

## 国家情報技術計画 NATIONAL IT PLAN — 総合国家情報技術戦略

「情報技術 (IT) は、経済及び社会発展における新たな活力を普及させ、その核心となる決定要因である。」 — 国家情報技術計画1986年

情報技術 (IT) は、情報の収集、処理、保管、パッケージ、普及用のコンピューター、電気通信、オフィスシステム技術を包括したものである。

情報技術は、経済及び社会発展における新たな活力を普及させ、その核心となる決定要因である。

シンガポールでは、情報技術を十全に開発する為の総合的な戦略を打ち出している。1986年情報技術産業を開発し、情報技術を国際競争力に利用するという青写真が新しく作られ、国家情報技術計画 (NITP) として採択された。情報技術はシンガポールにとり2つの重要な役割を果たす。

情報技術を様々な経済分野で利用することにより、生産性の向上をうながしひいては商取引の競争性を生む。又新製品、サービスの輸出を進めていく事のできる活力ある産業の基盤となるのである。

当センターではシンガポールをして、情報技術の国際センター、商業、工業、行政各部内での情報技術のクリエイティブ利用センター、情報技術の源泉、専門技術センターとなるべく開発を進めている。

国家情報技術計画 (NITP) は、以下の様な7つの戦略的骨子を持つ。

- \* 確固とした情報技術産業の育成。
- \* 全分野における IT 適用の奨励。
- \* 優れた情報通信インフラストラクチャーの維持。
- \* 水準の高い情報技術マンパワーの育成。
- \* 創造性、企業家精神を促す環境作り。
- \* 情報技術を支える文化的土壌作り。
- \* 統合的な目的達成をはかる為の関連団体全てとの密接な協力調整体制。

## 情報技術産業 (IT INDUSTRY)

「確固とした力のある情報技術産業は、経済をより高い水準へと発展させていく主要原動力となっていくであろう。従って力強い情報技術産業の発展促進のための最大限の奨励措置が取られるべきである。」— 国家情報技術計画1986年

シンガポールの情報技術産業は、世界のITリーダー格企業各社により代表されている。シンガポールに拠点を置く多国籍企業は、マーケティング、技術援助、トレーニング、製造、R&Dといった範囲に及ぶ活動を行なっている。シンガポール政府は、世界の大手情報技術会社に対し、シンガポールでの拠点設置を積極的に奨励している。製造及びソフトウェアR&Dに対する会計上、財政上の助成も行っている。

主要情報技術会社は、すでにシンガポール内に地域本部、地域テクニカルサポートセンター、ソフトウェア開発センターを設置している。ソフトウェア開発分野には、通信ソフトウェア、オフィス・オートメーション、ファクトリーオートメーション、人工知能、ソフトウェア・エンジニアリング機器、その他の応用技術が含まれる。シンガポールの国内コンピューター・サービス産業も成長過程にある。1986年度の業界収益（末端ユーザーへのハードウェア、ソフトウェア、サービスの提供）は、6億5千万シンガポールドルを越え、これは1980年の6千9百万ドルの9倍にあたる。このことは、年間平均成長が45%以上にのぼることを意味する。地元国内情報技術会社は、多国籍企業に対し、OEMやシステム統合、コンサルタント、トレーニング、ソフトウェアサポート、ソフトウェア受注製造など補完的な役割を担っている。

## 情報技術の適用 (IT APPLICATION)

「我が国の経済を活性化させる為に、すべての経済分野は、情報技術の利用拡大を推進すべきである。情報技術の適用にまだ着手していない多くの新規ユーザーに対し、手がかりとなる新しい形態の援助が、「技術恐怖症」に打ち勝つために、提示されるべきである。」— 国家情報技術計画1986年

情報技術は生産性の向上、ひいては商取引の競争力アップにつながる、一つの重要な手段となってきた。シンガポール政府は経済の全分野でのコンピューターの使用を積極的に奨励してきている。経済全般にわたるコンピューター化の刺激となるような会計、財政上のインセンティブを提供している。

例えば、コンピューターハードウェアを購入する会社は、加速減価償却制度により、1年で減価償却してよい。又、コンピューター化の為に財政的援助を必要とする現地企業に対する補助金及び低利融資を行なっている。中小企業コンピューター導入計画が中小企業の業務コンピューター化の援助助成の為に設けられている。1980年から1986年にかけて、大、中型のコンピューター設置数は8倍以上となった。70年代後半に登場したマイクロ・コンピューターは、1980年1,000台にも満たない数の販売であったのが、1986年には1年間で3万台以上が販売されている。

小国であるシンガポールは、最新技術の実験地区として重要な役割を担うことができる。ユーザーと情報技術産業の戦略的な提携が強く奨励されている。投資家は、シンガポールがいかに関地域市場での事業に役立てることの出来る、専門応用技術の良き提供国であるかと気付くことであろう。

## 創造性と企業家精神を育てる環境

(CLIMATE FOR CREATIVITY AND ENTREPRENEURSHIP)

「創造性と企業家精神の促進に刺激を与える環境は、我が国が情報経済に移行して行くことを可能にする上で不可欠なものとなるであろう。」

一 国家情報技術計画1986年

情報技術を革新的かつ、成功裡に利用して行く為に、我が国固有の応用研究能力の開発を行なう必要がある。国家コンピューター局の情報技術学院 (ITI) や、シンガポール国立大学内のシステム科学インスティテュート研究部及びグルマンインターナショナル・南洋工業大学CAD/CAM研究センター (GINTIC) などのいくつかの応用研究所の設置により、国内のR&Dに対する尽力が多くなされてきている。シンガポール電信・電話局のような他機関も、R&Dプログラムを展開している。

政府部門が試験台となり情報技術の革新的利用を推進した実績は、商業上魅力のある可能性を導き出していくことができる。ITIのソフトウェアエンジニアリング実験室で開発され商品化された「画像適応ソフトウェア環境 (POSE)」というプログラムは、現在、シンガポールの地元ソフトウェア会社により、国際的に市販されている。

情報技術に有利な環境づくりのために、革新的なIT専門家に対して、ベンチャー資本融資、育成施設、社会的な誘致環境などを通じ、積極的な奨励を行っている。はじめて設置された育成施設は、知識エンジニアリング・リソース・センターと呼ばれている。ここでは、潜在的な、知識システムのユーザー、販売者、地元の専門家達が原型試作活動をセンターのハードウェアやソフトウェアを使用して行なっている。

コンピューターソフトウェアにおける知的財産の保護を確立するために、著作権法が新しく改正され、法的枠組づくりも既に出来上り、実施されている。これにより、シンガポールでのソフトウェア開発産業は今後更に促進されていくであろう。

海外企業のシンガポール進出、情報技術R&D拠点の開設が強く奨励され、その為の魅力的な誘致計画によるインセンティブが提供されている。情報技術センター (CINTECH) がシンガポールサイエンスパーク内に設置され、IT企業によるR&D活動がITI、ISS、又、シンガポール国立大学といった応用研究機関に隣接して行なわれることを可能としている。シンガポールサイエンスパークは、当国における主要R&D活動の焦点となっている。

## 情報技術文化 (IT CULTURE)

「我々は現出しつつある情報技術において我が国国民に対し各々の役割を提示できるような文化的土壌づくりを促進する統合的なアプローチを開始すべきである。」— 国家情報技術計画1986年

シンガポールは情報技術教育を促進する統合的なプログラムを有する数少ない国の一つである。早くも1981年にコンピューター教育プログラムがすべての中等教育において開始された。マイクロコンピューター・クラブが設置され、現在シンガポールの135の中等学校に1000台以上のマイクロコンピューターが設置されている。約10%の小学校にもコンピューター入門用教材としてマイクロコンピューターがある。

大学レベルでは、学卒者が労働力に加ってから情報技術を利用してより高度な専門職となれるようコンピューターの集中教育がなされている。又、多数のコンピューター教育プログラムが地域ベース生活共同体、労働組合、商業学校で一般大衆向けに開講されている。

情報技術に関する一般大衆の関心をもり上げるため毎年、情報技術週間が催されている。情報技術週間では展示会、会議、ソフトウェアコンテストなどの行事が行なわれる。

平均的シンガポール人は情報技術の役割につき高い関心を示している。職場への情報技術導入に対して強い支持がなされている。従って、シンガポールの一般環境として、新技術の導入に対する受け入れ体制はきわめて良好なものである。

## 情報通信 インフラストラクチャー

### (INFORMATION COMMUNICATION INFRASTRUCTURE)

「情報を基本とする多くの新しいビジネスを生み出している今日の情報時代の  
中軸は企業家に対し、様々な機会を提示するものである。我々は今後とも引き続き  
世界最高水準の電気通信設備を維持し情報時代の優位な状態を維持することを  
目指すべきである。」— 国家情報技術計画1986年

シンガポールは今日、最も洗練され、かつ価格の面でも遜色のない  
電気通信施設を有し、遠距離通信技術の使用において、世界でも  
最先端をいっている。シンガポール電信・電話通信局を先頭として  
シンガポールは世界通信網の重要な中継点となってきた。

シンガポールの衛星受信・発信局は、その高い伝送能力で有名で  
ある。シンガポールの地上通信局は、国際衛星網と結ばれ、又  
広範に発達した海底ケーブル網により補助されている。

シンガポールは100%自動、100%プッシュボタン式の電話網を  
有する世界でも数少ない国の1つである。光学ファイバーケーブル  
網もすでに導入され国内のすべての電話交換と接続し、統合  
サービス・デジタル網 (ISDN) の重要なインフラストラクチャー  
となり、1989年より商業ベース試用サービスを開始する。

シンガポールで事業活動を行なう企業は、世界160以上の市局番と  
の国際直通ダイヤル電話通信、200以上の市局番とのテレックス  
通信、その他、ファクシミリ、テレボックス、テレパック、  
プリスネットを通じ、世界のほとんどの地域と容易に通信を行なう  
ことができる。

シンガポールのインフラストラクチャーは情報技術がもたらす  
全世界を対象とした迅速な商取引きを助成するものである。

## 情報技術マンパワー (IT MANPOWER)

「人的資源こそ、我が国存在の鍵であり、しかも我が国における全般的な情報技術能力の主要な決定要因である。情報技術マンパワーは高い技術水準を有し、ITを利用して我が国の企業が競争力を得ていくことを可能とする。」

— 国家情報技術計画1986年

世界の他のどの地域よりも、シンガポールではマンパワーが最も貴重な資源である。なぜなら、我が国は、頼るべき他の天然資源を欠いているからである。IT専門技術者の、本格的な訓練計画は、1980年代前半に実施された。現在、IT専門技術者人材の年間進加数は、約700人であり、1980年以前の専門技術者育成数、年間約70人からして、10倍の伸びとなっている。

1980年、コンピューター関係専門技術者は、約800人と、実に弱少な人材プールにしか過ぎなかったが、様々な技術訓練の導入により、5年間で、数値は5倍に拡大した。ITマンパワーの60%が大卒者である。シンガポールのIT専門技術者は、世界の大手IT企業と強い関係をもつ工業学院で訓練を受けている。この戦略的提携により、我が国のプログラムは、他の先進情報技術センターの研究開発と結びついたものになっている。

我が国における技術訓練の指導員達は、アメリカ、ヨーロッパ、日本から派遣された専門職である。日本政府は、シンガポール政府と協力して、1981年に、日本・シンガポールソフトウェア技術学院という、コンピューター・ソフトウェア専門教育機関を設立し、シンガポール産業に貢献するコンピューターソフトウェア専門技術者を養成している。

政府が採用した強力な二カ国語政策の結果として、シンガポールIT専門技術者は、英語を第一言語とし、中国語、マレー語、又はタミール語を第二言語として、二カ国語を駆使することが出来、これは、アジア大平洋地域内での意志伝達を容易とするものである。

海外情報技術企業には、シンガポールの専門技術者が行き届いた訓練を受けており、新技術の開発に素早く対応できることが理解出来るであろう。技能開発奨励制度により、全ての経済分野において、全ての企業は、シンガポール人社員の技術訓練に関し、政府の援助を利用することができる。

## 協力と調整

### (COORDINATION AND COLLABORATION)

「情報技術の潜在的な可能性を十全に引き出す為に我々は様々な組織の個々の尽力を統合させる必要がある。」— 国家情報技術計画1986年

多くの組織がシンガポールの情報技術発展に重要な役割を担っている。

国家情報技術計画はすべての組織が関連プログラムを実施することにより推進される統合アプローチの基本となるものである。

中央調整機関は国家コンピューター局である。

国家コンピューター局は1981年に設置され、情報技術の利用促進、及び強力で活力ある情報技術産業の確立を担当している。国家コンピューター局の主要協力団体は、テレコムと経済開発局である。テレコムは情報通信インフラストラクチャーを提供する。経済開発局は海外事務所の広範なネットワークを持つ国の主要投資誘致機関であり、シンガポールへの潜在的投資者に対し各種インセンティブを提示することができる。国家コンピューター局はアメリカマサチューセッツ州ボストンの事務所の管理を担当している。

小国であることがシンガポールにとり有利な点でもある。複数の機関が関与する場合、協力と調整は比較的容易である。方針が提出されれば、すべての組織は迅速に共通の目標に向かって行動を開始する。



# PROPOSAL TO THE JAPANESE GOVERNMENT FOR THE ESTABLISHMENT OF JAPAN-SINGAPORE AI CENTRE

## CONTENTS

1. INTRODUCTION
2. INFORMATION TECHNOLOGY DEVELOPMENT IN SINGAPORE
3. AI AND EXPERT SYSTEMS DEVELOPMENT IN SINGAPORE
4. WHY ARE AI AND EXPERT SYSTEMS IMPORTANT TO SINGAPORE
5. WHAT CAN SINGAPORE LEARN FROM JAPAN IN AI AND EXPERT SYSTEMS
6. AI CENTRE
  - ROLES AND ACTIVITIES
  - RESOURCES AND MANPOWER PLAN
  - IMPLEMENTATION SCHEDULE
  - ORGANISATION STRUCTURE
7. ASSISTANCE FROM JAPAN
8. CONCLUSION

## PROPOSAL FOR THE ESTABLISHMENT OF A JAPAN-SINGAPORE ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) CENTRE

This paper traces the development of information technology in Singapore, looks at Singapore's efforts in developing AI and Expert Systems capability, explains why this technology is important to us, and requests for assistance from the Japanese Government to help Singapore set up an Artificial Intelligence Centre. The objective of the AI Centre is to help Singapore acquire knowhow in expert systems development, and in the process, train up a core group of expert system professionals to contribute to the economic development of the country.

## 1. INTRODUCTION

1.1 Over the last two to three decades, Japan has grown at a phenomenal pace, both economically and technologically, to reach its present status of being one of the world leaders in many fields of technology development. It has become a major economic power. In the process, it has also become a model for development for many of the Asian countries that are now in the stage of developing into newly industrialised countries.

1.2 Singapore has benefited in many ways through our association and friendly relations with Japan. The high level of investment from Japanese companies in Singapore has contributed very significantly to our industrialisation and economic development. Many of our workers and engineers have benefited from the technology transfer that has flowed from Japan. Technical co-operation projects such as the Japan-Singapore Technical Institute and the Japan-Singapore Institute of Software Technology has enabled Singapore to increase the pool of Singapore professionals equipped with skills in new technology areas such as computer software and manufacturing automation.

1.3 The Singapore Government's focus in economic development has moved towards the development of the services industry as a major contributor to our economic growth in the future. The computer software and services industry is one of the industry sectors identified for priority development. The worldwide information technology, or IT, market is growing rapidly. The worldwide revenue of the IT industry was US\$530 billion in 1984, and is projected to grow by more than 10% annually to exceed US\$1,000 billion in the early 1990s.

1.4 The benefits of information technology to a developing country like Singapore are obvious and many. As a business tool, it can greatly contribute to the improvement of many aspects of manufacturing and business operations. Singapore is a small and compact nation state whose economic survival depends greatly on our ability to maintain our competitive edge through the exploitation of technology and our few natural advantages. The population of Singapore is limited, so the utilisation of IT and automation offers us the opportunity to maximise the potential of 2.6 million people to drive Singapore into our next stage of development. Japan has shown that the *proper and effective utilisation of IT can lead the country to greater economic wealth, culminating in an improved standard of living for the people of the country.* There is a great deal that we can learn from Japan.

1.5 One major technology that has the potential to contribute to enhancing the productivity and effectiveness of our workforce is artificial intelligence(AI), or to be more precise, the utilisation of expert systems. Expert Systems is a branch of AI, whose development is becoming very widespread in the advance countries, including U.S. and Japan. Major computer vendors as well as large computer users such as banks, manufacturers, trading and finance companies are developing, or already have developed, expert systems. The use of such expert systems are helping the industries in these developed countries maximise the use of the human knowledge to improve their business and manufacturing operations.

1.6 Singapore has reached a stage where we already have a pool of trained computer professionals numbering more than 7000. We have reached our target in manpower development ahead of schedule, since we started our training programme in 1981. The focus of the Government has now shifted from 'quantity' to 'quality'. We would like to equip our professionals with specialised skills in key technology areas such as AI. The focus is now on manpower specialisation, as stated by Dr Tay Eng Soon, Minister of State for Education and Chairman, Committee on National Computerisation, during the Opening of the 10th International Conference on Software Engineering in Singapore on 13 April 88:

"We are now at an important crossroad. Previous efforts have ensured sufficient numbers of so called IT general practitioners - people well-versed in managing, designing, writing and maintaining application software. The direction of the software industry in the future is towards high value-added export-orientation, supported by a strong R&D capability, and high quality technical services. This means that there is a need to shift from a quantitative phase to a qualitative phase, especially in manpower training and development for the future."

## 2. IT DEVELOPMENT IN SINGAPORE

2.1 Singapore's IT development really began to take off in the early 1980s, when the Government set up a high-level Committee on National Computerisation (CNC) to lay the foundation for the promotion of IT in Singapore. One of the major recommendations of the CNC was the establishment of the National Computer Board (NCB) in 1981, with the objective of leading the country forward in the development and utilisation of Information Technology. Computer manpower training programmes were initiated to produce the IT professionals necessary for the country. The Japanese Government played an important role in assisting Singapore in our manpower development efforts through the partnership programme to establish the Japan-Singapore Institute of Software Technology. This has been a very successful project, which is producing a constant supply of trained computer professionals every year for the industry, together with our universities and other specialised training institutes.

2.2 The NCB also embarked on a major programme to computerise the whole Government civil service. The computerisation efforts in the public sector undertaken by the NCB help to set an example to the private sector that computers and automation are beneficial to us as a whole. Since then, the utilisation of IT has spread into all sectors of the economy, such as in finance and banking, commerce, manufacturing, communications and many other applications areas. Through the widespread use of IT in our economy, Singapore also hopes that we could develop a strong and viable IT industry to provide good IT and software products and services to our industries as well as for the regional markets.

### 2.3 The National Information Technology Plan

The National IT Plan was formulated in 1986 as a strategic framework for our overall development of information technology in Singapore. It has seven major building blocks as follows:

- \* building up a strong IT INDUSTRY
- \* encouraging widespread IT APPLICATION in all economic sectors
- \* developing excellent INFORMATION COMMUNICATION INFRASTRUCTURE
- \* producing high quality IT MANPOWER
- \* developing a CLIMATE FOR CREATIVITY AND ENTREPRENEURSHIP
- \* promoting a supportive IT CULTURE
- \* forging close CO-ORDINATION AND COLLABORATION with all relevant agencies in the government and private sector to achieve common goals

2.4 Under the National IT Plan, IT has been defined as a new bloodline for the Singapore economy - to be the answer for a strong and competitive economy capable of high productivity performance. Artificial Intelligence has been identified as a key technology for Singapore to develop and exploit. The National IT Plan says the following about AI :

*"In Artificial Intelligence (AI), the technology is beginning to be used in commercial applications and is one of the major growth sectors in IT. In time to come, AI will become the main stream of software development in that most software will exhibit some forms of human-like reasoning capability. The main factor limiting the growth of AI applications is the worldwide shortage of AI trained manpower. In view of the tremendous scope for application and the great demand for AI-based software in the international marketplace, it is crucial for us to build up a pool of professionals competent in the use of this under-exploited technology."*

2.5 Singapore is now learning and experimenting with Expert Systems development. The major inhibiting factor is still the lack of the necessary skills and experienced manpower to help us translate human knowledge into computer systems. As the penetration of IT into all sectors of the economy become more and more widespread, we see the demand for expert systems to help us in our operations and decision-making growing higher and higher. The need to inculcate expert systems knowhow into our computer professionals, to create this specialised pool of expertise, is one of the pressing problems that Singapore is facing today.

### 3. AI AND EXPERT SYSTEMS DEVELOPMENT IN SINGAPORE

3.1 Expert system, a branch of artificial intelligence, is rapidly gaining prominence in the IT industry. Traditionally, computers are used to store and manipulate data and information. Expert systems now allow computers to contain and process human knowledge. With expert systems, computers can emulate human experts and assist them in solving complex problems. This has greatly enhanced the power of the computer. Expert systems technology makes computer software more powerful and easier to use, leading to significant improvements in industrial and business processes.

3.2 In Japan, Europe and the USA, expert systems have been widely applied in many sectors of the industry. In Japan alone, it is estimated that a few hundred applications are already in operations. The figure adds up to more than a thousand if those under development are counted. However, in Singapore and the surrounding region, the potential of expert systems are largely untapped.

3.3 In Singapore, expert system development started in 1984. However, activities have been limited to only a few very small groups (total number of researchers is about 30) in the National Computer Board, the Ministry of Defence and the universities. In the Singapore industry, expert system development is still in the infancy stage, with activities limited almost entirely to learning, experimentation and prototype development. The industry is still far away from having the capability to build operational systems. Development of expert system applications in Singapore has been slow due to three reasons:

- a. shortage of trained knowledge system professionals;
- b. unfamiliarity with expert systems discourages the potential users in the local industry to experiment with technology.
- c. high technology entry costs (including the training costs).

3.4 Realising this, the National Computer Board (NCB) and the Institute of Systems Science (ISS) set up a few project teams with the local industry to carry out experiments in expert systems. However, with limited resources and a shortage of experienced expert system experts, these are small scale prototype developments. It is clear that Singapore has a long way to go before its industry has the capability to widely apply expert systems technology. NCB and the ISS, with their current resource limitations and shortage of technological expertise, will not be able to train all the expert system professionals required by the Singapore IT industry.

## 4. WHY ARE AI AND EXPERT SYSTEMS IMPORTANT TO SINGAPORE

4.1 AI has been identified under the Singapore National Information technology (IT) Plan as a key technology. Singapore has a small population. With a declining birth rate, the slow growth of the work force will limit the growth of the industry. The productivity of the workforce has to be increased substantially for Singapore to achieve the desired annual growth in GDP. This was stated by the Minister of Trade and Industry, Brig-Gen Lee Hsien Loong in February 1988:

*" Since the workforce is expected to grow at about 1% a year, productivity will have to increase by some 60% between now and 1999 to achieve the GDP target.... For the economy to achieve a long-term annual growth rate of between 4 and 6 per cent, the workforce must be able to adapt quickly to changing economic conditions."*

4.2 AI, or expert systems in particular, can help in optimising Singapore's limited manpower resources. Incorporation of expert systems enhances the effectiveness of automation and contributes to the greater productivity needed. By doing so, expert systems can contribute towards helping the industry to maintain its competitiveness. Examples of sectors in the Singapore economy that have good potential application areas for expert systems include:

- a. **The Manufacturing Sector** -- The manufacturing sector contributes 22% of the GDP. It will continue to be a crucial sector in fueling the economic growth of Singapore in the future. Currently manufacturing (including design) is the sector where expert system application development is the most active in Japan, Europe and the USA. It is widely believed that this is the area where expert systems are obtaining the greatest amount of payback. More than 40% of the expert systems developed in a Japanese company are presumed to be applied in the manufacturing and design area (see Figure 4.1). This is a proven technology. In Singapore, the application of expert systems technology can definitely help in improving the efficiency of operations of manufacturing companies.



## Examples of Expert System Applications

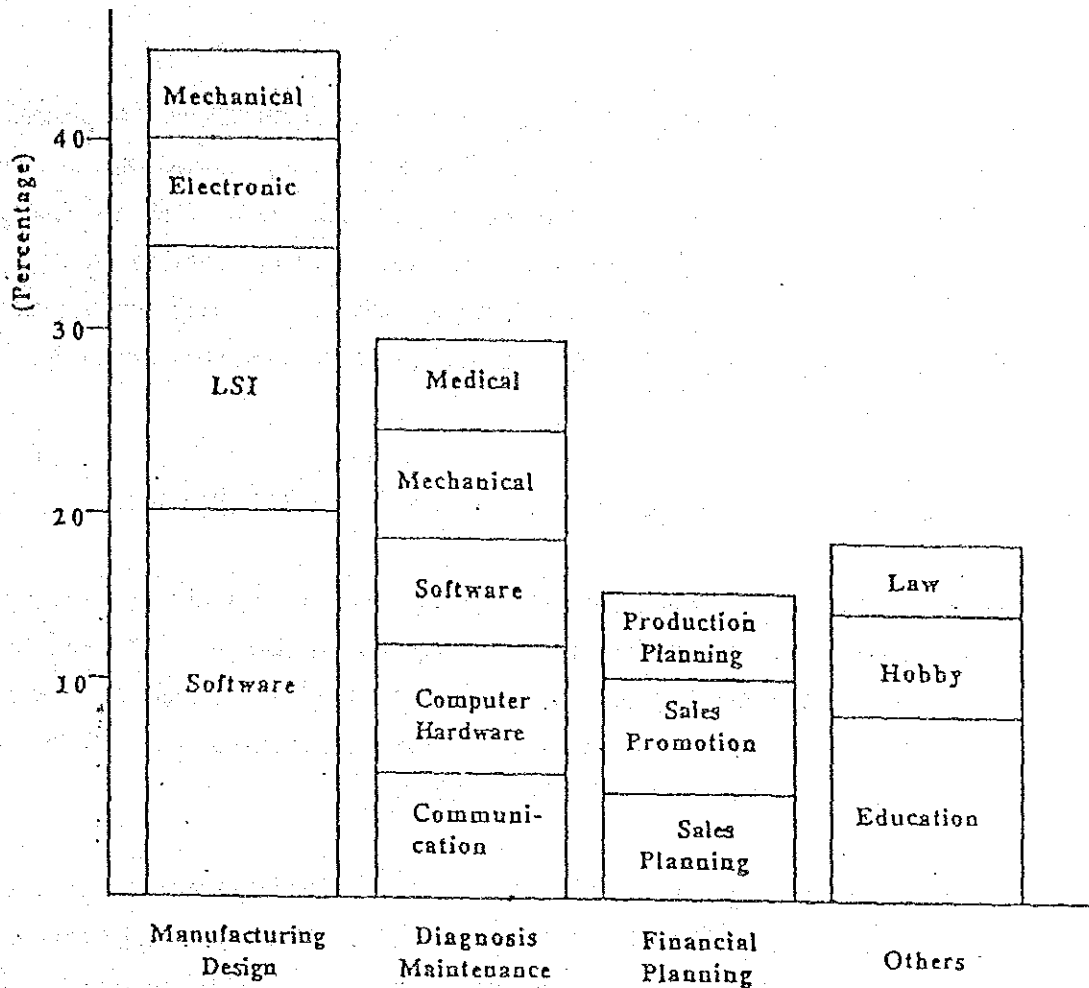


Figure 4.1

b. The Financial Sector -- Singapore is developing into an important financial centre in this part of the world. There are more than 200 banks and financial institutes in Singapore offering a wide range of financial services such as bond and commodity trading, foreign exchange, gold and futures trading, etc. There are numerous potential applications that will help to improve the efficiency of decision making and operation in this sector. Potential application areas include auditing, investment, insurance, etc.

4.4 At the present moment, there is no centralised institution that is focusing, either totally or as a primary function, on applied AI research. The efforts put in now are fragmented and short-term.

4.5 AI is going to be a technology that will cut across many applications and disciplines. That is why many organisations and training institutions are beginning to explore and experiment with expert systems development. The AI Centre that is being proposed by the National Computer Board will do much more than experimenting, as it will undertake applied research and development in AI, as well as provide the practical experience in expert system development for the newly trained knowledge engineers. Our aim is to make this centre the focal point for AI for Singapore in the future.

#### 4.6 The relevance of software engineering to Artificial Intelligence

Software engineering refers to the establishment and use of sound engineering principles and good management practice, and the development, selection and application of tools and methods in order to improve software productivity and quality. Software engineering can help improve the estimation of software project resource requirements, manage complexity, ease documentation tasks, aid testing and increase software component reusability.

4.7 These software engineering principles and techniques are also important to expert systems development. At the proposed AI Centre, it is important that good software engineering is put into practice, so that expert systems development is done efficiently and the results are of good quality. This will ensure that the expert system professionals have the awareness and capability to apply such principles and techniques, and will carry them with them to the industry when they leave the Centre. In the long run, this will contribute significantly to software productivity and quality in Singapore.

### 4.3 AI Manpower requirement in Singapore

According to a survey conducted by the National Computer Board in 1987, there will be a steady increase in demand for AI professionals over the next few years. Following a conservative estimation, by 1992, the Singapore industry will require 450 AI professionals. With time, some software engineers from the National Computer Board and the Institute of Systems Science will gain some knowledge and experience in expert system development. However, if a concerted effort to train AI professionals is not put in place, there will be a severe shortage of AI professionals in the Singapore industry (Figure 4.2).

#### AI Manpower Development

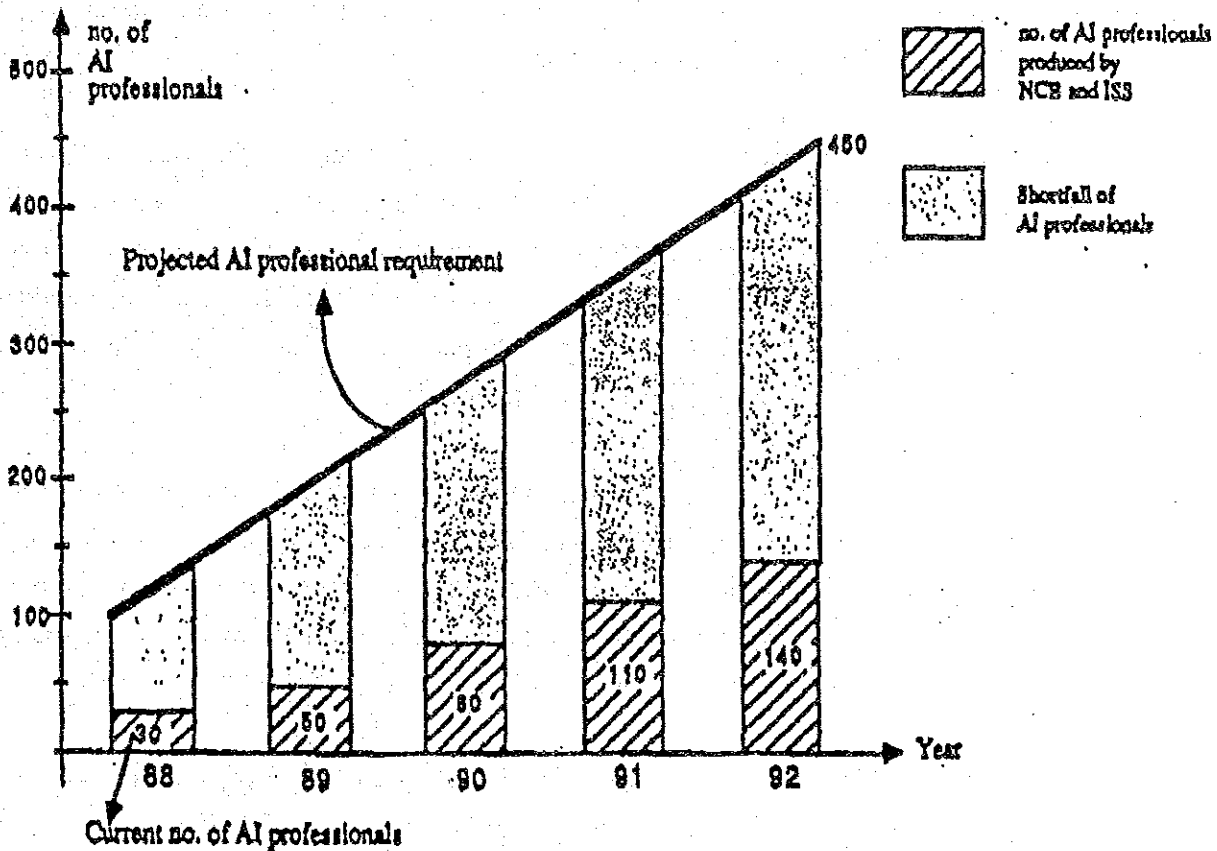


Figure 4.2

## 5 WHAT CAN SINGAPORE LEARN FROM JAPAN IN AI AND EXPERT SYSTEMS?

### 5.1 AI development in Japan

AI systems have been extensively developed in many Japanese industries since 1980. By now, the use of expert systems in Japan is already very widespread. For example, in two major Japanese computer companies alone, more than 800 expert systems applications are either in operation or under development.

5.2 In a survey conducted by the Institute for New Generation Computer Technology (ICOT) - Japan Information Processing Development Centre (JIPDEC) AI Centre in 1986, out of 203 Japanese companies, more than half (111) had either developed expert system applications or had on-going developments. Judging from the rapid development of expert systems in Japan during the two years since this survey, it can be expected that the proportion of companies involved in developing and using expert systems would be much larger.

5.3 The same ICOT-JIPDEC survey also shows that expert systems have been applied to many sectors of the Japanese economy. In the survey, 39% of the expert systems are carried out by manufacturing companies, 27% by software or service companies and 11% by financial institutions. The areas most benefited from the application of expert systems technology include design and manufacturing, software development support, equipment and plant failure diagnoses, forecast and decision-making support in the financial area, etc.

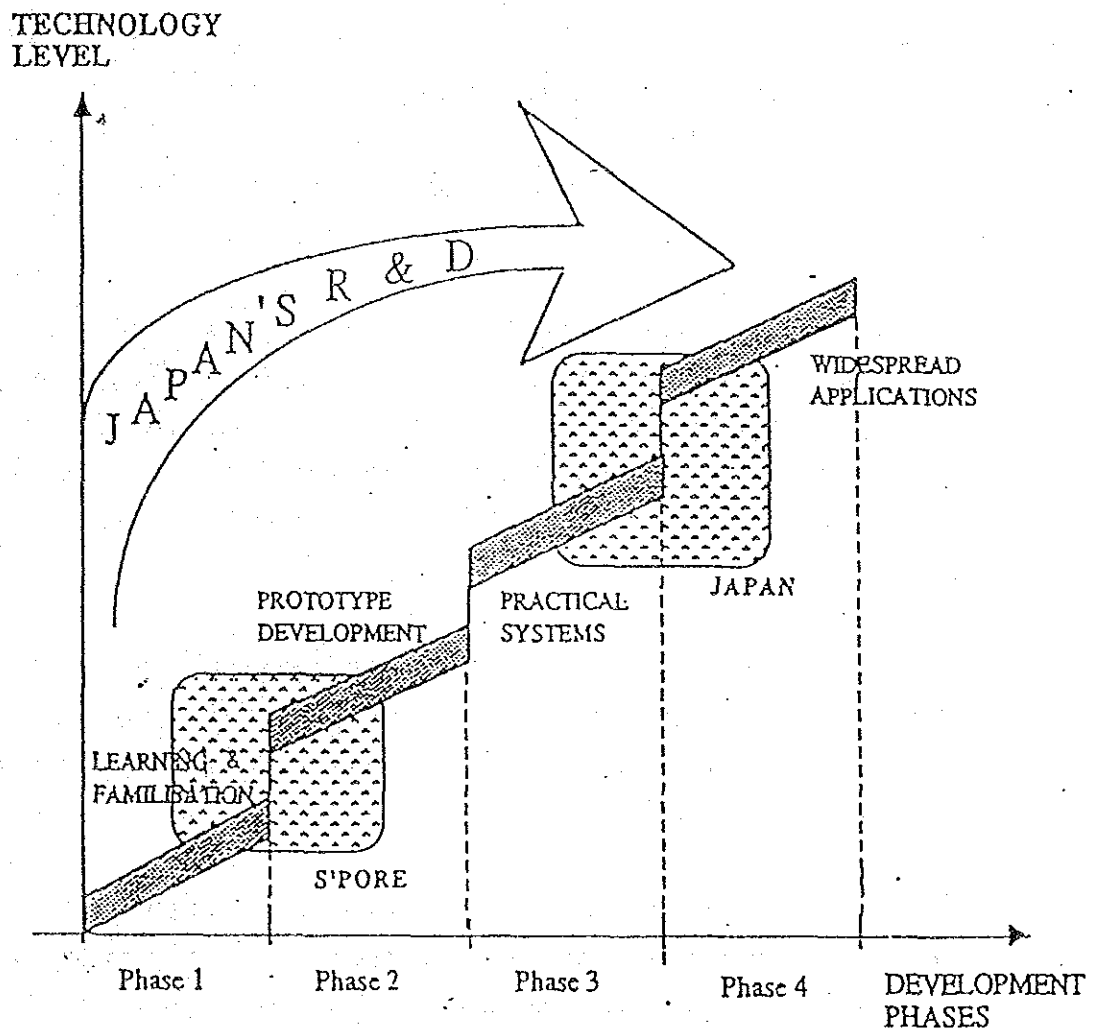
5.4 In addition, development of AI in Japan received strong research and development backing from the government and the industry. The intense research and development efforts in the various corporate research laboratories and projects such as the Fifth Generation Computer System Project will ensure that Japan continues to stay in the forefront of AI development worldwide.

5.5 It is clear that Japan has made tremendous progress in AI development and this is one of the high growth technology sectors for the Japanese IT industry at present. The large number of practical expert systems in the Japanese industry show that expert systems in Japan have emerged from the research laboratory and have reached the stage of widespread practical use. The penetration of expert systems into the many sectors of the Japanese industry and business world is a sign of maturity and the level of sophistication reached by Japan in exploiting this technology.

## 5.6 Technology gap between Japan and Singapore in expert systems development

The experience of Japan, the USA and Europe in developing expert systems technology shows that before the technology can be applied widely in the industry, a new entrant to the technology has to go through the following steps:

- a. Learn and familiarise with the technology,
- b. Develop application prototypes,
- c. Develop a number of practical systems, and finally,
- d. Apply the technology widely in the industry. (Figure 5.1)



STAGE OF AI DEVELOPMENT OF JAPAN VS SINGAPORE

Figure 5.1

5.7 As far as expert systems are concerned, the technology gap between Japan and Singapore is a big one. Japan has built many practical systems and expert systems are being applied widely in the Japanese industry, whereas Singapore is still somewhere between the initial stages of learning, familiarisation and prototype development. This gap will continue to widen as the development of expert system applications in Japan receives strong support by intense research efforts both in the government and the private sectors. Research efforts such as these do not exist in Singapore.

5.8 In addition, Singapore can learn software engineering from Japan and apply it to expert systems development. Intensive Japanese software engineering efforts such as the  $\Sigma$  Project will develop many techniques and software tools which the AI Centre can adapt and use to increase the productivity and quality of expert system development.

5.9 In conclusion, there is much that Singapore can learn from Japan in order to accelerate the application of expert systems in the Singapore industry.

5.10 Topics related to expert systems which Singapore can learn from Japan include the following:

- a. Use and understanding of Japanese AI hardware and software -- At the AI Centre, the staff and trainees can learn to develop expert systems using Japanese computer hardware and software. The hardware to be used may range from personal computers, engineering workstations to mainframes. Software may include Japanese operating systems, expert system building tools and software engineering tools such as  $\Sigma$  tools.
- b. Japanese expert systems techniques and expert systems development methodology -- Topics of interest here include methods of acquiring knowledge from experts, representing this knowledge in the computer, integrating expert systems with conventional software, etc.
- c. Japanese software engineering techniques and tools as applied to expert systems development -- Japan's extensive expertise in software engineering techniques and the various software engineering tools (eg.  $\Sigma$  tools) can

be used here to ensure that the expert systems are developed efficiently and that the results are of good quality. Specific topics could include the use of rapid prototyping tools, testing of expert systems, methods for easing the maintenance of the knowledge bases, etc.

d. Japanese expert systems project management expertise -- Apart from the technical aspects of expert systems development, it would be of great value to the trainee if the Japanese' expert systems project management expertise can be transferred to them. Topics of interest include selection of suitable and promising applications, resource estimation, project planning, progress monitoring, etc.

e. Japanese experience in transferring AI into the industry -- Japan has hundreds of expert systems that have reached operational use in the industry. Japan would have tremendous amount of expertise in the transferring of expert system application into the industry. This is something which can only be achieved with experience and cannot be learned in an academic environment. Topics of special interest include the technical and human aspects of integrating expert systems into the users' operational environment.

## 6. AI CENTRE

### 6.1 Roles of the AI Centre

The AI Centre is a major project of technical assistance provided by Japan to Singapore. It will fulfil the following roles:

- a. speed up AI and expert systems development in Singapore, and help to train software engineers who are capable of building practical expert system applications using sound software engineering practices for the Singapore industry;
- b. transfer Japanese AI and expert systems technology to Singapore, thus expanding Singapore's AI exposure beyond AI technology from the West;
- c. serve as a showcase of Japanese AI technology.

6.2 Singapore has benefited much from Japan through projects such as the Japan-Singapore Technical Institute and the Japan-Singapore Institute of Software Technology. These two institutes have trained many Singapore professionals in the areas of computer software and manufacturing automation. The AI Centre is directly in line with Singapore's plan to move from training general software skills to specialist software skills. Through the AI Centre, Japan is contributing to Singapore's efforts to achieve this major objective. The Japan-Singapore AI Centre represents technological cooperation between the two countries at a higher plane.

### 6.3 Activities in the AI Centre

The AI Centre will provide an environment for the development of AI and expert systems applications. Computer hardware, AI software, specialised training and technical guidance will be made available to the trainees. The AI Centre's activities will concentrate in the following areas:

- a. Development of expert system prototypes -- The trainees will gain practical experience in expert system development by developing application prototypes under the guidance of the Japanese experts at the AI Centre. Areas of application will focus on key sectors of the Singapore economy and on areas where expert systems have been successfully applied in Japan. Such areas include:
  - i. manufacturing (eg. process planning, production scheduling, process control,



product testing, etc.);

- ii. equipment failure diagnoses (eg. electronic circuits, computer hardware, chemical process plants, aircraft engines, etc.)
  - iii. financial decision making (eg. audit planning, insurance underwriting, credit analysis, etc).
- b. Practical training in AI skills -- These include topics such as expert system development methodology, techniques in modelling knowledge of human experts, techniques of interfacing expert systems with conventional software, development of intelligent user interfaces, etc.
- c. Development of software engineering tools to aid expert systems development -- Sound software engineering practices should be applied to ensure high productivity in expert system development and good quality results. In the process, software engineering tools may be adapted or developed to suit the expert system development in the Centre.

#### 6.4 Targets of the AI Centre

The aim is to develop 50 expert system applications prototypes in 5 years. Over the same 5 years, the AI Centre will train about 150 expert systems professionals.

## 6.5 RESOURCES & IMPLEMENTATION SCHEDULE

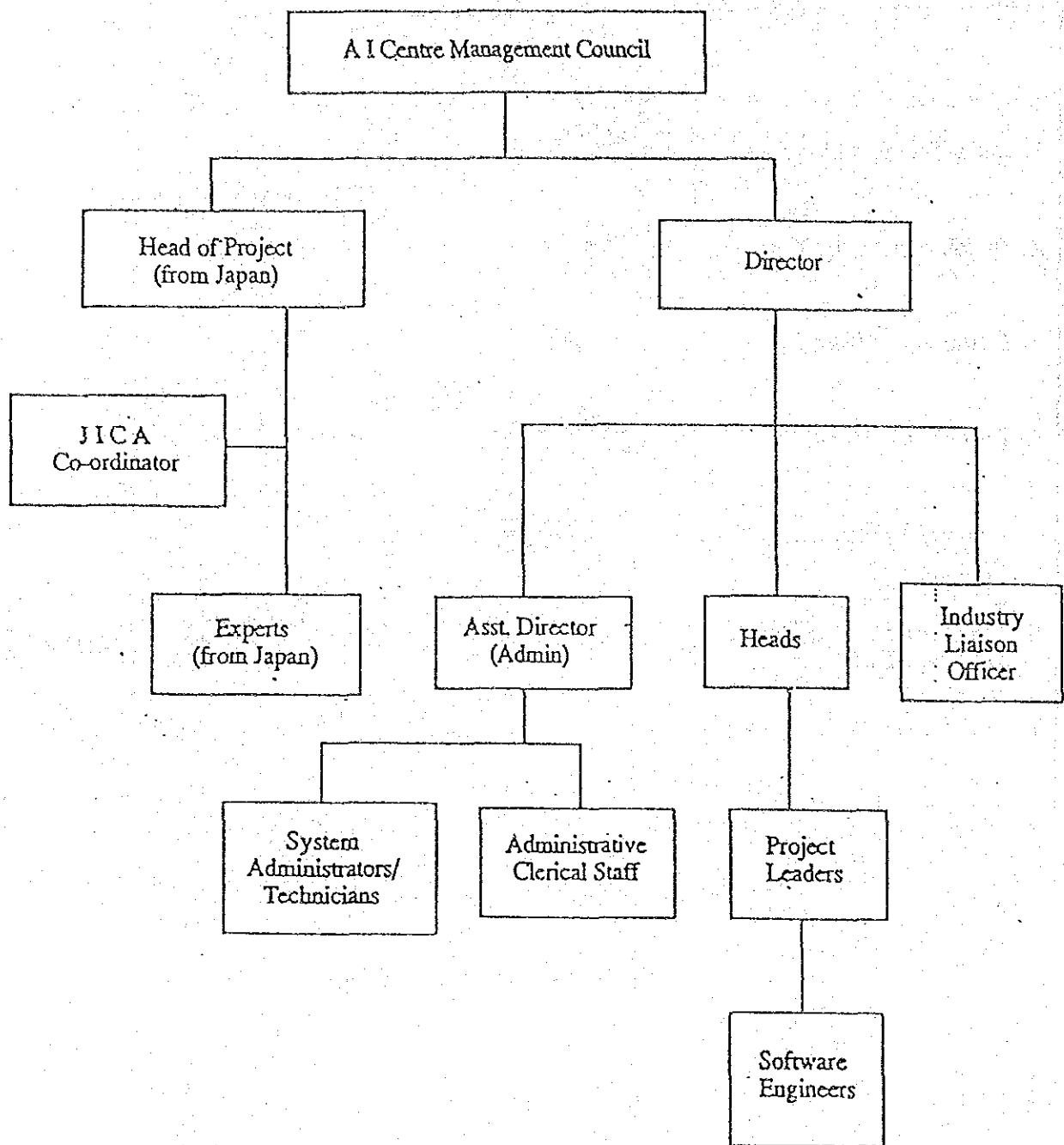
### Activities and Manpower Plan

Schedule	Year 1 ('89)	2 ('90)	3 ('91)	4 ('92)	5 ('93)	Total
<b>A) Activities (No. of New Projects)</b>						
1 S/W Engineering Environment	0	2	2	3	4	11
2 Application Expert System (Prototype)	0	6	9	12	15	42
<i>Subtotal</i>	0	8	11	15	19	53
<b>B) Manpower (No. of Staff)</b>						
<b>1 Management</b>						
Head of Project (from Japan)	1	1	1	1	1	
Director	1	1	1	1	1	
Head, Artificial Intelligence	1	1	1	1	1	
Head, Software Engineering	1	1	1	1	1	
<b>2 Researchers</b>						
Experts, Artificial Intelligence (from Japan)	4	4	4	4	4	
Experts, Software Engineering (from Japan)	2	2	2	2	2	
Senior Researchers, Artificial Intelligence	2	3	5	6	8	
Senior Researchers, Software Engineering	0	2	2	3	4	
Researchers, Artificial Intelligence	2	6	9	12	15	
Researchers, Software Engineering	0	4	4	6	8	
<b>3 Administrative Staff/Technicians</b>						
Assistant Director (Administration)	1	1	1	1	1	
Secretary to Head of Project	1	1	1	1	1	
Industry Liaison Officer	1	1	1	1	1	
System Administrators/Technicians	4	4	4	4	4	
Administrative/Clerical Staff	3	4	4	5	5	
<b>C) Trainees (trained in that year)</b>	0	16	22	30	38	106
Total Japanese Management Staff and Expert	7	7	7	7	7	
Total Singapore Professional Staff In Artificial Intelligence	5	10	15	20	24	24
Total Singapore Professional Staff In Software Engineering	1	7	7	10	13	13
Total Singapore Management and Professional Staff	7	18	23	31	38	
Total Singapore Management, Professional Staff and Trainees	7	34	45	61	76	
<b>TOTAL NUMBER OF LOCAL PROFESSIONALS TRAINED IN THE FIVE YEARS</b>						<b>143</b>

	1st year	2nd year	3rd year	4th year	5th year
1. Initial Training in Japan	█				
2. Building Preparation	█				
3. Computer Installation	█				
4. Project Identification	█				
5. Industry Participation Arrangement	█				
6. Software Engineering Tool Development		█ 2	█ 2	█ 3	█ 4
7. AI Application Prototypes		█ 6	█ 9	█ 12	█ 15

\* Numerics denote number of projects

AI Center Master Schedule



Organisational Chart

## 7. ASSISTANCE FROM JAPAN

7.1 The following are the items of assistance that Singapore would like to request from Japan in the setting up of the AI Centre :

### a. Computer Hardware

- Engineering Workstations (EWS) x 30
  - Main memory 16 MB
  - Colour monitor
  
- Engineering Workstations (Extended) x10
  - Main Memory 24 MB
  - Colour monitor
  - Local disk about 140 MB each
  
- Microcomputers x 20
  - Main Memory 2 MB
  - Colour monitor
  - Local hard disk about 60 MB each
  - Floppy disk drive

### b. Networking

- Network hardware (IEEE 802.3) and software to provide facilities equivalent to 4.2/4.3 BSD and NFS.

### c. Shared equipment

- Central disk storage about 3,000 MB in total
- Laser printer x 4
- High speed line printer x 2
- Dot matrix printer x 4
- 1/2 " tape drive with full system back up facilities x 2
- Cartridge tape drive x 10
- CD-ROM storage device

d. Software

- EWS operating system
- Expert system shell on the EWS
- Expert system shell on the microcomputers
- Software engineering tools on the EWS
- Office automation software on the EWS and the microcomputer
- Lisp
- Prolog
- C
- Graphic systems

e. Initial supply

- One year supply of tape reels, floppy diskettes, print forms, ink ribbons, cartridge tapes.

f. Documentation / Technical literature

- Technical manuals for all computer hardware and software x 20 sets

g. Educational Equipment

- VCR x 2
- TV x 2
- 35 mm slide projector x 2
- Overhead slide projector x 2
- Video projector x 2
- Photocopier x 2
- Video camera x 2

The value of the items (a) to (g) is estimated to be about 500 million Yen.

## h. Experts from Japan

- Long-term Experts – These are Japanese technical experts who will be attached full-time to the AI Centre to assist in its setting up for the first five years.
  - Head of Project - 1 person
  - AI Experts - 4 persons
  - Software Engineering Experts - 2 persons
  
- Short-term Experts – In addition, we would like to request for short-term Japanese specialists to be attached to the AI Centre for short periods, say 2 weeks at one time, to transfer specialised knowhow in specific fields to the Centre. During the 5-year period, we would like to request for 60 man-weeks of attachment by these short-term specialists. One possibility of such attachment could be as follows :
  - Short-term specialists  $6 \text{ persons} \times 2 \text{ weeks} \times 5$   
 $= 60 \text{ man-weeks}$

## i. Training and attachment in Japan

- We would like to request for the sponsorship of an initial 6-month training in Japan for 4 persons from Singapore, before the starting up of the AI Centre. These Singaporeans, on their return will form the core group of AI Centre staff to assist in the implementation of the Centre. In addition, we would like to request for another additional 60 man-months of training in Japan to provide continued upgrading of the staff during the 5-year co-operation period. For example, these could be 12-month attachment in Japan for one person per year, for 5 years (5 persons x 12 months = 60 man-months)
  - Initial Training 4 persons x 6 months
  - Upgrading Training 60 man-months

## 8. CONCLUSION

8.1 The establishment of the AI Centre will be an important step for Singapore in developing an important capability, which is AI and expert systems development technology, that is lacking in Singapore at the present moment. Through this co-operation programme with the Japanese Government, it will demonstrate again the close relationship between our two countries.

8.2 We believe that with this generous assistance from Japan, the Centre will one day grow to become the focus of Artificial Intelligence technology development in our country and a showplace of Japan-Singapore technical co-operation.



## 日本－シンガポールA Iセンター設立に関する日本政府への提案

### 目次

1. 序
2. シンガポールにおける情報技術の発展
3. シンガポールにおけるA I及びエキスパート・システムの開発
4. A I及びエキスパート・システムがシンガポールにとって重要である理由
5. A I及びエキスパート・システムについてシンガポールは日本から何を学ぶか
6. A Iセンター
  - －役割と活動
  - －財源と人材計画
  - －実施スケジュール
  - －組織構成
7. 日本からの援助
8. 結論

## 日本・シンガポール人工知能（A I）センター設立への提案

この提案書はシンガポールにおける情報技術の発展を明らかにし、A I及びエキスパート・システムの能力の開発におけるシンガポールの業績を調べ、この技術がわれわれにとって重要である理由を説明し、シンガポールが人工知能（A I）センターを設立するために日本政府からの援助を要請することを目的としている。

A Iセンターの目的は、シンガポールがエキスパート・システム開発のノウハウを獲得し、その過程において、この国の経済発展に貢献するためのエキスパート・システム専門職の中心グループを養成するのを助けることである。

## 1. 序

1. 1 過去20~30年の間に、日本は経済的にも技術的にも驚くべきスピードで発展し、技術的発展の多くの分野で世界のトップ国の一つである現在の地位に達した。日本は有力な経済大国になった。その過程において、現在新興工業国への発展途上にある多くのアジア諸国にとっての発展へのモデルになった。

1. 2 シンガポールは日本との提携、友好関係を通じて、いろいろな面で利益を得てきた。日本の諸企業によるシンガポールへの高水準の投資は、この国の工業化と経済発展に大いに貢献した。この国の労働者や技術者の多くが日本から流入した技術移動による恩恵に浴した。ジャパン・シンガポール・テクニカル・インスティテュート（技術研究所）や、ジャパン・シンガポール・インスティテュート・オブ・ソフトウェア・テクノロジーのような技術協力プロジェクトは、コンピュータ・ソフトウェアやマニファクチュアリング・オートメーションなどの新技術分野における技術を身につけた多数のシンガポール人技術者を生む結果になった。

1. 3 シンガポール政府は焦点を経済発展から、将来の経済成長にとって主要な役割を担うサービス産業の発展へ移した。コンピュータ・ソフトウェアとサービス産業が優先的に開発されるべき産業の一分野として確認されたのである。全世界の情報技術、すなわちIT市場は急成長しつつある。1984年、全世界のIT産業の総収入はUS\$5300億であった。毎年10%以上増加すると予想され、1990年代初期には、US\$1兆を超すと思われる。

1. 4 シンガポールのような発展途上国にとって情報技術がもたらす利益は明瞭であり多大である。ビジネスの手段として、情報技術は製造業及び営業の多方面にわたる向上に大いに役立つ。シンガポールは小さくまとまった国家であって、経済的に生き残るためには、この国のわずかな自然的利点と技術の駆使によって競争力を維持できることが大きな鍵となる。シンガポールの人口は限られている。だが、ITとオートメーションの利用により、シンガポールを発展の次の段階へ押し進めるために260万の国民の能力を最大限に活かす可能性が与えられる。日本は、ITを適切に有効に利用することにより経済的繁栄をもたらし、国民の生活水準向上を達成できることを証明した。われわれは日本から多くを

学ぶことができる。

1. 5 この国の労働力の生産性と効果を高める可能性を持った一大技術は、人工知能（AI）、正確に言えばエキスパート・システムの活用である。エキスパート・システムはAIの一分野で、その開発はアメリカと日本を含む先進諸国で広く普及しつつある。大手のコンピュータ業者をはじめ、銀行、メーカー、商社、金融機関などの大手コンピュータ・ユーザーなどは、すでにエキスパート・システムを開発している。エキスパート・システムの使用によって、先進諸国の産業は営業や製造過程を向上させるために人間の知識を最大限に活用することが可能になった。

1. 6 シンガポールではすでに7000人を超えるコンピュータ専門家をかかえる時代に入っている。1981年に養成プログラムを開始して以来、スケジュールに先立って人材開発の目標を達成した。政府の目標は今や、「量」から「質」へ転換した。この国の専門家たちは、AIのような重要技術分野の特殊技術を備えさせることをわれわれは望んでいる。目標は今やスペシャリストの人材養成にある。1988年4月13日にシンガポールで開かれた第10回ソフトウェア技術会議の開会にあたり、教育大臣であり、国家コンピュータ委員会議長であるTay Eng Soon博士が以下のように述べた通りである。

「われわれは今や重大な岐路に立っている。これまでの努力によりいわゆるITの一般的技術者の数は十分に確保できた。ソフトウェアの管理、設計、作成、メンテナンスを扱い得る人々のことである。今後のソフトウェア産業の方向は、強力なR&D（研究開発）能力と高品質技術サービスに支持された、高い付加価値のある輸出志向である。そのためには、量的な段階から質的な段階への移行が必要となる。殊に、将来将来へ向けての人材の養成と開発において量から質への転換が重要となる。」

## 2. シンガポールにおけるITの発展

2.1 シンガポールにおけるITの開発が実際に開始されたのは、1980年代初期、政府がシンガポールにおけるIT促進の基礎を敷くためにナショナル・コンピュタリゼーション（CNC）という高水準の委員会を設置したときである。CNCの主要提案の一つが、情報技術（IT）の開発と利用の方向へ国を導く目的を持つナショナル・コンピュタ・ボード（NCB）の設立で、これが1981年に実現した。この国に必要なIT専門職を養成するために、コンピュータ人材養成プログラムが開始された。日本政府は提携プログラムによりジャパン・シンガポール・ソフトウェア技術研究所を設立し、シンガポールにおける人材開発に重要な貢献を果たした。この企画は大成功し、毎年、この業界をはじめとし大学その他の特殊教育機関に、熟練したコンピュータ専門職を送り出している。

2.2 NCBはまた、政府の行政事務のすべてをコンピュータ化する大事業に乗り出した。NCBによって実施される公共部門のコンピュータ化への努力は、コンピュータやオートメーション（自動化）が社会全体にとって有益であることを民間部門に対して示すことになった。その結果、ITの活用は金融機関、銀行、商業、製造業、通信、その他多くの応用部門を含む全経済活動に拡まった。この国の経済に広くITが活用されることによって、この地域の市場はもちろん、シンガポールの産業に、優れたIT及びソフトウェア製品を供給できる、将来性のある有力なIT産業が発展することをわれわれは望んでいる。

### 2.3 国家の情報技術計画

国家のIT計画は1986年、シンガポールにおける情報技術の総合開発の戦略的枠組として組織化された。次のような七つの主要な枠組から成っている。

- ・強力なIT産業の育成
- ・全経済活動にITを広く応用することを奨励する
- ・優れた情報通信構造基盤を開発する
- ・高水準のIT人材を育成する
- ・創造性と起業家精神の風土を発展させる
- ・支えとなるIT文化を育成する
- ・共通の目標を達成するため、政府及び民間のすべての関連機関の密接な調整と協力

を強化する。

2.4 国家IT計画のもとで、ITはシンガポールにとって、高度な生産性を可能にする競争力を備えた経済への新たな道であると定義された。人工知能はシンガポールが開発し活用すべき重要技術であると確認された。

国家IT計画はAI（人工知能）について次のように述べている。

「人工知能の技術は、商業的応用が始まりITにおける主要な成長分野の一つになっている。やがてAIはソフトウェア開発の主流となるだろう。大部分のソフトウェアは人間の知力に似た形をもって表われることになるだろう。AIの応用の発展を妨げている主な原因は、世界的にAIに熟達した人材が不足していることである。AI応用の莫大な範囲と世界市場におけるAIを基礎とするソフトウェアの大きな需要からして、開発の遅れたこの技術の活用に、有能な専門家を多数、育成することはわれわれにとって重大問題である。」

2.5 シンガポールは現在、エキスパート・システム開発の学習と実験に取り組んでいる。その進展を妨げている大きな原因は、人間の知識をコンピュータ・システムに転換するにあたってわれわれを助けてくれる経験者や技術者がまだ不足していることである。ITが経済活動の全分野に浸透するにつれ、われわれの活動や決定に助力を与えてくれるエキスパート・システムに対する需要がますます高まると思われる。この国のコンピュータ専門家にエキスパート・システムのノウハウを教え込む必要、こうした専門的技術を持った大量のスペシャリストたちの育成は、今日、シンガポールが直面している緊急課題である。

### 3. シンガポールにおけるAI及びエキスパート・システムの発展

3.1 人工知能の一部門であるエキスパート・システムはIT産業において急速に重要性を増している。従来、コンピュータは資料や情報を貯え、巧みに操作するのに使われてきた。エキスパート・システムは今や、コンピュータに人間の知識を持たせそれを処理させることができる。エキスパート・システムでは、コンピュータは人間のエキスパートに匹敵し、複雑な問題の解決に助力を与えることができる。これはコンピュータの能力を非常に高めることになった。エキスパート・システムの技術はコンピュータ・ソフトウェアをこれまで以上に有力にし、扱いやすくし、産業及びビジネスの処理に重要な向上をもたらすことになる。

3.2 日本、ヨーロッパ及びアメリカ合衆国においては、産業の多くの分野でエキスパート・システムが広く応用されている。日本だけをとってみても、すでに、二、三百の応用がなされていると思われる。現在、開発中のものも含めればその数は千以上になるだろう。しかし、シンガポールやその周辺地域においては、エキスパート・システムの潜在力はまだほとんど未開発である。

3.3 シンガポールにおいてエキスパート・システムの開発は1984年に始まった。しかし、活動はナショナル・コンピュータ・ボード、国防省、大学などのごくわずかな小さなグループに限られてきた。(研究者の合計は約30人である)シンガポール産業においてエキスパート・システム開発はまだ搖籃期にあり、活動はほとんどすべて、学習、実験、試作開発に限られている。この産業は稼働システムを構築する能力を持つまでにはまだまだほど遠い状態にある。シンガポールにおいてエキスパート・システムの応用開発が遅れているのは、次の三つの理由による。

- a. 教育を受けた、知能システムの専門家が不足している。
- b. エキスパート・システムについてよく知らないために、地域産業において潜在能力を持つユーザーが技術の実験をためらう。
- c. 高度技術への参入にコストがかかる。(トレーニング・コストを含む)

3.4 以上のような事情を考え、ナショナル・コンピュータ・ボード（NCB）とシステム・サイエンス研究所（ISS）はエキスパート・システムの実験を遂行するため、地域産業と協力し、二、三のプロジェクト・チームを結成した。しかし、財源とエキスパート・システムの熟練者の不足により、小規模な試作開発になるだろう。エキスパート・システム技術がシンガポールの産業に広く応用されるまでには、まだまだ長い時間がかかることは明らかである。NBCとISSは現在の限られた財源と技術専門知識不足のために、シンガポールIT産業に必要なエキスパート・システム専門家のすべてを養成することはできないだろう。



#### 4. シンガポールにとって、AIとエキスパート・システムが重要な理由

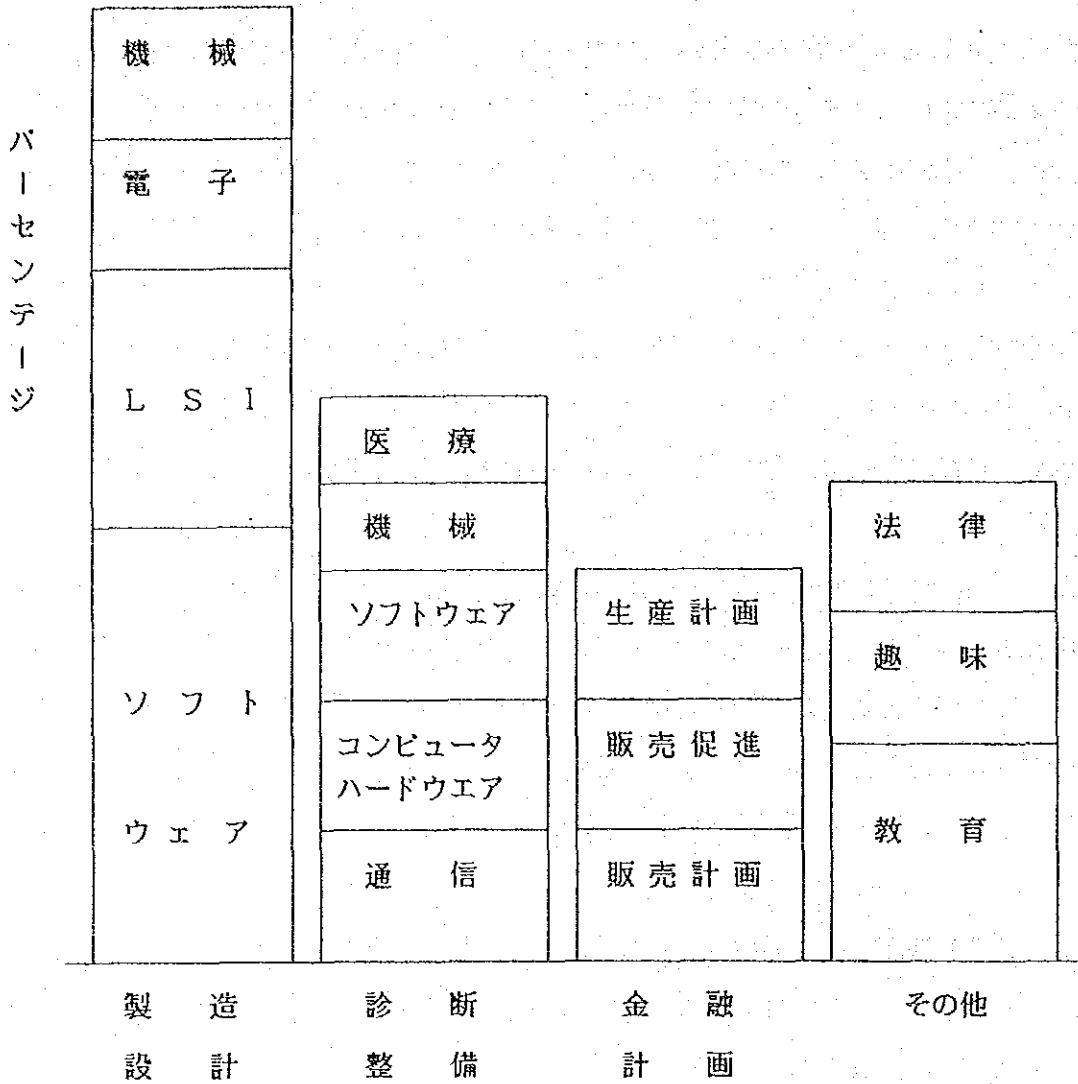
4. 1 シンガポール国家情報技術プランのもとで、AIは重要な技術として確認された。シンガポールの人口は少ない。出生率は低下しつつあり、労働力の増加が遅いために産業の成長も限定される。シンガポールがGDPの年間成長率目標を達成するためには、労働力の生産性がかなり増加しなければならない。そのことは、1988年2月、通産大臣のBrig-Gen Lee Hsien Loongによって次のように述べられた。

「労働力は一年に1%の成長が見込まれるので、GDP目標達成のためには、生産力を約60%増加させる必要がある。経済が4%から6%の長期的な年間成長率を達成するためには、労働力は変化する経済条件にすばやく適応できなければならない。」

4. 2 AI、殊にエキスパート・システムはシンガポールの限られた人的資源を最大限に活用するのに役立つ。エキスパート・システムの導入はオートメーションの効果を高め、必要とされている生産性の増大に貢献する。それにより、エキスパート・システムは産業が競争力を保つ助力となる。シンガポール経済において、エキスパート・システムの応用が可能な分野には、例えば次のような例がある。

- a. 製造業部門 … 製造業部門はGDPの22%を占めている。将来においてもシンガポールの経済成長に活力を与える重要な分野であり続けるだろう。現在、製造業（設計も含む）は、日本、欧州、合衆国においてエキスパート・システムの応用開発が最も盛んな分野である。エキスパート・システムが最大の見返りを得ているのはこの分野であると一般に信じられている。日本の会社で開発されたエキスパート・システムの40%以上は、製造業及び設計の分野に応用されていると考えられる。（4. 1の図を参照）これは証明済の技術である。シンガポールにおいて、エキスパート・システム技術の応用が製造会社の操業の効率化に役立つことは確かである。

図4-1 エキスパート・システム応用例

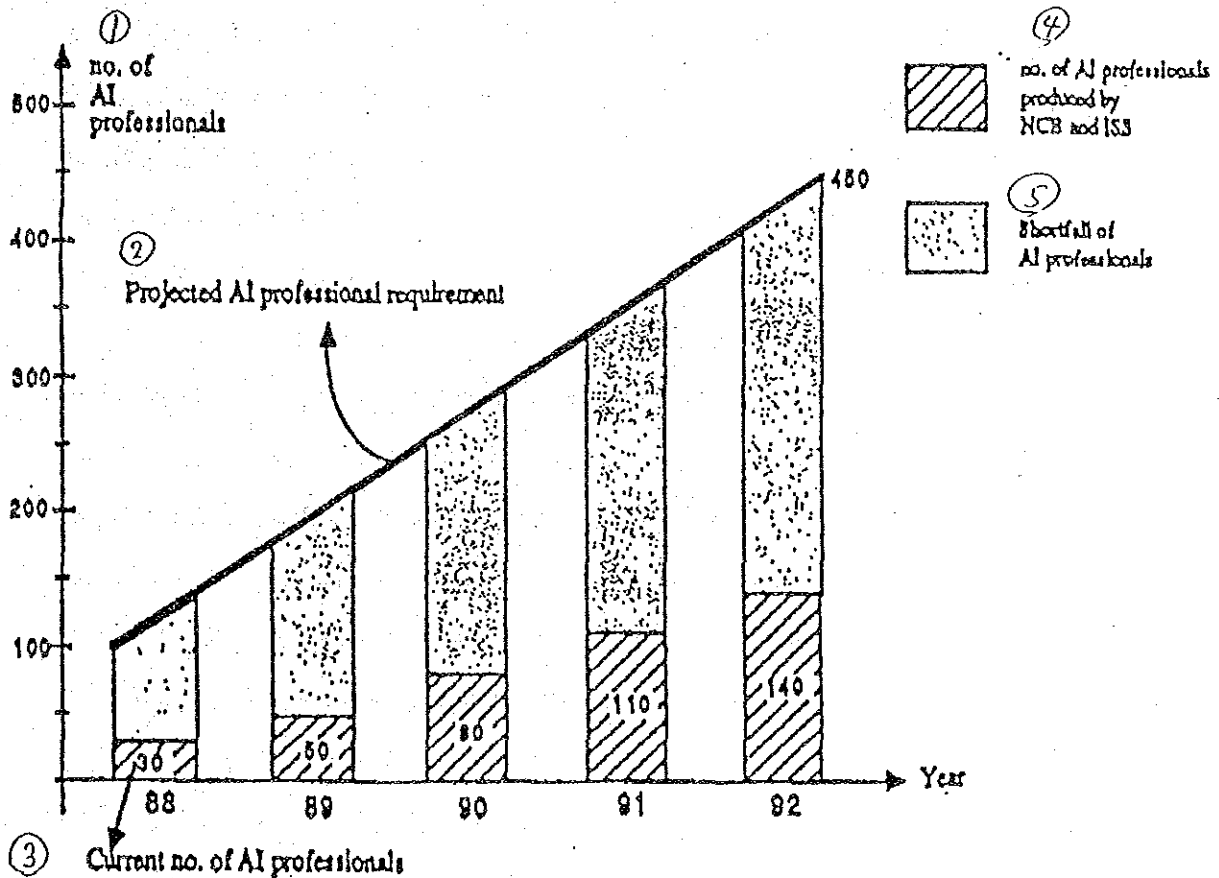


- b. 金融部門 … シンガポールは世界のこの地域において重要な金融センターに成長しつつある。シンガポールには200以上の銀行と金融機関があり、証券及び商品取引、外国為替、金や先物取引などの広範囲にわたる金融サービスを提供している。この分野における意志決定や営業の効率化を促進するような、多数の潜在的応用がある。潜在的応用分野には、会計監査、投資、保険などが含まれる。

#### 4.3 シンガポールにおけるAI人的資源の必要条件

1987年のナショナル・コンピュータ・ボード（NCB）による調査によれば、今後二、三年、AI専門家の需要が着実に伸びるといふ。ひかえ目な予測によれば、1992年までにシンガポールの産業は450人のAI専門家を必要とする。いずれ、NCB及びISS出身のソフトウェア技師がエキスパート・システム開発に関する知識と経験を獲得するだろう。しかし、AI専門家養成に対して集中した努力がなされなければ、シンガポールの産業はAI専門家の深刻な不足事態を招くだろう。

図4-2 AI 人的資源の開発



① AI 専門家の数

② AI 専門家の予想必要数

③ 現在の AI 専門家数

④ NCB 及び ISS によって育成される AI 専門家の数

⑤ AI 専門家の不足数

4.4 現在、応用AI研究を全面的に、または第一目的として集中的に行なっている中央組織はない。現在行なわれている努力は断片的で短期的なものである。

4.5 AIは多くの応用や研究にその範囲が及ぶ技術である。それであるからこそ、多くの組織や研究機関がエキスパート・システム開発の研究や実験を開始しているのである。NCBによって提案されているAIセンターは実験のみにとどまらず、新たに知識を注ぎ込まれた技師に対してエキスパート・システム開発の実践教育を提供すると同時に、AIの応用研究や開発にも着手することになるだろう。われわれの目的はこのセンターを将来シンガポールのAIの中心地にすることである。

#### 4.6 ソフトウェア・エンジニアリング（工学）と人工知能の関連性

ソフトウェア工学は、健全な工学原理と優れた管理習慣の確立、そしてソフトウェアの生産性と品質向上のためのツールと方法の開発・選択、及び応用を前提としている。ソフトウェア工学は、ソフトウェア・プロジェクトの資料の必要条件予測を向上させ、複雑さを管理し、記録の仕事を容易にし、検査を助け、ソフトウェア部品の再使用可能性を増加させることなどに貢献する。

4.7 以上のようなソフトウェア工学の原則の技術はエキスパート・システム開発にとっても重要である。現在提案されているAIセンターにおいても、エキスパート・システム開発が効果的になされ、高水準の結果を生むために、優れたソフトウェア工学が実施されるべきである。そうすることにより、エキスパート・システム専門家はこうした原則と技術を適用する認識と能力を確保し、センターを去ったあと、それらを各産業に適用するのである。長期的に、この方式はシンガポールにおけるソフトウェアの生産性と品質に大きく貢献することになるだろう。

5. AI及びエキスパート・システムについて、シンガポールは日本から何を学び得るか

#### 5.1 日本におけるAIの発展

1980年以来、AIシステムは日本の多くの産業において広く発展してきた。現在、日本ではエキスパート・システムの使用はすでに普及している。たとえば、日本のコンピュータ会社の大手二社だけに限っても、800以上のエキスパート・システム・アプリケーションが、稼働中かまたは開発中である。

5.2 (財)新世代コンピュータ技術開発機構(ICOT) - (財)日本情報処理開発センター(JIPDEC) AIセンターによって1986年に実施された調査では、203の日本の会社のうち、半数以上(111)がすでにエキスパート・システム・アプリケーションを開発したか、または開発中だった。この調査のあと2年間に日本でエキスパート・システムが急速に発展したことから判断して、エキスパート・システム開発中または使用している会社の数はさらに増えていることが予想される。

5.3 同じICOT-JIPDECの調査は、エキスパート・システムが日本経済の多くの分野に適用されていることを示している。この調査では、エキスパート・システムの39%が製造業で、27%がソフトウェアまたはサービス業で、そして11%が金融機関で適用されている。エキスパート・システム技術の適用によって大きな利益を得ている分野は、設計及び製造業、ソフトウェア開発支援、設備及びプラント故障診断、金融分野における予測と意思決定支援などである。

5.4 さらに、日本におけるAIの開発は、政府及び産業界から研究開発の強力な支援を得た。多種の企業研究所や、第五世代コンピュータ・システム・プロジェクトのような企画における集中的研究及び開発の努力により日本は引き続き世界のAI開発の先頭に立つだろう。

5.5 AI開発において日本が著しい進歩を遂げたことは明らかである。そして現在、日本のIT産業にとりAI開発は高度成長技術部門の一つである。日本の産業にエキスパート・システムが多数、実用化されていることは、日本においてエキスパート・システム

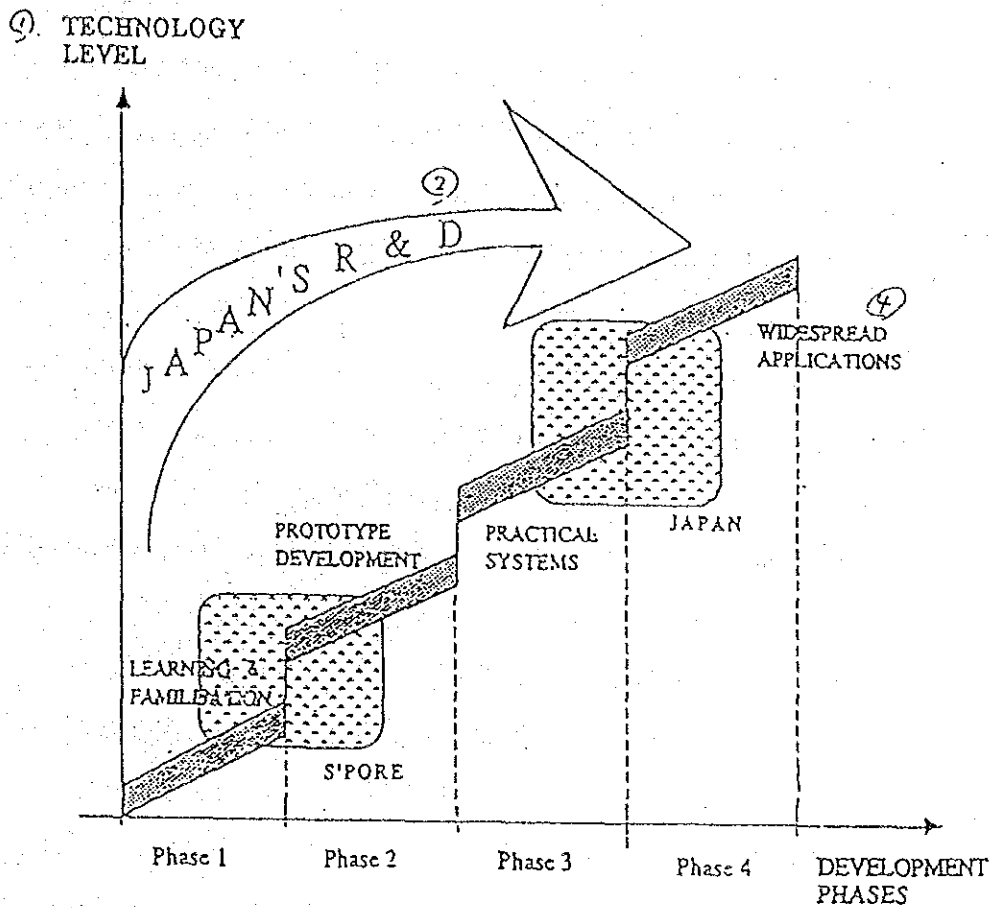
は研究の段階から広範囲な実用の段階に入っていることを示している。エキスパート・システムが日本の産業や商業の多くの分野に浸透していることは、この技術の利用という点で日本は成熟期に達し、高度な水準にあることを示している。

#### 5.6 エキスパート・システム開発における日本とシンガポールの技術的格差

エキスパート・システム技術の開発にあたった日本、合衆国及びヨーロッパの経験から明らかになったことは、技術が産業に広く採用されるまえに、その技術への新規参入者は次のような段階を踏まなければならないということである。

- a. その技術を学習し習熟すること
- b. アプリケーション・プロトタイプを開発すること
- c. 多くの実用システムを開発すること
- d. そして最後に、その技術を広く産業に適用すること

図5.1 日本対シンガポールのAI開発段階



①技術水準

②日本の研究開発

③開発段階	Phase 1	第1段階	学習と習熟
	Phase 2	第2段階	プロトタイプ開発
	Phase 3	第3段階	実用システム
	Phase 4	第4段階	日本

④広範囲な適用

5.7 エキスパート・システムに関するかぎり、日本とシンガポールの間の技術格差は大きい。日本は多くの実用システムを製造し、日本の産業においてエキスパート・システムは広く適用されている。一方、シンガポールではまだ、学習、習熟、プロトタイプ開発という初期の段階にある。日本においてはエキスパート・システム・アプリケーションの開発が政府と民間の熱心な研究努力による強力な支持を得ているので、シンガポールとの

格差はさらに開くだろう。

5. 8 さらに、シンガポールは日本からソフトウェア工学を学びそれをエキスパート・システム開発に適用することができる。Σプロジェクトのような、日本のソフトウェア工学の強力な努力によって開発される多くの技術やソフトウェアを、AIセンターが適用し、エキスパート・システム開発の質や生産性を高めるために用いることができる。

5. 9 結論として、シンガポール産業においてエキスパート・システム適用を促進させるために、シンガポールは日本から学ぶことが多くある。

5. 10 シンガポールが日本から学び得る、エキスパート・システムに関連した事柄には次のようなものが含まれる。

- a. 日本のAIハードウェア及びソフトウェアの利用と理解 … AIセンターにおいて、スタッフと研修生は日本のハードウェアとソフトウェアを使ってエキスパート・システム開発を学ぶことができる。使われるハードウェアとしては、パソコン、エンジニアリングワークステーション、メインフレームなどがある。ソフトウェアは、日本製オペレーティング・システム、エキスパート・システム構築ツール、Σツールのようなソフトウェア工学ツールなどである。
- b. 日本のエキスパート・システム技術及びエキスパート・システム開発手法 … エキスパートから知識を得る方法、その知識をコンピュータで表す方法、エキスパート・システムを従来のソフトウェアに組込む方法などが興味深いトピックである。
- c. 日本のソフトウェア工学技術及びツールをエキスパート・システム開発に適用する … ソフトウェア工学技術及び各種ソフトウェア工学ツール（たとえばΣツール）における日本の大規模な専門的技術を、シンガポールにおいてエキスパート・システムが効率的に開発され、優れた結果を確保するために用いることができる。特定のトピックとしては急速なプロトタイピング・ツール、エキスパート



・システムのテスト、知識ベースの管理を容易にする方法の利用などが含まれる。

d. 日本のエキスパート・システム・プロジェクト管理専門技術 … エクスパート・システム開発の技術面とは別に、日本のエキスパート・システム・プロジェクト管理専門技術を研修生が修得できれば、非常に有益である。適切で有望なアプリケーションの選択、資料の予想、プロジェクト計画、進展監視などが興味あるトピックに含まれる。

e. AIの産業への移行における日本の経験 … 日本は、産業において実際に使用できる段階に達した何百というエキスパート・システムをもっている。エキスパート・システム・アプリケーションを産業へ移行する専門的技術を日本は大量に持っている。こうしたことは経験によって達成されるのであって、学問的な環境で学び得るものではない。エキスパート・システムをユーザーの実用環境に統合する場合の技術的及び人間的局面が、特に興味あるトピックスである。

## 6. AIセンター

### 6.1 AIセンターの役割

AIセンターは日本がシンガポールに提供した技術援助の主要プロジェクトである。

AIセンターは次の役割を果たすであろう。

- a. シンガポールにおけるAI及びエキスパート・システムの開発を促進し、シンガポールの産業に健全なソフトウェア工学を実地に用いる実用的エキスパート・システムアプリケーションを構築できるようなソフトウェア技師の養成を支援する。
- b. 日本のAI及びエキスパート・システム技術をシンガポールに移入し、西欧のAI技術にまでシンガポールのAIを拡大する。
- c. 日本のAI技術の見本として役立つ。

### 6.2 ジャパン-シンガポール技術研究所や、ジャパン-シンガポール・

ソフトウェア技術研究所のようなプロジェクトを通じ、シンガポールは日本から多くの援助を受けてきた。これら二つの研究所は、コンピュータ・ソフトウェア及びマニファクチュアリング・オートメーションの分野で多くのシンガポール人専門職を養成してきた。AIセンターは、総合的ソフトウェア技術から特殊ソフトウェア技術の養成に移行するというシンガポールの計画に直結している。AIセンターを通して日本は、この主要目的達成に向けてのシンガポールの努力に貢献している。日本-シンガポールAIセンターは、両国間の高水準の技術協力を代表している。

### 6.3 AIセンターの活動

AIセンターはAI及びエキスパート・システム適用の開発に対して環境を提供する。コンピュータ・ハードウェア、AIソフトウェア、特殊トレーニング及び技術指導を研修生は習得できる。AIセンターの活動は次の分野に集中して行われる。

- a. エキスパート・システム・プロトタイプの開発… AIセンターにおいて研修生

は日本人の専門家の指導のもとに、アプリケーション・プロトタイプ開発によりエキスパート・システム開発の実際的経験をする。適用の分野はシンガポール経済の重要部門及び日本においてエキスパート・システムの適用に成功した分野に集中する。そうした分野には次のようなものが含まれる。

- i) 製造業（プロセス・プランニング、生産計画、プロセス・コントロール、製品検査など）
  - ii) 設備故障診断（電子回路、コンピュータハードウェア、化学製品加工工場、航空機エンジンなど）
- b. AI技術の実践トレーニング … この中には、エキスパート・システム開発手法、ヒューマン・エキスパート知識のモデリング技術、従来のソフトウェアとエキスパート・システムの結合技術、情報処理能力を持つ（インテリジェント）ユーザー・インターフェースの開発などが含まれる。
- c. エキスパート・システムを助けるソフトウェア・エンジニアリング・ツールの開発 … 健全なソフトウェア工学の実践が、エキスパート・システム開発における高い生産性と優れた品質を確保するために適用されるべきである。その過程で、センターにおけるエキスパート・システム開発に適したソフトウェア工学ツールが使用または開発されるかもしれない。

#### 6.4 AIセンターの目標

目標は5年間に50のエキスパート・システム・アプリケーション・プロトタイプを開発することである。その5年間に、AIセンターは150人のエキスパート・システム専門職を養成する。

## 6. 5 資産と実施スケジュール

### 活動と人材計画

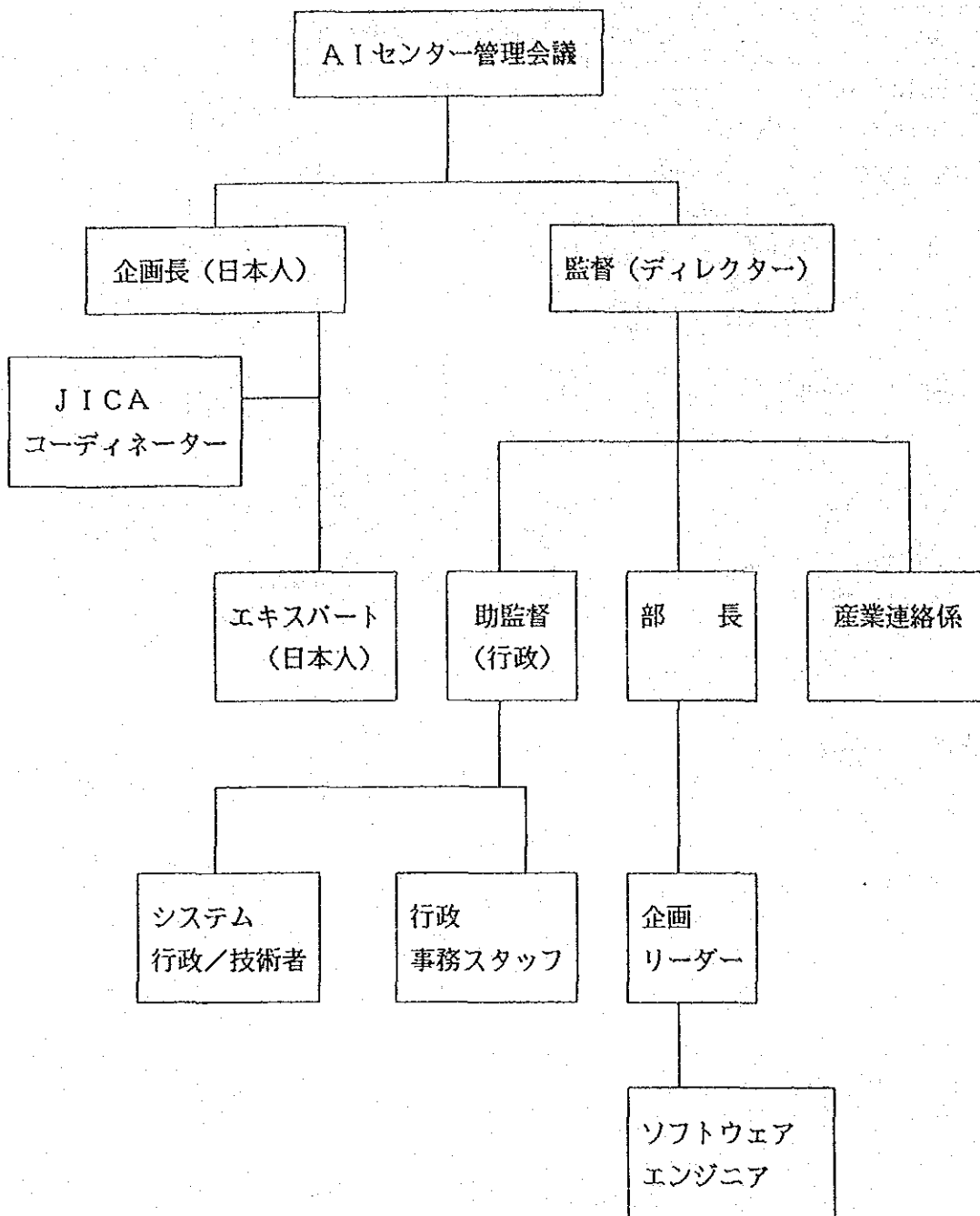
スケジュール	'89	'90	'91	'92	'93	総計
A) 活動(新規プロジェクトの数)						
1. S/W工学環境	0	2	2	3	4	11
2. 適用エキスパート・システム(プロトタイプ)	0	6	9	12	15	42
小計	0	8	11	15	19	53
B) 人材(スタッフの数)						
1. 管理						
企画長(日本人)	1	1	1	1	1	
監督(ディレクター)	1	1	1	1	1	
部長 人工知能	1	1	1	1	1	
部長 ソフトウェア工学	1	1	1	1	1	
2. 研究者						
エキスパート、人工知能(日本人)	4	4	4	4	4	
エキスパート、ソフトウェア工学(日本人)	2	2	2	2	2	
研究指導員 人工知能	2	3	5	6	8	
研究指導員 ソフトウェア工学	0	2	2	3	4	
研究者 人工知能	2	6	9	12	15	
研究者 ソフトウェア工学	0	4	4	6	8	
3. 行政スタッフ/技術者						
助監督(行政)	1	1	1	1	1	
企画長秘書	1	1	1	1	1	
産業連絡係	1	1	1	1	1	
システム行政官/技術者	4	4	4	4	4	
行政/事務スタッフ	3	4	4	5	5	
C) 研究生(該当年度にトレーニングを受ける)	0	16	22	30	38	106
日本人管理スタッフとエキスパートの総計	7	7	7	7	7	
人工知能部門シンガポール専門スタッフの総計	5	10	15	20	24	24
ソフトウェア工学部門のシンガポール専門スタッフ総計	1	7	7	10	13	13
シンガポールの管理、専門スタッフ総計	7	18	23	31	38	
シンガポールの管理、専門スタッフ及び研究生総計	7	34	45	61	76	
5年間に養成されるシンガポール専門職の総計						143

AIセンター・マスター・スケジュール

	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
1. 日本における初期のトレーニング	■				
2. 準備期間	■				
3. コンピュータ設置	■				
4. プロジェクトの確認	■	■			
5. 産業の参加準備	■	■			
6. ソフトウェア・エンジニアリング・ツール開発		■ 2	■ 2	■ 3	■ 4
7. AI応用原型		■ 6	■ 9	■ 12	■ 15

\* 数字は企画数を表わす。

組 織 図



## 7. 日本からの援助

### 7. 1 AIセンターの設立にあたり、シンガポールが日本からの援助を要請したい項目

#### a. コンピュータ・ハードウェア

##### ・エンジニアリング・ワークステーション (EWS) × 30

－ 主記憶 (メイン・メモリー) 16MB

－ カラー・モニター

##### ・エンジニアリング・ワークステーション (拡大) × 10

－ 主記憶 24MB

－ カラー・モニター

－ ローカル・ディスク 各々約140MB

##### ・マイクロコンピュータ × 20

－ メイン・メモリー (主記憶) 2MB

－ カラー・モニター

－ ローカル・ハード・ディスク 各々約60MB

－ フロッピー・ディスク・ドライブ

#### b. ネットワーキング

・ネットワーク・ハードウェア (IEEE 802.3) 及び、4.2/4.3BSD及びNFSに相当する容量を供給するソフトウェア

#### c. 共通設備

－ セントラル・ディスク記憶装置 合計約3,000MB

－ レーザー・プリンター × 4

－ 高速ライン・プリンター × 2

－ ドット・マトリックス・プリンター × 4

－ 1/2"テープ・ドライブ及びフル・システム・バックアップ設備 × 2

－ カートリッジ・テープ・ドライブ × 10

－ CD-ROM 記憶装置

d. ソフトウェア

- ・EWS オペレーティング・システム
- ・EWS上のエキスパート・システム・シェル
- ・EWS上のソフト・エンジニアリング・ツール
- ・EWS及びマイクロコンピュータ上のOAソフトウェア
- ・Lisp
- ・Prolog
- ・C
- ・グラフィック・システム

e. 最初の供給品

テープ・リール、フロッピー・ディスク、プリント・フロム、インク・リボン、カートリッジ・テープの各一年分

f. 書類／技術文献

すべてのコンピュータ・ハードウェア及びソフトウェアの技術手引書  
×20セット

g. 教育設備

- ・VCR×2
- ・TV×2
- ・35mmスライド・プロジェクター×2
- ・オーバーヘッド・スライド・プロジェクター×2
- ・ビデオ・プロジェクター×2
- ・写真複写機（フォトコピヤー）×2
- ・ビデオカメラ×2

以上、（a）から（g）までの項目の価格は約5億円と見積もられる。



h. 日本からのエキスパート

・長期滞在エキスパート … 当初5年間、AIセンター設立を専任で助ける日本人技術エキスパートである

- ー 企画長 1人
- ー AIエキスパート 4人
- ー ソフトウェア・エンジニアリング・エキスパート 2人

・短期滞在パスポート … センターにとって特殊分野の特殊知識を伝えるために、短期間、たとえば2週間センターに滞在できる日本人スペシャリストを要請したい。これらの短期滞在スペシャリストを5年間に60人・週間分、要請したい。たとえば次のような可能性がある。

短期スペシャリスト 6人×2週間×5=60人・週間

i. トレーニングと日本滞在

AIセンター開始まえに、4人を日本において6カ月間、養成するための全面的支援（スポンサー）を要請したい。これら4人のシンガポール人は帰国後、AIセンター・スタッフの中心グループとなってセンター発足に尽くす。さらに、5年の協力期間中、スタッフの質の向上のために60人・月数のシンガポール人の日本における養成を要請したい。例えば一人の人間が1年間、12カ月日本で養成されるとすれば、5年間では、（5人×12カ月=60人・月数）となる。

- ー 当初のトレーニング 4人×6カ月
- ー 水準向上のためのトレーニング 60人・月

## 8. 結論

8.1 AIセンターの設立は、現在、シンガポールに欠けているAI及びエキスパート・システム開発技術という重要な能力の発展において重大なステップになるだろう。日本政府とのこの協力プログラムを通じて、両国の親密な関係が再び示されるだろう。

8.2 日本からこうした寛大な援助を受けることによって、センターはシンガポールにおける人工知能技術開発の中心となり、日本とシンガポールの技術協力を示す場所になるだろう。

C-3. Duration of the Project

C-4. Implementation schedule of the Project

- (1) Schedule for building preparation
- (2) Schedule for man-power and budget allocation by Singapore side

C-5. Request from Singapore side for the Project

- (1) Dispatch of Japanese experts  
(Specific field with team, number, role, qualification, etc.)
- (2) Counterpart training in Japan
- (3) Provision of machinery, equipment and materials  
(Specification and quantity)
- (4) Others

C-6. Management of the Project

- (1) Implementation agency (responsible organization) of Singapore
- (2) Steering committee (organized by Singapore and Japanese side)

D.Others

D-1.Useful information for the smooth implementation of the Project

# note: Three training courses mentioned below are considered to be conducted in the Project

- (1) Development of Expert system ,Prototype
- (2) Practical Training of A.I. skill
- (3) Development of Software Engineering tools

題目： シンガポール AIセンターに関するプロジェクト方式  
技術協力要請についての質問事項

宛先： シンガポール政府関係当局

発信： 国際協力事業団（JICA），  
事前調査チーム（Tokyo, JAPAN）

日付： 1988年12月27日

A. シンガポールに於けるAIセンター設立の背景

A-1. シンガポールに於ける情報科学技術の開発についての政府の政策

- (1) 人工知能の分野に於けるコンピュータ産業に関連する公共および民間セクターに対する政府の援助
- (2) 国家情報科学技術計画（1986）に関連する情報科学技術についての政府の政策
- (3) 人工知能の分野に於けるコンピュータ産業に関連する他の計画（もしあれば）を、

A-2. シンガポールに於ける人工知能に関するコンピュータ利用についての現状と将来展望

- (1) オペレーティング システム
- (2) ソフトウェア
- (3) ハードウェア

A-3. シンガポールに於ける人工知能研究についての現状と将来展望

- (1) 研究者 (人数, 資格)
- (2) 大学, 研究所等々に於ける学術研究

A-4. 人工知能に関連する人的資源についての現状と将来展望

- (1) オペレータ (人数, 資格, 需要および供給)
- (2) プログラマ (人数, 資格, 需要および供給)
- (3) システムエンジニア (人数, 資格, 需要および供給)

A-5. 人工知能に関連するコンピュータ科学技術の開発のための教育および訓練活動の現状

- (1) 総合大学, 単科大学, 高等学校等に於ける教育活動
- (2) 訓練センター, 職業学校等に於ける訓練活動

A-6. 人工知能に関連する外国コンピュータメーカーの現在の活動

B. AIセンターについての計画（以下センターと呼ぶ）

B-1. センターの設立

- (1) 目的
- (2) 活動
- (3) 国家情報科学計画に於けるセンターの必要性の優先度および緊急度
- (4) 他の関係機関との関連
- (5) センターの活動に対抗する民間企業に対する影響

B-2. センターの組織

- (1) 組織図
- (2) 各セクションの機能と責務
- (3) スタッフの配置

B-3. センターの予算状況

- (1) 予算状況
- (2) 予算配分計画

B-4. センターの建築状況

- (1) 計画サイト（地図）
- (2) 建屋図面
- (3) 建屋の施工スケジュール

B-5. センターの人的資源状況

- (1) 講師および訓練教師
- (2) センターの保守および操作のための技術者およびオペレータ
- (3) センター運営のための秘書および事務員

○ . 日本政府による提出のあったプロジェクト方式技術協力に対する考え  
(以下プロジェクトと呼ぶ)

C-1. プロジェクトの目的

C-2. トレーニングコース プログラム (注参照)

- (1) トレーニングコースの範囲
- (2) 各コースのトレーニングのカリキュラムおよびトレーニングの目標
- (3) 期間および頻度
- (4) 研修生の応募方法
- (5) 研修生の入数
- (6) 研修生の種類および資格
- (7) 研修費用の徴収
- (8) 開発されるのはどんな種類のプロトタイプか
- (9) 開発されるのはどんな種類のツールか

C-3. プロジェクトの期間

C-4. プロジェクト遂行スケジュール

- (1) 建屋施工スケジュール
- (2) シンガポール側による人的資源および予算配分のスケジュール

C-5. プロジェクトに対するシンガポール側からの要請

- (1) 日本人専門家の派遣  
(特定分野, 人数, 役割, 資格等)
- (2) 日本に於けるカウンターパートのトレーニング
- (3) 機械装置, 備品および教材の準備  
(明細および数量)
- (4) その他



## C-6. プロジェクトの運営

- (1) シンガポールの遂行機関（責務を負う組織）
- (2) 運営委員会（シンガポールおよび日本側によって構成された）

## D. その他

### 0-1. プロジェクトの円滑な遂行のための有用な情報

注： 以下に述べられている三つのトレーニングコースがプロジェクトに於て実施されるべきものと考えられる。

- (1) エキスパート システム プロトタイプの開発
- (2) A.I.スキルの実践的トレーニング
- (3) ソフトウェア エンジニアリング ツール類の開発