

○丹羽富士雄（政策研究大学院大／文科省・科学技術政策研）

## 1. はじめに

IMD の世界競争力 (World Competitiveness[1]) は広く注目を浴びている。しかし、その内容は深く分析されることはなく、表面的に利用されており、中には誤った引用もあるように思われる。また、2001 年からは従来までであった科学技術の競争力が示されていない。そこで、本研究は 2001 年報告書を対象に、科学技術における世界競争力を分析し、その適切な理解に供したい。

[1] IMD, "The World Competitiveness Yearbook - 2001"

## 2. 科学技術分野で使用されているのは 25 統計

IMD が科学技術の世界競争力算定に用いた変数は 2000 年報告書の場合 26 ある。なお、IMD はこれらの変数を Criteria と呼んでいる。しかし、2001 年報告書では、その内 Financial Resources 変数が欠けており、以下の 25 変数が使われている。使用された変数は 2 種類に大別される。

(1) Hard Criteria: 統計量である。15 変数ある。例えば、研究開発費など

(2) Soft Criteria: 調査票調査で得られた回答の平均値である。10 変数ある。最悪が 0、最良が 10 に基準化されている。下表では番号に下線を記した。

Tab.1 Science and Technology Criteria

| No.                           | Criteria  | Abbrevi.  |
|-------------------------------|---|-----------|
| <b>R&amp;D Expenditure</b>    |   |           |
| 1                             | Total Expenditure on R&D, US\$ millions, 1999   | RdExp     |
| 2                             | Total Expenditure on R&D per capita, US\$ per capita, 1999  | RdePc     |
| 3                             | Total Expenditure on R&D % of GDP, 1999   | RdepG     |
| 4                             | Business Expenditure on R&D, US\$ millions, 1999  | BusRde    |
| 5                             | Business Expenditure on R&D per capita, US\$ millions, 1999   | BusRdePc  |
| <b>R&amp;D Personnel</b>      |   |           |
| 6                             | Total R&D Personnel Nationwide, FTE(1,000s), 1999   | RdPrs     |
| 7                             | Total R&D Personnel Nationwide per capita, FTE(1,000s), 1999  | RdpPc     |
| 8                             | Total R&D Personnel in Business Enterprise, FTE(1,000s), 1999   | BusRdp    |
| 9                             | Total R&D Personnel in Business Enterprise per capita, FTE(1,000s), 1999  | BusRdpPc  |
| 10                            | Qualified Engineers, "Qualified engineers are not or are available in your country's labor markets," 2001   | QulEng    |
| 11                            | Availability of Information Technology Skills, "Qualified information technology employees are not or are available in your country's labor market," 2001 | InfTek    |
| <b>Technology Management</b>  |   |           |
| 12                            | Technological Cooperation "Technological cooperation is lacking or is common between companies," 2001   | TekCoop   |
| 13                            | Company - University Cooperation "Technology transfer between company and universities is insufficient or is sufficient," 2001                            | CuCoop    |
| 14                            | Development and Application of Technology "Development and application of technology is constrained or is supported by the legal environment," 2001       | TekDevApl |
| 15                            | Relocation of R&D Facilities "Relocation of R&D facilities is or is not a threat to the future of your economy," 2001                                     | RdFcl     |
| <b>Scientific Environment</b> |   |           |
| 16                            | Nobel Prizes, Awarded in physics, chemistry, physiology or medicine and economics since 1950, Number, 2000  | Nbl       |
| 17                            | Nobel Prizes per capita, Awarded in physics, chemistry, physiology or medicine and economics since 1950 per million people, per million, 2000             | NblPc     |
| 18                            | Basic Research, "Basic research does not or does enhance long-term economic and technological development," 2001  | BasRes    |
| 19                            | Science and Education "Science is not or is adequately taught in compulsory schools," 2001  | SciEdu    |
| 20                            | Science and Technology and Youth "Science & technology does not interest or interests the youth of your country," 2001                                    | StYouth   |
| <b>Intellectual Property</b>  |   |           |
| 21                            | Patents Granted to Residents, Number of patents granted to residents, 1998  | PtnRes    |

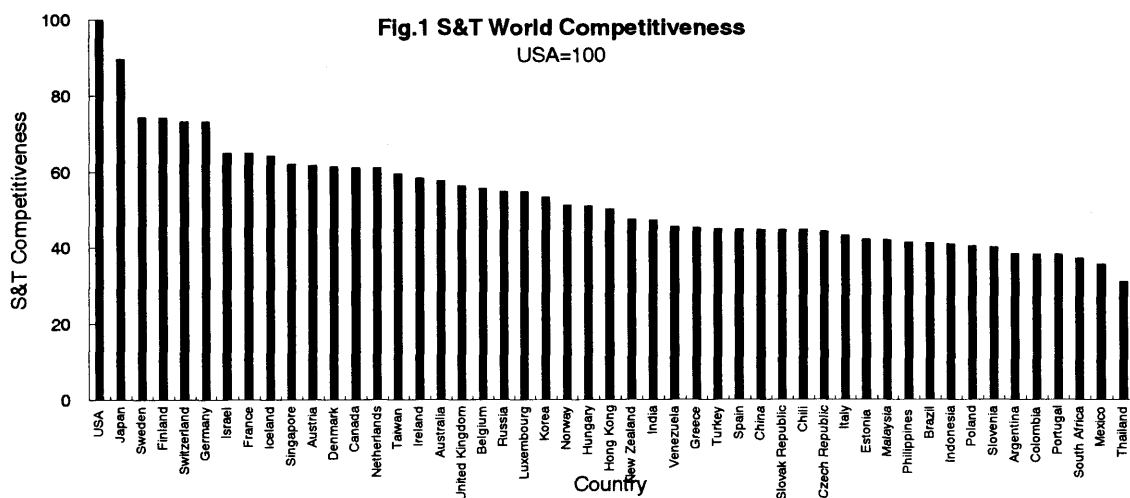
|    |   |        |
|----|---|--------|
| 22 | Changes in Patents Granted to Residents, % change, 1998   | ChngPr |
| 23 | Securing Patents Abroad, Number of patents secured abroad by country residents, 1998                          | PtnAbr |
| 24 | Patent and Copyright Protection "Patent and copyright protection is not or is enforced in your country," 2001 | PntPrt |
| 25 | Number of Patents in Force, Per 100,000 inhabitants, number, 1998   | PntFrc |

### 3. 日本の科学技術世界競争力は2001年でも2位

IMDの世界競争力の計算法は必ずしも明解に公開されているわけではない。したがって、計算法を推定した。その計算法は以下の通りである。

$$C_j = k_h \sum x_{hij} / o_{hi} + k_s \sum x_{sij} / o_{si}$$

ここで、 $C_j$ は第j国の科学技術世界競争力、 $x_{hij}$ と $x_{sij}$ は第j国の各ハード(h)とソフト(s)の第i変数の値、 $o_{hi}$ と $o_{si}$ はハードとソフトの第i変数の標準偏差、 $k_h$ と $k_s$ はハード変数とソフト変数の重み係数である。具体的には、 $k_h=2/15$ 、 $k_s=1/10$ で、ハード変数の重みがソフト変数の重みの2倍になっている。図では、さらに最大値の米国の値を100にし、他国も同率で比例させている。



図は、日本が2位であること、1位米国との差は少なく、3位のスウェーデンとは差が開いていることを示している。著者は日本の科学技術競争力は過大に現れているのではと考える。実際、変数表を見ると、入力側や産業の統計の割合が多く、このような判断が必ずしも間違っていないことを示唆している。

### 4. 科学技術世界競争力は4種類の統計の加算

次に、IMDの科学技術世界競争力を構成している変数間の関係を分析した。まず、25変数間にどのような計量的な関係があるかを見るために、因子分析を適用した。主軸法を採用して得られた、第1および第2因子の因子負荷量をFig.2に示す。なお、累積寄与率は第1因子54.0%、第2因子76.9%であった。

図から、ハード変数は、(1) 研究開発費など絶対値を示す統計値と、(2) それらを人口などで除した相対値に別れることが分かる。相対値の中で唯一、特許登録の成長率は他の相対値と性格が異なり、それと離れた位置を占めている。次に、ソフト変数は第1軸上に並び、ハード変数とは異なった挙動を示す。したがって、ハード変数とは別個に分析する妥当性が得られた。

### 5. 4種類の指標は科学技術競争力を表示するか？

Fig.2から推定できるので、詳しい分析結果は割愛するが、ハード変数は絶対値と相対値(但し特許登録成長率を除く)の2群に分かれる。そこで、以下の2種類の科学技術力を算出した。

科学技術力  $P_j = \sum x_{pij} / o_{pi}$ 、 $p$ は絶対値の変数であることを示す。

科学技術活動密度  $D_j = \sum x_{dij} / o_{di}$ 、 $d$ は相対値の変数であることを示す。

図は、科学技術力で、米国が図抜けて大きく、次いで日本、かなり差を置いて独、仏、英の欧州先進国、それに混じってロシアと中国が続いている。一方、科学技術活動密度ではスウェーデン、スイス、フィンランド、デンマークなど欧州の小国が大きな値を示している。

Fig.2 Factor Loadings of 25 Criteria

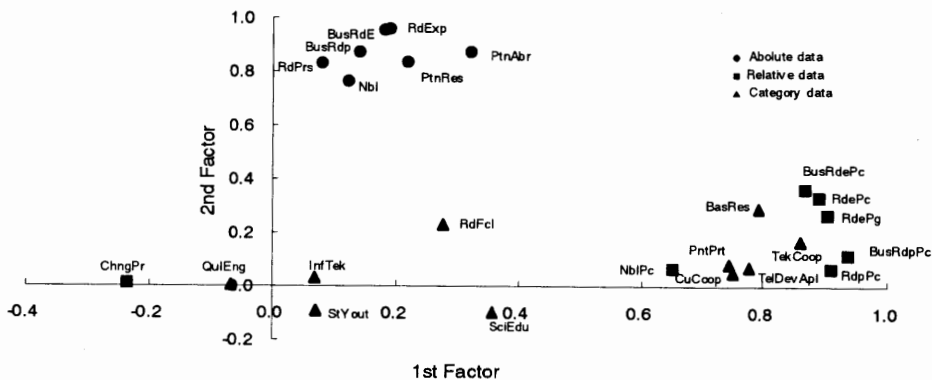


Fig.3 S&T Power vs. S&T Activity Density

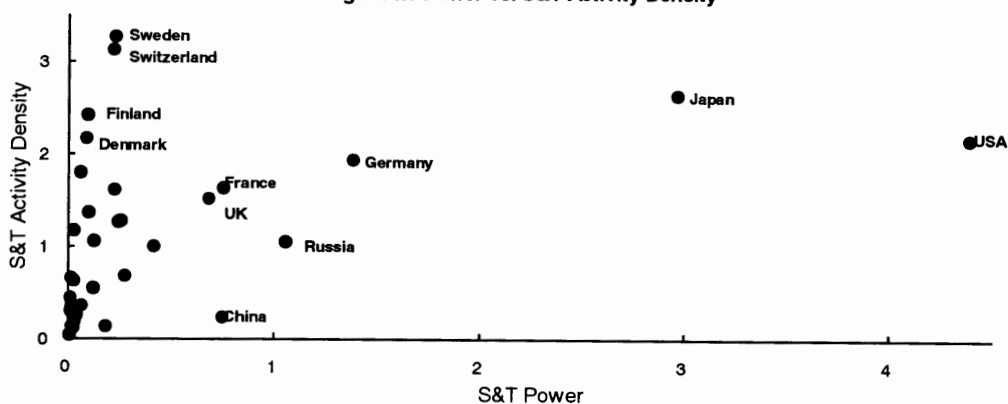
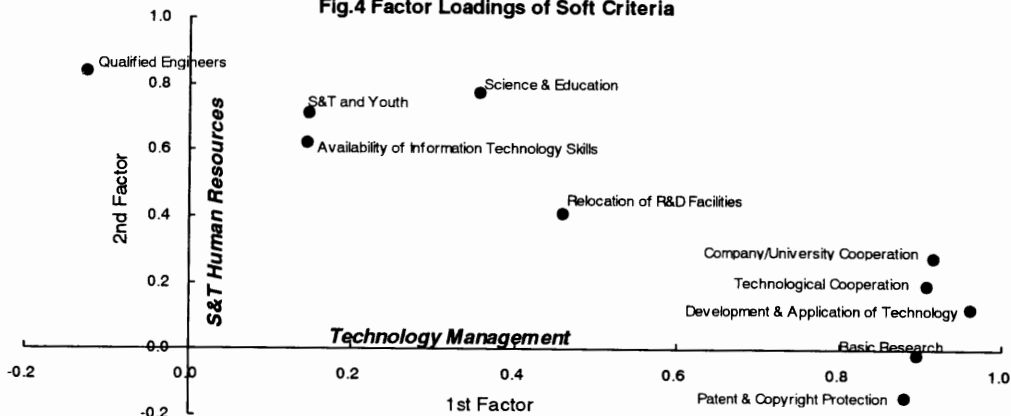
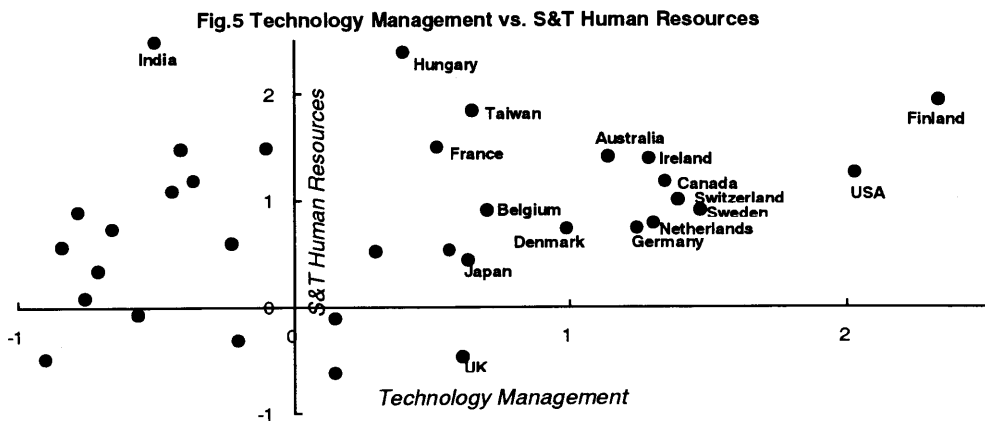


Fig.4 Factor Loadings of Soft Criteria



次にソフト変数に同じく因子分析を適用した。主軸法を採用して得られた、第1および第2因子の因子負荷量をFig.4に示す。なお、累積寄与率は第1因子50.4%、第2因子70.4%であった。第1因子で因子負荷量の大きい変数は、産学協力、企業間協力、技術開発・応用、基礎研究の経済・技術貢献、知的財産の保護等である。そこでこの因子は国の科学技術マネジメントを示すものと解釈した。他方、第2因子で因子負荷量が大きい変数は、有能な技術者、科学教育、若者の科学技術関心、有能な情報技術者等であり、科学技術人材を示すものと解釈した。

それぞれについて、ハード変数の場合と同じように値を算出した。但し、最悪を-5、最良を+5、中央を0とし、さらに、“Relocation of R&D Facilities”変数は両方に関係があるので、重みを0.5として、両方に加えた。そのようにして得られた、「技術マネジメント」と「科学技術人材」の指標値をFig.5に示す。



図からは、まず技術マネジメントの場合、フィンランド、米国、スウェーデン、スイス、カナダの値が大きいこと、他方科学技術人材では、インド、ハンガリー、フィンランド、台湾の値が大きいことが分かる。これらはいずれもソフト、すなわち調査票調査による結果であることを常に念頭に置く必要がある。日本の場合はいずれもゼロよりは大きいものの、平均値に近い場所にあり、技術マネジメントでは先進国では最低のレベルにあり、科学技術人材ではイギリスより勝っているものの、他の先進国には劣っている。日本の調査対象者の両認識は低いと言えよう。

各指標とGDP等と関係を右に示す。なお、ここで科学技術競争力は4指標の合計である。表によれば、GDPに関係があるのは(1)科学技術力と競争力、人口に関係する変数はなく、人口当たりGDPに関係があるのは(2)科学技術活動密度と(3)技術経営、それに競争力である。

|               | (1) 科学技術力 | (2) 科学技術活動密度 | (3) 技術経営 | (4) 科学技術人材 | 科学技術競争力 |
|---------------|-----------|--------------|----------|------------|---------|
| GDP           | 0.962     | 0.336        | 0.345    | -0.014     | 0.660   |
| GDP(ppp)      | 0.879     | 0.168        | 0.221    | -0.006     | 0.514   |
| 人口            | 0.191     | -0.231       | -0.183   | 0.075      | -0.065  |
| 人口当たりGDP      | 0.452     | 0.858        | 0.736    | 0.034      | 0.768   |
| 人口当たりGDP(ppp) | 0.347     | 0.768        | 0.781    | 0.140      | 0.731   |

## 6. おわりに

分析を通じて、以下の諸点が明らかになった。

- (1) IMDの科学技術に関する世界競争力は4種類の統計的に独立な変数群から構成されていること、
  - (2) ハード変数は数が少なく(例えば、我々の科学技術総合指標等と比較して[2])、偏りが見られること、
  - (3) ソフト変数は合計でも3,500強(2001年版)であり、信頼性に問題があること[3]、
  - (4) 個別変数、特にソフト変数を対象にした言及や比較には問題があること、本稿の分析のように束にして扱う方がまだ意味がありそうであること、
  - (5) 1位や2位などランクだけに注目するのは不適切であり、数値や分布の中で判断する必要があること。
- [2] 丹羽富士雄、富澤宏之、「科学技術活動のマクロ構造分析」、研究・技術計画、vol.12, no.1/2 (1998)  
 [3] 喜多村和之、「一人歩きする評価—IMD世界競争力白書にみる」、アルカディア学報 No.82 (2002)