

# 内生的技術移転と貿易パターンの逆転

石 本 眞 八

## 1 はじめに

本稿では先進国が開発した技術を途上国に移転した場合の貿易均衡に及ぼす影響について考察する。先進国の優れた技術が外生的に与えられた場合の非体化型技術移転の分析は、途上国の技術進歩の分析と同様になる。しかし先進国が技術開発に資源を投入する内生的技術移転モデルでは、先進国の財生産と途上国の技術進歩の両方が財貿易に影響を及ぼすことになる。Pugel (1982) は 2 国 2 財 1 要素のリカードモデルの枠組みで内生的技術移転が貿易に及ぼす影響を分析した。Rodriguez (1981) は 1 財動学モデルで技術開発と技術移転によって経済が収束する均衡の意味を考察した。本稿では 2 国 2 財 2 要素の一般均衡モデルの枠組みで内生的技術移転が貿易に及ぼす影響を考察する。

## 2 モデル

本稿では技術開発と技術移転が貿易に与える影響を 2 国 2 財 2 生産要素一般均衡モデルの枠組みで考察する。モデルの枠組みは Jones (1965, 1970) にしたがって要素投入係数をもとに構築された一般均衡モデルを用いる。 $a_{ij}$ ,  $i=L, K$ ,  $j=1, 2$  を第  $j$  産業の第  $i$  要素投入係数とするが、本稿では簡単化のために要素投入係数が要素価格比率の関数ではなく固定係数であると仮定する。両国の第 2 財の生産技術は同一、すなわち  $a_{i2}=a_{i2}^*$  と仮定する。第 1 財生産については自国は絶対劣位にあると仮定する。したがって途上国である自国の第 1 財

内生的技術移転と貿易パターンの逆転

産業の要素投入係数を  $b_{ii}$ 、先進国である外国の第1財産業の要素投入係数を  $a_{ii}$  とすると、技術移転前には、 $b_{ii} > a_{ii}$ 、 $i=L, K$  である。

外国から自国への技術移転は第1財産業で起こり、移転される技術を  $t$  で表す。 $t$  の値は小さければ小さいほど優れた技術を表し、自国は技術移転によって第1財産業の技術格差を縮小することができる。したがって技術移転後の第1財産業の要素投入係数の関係は

$$a_{ii} < tb_{ii} < b_{ii}, \quad i=L, K \quad (1)$$

となる。また簡単化のために技術移転前の両要素の技術格差の割合は同じであると仮定する。すなわち、 $\frac{b_{L1}}{a_{L1}} = \frac{b_{K1}}{a_{K1}}$  である。ここで技術変数  $t$  の取り得る値を考察する。自国の第1財産業の要素投入係数は技術移転によって下落することから、(1)式より  $t$  は1を超えることはなく、 $t=1$  は技術移転前の状態を表す。技術移転によって自国の第1財産業の要素投入係数は下落し技術格差は縮小するが、先進国の要素投入係数を下回ることはない。すなわち技術格差の逆転は起こらないと仮定する。すると  $t$  の下限は  $tb_{ii} = a_{ii}$  を満たす  $t$  となり、このときの  $t$  を  $\bar{t}$  と定義する。ここでは技術格差は完全に消滅し両国の第1財産業は同じ技術を持つことになる。以上より、技術変数  $t$  の取り得る値は、

$$\bar{t} \equiv \frac{a_{ii}}{b_{ii}} \leq t < 1, \quad i=L, K \quad (2)$$

となる。

自国の労働賦存量を  $L$ 、資本賦存量を  $K$ 、第  $j$  財の生産量を  $Y_j$ 、 $j=1, 2$  とすると、自国の完全雇用条件は

$$\begin{aligned} tb_{L1}Y_1 + a_{L2}Y_2 &= L \\ tb_{K1}Y_1 + a_{K2}Y_2 &= K \end{aligned} \quad (3)$$

である。以下では第1財を資本集約財と仮定する。したがって要素投入係数は

$$b_{K1}a_{L2} - b_{L1}a_{K2} > 0 \quad (4)$$

の関係を満たす。固定係数モデルなので(3)式を  $Y_j$  について解くことができ、

自国の両生産要素の完全雇用をもたらす生産量を  $\hat{Y}_j$  と定義すると、

$$\hat{Y}_1 = \frac{a_{L2}K - a_{K2}L}{t(b_{K1}a_{L2} - b_{L1}a_{K2})} \quad (5)$$

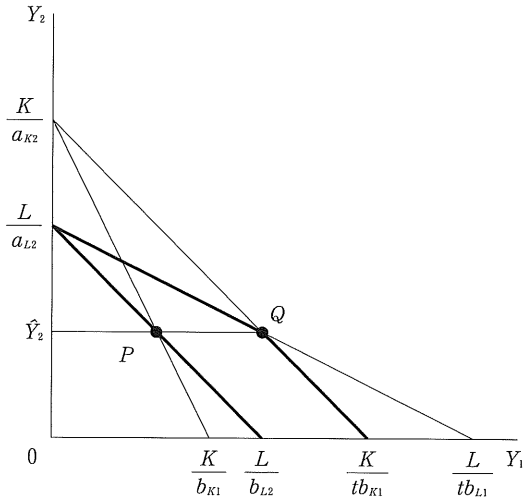
$$\hat{Y}_2 = \frac{b_{K1}L - b_{L1}K}{b_{K1}a_{L2} - b_{L1}a_{K2}}$$

を得る。ここで両財の生産量が正値  $\hat{Y}_1 > 0$ ,  $\hat{Y}_2 > 0$  であることを保証するために、要素賦存比率が diversification cone に含まれると仮定する。すなわち、

$$\frac{a_{K2}}{a_{L2}} < \frac{K}{L} < \frac{b_{K1}}{b_{L1}} \quad (6)$$

(5)式より、技術移転によって第1財の生産量は増加するが、第2財の生産は技術パラメータ  $t$  に依存しないので、技術移転によって生産量は変化しないことになる。自国の生産可能性集合を図示すると以下のようになり、技術移転によって  $(\hat{Y}_1, \hat{Y}_2)$  は点  $P$  から点  $Q$  へ右に移動することになる。

図1：自国の生産可能性集合



次に外国経済について考察する。技術開発部門は労働と資本を使って技術開発を行うが、技術1単位を生産するのに必要な労働と資本はそれぞれ1単位で

内生的技術移転と貿易パターンの逆転

あると仮定する。したがって技術開発部門の要素投入係数は1となる。さらに簡単化のために技術開発は同じ量の労働と資本、 $R^*$ を用いて行われると仮定する。すると外国の完全雇用条件は、

$$\begin{aligned} a_{L1}Y_1^* + a_{L2}Y_2^* + R^* &= L^* \\ a_{K1}Y_1^* + a_{K2}Y_2^* + R^* &= K^* \end{aligned} \quad (7)$$

となる。ただし $L^*$ は外国の労働賦存量、 $K^*$ は資本賦存量である。外国についても第1財が資本集約財であると仮定すると、

$$a_{K1}a_{L2} - a_{L1}a_{K2} > 0 \quad (8)$$

が成り立つ。自国と同様に(7)式を解いて外国の両生産要素の完全雇用をもたらす生産量は、

$$\begin{aligned} \hat{Y}_1^* &= \frac{a_{L2}(K^* - R^*) - a_{K2}(L^* - R^*)}{a_{K1}a_{L2} - a_{L1}a_{K2}} \\ \hat{Y}_2^* &= \frac{a_{K1}(L^* - R^*) - a_{L1}(K^* - R^*)}{a_{K1}a_{L2} - a_{L1}a_{K2}} \end{aligned} \quad (9)$$

となる。両財の生産量が正値 $\hat{Y}_1^* > 0$ 、 $\hat{Y}_2^* > 0$ であることを保証するために、研究開発部門を除いた財生産に使用される要素賦存比率が diversification cone に含まれると仮定する。

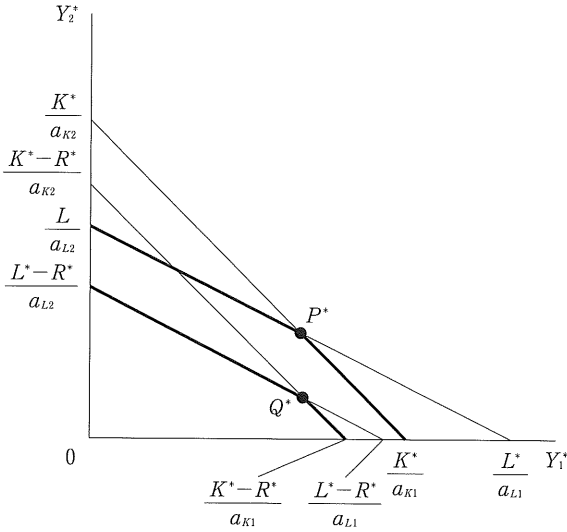
$$\frac{a_{K2}}{a_{L2}} < \frac{K^* - R^*}{L^* - R^*} < \frac{a_{K1}}{a_{L1}} \quad (10)$$

外国の生産可能性集合を図示すると以下ようになる。技術開発に資源を投入すると生産可能性集合は明らかに縮小し、技術開発によって両生産要素の完全雇用をもたらす生産量( $\hat{Y}_1^*$ 、 $\hat{Y}_2^*$ )は点 $P^*$ から点 $Q^*$ へと移動するが、各産量が増加するか減少するかは不明確である。(9)式より $\hat{Y}_1^*$ を $R^*$ で微分すると、

$$\frac{d\hat{Y}_1^*}{dR^*} = \frac{a_{K2} - a_{L2}}{a_{K1}a_{L2} - a_{L1}a_{K2}} \quad (11)$$

となり、分母は要素集約性の仮定から正であるから、 $a_{K2} > a_{L2}$ であれば技術開発への資源投入によって第1財の生産は増加し、 $a_{K2} < a_{L2}$ であれば減少することがわかる。

図2：外国の生産可能性集合



### 3 閉鎖経済均衡

まず前節で得られた生産可能性集合から自国の供給曲線を導出する。そのため第1財の相対価格  $p$  と生産量  $(Y_1, Y_2)$  の関係を調べる。生産フロンティアの形状を考慮して、第1財の相対価格  $p \in [0, \infty)$  を5つの範囲に分けて両財の生産量を調べると、 $0 \leq p < \frac{tb_{L1}}{a_{L2}}$  に対して  $Y_1=0, Y_2=\frac{L}{a_{L2}}$ 、 $p = \frac{tb_{L1}}{a_{L2}}$  に対して  $0 \leq Y_1 \leq \hat{Y}_1, \hat{Y}_2 \leq Y_2 \leq \frac{L}{a_{L2}}$ 、 $\frac{tb_{L1}}{a_{L2}} < p < \frac{tb_{K1}}{a_{K2}}$  に対して  $Y_1 = \hat{Y}_1, Y_2 = \hat{Y}_2$ 、 $p = \frac{tb_{K1}}{a_{K2}}$  に対して  $\hat{Y}_1 \leq Y_1 \leq \frac{K}{tb_{K1}}, 0 \leq Y_2 \leq \hat{Y}_2$ 、 $\frac{tb_{K1}}{a_{K2}} < p < \infty$  に対して  $\hat{Y}_1 = \frac{K}{tb_{K1}}, Y_2=0$  である。ここで得られた関係から自国の第1財市場の需給関係を図示すると以下の図となる。ただし  $S_1$  は技術移転前の供給曲線、 $S_1'$  は技術移転後の供給曲線である。また第1財の需要曲線が直線として描かれているが本質的な問題ではない。

図3：自国の第1財市場

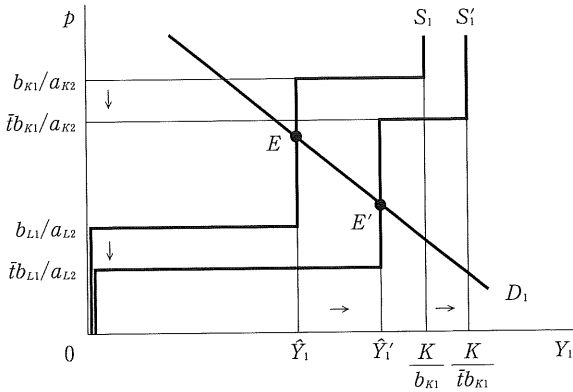
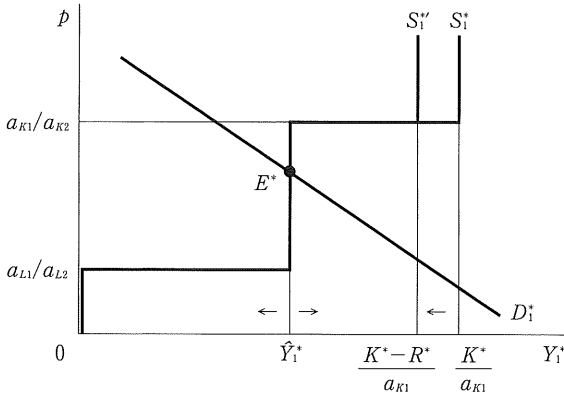


図3より，財貿易を伴わずに技術移転が起こる場合を考察する。技術移転によって  $b_{i1}$  は  $\bar{b}_{i1} = a_{i1}$  に近づくが，それと同時に  $\hat{Y}_1$  が  $\hat{Y}_1'$  に近づく。需要曲線が右下がりなので，市場均衡点は  $E$  から  $E'$  へと需要曲線に沿って移動し，均衡価格は下落することになる。この結果は技術移転によって第1財の生産は増加するが第2財の生産は変化しないことから明らかである。

外国も同様に前節の生産可能性集合より第1財相対価格と生産量 ( $Y_1^*, Y_2^*$ ) の関係を調べる。外国についても生産フロンティアの形状から，第1財の相対価格  $p \in [0, \infty)$  を5つの領域に分けて生産量を調べる。 $0 \leq p < \frac{a_{L1}}{a_{L2}}$  に対して  $Y_1^* = 0, Y_2^* = \frac{L^* - R^*}{a_{L2}}, p = \frac{a_{L1}}{a_{L2}}$  に対して  $0 \leq Y_1^* \leq \hat{Y}_1', \hat{Y}_2^* \leq Y_2^* < \frac{L^* - R^*}{a_{L2}}, \frac{a_{L1}}{a_{L2}} < p < \frac{a_{K1}}{a_{K2}}$  に対して  $Y_1^* = \hat{Y}_1', Y_2^* = \hat{Y}_2^*, p = \frac{a_{K1}}{a_{K2}}$  に対して  $\hat{Y}_1^* \leq Y_1^* \leq \frac{K^* - R^*}{a_{K1}}, 0 \leq Y_2^* \leq \hat{Y}_2^*, \frac{a_{K1}}{a_{K2}} < p < \infty$  に対して  $\hat{Y}_1^* = \frac{K^* - R^*}{a_{K1}}, Y_2^* = 0$  となる。以上より，外国の第1財市場は以下の図のようになる。

前節で考察したように外国の技術開発投資が  $\hat{Y}_1'$  に与える効果は不確定である。したがって2つのケースを考える。技術開発によって第1財の生産が増加

図4：外国の第1財市場



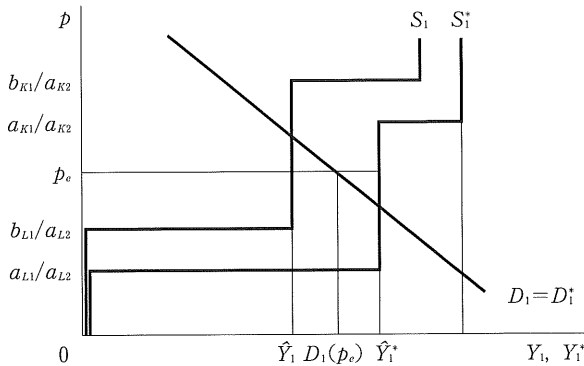
する  $\frac{d\hat{Y}_1^*}{dR^*} > 0$  場合をケース [I], 減少する  $\frac{d\hat{Y}_1^*}{dR^*} < 0$  場合をケース [II] とする。ケース [I] では技術開発によって均衡点は需要曲線に沿って右下に移動するので均衡価格は下落する。ケース [II] では左上に移動するので均衡価格は上昇することになる。

#### 4 技術移転と自由貿易均衡

本節では先進国の技術開発投資と技術移転が自由貿易均衡に与える影響を第1財市場で考察する。本稿の固定係数モデルにおいて不完全特価均衡を前提にすると、比較優位構造の決定に重要なのは  $\hat{Y}_1$  と  $\hat{Y}_1^*$  の大小関係である。本稿では先進国である外国が技術移転前に第1財の生産に技術優位を持つと仮定しているので、初期の状態では  $\hat{Y}_1 < \hat{Y}_1^*$  であるとする。また、簡単化のために両国の第1財に対する需要関数は同一  $D_1(p) = D_1^*(p)$  であると仮定する。すると技術移転前の自由貿易均衡価格は  $D_1(p_e) + D_1^*(p_e) = \hat{Y}_1 + \hat{Y}_1^*$  を満たす価格  $p_e$  となる。以上より第1財の世界市場を図示すると以下のようなになる。

自由貿易均衡において外国は  $\hat{Y}_1^* - D_1^*(p_e)$  の第1財を輸出し、自国は  $D_1(p_e) - \hat{Y}_1$  の第1財を輸入している。

図5：技術移転前の自由貿易均衡



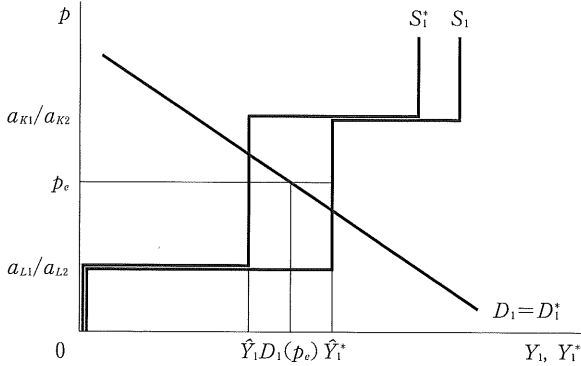
この自由貿易均衡の状態から技術移転が起こるとする。前節での考察より、技術移転によって自国の  $\hat{Y}_1$  は必ず増加する。外国はケース [I] の場合  $\hat{Y}_1^*$  が増加するので世界全体での第1財生産は必ず増加するので自由貿易均衡価格  $p_e$  は必ず下落する。貿易パターンについては技術移転後も  $\hat{Y}_1 < \hat{Y}_1^*$  が満たされている限り元のパターンは維持されるが、技術移転の自国の生産拡大効果が極めて大きく、 $\hat{Y}_1 > \hat{Y}_1^*$  となれば逆転することになる。

外国がケース [II] の場合、技術開発への資源投入によって  $\hat{Y}_1^*$  は減少する。 $\hat{Y}_1$  は必ず増加するので  $\hat{Y}_1^*$  と  $\hat{Y}_1$  の差が縮小し、それに伴い貿易量も縮小する。もし技術移転によって  $\hat{Y}_1 = \hat{Y}_1^*$  となれば貿易が消滅することになる。 $t = \bar{t}$  の技術移転が起こり貿易パターンが逆転するケースは下図のとおりである。

以上の考察より、技術移転が貿易量や貿易パターンに与える影響は、 $\hat{Y}_1$  と  $\hat{Y}_1^*$  の変化に依存することが明らかになった。そこで技術変数  $t$  と技術開発に投入される資源  $R^*$  の関係を明示することで、 $\hat{Y}_1$  と  $\hat{Y}_1^*$  の関係を考察する。 $t$  と  $R^*$  の関数関係を  $t = f(R^*)$  と表わす。この関数  $f(R^*)$  が満たすべき条件を考察する。(1) 先進国が技術開発に資源を投入しなければ技術変数の値は  $t = 1$  である。したがって  $1 = f(0)$ 。(2) 先進国が技術開発により多くの資源を投入すれば技術変数  $t$  の値は減少する。したがって  $f'(R^*) < 0$ 。(3) 技術変数の下限



図6：技術移転による貿易パターンの逆転



に対応する資源の量  $\bar{R}^*$  が  $\bar{R}^* < \min[L^*, K^*]$  の範囲に存在する。したがって  $\bar{i} = f(\bar{R}^*)$ 。以下では  $f(R)$  はこれらの条件を満たすものと仮定する。

(5)式の  $t$  に  $f(R^*)$  を代入し  $R^*$  の関数としてあらわすと、

$$\hat{Y}_1(R^*) = \frac{\Gamma}{f(R^*) \Delta}, \quad \Delta \equiv b_{K1} a_{L2} - b_{L1} a_{K2} > 0, \quad \Gamma \equiv a_{L2} K - a_{K2} L > 0 \quad (12)$$

となる。同様に(9)式を  $R^*$  の関数として整理すると

$$\hat{Y}_1^*(R^*) = \frac{\Gamma^* + (a_{K2} - a_{L2}) R^*}{\Delta^*}, \quad \Delta^* \equiv a_{K1} a_{L2} - a_{L1} a_{K2} > 0, \quad \Gamma^* \equiv a_{L2} K^* - a_{K2} L^* > 0 \quad (13)$$

を得る。(12)式と(13)式において、 $\bar{i} b_{11} = a_{11}$  を考慮すると  $\bar{i} \Delta = \Delta^*$  であり、この関係を(12)式に代入して整理すると、

$$\hat{Y}_1(R^*) = \frac{\Gamma}{\bar{i} f(R^*) \Delta^*} = \frac{\Gamma / (\bar{i} f(R^*))}{\Delta^*} \quad (14)$$

を得る。したがって、 $\hat{Y}_1$  と  $\hat{Y}_1^*$  の比較は

$$\hat{Y}_1(R^*) \geq \hat{Y}_1^*(R^*) \iff \frac{\Gamma}{\bar{i} f(R^*)} \geq \Gamma^* + (a_{K2} - a_{L2}) R^* \quad (15)$$

に帰着する。 $V(R^*) \equiv \frac{\Gamma}{\bar{i} f(R^*)}$ ,  $V^*(R^*) \equiv \Gamma^* + (a_{K2} - a_{L2}) R^*$  と定義し、以下では

内生的技術移転と貿易パターンの逆転

この関数について考察する。関数  $f(R^*)$  の性質を考慮すると、 $f(0)=1$  より

$$V(0)=\frac{\Gamma}{\bar{t}}, f(\bar{R}^*)=\bar{t} \text{ より } V(\bar{R}^*)\equiv\frac{\Gamma}{\bar{t}^2}, f'(R^*)<0 \text{ より } V'(R^*)>0 \text{ である。}$$

$V^*(R^*)$  については  $V^*(0)=\Gamma^*$ 、 $V^*(\bar{R}^*)=\Gamma^*+(a_{K2}-a_{L2})\bar{t}$  で、ケース [I] のとき  $(a_{K2}-a_{L2})>0$  だから  $V^*(R^*)>0$ 、ケース [II] のとき  $(a_{K2}-a_{L2})<0$  なので  $V^*(R^*)<0$  である。

前節と同様に先進国である外国は技術開発前に資本集約財を輸出していると仮定する。それは  $V(0)<V^*(0)$ 、すなわち  $\frac{\Gamma}{\bar{t}}<\Gamma^*$  を意味する。最後に両国

の技術格差が消滅する  $V(\bar{R}^*)$  と  $V^*(\bar{R}^*)$  の比較を行うために差をとると、

$$V(\bar{R}^*)-V^*(\bar{R}^*)=\frac{\Gamma-\Gamma^*\bar{t}^2-(a_{K2}-a_{L2})\bar{t}^3}{\bar{t}^2} \quad (16)$$

となる。ここで  $\bar{t}<1$  なので  $(a_{K2}-a_{L2})\bar{t}^3$  の値はかなり小さくなるので0とみなすと、 $\Gamma-\Gamma^*\bar{t}^2$  で大小関係が決まる。(2)式より、技術移転前の技術格差  $\frac{a_{H1}}{b_{H1}}$  が大きいほど  $\bar{t}$  の値は小さくなり  $V(\bar{R}^*)>V^*(\bar{R}^*)$  となる可能性が高くなる。以上の考察から  $V(R^*)$  と  $V^*(R^*)$  の関係を図示すると以下のようになる。

本稿のモデルでは技術開発の無い初期状態  $V(0)<V^*(0)$  から先進国が技術開発投資を行い、その技術を途上国に移転すると、技術移転前の技術格差が大きいほど貿易パターンの逆転が起こる可能性が高いことが明らかになった。さらに貿易パターンの逆転は外国の第1財生産が減少するケース [II] のほうがより早い段階で起こることがわかる。

最後に以上の結論をもとに貿易利益を考察する。技術移転前に先進国は資本集約財である第1財を輸出し、途上国は第1財を輸入しているとする。技術移転によって自国の第1財は必ず増加し、外国はケース [I] の場合には同様に増加する。すると自由貿易下では第1財の相対価格が下落することで、外国の交易条件が悪化し、自国の交易条件は改善することになる。しかし貿易パターンの逆転が起こった後では両国の貿易利益の関係は逆転することになる。外国

図7：ケース [I]

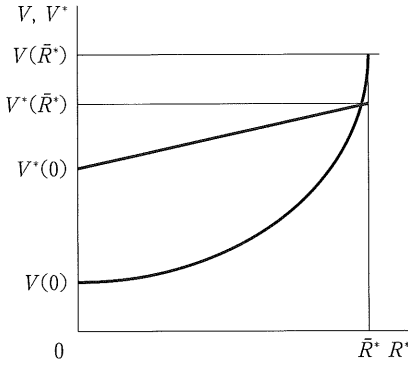
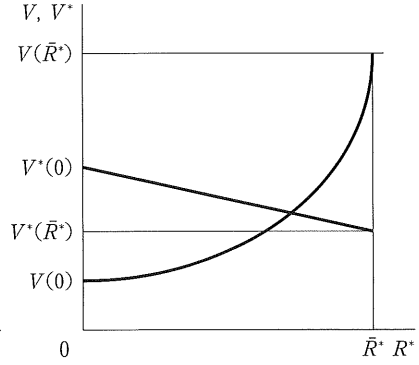


図8：ケース [II]



がケース [II] の場合には交易条件の変化は不明確であるが、貿易量が縮小し貿易が消滅する時点で貿易利益も消滅する。

## 5 おわりに

本稿では要素代替の無い固定係数型一般均衡モデルの枠組みで内生的技術移転が貿易に与える影響を分析した。そこでの結論は初期の技術格差が大きいほど技術移転による貿易パターンの逆転が起り易いことが明らかになった。ただしこの結論は先進国が開発する技術を先進国自体が利用しないというモデルの特質に依存している。もし先進国の技術が途上国に移転されるとともに先進国の生産性も引き上げるならば違った結論になる可能性もあるが、2財2要素モデルでは要素賦存比率や要素集約性と技術変化のあり方の全てが複雑に関連し、確定的な結論を得るためには本稿よりもさらに多くの条件が必要になると思われる。また本稿では技術移転が無償で行われることを仮定しているが、途上国が技術に対して供与量を支払うケースや、先進国が貿易政策によって貿易パターンの逆転を阻止するケースも考えることができる。これらの問題は今後の課題としたい。

参 考 文 献

- Jones, R. W., 1965, "The Structure of Simple General Equilibrium Models", *Quarterly Journal of Economics* 73, 557-572.
- Jones, R. W., 1970, "The Role of Technology in the Theory of International Trade", in: R. Vernon ed., *The Technology Factor in International Trade*, (NBER, Columbia University Press), 73-92.
- Pugel, T. A., 1981, "Technology Transfer and the Neo-classical Theory of International Trade", in: R. G. Hawkins and A. J. Prasad, eds., *Research in International Business and Finance* 2, 11-37. JAI Press Inc.
- Rodriguez, C. A., 1981, "Technology Transfer Issue", in: S. Grassman and E. Lundberg, eds., *The World Economic Order: Past and Prospects*, 167-193. Macmillan, London.