

# 国際生産協力モデル

柳井 浩, 森村 英典, 鈴木 久敏

## 0. はじめに

本稿は、文部省科学研究費補助金、重点領域研究「高度技術社会のパースペクティブ」研究課題「技術移転の経済効果」課題番号03228103（研究代表者 森村英典 筑波大教授）による研究結果の一部である。

この研究会においては、「技術移転の経済効果」をめぐる、いろいろな問題に対して、OR的な立場から検討が加えられている。もとより、この問題には関連するところがきわめて多い。経済効果といっても、これに影響を与える要因も数多く、また「効果」の含意も多様である。したがって、その全容を1つのモデルによってとらえようとするには、困難がある。だから、多くの部分的なモデルを積み重ねてゆかざるをえない。

本稿のモデルも、そのような立場にたって構成されたもので、「生産協力」をむしろ技術的な側面からとらえようとしたものである。そして、“部分”モデルは、部分品であればこそ、明晰なものでなければならぬという考えから、論理の構成上、かなり極端な仮説も設定することを避けなかった。本稿の仮説についてはこのような理解のもとで読んでいただければ幸いである。

## 1. 発展段階

人間社会、あるいはこれを国家という名称の下にくくった集団の進歩発展を、どのようなものとしてとらえるのかは、意見の分れるところであろう。しかしながら、筆者は、わが国の発展過程や、現在の世界のいろいろな国や、そこにおける多くの人々の動きからして、発展が次のような3つの段階を経てゆくものと模式化して考える。

段階 1 食糧の充足

段階 2 工業製品の充足

段階 3 自然・生活環境の整備

**段階1 食糧の充足** 終戦直後の日本の農村を想像すればよい。食糧など人間が最低の生活をして生存するのに必要な物資の充足こそが、発展の第1段階である。鍋、釜、農具、手動ポンプ等の手工業製品を除けば、近代的工業製品を購入する余裕はまだない。食糧の充足を前提として、換金作物、原始的紡績等によって次第に現金を得て、近代的工業製品の購入が始まる。わずかの余裕はまず、自転車、リヤカー、船外エンジン、共同利用の脱穀機等に振り向けられる。あるいはまた、今日の例でいえば、技術援助の方法をめぐって、しばしば議論の対象となる“適正技術”には、この段階にある社会を想定したものが多く見受けられる。

**段階2 工業製品の充足** 日本の経済成長期、あるいは今日のNIE S諸国等の中進工業国を考えればよい。扇風機、電気釜、洗濯機、冷蔵庫、テレビ、あるいは自動車等を、部分的にせよ生産する中進技術力を次第に獲得、輸出すると同時にこれを国民の各層が購入する余裕を得る。このような近代工業製品の所持こそが進歩であり、これを大量に生産、消費することこそ発展だと大衆が確信する段階である。環境・自然には大きな関心は払われず、商工業目的がすべてに優先される。

**段階3 自然・環境の整備** 今日ヨーロッパ先進諸国等の先進工業国を想像してほしい。工業製品が行き渡れば次に問題になるのが、生活の質である。住居、都市、自然等を、調和のうちに人間にとって快適なものにしてゆこうということに人々の関心が向けられるようになる。しかし、この段階においても、その生活の基盤は工業生産にあり、またその製品の消費なしでの生活は不可能である。そこで、高度の技術力にもとづいて、本来的な機能上の性能のみならず、デザインやオプションな部品等によって、付加価値を極限まで高めた先進工業製品の生産に工業力を集中し、通常の中進技術で製造可能な製品は中進工業国に仰ぐことになる。ここに、技術的な意味における分業と生産協力が行なわれるようになる。

やない ひろし 慶応義塾大学

もりむら ひでのり, すずき ひさとし 筑波大学

受理 92. 8. 17

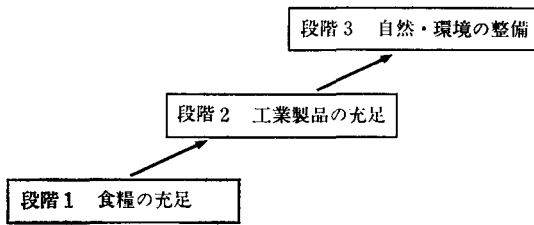


図 1 発展の3段階

なお、以上においてもそうであるが、以下本稿で用いる“(近代的)工業製品”という語の範疇は、通常用いているものより、少し広げたものと理解してほしい。すなわち、本稿で“工業製品”というのはいわゆる工業分野に限らず、その生産に、部分的にせよ“工業的技術の適用を欠くことのできない製品のことである。たとえば、醸造業の製品は、農業製品として考えられるべきものともいえる。しかし、今日市場に大量に受け入れられているビールやウイスキーは、きわめて高度の近代的工業技術によるものである。また、温室栽培の野菜や花なども、やはり、近代的工業技術の賜物ということができ。本稿においては、これらの製品もまとめて工業製品と呼ぶことにしたい。

## 2. モデル

技術的分業による生産協力というものは、技術格差があって成立する。しかも、1.で述べた発展の段階という見地からすれば、これが起こりうるのは、段階2および段階3にある国の間に限られる。

段階1にある諸国がさしあたって実行可能なことは、適正技術の供与を受け、その結果得られる余剰農業製品を輸出して“テイク・オフ”の日の到来を早めるくらいのことであろう。段階2および段階3にある諸国についていえば、同じ段階にある国同士では、部分的にはとにかく、本質的にはライバル関係になってしまう。

それに対して、一方が段階2にあり、他方が段階3にある場合には技術的分業による生産協力が共通の利益になりうる。一般的にいって、工業製品は常に急速な陳腐化の道をたどる。高度な先端技術を含んだ高付加価値の工業製品がよく売れる。そして、そのようなものが作れるのは先進工業国に限られる。そこで、次のように模式化して考えてみればよい。すなわち、原始的なものは捨象して、工業製品全体を1つの製品にまとめて把握すれば、これを構成する“部分品”の中には、中進工業技術

でも十分に作れるものも存在する。そこで、そのような部品を中進工業国で作し、高度の技術を要する部品を先進工業国で作るといふ生産協力が可能になる。この製品が実質上いくらかでも売れるような魅力をもつならば、両者にとってこの製品をできるだけ多く製造することが共通の利益になる。原料の1次的精製、部品の下請け、現地組立て等々現実に行なわれているさまざまな国際分業にはこのような模式にあてはめて考えうるものが多い。

また、上記のように先進工業製品がきわめて大きい需要をもつことを、工業製品に対する無限需要の仮説と呼ぶことにする。実際、現実においても、この仮説が成立しているように見える場面も多い。先進工業国は常にそのような努力をおこたらない。いうまでもなく、この仮説のとおりのおりが無条件に起こるわけではない。市場とその経済力によってその力が左右される。また、これを阻止しようとする人為的な措置がとられることもある。しかしながら、本稿では、この仮説を基本において、議論を進めることにする。

そこで、このような場面に焦点を合わせてごく簡単な数理モデルを作って考えて見ることにしよう。モデルを用いる目的は、この問題をめぐって起こるであろう各種の事象について、原因と結果の関係の説明を直観化し、同時に論理の整合性を明確化することにある。それゆえここではモデルをできるだけ単純で様式化されたものにしておきたい。

今、M-国およびN-国の2国からなるシステムを考えてみよう。M-国は先進工業国、N-国は中進工業国である。工業製品は概念上1種類の製品にまとめて考える。この製品の部品中、いくつかのものは先進工業国Mでしか作れない。これらを先進技術部品と呼ぶ。しかしその他の部品、すなわち中進技術部品は、生産性には差があるものの、M-N-国いずれの技術水準でも製造可能である。また両国とも、もともと農業国であり、そのことに問題はあつたものの、現在のところ両国とも食糧を自給している。

M-国の人口はM人であるが、その内訳を

$$\begin{aligned}
 m_H &: \text{先進技術部門の人口} \\
 m_L &: \text{中進技術部門の人口} \\
 m_A &: \text{非工業部門の人口} \\
 m_H + m_L + m_A &= M \quad (1)
 \end{aligned}$$

という変数で表わす。このうち非工業部門はサービス部門(含主婦)、農業部門ならびに老人、および未成年者等の不就業者である。また、工業製品の需要が大きいため

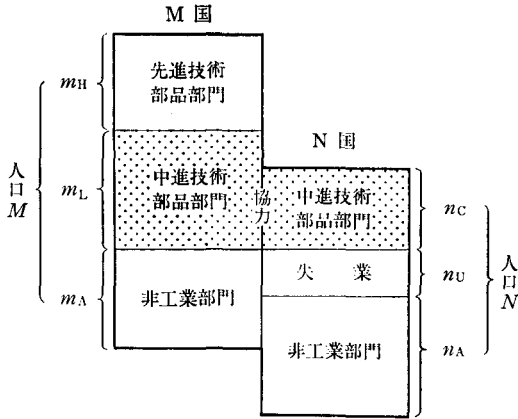


図 2 M-N-2 国間の技術協力

に、失業者は存在しない。

一方、N-国の人口はN人であるが、その内訳を

$$\begin{aligned} n_C &: \text{中進技術部門の人口} \\ n_U &: \text{失業者の人口} \\ n_A &: \text{非工業部門の人口} \\ n_C + n_U + n_A &= N \end{aligned} \quad (2)$$

という変数で表わすことにしよう。先進技術部門の人口はゼロである。

次に、各技術部門の生産性に関して次のような仮定をおく。すなわち、各部門に人員1単位を投入するとき生産される部品（個数）が、M-N-両国の各部門において、それぞれ次のように与えられるものとしよう。

M-国；

$$\begin{aligned} \text{先進技術部門で生産される部品の個数} & \rho_H \\ \text{中進技術部門で生産される部品の個数} & \rho_L \end{aligned}$$

N-国；

$$\text{中進技術部門で生産される部品の個数} \rho_C$$

ここで、係数 $\rho_H$ 、 $\rho_L$ および $\rho_C$ を各国、各技術部門の生産性係数と呼ぶことにしよう。

いま、完成した1個の工業製品は

$$\begin{aligned} r \text{ 個の先進技術部品と} \\ s \text{ 個の中進技術部品} \end{aligned}$$

を組み立てて作られるものとしよう\*)。さらにM-国とN-国の協力によって部品が無駄なく作られて製品が完成するとすれば、

$$\frac{r}{r+s} = \frac{\rho_H m_H}{\rho_H m_H + (\rho_L m_L + \rho_C n_C)} (= : k) \quad (3)$$

という関係が成立する。この比率は1製品中、先進技術部品が占める割合を示しているから、先進技術部品含有率と呼ぶことにする。したがって、

先進技術部品含有率 ( $k$ )  $\in [0, 1]$

である。

また、生産される完成品の個数は、先進技術部品の個数に比例して

$$\text{完成品生産個数} = \frac{\rho_H}{r} \cdot m_H \quad (4)$$

で与えられる。

さて、(1)式を(3)式に代入して整理すれば、

$$\begin{aligned} n_C = & \left( \left( \frac{1}{k} - 1 \right) \frac{\rho_H}{\rho_C} + \frac{\rho_L}{\rho_C} \right) m_H \\ & - \frac{\rho_L}{\rho_C} (M - m_A) \end{aligned} \quad (5)$$

という関係が成立する。すなわち、M-国の先進工業部門の人口 ( $m_H$ ) および非工業部門人口 ( $m_A$ ) が定まってしまうと、N-国の工業人口 ( $n_C$ ) も技術的係数で関係づけられてしまう。

(4)式の関係を図示したのが図3である。ヨコ軸に $m_H$ 、タテ軸に $n_C$ をとれば、(4)式は

$$\text{勾配 } a = \left( \frac{1}{k} - 1 \right) \frac{\rho_H}{\rho_C} + \frac{\rho_L}{\rho_C} = \frac{s}{r} \cdot \frac{\rho_H}{\rho_C} + \frac{\rho_L}{\rho_C} \quad (6)$$

$$\text{切片 } b = -\frac{\rho_L}{\rho_C} (M - m_A) \quad (7)$$

の直線  $l$  になる。直線  $l$  は(6)および(7)式を構成する要素の意味からして、明らかに、正の勾配と負の切片をもつ直線と考えられる。この直線を技術協力直線と呼ぶことにする。

1.でも述べたように、発展の第2段階および第3段階にある両国民の欲求は先進工業製品の大量生産・大量消費に集約される。そして、近代工業製品の生産量は(4)式にも示されたとおり、M-国の先進技術部門の人口  $m_H$  に比例する。それゆえ、無限需要の仮説の下では、 $m_H$  の値を少しでも大きくしようとするような経済的力が常に働くことになろう。

今、M-, N-両国の非工業人口  $m_A$  および  $n_A$  (図3における外壁と屋根) が一定値として与えられているも

\*) もう少し具体的に説明すれば、次のようになる。1年間に生産される工業製品の総数を $\pi$ として、これらすべての製品を部品に分解する。この際、個々の組立作業も部品と考えることにして、先進技術によってのみ製造し得る部品の総数を $\rho$ 、中進技術で作れる部品の総数を $\sigma$ とする。このとき、上記の $r$ および $s$ は

$$r = \rho / \pi$$

$$s = \sigma / \pi$$

によって与えられる値である。

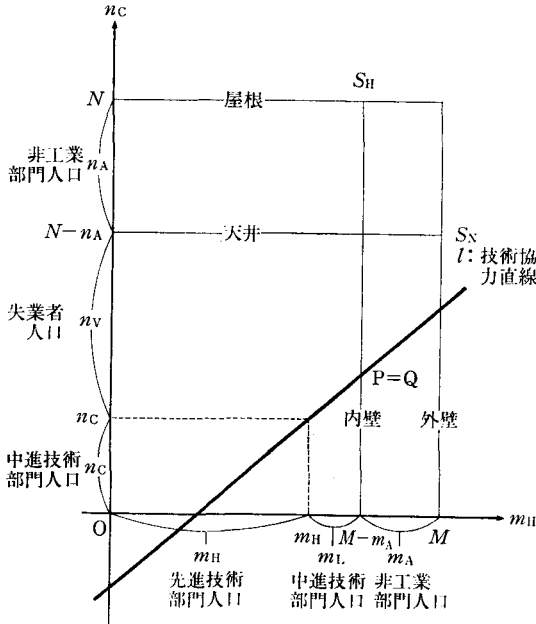


図3 両国の人口分布と技術協力直線

のとするれば、 $M - m_A$ 、 $N - n_A$ もまた一定値であり、これらは図上、直線  $S_M$  (内壁) および  $S_N$  (天井) に対応する。そこで、無限需要の仮説の下では  $m_H$  の値は技術協力直線  $l$  がこれらの直線  $S_M$  あるいは  $S_N$  のいずれかと交わる点  $P$  まで増大する。

さて、これら2つの場合のうちいずれが起るのかは、技術協力直線  $l$  と直線  $S_M$  の交点  $Q$  が直線  $S_N$  の上下いずれにあるのかによって定まる。すなわち

$$\text{交点 } Q \text{ のタテ座標: } \left( \frac{1}{k} - 1 \right) \frac{P_H}{P_C} \cdot (M - m_A) \quad (8)$$

と

$$\text{直線 } S_N \text{ (天井) の高さ: } N - n_A \quad (9)$$

の大小によって場合が分けられる。それぞれについて考察しよう。

(i)  $S_M$  と交わる場合：技術協力直線が図4の  $l$  のような位置にある場合である。この場合には、M-国の非工業人口を除いたすべての人口が先進技術部門に集中する。中進技術部門はすべてN国に依存するが、N-国ではそれにもかかわらず失業者をかかえている。

(ii)  $S_N$  と交わる場合：技術協力直線が図5の  $l$  のような位置にある場合である。この場合には、M-国にも先進工業部門ばかりでなく中進技術部門にも人が配置されている一方、N-国では非工業部門のすべての人口が中進

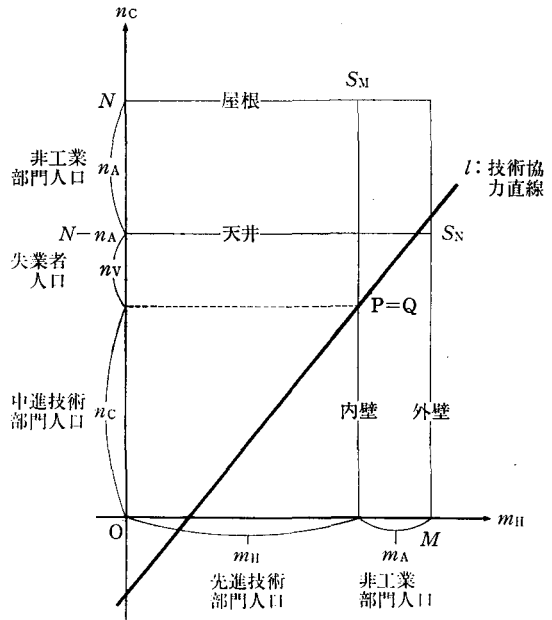


図4 場合(i): M-国工業人口がすべて先進技術部門に集中される

工業部門に吸収され、失業者はいない。

### 3. 解 釈

前節で述べたのは数理モデル上の因果関係であった。本節では、これを敷衍して解釈してみよう。

#### 1. 人口の移動を促す経済的圧力

以上の考察において、両国の人口  $M$ 、 $N$  および非工業人口  $m_A$ 、 $n_A$  を、ひとまず一定値として取り扱ってきた。いいかえれば、図3において、点  $(m_A, n_A)$  は直線  $S_M$  と  $S_N$  を内壁と天井、直線  $M$ 、 $N$  を外壁と屋根とする範囲に閉じこめられていた。

いま、無限需要の仮説の下で工業製品の生産量を少しでも大きくしたいという欲求から、先進技術部門の人口が増え、点  $P$  が内壁や天井ぎりぎり一杯の所へ移動するのならば、これらを外側に向かって動かそうとする経済的な圧力が働くことになる。両国の人口  $M$ 、 $N$  が不変であれば、“内壁と外壁”あるいは“天井と屋根”の間にある非工業人口が圧力をうける。そこでもし、内壁あるいは天井に“穴”が開けられれば、非工業人口  $m_A$  あるいは  $n_A$  は、ちょうどチューブ入り練磨ののように押し出されて工業部門に流入することになる。

このような説明は物理的の比喩によるものであるが、実際に即していえば次のようになる。前にも述べたように

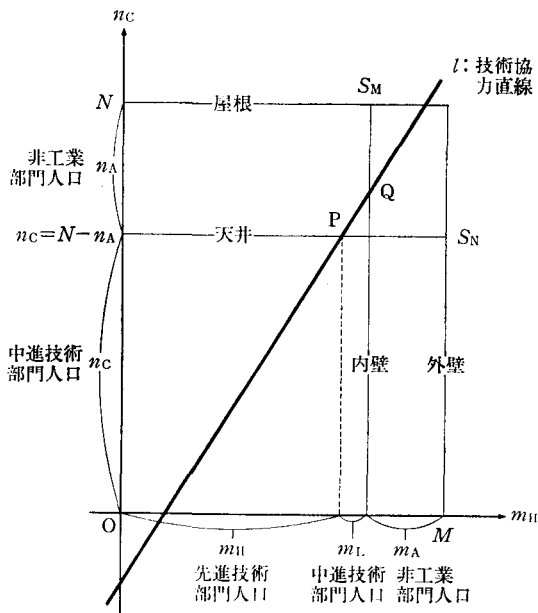


図 5 場合(ii) : N-国が完全雇用の状態にある場合

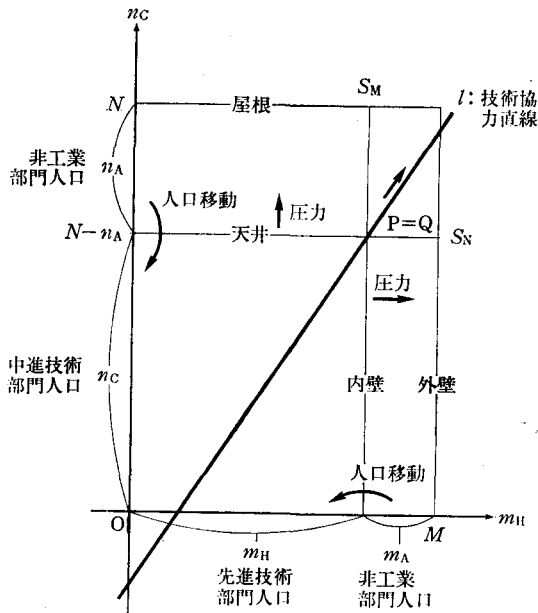


図 6 経済的圧力による“準静的”な人口移動

非工業人口は、サービス部門、農業部門の人口、主婦あるいは老人、子供等の不就労者である。低開発国にしばしば見られるような過剰なサービスにたずさわる人々はまず工業部門に取り込まれる。家庭電化による家事労働の軽減は、主婦が外に働きに出ることを促す。

食糧の自給が前提とされ、農業の生産性が変わらなければ、農業従事者の数も変わらないはずであるが、これも老人等に肩代わりされ、青壮年は工業部門に移る。先進工業製品を手に入れるための現金収入を得るためである。一方、こうして得られた現金にもよって、農業そのものの生産性も向上され、その分の労働力の余剰もでる。発展途上国では子供も工場で働かされ、先進国では学生アルバイトが盛んになる。

さらに、食糧の自給が前提とならない場合には、M-国の農業をN-国が肩代わりして、その分のM-国の人口が工業部門にまわる。M-国が農産物の輸入を規制していれば、それに対してN-国からの政治的圧力が加わる。

また、法律上の規制がなければ(あるいはあっても)、N-国の失業者がM-国の、主として非工業部門へ、いわゆる外国人労働者として吸収される。このような状況ではM-国は完全な先進技術部門専門の工業国となり、中進技術部門は空洞化し、M-国の農業は極限まで衰退することになる。

しかしながら、現実には、このような人口移動への経済的圧力に対抗する力も生じてこよう。たとえば、工業製品の輸入制限、課税措置、中進国における“国産品”保護政策等である。この場合、無限需要の仮説は成立しなくなる。また、特に先進国においては、とかく、きつくと、不潔で、危険を伴う製造業を嫌う風潮や、人口の老齢化が、工業部門への人口流入にブレーキをかける。しかし、このような状況については、本稿のモデルの記述力の範囲をこえているので、議論を別にしなければならぬ。

ところで、このような経済的圧力が、内壁や天井を外側に移動することになるのは上記のとおりである。そして、その移動が圧力に応ずるだけの“準静的”なものであるとすれば、内壁  $s_M$  と天井  $s_N$  は図 6 に示すように、技術協力直線  $l$  と常に共通の点で交わりつつ、外側に押されてゆくことになる。

しかし現実の世界を見るとき、このように、物事が“準静的”に進行しているのではないことは明らかである。内壁  $s_M$  や天井  $s_N$  には力学的な抵抗や慣性が存在し、その特性もそれぞれに異なり、また複雑である。人口という外壁や屋根も不動でないばかりか、実際には、ダイナミックな変化を見せる。技術の変化にともない、技術協力直線  $l$  も移動する。

## 2. 人口の変化

まず、人口の変化を考えよう。いわゆる先進国では、人口の増加は止まっている。減少している国々も少なくない。(教育や住居など、高い生活水準を維持するためのコストの上昇がその原因だという説もある。また、女性が社会進出したのが原因であると説く人々がいるが、その社会進出の誘因が人手不足にあったとすれば、皮肉な結果ではある)

一方、発展途上国では、しばしば人口の爆発的な増加という現象が見られる。労働力としての子供は農民にとって歓迎すべきものだという伝統的な考え方に加えて、先進医療技術の導入は幼児死亡率を低下させ、人口の増加に拍車をかける。人口が急激に増えれば、食糧の生産が追いつかず、飢餓が訪れ、これが再び人口を抑制するはずであるのだが、現実にはそのような例は多くはない。一方、多くの発展途上国の農業には改良の余地が多々見られる。それゆえ、わずかな農業技術の改良も大きな効果をもたらす。そのために、農業生産量の増加にもかかわらず農業に必要な人口を増加させない。さらに、得られた富の配分には、制度上の問題が見られることがしばしばあり、農村人口の都市への流入の潜在的原因を作っている。

いま、M、N-両国の状況が、それぞれ上述の先進および発展途上国のようなものだとしよう。このとき、M-国の人口はほぼ一定不変であるとし、また、非工業人口もこれ以下には減らし得ないという極限に達していれば、図3における外壁Mおよび内壁 $s_M$ は動かない。一方、N-国の人口が増加していれば、これを表わす屋根Nおよび天井 $s_N$ はその間の距離を保ったまま上方に移動し、これが続けば初期の状況にかかわらず、図4のような状態(場合1)になり、失業者の数は増大する。

発展途上国の人口の爆発的な増加もやがてはなんらかの理由で頂上に達するであろう。しかし、この問題は多くの観点から、理論的にも実際的にも、いろいろと研究されているところであるから、この単純すぎるモデルでこれ以上深入りすることは差し控えることにしよう。

## 3. 技術の変化

次に、技術の変化について考えてみよう。この変化の本質的部分が技術協力直線 $l$ と直線 $s_M$ の交点Qのタテ座標

$$\left(\frac{1}{k} - 1\right) \frac{p_H}{p_C} \cdot (M - m_A) \quad (8再)$$

によって与えることはすでに述べた。この式の中に、 $p_L$

すなわちM-国の中進技術部門の生産性が登場しないことに注意しておこう。このことは、点Pが直線 $s_M$ 上にある、いいかえれば、M-国における中進技術部門に属する人口がゼロになっていることに対応する。また、この式に出てくる3つのパラメーターのうち、

- (i)  $p_H$  (M-国の先進技術部門の生産性係数)の増大は交点Qの上昇をもたらす、
- (ii)  $k, p_C$  (先進技術部品含有率およびN-国の中進技術部門の生産性係数)の増大は交点Qの下降をもたらす。

パラメーター $k$ の値は工業製品を構成する部品中N-国では技術的に製造不可能な部品の割合である。図7は部品の技術レベルのスペクトルが一樣であるものとして、 $k$ の上昇・下降を模式的に示したものである。この図からもわかるように、 $k$ の値の上昇・下降はN-国の工業の質的な向上・低下を意味する。また、これに対して $p_C$ の増大が、N-国工業の量的向上を意味することは明らかであろう。

現実には照らして、これらのパラメーターの変化とその効果を考えてみよう。M-国がいわゆる先進工業国であるとすれば、常に“作ればどンドン売れる”ような新製品を開発して市場に登場させるであろう。いいかえれば、手の込んだ、そして先進技術部品をたっぷりと含んだ高付加価値の新製品をつぎつぎと世に問うてくるはずである。この場合、先進技術部品含有率 $k$ は大きく、また、M-国先進技術部門生産性 $p_H$ は、さしあたっては、あまり大きな値をとり得ない。多品種少量生産という表現は総合的にみれば、このような状況に相当するものといえることができる。一方において、N-国側の中進技術部門生産性 $p_C$ がさしあたって変化しないものとしよう。ここで、もしM-国側が努力して、 $p_H$ を減少させれば、技術協力直線 $l$ と内壁 $s_M$ の交点Qは下降する。これは、1.ですでに述べたように、人口の移動を促す経済的圧力となる。

いま、先進工業国側がさらに努力して、 $k$ と同時に $p_H$ を向上させたとしてみよう。そうすれば、交点Qは相対的に上昇する。これだけならば、N-国の失業者を減少させるという効果をもつはずである。しかし、このことは、一方において、 $p_C$ を連鎖的に増大させる努力を促すことになる。資本力さえそれに達すれば、先進国から人手の要らない自動機械を導入すればよい。その資本も先進国から導入するという可能性がある。こうすれば、外貨を稼いだり、いわゆるGDPを増大させるという効果は

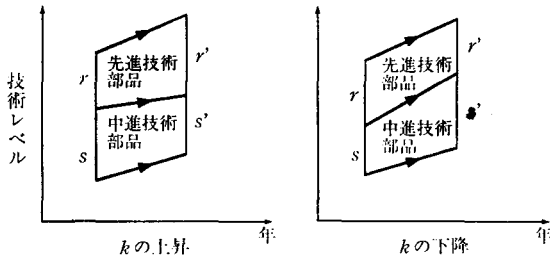


図7  $k$  (先進技術部品含有率) の上昇と下降

ある。しかしこれらは、先進国のテコ入れによる一部分だけの技術進歩になりがちである。結果としてN-国の工業が単能化された植民地型のものになり、先進国と資本家だけが儲けるということにもなりかねない。

このような弊害を防ぐため、先進国から購入した加工機械に手を加え、運転に要する人手を増やし、富の分配の範囲を広くするという努力を耳にしたことがあるが、これは、その場しのぎの対応策にすぎない。N-国が真の技術進歩を望むならば、先進技術部品含有率 $k$ の低下を計らなければならない。これはしかし、N-国工業の量的向上ではなく質的向上であるから、決して容易なことではない。だから、技術先進国の真の援助は、単なる機械や装置の委譲 ( $IC$  の増大) ではなく、自発的な開発能力の育成 ( $k$  の減少) である。これには、長くつらい教育と研究の期間が要求されるうえに、必ずしも成功が保証されない。それでも、これはどうしても突破しなければ

ならない関門といえよう。これこそが、生産の協力を超えた技術の協力ということになる。

#### 4. おわりに

本稿においては、先進工業国と中進工業国との間の技術協力の問題を主として、技術的見地から論じた。技術的比例関係と無限需要の仮説の上に組み立てられたきわめて単純な線形モデルによるもので、経済学的要因はほとんど取り入れられていない。それにもかかわらず、あるいは、それだからこそ、今日、先進工業国と中進工業国の間に見られる数々の現象がかなり露骨な形で解釈されるところとなった。簡単すぎるモデルのため、記述力に限界があるのは、いうまでもないが、それらの点は、別途モデルを改めて考察したい。

本稿は、前述のごとく文部省科学研究費補助金、重点領域研究「高度技術社会のパースペクティブ」の研究結果の一部である。このモデルの構成にあたっては、本研究会のメンバー 森 雅夫(東工大)、山本 晋(EC代表部)、依田 聖(JUKI)の各氏に細部にわたる懇切なご教示をいただいた。また、高橋幸雄(東工大)、伏見正則(東大)、若山邦紘(法政大)、小沢正典(慶応大)、海辺不二雄の各氏には日本科学技術連盟におけるOR研究会において数々の有益なご討論をいただいた。ここに感謝の意を表するものである。