

「リカードモデルと産業連関表との接合」

いわき明星大学

江尻陽三郎

1. 中間財を含む多数国多数財線形貿易モデル

提示するモデルは、各国に GDP に関する受容可能性条件等を課し、世界市場構成国全体の GDP を目的関数として、この最大化を図る線形計画問題である。

1) 制約式（主なものを記載）

i) 賦存労働力に関する制約条件:

$$\mathbf{l}_K \cdot \mathbf{X}'_K \leq L_K \quad (K = 1, \dots, m) \quad \dots(1)$$

ii) GDP に関する制約条件:

$$\mathbf{g}_K \cdot \mathbf{X}'_K \geq G_K^0 \quad (K = 1, \dots, m) \quad \dots(2)$$

iii) 世界市場における各財の需給均衡条件(国内最終需要 $\mathbf{F}'_{DK}$ は当該国の GDP に線形依存すると仮定):

$$\mathbf{F}'_{DK} = \alpha_K \cdot \mathbf{g}_K \cdot \mathbf{X}'_K + \beta_K \quad \text{ここに、} \alpha_K \equiv \begin{bmatrix} \alpha_{K1} \\ \vdots \\ \alpha_{Kn} \end{bmatrix}, \quad \beta_K \equiv \begin{bmatrix} \beta_{K1} \\ \vdots \\ \beta_{Kn} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{S}'_W = \mathbf{D}'_W \text{ より、} \quad \sum_K [\mathbf{I} - \mathbf{A}_K - \alpha_K \cdot \mathbf{g}_K] \mathbf{X}'_K = \sum_K [\mathbf{E}_{KR} - \mathbf{M}_{KR} + \beta_K] \quad \dots(3)$$

2) 目的関数

$$\max: G'_W \equiv \sum_{K=1}^m G'_K = \sum_{K=1}^m \mathbf{g}_K \cdot \mathbf{X}'_K \quad \dots(4)$$

目的関数(4)を最大化する最適解（すなわち最適生産額）を求め、原理的にはどのような方向に産業調整の誘因が働くのかを考察する。

3) モデルの基本概念

表 1 は 2 国 2 財モデルにおける産業連関表を、図 1 はこれに対応する生産可能領域等を示したものである。リカードモデルにおける生産可能領域は図 1 の AB、PQRS（労働力の遊休を認めた場合はそれぞれ OAB、OQRS）となるが、輸出入を含む広義の最終需要ベクトル $\mathbf{F}(\equiv \mathbf{F}_D + \Delta \mathbf{E})$ と、生産額ベクトル $\mathbf{X}$ との関係 $\mathbf{F} = [\mathbf{I} - \mathbf{A}]\mathbf{X}$ を用いると“最終需要可能領域”は、それぞれ A'B'、P'Q'R'S'（労働力の遊休を認めた場合はそれぞれ OA'B'、OH'Q'R'S'T'）と特定できる。したがって、世界全体の GDP を最大化する最終需要点、図 1(c)において傾き -45° の直線群が領域 P'Q'R'S' と接する点、すなわち R'点となる。また、この R'点に対応する生産点は R 点である。

さらに、各財の国内最終需要 $\mathbf{F}_{Di}$ ($i=1,2$) は当該国の GDP に線形依存するとの仮定の下では、各国の国内最終需要の成長経路は例えば各図の半直線 OF_D で表わされる。したがって世界全体の GDP を最大化する、特化後の均衡経済は、両国間の輸出入が均衡しつつ（すなわち $\Delta \mathbf{E}'_J + \Delta \mathbf{E}'_A = \mathbf{0}$ を満たしつつ）、いずれかの国の最終需要点(endpoint)に達する生産点に確定する(図 1(a)、(b)および表 1(2)参照)。

生産可能領域に対応する“最終需要可能領域”なる概念を導入したこと、および、各財の国内最終需要額は当該国の GDP に線形依存するとの仮定を設けたこと、の 2 点により、リカードモデルと産業連関表の接合が可能となり、産業連関表データを使いこなす貿易モデルを構築し得た点に当研究の特徴がある。

表 1.産業連関表（仮設値， 10^{10} \$/y

(A) 日本

(1)特化前

	x_{ij}^0	Σ	F_D^0	$\angle E^0$	F^0	X^0
x_{ij}^0	6	2	8	7	0	7
	3	4	7	3	0	3
G^0	6	4	10	*	*	*
X^0	15	10	25	*	*	*
L^0	0.75	0.25	1.00	*	*	*

(10^{11} \$/yr, 10^9 ps)

↓

(2) 特化後

	x'_{ij}	Σ	F_D'	$\angle E'$	F'	X'
x'_{ij}	0.3	7.7	8.0	11.0	-18.2	-7.2
	0.2	15.4	15.5	4.7	18.2	22.9
G'	0.3	15.4	15.7	*	*	*
X'	0.8	38.4	39.2	*	*	*
L'	0.04	0.96	1.00	*	*	*

(B) 米国

(1)特化前

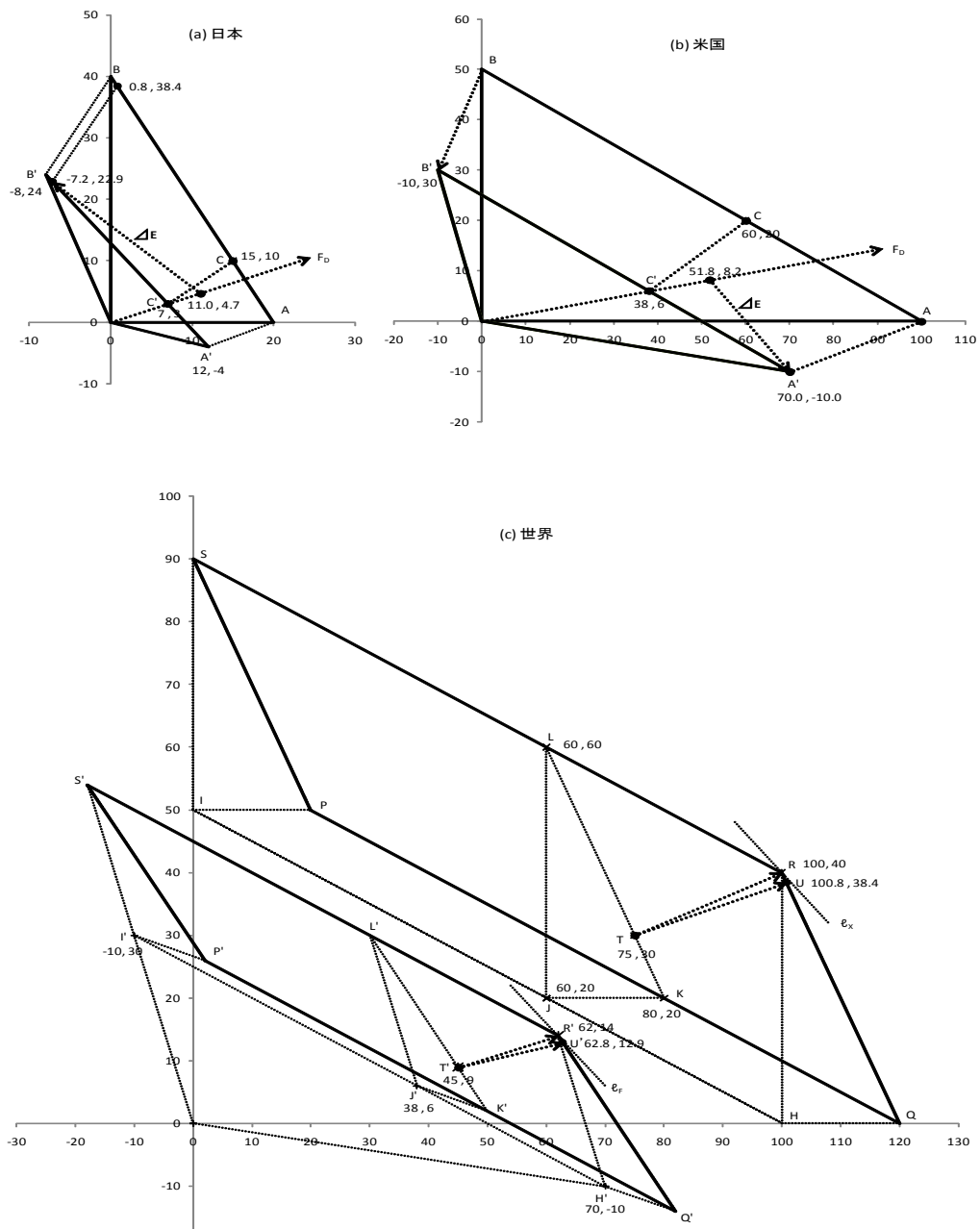
	x_{ij}^0	Σ	F_D^0	$\angle E^0$	F^0	X^0
x_{ij}^0	18	4	22	38	0	38
	6	8	14	6	0	6
G^0	36	8	44	*	*	*
X^0	60	20	80	*	*	*
L^0	1.20	0.80	2.00	*	*	*

(10^{11} \$/yr, 10^9 ps)

↓

(2) 特化後

	x'_{ij}	Σ	F_D'	$\angle E'$	F'	X'
x'_{ij}	30.0	0.0	30.0	51.8	18.2	70.0
	10.0	0.0	10.0	8.2	-18.2	-10.0
G'	60.0	0.0	60.0	*	*	*
X'	100.0	0.0	100.0	*	*	*
L'	2.00	0.00	2.00	*	*	*



横軸：生産額、最終需要額（農業）、縦軸：同（製造業）

図 1. リカードモデルと産業連関表との接合

2. モデルの応用例

1) 日米中3ヶ国全体のGDPの最大化

表2. 日米中3ヶ国全体のGDPを最大化する生産パターン

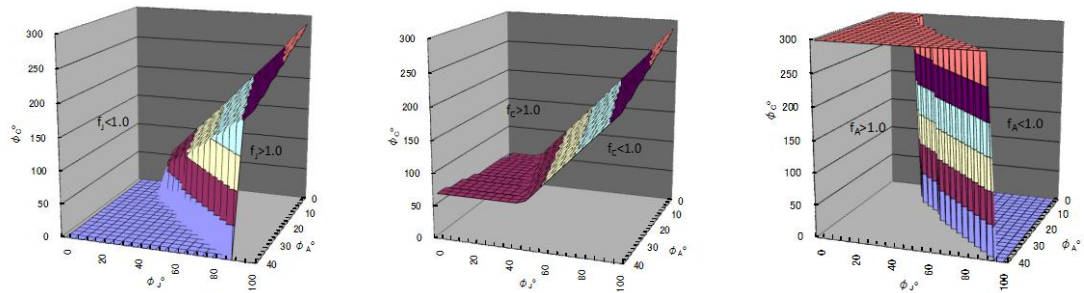
Sectors	X_J^0	X_A^0	X_C^0	X_{W0}	X'_J	X'_A	X'_C	X'_W	X'_J/X_J^0	X'_A/X_A^0	X'_C/X_C^0	X'_W/X_{W0}	ΔG_J	ΔG_A	ΔG_C	ΔG_W	ΔL_J	ΔL_A	ΔL_C
1 Agri. & Fishery	11.5	23.0	30.1	64.6	5.7	34.5	26.9	67.2	0.50	1.50	0.89	1.04	-3.09	3.76	-1.87	-1.20	-2.69	1.09	-49.03
2 Forestry	1.3	2.8	1.1	5.2	1.0	4.2	0.5	5.7	0.74	1.50	0.50	1.10	-0.24	0.70	-0.38	0.07	-0.03	0.08	-0.84
3 Mining	1.3	21.0	9.6	31.9	0.6	28.5	4.8	34.0	0.50	1.36	0.50	1.07	-0.27	4.29	-2.81	1.21	-0.02	0.25	-3.57
4 Food etc.	36.0	55.6	18.0	109.7	21.1	83.4	9.0	113.6	0.59	1.50	0.50	1.04	-5.92	9.68	-2.93	0.83	-0.61	1.07	-4.22
5 Chemical products	24.3	44.3	18.9	87.5	12.7	66.4	9.4	88.6	0.52	1.50	0.50	1.01	-3.82	8.07	-2.52	1.73	-0.25	0.55	-2.75
6 Petroleum etc.	12.0	24.6	9.6	46.2	18.1	25.7	4.8	48.5	1.50	1.04	0.50	1.05	2.84	0.10	-1.22	1.73	0.02	0.01	-0.32
7 Rubber products	2.6	3.5	2.2	8.3	3.9	1.7	3.1	8.8	1.50	0.50	1.39	1.05	0.51	-0.71	0.21	0.01	0.06	-0.12	0.34
8 Metal products	33.7	46.0	19.7	99.3	50.4	23.0	29.5	102.9	1.50	0.50	1.50	1.04	5.83	-8.66	2.27	-0.56	0.70	-1.45	3.89
9 Machinery	82.8	91.8	37.8	212.4	56.0	137.7	20.5	214.3	0.68	1.50	0.54	1.01	-9.83	19.68	-4.47	5.39	-1.14	2.41	-7.32
10 Transport eq.	45.9	78.8	11.7	136.4	68.9	57.9	17.6	144.4	1.50	0.74	1.50	1.06	6.27	-6.75	1.52	1.05	0.84	-1.26	2.74
11 Other manuf.	57.2	109.4	43.8	210.4	28.6	139.2	44.6	212.5	0.50	1.27	1.02	1.01	-11.26	12.67	0.23	1.64	-1.82	2.03	0.82
12 Electricity etc.	21.9	41.6	11.6	75.1	21.8	43.1	11.5	76.4	0.99	1.03	0.99	1.02	-0.06	0.65	-0.04	0.54	0.00	0.04	-0.04
13 Construction	71.7	91.1	26.8	189.6	74.1	92.2	28.3	194.7	1.03	1.01	1.06	1.03	1.09	0.47	0.43	1.99	0.22	0.11	1.13
14 Services	432.2	1051.6	63.5	1547.3	480.9	1001.8	95.2	1577.9	1.11	0.95	1.50	1.02	32.14	-31.44	15.88	16.58	4.66	-4.86	58.58
15 Public adm.	33.6	109.3	6.8	149.7	34.8	110.9	7.0	152.6	1.03	1.01	1.04	1.02	0.82	0.94	0.11	1.88	0.07	0.06	0.60
16 Total of all sectors	868.2	1794.5	311.1	2973.8	878.7	1850.4	312.8	3041.9	1.01	1.03	1.01	1.02	15.02	13.46	4.42	32.90	0.00	0.00	0.00

X_J^0 : Output before specialization (Japan), X'_J : Output after specialization (Japan)
 $\Delta G_J \equiv G'_J - G_J^0$ (G_J^0 : Gross value added before specialization, G'_J : " after specialization; Japan)
 $\Delta L_J \equiv L'_J - L_J^0$ (L_J^0 : Employment before specialization, L'_J : " after specialization; Japan) etc.

表2は、線形計画問題の最適解が示す生産構造に移行することにより、日本、米国、中国、3ヶ国全体のGDPをそれぞれおよそ15、13、4および33(10^{10} \$/y)程度増加させることが可能であること等を示している。

2) 公益的機能の評価に伴う農林業増産率の反転領域の特定

図2、図3は、農林業の公益的機能を内部化経済化し当モデルの目的関数を修正した場合の、農林業の増産率($f_K \equiv X'_K/X_K^0$)の反転領域を、 ϕ_J^0 - ϕ_A^0 - ϕ_C^0 空間内に特定したものである。($\phi_J^0, \phi_A^0, \phi_C^0$: 10^{10} \$/y)

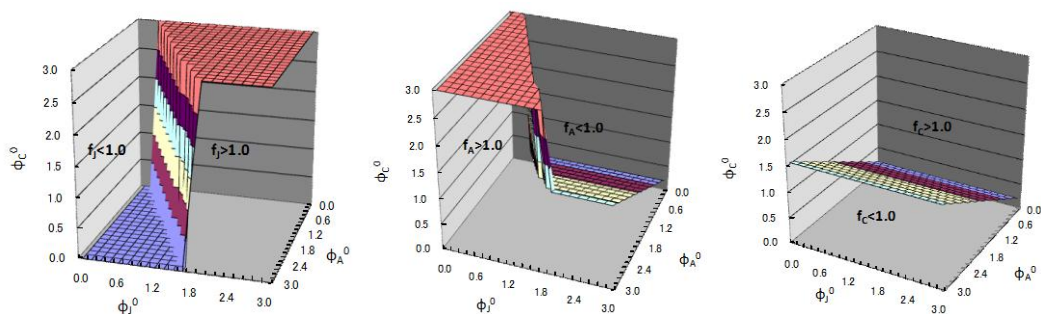


(a)日本

(b)米国

(c)中国

図2. 農林業の増産率の反転領域—3部門分類による結果—



(a)日本

(b)米国

(c)中国

図3. 林業の増産率の反転領域—15部門分類による結果—

3) 原油等の中間投入額の最小化

表 3. 日米中 3 ケ国全体の原油等の中間投入額を最小化する生産パターン

Sect.	X'_{ij}/X'_j	X'_A/X'_A^0	X'_C/X'_C^0	X'_{Wj}/X'_{Wj}^0	ΔG_j	ΔG_A	ΔG_C	ΔG_W	ΔL_j	ΔL_A	ΔL_C	A_{Xj}^0	A_{XA}^0	A_{XC}^0	A_{XW}^0	A'_{Xj}	A'_{XA}	A'_{XC}	A'_{XW}	ΔA_{Xj}	ΔA_{XA}	ΔA_{XC}	ΔA_{XW}
1 Agri. & Fishery	1.03	1.05	0.99	1.02	0.20	0.35	-0.16	0.39	0.17	0.10	-4.32	9.2	19.6	16.0	44.7	5.8	22.2	17.8	45.9	-3.3	2.6	1.9	1.2
2 Forestry	1.50	0.74	1.50	1.09	0.46	-0.36	0.38	0.48	0.05	-0.04	0.84	0.8	2.6	0.8	4.2	0.6	3.2	0.9	4.7	-0.2	0.6	0.1	0.5
3 Mining	0.90	0.50	1.50	0.82	-0.06	-5.97	2.61	-3.22	0.00	-0.34	3.57	8.3	28.4	10.4	47.2	9.9	20.0	11.4	41.3	1.6	-8.4	1.0	-5.8
4 Food etc.	0.50	1.20	1.41	1.00	-7.14	3.79	2.39	-0.95	-0.74	0.42	3.45	12.7	20.3	6.4	39.4	10.9	21.4	7.4	39.7	-1.8	1.1	1.0	0.2
5 Chemical products	1.50	0.92	0.50	0.99	4.01	-1.34	-2.52	0.15	0.27	-0.09	-2.75	20.6	32.5	18.1	71.2	22.2	34.8	13.3	70.3	1.6	2.2	-4.8	-0.9
6 Petroleum etc.	1.50	0.50	1.48	0.96	2.84	-1.18	1.17	2.83	0.02	-0.08	0.30	9.5	17.5	10.2	37.1	10.0	15.7	9.8	35.4	0.5	-1.8	-0.4	-1.7
7 Rubber products	0.50	1.12	1.50	1.02	-0.51	0.17	0.27	-0.08	-0.06	0.03	0.44	2.2	2.9	1.7	6.9	2.4	3.0	1.7	7.1	0.2	0.0	0.0	0.2
8 Metal products	0.50	1.50	0.50	0.96	-5.86	8.66	-2.27	0.53	-0.70	1.45	-3.89	32.3	44.5	19.7	96.5	24.5	54.6	13.8	92.9	-7.8	10.1	-5.9	-3.7
9 Machinery	0.63	1.50	0.50	0.98	-11.36	19.68	-4.90	3.43	-1.32	2.41	-8.01	35.9	52.1	25.2	113.2	27.6	61.4	20.2	109.2	-8.3	9.3	-5.0	-4.0
10 Transport eq.	1.50	0.70	1.50	1.04	6.27	-7.63	1.52	0.16	0.84	-1.42	2.74	23.3	31.4	6.6	61.3	32.7	25.2	8.7	66.6	9.3	-6.2	2.1	5.2
11 Other manuf.	0.50	1.40	0.50	0.97	-11.26	18.73	-6.30	1.17	-1.82	3.00	-22.21	46.7	81.0	30.4	158.1	39.3	89.9	22.5	151.7	-7.5	8.9	-7.9	-6.4
12 Electricity etc.	0.97	1.01	0.85	0.97	-0.36	0.21	-0.69	-0.85	-0.01	0.01	-0.65	15.0	24.5	10.5	50.1	14.3	25.0	8.9	48.2	-0.7	0.5	-1.7	-1.9
13 Construction	1.00	1.00	1.01	1.00	0.03	-0.05	0.07	0.06	0.01	-0.01	0.19	8.3	11.2	1.6	21.2	8.4	11.1	1.9	21.4	0.1	-0.1	0.3	0.2
14 Services	1.08	0.95	1.26	1.00	22.70	-35.07	8.23	-4.14	3.29	-5.42	30.37	174.7	446.8	38.8	660.3	171.1	447.4	37.1	655.6	-3.6	0.6	-1.6	-4.7
15 Public adm.	1.00	1.00	1.00	1.00	0.04	0.01	-0.01	0.04	0.00	0.00	-0.05	0.7	0.0	0.0	0.7	0.7	0.0	0.0	0.7	0.1	0.0	0.0	0.1
16 Total of all sectors	0.98	1.01	0.93	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	400.2	815.5	196.5	1412.2	380.3	834.9	175.5	1390.7	-19.9	19.4	-21.0	-21.5

A_{Xj}^0 : Intermediate input before specialization (Japan), A'_{Xj} : Intermediate input after specialization (Japan), $\Delta A_{Xj} \equiv A'_{Xj} - A_{Xj}^0$, etc.

表 3 は、線形計画問題の最適解が示す生産構造に移行することにより、3 ケ国全体の原油等の中間投入額をおよそ 5.8(10¹⁰\$/y)程度減らすことが可能であること等を示している。

注 1) 使用データ

「アジア国際産業連関表—2000 年— (第 2 巻:データ編)」

注 2) 用語および変数

“特化”：本報告では“当線形計画問題の最適解が示す生産構造への移行”の意味で使用。

“世界市場”：ある国の生産構造の変化の影響を受け、生産額、輸出入額等の経済諸変量に変化する国々より構成される市場。“世界市場外の国”：この変化の影響を全く受けない国。

'を付した ('が付されていない) 変数：特化の過程で値が変化しうる (特化の過程で値が全く変化せず、当初の値が終始一定に保たれる) 変数。⁰を付した変数：'を付した変数の当初(特化前)の値を表す変数。

K : 世界市場内の国々の識別番号 ($K = 1, \dots, m$). i : 産業部門の識別番号 ($i = 1, \dots, n$). X'_K : K 国の産出額ベクトル. A_K : K 国の投入係数行列. F'_{DK} : K 国の国内最終需要ベクトル. D'_K : K 国の国内総需要ベクトル ($D'_K = A_K X'_K + F'_{DK}$). E'_K : K 国の輸出額ベクトル. M'_K : K 国の輸入額ベクトル. $\Delta E'_K (\equiv E'_K - M'_K)$: K 国の輸出超過額ベクトル. $\Delta M'_K (\equiv M'_K - E'_K)$: K 国の輸入超過額ベクトル. E_{KR} : K 国の世界市場外の国々への輸出額ベクトル. M_{KR} : K 国の世界市場外の国々からの輸入額ベクトル. S'_W : 世界市場における各財の供給額ベクトル. D'_W : 世界市場における各財の需要額ベクトル. $G'_K \equiv [G'_{K1}, \dots, G'_{Kn}]$: K 国の粗付加価値額ベクトル. $g_K \equiv [g_{K1}, \dots, g_{Kn}]$ ($g_{Ki} \equiv G_{Ki}^0/X_{Ki}^0$): K 国の粗付加価値係数ベクトル. $L'_K \equiv [L'_{K1}, \dots, L'_{Kn}]$: K 国の雇用ベクトル. $l_K \equiv [l_{K1}, \dots, l_{Kn}]$ ($l_{Ki} \equiv L_{Ki}^0/X_{Ki}^0$): K 国の雇用係数ベクトル. $L_K (\equiv \sum_{i=1}^n L'_{Ki})$: K 国の総労働力 (各国の総労働力は賦存のものであり L_K は一定、と仮定). $G'_K (\equiv \sum_{i=1}^n G'_{Ki})$: K 国の GDP.

$G'_W (\equiv \sum_{K=1}^m G'_K)$: 世界市場内の国々の GDP の合計値. $f_K (\equiv X'_{KF}/X_{KF}^0)$: K 国の農林業の増産率 (F : 農林業の部門番号). $\phi_K^0 (\phi'_K)$: 現在の農林業の生産額を前提とした場合の、特化前(後)の K 国の農林業が供給する公益的機能の貨幣価値換算額 (パラメータ、10¹⁰\$/year)

以 上