

電子・通信工学研究連絡委員会報告

「通信産業構造の変化と人材養成」

平成6年3月25日

日本学術会議

電子・通信工学研究連絡委員会

この報告は、第15期日本学術会議電子・通信工学研究連絡委員会の審議結果を取りまとめて発表するものである。

- 委員長 戸田 巖（日本学術会議第5部会員、富士通(株)常務取締役）
- 幹事 池田 博昌（NTTアドバンステクノロジー(株)顧問）
武田 康嗣（(株)日立製作所専務取締役）
- 委員 猪瀬 博（日本学術会議第5部会員、学術情報センター所長）
岩崎 俊一（日本学術会議第5部会員、東北工業大学学長）
岡村 総吾（日本学術会議第5部会員、東京電機大学学長）
尾関 雅則（日本学術会議第4部会員、(財)鉄道総合技術研究所理事長）
菅野 卓雄（日本学術会議第5部会員、東洋大学工学部教授）
西澤 潤一（日本学術会議第5部会員、東北大学学長）
植之原道行（日本電気(株)特別顧問）
大越 孝敬（工業技術院産業技術融合領域研究所所長）
小野 雅敏（工業技術院東北工業技術試験所所長）
加藤 康雄（日本電気(株)専務取締役）
木村 磐根（京都大学工学部教授）
熊谷 信昭（大阪大学名誉教授）
黒川 兼行（(株)富士通研究所副社長）
末松 安晴（東京工業大学学長）
中原 恒雄（住友電気工業(株)代表取締役副会長）
永井 淳（(株)東芝監査役）
堀内 和夫（早稲田大学理工学部教授）

1. はじめに

21世紀は高齢化社会、国際化社会、成熟社会等々、種々の断面でとらえられている。社会は「心の豊かさ」や「ゆとり」を求め、広い意味でのヒューマンネットワークが重要となる。このようなヒューマンネットワークを支える手段として、社会の情報化、更には通信の果たすべき役割はますます大きなものとなる。

電子工学、情報工学等の進歩とあいまって通信ネットワークの高度化が進み、情報スーパーハイウェイの構築やVOD（ビデオオンデマンド）等マルチメディア通信サービスが進展し、ネットワーク型産業構造、社会構造が形成されていく。このように、産業や社会への通信技術の展開・浸透が着々と進み、それに伴って通信は質的にも、産業構造的にも大きく変化していく。

一方、我が国の労働力需給バランスは21世紀初頭期にかけて大きな転換期を迎える。18才人口は1992年の205万人をピークに減り始め、2010年には現在の6割程度にまで減少する。このような「若年人口の大幅な減少」に伴って、我が国の労働力人口も2000年を境に減少期に入ると見込まれている。このように、21世紀に向けて通信は大きく変化し、それに伴って通信系人材の需要増や、資質変化等が発生するにもかかわらず、通信を取り巻く人材環境は厳しく、これを乗り切るためには、要員配置の適正化や重点養成等を通じた通信系人材構造の変革が必須となる。

本報告では、21世紀に向けた通信の姿を展望した後、通信産業構造の変化という観点に立って、これからの通信を支える人材課題を検討し、通信技術者養成の在り方を探る。

2. 21世紀の通信の姿と役割 ⁽¹⁾⁻⁽³⁾

電話サービスをベースに発展してきた通信は、ニーズの多様化と技術進歩を背景に新たな展開を示しつつある。今世紀の前半から中葉にかけての工業化社会においては、道路や鉄道、航空等の物流インフラがそれを支えてきたが、これからの高度情報社会を支えるのは情報インフラ、すなわち通信ネットワークや各種情報処理システムといえる。このような視点に立ち、21世紀の通信の姿、役割について、社会活動面、企業活動面から展望する。

2.1 社会活動と通信

21世紀は社会のあらゆる場面で通信が利用される。物流から情流への流れはそれ自体が社会生活の形態を大きく変えるが、それにも増して通信ネットワークの個々の家庭への普及は、核家族化、単身世帯化、または高齢化という新しいファミリー構造の社会の変化

をサポートする大きな基盤になると考えられる。それは単に買物への利便性の増大や余暇活動の内容を豊かにするといった日常的な生活行動に福音をもたらすということにとどまらず、広く国際社会にまで一家庭を結び付けるという画期的な変革に力を発揮することができる。医療・福祉面においても通信ネットワークの利用が拡大する。全国各地の医師が最新の治療情報や病気の経過データ等を通信ネットワークを介して取り出したり、病院相互間でレントゲン写真や患部組織の生検画像等の医療情報を即座にやり取りできるようになる。また、複数の病院の複数の医師が、同一医療情報を囲んで診断会議を開けるようになり、より正確な診断が期待できるようになる。このように、いかなる地域に居住していても、いかなる難病治療においても、直ちに専門の医師とつながることとなり、しかも国際的にもその関係を広げられるようになるなど、通信ネットワーク利用のメリットの大きさは計り知れない。福祉面においても通信の果たすべき役割は大きい。ひとり暮らしの老人にとって、必要な時に必要な人と対話し、常に社会との接点を持った生活を送るためにも通信ネットワークは極めて有効である。

通信ネットワークは教育等の形態をも大きく変える。大学間が衛星通信回線等で結ばれ、広域の大学相互間でテレビ講義や講演が頻繁に行われるようになる。学生は希望する他大学の講義を比較的簡便に受けられ、社会人も多種多様な教育機会を享受できるようになる。また通信ネットワークを介した研究情報のやり取りや討論が頻繁に行われ、研究活動はますます活性化する。

2.2 企業活動と通信

政府の政策目標は生産大国から生活大国へと大きく変化した。企業においても、従来の大量生産・大量消費によるコストミニマムから、産業廃棄物処理などの社会コストを含めたトータルコストミニマムを狙う枠組みに変化しつつある。このような企業（経営）の動向に伴って、企業活動における通信の使われ方、役割も大きく変化する。

企業活動における通信は、合理化・省力化の手段という基本的役割に加え、仕事の質向上のための手段、更には宅配便等の個別配送サービスに見られるような市場優位条件を作り出す積極的戦略手段として用いられるようになる。従来のオペレーショナルレベルでの省力化に加え、オフィスにおけるPCやワークステーション等の装備率向上や、複数の人間による業務管理、組織や場所を越えたプロジェクトの進行・意思決定など、集団による共同業務支援環境（グループウェア）の整備に伴って、ホワイトカラーの生産性向上や仕事の質向上が進む。更に企業内はもちろん、企業間、それも国を越えた企業間がグロー

バルネットワークで結ばれ、マーケット情報や経営情報が頻繁に行き来するようになる。また国際的競争力アップに向け、各企業は各々特異価値を創造する情報資源型企業へと変身し、更にはネットワーク組織と呼ばれる企業間、国際間の新たな連携による価値連鎖創造の動きが活発化する。その結果地球規模での連携・分業化が進むなど、競争から共生へと企業戦略の転換を推し進めるようになる。このように、通信ネットワークはこれからの企業活動にとってますます重要な役割を果たすようになる。

3. 通信産業構造の変化 ⁽⁴⁾ - (10)

前章で述べたように、通信は高度情報社会を支える重要なインフラストラクチャーであるとともに、電子産業活性化や新たな情報産業を生み出す原動力でもある。加えて、エネルギー、地球環境保護の観点からも通信の果たすべき役割はますます大きくなろうとしているし、こうした通信の新しい利用のされ方に伴って、通信技術や通信産業は大きく変化していく。

3.1 通信技術の動向と課題

21世紀の通信では、B-ISDNによるマルチメディア通信、移動無線によるパーソナル通信などが広く普及すると共に、ネットワーク制御機能の高度化により電子秘書機能などの高度サービスを提供するインテリジェント化が進展するなど、大きく質的変革が進む。このような通信の変化に対応し、今後強化すべき通信技術を以下に示す。

(1) マルチメディア技術

マルチメディアサービス等の活性化に伴って、マルチメディアシステム技術やメディア応用・サービス設計技術等、マルチメディア通信技術の重要性が増す。メディア応用・サービス設計技術には、マルチメディアの企画・プロデュース技術であるタイトル制作技術や、メディア記述・同期、フォーマット変換、シミュレーション、検索等の技術であるマルチメディアオーサリング技術があり、コンピュータやソフトウェア技術に加え芸術的素養も求められるようになる。

(2) 通信境界領域技術

これら新しい通信サービスを支える通信ネットワーク技術として、ATMノード・リンク、FTH (Fiber to the Home)、小形移動無線等の通信固有領域技術に加え、自律分散制御等を基調とするネットワーキング技術、システムアーキテクチャ技術、システムインテグレーション技術、情報インターオペラビリティ技術等、通信と情報の境界領域技

術の高度化が必須となる。

情報インターオペラビリティ技術は、相互接続技術、API（アプリケーションインタフェース）、GUI（グラフィカルユーザインタフェース）、オープンシステム化技術（エンドユーザプログラミング技術）、セキュリティ技術等、通信の本質ともいえるコネクティビティや相互運用性に関わる技術であり、これからの通信サービスを支える重要な技術となる。

また、これら重要技術領域のうち、特に後者（境界領域技術）は前者（固有領域技術）に比べ未体系の分野が多く、研究開発の一層の強化が望まれる。

(3) ソフトウェア技術

これからの通信においては、ネットワーキング、システムアーキテクチャ、システムインテグレーション、通信サービス等々、広義のソフトウェア技術の重要性が増し、技術体系化に向けた研究がますます重要となる。このように通信の中核技術は、情報工学、さらには社会・人文科学との関連をより一層深めつつ、ハードからソフトへとシフト拡大が進む。

(4) 生産性向上技術

上記諸技術とともに、それを支える設計・製造・運用技術の高度化もまた重要である。通信装置の高度化・多様化を支えるLSI設計（CAD）技術、多種多様化するソフトウェアの生産性向上技術、大規模・複雑化する通信システム運用を効率化する保守運用省力化技術等がそれであり、これら技術に関する研究開発強化もますます重要となる。

3.2 通信産業構造の変化

通信産業は、①第一種、第二種電気通信業等の通信ネットワーク産業、②通信機器製造業や通信建設業等の通信機器・建設産業、③放送や電子情報生産業（ソフト、情報処理、出版、映画等）等の情報提供産業で構成される。

社会や産業の情報化進展に伴い、通信産業は大きく変容を遂げつつある。これからの通信は、これまでの基本通信機能に加えて、各種ネットワークの相互接続機能、知識情報処理機能、サービス機能等の高機能化がますます進み、この結果、特に、付加価値通信サービス等に代表される第二種電気通信業や情報化の進展に伴う電子情報生産業が大きく成長する。

電子情報生産業は通信ネットワークを主たる手段として用い、契約あるいは対価支払い等により特定された第三者に電子化された情報を提供する産業である。各種データベース

サービス、オンライン受託計算サービス、コンピュータプログラム配送サービス等があり、さらに将来的には電子出版、電子新聞、その他映像メディアサービスなどが加わり、通信と出版・映画等の融合、通信と放送、コンピュータの融合など、関連産業間の融合化をも誘引しつつ、21世紀に向け飛躍的成長が予想される。このような新規サービス分野の成長に伴って、通信産業全体としてもこれまでと同様成長傾向を維持し、この結果、通信産業の総市場規模は、図1に示すように、1990年の15兆円から15年後の2005年には42兆円と、約3倍に成長するものと推定される。

4. 通信における人材課題と養成策 ^{(11) - (15)}

4.1 人材需給の見通し

通信人材需要の増要因としては、①産業の成長、②労働時間短縮化等があり、また減要因としては、③専門化、分業化、融合化等による人材活用の効率化、④生産性向上効果等がある。このように人材需要についてはいろいろな見方があり、その予測は極めて難しいが、通信産業における現在の就労者数並びに構成をベースに、市場成長動向や代表的な通信系企業の就労者数・構成推移等を基に、大胆な推定を試みることにする。

通信系大手企業数社の過去15年間の就労者数推移を見ると、売上高が約3倍に成長しているにも関わらず、就労者数は2割増にとどまっている。その内訳を見ると、開発設計技術者が約2倍増となっているのに対し、大数を占めていた製造運用技術者は約2割減となっており、開発設計系の強化（技術集約度の向上）を通じ、製造運用系の効率化・省力化（生産性の向上）を図ってきたことがわかる。

このような技術集約度を高めつつ生産性を向上していく方針を今後とも継続適用していくとすると、15年後の西暦2005年～2010年頃における通信系就労者数は、労働時間等の変化がないという前提の基でも、開発設計技術者は現在の約2倍となり、また総数も約2割増の87万人規模になると想定される。〔図2〕

開発設計技術者の増加傾向は、付加価値通信サービスや電子情報生産など、新しい高付加価値サービス分野において特に顕著である。今後15年間で約10倍の急増が見込まれ、これまでの通信にない新しい資質を持ったマルチメディア技術者の増強が必要となる。また、通信サービスの多様化・高度化に向けハードからソフトへとシフト拡大していく通信中核技術動向に連動し、通信境界領域分野の開発設計技術者の増強が必要となる。

一方、開発設計技術者の主供給源である大学卒技術者数は、21世紀初頭期における「若年人口の大幅な減少」の影響を受け、ここ当面の期間、減ることはあっても増えること

は無いという状況で推移するものと思われる。

開発設計技術者の増強については、これまでと同様各企業の内部リストラ、すなわちライン自動化技術、ソフトウェア生産性向上技術、保守運用技術等の高度化により製造運用効率を高めつつ進める必要がある。また、APIなど、より上流でのオブジェクトを開発することにより、ネットワークの詳細な中身に立ち入ることなくマルチメディアサービス等の設計を行うことができるようになり、これによって、通信の背景を持たない技術者にも通信サービス分野の設計技術者としての参入を可能にすることができるようになる。

4.2 通信開発設計技術者の所要スキルの多様化と人材養成策

通信ネットワークの高度化と、その上で提供されるサービス／アプリケーションの多様化は、通信開発設計技術者需要を増大させるのみならず、所要スキルに対しても構造的な変化をもたらし、それに即した人材養成や体制強化が必要となる。

(1) マルチメディア技術者の増強

通信産業構造の変化に伴い需要急増が予想される高付加価値サービス分野の技術者には、従来と異質のスキルが求められる。特に、通信、放送、情報処理、家電のすべての産業分野に影響を及ぼし、しかも、従来メディアとは全く異なった情報パラダイムを有するマルチメディア通信サービスを扱う技術者には、通信機能や編集処理機能に関するAPIを駆使する技術とともに、タイトル制作技術、マルチメディアオーサリング技術などコンテンツ制作に関するスキルも要求され、これまでの通信にない新しいジャンルの人材が必要となる。映画やビデオ映像の制作と共通する部分が多いが、音声／画像処理、GUI、コンピュータ等の技術を併せ持つことが必要となる。こうした新しいタイプの技術は技術体系として未分化であるため、従来技術を中心とする現行の教育体系への取り組みを難しくしている。当面はビデオ映像制作者にコンピュータ技術を習得させる、あるいはその逆といった方法で人材を養成・活用していく必要があるが、双方の知識を総合的に教育し、効率的にマルチメディアの専門家を育てる教育体制の早期確立が必要である。

(2) 通信境界領域技術者の増強

通信ネットワークの高度化に向けては、ATM技術、無線技術などの通信固有領域技術に加えて、ネットワーキング技術、システムアーキテクチャ技術、システムインテグレーション技術、情報インターオペラビリティ技術など、通信・情報境界領域技術に関する高い資質が求められるようになる。このうち通信固有領域技術については従来の技術体系の中で養成され得るのに対し、境界領域技術は、特に我が国では通信工学からも情報工学か

らも辺境としての扱いを受ける傾向にあり、その養成は産業界での実務教育にゆだねられているのが現状である。しかしながら現実の通信システムでは、呼処理を伴う交換機はもとより、光伝送装置などにおいてもネットワーキング機能強化のためのソフトウェア処理比率が急増しており、境界領域技術がむしろ主要な技術となりつつある。この傾向は、B-I S D Nの実現によりネットワークとコンピュータとが密に結合する次世代ネットワークに向けて今後ますます高まるものと予想され、実務、研究開発いずれの面でも、境界領域技術を有する人材の体系的な養成が急務となる。

これに対処するためには、大学設置基準の大綱化等の新制度を最大限に活用することにより、各大学の独自性を活かしつつ、例えば、工学の応用面や総合面、通信と情報との境界系カリキュラムを充実することが望まれる。また、通信と社会の関わり増大に伴って、社会・人文科学との境界学問、例えば、情報公開とプライバシー、知的財産権、情報化と経済・社会システム、人間の五感や心理と通信との関係等がますます重要となり、これらを通信系学問体系に追加していく必要がある。〔図3〕ここで図3は第13期日本学会議、電子・通信工学研究連絡委員会で作成された通信工学体系をベースとしている。なおカリキュラムの編成にあたっては過密化を避けるとともに、学生の主体性を活かして教育の効果が高められるように、選択科目の増加や能動的な学習手法を取り入れるなどの配慮が必要である。

4.3 上記諸施策を支える諸環境整備

(1) 実年技術者、女性技術者の働きやすい環境整備

通信の新たな展開に向けて、通信技術者にはより幅広い資質が求められるようになる。特にこれからの通信は、社会や生活とより密着した形で発展していくことから、経験豊富な技術者や利用者の立場に立った視点を持った技術者がますます必要となる。そのためには、技術者ライフプランの長スパン化、リフレッシュ教育制度の充実、出産育児等に伴う女性退職技術者の復職の円滑化など、実年技術者や女性技術者が働きやすい環境の整備が必要である。

(2) 情報通信リテラシー教育の充実

通信機器が電子化、小形化、ソフトウェア化されたことにより、通信を物理的事象として実感することが難しくなっている。急激な技術の進展は、かえって通信や科学技術一般について興味や関心を薄れさせる一因ともなっている。通信に対する理解や関心を高めるための教育方法について英知を高めるとともに、コンピュータや通信ネットワーク設

備の拡充など積極的な取り組みが必要である。また、通信の原理や発展の歴史を体験的に理解させる博物館教育、コンピュータやネットワークへのアクセス機会の増大、テレビ会議や国際通信の体験なども児童生徒の関心を大いに触発させると思われる。

通信系大学教育においては、通信と社会の関わり増大に伴って社会・人文科学系カリキュラムの充実が必要となる。さらに社会教育の一環として、通信がもたらす夢や通信の仕組み等の理解を深める教養講座や効果的な広報活動を展開するなど、広く情報通信リテラシーを育む施策の推進が必要である。より分かりやすく、より興味を深めさせることができる情報通信リテラシー教育の在り方に関する大学や学会、産業界の連携による研究会の開催や、その普及に向けたコンテストの実施など、広くアイデアを求め、実践していく仕組みの強化が必要である。

5. むすび

高度情報社会を展望した通信系人材課題と養成策について述べた。主要点を以下に示す。

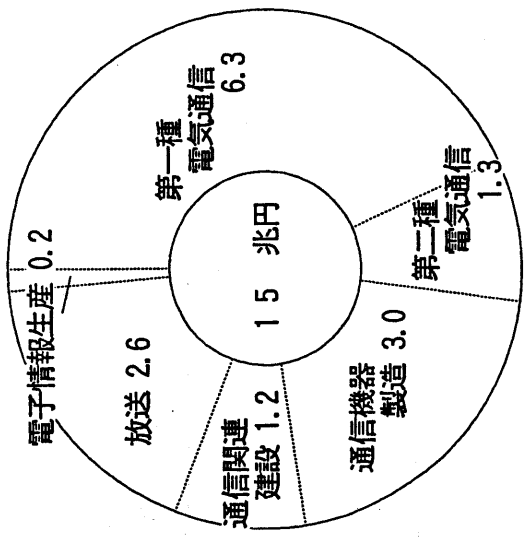
- (1) 通信産業は21世紀に向け大きく成長する。特に、情報通信サービス業の内容の拡大等を背景に、付加価値通信サービス業や電子情報生産業等の成長が著しく、通信産業全体の市場規模に占める割合もここ15年で約10%から約30%と大きく成長し、これからの通信サービスの重要な役割を担うようになる。
- (2) このような通信産業構造の変化及び21世紀初頭期にかけ若年人口が現在の6割程度にまで減少することによる我が国労働力人口構造の変化に伴って、通信産業を支える通信技術者構造も変化する。
 - a) 従来と同様、生産性向上技術の研究開発を強力に推進し、製造運用要員の節減を図る必要がある。この結果、開発設計技術者の割合はますます増加し、通信技術者の半数以上を占めるようになる。
 - b) 付加価値通信サービス業、電子情報生産業の成長に対応し、マルチメディア技術者、通信境界領域技術者の需要が急増し、分野的にはソフトウェア技術者の比重が高まる。
- (3) 通信サービスの多様化・高度化に伴って、通信技術者に求められるスキルも変化する。大学教育においても、従来のような通信固有の領域にとどまらず、通信と情報、更には社会・人文科学との境界領域技術の研究と教育を早急に強化する必要がある。そのためには、主専攻、副専攻の制度を活用することが有効である。また、通信の役割増大に伴い、社会人技術者のリフレッシュ教育等の充実や、更には通信という枠を超えたあらゆる

る産業・社会分野における通信系スキルの普及もまた重要となり、広く情報通信リテラシーの養成が必要となる。

参考文献

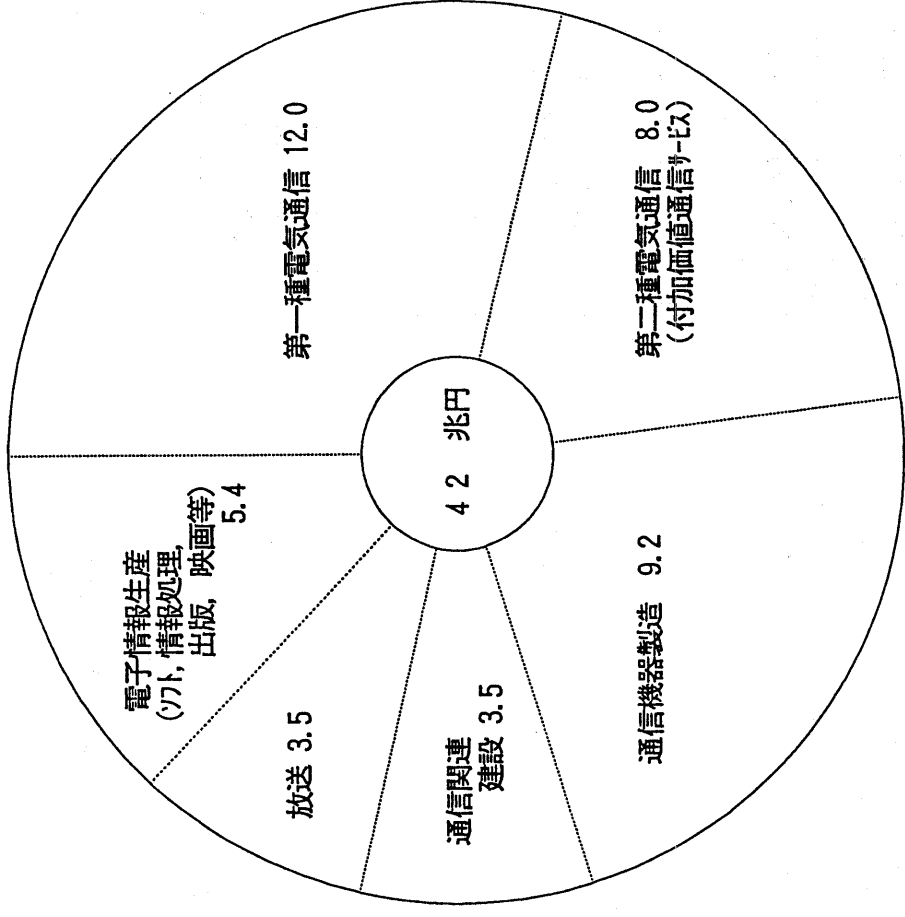
- (1) 経済企画庁総合計画局編：2010年への選択（経済審議会2010年委員会報告），大蔵省印刷局，1991
- (2) 郵政省通信政策局編：情報通信高度化ビジョン，1992
- (3) 郵政省：ネットワーク型産業構造と経営革新，大蔵省印刷局，1990
- (4) 日本学術会議 電子・通信工学研究連絡委員会：通信工学の今後の研究領域について，電子情報通信学会誌，Vol. 74, No. 9, PP. 929- 935 ， 1991
- (5) 郵政省編：通信白書（平成4年版），大蔵省印刷局，1992
- (6) 廣松他：情報経済のマクロ分析，東洋経済新報社，1990
- (7) 通産省：情報サービス産業白書1991，1991
- (8) 通産省：人間情報社会の実現に向けて（産業構造審議会映像情報産業小委員会中間報告），1992
- (9) 山口：NTTにかけた夢，東洋経済新報社
- (10) 郵政省：情報通信産業の新たな創造にむけて，1994
- (11) 大学審議会：大学教育の改善について（答申），1991
- (12) 日本学術会議 電子・通信工学研究連絡委員会：通信工学の体系化に向けて，電子情報通信学会誌，Vol. 71, No. 10 ， PP. 993- 998 ， 1988
- (13) 科学技術会議：「新世紀に向けてとるべき科学技術の総合的基本方策について」に対する答申，1992
- (14) 日本工業教育協会：社会人技術者再教育推進に関する調査研究報告書，1992
- (15) 日本工業教育協会：工学系分野におけるリフレッシュ教育の在り方に関する調査研究報告書（文部省委託），1993

1990年



↑
2.8倍

2005年



注1) 郵政省ネットワーク推進会議調査報告、通産省「2000年の情報産業ビジョン」等を参考に作成。
 注2) 電子情報生産業は、文字、音声、画像等の情報を電子化し、ネットワーク等を介し提供する産業であり、その市場規模については、IT、情報処理、出版、映画産業の全市場規模の1% (1990年)、15% (2005年) として算定。

図1 通信産業の市場規模動向予測

— 15年前 —

— 現 状 —

— 15年後 —

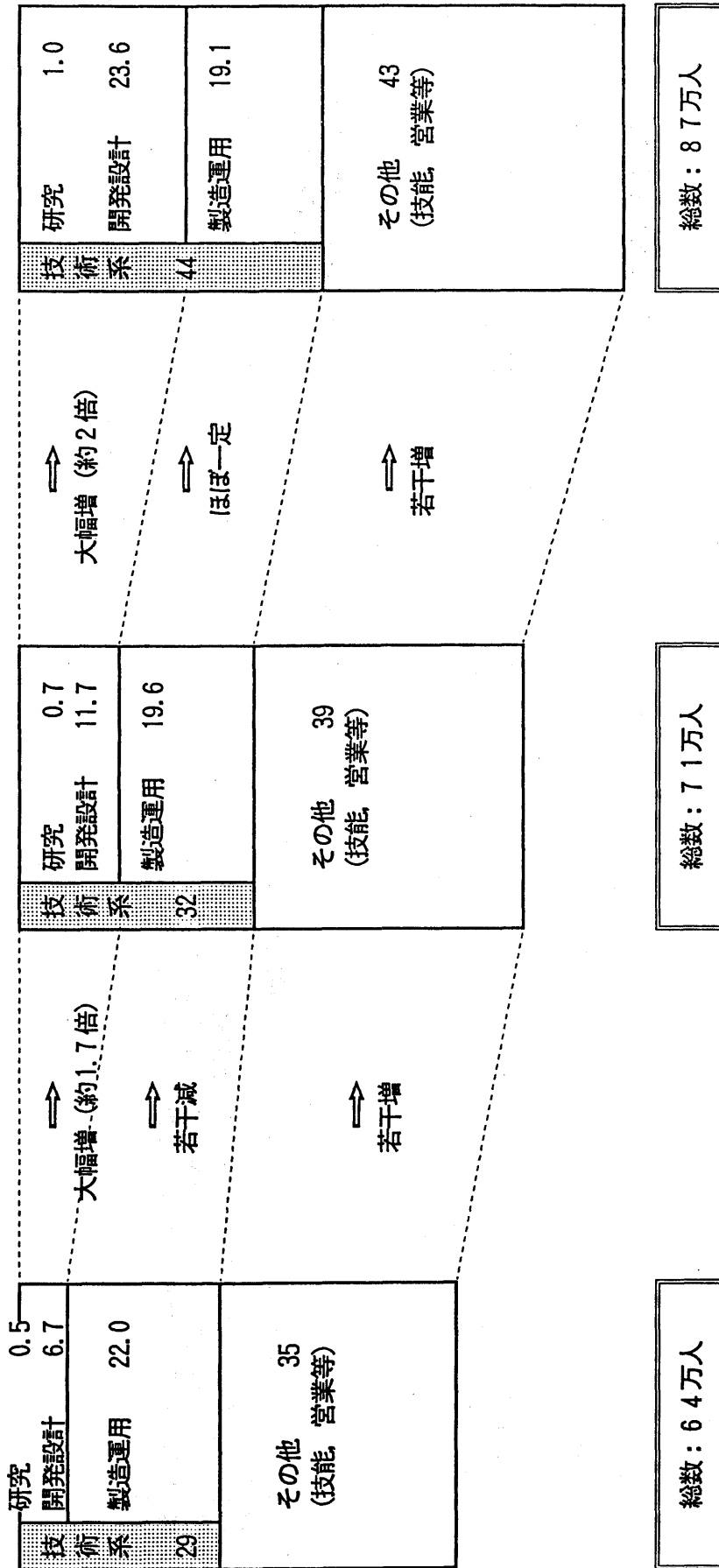
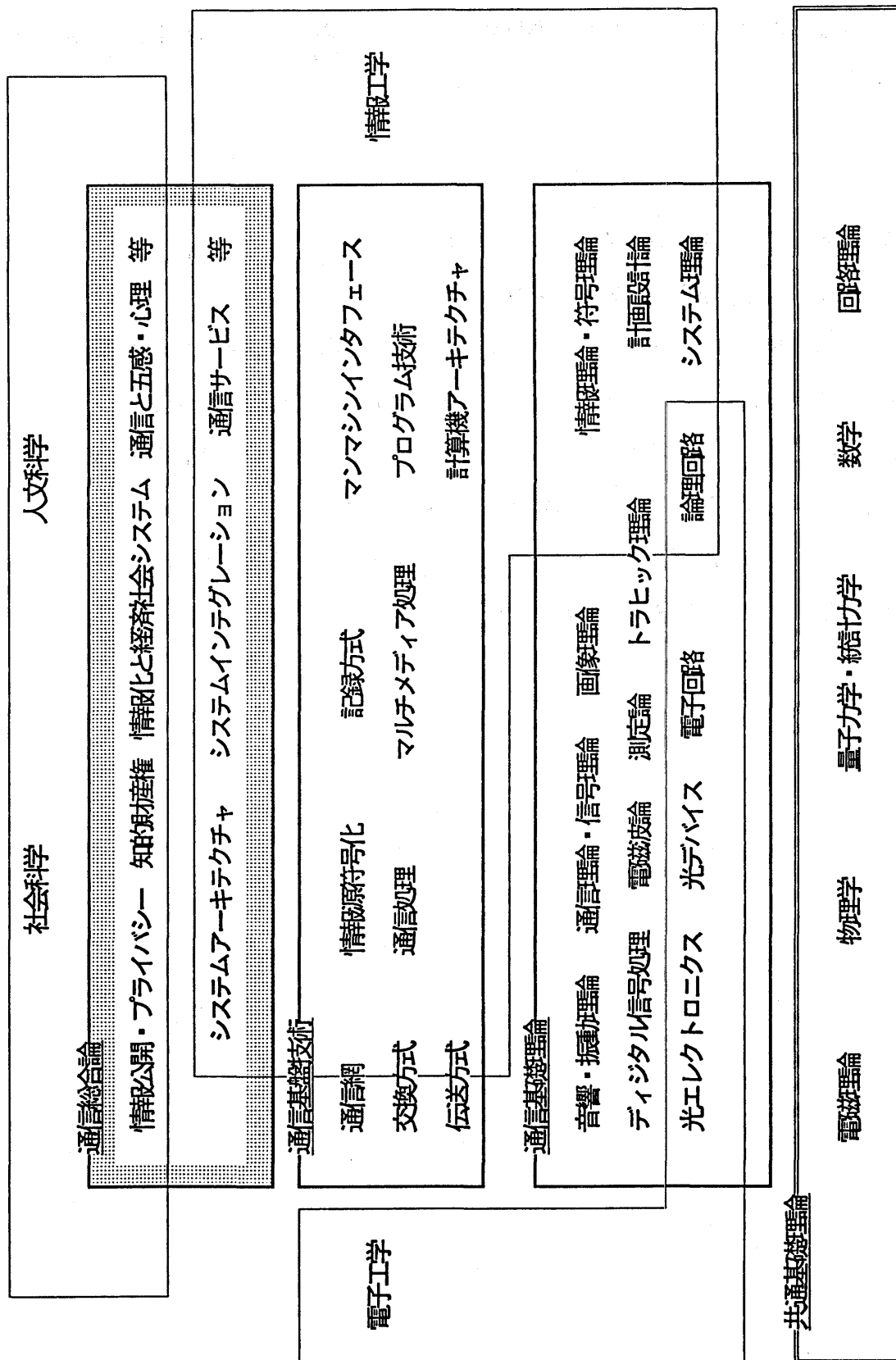


図 2 通信系人材動向予測



..... : 新設提案部

図3 通信系学問体系

〔付記〕

本報告書は、下記「通信工学人材・国際小委員会」の御協力を得た。ここに感謝する次第である。

- 委員 石黒 辰雄（日本電気㈱研究開発グループ支配人）
木村 英俊（東海大学開発技術研究所教授）
高崎 喜孝（㈱日立製作所中央研究所通信ネットワーク研究センター主管研究員）
田代 務（国際電信電話㈱ネットワーク開発本部開発部研究開発課課長）
中埜 賢一（日本電信電話㈱交換システム研究所伝達システム研究部主幹研究員）
広崎 膨太郎（日本電気㈱C & C基盤開発研究所所長代理）
村野 和雄（㈱富士通研究所川崎研究所通信・宇宙研究部門部門長代理）
鷺津美栄子（生活相互研究所主宰）