

リカードウ・モデルの実証研究

—— B. Balassa 方式による検証 ——

柳 田 義 章

(受付 2003 年 5 月 12 日)

本 稿 の 目 的

拙著『労働生産性の国際比較と商品貿易および海外直接投資——リカードウ貿易理論の実証研究——』¹⁾ (1994年) に収録されている第 7 章「比較生産性と輸出実績」は、日・米・旧西独労働生産性の国際比較数値と輸出実績との間にどのような相関が認められるか、もしくは認められないかというテーマを、B. バラッサ方式に基づいて検証しようとしたものである。

このテーマに取りかかったのは、実は、1970年代の後半であり、その研究の成果を、1980年にはひとまず「比較生産性と輸出実績——B. バラッサ方式による検証——」²⁾ にまとめたという経緯がある。

その後、さらに、「日・米・旧西独比較生産性と相対輸出 (1963–1972)——SAS による回帰分析——」³⁾ (第 1 論文) および「日・米・旧西独労働生産性成長率と輸出増加率 (1963–1967, 1967–1972)——SAS による回帰分析——」⁴⁾ (第 2 論文) を発表する機会を得た⁵⁾。

本論文では、この第 1 論文に接続して、分析対象年度を1977年、1982年、1987年、1992年、1997年の 5 時点に拡大して、バラッサ方式を適用して、リカードウ比較生産費の原理が、今日なお現実的説明力を有するかどうかを検定する。

-
- 1) 拙著『労働生産性の国際比較と商品貿易および海外直接投資——リカードウ貿易理論の実証研究——』文眞堂 1994年
 - 2) 拙稿「比較生産性と輸出実績」(『修道商学』第21巻第 1 号、広島修道大学商経学会、1980年)
 - 3) 拙稿「日・米・旧西独比較生産性と輸出実績 (1963–1967)——SASによる回帰分析——」(『経済科学研究』第 3 巻第 1 号、広島修道大学経済科学会、1999年)
 - 4) 拙稿「日・米・旧西独労働生産性成長率と輸出増加率 (1963–1967, 1967–1972)——SAS による回帰分析——」(『経済科学研究』第 3 巻第 2 号、広島修道大学経済科学会、2000年)
 - 5) 第 1 論文および第 2 論文では、分析対象年度として、1963年、1967年、1972年に取り上げられている。これらの年度は、日・米・旧西独労働生産性の国際比較が行われた年度である。

I. B. バラッサの業績

リカードウ・モデルの実証水準における検証は、すでに、D. マクドゥガル⁶⁾、B. バラッサ⁷⁾等によって、先駆的に取り組まれ、一定の成果をあげていることは周知の通りである。

本稿では、B. バラッサ方式にしたがって論が展開されるので、B. バラッサの業績を要約することから始めたい。

B. バラッサの研究は、D. ページおよび G. ボンバッハの労働生産性算定資料に基づいている。ここで D. ページおよび G. ボンバッハの業績とは、“*A Comparison of National Output and Productivity of the United Kingdom and the United States*”⁸⁾を指す。この書は、1950年のイギリスとアメリカの産業生産の約2分の1を包括する44産業部門について、労働者一人当たりの純産出、即ち労働生産性を算定したものである。その結果は、[表1] THE RELATIONSHIP OF OUTPUT PER WORKER UNIT LABOUR COSTS, AND NET COSTS FOR 44 SELECTED MANUFACTURING INDUSTRIES IN THE UNITED KINGDOM AND THE UNITED STATES IN 1950 に示される。

[表1] THE RELATIONSHIP OF OUTPUT PER WORKER UNIT LABOUR COSTS, AND NET COSTS FOR 44 SELECTED MANUFACTURING INDUSTRIES IN THE UNITED KINGDOM AND THE UNITED STATES IN 1950

	SHARE OF TOTAL VALUE ADDED IN MANUFACTURING U.K. U.S.A.		WAGE RATIO \$ PER £	OUT- PUT PER WORK- ER' U.K. = 100	UNIT LA- BOUR COST \$ PER £	NET COST RATIO \$ PER £
	1	2				
1. Shipbuilding and repairing	27.1	4.4	8.99	111	8.10	8.02
2. Cement	3.5	4.1	7.56	116	6.52	5.72
3. Sugar factories and refineries	3.4	2.3	7.81	148	5.28	4.65
4. Tanneries	7.6	4.0	9.04	168	5.38	3.70
5. Outerwear and underwear	33.5	38.2	10.16	170	5.98	5.35
6. Footwear, except rubber	12.1	10.7	8.05	171	4.71	4.40

6) Sir. MacDougall, “British and American Exports; A Study Suggested by the Theory of Comparative Costs”, Part 1. Economic Journal Dec.1961. p. 697.

7) Bela. Balassa, “An Empirical Demonstration of Classical Comparative Costs Theory”, The Review of Economics and Statistics, Aug. 1963. p. 231.

8) Deborah Paige and Gottfried Bombach, “A Comparison of National Output and Productivity of the United Kingdom and the United States”, O.E.E.C. Paris. 1959.

7. Grain mill products	6.3	6.3	8.78	183	4.80	6.25
8. Woollen and worsted	32.0	8.1	10.17	185	5.50	3.35
9. Knitting mills	13.9	11.6	9.14	187	4.89	3.59
10. Tools and implements	4.6	3.2	10.41	190	5.48	5.70
11. Cutlery	2.4	1.4	9.47	193	4.91	4.17
12. Structural clay products	9.9	4.6	8.04	197	4.08	4.98
13. Iron and steel foundries	25.3	19.8	9.28	202	4.59	3.98
14. Ball and roller bearings	3.7	3.1	9.89	208	4.75	4.46
15. Metal-working machinery	13.4	14.3	11.08	221	5.01	4.59
16. Rayon, nylon, and silk	14.2	11.9	9.58	226	4.24	3.54
17. Canning and preserving of fruits and vegetables	6.1	10.8	8.94	235	3.80	4.08
18. Generators, motors, and transformers	12.1	12.5	9.98	239	4.18	4.66
19. Tyres and tubes	4.4	7.7	10.14	241	4.21	4.38
20. Wirework	3.7	7.4	10.42	244	4.27	4.09
21. Soap, candles, and glycerine	5.2	7.1	11.01	249	4.42	5.81
22. Cotton spinning and weaving	34.6	19.5	9.28	249	3.73	2.80
23. Rubber products, except tyres and foot-wear	7.3	9.1	10.13	250	4.05	3.93
24. Tobacco manufactures	13.5	9.2	7.16	251	2.85	2.65
25. Linoleum and leathercloth	2.2	1.9	9.09	256	3.55	3.77
26. Bolts, nuts, rivets, screws	5.8	6.9	12.23	256	4.78	5.23
27. Steel works and rolling mills	41.6	39.3	8.79	269	3.27	3.38
28. Glass containers	3.0	3.1	9.04	274	3.30	4.16
29. Breweries and manufacturing of malt	18.9	10.9	11.18	300	3.73	3.77
30. Pulp, paper and board	12.8	21.2	10.21	338	3.02	2.97
31. Wire drawing	3.9	3.0	9.58	339	2.83	3.11
32. Electronic tubes	0.7	3.5	10.94	355	3.08	4.85
33. Electric light bulbs	1.2	2.2	10.98	356	3.08	3.87
34. Paint and varnish	7.5	7.1	9.80	363	2.70	2.55
35. Basic industrial chemicals	32.7	30.7	9.47	372	2.55	3.22
36. Matches	0.6	0.4	10.56	376	2.81	2.46
37. Radio	10.4	12.8	9.48	400	2.37	2.91
38. Blast furnaces	4.5	5.0	8.28	408	2.03	3.70
39. Storage batteries	1.7	1.4	9.13	411	2.22	2.10
40. Electrical household equipment	4.2	6.1	11.06	412	2.68	3.59
41. Containers, Paper and card	8.9	11.5	11.46	428	2.68	2.29
42. Agricultural machinery, except tractors	3.8	5.5	9.58	429	2.23	2.24
43. Automobiles, trucks, and tractors	43.6	76.1	9.42	466	2.02	2.47
44. Metal cans	2.2	3.9	13.36	561	2.38	3.10
Selected manufacturing industries	510.0	483.9	9.53	267	3.57	3.58
Other industries	490.0	516.1
Total manufacturing before adjustment for fuel inputs ..	1,000.0	1,000.0	9.55	268	3.56	3.65

1. Geometric mean of U.K. weighted and U.S. weighted data.

(D. paige and G. Bombach, "A comparison of National Output and Productivity of the United Kingdom and the United States", O.E.E.C., Paris, 1959, から転載。)

B. バラッサは、D. ページおよび G. ボンバッハのこの算定結果に貿易統計数値を接続して、比較労働生産性と輸出実績との間に、どのような関係が認められるかを検証しようとしたものである。

以下、その手順と結果について要約する。

まず、B. バラッサは、D. ページおよび G. ボンバッハによる労働生産性算定対象44産業中、貿易統計数値をとりうる28産業をとりあげる。そうしたうえで両国の産業の比較生産性（相対的労働生産性）数値と輸出実績との関係を検討しようとするわけであるが、その場合、後者の数値をとるにさいしては、理論的には、輸出金額よりもむしろ輸出数量を採用すべきところではあるが、商品グループの異質性の故に、輸出数量を取りえない品目に直面して、彼は、「われわれのサンプルに含まれる量的比較の信頼できない性格のゆえに、本研究では、輸出金額を採用した。こうして、第三市場における輸出シェアに関する生産性の相異性の影響を研究することを意図するものである。」⁹⁾と研究の意図を述べている。

こうした意図と手順にしたがって、B. バラッサは、[表 2] AMERICAN AND BRITISH PRODUCTIVITY, WAGE, UNIT COSTS, AND EXPORTSを作成した。なお、比較労働生産性数値に対応する輸出金額の年次はタイム・ラグを考慮して、年次を1年ずらして、1951年の数値を採用している。

[表 2] AMERICAN AND BRITISH PRODUCTIVITY, WAGES, UNIT COSTS, AND EXPORTS

	Export Value U.K. = 100	Output per Worker U.K.=100	Wage Ratio \$ per £ U.K. = 100	Unit Labor Cost \$ per £ U.K. = 100	Net Unit Cost Ratio \$ Per £ U.K.=100
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1. Woolen and worsted	2.7	185	1017	550	335
2. Shipbuilding and repairing	20.9	111	899	810	802
3. Cement	31.4	116	756	652	572
4. Structural clay products	40.9	197	804	408	498
5. Tanneries	48.9	168	904	538	370
6. Footwear, except rubber	66.5	171	805	471	440
7. Cotton spinning and weaving	68.4	249	928	373	280
8. Tools and implements	77.3	190	1041	548	570
9. Tires and tubes	84.9	241	1014	421	438
10. Knitting mills	86.3	187	914	489	359
11. Rayon, nylon and silk	87.8	226	958	424	354
12. Iron and steel foundries	92.6	202	928	459	398
13. Bolts, nuts, rivets, screws	94.7	256	1223	478	523
14. Wirework	103.4	244	1042	427	409
15. Outerwear and underwear	110.9	170	1016	598	535

9) B. Balassa, *ibid.* p. 232.

16. Soap, candles, and glycerine	114.8	249	1101	442	581
17. Generators, motors, transformers	117.6	239	998	418	466
18. Rubber products, except tires and footwear	136.3	250	1013	405	393
19. Blast furnaces	186.9	408	828	203	370
20. Radio	191.4	400	948	237	291
21. Steel works and rolling mills	196.6	269	879	327	338
22. Automobiles, trucks, and tractors	205.7	466	942	202	247
23. Basic industrial chemicals	213.2	372	947	255	322
24. Pulp, paper, and board	233.9	338	1021	302	297
25. Metal-working machinery	277.5	221	1108	501	459
26. Containers, paper and card	290.4	428	1146	268	229
27. Agricultural machinery, except tractors	291.8	429	958	223	224
28. Paint and varnish	320.1	363	980	270	255

Note

Column 1 :

Great Britain, Customs and Excise Department, *Annual Statement of the Trade of the United Kingdom*, 1954,

Compared with the I'zars 1951-1953, III (London: Her Majesty's Stationery Office, 1956).

United Nations, Statistical Office, *Commodity Trade Statistics, January-December 1951* (New York, 1952).

United Nations, Statistical Office, *Yearbook of International Trade Statistics*, 1952 (New York, 1953).

United States, Bureau of the Census, Report No. FT410, *United States Exports of Domestic and Foreign Merchandise, Calendar Year 1951*, Parts I and II (Washington, 1952).

Columns 2, 3, 4, and 5 :

Paige, Deborah, and Gottfried Bombach, *A Comparison of National output and productivity of the United Kingdom and the United States* (Paris, OEEC, 1959).

(Bela Balassa, "An Empirical Demonstration of Classical Comparative Costs Theory", *The Review of Economics and Statistics*, Aug, 1963から転載。)

次に、B. バラッサは、この〔表 2〕の(1)欄と(2)欄の数値に基づいて、イギリスとアメリカの生産性比率 (productivity ratio) と輸出比率 (export ratio) との 2 変数 (two variables) の回帰式を求めたところ、以下ようになった。

$$\frac{E_I}{E_{II}} = -53.32 + .721 \frac{P_I}{P_{II}} \quad \dots\dots\dots(1)$$

(.103)

回帰式は 1 % 水準で有意で決定係数 (the coefficient of determination) は 0.638 であった。

次に 2 変数 (two variables) の相関係数 (correlation coefficient) を求めたところ、0.8 で、さらに 2 変数 (two variables) の順位相関係数 (spearman rank correlation coefficient) は、0.81 であった。

B. バラッサは、この諸結果の信頼性を、Fisher の z 変換 (Fisher's z-transformation) を用いて、検定したところ、5 % 水準で有意であった。

この回帰式を示すと [図- 1] U.K./U.S.EXPORT AND PRODUCTIVITY RATIO 1950 AND 1951 (NORMAL SCALE) のようになる。

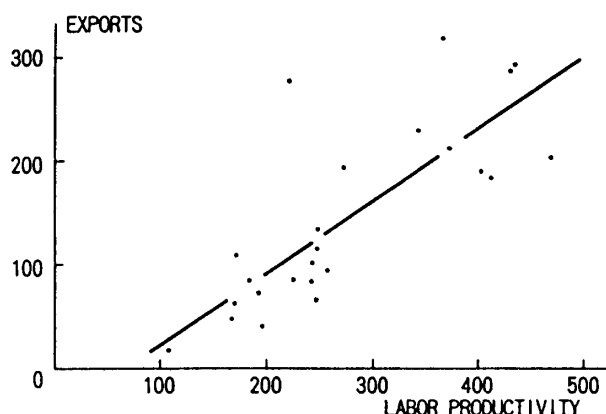


図 1 U.S./U.K. EXPORT AND PRODUCTIVITY RATIOS
1950 AND 1951 (NORMAL SCALE)

出典：[表 2] に同じ。

B. バラッサは、この図の分散を見て、観測値が増加するにつれて回帰式からの偏差値が増加することから、対数で表したほうが適切であろうことを示唆している、とする。もし、そうならば、生産性比率 (productivity ratio) の 1 % の増加が輸出比率 (export ratio) の何 % の変化と関わるかで見ただほうが良いとする。

そうすると、回帰式は以下のように示される。

$$\text{Log} \frac{E_I}{E_{II}} = -1.761 + 1.594 \log \frac{P_I}{P_{II}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

(0.181)

B. バラッサは、この回帰式から、生産性比率 (productivity ratio) の 1 % 変化は、2 国間の輸出額比率 (ratio of export values) のほぼ 1.6 % を導く、と述べる。

そして、2 変数 (two variables) の相関係数 (correlation coefficient) は、0.86 で、5 % の信頼性の水準で、0.73-0.94 の信頼性の範囲内にある、とする。さらに決定係数 (the coefficient of determination) は 0.74 で、すなわち、これは輸出比率 (export ratio) の変数の 74 % が相対的生産性較差 (relative productivity differences) によって説明され得る、と述べる。

この B. バラッサの一連の検証は、リカードウ・モデルの実証研究の分野では、D. マクドゥガルと並んで画期的であったといえよう。

筆者は、この B. バラッサの業績に学びつつ、また導かれながら、問題意識を共有しつつ、次節で、これを日米間の 1977 年、1982 年、1987 年、1992 年、1997 年の 5 時点に分析対象年度を拡大して、バラッサ方式を適用して、さらに展開を図りたいと思う。

II. 日・米比較生産性と相対輸出

バラッサ方式を適用して、日米間の各年度の各品目の比較生産性（相対的労働生産性）とそれに対応する相対輸出額のデータを得るには、次のような手順をとる。

- ① 既に算定されている日米労働生産性の国際比較で提示されている各年度・各品目の比較生産性の数値をデータとする¹⁰⁾。
- ② ①に提示されている品目を“*World Trade Annual*”¹¹⁾に求める。その際、その品目の定義が同じであることが条件である。このためには、労働生産性算定対象品目である日本・アメリカの各品目のコード（code）と“*World Trade Annual*”の品目コード（code）との照合を必要とする。
- ③ “*World Trade Annual*”で品目を確定した後、日米それぞれの各品目の輸出金額をとり、日本を基準としたアメリカの輸出のシェアを算定する¹²⁾。

以上が、データ作成の手順の基本であるが¹³⁾、実際の作業は、困難をきわめた。それは、主として②のコード照合の作業に関わる事項である。日本の『工業統計表』¹⁴⁾による品目は、1)『日本標準産業分類』に基づく工業統計調査用商品分類に拠り、アメリカの“*Census of Manufactures*”¹⁵⁾は2)“*Standard Industrial Classification (SIC) Manual*”（1987 for the sale by Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, Washington.）に拠り、さらに“*World Trade Annual*”は、3)『国際標準貿易分類』“*Standard International Trade Classification (SITC)*”に拠るものであり、3者の分類基準と方法がそれぞれ異なっている。このうち、1)と2)は、労働生産性の国際比較の作業の際に照合済みであるが、1)2)と3)とのコード照合をする作業が残っている。その際、1)2)と3)との「コード照合対照表」

10) 厳密には、1997年の日米労働生産性の国際比較数値は、拙著『労働生産性の国際比較研究——リカードウ貿易理論と関連して——』文眞堂、2002年で、他の年度については、拙稿「日米労働生産性の国際比較と均衡為替レート」（『修道商学』第37巻第2号 広島修道大学商経学会、1997年）で公表している。

11) “*World Trade Annual*” prepared by the Statistical Office of the United Nations, 1977年、1982年、1987年、1992年、1997年版。データを採る際に、B. バラッサに倣って、1年のタイム・ラグを採る方法もあったが、ここでは、年次を揃えている。結果に、大きな相違はないと思われる。

12) たとえば、日本のバター、チーズ、練乳・粉乳のように、世界市場向け輸出がゼロの場合は、日米相対輸出額はアメリカの $+\infty$ となるが、そうした品目については、採用を見合わせた。

13) 日米相対輸出額の数値を、もし、“*World Trade Annual*”で採れなければ、別の貿易統計資料、たとえば、“*U.S. Commodity Exports and Imports as Related Output*” U.S. Department Commerce や、大蔵省篇『日本貿易月表』日本関税協会発行、から採ることも出来ようが、異なる資料は、それだけ誤差の入る余地が大きいと判断し、データ数の限定を承知の上で敢えて採用しなかった。

14) 通商産業大臣官房調査統計部編『工業統計表』（品目編・産業編）各年版

15) “*Census of Manufactures*” U.S. Department of Commerce 各年版

なるものが存在することが望ましいのであるが、現実には存在しないのである。したがって、作業を継続するためには、1) 2) の品目を3) の統計データ表にひとつひとつ探し求めていくという作業を必要とした。結果として、膨大な品目データ照合であったので、1) 2) の品目の定義と同質の品目すべてを、3) に見出すことはできなかった。したがって、現実には1) 2) の品目を3) の統計データ表に求めていった結果、最大限照合が可能であった品目のみが、相対輸出額として取り上げられている。

1. <1977年> 日・米比較生産性と相対輸出

A. 1977年のデータ

上述のようなコード照合の作業を経て、1977年の日・米比較生産性と相対輸出額のデータは、[表3] <1977年> 日米生産性算定対象品目コードと“World Trade Annual”品目コード照合表のようになる。

[表3] <1977年> 日・米生産性算定対象品目コードと“World Trade Annual”品目コード照合表

1977年データ						
	SITC	Product Title	JAPAN code	U.S.. code	相対輸出金額	比較生産性
1 練乳・粉乳	22.1	milk	181211	2023		
2 バター	23	Butter	181211	2021		
3 チーズ	24	cheese and curd	181213	2022		
4 澱粉	599.5	starch, inulin, gluten	192311	2046(035.45)	364	275
5 小麦粉	46.01	wheat etc meal or flow	1853	20411	4443	158
6 精糖	61.2	refine sugar etc	186,112,186,211	2062(-075)	617	211
7 果実酒	112.1	wine of fresh grapes etc	188211	2084(012-31)	988	481
8 ビール	112.3	beer ale stout	188311	2082(-49)	518	184
9 合成ゴム	231.2	rubber synthetic, reclaind	263811	2822	141	171
10 磷酸質・配合肥料	561	fertilizer, manufactured	261122-25,26122	2874 2875	345	110
11 大豆油	421.2	Soya bean oil	191117	2075	50932	352
12 脂肪酸	432	procesd animl. Veg oil etc.	265111-13	28992	917	113
13 自動車ガソリン	332.1	petroleum products, refin.	341311	35191	519	184
14 ゼラチン・接着剤	499.55	gelatin and derivarats, etc	2696	38913,4 28994	1075	144
15 無機顔料	533.31	prepared pigment, glaze etc	2623	2816(-327), 2895	121	171
16 家庭用石鹸	554.1	soaps	265211, 12	28413	1229	161
17 乗用車用タイヤ	629.1	rubber tyres, tubes etc.	281113	30111	421	77
18 洋紙	641.1	printing writing paper nes	24211-17	2621	151	116
19 板紙	641.3	kraft paper, paperboard	2422	2631	99	120
20 毛紡糸	651.2	wool, hair yarn . Incl tops	2023	2283(100)	2	75
21 綿紡糸	651.3	cotton, carded or combed	202111	2281(110,210)	25	82
22 綿織物	652.2	cotton fabrics, woven	20411-19, 29	22111-6	133	76
23 毛織物	653.2	woven wool, hair nonpil	204311-19, 21-29	2231200	8	136
24 鉄鋼	67	iron			16	79
25 鍛鋼	678.1	cast iron, tubes, pipes	3161	3462	142	118
26 銅・合金鋳物	682.13	master alloy of copper	324111, 12	3362	2963	76
27 銅圧延	682.22	copper plate, sheet, strip	3231	3351	22	151

28 銅地金	682.21	copper, unwrt	321111,12,13	3331	36	112
29 絨毯	657	tufted	209611,12	22731, 22732	258	59
30 石灰	661.1	lime, quick alkd	309711,12	3274	97	117
31 セメント	661.2	cement	3021	3241	11	51
32 板ガラス	664	glass	301111	3211	272	22
33 アルミ圧延	684.22	aluminium plate, sheet, strip	3233	335,333,543,355	302	216
34 自動車	732.1	pass motor veh exc buses			45	108
35 歯切・歯車	736.12	gear-cutting machines	344117	35413		
36 旋盤	736.13	lathes, metalworking	344111	34415	74	44
37 セン断機	736.14	drilling	344216	2542111-97		
38 洗濯機	725.02	domestic washing machine	325134	3633131,36,39	147	64
39 冷蔵庫	725.01	dom. Refrigerator, freezes	352135	36321	203	97
40 掃除機	775.71	dom. Elec vac cleaner etc	352136	3635		
41 扇風機	775.72	dom. elec. Room fans etc.	352131	3634		
42 蓄電池	729.1	electric accumulators	359111	36911	113	53
43 ボルト・ナット・リベット	694.2	iron steel nuts, bolts etc	337111,12	3452	42	72
44 合成繊維糸	651.6	SYN yarn. Monofil.	2643	2824	59	156
45 建設金物	691.1	structure parts steel	334111,12,13	3441	64	81
46 テレビ	724.1	television receives	354312,13	36512	14	19
47 ラジオ	724.2	radio broadcast receives	344311	3651111-16	2	36

B. 回帰分析

a) A に提示されたデータに基づいて、比較生産性を独立変数、相対輸出額を従属変数とし、SAS (Statistical Analysis System)¹⁶⁾ により回帰分析を行う。

出力の結果は以下の通りである。

Dependent Variable: X

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob > F
Model	1	456863564.06	456863564.06	8.441	0.0061
Error	38	2056634407.4	54121958.091		
C Total	39	2513497971.5			
Root MSE		7356.76275	R-square	0.1818	
Dep Mean		1698.25000	Adj R-sq	0.1602	
C.V.		433.19669			

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter = 0	Prob > T
INTERCEP	1	-3247.751680	2061.8025371	-1.575	0.1235

16) SAS (Statistical Analysis System) は、アメリカ SAS Institute 製の統計ソフトである。本稿では、広島修道大学情報センターにリースされている SAS を使用した。

Y	1	38.580356	13.27882731	2.905	0.0061
Durbin-Watson D			1.911		
(For Number of Obs.)		40			
1st Order Autocorrelation		0.032			

上の出力結果から、主要な情報を取りあげると以下のようなになる。

$$Y = -3247.7 + 38.5X \quad (\text{data } 40)$$

(2.9) **

R^2 0.1818 r 0.426**

Adj R^2 0.1602

F Value 8.44** DW 1.91

1st Order Autocorrelation 0.032

(**は、1%水準で有意)

1977年の日米比較生産性（相対的労働生産性）と相対輸出金額は、[データ A] に基づく回帰分析によれば、比較生産性を独立変数、相対輸出金額を従属変数とする回帰式において、1%水準で有意である。つまり、比較生産性が原因で、相対輸出金額を結果として生じさせるという関係が統計学的に主張できるということである。ただし、決定係数18.18%（自由度調整済み決定係数（adj R^2 ）16%）と低く、全体の説明力が弱いところに難点がある。

b) 変数変換

決定係数を改善させるために、[表 3] <1977年>日米生産性算定対象品目コードと“World Trade Annual”品目コード照合表の相対輸出金額、比較生産性の項目のデータを自然対数に変換し、回帰分析を行う。結果は以下の通りである。

Dependent Variable: X

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob > F
Model	1	38.96556	38.96556	12.339	0.0012
Error	37	116.84413	3.15795		
C Total		38	155.80968		
Root MSE		1.77706	R-square	0.2501	
Dep Mean		4.95133	Adj R-sq	0.2298	
C.V.		35.89058			

Parameter Estimates

Parameter Standard T for H0:

Variable	DF	Estimate	Error	Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	-2.189924	2.05281541	-1.067	0.2930
Y	1	1.544158	0.43959623	3.513	0.0012
Durbin-Watson D			1.717		
(For Number of Obs.)			39		
1st Order Autocorrelation			0.079		

この出力結果の決定係数（R-square 0.2501, Adj R-sq 0.2298）によれば、a) のデータによる出力結果の決定係数（R-square 0.1818, Adj R-sq 0.1602）よりも、R-square 6.83ポイント、Adj R-sq 6.96ポイント上昇している。しかし、それでも決定係数、すなわち説明力は弱い。

c) ダミー変数による重回帰式

そこで、ダミー変数による重回帰式を以下のように設定する。[対数変換：データ1] により、X：比較生産性、c2：産業別グループ、Y：相対輸出額、とし、Y：相対輸出額を目的変数とする回帰式を求める¹⁷⁾。

[対数変換：データ1]

3	x	c	y
40	x1	c2	Y
澱粉	5.617	1	5.897
小麦粉	5.063	1	8.399
精糖	5.352	1	6.425
果実酒	6.176	1	6.896
ビール	5.215	1	6.25
合成ゴム	5.142	2	4.949
磷酸質肥料	4.7	2	5.844
大豆油	5.864	1	10.838
脂肪酸	4.727	2	6.821
自動車ガソリン	5.215	2	6.252
ゼラチン・接着剤	4.97	2	6.98
無機顔料	5.142	2	4.796
家庭用石鹼	5.081	2	7.114
乗用車用タイヤ	4.344	2	6.043
洋紙	4.754	3	5.017
板紙	4.787	3	4.595
毛紡糸	4.317	3	0.693
綿紡糸	4.407	3	3.219
綿織物	4.331	3	4.89
毛織物	4.913	3	2.079
鉄鋼	4.369	4	2.773
鍛鋼	4.771	4	4.956
銅・合金铸件	4.331	4	7.994

17) 統計分析ソフトは、『エクセルによる多変量解析実務講座』（財団法人 実務教育研究所）を使用した。優れた統計分析ソフトである。

銅圧延	5.017	4	3.091
銅地金	4.718	4	3.584
絨毯	4.078	3	5.553
石灰	4.762	3	4.575
セメント	3.932	3	2.398
板ガラス	3.091	3	5.919
アルミ圧延	5.375	4	5.71
自動車	4.682	5	3.807
旋盤	3.784	5	4.304
洗濯機	4.159	5	4.99
冷蔵庫	4.575	5	5.313
蓄電池	3.97	5	4.727
ボルト・ナット・リベット	4.277	5	3.738
合成繊維糸	5.05	2	4.078
建設金物	4.394	5	4.159
テレビ	2.944	5	2.64
ラジオ	3.584	5	0.693

(X=比較生産性, Y=相対輸出額の数値は自然対数)

[対数変換：データ 1] の出力結果

追加	平方和	R^2	R^{*2}	R^{**2}	df	sige
c2	88.245	0.437	0.354	0.275	34	1.611

		平方和	D (S)	F	b	sig (b)	tol.
0	cons.	98.517	10.272	3.958	6.681	3.358	
1	x1	88.387	0.142	0.055	0.139	0.594	0.426
2	c2	117.161	28.916	2.785	-1.490	-3.389	-2.657 -3.423

ダミー変数による重回帰式

$$\hat{Y} = 6.681 + 0.139X_1 - 1.490C_{2.2} - 3.389C_{2.3} - 2.657C_{2.4} - 3.423C_{2.5}$$

$$\hat{Y} = 6.681 + 0.139X_1 + \begin{pmatrix} 0.000 & C_2 = 1 \\ -1.490 & C_2 = 2 \\ -3.389 & C_2 = 3 \\ -2.657 & C_2 = 4 \\ -3.427 & C_2 = 5 \end{pmatrix}$$

$$\hat{Y} = \begin{pmatrix} 6.681 & C_2 = 1 \\ 5.191 & C_2 = 2 \\ 3.292 & C_2 = 3 \\ 4.024 & C_2 = 4 \\ 3.258 & C_2 = 5 \end{pmatrix} + 0.139X_1$$

決定係数

R^2 (決定係数) 0.437 R^{2*} (自由度調整済み決定係数) 0.354

以上のように、ダミー変数による重回帰式によれば、決定係数は、

R^2 0.437 R^{2*} 0.354

とかなり上昇した。

C. 順位相関分析

A に提示された1977年のデータに基づいて、比較生産性と相対輸出額の順位相関を検定する。

出力の結果は以下のとおりである。

2 'VAR' Variables: X Y						
Simple Statistics						
Variable	N	Mean	Std Dev	Median	Minimum	Maximum
X	40	1698.250000	8027.992647	141.500000	2.000000	50932
Y	40	128.200000	88.714523	112.500000	19.000000	481.000000
Spearman Correlation Coefficients / Prob > R under Ho: Rho = 0 / N = 40						
		X	Y			
	X	1.00000	0.50544			
		0.0	0.0009			
	Y	0.50544	1.00000			
		0.0009	0.0			
Kendall Tau b Correlation Coefficients / Prob > R under Ho: Rho = 0 / N = 40						
		X	Y			
	X	1.00000	0.34704			
		0.0	0.0017			
	Y	0.34704	1.00000			
		0.0017	0.0			

上の出力から、主要な情報を取りあげると以下のようなになる。

Data 40	
Spearman Correlation Coefficient	0.506**
Kendall Tau b Correlation Coefficient	0.346**
(** は、1%水準で有意)	

D. 判定

① 1977年の日米比較生産性（相対的労働生産性）と相対輸出金額は、[データ A] に基づく回帰分析によれば、比較生産性を独立変数、相対輸出金額を従属変数とする回帰式におい

て、1%水準で有意である。つまり、比較生産性が原因で、相対輸出金額を結果として生じさせるという関係が統計学的に主張できるということである。ただし、決定係数18.18%（自由度調整済み決定係数（adj R^2 ）16%）と低く、全体の説明力が弱いところに難点があった。

② そこで、変数を自然対数に変換させて検定を行った結果、R-square 0.2501, Adj R-sq 0.2298 と、R-square は、6.83ポイント、Adj R-sq は6.98ポイントと僅かに上昇した。

③ しかし、依然として決定係数は十分ではないので、ダミー変数による重回帰式で検定したところ決定係数は、 R^2 は 18.69ポイント上昇して43.7% R^{2*} は12.42ポイント上昇して35.4%とかなり改善されたものと思われる。

④ 順位相関係数は、Spearman, Kendall 共に 1%水準で有意であり、日米両国で相互に比較優位にある品目がそれぞれ高い輸出のシェアを獲得していることを示している。

以上の①②③④から、回帰式は有意であり、決定係数も改善した結果、1977年については、B. バラッサの分析結果と同一であり、それを支持するものといえるであろう。

2. <1982年> 日・米比較生産性と相対輸出

A. 1982年のデータ

1982年の日・米比較生産性と相対輸出額のデータは〔表4〕のようになる。

〔表4〕 <1982年> 日・米比較生産性と相対輸出額

1982年データ						
	SITC code		JAPAN code	U.S.. code	相対輸出金額	比較生産性
練乳・粉乳	22.4	milk	181211	2023	10277	377
チーズ	24	cheese and curd	181213	2022	44886	216
澱粉	592	starch, inulin, gluten	192311	2046(035,45)	2183	233
小麦粉	46	wheat etc meal or flow	1,853	20411	627	220
精糖	61	refine sugar etc	188211	2062(-075)	2183	233
果実酒	112.1	wine of fresh grapes etc	188,211	2084(012-31)	17571	219
ビール	112.3	beer ale stout	188311	2082(-49)	458	166
合成ゴム	233.1	rubber synthetic, reclaind	263,811	2822	198	92
磷酸窒素・配合肥料	562	fertilizer, manufactured	261122-25,261211	2874 2875	760	110
大豆油	423.2	Soya bean oil	191117	2075	25016	273
脂肪酸	431	procesd animl. Veg oil etc.	265111-13	28992	666	100
自動車ガソリン	314.1	petroleum products, refin.	341311	35191	18768	132
灯油	334.2	kerosene, oth medium oils	271116	29113	4521	86
ゼラチン・接着剤	592.23	gelatin and derivarats, etc	2696	38913,4 28994	380	125
無機顔料	533.51	prepared pigment, glaze etc	2623	2816(-327), 2895	78	133
家庭用石鹸	554.1	soaps	265211, 12	28413	773	87
乗用車用タイヤ	625.1	rubber tyres, tubes etc.	281113	30111	62	49
トラック・バス用タイヤ	625.2	tyres new. bus or lorry	281111	30112	7	113
トラック・バス用チュウブ	625.91	inner tubes	281116	3011B	117	108
洋紙	641.2	printing writing paper nes	242111-17	2621	68	110
板紙	641.3	kraft paper, paperboard	2422	2631	1345	128

リカードウ・モデルの実証研究

毛紡糸	651.2	wool, hair yarn . Incl tops	2023	2283(100)	14	85
綿紡糸	651.3	cotton, carded or combed	202111	2281(110,210)	124	59
綿織物	652	cotton fabrics, woven	204111-19, 29	22111-6	45	89
毛織物	654.2	woven wool, hair nonpil	204311-19, 21-29	2231200	12	133
鉄鋼	67	iron			14	63
鍛鋼	678.1	cast iron, tubes, pipes	3161	3462	41	58
銅圧延	782.13	copper plate, sheet, strip	3231	3351	49	117
絨毯	659.4	tufted	209611,12	2271, 2272	15	105
石灰	661.1	lime, quick alkd	309711,12	3274	157	78
セメント	661.2	cement	3021	3241	10	47
板ガラス	665.2	glass	301111	3211	229	38
アルミ圧延	684.22	aluminium plate, sheet, strip	3233	335,333,543,355	142	163
オーバーコート	842.1	overcoats	211113	23112	846	66
背広服	842.2	suits	211111	23111	30	71
電球	778.2	electric damp, bubbles	353111	364108-18	109	85
自動車	781	pass motor veh exc buses			16	77
歯切・歯車	736.12	gear-cutting machines	344117	35413	479	25
旋盤	736.13	lathes, metalworking	344111	34415	22	18
せん断機	736.15	drilling	344216	2542111-97	26	65
洗濯機	775.11	domestic washing machine	325134	3633131,36,39	33	55
冷蔵庫	775.2	dom. Refrigerator, freezers	352135	36321	98	124
掃除機	775.71	dom. Elec vac cleaner etc	352136	3635	69	59
蓄電池	778.12	electric accumulators	359111	36911	62	19
合成繊維糸	651.4	SYN yarn. Monofil.	2643	2824	106	95
ドレス	843.3	dresses	211211	23335	1124	152
建設金物	691.1	structure parts steel	334111,12,13	3441	51	54
テレビ	761	television receives	354312,13	36512	14	37
ラジオ	762	radio broadcast receives	354311	3651111-16	4	24

B. 回帰分析

A のデータに基づいて、比較生産性を独立変数、相対輸出額を従属変数とし、同じく SAS (Statistical Analysis System) により回帰分析を行う。

出力の結果は以下の通りである。

Dependent Variable: X

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	763342730.31	763342730.31	15.503	0.0003
Error	47	2314248198.1	49239323.364		
C Total	48	3077590928.4			
Root MSE		7017.07370	R-square	0.2480	
Dep Mean		2716.30612	Adj R-sq	0.2320	
C.V.		258.33148			

Parameter Estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	-3250.682780	1817.0242801	-1.789	0.0801
Y	1	54.104822	13.74143921	3.937	0.0003
Durbin-Watson D			2.486		
(For Number of Obs.)			49		
1st Order Autocorrelation			-0.254		

上の出力から、主要な情報をとりあげると以下のようなになる。

Y = -32507 + 54.1X (data 49)
 (3.93) **
 R^2 0.248 r 0.498**
 Adj R^2 0.232
 F Value 15.5** DW 2.486
 1st Order Autocorrelation -0.254
 (**は、1 %水準で有意)

1982年の日米比較生産性（相対的労働生産性）と相対輸出金額は、データ A に基づく回帰分析によれば、比較生産性を独立変数、相対輸出金額を従属変数とする回帰式において、1 %水準で有意である。つまり、比較生産性が原因で、相対輸出金額を結果として生じさせるという関係が統計学的に主張できるということである。ただし、決定係数24.8%（自由度調整済み決定係数（adj）23.2%）と低く、全体の説明力が弱いところに難点がある。

b) 変数変換

決定係数を上昇させるために、[表 3] <1982年> 日米生産性算定対象品目コードと“World Trade Annual” 品目コード照合表の相対輸出金額、比較生産性の項目のデータを自然対数に変換し、回帰分析を行う。結果は以下の通りである。

Analysis of Variance						
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Value	Prob > F
Model	1	95.45503	95.45503	27.680	0.0001	
Error	47	162.08140	3.44854			
C Total	48	257.53643				
Root MSE		1.85702		R-square	0.3706	
Dep Mean		5.19627		Adj R-sq	0.3573	
C.V.		35.73768				

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter = 0	Prob > T
INTERCEP	1	-3.978000	1.76383589	-2.255	0.0288
Y	1	2.037617	0.38729398	5.261	0.0001
Durbin-Watson D			1.689		
(For Number of Obs.)			49		
1st Order Autocorrelation			0.148		

この出力結果の決定係数（R-square 0.3706, Adj R-sq 0.3573）によれば、a) のデータによる出力結果の決定係数（R-square 0.2480, Adj R-sq 0.2320）よりも、R-square 12.26 ポイント、Adj R-sq 12.53ポイント上昇している。対数変換により、決定係数、すなわち説明力はかなり上昇している。

c) ダミー変数による重回帰式

次に、ダミー変数による重回帰式を以下のように設定する。[対数変換：データ 2] により、X：比較生産性、c2：産業別グループ、Y：相対輸出額、とし、Y：相対輸出額を目的変数とする回帰式を求める¹⁸⁾。

[対数変換：データ 2]

3	x	c	y
49	x1	c2	Y
練乳・粉乳	5.932	1	9.237
チーズ	5.375	1	10.712
澱粉	5.974	1	7.898
小麦粉	5.394	1	6.441
精糖	5.451	1	7.931
果実酒	5.389	1	9.774
ビール	5.111	1	6.127
合成ゴム	4.522	2	5.288
燐酸質肥料	4.7	2	6.633
大豆油	5.609	1	10.127
脂肪酸	4.605	2	6.501
自動車ガソリン	4.882	2	9.84
灯油	4.454	2	8.416
ゼラチン・接着剤	4.828	2	5.94
無機顔料	4.89	2	4.357
家庭用石鹼	4.466	2	6.65
乗用車用タイヤ	3.892	2	4.127
トラックタイヤ	4.727	2	1.946
トラックチューブ	4.682	2	4.762

18) 同上

洋紙	4.7	3	4.22
板紙	4.852	3	7.204
毛紡糸	4.442	3	2.639
綿紡糸	4.078	3	4.82
綿織物	4.489	3	3.807
毛織物	4.89	3	2.485
鉄鋼	4.143	4	2.639
鍛鋼	4.06	4	3.714
銅圧延	4.762	4	3.892
絨毯	4.654	3	2.708
石灰	4.357	3	5.056
セメント	3.85	3	2.303
板ガラス	3.638	3	5.434
アルミ圧延	5.094	4	4.996
オーバーコート	4.19	3	6.762
背広服	4.263	3	3.401
電球	4.443	5	4.691
自動車	4.344	5	2.773
歯切・歯車仕上機械	3.219	5	6.172
旋盤	2.89	5	3.091
せん断機	4.174	5	3.258
洗濯機	4.007	5	3.497
冷蔵庫	4.82	5	4.585
掃除機	4.078	5	4.234
蓄電池	2.944	5	4.127
合成繊維糸	4.554	2	4.663
ドレス	5.024	3	7.025
建設金物	3.989	4	3.932
テレビ	3.611	5	2.639
ラジオ	3.178	5	1.386

(X=比較生産性, Y=相対輸出額の数値は自然対数)

[対数変換：データ 2] の出力結果

追加	平方和	R^2	R^{*2}	R^{**2}	df	sige
c2	120.469	0.535	0.480	0.428	43	1.674

	平方和	D(S)	F	b	sig(b)	tol.
cons.	127.189	6.720	2.399	4.933	3.185	
x1	124.171	3.703	1.322	0.651	0.566	0.380
c2	162.409	41.940	3.742	-2.166	-3.356	-3.968
						-3.723

ダミー変数による重回帰式

$$\hat{Y} = 4.933 + 0.651X_1 - 2.166C_{2,2} - 3.356C_{2,3} - 3.968C_{2,4} - 3.723C_{2,5}$$

$$\hat{Y} = 4.933 + 0.651X_1 + \begin{pmatrix} 0.000 & C_2 = 1 \\ -2.166 & C_2 = 2 \\ -3.356 & C_2 = 3 \\ -3.968 & C_2 = 4 \\ -3.723 & C_2 = 5 \end{pmatrix}$$

$$\hat{Y} = \begin{pmatrix} 4.933 & C_2 = 1 \\ 2.767 & C_2 = 2 \\ 1.577 & C_2 = 3 \\ 0.965 & C_2 = 4 \\ 1.210 & C_2 = 5 \end{pmatrix} + 0.651X_1$$

決定係数

R^2 (決定係数) 0.535 R^{2*} (自由度調整済み決定係数) 0.480

以上のように、ダミー変数による重回帰式によれば、決定係数は、

R^2 0.535 R^{2*} 0.480

とかなり上昇した。

C. 順位相関分析

A のデータに基づいて、比較生産性と相対輸出額の順位相関を検定する。

出力の結果は以下のとおりである。

2 'VAR' Variables: X Y						
Simple Statistics						
Variable	N	Mean	Std Dev	Median	Minimum	Maximum
X	49	2716.306122	8007.276545	109.000000	4.000000	44886
Y	49	110.285714	73.706060	92.000000	18.000000	377.000000
Spearman Correlation Coefficients / Prob > R under Ho: Rho = 0 / N = 49						
		X		Y		
	X	1.00000		0.56343		
		0.0		0.0001		
	Y	0.56343		1.00000		
		0.0001		0.0		

Kendall Tau b Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho = 0 / N = 49

	X	Y
X	1.00000	0.39318
	0.0	0.0001
Y	0.39318	1.00000
	0.0001	0.0

上の出力から、主要な情報をとりあげると以下のようなになる。

Data 49

Spearman Correlation Coefficient 0.563**
Kendall Tau b Correlation Coefficient 0.393**

(**は、1%水準で有意)

D. 判定

① 1982年の日米比較生産性（相対的労働生産性）と相対輸出金額は、データAに基づく回帰分析によれば、比較生産性を独立変数、相対輸出金額を従属変数とする回帰式において、1%水準で有意である。つまり、比較生産性が原因で、相対輸出金額を結果として生じさせるという関係が統計学的に主張できるということである。ただし、決定係数24.8%（自由度調整済み決定係数（adj R^2 ）23.2%）と低く、全体の説明力が弱いところに難点があった。

② そこで、変数を自然対数に変換させて検定を行った結果、R-square 0.3706, Adj R-sq 0.3573と、R-square は、12.26 ポイント、Adj R-sq は12.53 ポイントとかなり上昇した。

③ しかし、依然として決定係数は十分ではないので、ダミー変数による重回帰式で検定したところ決定係数は、 R^2 は 16.44ポイント上昇して53.5% R^{2*} は12.27ポイント上昇して48.0%とかなり改善されたものと思われる。

④ 順位相関係数は、Spearman, Kendall 共に 1%水準で有意であり、日米両国で相互に比較優位にある品目がそれぞれ高い輸出のシェアを獲得していることを示している。

以上の①②③④から、回帰式は有意であり、決定係数も改善した結果、1982年については、B. バラッサの分析結果と同一であり、それを支持するものといえるであろう。

3. <1987年> 日・米比較生産性と相対輸出

A. 1987年のデータ

1987年の日・米比較生産性と相対輸出額のデータは〔表5〕のようになる。

[表5] <1987年> 日・米比較生産性と相対輸出額

1987年データ						
	SITC code		JAPAN code	U.S.. code	相対輸出金額	比較生産性
1 練乳・粉乳	22.4	milk	181211	2023	43000	324
2 チーズ	24	cheese and curd	181213	2022	46575	213
3 澱粉	592	starch, inulin, gluten	192311	2046(035,45)	258	487
4 小麦粉	46	whealt etc meal or flow	1,853	20411	393	190
5 精糖	61	refine sugar etc	188211	2062(-075)	3107	151
6 果実酒	112.1	wine of fresh grapes etc	188211	2084(012-31)	18788	525
7 ビール	112.3	beer ale stout	188311	2082(-49)	264	171
8 合成ゴム	233.1	rubber synthetic, reclaind	263811	2822	193	63
9 磷酸質・配合肥料	562	fertilizer, manufactured	261122-25,261211	2874 2875	1648	103
10 脂肪酸	431	procesd animl. Veg oil etc.	265111-13	28992	283	123
11 自動車ガソリン	334.1	petroleum products, refin.	341311	35191	478	239
12 灯油	334.2	kerosene, oth medium oils	271116	29113	627	85
13 ゼラチン・接着剤	592.23	gelatin and derivarats, etc	2696	38913,4 28994	311	256
14 無機顔料	533.51	prepared pigment, glaze etc	2623	2816(-327), 2895	69	91
15 家庭用石鹸	554.1	soaps	265211, 12	28413	454	94
16 乗用車用タイヤ	625.1	rubber tyres, tubes etc.	281113	30111	43	44
17 トラック・バス用タイヤ	625.2	tyres new, bus or lorry	281111	30112	14	173
18 トラック・バス用チューブ	625.91	inner tubes	281116	3011B	169	149
19 洋紙	641.2	printing writing paper nes	242111-17	2621	53	99
20 板紙	641.3	kraft paper, paperboard	2422	2631	932	130
21 毛紡糸	651.2	wool, hair yarn . Incl tops	2023	2283(100)	22	177
22 綿紡糸	651.3	cotton, carded or combed	202111	2281(110,210)	71	150
23 綿織物	652	cotton fabrics, woven	204111-19, 29	22111-6	35	94
24 毛織物	654.2	woven wool, hair nonpil	204311-19, 21-29	2231200	13	159
25 鉄鋼	67	iron			10	110
26 鍛鋼	678.1	cast iron, tubes, pipes	3161	3462	32	67
27 銅圧延	682	copper plate, sheet, strip	3231	3351	37	136
28 絨毯	659.4	tufted	209611, 12	2271, 2272	18	127
29 石灰	661.1	lime, quick alkd	309711, 12	3274	1350	88
30 セメント	661.2	cement	3021	3241	19	51
31 板ガラス	665.2	glass	301111	3211		
32 アルミ圧延	684.22	aluminium plate, sheet, strip	3233	335,333,543,355	137	132
33 オーバーコート	842.1	overcoats	211113	23112	289	109
35 電球	778.2	electric damp, bubbles	353111	364108-18	65	110
36 自動車	781	pass motor veh exc buses			20	91
37 歯切・歯車	736.12	gear-cutting machines	344117	35413	189	36
38 旋盤	736.13	lathes, metalworking	344111	34415	8	57
39 セン断機	736.15	drilling	344216	2542111-97	5	49
40 洗濯機	775.11	domestic washing machine	325134	3633131,36,39	70	78
41 冷蔵庫	775.2	dom..refrigerator, freezers	352135	36321	59	61
42 掃除機	775.71	dom. Elec vac cleaner etc	352136	3635	51	77
43 蓄電池	778.12	electric accumulators	359111	36911	25	51
44 合成繊維糸	651.4	SYN yarn. Monofil.	2643	2824	75	95
45 ドレス	843.3	dresses	211211	23335	556	133
46 建設金物	691.1	structure parts steel	334111,12,13	3441	42	70
47 テレビ	761	television receives	354312,13	36512	15	92
48 ラジオ	762	radio broadcast receives	354311	3651111-16	6	36
49 男子・少年用背広服ズボン					170	185

B. 回帰分析

A. のデータに基づいて、比較生産性を独立変数、相対輸出額を従属変数とし、SAS (Statistical Analysis System) により回帰分析を行う。出力の結果は以下の通りである。

Dependent Variable: X

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob > F
Model	1	804776577.31	804776577.31	11.305	0.0016
Error	46	3274716586.7	71189491.014		
C Total	47	4079493164			
Root MSE		8437.38650	R-square	0.1973	
Dep Mean		2538.47917	Adj R-sq	0.1798	
C.V.		332.37958			

Parameter Estimates

Parameter	Standard	T for H0:			
Variable	DF	Estimate	Error	Parameter = 0	Prob > T
INTERCEP	1	−3021.640088	2053.7304152	−1.471	0.1480
Y	1	41.759619	12.42014901	3.362	0.0016
Durbin-Watson D			1.203		
(For Number of Obs.)			48		
1st Order Autocorrelation			0.237		

上の出力から、主要な情報を取りあげると以下のようなになる。

$Y = -3021 + 41.7X$ (data 48)

(3.36)**

R^2 0.1973 r 0.444**

Adj R^2 0.1798

F Value 11.30** DW 1.2029

1st Order Autocorrelation 0.237

(** は、1 %水準で有意)

1987年の日米比較生産性（相対的労働生産性）と相対輸出金額は、[データ A] に基づく回帰分析によれば、比較生産性を独立変数、相対輸出金額を従属変数とする回帰式において、1 %水準で有意である。つまり、比較生産性が原因で、相対輸出金額を結果として生じさせるという関係が統計学的に主張できるということである。ただし、決定係数19.73%（自由度調整済み決定係数（adj R^2 ）17.98%）と低く、全体の説明力が弱いところに難点がある。

b) 変数変換

決定係数を改善させるために、[表 3] <1987年>日米生産性算定対象品目コードと“*World Trade Annual*”品目コード照合表の相対輸出金額、比較生産性の項目のデータを自然対数に変換し、回帰分析を行う。結果は以下の通りである。

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob > F
Model	1	65.20877	65.20877	20.127	0.0001
Error	46	149.03633	3.23992		
C Total	47	214.24510			
Root MSE		1.79998	R-square	0.3044	
Dep Mean		4.78173	Adj R-sq	0.2892	
C.V.		37.64282			
Parameter Estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter = 0	Prob > T
INTERCEP	1	-4.422319	2.06798632	-2.138	0.0378
Y	1	1.958820	0.43662516	4.486	0.0001
Durbin-Watson D			1.456		
(For Number of Obs.)			48		
1st Order Autocorrelation			0.223		

この出力結果の決定係数（R-square 0.3044, Adj R-sq 0.2892）によれば、A のデータによる出力結果の決定係数（R-square 0.1973, Adj R-sq 0.1798）よりも、R-square 10.71 ポイント、Adj R-sq 10.94ポイント上昇している。しかし、それでも決定係数、すなわち説明力は弱い。

c) ダミー変数による重回帰式

そこで、ダミー変数による重回帰式を以下のように設定する。[対数変換：データ 3] により、X：比較生産性、c2：産業別グループ、Y：相対輸出額、とし、Y：相対輸出額を目的変数とする回帰式を求める¹⁹⁾。

19) 同上

[対数変換：データ 3]

3	x	c	y
48	x1	c2	Y
練乳・粉乳	5.781	1	10.669
チーズ	5.361	1	10.749
澱粉	6.188	1	5.553
小麦粉	5.247	1	5.976
精糖	5.017	1	8.041
果実酒	6.263	1	9.841
ビール	5.142	1	5.576
合成ゴム	4.143	2	5.263
燐酸質肥料	4.635	2	7.407
脂肪酸	4.812	2	5.645
自動車ガソリン	5.476	2	6.17
灯油	4.443	2	6.441
ゼラチン・接着剤	5.545	2	5.74
無機顔料	4.511	2	4.234
家庭用石鹼	4.543	2	6.118
乗用車用タイヤ	3.784	2	3.761
トラックタイヤ	5.153	2	2.639
トラックチューブ	5.004	2	5.13
洋紙	4.595	3	3.97
板紙	4.868	3	6.837
毛紡糸	5.176	3	3.091
綿紡糸	5.011	3	4.263
綿織物	4.543	3	3.555
毛織物	5.069	3	2.565
鉄鋼	4.7	4	2.303
鍛鋼	4.205	4	3.466
銅圧延	4.913	4	3.611
絨毯	4.844	3	2.89
石灰	4.477	3	2.208
セメント	3.932	3	2.944
アルミ圧延	4.883	4	4.929
オーバーコート	4.691	3	5.666
背広服	4.094	3	6.683
電球	4.7	5	4.174
自動車	4.511	5	2.996
歯切・歯車仕上り機械	3.584	5	5.242
旋盤	4.043	5	2.079
せん断機	3.892	5	1.609
洗濯機	4.357	5	4.248
冷蔵庫	4.111	5	4.078
掃除機	4.344	5	3.932
蓄電池	3.932	5	3.219
合成繊維糸	4.554	2	4.317
ドレス	4.89	3	6.321
建設金物	4.248	4	3.738
テレビ	4.522	5	2.708
ラジオ	3.584	5	1.792
背広服ズボン	5.22	3	5.136

(X=比較生産性, Y=相対輸出額の数値は自然対数)

[対数変換：データ 3] の出力結果

追加	平方和	R^2	R^{*2}	R^{**2}	df	sige
c2	100.608	0.530	0.475	0.421	42	1.548

	平方和	D(S)	F	b	sig(b)	tol.
cons.	108.786	8.178	3.414	5.666	3.067	
x1	102.119	1.512	0.631	0.429	0.540	0.483
c2	149.036	48.428	5.054	-2.452	-3.376	-4.027 -4.165

ダミー変数による重回帰式

$$\hat{Y} = 5.666 + 0.429X_1 - 2.452C_{2,2} - 3.376C_{2,3} - 4.027C_{2,4} - 4.165C_{2,5}$$

$$\hat{Y} = 5.666 + 0.429X_1 + \begin{pmatrix} 6.000 & C_2 = 1 \\ -2.452 & C_2 = 2 \\ -3.376 & C_2 = 3 \\ -4.027 & C_2 = 4 \\ -4.165 & C_2 = 5 \end{pmatrix}$$

$$\hat{Y} = \begin{pmatrix} 5.666 & C_2 = 1 \\ 3.214 & C_2 = 2 \\ 2.290 & C_2 = 3 \\ 1.639 & C_2 = 4 \\ 1.501 & C_2 = 5 \end{pmatrix} + 0.429X_1$$

決定係数

$$R^2 \text{ (決定係数) } 0.530 \quad R^{2*} \text{ (自由度調整済み決定係数) } 0.475$$

以上のように、ダミー変数による重回帰式によれば、決定係数は、

$$R^2 0.530 \quad R^{2*} 0.475$$

とかなり上昇した。

B. 順位相関分析

A のデータに基づいて、比較生産性と相対輸出額の順位相関を検定する。出力の結果は以下のとおりである。

2 'VAR' Variables: X Y						
Simple Statistics						
Variable	N	Mean	Std Dev	Median	Minimum	Maximum
X	48	2538.479167	9316.529767	73.000000	5.000000	46575
Y	48	133.145833	99.090543	106.000000	36.000000	525.000000
Spearman Correlation Coefficients / Prob > R under Ho: Rho = 0 / N = 48						
		X	Y			
	X	1.00000	0.42592			
		0.0	0.0025			
	Y	0.42592	1.00000			
		0.0025	0.0			
Kendall Tau b Correlation Coefficients / Prob > R under Ho: Rho = 0 / N = 48						
		X	Y			
	X	1.00000	0.30653			
		0.0	0.0022			
	Y	0.30653	1.00000			
		0.22	0.0			

上の出力から，主要な情報を取りあげると以下のようなになる。

Data 40

Spearman Correlation Coefficient 0.426**

Kendall Tau b Correlation Coefficient 0.306**

(** は，1 %水準で有意)

D. 判定

① 1987年の日米比較生産性（相対的労働生産性）と相対輸出金額は，[データ A] に基づく回帰分析によれば，比較生産性を独立変数，相対輸出金額を従属変数とする回帰式において，1 %水準で有意である。つまり，比較生産性が原因で，相対輸出金額を結果として生じさせるという関係が統計学的に主張できるということである。ただし，決定係数19.73%（自由度調整済み決定係数（adj R^2 ）17.98%）と低く，全体の説明力が弱いところに難点があった。

② そこで，変数を自然対数に変換させて検定を行った結果，R-square 0.3044，Adj R-sq 0.2892 と，R-square は，10.71 ポイント，Adj R-sq は10.94 ポイント上昇した。

③ しかし，依然として決定係数は十分ではないので，ダミー変数による重回帰式で検定したところ決定係数は， R^2 は 22.56ポイント上昇して53.0% R^{2*} は18.68ポイント上昇して47.6%とかなり改善されたものと思われる。

④ 順位相関係数は，Spearman, Kendall 共に 1 %水準で有意であり，日米両国で相互に

比較優位にある品目がそれぞれ高い輸出のシェアを獲得していることを示している。

以上の①②③④から、回帰式は有意であり、決定係数も改善した結果、1987年については、
B. バラッサの分析結果と同一であり、それを支持するものといえるであろう

4. <1992年> 日・米比較生産性と相対輸出

A. 1992年のデータ

1992年 の日・米比較生産性と相対輸出額のデータは [表 6] のようになる。

[表 6] <1992年> 日・米比較生産性と相対輸出額

1992年データ						
	SITC code		JAPAN code	U.S.. code	相対輸出金額	比較生産性
1 練乳・粉乳	22.4	milk	121211	2023	15009	188
2 チーズ	24	cheese and curd	121213	2022	14617	236
3 澱粉	592	starch, inulin, gluten	126311	20462	255	399
4 小麦粉	46	whealt etc meal or flow	129,311	20411	271	197
5 精糖	61	refine sugar etc	125112, 125211	2062(-075)	1755	302
6 果実酒	112.1	wine of fresh grapes etc	132111	2084(012-31)	27280	188
7 ビール	112.3	beer ale stout	132211	2082(-49)	698	192
8 合成ゴム	233.1	rubber synthetic, reclaind	203811	2822	180	131
9 燐酸質・配合肥料	562	fertilizer, manufactured	201122-25	2874 2875	2190	96
10 脂肪酸	431	procesd animl. Veg oil etc.	2051	28992	537	403
11 自動車ガソリン	334.1	petroleum products, refin.	211111	35191	5082	192
12 灯油	334.2	kerosene, oth medium oils	211115	29113	702	74
13 ゼラチン・接着剤	592.23	gelatin and derivarats, etc	2095	38913,4 28994	199	276
14 無機顔料	535.51	prepared pigment, glaze etc	2023	2816(-327), 2895	114	139
15 家庭用石鹸	554.1	soaps	265211,12	28413	105	188
16 乗用車用タイヤ	625.1	rubber tyres, tubes etc.	231113	30111	85	76
17 トラック・バス用タイヤ	625.2	tyres new, bus or lorry	231111	30112	37	130
18 トラック・バス用チューブ	625.91	inner tubes	231116	3011B	543	115
19 洋紙	641.2	printing writing paper nes	182111-15	2621	112	80
20 板紙	641.3	kraft paper, paperboard	182211-18	2631	1379	110
21 毛紡糸	651.2	wool, hair yarn . Incl tops	142311-14	2281(510)	37	224
22 綿紡糸	651.3	cotton, carded or combed	142111,12	2281(110,210)	136	215
23 綿織物	652	cotton fabrics, woven	141111-19,29	2211B00-F00	57	187
24 毛織物	654.2	woven wool, hair nonpil	144311-19,21,29	2231200	13	240
25 鉄鋼	67	iron			30	90
26 鍛鋼	678.1	cast iron, tubes, pipes	2661	3462	99	65
27 銅圧延	682	copper plate, sheet, strip	273111,12	3351	56	170
28 絨氈	659.4	tufted	149611,12	22731 22732	198	115
29 石灰	661.1	lime, quick alkd	259711,12	3274	793	115
30 セメント	661.2	cement	255111	3241	11	40
31 アルミ圧延	684.22	aluminium plate, sheet, strip	273311,12,13	335,333,543,355	416	130
32 オーバーコート	842.1	overcoats	151113	23112	521	99
33 背広服	842.2	suits	151111	23111	249	68
34 電球	778.2	electric damps, bubles	303111	364108-18	66	136
35 自動車	781	pass motor veh exc buses			28	90
36 歯切・歯車	736.12	gear-cutting machines	294126	35413	122	32

37 旋盤	736.13	lathes, metalworking	294111	34415	10	56
38 せん断機	736.15	drilling	294216	2542111-97	18	35
39 洗濯機	775.11	domestic washing machine	302134	3633011,31,37	141	94
40 冷蔵庫	775.2	dom.refrigerator, freezes	302135	36321	401	129
41 掃除機	775.71	dom. Elec vac cleaner etc	302136	3635	215	85
42 扇風機	775.72	dom. elec. Room fans etc.	302131	3634	106	166
43 蓄電池	778.12	electric accumulators	309111	36913	35	30
44 テレビ	761	television receives	288111,12	3652214,15,16	26	95

B. 回帰分析

A. のデータに基づいて、比較生産性を独立変数、相対輸出額を従属変数とし、SAS (Statistical Analysis System) により回帰分析を行う。

出力の結果は以下の通りである。

Dependent Variable: X

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob > F
Model	1	38186479.872	38186479.872	1.518	0.2247
Error	42	1056218308	25148054.953		
C Total	43	1094404787.9			
Root MSE		5014.78364	R-square	0.0349	
Dep Mean		1703.04545	Adj R-sq	0.0119	
C.V.		294.45976			

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter = 0	Prob > T
INTERCEP	1	120.508203	1490.2543720	0.081	0.9359
Y	1	10.849430	8.80449179	1.232	0.2247
Durbin-Watson D			1.713		
(For Number of Obs.)			44		
1st Order Autocorrelation			0.065		

上の出力から、主要な情報を取りあげると以下のようなになる。

$Y=120.5+10.8X$ (data 44)

(1.23)

R^2	0.0349	r	0.186
Adj R^2	0.0119		
F Value	1.518	DW	1.713
1st Order Autocorrelation	0.065		

1992年の日米比較生産性（相対的労働生産性）と相対輸出金額は、データAに基づく回帰分析によれば、比較生産性を独立変数、相対輸出金額を従属変数とする回帰式において、非有意である。つまり、比較生産性が原因で、相対輸出金額を結果として生じさせるという関係が統計学的に主張できないことである。また、決定係数3.49%（自由度調整済み決定係数（adj R^2 ）1.19%）と低く、全体の説明力が全くない。

b) 変数変換

決定係数を上昇させるために、[表4] <1992年>日米生産性算定対象品目コードと“World Trade Annual”品目コード照合表の相対輸出金額、比較生産性の項目のデータを自然対数に変換し、回帰分析を行う。結果は以下の通りである。

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob > F
Model	1	24.03475	24.03475	6.951	0.0117
Error	42	145.23336	3.4579		
C Total		43	169.26811		
Root MSE		1.85955	R-square	0.1420	
Dep Mean		5.26009	Adj R-sq	0.1216	
C.V.		35.35211			
Parameter Estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter = 0	Prob > T
INTERCEP	1	-0.513763	2.20792184	-0.233	0.8171
Y	1	1.201015	0.45555127	2.636	0.0117
Durbin-Watson D			1.499		
(For Number of Obs.)			44		
1st Order Autocorrelation			0.190		

上の出力から、主要な情報をとりあげると以下のようなになる。

$$Y = -0.5137 + 1.20X \quad (\text{data } 43)$$

(2.636) *

R^2 0.1420 r 0.376*

Adj R^2 0.1216

F Value 6.951* DW 1.499

1st Order Autocorrelation 0.190

(* は、5 %水準で有意)

日米比較生産性（相対的労働生産性）と相対輸出金額は、1992年の対数変換による出力結果によれば、比較生産性を独立変数、相対輸出金額を従属変数とする回帰式において、5 %水準で有意である。つまり、比較生産性が原因で、相対輸出金額を結果として生じさせるという関係が統計学的に主張できるということである。ただし、決定係数14.2%（自由度調整済み決定係数（adj R^2 ）12.16%）と低く、全体の説明力が弱いところに難点がある。

c) ダミー変数による重回帰式

そこで、ダミー変数による重回帰式を以下のように設定する。[対数変換：データ4]により、X：比較生産性、c2：産業別グループ、Y：相対輸出額、とし、Y：相対輸出額を目的変数とする回帰式を求める²⁰⁾。

[対数変換：データ4]

3	x	c	y
44	x1	c2	Y
練乳・粉乳	5.236	1	9.616
チーズ	5.464	1	9.59
澱粉	5.989	1	5.541
小麦粉	5.283	1	5.602
精糖	5.71	1	7.47
果実酒	5.236	1	10.214
ビール	5.257	1	6.548
合成ゴム	4.875	2	5.193
磷酸質肥料	4.564	2	7.692
脂肪酸	5.999	2	6.286
自動車ガソリン	5.257	2	8.533
灯油	4.304	2	6.554
ゼラチン・接着剤	5.62	2	5.293
無機顔料	4.934	2	4.736
家庭用石鹼	5.236	2	4.654
乗用車用タイヤ	4.331	2	4.443
トラックタイヤ	4.868	2	3.611
トラックチューブ	4.745	2	6.297
洋紙	4.382	3	4.718
板紙	4.7	3	7.229
毛紡糸	5.412	3	3.611
綿紡糸	5.371	3	4.913
綿織物	5.231	3	4.043
毛織物	5.481	3	2.565
鉄鋼	4.5	4	3.401
鍛鋼	4.174	4	4.595
銅圧延	5.136	4	4.025
絨毯	4.745	3	5.288
石灰	4.745	3	6.676

20) 同上

リカードウ・モデルの実証研究

セメント	3.689	3	2.398
アルミ圧延	4.868	4	6.031
オーバーコート	4.595	3	6.256
背広服	4.22	3	5.517
電球	4.913	5	1.19
自動車	4.5	5	3.332
歯切・歯車仕上げ機械	3.466	5	4.804
旋盤	4.025	5	2.303
せん断機	3.555	5	2.89
洗濯機	4.543	5	4.945
冷蔵庫	4.86	5	5.994
掃除機	4.443	5	5.371
扇風機	5.112	5	4.663
蓄電池	3.401	5	3.555
テレビ	4.554	5	3.258

(X=比較生産性, Y=相対輸出額の数値は自然対数)

[対数変換：データ 4] の出力結果

追加	平方和	R ²	R ^{*2}	R ^{**2}	df	sige
c2	95.282	0.437	0.363	0.292	38	1.583

	平方和	D (S)	F	b	sig (b)	tol.
cons.	117.857	22.575	9.003	8.165	2.721	
x1	95.330	0.048	0.019	-0.067	0.487	0.635
c2	145.233	49.951	4.980	-2.076	-3.005	-3.337

ダミー変数による重回帰式

$$\hat{Y} = 8.165 - 0.067X_1 - 2.076C_{2,2} - 3.005C_{2,3} - 3.337C_{2,4} - 4.029C_{2,5}$$

$$\hat{Y} = 8.165 - 0.067X_1 + \begin{pmatrix} 0.000 & C_2 = 1 \\ -2.076 & C_2 = 2 \\ -3.005 & C_2 = 3 \\ -3.337 & C_2 = 4 \\ -4.029 & C_2 = 5 \end{pmatrix}$$

$$\hat{Y} = \begin{pmatrix} 8.165 & C_2 = 1 \\ 6.089 & C_2 = 2 \\ 5.160 & C_2 = 3 \\ 4.828 & C_2 = 4 \\ 4.136 & C_2 = 5 \end{pmatrix} - 0.067X_1$$

決定係数

R^2 (決定係数) 0.437 R^{2*} (自由度調整済み決定係数) 0.363

以上のように、ダミー変数による重回帰式によれば、決定係数は、

R^2 0.437 R^{2*} 0.363

とかなり上昇した。ただし回帰式の係数が負であるため不採用とする。

C. 順位相関分析

A. のデータに基づいて、比較生産性と相対輸出額の順位相関を検定する。出力の結果は以下のとおりである。

2 'VAR' Variables: X Y						
Simple Statistics						
Variable	N	Mean	Std Dev	Median	Minimum	Maximum
X	44	1703.045455	5044.925583	160.500000	10.000000	27280
Y	44	145.863636	86.858771	129.500000	30.000000	403.000000
Spearman Correlation Coefficients / Prob > R under Ho: Rho = 0 / N = 44						
		X	Y			
	X	1.00000	0.37229			
		0.0	0.0128			
	Y	0.37229	1.00000			
		0.0128	0.0			
Kendall Tau b Correlation Coefficients / Prob > R under Ho: Rho = 0 / N = 44						
		X	Y			
	X	1.00000	0.23380			
		0.0	0.0260			
	Y	0.23380	1.00000			
		0.0260	0.0			

上の出力から、主要な情報を取りあげると以下のようなになる。

Data 40

Spearman Correlation Coefficient 0.3722*

Kendall Tau b Correlation Coefficient 0.233*

(* は 5 %水準で有意)

D. 判定

① 1992年の日米比較生産性（相対的労働生産性）と相対輸出金額は、[データA] に基づ

く回帰分析によれば、比較生産性を独立変数、相対輸出金額を従属変数とする回帰式において、非有意である。つまり、比較生産性が原因で、相対輸出金額を結果として生じさせるという関係が統計学的に主張できないということである。しかも、決定係数3.49%（自由度調整済み決定係数（adj R^2 ）1.19%）と低く、説明力が全くない。

② そこで、変数を自然対数に変換させて検定を行った結果、回帰式は5%水準で有意となり、R-square 0.1420, Adj R-sq 0.1216 となった。

③ しかし、依然として決定係数は十分ではないので、ダミー変数による重回帰式で検定したところ決定係数は、 R^2 は 29.5ポイント上昇して43.7% R^{2*} は24.14ポイント上昇して36.3%とかなり改善されたものと思われる。ただし回帰係数は負、故に不採用。

④ 順位相関係数は、Spearman, Kendall 共に 1 %水準で有意であり、日米両国で相互に比較優位にある品目がそれぞれ高い輸出のシェアを獲得していることを示している。

以上の②④から、回帰式は有意であり、決定係数も改善した。しかし、1992年については、B. バラッサの分析結果と一部同一であるが、それを十分に支持するものといえないであろう。

5. <1997年> 日・米比較生産性と相対輸出

A. 1997年のデータ

1997年 の日・米比較生産性と相対輸出額のデータは〔表7〕のようになる。

〔表7〕 <1997年> 日・米比較生産性と相対輸出額

1997年データ						
	SITC code		JAPAN code	U.S.. code	相対輸出金額	比較生産性
1 練乳・粉乳	22.4	milk	121211	311514	31353	489
2 バター	23	butter	121212	311512	30899	647
3 チーズ	24	cheese and curd	121213	311513	26638	278
4 澱粉	592	starch, inulin, gluten	129311	3112214	486	257
5 小麦粉	46	wheat etc meal or flow	126,311	311211	181	221
6 精糖	61	refine sugar etc	125112, 125211	311312	1137	339
7 果実酒	112.1	wine of fresh grapes etc	132111	312130	15453	407
8 ビール	112.3	beer ale stout	132211	312120	459	76
9 合成ゴム	233.1	rubber synthetic, reclaind	203811	325212	152	142
10 磷酸質・配合肥料	562	fertilizer, manufactured	201122-25	325,314	2791	100
11 大豆油	421.2	soy bean oil		3,112,221	79415	343
12 脂肪酸	431	procesd animl. Veg oil etc.	2051	3251991	891	959
13 自動車ガソリン	334.1	petroleum products, refin.	211111	32411011	1158	210
14 灯油	334.2	kerosene, the medium oils	211115	3241107	394	83
15 ゼラチン・接着剤	592.23	gelatin and derivarats, etc	2095	325520	262	190
16 無機顔料	533.51	prepared pigment, glaze etc	2023	325131	83	139
17 家庭用石鹸	554.1	soaps	265211,12	3256117	11025	324
18 乗用車用タイヤ	625.1	rubber tyres, tubes etc.	231113	3262111	72	59
19 トラック・バス用タイヤ	625.2	tyres new, bus or lorry	231111	3262113	68	181

20	トラック・バス用チューブ	625.91	inner tubes	231116	326211F	761	83
21	洋紙	641.2	printing writing paper nes	182111-15	322121	226	78
22	板紙	641.3	kraft paper, paperboard	182211-18	322130	1286	106
23	毛紡糸	651.2	wool, hair yarn .Incl tops	142311-14	3131119	95	230
24	綿紡糸	651.3	cotton, carded or combed	142111,12	3131111	873	286
25	綿織物	652	cotton fabrics, woven	141111-19,29	3132101	113	220
26	毛織物	654.2	woven wool, hair nonpil	144311-19,21,29	313210T1	18	230
27	鉄鋼	67	iron	別資料	別資料	40	84
28	鍛鋼	678.1	cast iron, tubes, pipes	2661	3321111	44	152
29	銅・合金・鋳物	682.13	master alloy of copper	274111	3314230	190	79
30	銅圧延	682	copper plate, sheet, strip	273111,12	331421	47	63
31	銅地金	682.21	copper unwrt	271111,12,13	3314110 106	114	30
32	絨毯	659.4	tufted	149611,12	314110	252	105
33	石灰	661.1	lime, quick alkd	259711,12	327410	503	72
34	セメント	661.2	cement	255111	327310	12	40
35	板ガラス	665.2	glass	251111	327211	126	146
36	アルミ圧延	684.22	aluminium plate, sheet, strip	273311,12,13	331,315	326	54
37	オーバーコート	842.1	overcoats	151113	3152223	1084	296
38	背広服	842.2	suits	151111	3152221	497	125
39	電球	778.2	electric domps, bubbles	303111	335110	125	58
40	自動車	781	pass motor veh exc buses	別資料	別資料	34	102
41	歯切・歯車	736.12	gear-cutting machines	294126	3335121	58	225
42	旋盤	736.13	lathes, metalworking	294111	3335123	9	149
43	せん断機	736.15	drilling	294216	3335133	14	171
44	洗濯機	775.11	domestic washing machine	302134	335224	323	103
45	冷蔵庫	775.2	dom.refrigerator. freezes	302135	3352221	1139	80
46	掃除機	775.71	dom. Elec vac cleaner etc	302136	335212	658	231
47	扇風機	775.72	dom. elec. Room fans etc.	302131	335211	240	20
49	蓄電池	778.12	electric accumulators	309111	335911	137	138
50	水産品かんづめ					301	709

B. 回帰分析

A. のデータに基づいて、比較生産性を独立変数、相対輸出額を従属変数とし、SAS (Statistical Analysis System) により回帰分析を行う。出力の結果は以下の通りである。

Dependent Variable: X

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	1375033802.1	1375033802.1	9.190	0.0040
Error	47	7032107933	149619317.72		
C Total	48	8407141735.1			
Root MSE		12231.89755	R-square	0.1636	
Dep Mean		4352.65306	Adj R-sq	0.1458	
C.V.		281.02165			

Parameter Estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter = 0	Prob > T
INTERCEP	1	-1684.500767	2649.4014894	-0.636	0.5280
Y	1	31.880649	10.51633216	3.032	0.0040
Durbin-Watson D			2.279		
(For Number of Obs.)			49		
1st Order Autocorrelation			-0.162		

上の出力から、主要な情報を取りあげると以下のようなになる。

$$Y = -1684.5 + 31.88X \quad (\text{data } 49)$$

(3.032)**

R^2	0.1636	r	0.4066**
Adj R^2	0.1458		
F Value	9.190**		
DW	2.279	1st Order Autocorrelation	-0.162

(** は、1 %水準で有意)

1997年の日米比較生産性（相対的労働生産性）と相対輸出金額は、[データA]に基づく回帰分析によれば、比較生産性を独立変数、相対輸出金額を従属変数とする回帰式において、1 %水準で有意である。つまり、比較生産性が原因で、相対輸出金額を結果として生じさせるという関係が統計学的に主張できるということである。ただし、決定係数16.36%（自由度調整済み決定係数（adj R^2 ）14.58%）と低く、全体の説明力が弱いところに難点がある。

b) 変数変換

決定係数を上昇させるために、[表7] <1997年>日米生産性算定対象品目コードと“World Trade Annual”品目コード照合表の相対輸出金額、比較生産性の項目のデータを自然対数に変換し、回帰分析を行う。結果は以下の通りである。

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	49.46949	49.46949	14.318	0.0004
Error	47	162.38733	3.45505		
C Total	48	211.85682			
Root MSE		1.85878	R-square	0.2335	
Dep Mean		5.85641	Adj R-sq	0.2172	
C.V.		31.73919			

Parameter Estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter = 0	Prob > T
INTERCEP	1	-0.617930	1.73149738	-0.357	0.7228
Y	1	1.308147	0.34571231	3.784	0.0004
Durbin-Watson D			1.340		
(For Number of Obs.)			49		
1st Order Autocorrelation			0.302		

この出力結果の決定係数（R-square 0.2335, Adj R-sq 0.2172）によれば、a) のデータによる出力結果の決定係数（R-square 0.1636, Adj R-sq 0.1458）よりも、R-square 6.99ポイント、Adj R-sq 7.14ポイント上昇している。しかし、それでも決定係数、すなわち説明力は弱い。

c) ダミー変数による重回帰式

そこで、ダミー変数による重回帰式を以下のように設定する。[対数変換：データ 5] により、X：比較生産性、c2：産業別グループ、Y：相対輸出額、とし、Y：相対輸出額を目的変数とする回帰式を求める²¹⁾。

[対数変換：データ 5]

3	x	c	y
48	x1	c2	Y
練乳・粉乳	6.192	1	10.353
バター	6.472	1	10.338
チーズ	5.628	1	10.19
澱粉	4.369	1	5.707
小麦粉	5.549	1	6.136
精糖	5.398	1	5.198
果実酒	5.826	1	7.036
ビール	6.009	1	9.646
合成ゴム	4.331	2	6.129
磷酸質肥料	4.956	2	5.024
大豆油	4.605	1	7.931
脂肪酸	5.838	2	11.282
自動車ガソリン	6.866	2	6.792
灯油	5.347	2	7.054
ゼラチン・接着剤	4.419	2	5.976
無機顔料	5.247	2	5.568
家庭用石鹼	4.934	2	4.419
乗用車用タイヤ	5.781	2	9.308
トラックタイヤ	4.078	2	4.277
トラックチューブ	5.198	2	4.122

21) 同上

リカードウ・モデルの実証研究

洋紙	4.419	3	6.635
板紙	4.357	3	5.421
毛紡糸	4.663	3	7.159
綿紡糸	5.438	3	4.554
綿織物	5.656	3	6.775
毛織物	5.394	3	4.727
鉄鋼	5.438	4	2.89
鍛鋼	4.431	4	3.689
銅・合金鋳物	5.024	4	3.784
銅圧延	4.369	4	5.247
銅地金	4.143	4	3.85
絨毯	3.401	3	4.736
石灰	4.654	3	5.529
セメント	4.277	3	6.221
板ガラス	3.689	3	2.485
アルミ圧延	4.984	4	4.836
オーバーコート	3.989	3	5.787
背広服	5.687	3	6.988
電球	4.828	5	6.209
自動車	4.06	5	4.828
歯切・歯車仕上げ機械	4.625	5	3.526
旋盤	5.416	5	4.06
せん断機	5.004	5	2.197
洗濯機	5.142	5	2.639
冷蔵庫	4.635	5	5.778
掃除機	4.382	5	7.038
扇風機	5.442	5	6.489
蓄電池	2.996	5	5.481

(X=比較生産性, Y=相対輸出額の数値は自然対数)

[対数変換：データ 5] の出力結果

追加	平方和	R^2	R^{*2}	R^{**2}	df	sige
c2	119.148	0.435	0.368	0.303	42	1.684

	平方和	D(S)	F	b	sig(b)	tol.
cons.	128.130	8.982	3.166	3.645	2.048	
x1	133.392	14.244	5.021	0.794	0.354	0.782
c2	161.547	42.399	3.736	-1.399	-1.740	-3.352 -2.514

ダミー変数による重回帰式

$$\hat{Y} = 3.645 + 0.794X_1 - 1.399C_{2.2} - 1.740C_{2.3} - 3.352C_{2.4} - 2.514C_{2.5}$$

$$\hat{Y} = 3.645 + 0.794X_1 + \begin{pmatrix} 0.000 & C_2 = 1 \\ -1.399 & C_2 = 2 \\ -1.740 & C_2 = 3 \\ -3.352 & C_2 = 4 \\ -2.514 & C_2 = 5 \end{pmatrix}$$

$$\hat{Y} = \begin{pmatrix} 3.645 & C_2 = 1 \\ 2.246 & C_2 = 2 \\ 1.905 & C_2 = 3 \\ 0.293 & C_2 = 4 \\ 1.131 & C_2 = 5 \end{pmatrix} + 0.794X_1$$

決定係数

$$R^2 \text{ (決定係数) } 0.435 \quad R^{2*} \text{ (自由度調整済み決定係数) } 0.368$$

以上のように、ダミー変数による重回帰式によれば、決定係数は、

$$R^2 0.435 \quad R^{2*} 0.368$$

とかなり上昇した。

D. 順位相関分析

A のデータに基づいて、比較生産性と相対輸出額の順位相関を検定する。

出力の結果は以下のとおりである。

2 'VAR' Variables: X Y						
Simple Statistics						
Variable	N	Mean	Std Dev	Median	Minimum	Maximum
X	49	4352.653061	13234	262.000000	9.000000	79415
Y	49	189.367347	167.883850	142.000000	20.000000	959.000000
Spearman Correlation Coefficients / Prob > R under Ho: Rho = 0 / N = 49						
	X		Y			
X	1.00000		0.41422			
		0.0		0.0031		
Y	0.41422		1.00000			
		0.0031		0.0		

Kendall Tau b Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho = 0 / N = 49

	X	Y
X	1.00000	0.27501
	0.0	0.0054
Y	0.27501	1.00000
	0.0054	0.0

上の出力から、主要な情報を取りあげると以下のようなになる。

Data 49	
Spearman Correlation Coefficients	0.41422**
Kendall Tau b Correlation Coefficients	0.27501**
(** は、1 %水準で有意)	

E. 判定

① 1997年の日米比較生産性（相対的労働生産性）と相対輸出金額は、[データA]に基づく回帰分析によれば、比較生産性を独立変数、相対輸出金額を従属変数とする回帰式において、1 %水準で有意である。つまり、比較生産性が原因で、相対輸出金額を結果として生じさせるという関係が統計学的に主張できるということである。ただし、決定係数16.36%（自由度調整済み決定係数（adj R^2 ）14.58%）と低く、全体の説明力が弱いところに難点があった。

② そこで、変数を自然対数に変換させて検定を行った結果、R-square 0.2335, Adj R-sq 0.2172と、R-square は、6.99ポイント、Adj R-sq は7.14ポイント上昇した。

③ しかし、依然として決定係数は十分ではないので、ダミー変数による重回帰式で検定したところ決定係数は、 R^2 は20.15ポイント上昇して43.5% R^{*2} は15.08ポイント上昇して36.8%とかなり改善されたものと思われる。

④ 順位相関係数は、Spearman, Kendall 共に1 %水準で有意であり、日米両国で相互に比較優位にある品目がそれぞれ高い輸出のシェアを獲得していることを示している。以上の①②③④から、回帰式は有意であり、決定係数も改善した結果、1997年については、B. バラッサの分析結果と同一であり、それを支持するものといえるであろう。

[結 論]

以上の回帰分析および相関分析の諸結果の含意するところを吟味する前に触れておきたいことがある。

まず、確認しておきたいことは、第1節で取り上げたB. バラッサの業績は、「輸出競争力

を決定する要因は、比較労働生産性である」という D. リカードウ以来の古典派貿易理論を実証水準で検証しようとしたものであるといえよう。

筆者は、言うまでもなく、B. バラッサと問題意識を共有する。

そこで、既に本稿の目的で述べたように、かつて筆者は、この問題意識の下に、「日・米・旧西独比較生産性と相対輸出（1963－1972）——SAS による回帰分析——」²²⁾と題する論文を公表した。その論文は、1963年から1972年という限定ではあるが、旧稿「比較生産性と輸出実績」²³⁾で果たされなかった Kendall の順位相関分析と回帰分析を追加してバラッサ方式を適用して、当該テーマにアプローチして、若干の主張をした。再度、要点を述べると以下のようになる。

まず、1963年、1967年、1972年、の3時点の比較生産性と相対輸出金額についての順位相関分析の結果について。

「日・米比較生産性と相対輸出金額との間には、1963年では5%有意水準で、1967年および1972年では1%有意水準で、Spearman, Kendall 共に、正の有意の順位相関が認められた。上記結果は、B. バラッサが到達した結果を支持するものである。」²⁴⁾と述べた。

次に、1963年、1967年、1972年、3時点の日米比較生産性と相対輸出金額についての回帰分析の結果について。

「ここでの問題意識は、『比較生産性が原因（独立）変数で、相対輸出額が結果（従属）変数という関係が現実には法的に存在しているか』という点にある。この問題意識のもとに、本文では、各国・各年次の『比較生産性と相対輸出金額』の回帰分析を試みた。その結果、①日・米比較生産性と相対輸出金額については、1967年を除いた1963年、1972年の回帰係数はそれぞれ5%水準、1%水準で有意であった。したがって、比較生産性は相対輸出金額を説明するのに有効な変数であると判定される。ただし、決定係数がそれぞれ0.1976 (Adj R-sq 0.1780), 0.1140 (Adj R-sq 0.0894) と低く、モデルの説明力が弱いという難点も同時に有しており、最良適合とはいえない。」²⁵⁾

上記二つの論文、すなわち、①「比較生産性と輸出実績」②「日・米・旧西独比較生産性と相対輸出（1963－1972）——SAS による回帰分析——」の難点は、とりわけ、回帰分析で決定係数の値が小さすぎるという点にあった。

そこで、今回は、回帰分析での決定係数を改善することを最大の目的として、1977年、1982

22) 拙稿「日・米・旧西独比較生産性と輸出実績（1963－1967）——SAS による回帰分析——」（『経済科学研究』第3巻第1号 広島修道大学経済学会、1999年）91ページ

23) 拙稿「比較生産性と輸出実績」（『修道商学』第21巻第1号、広島修道大学商経学会、1980年）

24) 同上92ページ

25) 拙稿「日・米・旧西独比較生産性と輸出実績（1963－1967）——SAS による回帰分析——」（『経済科学研究』第3巻第1号 広島修道大学経済学会、1999年）

年、1987年、1992年、1997年の5時点に亘る日米比較生産性と相対輸出額の統計分析、とりわけ回帰分析に取り組んだ。

分析結果については、本文に提示されているとおりであるが、まず、①順位相関分析については、すべての時点において、1%水準で、Spearman および Kendall とともに有意の順位相関が認められた。このことは、日米両国で比較優位にある品目がそれぞれ高い輸出のシェアを獲得していることを示しており、バラッサの主張を支持するものである。

次に、②回帰分析の決定係数については、以下の通りである。

	(1) 原データ	(2) 変数変換(対数)	(3) ダミー変数
1977年	0.1818 (0.16)	0.2501 (0.2298)	0.437 (0.354)
1982年	0.2480 (0.232)	0.3706 (0.3573)	0.535 (0.480)
1987年	0.1973 (0.1798)	0.3044 (0.2892)	0.530 (0.475)
1992年	0.0349 (0.0119)	0.1420 (0.1216)	
1997年	0.1636 (0.1458)	0.2335 (0.2172)	0.435 (0.368)

(括弧内は自由度修正済み決定係数)

みられるとおり、(3) ダミー変数による重回帰式による決定変数は、1992年を除いた各年度とも、40—50%の水準にあり、非常に高い水準ではないが、バラッサによる回帰分析の決定係数は63.8%であったから、この水準には及ばないにしても、近接しており、十分の水準にあるものと思われる。

以上の諸結果から、今回の作業は、筆者の旧稿、すなわち、①「比較生産性と輸出実績」②「日・米・旧西独比較生産性と相対輸出（1963—1972）——SAS による回帰分析——」での主張を補強するものであり、結論に変更はない。今回の作業の積極的意義は、順位相関および回帰分析による統計的検証の対象年度を、1977年、1982年、1987年、1992年、1997年の5時点に拡充し、回帰分析の決定係数を改善したことにある。旧稿での対象年度を含めると、1963年から1997年までの34年間をカバーするものであり、検証対象期間としては、もはや十分といえるであろう。

こうして、われわれは、B. バラッサと共に、「輸出競争力を決定する要因は、比較労働生産性である」というリカードウ以来の古典派貿易理論を実証水準で検証し得たと考え、リカードウ貿易理論、そしてその根底をなす『比較生産費の理論』の今なお現代的有効性と妥当性を主張するものである。このことは、「貿易理論において労働把握との関連を重視する見地」

を貫くわれわれの理論的系譜²⁶⁾の存立に関わる重要な問題の検証であった。

〔追記〕 本文〔註〕に示すとおり、「ダミー変数による重回帰式」を求める際に、『文部科学省認定社会通信教育 エクセルによる多変量解析実務講座＜テキストⅠ・Ⅱ＞』（財団法人 実務教育研究所）の統計ソフトを使用した。これは EXCEL 関数 LINEST, JMP による結果と一致している。また、本文で使用している SAS (*Statistical Analysis System*) は、アメリカ SAS Institute 製の統計ソフトで、広島修道大学情報センターにリースされている SAS を使用した。

また、本学、藤本利躬教授（計量経済学）、張南教授（統計学）から、本稿に貴重な助言を頂いた。記して感謝申し上げたい。しかし、あり得るであろう誤りは、全て筆者の責任である。

26) 行沢健三「古典派貿易論の現代的意義」（森田桐郎編著『国際貿易の古典理論——リカードウ経済学・貿易理論研究入門——』同文館，昭和63年，所収）