

○神前 康次（未来工学研究所）、稗田 浩雄（同）
名城 鉄夫（同）、今井 兼一郎（日本工業技術振興
協会）

1. 研究の目的

技術水準の評価は、競争環境下での開発テーマの選択や共同開発におけるパートナー選択等の戦略立案に必要であり、またマクロ的な立場から、国全体の技術水準の評価等も行われている。とくに予算制約下で開発プロジェクトを選択していく立場からは、技術システムを構成するキーテクノロジーや基盤的な技術とプロジェクトとの関係の把握に基づいて、技術水準を評価することが重要である。本研究では、このような観点から、技術水準を評価する方法論を検討し、宇宙インフラストラクチャーの開発に関する評価に適用する。その評価では、技術開発の到達度の絶対評価、現在の技術水準の日、米欧の相対評価、及び将来に向けての開発ポテンシャルの評価の3つの評価軸を考え、それらの相互関係も含めて、技術水準の多面的な評価方法を検討する。

2. 技術水準の評価方法

技術水準を考える場合、次の3つの評価軸が基本的なものと考えられる。

- (a) 技術開発の到達度（絶対評価）
- (b) 現在の技術の水準（相対評価）
- (c) 技術開発のポテンシャル

これらの評価の方法はいろいろ考えられるが、大切なことは評価者にとって評価基準の定義が明確なことであり、次のように定義することとする。

(a) 技術開発の到達度

技術開発の到達度の評価では、技術水準
技術開発がどのレベルまで進み、どこまで到達しているかを評価する。この到達度の定義は、評価対象がシステム技術か、要素技術（機器、装置等）か、あるいは材料技術かなどで性格が異なることを考慮して、表1に示すように評価基準と評価点を定義する。各々の評価基準は、その技術の十分な運用経験と信頼性が保証されるレベルを10点として、共通の考え方で10段階（基本性能確認のレベルを5点とする）に区分したもの

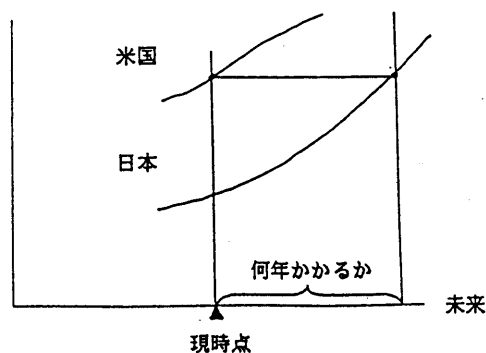


図1 日本の現在の技術水準の定義（米欧との比較）

である。

(b) 現在の技術水準（米欧との比較）

現在の日本の相対的な技術水準を、米欧と比較して、何年くらい先行しているか、あるいは遅れているかを、図1に示す定義により評価する。この遅れの年数とは、現在の比較対象国の技術水準に到達するのに要する年数であり、追いつく年数とは異なる。

(c) 技術開発のポテンシャル

技術開発ポテンシャルとは、今後の技術開発に対する潜在的な開発能力のことであり、研究技術者の量と質、投入可能な資金量、試験装置等の関連技術の水準、蓄積したノウハウなどの総合的能力によるものである。開発ポテンシャルは、技術開発の速さ（図1の微分値）に近いものと見られることが多いが、後追いの能力と先頭を切り拓く能力とは同じでないことに留意する必要がある。開発ポテンシャルの厳密な評価には、研究開発能力の構造的な分析や相互の技術関連等のつっこんだ評価を要するが、ここでは評価対象を適当なレベルにまとめてマクロ的に評価することとする。

宇宙インフラストラクチャーは、宇宙の輸送手段、軌道上施設、月・惑星系施設、地上施設に区分されるが、その主なものとしてH-IIロケット、スペースプレーン、宇宙ステーション、軌道間輸送機、月面基地等の17の技術システムを評価の対象とする。これらの技術システムを個々の重要な技術にブレイクダウンし223のキーテクノロジーを抽出した。これらの共通基盤技術として材料、大型構造物、数値シミュレーション・人工知能、ロボット・マニピュレーター、有人技術等の17の共通基盤技術について検討し、100余りのキーテクノロジーを抽

表1 技術の到達度の評価基準

評点	材料技術	要素技術 (機器、装置等)	システム技術
10	十分な耐久試験、運用データ、信頼性の保証	運用経験がある 信頼性がある	
9	実際の試験に供試され、データがとられている。	プロトタイプが運用されている段階	
8	製造行程が確立し、認定試験品質管理試験が行われている	フルスケール試験 確性試験 飛行試験 実機地上試験	
7	製造技術の確立	部分モデルの試作試験 特性評価試験 (環境その他)	個別要素技術が確立 部分モデルの試作試験が完了 詳細設計が進行
6	実体試験片の確認 実体破壊試験 製造方法の選択	構成要素の試験が進んでいる	要素設計、システム設計が可能である。データベース、シミュレーション技術の整備、個別要素技術性能試験などが進んでいる。
5	材料の基本特性の確認	基本性能の検証	全体設計の選択、方式選択が可能(トレードオフの検討) 要素技術基本性能の確認試験
4	実物大の製造諸特性の試験	構成要素の可能性検証	要素技術、サブシステムの可能性検証
3	小試験片の製作 特性を変化させた諸物性の試験	設計コンセプトの提案	設計コンセプトの提案 研究開発の課題の設定 実験室での基礎試験
2	試験片ができていて物性データをとっている 例：セラミック系超伝導	原理の実証	
1	基本的な現象の解明、技術シーズ探索 例：超微粒子	アイデアの段階	

出した。個々のキーテクノロジーはその属する技術システムに固有の特殊性を持つものが多く、開発ポテンシャルを評価するためには、適当なレベルの技術概念にまとめることが必要であり、67個の技術概念に統合している。

この技術の体系化と技術水準の評価のため、それぞれの分野の専門家からなる委員会を設けて検討をすすめ、評価作業は委員会及び各分野数名、合計約60名の専門家へのアンケートによった。そして、これに専門家のヒアリング等による意見などを加えて委員会で全体的な評価結果のとりまとめを行った。

3. 評価結果

評価結果は、3つの評価軸について相互関係のパターンとして表現され、技術システムとキーテクノロジー及び基盤技術との関係が分析される。また、これを重ね合わせるにより、全体としての技術体系の中での日本の技術の水準（現状とポテンシャル）の構造的な把握が可能となる。ここでは、その代表的な評価結果の例を図2、図3に示す。

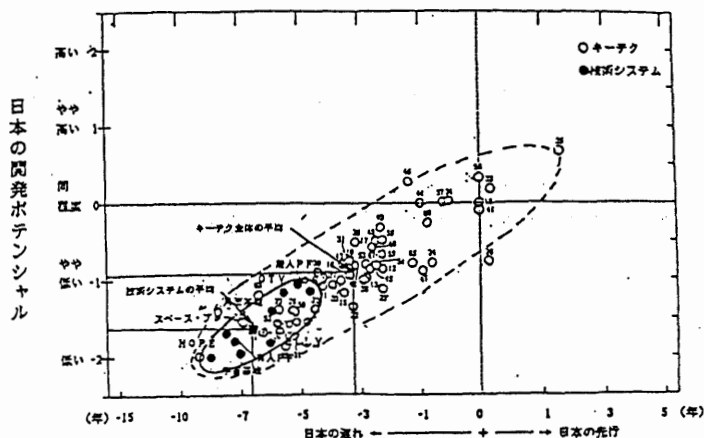


図2 キーテクノロジーの日米比較

ここでは、その代表的な評価結果の例を図2、図3に示す。

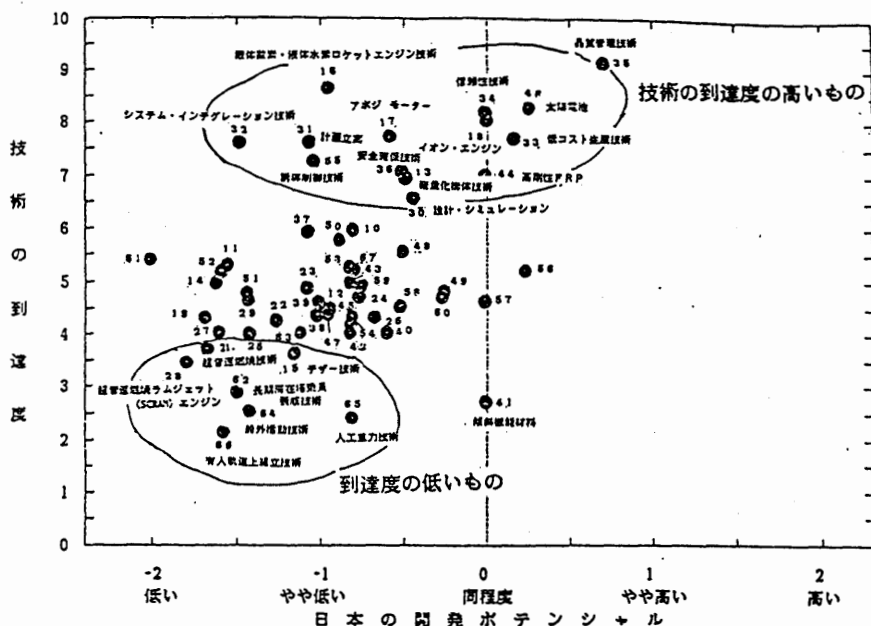


図3 技術の到達度と米国に対する開発ポテンシャルの比較

図2はキーテクノロジー及び技術システムについて米国と日本の現在の技術水準と開発ポテンシャルを比較したものである。遅れの年数とポテンシャルとの対応関係については、全体的には比例関係の強さが確認された。また、技術システムの遅れの大きさに対し、キーテクノロジーについてはそれほど大きな遅れがなく、米国に対して平均して3年程度の遅れ（欧州に対しては同等）と評価されている。また、開発ポテンシャルが高く評価されているものは、民生用の技術基盤に基づくものが多く、逆に有人技術や極超音速関連技術等の、民生技術ではなくて欧米では国が主導しているような技術は、ポテンシャルが低いものが多い。但し、イオンエンジンのように、早くから日本独自に手掛けたものは高いレベルにある。図3には、技術の到達度と開発ポテンシャルの関係を示す。日本の特徴として良くいわれる到達度の高いものは開発ポテンシャルが高いが、到達度の低いものはポテンシャルが低い傾向が確認される（但し、システムインテグレーション技術や計画立案のポテンシャルは、低い方にはずれている）。とくに、国の長期的観点からのプログラムがなかったため、研究開発の基礎となる試験設備やデータベースの蓄積が乏しいこと、また、今までは追いつくためのプログラムが多く、基礎的な段階からのプログラムがあまりなされていないことが、ポテンシャル評価において指摘されている。

以上のような評価に基づき、次のような視点からプロジェクトの選択と進め方についての検討を行った（文献1）。

- ・ロボティクス等の民生用の技術基盤の高さを活用して、世界をリードする分野の重点開発
- ・国のミッションオリエンティッドの開発プロジェクトによる民間の技術開発の先導と、長期的視点からの基礎的段階からの研究開発の促進
- ・プロジェクトと関連するキーテクノロジーについて、技術水準を引き上げ、リードするR & Dの推進

4. まとめ

技術水準の評価フレームとして、技術開発の到達度、現在の技術水準及び、開発ポテンシャルの3つの評価軸を設定し、また評価対象として開発プロジェクト（技術システム）とそれを構成するキーテクノロジー及び共通基盤技術を体系的に把握することにより、初期の目的に対し有効な技術水準の評価を行い得ることが確認された。このような評価は、個々のプロジェクトの選択とR & Dの戦略立案に役立つとともに、国としての開発プロジェクトの全体像を描いたり、国際協力におけるギブアンドテイクを議論するためにも有効であることが示された。

なお、本評価は、科学技術庁の委託研究プロジェクトとして行なわれた。多大な労力を要する評価作業に御協力いただいた委員、ならびに関係者の方々に深く感謝する。

文献1.: 「我が国の宇宙インフラストラクチャーの構築に必要とされる技術水準の調査研究」, 未来工学研究所, 科学技術庁委託研究 昭和63年3月