等が考えられる。しかしながら、より高度化・多機能化されたハード・ウェアも、前述の3つのウェアとの調和と連携のもとで、その機能を十分に発揮していくことができよう。

以上の関係を概念図に示すと、図2のようになる。

#### 4. ソフトウェア・クライシス問題

##### 4.1 問題背景

ソフトウェア・クライシス (Software Crisis) とは、ソフトウェア技術者の市場需要と供給能力のギャップから生じるソフトウェア技術者不足に関する今後の危機的状況を予測あるいは警告した言葉である。とくに、通産省の将来推計によると、わが国においては、昭和65年には約59万人のソフトウェア技術者不足が懸念されている。

しかしながら、この推計値および推計方法には、いくつかの基本的な問題点が指摘される。まず、推計の前提となる昭和55年におけるソフトウェア技術者数26万人は過大見積りであると言えよう。これは、国勢調査による昭和55年のソフトウェア技術者数13万人と比較してみても、およそ倍のひらきがある。また、通産省の推計モデルでは、ソフトウェア技術者の需要予測について、年率26%もの伸び率を見込んだ計算方法を用いているが、この値は、情報サービス業におけるソフトウェア市場規模の伸び率であって、全産業におけるソフトウェア需要規模の伸び率は、これ程大きくないと考えるのが妥当であろう。つぎに、第3点として、ソフトウェア業務における生産性の伸び率を、およそ4%と仮定しているが、これを情報サービス業におけるソフトウェア開発業務に限定してみると、その生産性の伸び率は、年間平均6.5%(但し、昭和56年~58年)の実績を示している。最後に、第4点として、ソフトウェア市場の拡大年率26%は、かならずしも、そのすべてをソフトウェア技術者の増加に完成依存するものではなく、現実的には、他のいくつかの有力な補完方法・政策が十分可能であろう。

以上の点を総合的に考慮すると、昭和65年には60万人のソフトウェア技術者が不足するという通産省の推計値および推計モデル・方法には、係数的にも、また、構造的にも多くの欠陥がみられる。そこで、本稿では、この種の問題解決に最適と考えられるシステム・ダイナミクス理論を用いて情報化ダイナミクス・モデルを構築し、コンピュータ・シミュレーション実験により、ソフトウェア・クライシス問題の構造と動態特性の分析および解決案の評価についてシステム工学的立場から考察を

行う。

##### 4.2 問題の要因構造解析

ソフトウェア技術者の需給関係に影響を及ぼす要因として、まず、産業界および社会からの情報化ニーズの動向を挙げることができる。これに対して、供給側における要因としては、現有のソフトウェア技術者総数、ソフトウェア開発・保守の生産性、汎用ソフトウェアの普及状況、等が注目されよう。また、このソフトウェア技術者の総数・レベルに関係する要因として、大学および専門学校におけるソフトウェア関連教育・養成機関の規模・内容・レベルが、とくに重要である。なお、ソフトウェア技術者の機能的、質的内容については、これを、システムエンジニアおよびプログラマーに大別し、それぞれを、レベルに応じて上級、中級および初級にランク付けすることが適切であろう。また、ソフトウェア技術者のマン・パワーを補足する政策・方法として、ソフトウェア開発・保守における生産性向上あるいは汎用ソフトウェアの普及拡大、等が考えられよう。たとえば、現在でのソフトウェア開発における生産性は、W. E. リドルの試算によれば、年率4%であるのに対して、今後の情報化政策と関連分野における管理・技術革新等により、ソフトウェア開発並びに保守活動における生産性の向上が期待される。そして、これらの結果、ソフトウェア技術者の需給ギャップも緩和されていくとともに、ソフトウェア自身の品質も向上し、同時に、保守の機会も減少していく。また、汎用ソフトウェアのソフトウェア市場に占める割合は、現在10%程度と言われているが、この割合が増大していくことにより、各企業に必要なソフトウェア技術者の総数を相対的に減少させていくことが可能であろう。

なお、情報化ニーズに関しては、多くの不確定要素が相互に関連しあっていること等から、それらを特定の従属変数を用いて表すことは困難な点が多く、また十分な資料・根拠も不足していることから、今回の情報化ダイナミクス・モデルにおいては、外生変数として扱うこととする。

以上述べたソフトウェア・クライシス問題に関する諸要因間の関係を図示すると、図3に示すような簡略化された因果ループ図が得られる。

#### 5. シミュレーション分析と評価

##### 5.1 モデルの構造

前節での要因構造解析により、当該モデルには、いくつかのフィードバック・ループが存在することが分かる。とくに代表的な負のフィードバック・ループとして、①；





び定員4倍——1990年からソフトウェアの生産性を100%向上するとともに、情報関連学科の学生総定員を4倍に増員した場合；

なお、上記のケース以外に、当該モデルの感度分析を行う目的からも、汎用ソフトウェアの開発と流通を積極的に促進していった場合、ソフトウェア技術者の養成期間を短縮した場合、ソフトウェア需要が増大（あるいは減少）した場合、産業構造が変化した場合、および上記の混合ケース、等についても同様にシミュレーション実験を試みた。

### 5.3 シミュレーション結果と考察

今回のシミュレーション実験は、パーソナル・コンピュータ(PC-9801)を用いて実施した。また、シミュレーション期間として、1980年（開始年）から2000年（最終年）までの20年間とし、シミュレーション間隔DTは、一年とした。以下に、そのシミュレーション結果を要約する。

A) この基本モデルにおいては、特別な情報化政策を実施せず、現在の傾向がこのまま続いていくと仮定した場合である。この結果、図5-(A)に示されるように、1990年には、ソフトウェア技術者が39.6万人不足になることが予測される。この値は、通産省の推計値58.9万人と比較しても、約19.3万人程度少ないものの、本モデルにおいても、2000年には、122万人ものソフトウェア技術者が不足するという極めて深刻な状況が予測されることから、つぎに述べるような情報化政策の早期実施が必要であろう。

B) ソフトウェア開発および保守における生産性・信頼性を向上させるためには、ソフトウェア開発・保守の全工程にコンピュータを導入し、ソフトウェア生産活

動における機械化・自動化を推進していくことが必要である。このため、わが国においては、昭和60年度から5カ年計画でソフトウェア生産工業化システムの構築(シグマ計画)を進めている。そこで、この(B)では、このシグマ計画等の成果により、1990年からソフトウェア生産性を2倍に向上することができた場合についてシミュレーションを実施した結果、図5-(B)のような出力グラフを得た。この図から明らかなように、ソフトウェアの生産性向上は、それに必要なソフトウェア技術者の需要をおさえ、2000年におけるソフトウェア技術者の需要総数を、219.6万人から119.8万人に減少させることが可能となる。この結果、2000年におけるソフトウェア技術者の不足数は、27.1万人となり、A)の場合と比較して大巾な減少が期待できる。

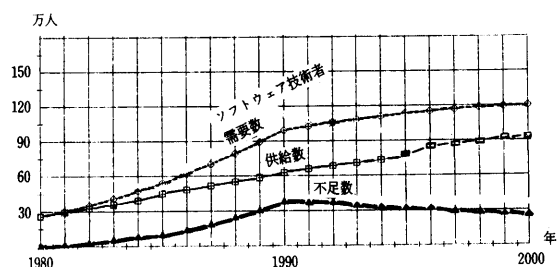


図5-(B) 情報化シナリオ(B)の出力結果図

Fig. 5-(B) Output diagram in the case of the scenario (B)

C) ソフトウェア技術者の量・質における将来の危機的不足状況を回避するためには、有能なソフトウェア技術者の効率的育成と確保が必要であり、このための具体策として、(1)教育・研修用高度ソフトウェアの開発、(2)高度情報技術教育システムの開発・整備充実、等が考えられる。なお、わが国においては、情報関連学科の新設、情報大学校構想、学校教育におけるコンピュータの導入と利用、等を計画あるいは促進している所である。そこで、この(C)では、上記の情報関連学科の新設あるいは増員計画が実施され、1990年から情報関連学科の学生定員が倍増された場合についてシミュレーション実験を行った結果、ソフトウェア技術者の不足数は、多少緩和された増大傾向を示すものの、2000年には、75.2万人のソフトウェア技術者不足を生じることが予想される。

D) ここでは、前述の学生増員計画をより積極的におし進め、1990年から学生定員を4倍にした場合について考察する。このとき、図5-(D)のシミュレーション結果が示すように、1990年以降のソフトウェア技術者の不足数は、30万人から40万人前後の横ばい傾向を示すことが予測される。

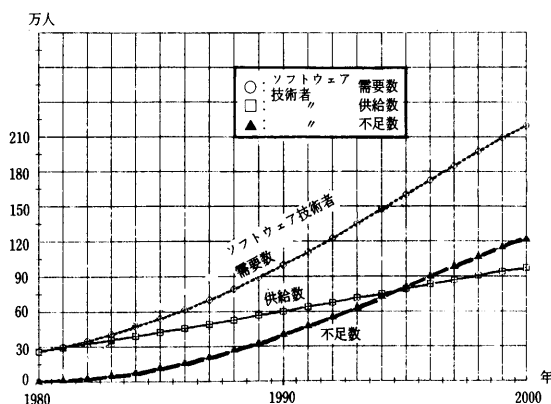


図5-(A) 情報化シナリオ(A)の出力結果図

Fig. 5-(A) Output diagram in the case of the scenario (A)

表2 5つの側面および視点からみた情報化課題

視点／側面	目的・意義 (Purpose)	Hard Ware	Soft Ware	Human Ware	Management Ware・その他
産業の情報化	生産性向上, コスト低減, 消費者ニーズの迅速かつ的確な把握, 売上拡大, 更には経営戦略の決定といった強いニーズをもった企業が企業内から企業間へと情報ネットワークシステムを広げていき経営の効率化, 合理化をすすめる。	①システムの普遍性・相互接続性の維持 ②システムの安全性の確立	①情報の所在の明確化 ②プライバシー侵害の防止	①「地域情報化」にむけた統一的意識教育 ②指導的技術者等リーダーの養成	①情報のスムーズな流通のための施策 ②ユーザーの反応に対する効果的フィードバック ③情報ネットワークに参加する者となし者との産業組織的格差 ④情報市場の形成
情報の産業化	産業・社会面を通じて情報財や情報サービスのウエイトが高まり, 情報資源を生産・供給する産業が成長するとともに, 固有の情報をもった他産業からの参入によって, 情報を中心とした基幹的産業群を形成する。	①ネットワークの相互互換性の高度化 ②ネットワークの高品質化 ③情報処理センターの増設 ④集中型から分散型への情報システムの転換	①ソフトウェア生産性の向上 ②ソフトウェアの大型化・複雑化への対応 ③情報の質の向上	①「情報化」のための意識教育 ②ソフトウェア技術者の確保・養成	①情報化に対する指導と助成 ②法的条件の整備 ③ハードウェア製造業を中心とした系列化 ④他業種からの参入増加
地域中小企業の情報化	事務・業務部門の合理化による経営の合理化・効率化の要請が高まっていることに加え, ユーザーの要求の多様化・高度化に対応し, 情報を活用した迅速・正確かつ多様なサービスの提供を行うと共に, 地域固有の産業特性を生かす。	①親企業による系列的オンライン化ネットワーク化に対する相互互換性 ②技術革新に対する互換性 ③企業間格差への対処	①利用情報の充実	①情報化に対する中小企業者の教育 ②中小企業の人材の確保	①分業体制の効率化 ②効果的新製品開発 ③配送の効率化 ④事務管理の共同化 ⑤受注発注事務の合理化 ⑥商店街の活性化
地域社会の情報化	住民の知的・文化的豊かさに伴い, そのニーズは高度化, 多様化, 個性化しているが, それを迅速かつ的確に把握してニーズに即応したサービスを提供する	①地域固有のシステムの構築・運用 ②情報発信基地としての情報通信システムの構築・運用 ③地域間格差を解消するシステム	①利用ソフトの充実 ②プライバシーの保護	①住民に対する「情報化」教育	①コスト負担及び配分 ②コミュニティ活動, ボランティア活動の情報化助成
情報化基盤の整備	高度化・多様化する利用者ニーズに対応し, 地域産業経済の活性化と豊かな住民生活の実現を達成するために技術的基盤として不可欠である。	①地域INSの構築 ・多層的なトータルネットワークの構築 ・地域特性をふまえたニューメディア情報通信システムの整備 ②技術開発の推進 ・標準化の推進 (インターオペラビリティ) ・安全性・信頼性対策の確立 ・研究開発の推進 ・情報機器の操作性の容易化	①データベースの整備 ②ソフトウェア開発の効率化 ③プライバシーの保護 ④情報公開 ⑤ソフトウェアの法的保護	①情報関連技術の研究者・技術者の人材の養成・確保 ②ソフトウェア技術者の人材養成・確保 ③システムコンサルタントの資格制度の設置・育成 ④国民各層に対する一般教育 ⑤他業種からの職務転換のための再教育	①競争原理の導入 ②合理的な料金体系と低料金の実現 ③利用者のニーズにあった各種情報システムの充実 ④法律・制度の見直しと新しいルール作り
要約	地域の独自性及び主体性を基本に, 地域産業の情報化を原動力とし, 家庭の情報化から社会の情報化へと進めて行く, その際基幹産業としての情報関連産業及び情報化技術基盤の確立が土台となる。	重要な社会的インフラ・ストラクチャアとして, 基盤となる情報ネットワークシステムは多額の投資を必要とし, 公共性の確保やシステムの安全性, 効率性のため, 公的組織を中心に相互互換性を確保した情報通信産業の体質基盤強化を図る。	公的なデータベースの整備・公開を進めると共に, ソフトウェア開発の工業化・ソフトウェア工学の高度化に努める。またプライバシーの保護のための法制的整備を急ぐ。	情報システムのハード・ソフト及びマネジメントを扱う研究者・技術者等の人材育成を行うと共に, 高度情報化を円滑に進めるための国民各層の一般教育の充実をはかる。	情報化に伴う社会変化に対応するため法律・制度の総点検をすると共に膨大な費用を必要とするため, 財政・税制的な優遇措置を考える。



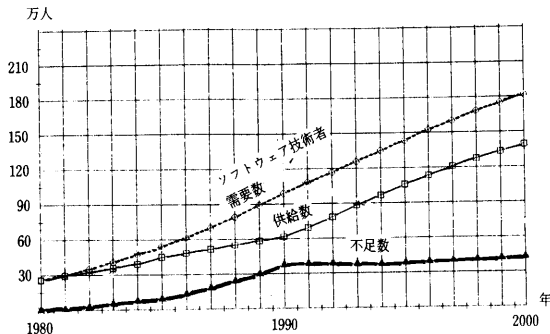


図5-(D) 情報化シナリオ(D)の出力結果図

Fig. 5-(D) Output diagram in the case of the scenario (D)

E) より積極的な情報化政策の一つとして、前述のB)およびD)を同時並行的に進めていった場合について考える。この場合には、1990年をピークとして、ソフトウェア技術者の不足数は減少していき、2000年前後には、ソフトウェア技術者の需給関係はバランスを保ち、それ以後は、逆に、ソフトウェア技術者の過剰現象が生じることが予想される。

以上のシミュレーション実験結果から総合的に判断して、わが国におけるソフトウェア・クライシス問題を構造的に、そして本質的に解決していくためには、単なる場当たりの対応ではなく、より積極的な情報化政策を、産・学・官の一体のもとに推進していくことが必要不可欠であることが理解できよう。

## 6. おわりに

情報化問題は、最近注目されてきたこれからの重要課題であるため、それに必要な統計資料、手法あるいは解決アプローチは、極めて不十分である。しかしながら、

本稿で試みたシステムダイナミクスによるアプローチは、この種の問題解決には有効であると考えられる。なお、今回のコンピュータ・シミュレーション実験においては、関連統計資料の不備から、いくつかの仮説あるいは仮定を用いてある。従って、今後は、情報化要因構造に関する詳細かつ定量的な解析、並びに関連データの継続的な収集・蓄積・分析が待たれるであろう。

また、今回は、情報化社会システムの一部分のモデル化を中心に考察を行ったにすぎないが、当モデルを更に拡大発展させていくことにより、一つのトータル情報化ダイナミクス・モデルを構築していくことが期待される。このとき、表2に要約されるように、5つの側面および5つの視点からの体系的な検討と見直しが望まれるであろう<sup>7)</sup>。

## 参考文献

- 1) Toffler, A. 著, 徳山二郎監修: 第三の波, 日本放送出版協会 (1980)。
- 2) 産業技術会議: 未来高度情報システム—高度情報化の現状と未来, 政府関係資料 (1985)。
- 3) Forrester, J. W.: Industrial Dynamics, MIT Press (1961)。
- 4) 小玉陽一: パソコン BASIC システムダイナミクス, 東海大学出版会 (1985)。
- 5) 萩巣芳和: 情報化ダイナミクスに関する研究, 名古屋工業大学・修士論文 (1987)。
- 6) 山本 勝: OA 化に関する意識分析, オフィス・オートメーション学会誌, pp76-86, Vol.8, No. 1 (1987)。
- 7) 東海北陸地域情報化検討会議: 東海北陸地域情報化の現状と課題, 名古屋通産局 (1986)。
- 8) 国土庁計画・調整局編: 情報化と地域振興戦略, 大蔵省印刷局 (1986)。