

技術移転のパラドックスについて

——不完全特化の下での可能性——

石 本 眞 八

はじめに

グローバリゼーションが進む中で先進国がかつての比較優位を失って産業構造の転換を迫られている事例が今後ますます増えて行くと思われる。その際に比較優位構造の変化によって国家間の利益や損失を慎重に検討することが重要である。すなわち、比較優位を失う先進国は必ず損失を被るのか、また、途上国は成長によって必ず利益を得るのか、を考察しなければならない。後者については窮乏化成長というパラドックスが生じる可能性が古くから指摘されている。前者の問題については、Samuelson (2004) を嚆矢として研究が進められている。

一連の研究の主眼は、アメリカの比較優位産業の優れた技術が外国に移転、あるいは盗まれた場合に、アメリカは絶対に損失を被るのかどうかを考察し、もし利益を得る可能性があれば、それはどのような場合に起こりうるのかを明らかにすることである。

Samuelson (2004) は 2 国 2 財の Ricardo モデルを前提に、アメリカと中国を想定した簡単な数値例を作って中国での技術進歩が両国の実質所得に及ぼす影響を考察した。Samuelson は 3 つのケースを考えたが、その中の “Act II” では、中国の比較劣位産業に大きな技術進歩が起こる場合を想定した。その技術進歩がアメリカと中国の間の元の比較優位をちょうど消滅させる大きさであった場合、両国の間では貿易を行う誘因がなくなり “new artarky” の状態となる。

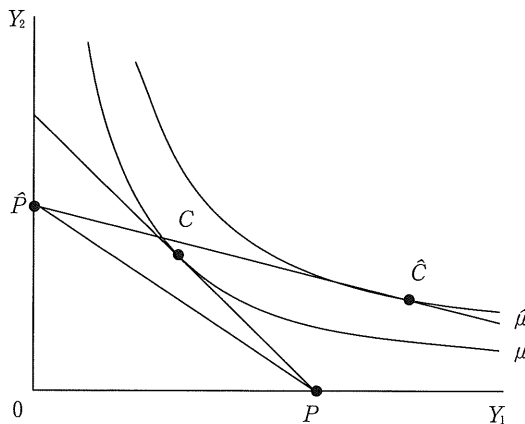
技術移転のパラドックスについて

そしてアメリカは損失を被り、中国はアメリカの犠牲の下で利益を得て、両国の所得分配は大きく変化することになる。

Ju and Yang (2009) は Hicks (1953) の技術進歩と貿易偏向に関する論説を 2 国 2 財 1 要素の Ricardo モデルを使って形式的な証明を与えた。そこでは技術進歩と Ricardo モデルの特質である “regime switch” の関係を整理した上で、技術進歩が両国の厚生に及ぼす影響を明らかにした。技術進歩が起こると、それが輸出偏向型であろうと輸入偏向型であろうと両国の厚生は変化しないか、改善するかのどちらかであるが、唯一の例外がある。それは自国が大国で不完全特化し、外国は小国で第 2 財に完全特化し第 2 財を輸出している状態から、輸入偏向型技術進歩が起こった場合で、この場合には自国の厚生は改善し外国の厚生は悪化する。

Ruffin and Jones (2007) は 2 国 2 財 1 要素の Ricardo モデルにおいて、自国の比較優位産業の技術が外国に移転すると自国の交易条件が悪化し自国は損失を被るが、それがもし特化パターンを逆転させるほど大きい場合には自国は利益を得る可能性があることを示した。そしてそのようなケースを「技術移転のパラドックス」と呼んだ。Ruffin and Jones (2007) による「技術移転のパラドックス」は以下の図 1 に要約される。

図 1



三角形 $OP\hat{P}$ は生産可能性集合、技術移転前の生産点は P 、消費点は C である。自国は技術移転前に比較優位財である第1財に完全特化しており、第1財を輸出し、第2財を輸入している。ここで自国が第1財の技術を外国に移転したとする。生産技術には公共財のような非排除性の性質があるので、技術移転後の自国の生産可能性集合は何も影響を受けない。しかし外国では技術移転によって第1財の生産技術が進歩しているので生産可能性集合は拡大し、世界全体での第1財の生産は増加する。したがって自由貿易均衡における第1財の相対価格は必ず下落する。すなわち自国の交易条件が悪化する。図から明らかのように、もし生産点が P 点のまま交易条件が悪化すれば効用水準は必ず μ よりも低くなる。

ところが技術移転の効果が非常に大きい場合、交易条件の悪化も非常に大きくなり、自国の特化パターンを逆転させる可能性がある。この場合、生産点は \hat{P} となり自国は技術移転前の比較劣位産業に完全特化することになる。その結果消費点は \hat{C} 点に移り、技術移転前とは逆に、第1財を輸入し第2財を輸出する。このような特化パターンと貿易パターンの逆転によって効用水準は μ に上昇する可能性がある。ただし図からも明らかのように、特化パターンと貿易パターンの逆転は効用水準を上昇させる為の必要条件であって十分条件ではない。

Ricardo モデルは国の特性を生産技術と労働賦存量だけで説明するので、技術移転のパラドックスを分析する為の最も簡単なモデルである。しかしその特質として“regime switch”が起り、Ruffin and Jones (2007) のようなあまりにも極端な結論が導かれてしまう欠点もある。

そこで本稿の目的は、完全特化または特化パターンの逆転というあまりに極端なケースを埒外に置き、不完全特化均衡を前提にした場合にも「技術移転のパラドックス」が起りうるのかどうか、起るとしたらどのような条件の下で起るのかを明らかにすることである。

2 モデル

本稿では自由貿易において不完全特化均衡をもたらす一番簡単なモデルとして、Ruffin (1998) による要素代替の無い2国2財2要素モデルを用いる。生産要素は資本と労働で、完全競争・完全雇用を仮定する。第 j 財の第 i 要素投入係数を a_{ij} 、第 j 財の生産量を Y_j 、労働賦存量を L 、資本賦存量を K をとすると、生産可能性集合は、

$$\begin{aligned} a_{L1}Y_1 + a_{L2}Y_2 &\leq L \\ a_{K1}Y_1 + a_{K2}Y_2 &\leq K \end{aligned} \quad (1)$$

を満たす (Y_1, Y_2) となる。ただし要素代替が無い経済を仮定しているので、 a_{ij} は定数である。

次に要素集約性について、第1財が資本集約財、第2財が労働集約財と仮定する。したがって、

$$\frac{a_{K1}}{a_{L1}} > \frac{a_{K2}}{a_{L2}} \quad (2)$$

である。本稿では不完全特化のもとで技術移転のパラドックスが起り得るかどうかを考察するのが目的なので、不完全特化均衡の条件が満たされていると仮定すると、それは要素賦存比率 k が diversification cone に含まれることなので、

で、 $k_j \equiv \frac{a_{Kj}}{a_{Lj}}$, $j=1, 2$, $k \equiv \frac{K}{L}$ と定義すると、

$$k_1 > k > k_2 \quad (3)$$

となる。均衡生産量は(1)式を解いて、

$$\begin{aligned} Y_1 &= \frac{a_{L2}L}{\Delta}(k - k_2) \\ Y_2 &= \frac{a_{L1}L}{\Delta}(k_1 - k) \end{aligned} \quad (4)$$

となる。ただし要素集約性の仮定(2)式より、 $\Delta \equiv a_{K1}a_{L2} - a_{L1}a_{K2} > 0$ である。

次に需要サイドについてはコブ・ダグラス型効用関数を仮定する。

$$\mu = X_1^\beta X_2^{1-\beta}, 0 < \beta < 1 \quad (5)$$

ただし、 X_j は第 j 財の消費量である。第 2 財をニューメレールとし、第 1 財の相対価格を $p \equiv \frac{p_1}{p_2}$ 、所得を I とすると、両財のマーシャル型需要関数はそれぞれ、

$$\begin{aligned} X_1 &= \frac{\beta I}{p} \\ X_2 &= (1-\beta)I \end{aligned} \quad (6)$$

となる。

ここで第 1 財の生産比率 y と消費比率 x を定義しておく。

$$y \equiv \frac{Y_1}{Y_2} = \frac{a_{L2}}{a_{L1}} \left(\frac{k-k_2}{k_1-k} \right) \quad (7)$$

$$x \equiv \frac{X_1}{X_2} = \frac{\beta}{1-\beta} \cdot \frac{1}{p} \quad (8)$$

3 技術格差と技術移転

外国についても同様だが Heckscher-Ohlin モデルでは生産技術が同一、すなわち $a_{ij} = a_{ij}^*$ と仮定されている。本稿では技術移転の問題を本質を損なわずにできるだけ簡単にモデルに含めるため、技術移転前の技術格差を次のように定義する。

$$a_{k1}^* = \alpha \cdot a_{k1} > a_{k1}, \alpha \geq 1 \quad (9)$$

ただし、 a_{k1} 以外の投入係数については同一と仮定する。この定義は、技術移転前 ($\alpha > 1$) に外国の第 1 財の資本投入係数が自国よりも大きい、すなわち生産性が低いことを意味する。そして技術移転が起こると技術格差は無くなり ($\alpha = 1$)、自国の投入係数と等しくなる。したがって技術移転後には全ての投入係数が等しくなり、Heckscher-Ohlin モデルで想定される経済となる。

技術移転前の技術格差をこのように定義することで、技術移転の前後で要素集約性の逆転が起こる可能性を排除することができる。

技術移転のパラドックスについて

$$\frac{\alpha a_{K1}}{a_{L1}} \geq \frac{a_{K1}}{a_{L1}} > \frac{a_{K2}}{a_{L2}} \quad (10)$$

また、外国の要素賦存比率 k^* が技術移転の前後で diversification cone から外に出ることもない。したがって不完全特化の状態は維持される。

$$\alpha k_1 \geq k_1 > k^* > k_2 \quad (11)$$

外国の生産量は(4)式と同様に

$$Y_1^* = \frac{a_{L2} L^*}{\Delta^*} (k^* - k_2) \quad (12)$$

$$Y_2^* = \frac{a_{L1} L^*}{\Delta^*} (\alpha k_1 - k^*)$$

となる。ただし、 $\Delta^* \equiv \alpha a_{K1} a_{L2} - a_{L1} a_{K2} = \Delta + (\alpha - 1) a_{K1} a_{K2} > 0$ である。

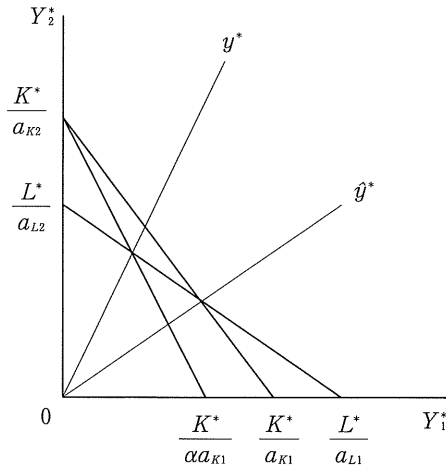
需要サイドについては、両国の効用関数は同一であると仮定する。すると、(6)式と同様に、

$$X_1^* = \frac{\beta I^*}{p^*} \quad (13)$$

$$X_2^* = (1 - \beta) I^*$$

となる。

図 2



外国の生産比率 y^* と消費比率 x^* も、(7)式と(8)式と同様に定義しておく。

$$y^* \equiv \frac{Y_1^*}{Y_2^*} = \frac{a_{L2}}{a_{L1}} \left(\frac{k^* - k_2}{\alpha k_1 - k^*} \right), \quad \frac{dy^*}{d\alpha} < 0 \quad (14)$$

$$x^* \equiv \frac{X_1^*}{X_2^*} = \frac{\beta}{1-\beta} \cdot \frac{1}{p^*} \quad (15)$$

ここで定義した技術移転が外国の生産可能性集合に与える効果は図2で示される。以後 $\hat{\cdot}$ 記号は技術移転後の状態を表すものとする。

技術移転 ($\alpha=1$) によって生産可能性集合は拡大し、第1財の生産比率は y^* から \hat{y}^* に上昇することになる。

4 閉鎖経済均衡と比較優位

では貿易前の比較優位を調べるために両国の閉鎖経済均衡価格を計算する。自国の閉鎖経済均衡価格 p_a は(7)式と(8)式より $y=x$ を p について解き、

$$p_a = \frac{\beta}{1-\beta} \cdot \frac{a_{L1}}{a_{L2}} \left(\frac{k_1 - k}{k - k_2} \right) \quad (16)$$

となる。

外国についても同様に、(14)式と(15)式より $y^*=x^*$ を p^* について解くと、技術移転前 ($\alpha > 1$) の外国の閉鎖経済均衡価格 p_a^* は

$$p_a^* = \frac{\beta}{1-\beta} \cdot \frac{a_{L1}}{a_{L2}} \left(\frac{\alpha k_1 - k^*}{k^* - k_2} \right), \quad \frac{dp_a^*}{d\alpha} > 0 \quad (17)$$

となる。

自国が比較優位財である第1財の技術を移転する場合のパラドックスの可能性を考察するのが目的なので、 $p_a < p_a^*$ となる条件を(16)式と(17)式から導出すると、

$$\frac{k_1 - k}{k - k_2} < \frac{\alpha k_1 - k^*}{k^* - k_2} \quad (18)$$

となる。(18)式は、もし技術格差がなければ ($\alpha=1$)、Heckscher-Ohlin 定理の証明そのものである。すなわち、自国が資本豊富国 ($k > k^*$) ならば資本集

技術移転のパラドックスについて

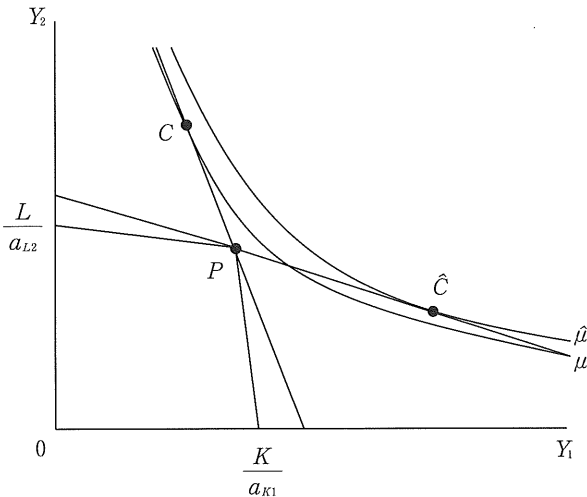
約財である第1財に比較優位を持つ ($p_a < p_a^*$)。ただし技術格差のある(18)式の場合には、自国が労働豊富国 ($k < k^*$) であっても、その技術格差が大きく、すなわち α の値が大きければ、自国が第1財に比較優位を持つ可能性がある。この段階では要素賦存比率については特定せず、 $p_a < p_a^*$ だけを仮定する。

5 自由貿易均衡と技術移転のパラドックス

自国が比較優位財である第1財の技術を外国に移転すると、外国の第1財の生産比率が上昇するので、自由貿易均衡において第1財相対価格は下落する。そして自国が第1財を輸出している限り第1財相対価格の下落は交易条件の悪化を意味し、自国が利益を得ることはない。技術移転のパラドックスが起こるためには貿易パターンの逆転が必要である。技術移転のパラドックスは図3で示される。

自国の技術移転前の生産点は P 、消費点は C で、第1財を輸出し、第2財を輸入している。ここで自国が比較優位財である第1財の技術を移転した結果、もし第1財の自由貿易均衡価格が大幅に下落して自国の貿易パターンが逆転し

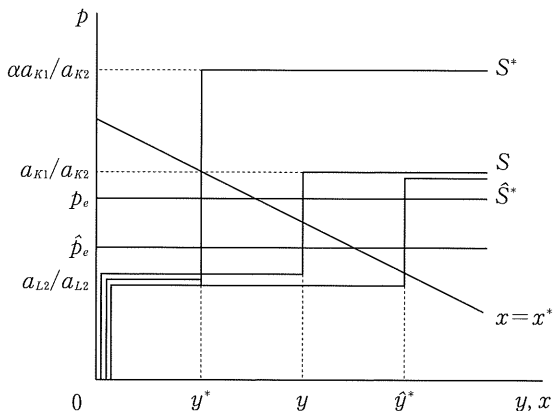
図 3



消費点が \hat{C} に移れば、自国の効用水準は μ から $\hat{\mu}$ に上昇する可能性がある。Ruffin and Jones (2007) の結論と同様に、貿易パターンの逆転は技術移転のパラドックスが起こるための必要条件であって十分条件ではない。ただし本稿のモデルでは、Ricardo モデルのような特化パターンの逆転、すなわち産業構造の極端な変化が無くても貿易パターンの逆転だけで技術移転のパラドックスが起こりうることになる。

最後に貿易パターンの逆転が起こるための条件を検討する。下図は相対供給関数 (S, S^*, \hat{S}^*) と相対需要関数 (x) を示したものである。相対需要曲線は(8)式より双曲線であるが問題の本質には影響しないので直線で示している。技術移転前には外国の相対供給関数は S^* で、自由貿易均衡価格は p_e である。そして自国は第1財の相対的輸出国である。

図 4



技術移転が起こると、 α の値が $\alpha > 1$ から $\alpha = 1$ に変化するが、それは(14)式より外国の生産比率 y^* を上昇させる。技術移転後の自由貿易均衡価格 \hat{p}_e のもとで貿易パターンの逆転が起こるためには、図に示されているように、技術移転によって外国の生産比率が自国の生産比率を超えなければならない。すなわち技術移転のパラドックスが起こるための必要条件は

技術移転のパラドックスについて

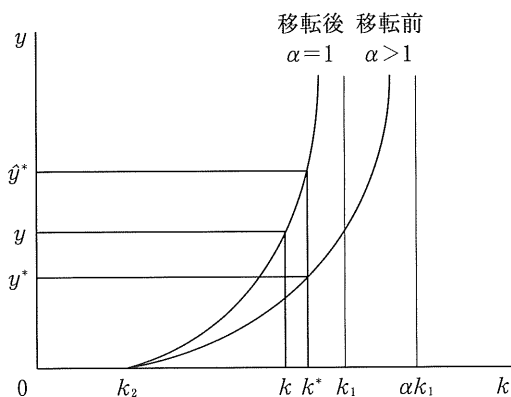
$$y^* < y < \hat{y}^* \quad (19)$$

ということになる。(19)式は(7)式と(14)式を考慮すると、

$$\frac{k^* - k_2}{\alpha k_1 - k^*} < \frac{k - k_2}{k_1 - k} < \frac{k^* - k_2}{k_1 - k^*} \quad (20)$$

となる。両国の需要条件が同一と仮定されているので、この条件は技術格差 α 、自国の要素賦存比率 k 、外国の要素賦存比率 k^* の関係で決まることになる。(20)式は分数関数なので図5のような k_1 を漸近線とする双曲線で表される。

図 5



まず外国の要素賦存比率 k^* を不完全特化条件 $k_2 < k^* < k_1$ の範囲内で任意に定めると、(14)式より技術移転前後の外国の生産比率 $y^* < \hat{y}^*$ が決まる。そして技術移転のパラドックスが起こるためには、必要条件である(19)式より、自国の生産比率は $y^* < y < \hat{y}^*$ の範囲に無ければならない。そのためには図5から明らかなように、自国の要素賦存比率 k は外国の要素賦存比率 k^* より小さくしなければならない。

また技術移転のパラドックスが起こる可能性は、図5から明らかなように両国の要素賦存比率の差が小さければ小さいほど、あるいは技術格差が大きければ大きいほど、その可能性は広がることが明らかである。

6 お わ り に

本稿では不完全特化を前提にしたモデルを用いて技術移転のパラドックスが起こる可能性と、その必要条件を明らかにした。その可能性を示したことの意義は、Ricardo モデルを用いた分析で必要条件の一つであった特化パターンの逆転が無くても、貿易パターンの逆転だけで技術移転のパラドックスが起こりうることを証明したことにある。さらに貿易パターンの逆転が起こるための両国の要素賦存比率の関係についても明らかになった。

ただし本稿で定義した技術移転はいわゆる blue-print の移転または技術漏洩であり、現実的な技術移転は海外直接投資や労働移動に伴う、資本体化型または労働体化型技術移転であろう。また、本稿では先進国と途上国の間の移転前の技術格差を前提にしたが、実際は過去に先進国が研究開発投資や技能労働者の育成などに資源を投入してきた結果生じたものであろう。こういった現象を取り込んだモデルを構築し、技術移転のパラドックスの可能性を検討することについては今後の課題としたい。

参考文献

- [1] John Hicks, 1953, "Inaugural Lecture", *Oxford Economic Papers*, 5, 117-135.
- [2] 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.
- [3] Ronald W. Jones and Roy J. Ruffin, 2008, "The Technology Transfer Paradox", *Journal of International Economics*, 75, 321-328.
- [4] Jiandong Ju and Xuebing Yang, 2009, "Hicks Theorem: Effects of Technological Improvement in the Ricardian Model", *International Review of Economics and Finance*, 18, 239-247.
- [5] Roy J. Ruffin, 1988, "The Missing Link: The Ricardian Approach to the Factor Endowment Theory of Trade", *American Economic Review*, 78, 759-772.
- [6] Roy J. Ruffin and Ronald W. Jones, 2007, "International Technology Transfer: Who Gains and Who Loses?", *Review of International Economics*, 15 (2), 209-222.

技術移転のパラドックスについて

- [7] Paul A. Samuelson, 2004, “Where Ricardo and Mill Rebut and Confirm Arguments of Mainstream Economists Supporting Globalization”, *Journal of Economic Perspectives*, 18, 135-146.