

# 企業戦略のための技術予測

只野文哉

## 1. 技術予測は企業の風見鶏

わが国では「外国でこんな新技術、新商品が誕生した」という情報をつかんで未来技術の指標とした時代が長く続いた。ところが最近、この種の先行指標が激減したため、「これから何をやるべきか」という目標を自分で考え出すことが企業経営にとって不可欠となり、技術予測によって将来の動向を知りたいという声が高まっている。

技術予測の目的は、ある特定の技術が、どんな早さでどのように変化するかを予測し、

- (1) 新技術、新製品が生まれる可能性
- (2) ある既存の技術に代わる新技術出現の前兆
- (3) 企業の将来に影響を与える技術的好機と脅威
- (4) 何年か先、企業が目標とすべき最も望ましい姿

などの先駆的前兆をつかんで、今日ただいまどんな手を打つべきかを決意し行動をおこすことにあ

る。しかし新技術の予測がむずかしいことから、やっても無駄だという意見もある。だからといって想像力に欠けた現状延長路線に、企業の将来を託そうとは考えまい。

(社)科学技術と経済の会が昭和53年7月に行なった技術予測アンケート調査(民間企業約100社)

ただの ぶんや (社)科学技術と経済の会

によると、技術予測の使用目的としては新製品開発25%、企業戦略立案22%、技術動向予測19%、研究開発課題立案16%、その他18%。また予測手法の比率は、傾向外挿法16%、デルファイ法14%、関連樹木法11%、技術連関分析法11%、シナリオ法6%、その他42%となっている。この結果はそのままでのみにはできないが、わが国の企業に技術予測が定着し始めたと思える。

## 2. 技術の変化を引きおこす4つの要因

技術の変化をおこす原因は複雑であるが、図1に見るように、科学・技術上の発明・発見(シーズ)と、そのシーズをイノベーションに転化させるニーズ、すなわち国際、社会、政治環境が、その技術の進歩を促すか、阻止するかにかかっている。最もむずかしいのは、技術、国際、社会、政治の4要因間の相互作用の見積りで「風が吹けば桶屋が儲かる」といった論理構成の問題である。

経済予測が単純な相関モデルから、多変量計量モデル、動態的な原因指向モデルと予測手法を改善したように、技術予測手法も改善されつつあるが、経済予測よりかなりおくれた段階にある。それでもあえて技術予測手法の開発と普及[1][2]を強調する所以は、システムティックな予測を行なうことによって、従来の経験と直観による予測のプロセスと結果に補足、修正を加え、より確かな未来の姿を描き出すのに役立つと考えるからである。

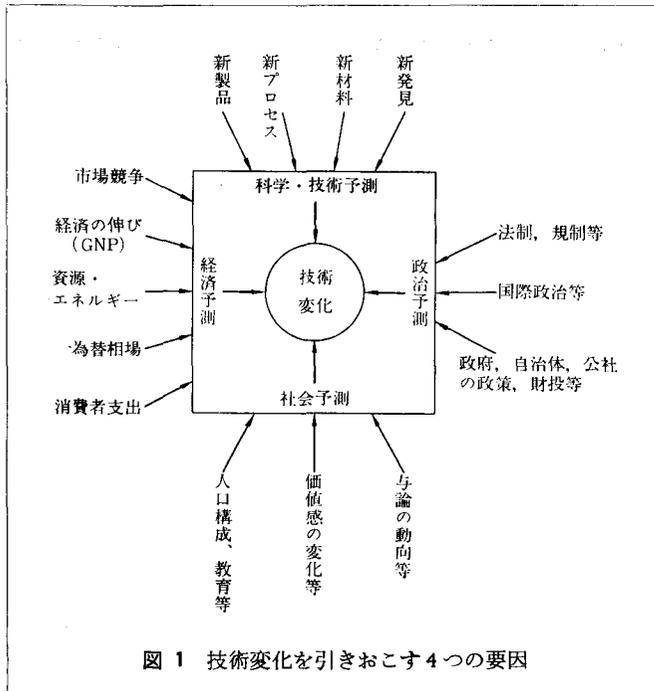


図 1 技術変化を引き起こす4つの要因

### 3. 技術予測をどのように使うか

技術予測の使い方にはつぎの3つがある。

第1は警告予測である。その例として米空軍が1952年に開発を計画した重爆撃機 B-58は、装備に1万個もの電子部品（主に真空管）が必要であり、当時の真空管の故障発生率から見て「飛ばない」と予測された。空軍担当者は、'50年代の後半に集積回路の開発に軍事研究費を投入し実用化を早めた。またローマクラブの委託で行なったメドウスの「成長の限界」[3]の予測も警告予測である。この種の予測には「当らない」という宿命がある。

第2は条件つき予測で、アポロ計画がそうだ。ケネディ大統領が1961年の初めに「1960年代に人類を月に送る」と宣言し、8兆円の前算をつけた。結果は目標とした時期、費用とも予測通りだった。条件つき予測は、よく計画され条件がかなえられれば、予測精度の高いものである。

第3は成りゆき予測で、たとえばマイクロエレクトロニクスが、'80年代の産業や社会をどう変

えるかといった予測である。この場合は図1にみるように、科学・技術の進歩そのものだけではなく、受皿側である社会、経済、政治、国際環境などの影響を強く受ける。石油の供給不安と価格高騰が、脱石油代替エネルギーや省エネルギーの技術開発を促進する如きである。

このように予測は「適中させること」だけにあるのではない。系統的に予測する思考プロセスから、何かをつかむことに意義があるのだ。

## 4. 技術予測の方法

### 4.1 探究的予測と規範的予測

探究的予測とは、過去から現状までの延長線上に将来があるとするもので「こうなるであろう」ということを予測するものである。

これに対し規範的予測は、われわれのやり方次第で複数の可能な未来があることを出発点とし、その中から最も望ましい「かくあるべし」という将来目標を選び、そこに到達するために、今日とるべき政策や支援、前途に横たわる障害はなにかを予測するものである。

技術予測の確からしさを高めるには、「こうなるであろう」という探究予測と、「かくあるべし」という規範的予測を別々に行なうだけではなく、両者の予測結果をフィードバックした総合予測が必要である。かつてわが国の造船業界が強気で造船ドック設備を増強したが、察するところ「こうなるであろう」という現状延長予測が主流を占め、規範的思考が不十分だったことが設備過剰を招いたのではないと思われる。

探究的予測と規範的予測とはなかなか合致しない。その理由は、探究的予測が過去にこだわり過ぎていたり、または規範的に設定した将来目標が無理があるかのいずれかである。

## 4.2 各種予測の手法

技術予測の手法には、探究的な傾向の強い傾向外挿法や規範的傾向の強い関連樹木法のほか、探究と規範が入り組んだデルファイ法やシナリオライティング法などがあり、すべての手法を探究、規範と明確に分けることはできない。むしろ、その手法の思考過程によっていずれの特徴が強いかで判断すべきである。

### (1) 傾向外挿法[4]

傾向外挿法は過去のデータの傾向を将来に延長する考え方で、技術予測の「基本技」であり、古くから、そして今もなお広く用いられている。

傾向外挿法は技術のトレンド分析に有用であり、とくに半導体デバイスのような先端技術では、パラメータさえ適切であれば、ほぼ忠実に傾向曲線に乗る。図2はメモリの集積度と価格の傾向分析を示したものであるが、次期開発製品の出現時期がかなり正確に予測できる。

傾向外挿法の問題点は、過去の傾向がいつ変曲

点をむかえるかの予測にある。ある傾向がつづくということは、その傾向を促進させる要因と抑制する要因とがバランスしていることを意味し、どちらも強い、またはどちらも弱い状況でも安定した傾向をたどる。しかし両者が強くバランスしている場合は、その傾向が長続きせず、くずれやすいので警戒を要する。

傾向外挿法に包絡線予測がある。たとえば図3のように、光源の効率（ワット当りルーメン）をたて軸にとると、白熱灯の効率が飽和点に達する直後に蛍光放電灯、つぎは高圧放電灯というように、つぎつぎと技術突破がおこる。包絡線による技術予測は、通常の傾向外挿と異なり、技術突破の予測に有効であるだけでなく、長期にわたる技術進歩を予測できる手法といえることができる。

このほか、傾向相関法があるが文献[5]にゆずる。

### (2) 関連樹木法[6]

ハネウエル社が軍事研究の目標設定のために開

発したPATTERN法の一部に使われたことから広く知られるようになった。これは一種のトリ手法で、対象とするシステムの目的・目標を頂点として何段階かのレベルに分けて行なう。

関連樹木法は政府や公共企業体が、巨額の研究開発費を、いくつかの課題に効果的に配分するのに有用であるが、のちに例示するように民間企業の新商品開発などにも利用できる。その概要はつぎの通り。

- (i) レベルA：検討課題を具体的に記述する
- (ii) レベルB：レベルAの課題を遂行するためのタスクTをいくつか分割

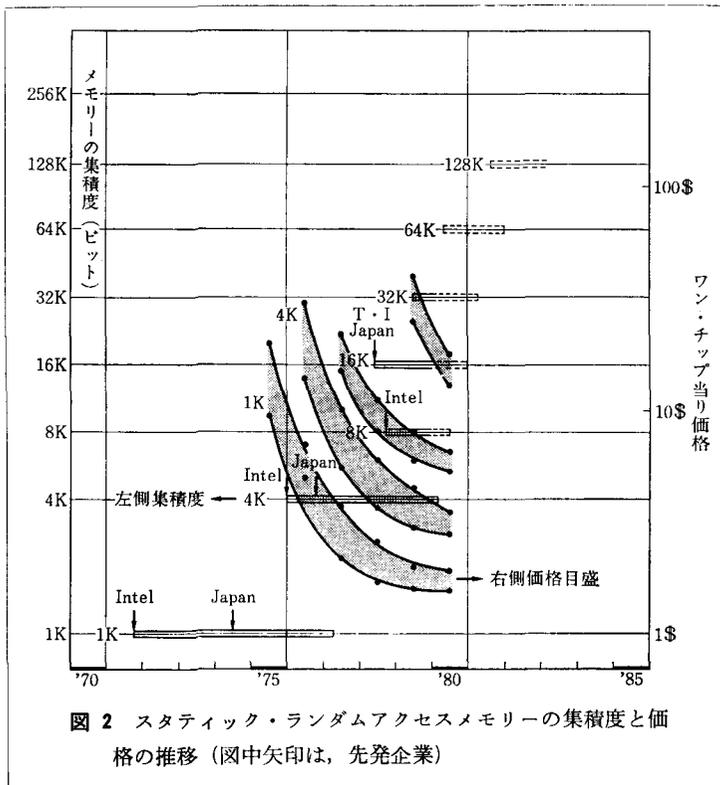


図2 スタティック・ランダムアクセスメモリーの集積度と価格の推移（図中矢印は、先発企業）

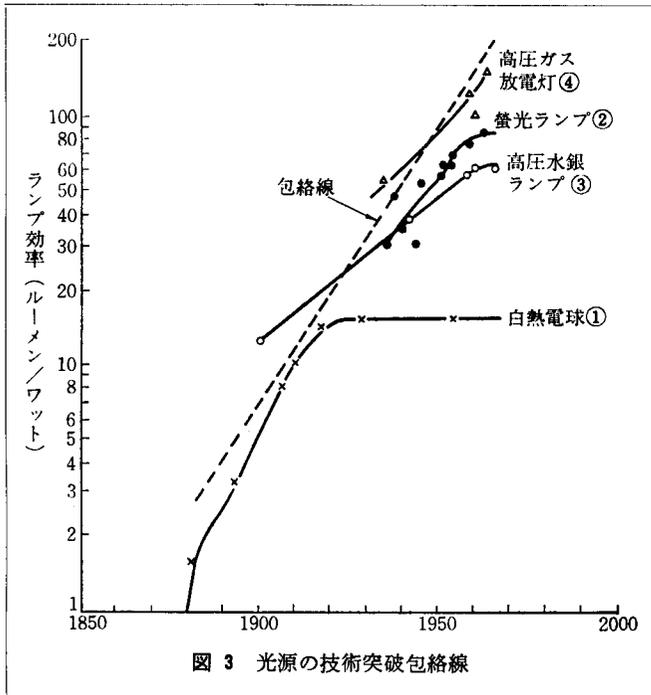


図3 光源の技術突破包絡線

する。分割したタスクの内容は十分検討されたものであること。分割数は4~8に絞る。

- (iii) **Criteria** : タスク  $T$  の重要度の順位を決めるため、レベル  $A$  の課題に影響を与えるであろう外的環境要因 (**Criteria**)  $C$  を4~8項目設定する。
- (iv) **Criteria** : **Criteria**  $C$  を、レベル  $A$  の重要度目標に照してウエートづけし、 $\sum C$  が1になるように配点する。
- (v) **タスク  $T$**  : **Criteria**  $C$  に照らしてタスク  $T$  にウエートづけし、 $\sum T$  が1になるよう配点し、 $\sum T_n C_n$  をもってタスクの優先順位  $R_N$  とする。

応用例：小病院に合った生化学自動分析装置を開発したいが、何に特徴をもたせるべきか。

図4のように、レベル  $B$  はレベル  $A$  を遂行するために重要と思われる特徴 (タスク  $T$ ) であり、

**Criteria**  $C$  を4つとした。

なおタスクの重要順位を表わす  $R_N$  の値は図の通りであり、このような分析結果から、小病院向けの自動分析装置の開発に当り、特徴として強調すべきは、緊急処理ができる、操作性を向上する、検査項目を増す、の3点で、処理能力の完備や応答時間の短縮は重きをおかなくてよいことがわかる。

(3) デルファイ法[7]

専門家による会議形式のジレンマを克服するため、人間の英知である直観力を、周到かつ組織的に引き出すよう工夫された予測法である。その概要はつぎの通りである。

(1) 会議の欠点を避けるため、専門家同志の対面による討論形式をやめ、

他人からの心理的影響を受けないよう、個人宛にアンケート質問を行なって回答を求め、それを整理集計する。

- (2) 単なるアンケートとは異なり、アンケートの集計結果を参加したメンバーにフィードバックし、再度アンケートを行なう。このようにアンケート集計結果のフィードバックを2~3回くり返すことで意見の収斂をはかる。
- (3) 大半の意見とは異なる少数者の意見も取り上げ、その趣旨を生かす。

メンバーに対するアンケート質問の形式は図5のように、予測課題の内容を示し、その課題の重要度と実現時期について回答を依頼して、専門家の評価を得るようなやり方が普及している。

わが国では、シンクタンク、各省庁、民間企業ともデルファイ予測が盛んで、それなりの予測成果を上げている。なかでも科学技術庁が昭和45年度と50年度に行なったデルファイ予測は、質問項目が多岐にわたっていることと、デルファイメンバーが多いことで世界の注目を集めている。

この予測で、同一課題を45年度と50年度と2回

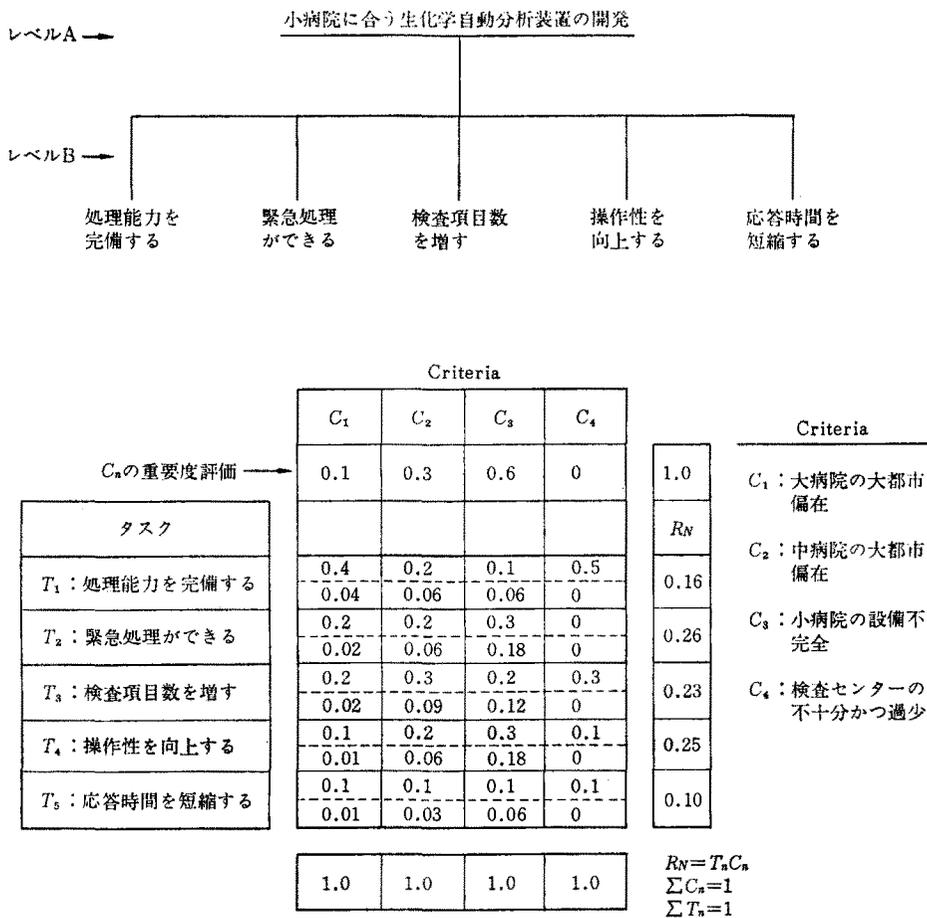


図4 関連樹木法を企業の新製品開発方向づけに用いる例

課題名	重要度(%)			実現時間				
	大	中	小	1980	1985	1990	1995	2000
1チップ当り10万素子以上の超LSIが実用化される	81	18	0					
伝送速度10Gbit/s程度の光通信(有線)が幹線用として実用化される	58	35	6					
自己修復機能を有する電子計算機が開発される	31	66	3					

図5 科学技術庁デルファイ予測(昭52-02): 情報部門

アンケートし、両者の結果を比較したところ、課題の重要度については、45年度よりも50年度において低下した例が多く見られ、とくに家庭生活や余暇関連がいちじるしく下がった。これに対し、資源、エネルギー、保健・医療等は重要度が上がっている。このことは、マスコミや世相の動きが回答者の心理に影響を与えていることを暗示している。

一方、実現時期は50年度予測が45年度予測よりも平均6.3年のおくれとなっている。これを極論すると、10~20年先に実現するであろう超長期課題の実現時期予測に対しては、

表 1 科学技術庁デルファイ予測

(同一質問を、昭和45年度と50年度と2回行ない回答結果を比較したもの)

	予 測 課 題	重要度“大”の比率(%)			実現時期(年)		
		昭50, A	昭45, B	A-B	昭50, A	昭45, B	A-B
食糧生産	中・長期気象予報の精度が高くなり、冷害、干ばつの予測技術が開発される。	85	86	△1	1993	1986	7
	南氷洋のオキアミなど動物性プランクトンを利用した食糧・飼料の生産が実用化される	61	22	39	1987	1985	2
人衛工星	人工衛星を利用した世界的航行管制システムが実現する	81	90	△9	1888	1881	7
原子力	遠心分離法による商業用のウラン濃縮工場が稼動する	81	88	△7	1989	1983	6
医 療	糖尿病のより有効な治療法が開発され、正常人と同じ生活が送れるようになる	72	40	32	1990	1987	3
	人工透析センタ(人工腎臓)の全国的ネットワークが確立し、尿毒症による死亡の危険が減る	86	66	20	1988	1988	0
情報	複雑なパターンを人間並の速さで識別できるパターン認識技術が開発される	46	81	△35	1998	1989	9

日本人の予測能力の範囲を超えていると言える。表1に同一質問に対する回答結果の比較を示す。

もう1つデルファイ予測で問題なのは、予測課題間の相互作用である。たとえば電気自動車の普及時期を予測する場合、軽量高効率蓄電池の出現は普及時期を早める。そこでデルファイ法で得られた予測事象の実現確率を、関連事象の影響を考慮して修正するクロスインパクト・マトリックス法[8]が開発され利用されている。

デルファイ法は、企業がある製品に対するユーザの要求の強さ、商品化の可能性、実現時期を予測するのにも使われている。

### 5. 前兆予測

将来おこる技術変化には、必ずその前ぶれとなる前兆がある。これらの前兆は、新聞のニュース、学術誌、専門誌、社内外のなまの情報、特許出願公告などから得られる。

もし重要な技術またはニーズ変化の前兆をつかんだら、その情報を探索し、もしその前兆が見せかけのものでなく、本物となるとにらんだら、その前兆を徹底的に追跡する。そして関係部門に警告を発し、いかに対処すべきかを決め行動に移す。

前兆予測を新製品開発課題の発掘に利用する方法を述べる。

図6は自動車電子化を例にとったもので、いつ頃どのような電子化が実現するかを予測し、前兆予測によって行なう概略図である。

図6の上段に技術関連の前兆とその将来像を、また下段に自動車を取りまく社会・国際・法制等の前兆と先の見通しを時系列的に書き込む。将来予測には上述の各種予測手法を活用する。

この上段の技術動向と、下段の環境動向から、中段の自動車電子化の将来の姿や課題を発想する。図6では、エンジンの本格的フィードバック制御は1981年頃出現するであろうことを予測しているが、出現を促進させる要因は排気ガス規制法とエネルギー節約法であり、その技術を具体化させるものがマイクロエレクトロニクス部品、とくにマイクロコンピュータ、メモリー、デジタルアナログコンバータや各種センサーの低価格化と信頼性向上である。要するに上段と下段の事象をにらみながら自由奔放に発想し、何通りかの課題をつかみ比較検討して最終予測とする方法である。

前兆予測は新製品、新事業の予測に適している。たとえば、技術革新が動因となり、用途はあまり

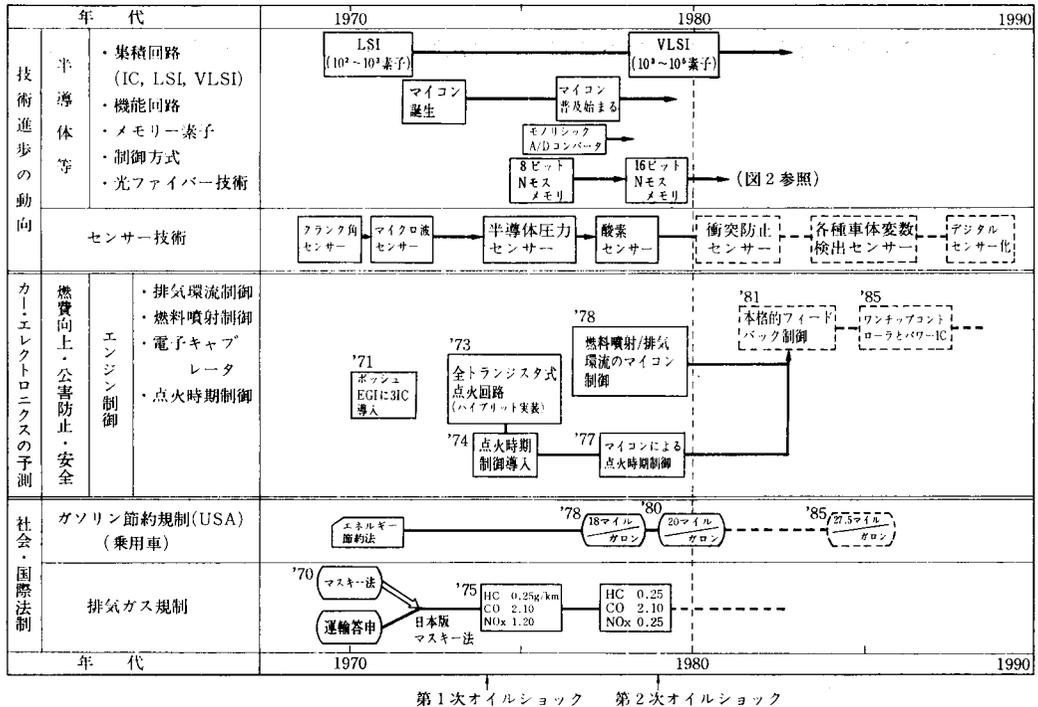


図6 自動車電子化の予測(但し新商品誕生の機会探索法を示したもので自動車電子化の本格的予測ではない)

変わらないが機能を大幅に向上させることによっておこるメカトロニクス産業や、国際、社会経済の変化が動因となっておこる新エネルギー産業の予測などがそれである。

### 6. その他の予測法

この他の予測法に、シナリオ法、システム・ダイナミクス法、技術連関分析法などがあるが割愛する。この中でもシナリオ法は、技術予測の手法として今後大きく発展するものと思われる。

### 7. 技術予測の限界

技術予測にはつぎに述べるような限界がある。

- (1) 大発見：たとえばトランジスタやレーザといった少数の天才による新発見は予測できない。
- (2) 予測することのできない相互作用：人間搭乗の爆撃機重点時代には、原爆、ミサイル、電子計算機などのように全く別個に進歩した技術の総合である核弾頭ミサイルの誕生は予測し得ない。
- (3) 先例のないニーズ：電子計算機やゼロックス複写機の初期の需要予測のように、全く先例のないニーズ予測はきわめてむずかしい。

(4) 予測に用いたデータの不確実さと要因の欠如：重要な要因を見落とししたり、データが不確実な場合は手法がいかにすぐれていても、予測結果は不確かなものとなる。

### 参考文献

- [1] (社)科学技術と経済の会・技術予測シンポジウム、昭和47年以来毎年2日間開催、各省庁、シンクタンク、民間企業で行なった技術予測の実例発表と特定課題の技術予測の発表討論を行なう(毎年7月開く)
- [2] 只野文哉編著：「ソフト・テクノロジー」科学技術と経済の会(昭47)
- [3] 大来佐武郎監訳：Medows, D. H., Medows, D. L. 「成長の限界」ダイヤモンド社(昭47)
- [4] 加藤、荒、神力訳：Lentz R. C. 「創造工学による技術予測」鹿島研究所出版会(昭41)
- [5] 金丸久雄：予測の基本、傾向外挿法「技術と経済」(昭51. 10月) No.115
- [6] 文献[1] 第8章関連樹木法
- [7] 同 第4章デルファイ法
- [8] 同 第5章クロスインパクト・マトリックス法