国際貿易と技術進歩

山　田　　勇

1 はしがき

通常の比較生産費説では，2国の生産費が異る場合を取り扱うことは，周知のところであろう。イギリスとポルトガルとが，ラシャとブドー酒とを生産する例はリカードがこの説の解明に好んで使用したものであるが[1]，その場合の生産要素は労働ただ1つであった。ここでは，まずリカードと同じく労働だけを生産要素とした場合，つぎに労働のほかの他の生産要素をも同時に考えた一般的な場合について考察する。またいずれの場合においても，生産要素の利用限界を陽表的に取り上げることをこころみよう。さらにまたこのようなモデルにおける目的函数は，通常の慣例にならって，貿易利益の極大化とすることも可能ではあるが，ここでは貿易を通じて，自国の消費内容を最大化する問題を考える。このことはまた，消費の最大化に代えて他の目的，たとえば資本蓄積の最大化という問題にも適用することの可能性を与えるであろう。このようなモデルを基礎として，技術進歩が交易条件にどのような影響を与えるかを最後に分析する。

以上の目的を達するため，ここでは分析手段として線型計画法を採用する。線型計画法を貿易の問題に適用した例としては，サムエルソン[2]，ウィッチン[3]，アロー[4]，コープマンス・ライター[5]，マッコーワー[6]などの業績が数えられるが，それらの線型計画モデルは本稿のものとは異る。以下では，生産要素を1つもしくは2つとし，しかも貿易当事国がおのおのその生産技術を異にする場合，貿易均衡の条件において，各国の消費量を最大にする場合の問題を分析する。

貿易利益を生ずる原因は各国においてそれぞれの生産技術を異にする場合であって，これがいわゆる比較生産費の原理にほかならないが，生産技術を同じくする場合でも貿易による消費の利益は考えられる[7]。しかしここでは，この問題に触れないこととする。なお2国間だけでなく多数国間の貿易の問題もここでは取り扱わない。

2 生産要素が1つの場合

本節では生産要素をたとえば労働1つに限定してモデルを構成する。もちろんこの場合を労働という生産要素に限定する意図はなく，労働に代えて資本という生産要素を考えても差し支えない。つまり生産要素がただ1つの場合であればよい。

いまA, B両国における労働の利用可能量がそれぞれ A_1, A_2 であるとする。ここで2つの商品を考え，A国でⅠなる商品を1単位作るのに労働量が a_{11} だけ必要であるとし，Ⅱなる商品を作るのに a_{12} だけ必要であるとする。そうすると，つぎの不等式が成立することは明らかであろう。

---

1) David Ricardo, *On the Principles of Political Economy and Taxation*, 1817, pp. 146—85. 小泉信三訳『経済学及び課税の原理』1952年, pp. 125—150.

2) Paul A. Samuelson, "Spatial Price Equilibrium and Linear Programming", *The American Economic Review*, Vol. XLII, No. 3, June 1952, pp. 283—303.

3) T. M. Whitin, "Classical Theory, Graham's Theory and Linear Programming in International Trade", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. XLVII, Nov. 1953, pp. 520—544.

4) Kenneth J. Arrow, "Import Substitution in Leontief Models", *Econometrica*, Vol. 22, No. 4, Oct. 1954, pp. 481—492.

5) Tjalling C. Koopmans and Stanley Reiter, "A Model of Transportation", *Activity Analysis of Production and Allocation*, 1951, pp. 222—259.

6) Helen Makower, *Activity Analysis and the Theory of Economic Equilibrium*, 1957.

7) Makower, *ibid.*, pp. 96—119.

$$a_{11}x_1+a_{12}x_2 \leqq A_1 \tag{2.1}$$

同様にB国においてⅠなる商品を1単位作るのに労働量が b_{11} だけ必要であり，商品Ⅱについては b_{12} だけ必要であるとしよう。この場合も

$$b_{11}x_1+b_{12}x_2 \leqq B_1 \tag{2.2}$$

という不等式が成立する。ここに x_1, x_2 はそれぞれⅠ，Ⅱの2つの商品の生産量をあらわす。比較生産費の教えるところは，この場合はつ、の如くに考えることができる。いまA国において労働の利用可能量 A_1 を全部商品Ⅰに投入すれば，それは A_1/a_{11} だけえられ，同様に商品Ⅱに投入すれば A_1/a_{12} だけえられる。またB国においては，Ⅰ，Ⅱ両商品はそれぞれ，B_1/b_{11}, B_1/b_{12} だけえられる。そこでもし，$a_{11}/a_{12}>b_{11}/b_{12}$ であれば，B国は商品Ⅰを作り，これをA国に輸入して商品Ⅱと交換し，これをB国に輸入することが，B国にとって1単位の商品Ⅰにつき $a_{11}/a_{12}-b_{11}/b_{12}$ だけの貿易利益をえせしめる。これとは逆に，もし $a_{11}/a_{12}<b_{11}/b_{12}$ であれば，A国は商品Ⅰを作り，これをB国に輸出して商品Ⅱと交換し，これを自国に輸入すれば，1単位の商品Ⅰにつき $b_{11}/b_{12}-a_{11}/a_{12}$ の貿易利益をうることになる。

以下の分析では $a_{11}/a_{12}>b_{11}/b_{12}$ の場合を考える。このときA国は労働の利用可能量を全部Ⅱの商品の生産に用いて A_1/a_{12} をえ，B国は自国の労働量を全部Ⅰの商品の生産に用いて B_1/b_{11} をうることが貿易上有利であることはいま説明したところである。ところでA国における商品ⅡのB国への輸出量を E_{AB}，自国内でのこの商品の消費量を C_{2A} とする。またB国における商品ⅠのA国への輸出量を E_{BA} とし，自国内でのその商品の消費量を C_{1B} とすれば，容易につぎの関係が求められる。

$$\left.\begin{aligned} E_{AB} &\leqq \frac{A_1}{a_{12}}-C_{2A} \\ E_{BA} &\leqq \frac{B_1}{b_{11}}-C_{1B} \end{aligned}\right\} \tag{2.3}$$

ところで，Ⅰ，Ⅱ両商品のA, B両国間の交易条件は通常つぎの不等式によってその限界が与えられる。

$$\frac{a_{11}}{a_{12}} \geqq r \geqq \frac{b_{11}}{b_{12}} \tag{2.4}$$

ただし r は交易条件であって，$r=E_{AB}/E_{BA}$ である。(2.3)式と(2.4)式とから

$$\left.\begin{aligned} a_{11}C_{1B}+a_{12}E_{AB} &\leqq \frac{a_{11}B_1}{b_{11}} \\ b_{11}E_{BA}+b_{12}C_{2A} &\leqq \frac{b_{12}A_1}{a_{12}} \end{aligned}\right\} \tag{2.5}$$

特化の場合は，A国からB国への商品Ⅱの輸出量がそのままB国における商品Ⅱの消費量 C_{2B} となり，またB国からA国への商品Ⅰの輸出量はそのままA国における商品Ⅰの消費量 C_{1A} となるから

$$E_{AB}=C_{2B}, \quad E_{BA}=C_{1A}$$

の関係がえられる。これを(2.5)式に代入すれば

$$\left.\begin{aligned} a_{11}C_{1B}+a_{12}C_{2B} &\leqq \frac{a_{11}B_1}{b_{11}} \\ b_{11}C_{1A}+b_{12}C_{2A} &\leqq \frac{b_{12}A_1}{a_{12}} \end{aligned}\right\} \tag{2.6}$$

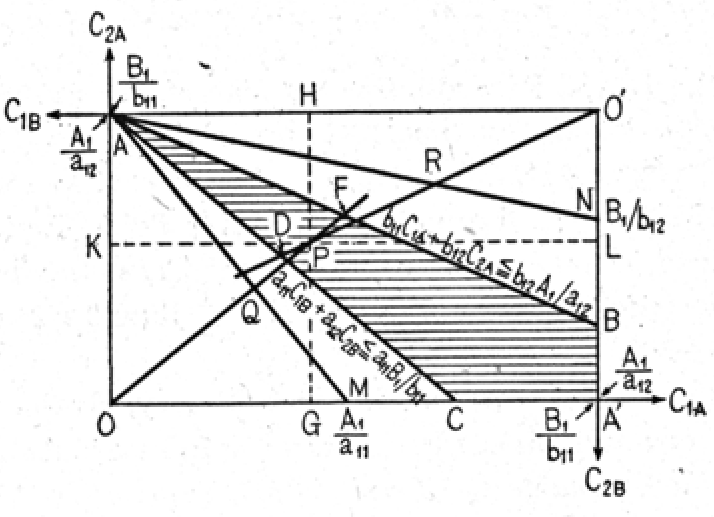
がえられる。

さて，A国における商品Ⅰと商品Ⅱとの平均消費率を k_A，B国におけるその平均消費率を k_B とする。すなわち

$$\frac{C_{2A}}{C_{1A}}=k_A, \quad \frac{C_{2B}}{C_{1B}}=k_B \tag{2.7}$$

そこで問題は，(2.6)式の制限条件のもとに，A, B両国において，消費を最大にするように生産量および貿易量を決定することである。この際，C_{1A}, C_{2A}, C_{1B}, C_{2B} が非負であることを条件とすることはいうまでもない 。これは線型計画の1つの問題であり，これを代数的に解くことは可能であるが，ここではグラフによって解いてみよう。いま下の横軸および左の縦軸にはそれぞれA国の

第1図



商品Iおよび IIの消費量 C_{1A}, C_{2A} をとり，その原点を O とし，上の横軸および右の縦軸にはそれぞれB国の商品IおよびIIの消費量 C_{1B}, C_{2B} をとり，その原点を O' とする。まずA国について考え，C_{1A} は非負であるから O から出発してB国の商品Iの生産量 B_1/b_{11} までの値をとることができ，C_{2A} は同じく O から出発してA国の商品IIの生産量 A_1/a_{12} までの値をとることができる。直線 AB は(2.6)式の第2式の限界を示すものであり，この値はこの図のなかの凸4辺形 $ABA'O$ によって示される。(C_{1A}, C_{2A} はこの4辺形の直線上の値をもとることができることはいうまでもない。)この直線 AB をA国の貿易限界線と呼ぼう。これとまったく同様にしてB国の貿易限界線すなわち(2.6)式の第1式は直線 AC によって示され，C_{1B} および C_{2B} のとりうる値は凸4辺形 $ACA'O'$(辺上の点をも含む)を形成する。したがってA, B両国の貿易可能領域は，この2つの4辺形の重なり合った部分，すなわち4辺形 $ABA'C$ となる。(この直線上の値をもとりうる。)

ところで，A国の消費線，すなわち(2.7)式の第1式は直線 OF によって示され，またB国のそれは直線 $O'D$ によって示される。そこでいまA国だけを考えれば，この消費線の最大値は F 点によって示され，B国だけを考えれば，D 点によってあらわされる。A国の貿易前における消費の最適量は A 点(全労働量を商品IIに投入した場合のその生産量)と M 点(全労働量を商品Iに投入した場合のその生産量)とを結びつけた直線 AM とA国の消費線 OF との交点 Q によって与えられ，このときの消費量は F 点の場合よりも小さい。すなわち貿易によってA国の消費内容は上昇するのが通常の場合である。同様にB国の場合についてもその貿易前の消費の最適点 R は D 点よりも原点 O' にいっそう近いのが通常の場合である。それでは現実の消費はどの点で決まるかといえば，もし(2.7)式の両国の平均消費率を変化せしめえないとすれば，両国の消費線の交点 P によって与えられるであろう。そして通常この P 点における消費量は，Q 点もしくは R 点の場合の消費量よりも大きい。ここに注意を要することは P 点が貿易可能領域をあらわす4辺形 $ABA'C$ の内点でなければならないということである。このときのA国における商品Iの消費量 C_{1A} は OG であり，したがってこの量だけB国はA国に対して輸出する。またA国における商品IIの消費量 C_{2A} は OK であり，KA だけがA国からB国へ輸出される。またB国の商品Iの消費量は $O'H$ であり，商品IIの消費量は $O'L$ である。

ところで貿易による消費量増大の条件は，A国にとっていえば，直線 AB が直線 AM よりも傾斜が緩やかであることであり，このことは，直線 AB の方程式 $b_{11}C_{1A}+b_{12}C_{2A}=b_{12}A_1/a_{12}$ の傾斜，すなわち $dC_{2A}/dC_{1A}=-b_{11}/b_{12}$ と，直線 AM の方程式 $a_{11}C_{1A}+a_{12}C_{2A}=A_1$ の傾斜，すなわち $dC_{2A}/dC_{1A}=-a_{11}/a_{12}$ とから

$$\frac{a_{11}}{a_{12}}>\frac{b_{11}}{b_{12}} \tag{2.8}$$

にほかならない。これはわれわれの最初に仮定した条件と矛盾しない。(2.8)式の条件はB国についてもえられることは容易にわかるであろう。

さらにまた貿易可能領域をあらわす4辺形 $ABA'C$ の存在する条件，すなわち直線 AB が直線 AC の傾斜よりも緩やかである条件もまた(2.8)式で与えられることは容易に証明できる。もう1つの条件を附加する。すなわち，P 点が貿易可能領域内に落ちる条件は2国における消費率(2.7)式の与え方に依存するのであるが，その条件は，$k_A>k_B$ でかつ

$$k_B<\frac{b_{11}A_1(b_{12}-b_{11})}{a_{12}b_{12}B_1}$$

の場合は

$$\frac{b_{11}(a_{12}B_1-b_{11}A_1)k_B-b_{11}{}^2A_1}{b_{11}A_1(b_{12}-b_{11})-a_{12}b_{12}B_1k_B}\leqq k_A$$

$$\leqq\frac{a_{11}(b_{11}A_1-a_{12}B_1)k_B+a_{11}b_{11}A_1}{a_{12}{}^2B_1k_B}$$

であり

$$k_B>\frac{b_{11}A_1(b_{12}-b_{11})}{a_{12}b_{12}B_1}$$

の場合は

$$\frac{b_{11}(a_{12}B_1-b_{11}A_1)k_B-b_{11}{}^2A_1}{b_{11}A_1(b_{12}-b_{11})-a_{12}b_{12}B_1k_B}\geqq k_A$$

$$\geqq \frac{a_{11}(b_{11}A_1-a_{12}B_1)k_B+a_{11}b_{11}A_1}{a_{12}^2B_1k_B}$$

である。

3　生産要素が2つの場合

生産要素として，たとえば労働のほかに資本が入ってきた場合，理論は多少複雑になる。ここに簡単な場合を想定しよう。まえと同様に生産要素として労働だけを考えれば，2つの商品Ⅰ，Ⅱの生産函数はそれぞれ(2.1)，(2.2)式で示される。そしてこの場合の貿易の条件は，(2.8)式の $a_{11}/a_{12}>b_{11}/b_{12}$ である。つぎに他の生産要素の1つ，資本をとり，A国において商品Ⅰの1単位を作るに要する資本量を a_{21}，商品Ⅱの1単位を作るに要する資本量を a_{22} とし，かつA国の資本の利用可能限界を A_2 で示せば

$$a_{21}x_1+a_{22}x_2\leqq A_2 \tag{3.1}$$

またB国において商品Ⅰを1単位作るに要する資本量を b_{21}，商品Ⅱを1単位作るに要する資本量を b_{22} とし，さらにB国の資本の利用可能限界を B_2 で示せば

$$b_{21}x_1+b_{22}x_2\leqq B_2 \tag{3.2}$$

ここに x_1 および x_2 はそれぞれ商品Ⅰおよび Ⅱの生産量である。

ところでもし，$a_{21}/a_{22}>b_{21}/b_{22}$ であれば問題はないが，これと反対に，$a_{21}/a_{22}<b_{21}/b_{22}$ の場合では，商品はA, B両国間を，労働だけの条件の場合とは逆の方向に動く。その場合の均衡点を求めるにはどうすればよいかをつぎに問題としよう。生産要素を1つだけ考えた場合には，特化が行われ，A, B両国はⅠ，Ⅱ商品のうちいずれか1種類だけを生産すればよかったのであるが，この場合には，これと事情を異にし，両商品をともに若干ずつ生産することになる[8)]。

ところでいま，同一呼称の貨幣額であらわされた輸出価格を p_1，輸入価格を p_2 とする。この際 p_1 と p_2 とは為替比価を媒介として同一呼称額であらわされることはいうまでもない。以下の分析では，p_1 および p_2 は与件とする。したがって為替比価も与件と考える。

これからさきは，A国だけについて見よう。いま貿易均衡の条件をつねに充たすものとし

$$p_1E_A=p_2M_A \tag{3.3}$$

とする。ここに E_A, M_A はそれぞれA国の輸出量，輸入量をあらわす。さらにまた，A国の消費線を考える。これはつぎの式で与えられる。もし商品Ⅱが輸出され商品Ⅰが輸入されるものとすれば

$$\frac{x_2-E_A}{x_1+M_A}=k_A \tag{3.4}$$

またこの逆の場合には

$$\frac{x_2+M_A}{x_1-E_A}=k_A \tag{3.5}$$

となる。k_A はA国の商品Ⅰに対する商品Ⅱの消費率をあらわす。いま(3.4)式を使い，これと(3.3)式とを組み合わせれば

$$x_2=k_Ax_1+(p+k_A)M_A \tag{3.6}$$

をうる。ここに p は交易条件 p_2/p_1 をあらわす。(3.6)式をA国の生産函数，(2.1)および(2.9)の両式に代入すれば，つぎの不等式がえられる。

$$\left.\begin{array}{l}(a_{11}+a_{12}k_A)x_1+a_{12}(p+k_A)M_A\leqq A_1\\(a_{21}+a_{22}k_A)x_1+a_{22}(p+k_A)M_A\leqq A_2\end{array}\right\} \tag{3.7}$$

そこで問題は，(3.7)式の制約条件のもとに，(3.4)式を満足するような，商品Ⅰの消費量 x_1+M_A を最大にする非負の x_1, x_2, M_A, E_A を求めることである。これは典型的な線型計画モデルにほかならないから，容易にその解を求めることができる[9)]。ここに注意すべきことは(3.7)式の x_1 および x_2 の係数はすべてプラスであるということである。つぎに(3.7)式が解を持つための条件を求めてみよう。そこで第1式の傾斜は

$$\frac{dM_1}{dx_1}=-\frac{a_{11}+a_{12}k_A}{a_{12}(p+k_A)}$$

第2式の傾斜は

$$\frac{dM_1}{dx_1}=-\frac{a_{21}+a_{22}k_A}{a_{22}(p+k_A)}$$

2つの直線の交わる条件は，この結果から

$$\frac{a_{11}}{a_{12}}\gtrless\frac{a_{21}}{a_{22}} \tag{3.8}$$

---

8)　$a_{21}/a_{22}>b_{21}/b_{22}$ の場合はA, B両国は1種類の商品の生産を行えばよい。

9)　ここでは x_1 および M_A のいずれもが0とならない場合を考える。

であるが，x_1 および M_A が非負であるためには，2直線は第1象限で交わることが必要かつ充分な条件であって，この場合は

$$\frac{a_{11}+a_{12}k_A}{a_{21}+a_{22}k_A} \leqq \frac{A_1}{A_2} \leqq \frac{a_{12}}{a_{22}} \tag{3.9}$$

となる。この式は(3.8)式を当然満足することはすぐにわかるであろう。(3.9)式は p には無関係であり，技術係数，消費率および労働ならびに資本の利用限界が関係する。

この線型計画モデルを実際に解くには，(3.7)式を等式とすること，すなわち，すべての労働と資本とを利用しつくす場合であって，このことから

$$\left.\begin{aligned} x_1 &= \frac{a_{22}A_1-a_{12}A_2}{a_{11}a_{22}-a_{12}a_{21}} \\ M_A &= \frac{(a_{11}+a_{12}k_A)A_2-(a_{21}+a_{22}k_A)A_1}{(p+k_A)(a_{11}a_{22}-a_{12}a_{21})} \end{aligned}\right\} \tag{3.10}$$

がえられる。さらにこの式のなかの x_1 を(3.6)式に代入して x_2 をえ，M_A を(3.3)に代入して E_A を求めることができる。(3.10)式の x_1 および M_A の右辺の分母にある $a_{11}a_{22}-a_{12}a_{21}$ は(3.8)式によって0ではない。この x_1 および M_A を(3.6)式に代入してえた x_2 は，(2.1)，(2.9)両式を等式として求めたそれらの値と一致することはいうまでもない。そこで1つ重要な定理が成立する。

定理　(2.1)，(2.9)の生産函数を満足し，かつ(3.3)の交易条件ならびに(3.4)の消費率を満足するような，消費を最大にする生産量は，(2.1)，(2.9)式から直接求められる最大生産量である。

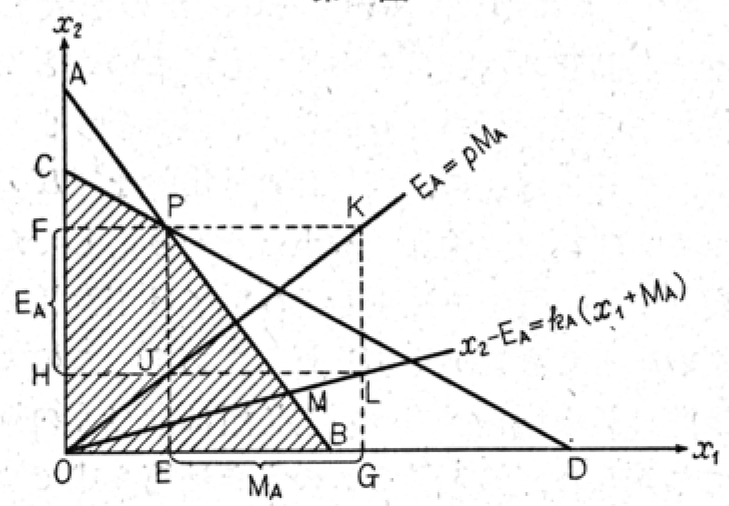
この際貿易を行わない場合の最大消費量は，(2.1)，(2.9)の両式と，消費線 $k_A=x_2/x_1$ とから求められるが，貿易を行ったときの最大消費量，x_1+M_A および x_2-E_A が貿易を行わなかったときの最大消費量よりも大なる条件が

$$\left.\begin{aligned} \frac{a_{11}+a_{12}k_A}{a_{21}+a_{22}k_A} &> \frac{A_1}{A_2} \text{のときは，} p<\frac{a_{11}}{a_{12}} \\ \frac{a_{11}+a_{12}k_A}{a_{21}+a_{22}k_A} &< \frac{A_1}{A_2} \text{のときは，} p>\frac{a_{21}}{a_{22}} \end{aligned}\right\} \tag{3.11}$$

であることは容易に証明できる。

さてこれからさきは，グラフによってこの問題を解いてみよう。第2図の横軸には x_1，縦軸には x_2 をとる。直線 AB および CD はそれぞれ(2.1)，(2.9)の両式をあらわすものとする。その交点 P において現実に生産が行われる。P 点における x_1 および x_2 が非負の値をとるための条件は(3.9)式によって与えられる。凸4辺形 $OCPB$ が生産可能領域をあらわすことは論をまたない。また直線 OK は(3.3)式をあらわす。この直線の傾斜は p である。さらに直線 OL は消費線(3.4)式をあらわす。この場合の傾斜は k_A で与えられる。この2本の直線は原点 O を通る。いま述べたように P 点が生産点であるが，ここでは $x_1=OE$, $x_2=OF$ である。

第2図



いま商品IIを FH だけ輸出するものとすれば，これに応ずる商品Iの輸入量は，波線 FK が直線 OK と交わる K 点の横座標 OG と波線 HL が同じ直線 OK と交わる J 点の横座標 OH との差，すなわち EG である。したがってこのような貿易が行われたのちのA国の消費量は，商品Iについては生産量と輸入量との合計，OG であり，商品IIについては生産量から輸出量を差し引いた，OH であり，このような消費量は消費線 OL 上の点 L を与える。したがってこの場合の消費内容は直線 OL の長さによって示される。貿易前の最大消費量を示す消費線の長さが，直線 AB と消費線との交点 OM であることは明らかであるから，この場合は貿易によって，消費線を ML の長さだけ大きくすることができる。そして L 点が貿易を行った場合の最大均衡点であることは容易に証明できるのであるが，このことは図からも直接にわかる。すなわち，もし商品IIの輸出量を HF よりもさらに大きくすれば，これにつれて商品Iの輸入量も

EGよりさらに増大するが，その輸出の増大した分だけ商品IIの消費量を小さくし，このことがひいては消費線の長さをOLよりもいっそう小さくする。これとは逆に，商品IIの輸出量をFHよりも小さくすれば，輸入量も小さくなり，したがって商品Iの消費量を減少し，ひいては消費線の長さをOLよりも短かくするからである。このような消費の最大均衡点Lの横座標は(3.10)の第1式で与えられ，輸入量EGの大きは第2式で示される。なお傾斜pの条件は(3.11)式の示すところである。商品IIを輸入し，商品Iを輸出する場合も以上と同様に説明することができる。貿易後の生産点が貿易前の生産点Pに等しいことは，定理として述べておいた。

以上はA国だけの場合の分析であるが，B国だけの分析もこれとまったく同様である。いまB国が第Iの商品を輸出し，第IIの商品を輸入する場合には

$$M_B = pE_B \tag{3.12}$$

ここにE_BはB国における第I商品の輸出量，M_Bは第II商品の輸入量をあらわす。その消費線k_Bは

$$\frac{x_2+M_B}{x_1-E_B}=k_B \tag{3.13}$$

で与えられる。B国の生産函数(2.2)式と(3.2)式にうえの2式を組合わせて解くことによってつぎの式をうる。

$$\left.\begin{aligned} x_1 &= \frac{b_{22}B_1-b_{12}B_2}{b_{11}b_{22}-b_{12}b_{21}} \\ E_B &= \frac{(b_{11}+b_{12}k_B)B_2-(b_{21}+b_{22}k_B)B_1}{(p+k_B)(b_{11}b_{22}-b_{12}b_{21})} \end{aligned}\right\} \tag{3.14}$$

さてつぎの問題は，A, B両国の場合を同時に考えて，その場合の関係を追求することである。このとき，与件としては，両国の生産函数，消費線，交易条件式の3つである。このうち交易条件式は両者に共通するものであるが，生産函数と消費線とは，各国固有のものであって，相互に相等しくないのが普通に見られるところである。さらに，ここでは2国だけを考えるのであるから，交易条件の共有を是認するかぎり，A国の輸出量はB国の輸入量に等しく，またA国の輸入量はB国の輸出量に等しくなければならない。

A国だけを分析した場合にえられた結論を要約するとつぎの如くになる。生産函数が与えられ，さらに消費線と交易条件式とが与えられれば，消費線の長さを最大にするような生産量は，労働および資本を全部投入してえられる生産点によって与えられ，この点において，交易条件により輸入量と輸出量とが決定される。このときの消費線の長さは，所定の条件を満たすかぎり，貿易を行わないときのそれよりも大きい。このことはB国についてもいえることである。しかしここで問題になるのは，A, B両国が，たとえ交易条件を共有するとしても，両国の個別的な最適消費量から導き出される輸出量と輸入量との間にはこのような均等関係がつねに成立するものではなく，むしろこの関係を欠如することが普通である。ところが，貿易を行えば必ずこのような関係が成立しなければならない。2国間の貿易の理論的な問題はここにあるのであって，もし生産函数と消費線とが不変に止まることを是認するかぎり，交易条件の変化によって，この均衡関係を保つことにならざるをえない。交易条件の変化には，まえに述べたp_1とp_2との相対的な関係のみならず，貿易均衡をも破棄する場合を含む。しかしここでは，貿易均衡を前提として認めながら，pの変化，すなわちp_1とp_2とが相対的に変化する場合だけを考える。

この際注意を要することは，(3.10)式のM_Aおよびこれから導き出されるE_A，ならびに(3.14)式のE_Bおよびこれから導き出されるM_Bはともに，両国において最大消費量を実現するために必要な輸出入量であり，さらに，そのうちM_AおよびM_Bはそれらの全量が消費に使用される場合であった。ところでいま両国の貿易について考える際には，消費に回されない輸入量をも加えたものを現実の輸入量としなければならない。そこでこれらをM_A', M_B'とすれば，$M_A'=E_B$, $M_B'=E_A$となる。すなわち第I商品についてA国の現実の輸入量とB国の輸出量とは相等しく，第II商品についてA国の輸出量とB国の現実の輸入量とは相等しくなければならない。そこで消費されない

輸入量をも考慮した場合を取り扱うために，まえのA国だけのモデルをつぎの如く修正しよう。すなわち(3. 3)式に代えて

$$p_1E_A=p_2M_A'\geqq p_2M_A \tag{3. 15}$$

これを(3. 4)式に代入すれば，(3. 6)式は

$$x_2\geqq k_Ax_1+(p+k_A)M_A \tag{3. 16}$$

となる。さらに(3. 16)式を(2. 1)および(2. 9)の両式に代入すれば(3. 7)式と同じ関係がえられる。したがって(3. 7)式を解いてえられる解(3. 10)式は，消費されない輸入が存在しても，依然として成立することがわかる。このことがB国だけについてもいえることは容易に証明できよう。したがって(3. 14)式の与える解は未消費の輸入の存在を許しても，依然として正しい。

しかし，A, B両国を同時に考えて，まえに述べた $M_A'=E_B$, $M_B'\doteqdot E_A$ の条件を導入すれば，一般に未消費の輸入分が存在するのである。詳言すれば，A, B両国をそれぞれ独立に考えれば，このような均衡関係から解放され，輸入量は未知数として決定されるからである。そこでいまB国における輸入量だけが全部消費されるものとすれば

$$M_A\leqq M_A'=E_B,\ E_A=M_B=M_B' \tag{3. 17}$$

となり，これから p を求めれば，$(a_{11}+a_{12}k_A)A_2>(a_{21}+a_{22}k_A)A_1$ の場合，$1\gtrless RS$ にしたがって

$$p\gtreqless\frac{k_BRS-k_A}{1-RS} \tag{3. 18}$$

また，$(a_{11}+a_{12}k_A)A_2<(a_{21}+a_{22}k_A)A_1$ の場合，$1\gtrless RS$ にしたがって

$$p\lesseqgtr\frac{k_BRS-k_A}{1-RS} \tag{3. 19}$$

となる。ただしここに

$$R=\frac{b_{11}b_{22}-b_{12}b_{21}}{a_{11}a_{22}-a_{12}a_{21}}$$

$$S=\frac{(a_{11}+a_{12}k_A)A_2-(a_{21}+a_{22}k_A)A_1}{(b_{11}+b_{12}k_B)B_2-(b_{21}+b_{22}k_B)B_1}$$

である。これと同様に，$M_A=M_A'=E_B$, $E_A\geqq M_B$ の場合には，(3. 18)，(3. 19)両式の不等号が反対になる。しかし $M_A\leqq E_B$, $E_A\geqq M_B$ の場合，すなわち，両国ともが現実の輸入量の1部より消費しない場合は p の値を求めることが不可能となることは，以上の所論から明らかとなるであろう。

4　技術の導入と交易条件

最後に技術の導入が交易条件の p にどのような影響を与えるかを調べてみよう。この問題に入るまえに，技術の導入ということが以上のモデルではどのように解釈されるかを吟味しておかねばならない。

新技術の導入によって直接的な変化を来すものは生産函数のなかの技術係数，すなわち(2. 1)式の a_{11}, a_{12}, (3. 1)式の a_{21}, a_{22} および(2. 2)式の b_{11}, b_{12}, (3. 2)式の b_{21}, b_{22} である[10)]。(2. 1)，(3. 1)の両式は労働についての制約条件であったが，技術の導入によって，そのなかの技術係数は一般に小さくなるであろう。また(2. 2)，(3. 2)の両式は資本についての制約条件であったが，そのなかの係数もまた，技術の導入によって一般に小さくなるであろう。これは通常いわれる生産函数のシフトの問題である[11)]。そこでいま，このような技術係数の変化が交易条件 p に与える変化を見てみよう。そのために，(3. 18)式を等式の形にして分析する。まず a_{ij} の変化が p に及ぼす影響は次式によって与えられる。

$$\frac{\partial p}{\partial a_{ij}}=\frac{(k_B-k_A)\left(S\dfrac{\partial R}{\partial a_{ij}}+R\dfrac{\partial S}{\partial a_{ij}}\right)}{(1-RS)^2} \tag{4. 1}$$

われわれのモデルでは a_{ij} は a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22} の4つであるから，これを計算した結果は[12)] $k_B>k_A$, $\dfrac{b_{11}}{b_{21}}>\dfrac{b_{12}}{b_{22}}$, $\dfrac{a_{11}}{a_{21}}>\dfrac{A_1}{A_2}>\dfrac{a_{12}}{a_{22}}$, $\dfrac{b_{11}+b_{12}k_B}{b_{21}+b_{22}k_B}>\dfrac{B_1}{B_2}$ か，この4組の不等式のうち任意の2組がこれらと反対の不等号を持つか[13)]，あるいは4組全部がこれらと反対の不等号を持つときは，a_{11}, a_{12} とも

10)　Herbert A. Simon, "Effects of Technological Change in a Linear Model", *Activity Analysis of Production and Allocation*, pp. 262.

11)　Robert M. Solow, "Technical Change and the Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics*, Vol. XXXIX, No. 3, Aug. 1957, pp. 312—320.

12)　以下の条件のうち，$\dfrac{a_{11}}{a_{21}}>\dfrac{A_1}{A_2}>\dfrac{a_{12}}{a_{22}}$ は，(2. 1)，(3. 1)の解が非負である条件から導き出される。

13)　任意の2組とはいっても，$\dfrac{b_{11}}{b_{21}}\gtrless\dfrac{b_{12}}{b_{22}}$ と $\dfrac{b_{11}+b_{12}k_B}{b_{21}+b_{22}k_B}\gtrless\dfrac{B_1}{B_2}$ とは必ず同一不等号をとる。

にその減少が p の低下をもたらし，その他の場合は p を上昇せしめ，また $k_B>k_A$, $\frac{b_{11}}{b_{21}}>\frac{b_{12}}{b_{22}}$, $\frac{a_{11}}{a_{12}}<\frac{A_1}{A_2}<\frac{a_{12}}{a_{22}}$, $\frac{b_{11}+b_{12}k_B}{b_{21}+b_{22}k_B}>\frac{B_1}{B_2}$か，この4組の不等式のうち任意の2組がこれと反対の不等号を持つか[14]，あるいは4組全部がこれらと反対の不等号を持つときは，a_{21}, a_{22} ともにその減少が p の低下をもたらし，その他の場合は p を上昇せしめる。ここに p の低下というのは第Ⅰの商品の価格 p_1 に対して第Ⅱの商品の価格 p_2 が相対的に小さくなることである。さらにまた，a_{11}, a_{12} が p に与える影響はいかなる場合でも同じ方向に働き，a_{21}, a_{22} が p に与える影響もまたいかなる場合でも同じ方向に働くが，a_{11}, a_{12} の組と a_{21}, a_{22} の組とは p に対していかなる場合においても反対方向に働く。

つぎに b_{ij} ついては

$$\frac{\partial p}{\partial b_{ij}}=\frac{(k_B-k_A)\left(S\frac{\partial R}{\partial b_{ij}}+R\frac{\partial S}{\partial b_{ij}}\right)}{(1-RS)^2} \qquad (4.2)$$

によって p に与える影響が測られる。このときは，$k_B>k_A$, $\frac{a_{11}}{a_{21}}>\frac{a_{12}}{a_{22}}$, $\frac{a_{11}+a_{12}k_A}{a_{21}+a_{22}k_A}>\frac{A_1}{A_2}$, $\frac{b_{12}}{b_{22}}>\frac{B_1}{B_2}>\frac{b_{11}}{b_{21}}$か，この4組の不等式のうち任意の2組がこれらと反対の不等号を持つか，あるいは4組とも全部がこれらと反対の不等号を持つときは，b_{11}, b_{12} の双方の減少は p を低下せしめ，その他の場合はこれを上昇せしめる。$k_B>k_A$, $\frac{a_{11}}{a_{21}}>\frac{a_{12}}{a_{22}}$, $\frac{a_{11}+a_{12}k_A}{a_{21}+a_{22}k_A}>\frac{A_1}{A_2}$, $\frac{b_{12}}{b_{22}}<\frac{B_1}{B_2}<\frac{b_{11}}{b_{21}}$か，これらのうち任意の2組がこれらと反対の不等号を持つか，あるいは4組とも反対の不等号を持つときは，やはり b_{21}, b_{22} の減少は p を低下せしめるが，その他の場合は上昇せしめる。そして b_{11} と b_{12} とはいかなる場合でも p に与える影響の方向を等しくし，b_{21} と b_{22} もまたいかなる場合を問わずこれを同方向に動かすが，b_{11}, b_{12} の組と b_{21}, b_{22} の組とはいかなる場合でも p に対して反対方向に作用する。

技術進歩と直接関係はないが，資本財の利用可能限界の変化が p に与える効果も以上と同様に分析することができる。

14) この場合も，13) と同様の事実に注意を要する。