

*MMRC*  
*DISCUSSION PAPER SERIES*

MMRC-J-47

**製品アーキテクチャ論と  
国際貿易論の実証分析**

東京大学大学院経済学研究科  
藤本隆宏

東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター  
大鹿 隆



**東京大学21世紀COE [モノづくり]  
ものづくり経営研究センター**



# 製品アーキテクチャ論と 国際貿易論の実証分析

東京大学大学院経済学研究科

藤本隆宏

東京大学 COE ものづくり経営研究センター

大鹿 隆

2005 年 8 月

## はじめに

21世紀の日本が国内に残す産業とは何か、何を輸出し何を輸入するのか。我々にとって古くて新しい課題である。日本は明治から昭和にかけて、農業→製造業→サービス業、軽→重工業、素材→加工組立、低→高付加価値産業、労働集約→資本集約→知識・技術集約産業、と、産業構造の重心をシフトさせてきたと言われる。

それでは、東アジアと言う産業競争の激戦地において、人口減少局面に入る平成日本は、今後いかなる財・サービスを「得意技」として、限られた人的資源を投入すべきか。意外にも、明確な方向性は見えていない。技術集約産業や情報産業、高度サービス業へ、という漠然たる示唆はあるものの、現状を見れば、デジタル財やソフトウェアではアメリカに押され、メモリー半導体やDVDプレイヤーなど得意なはずの技術集約製品でも韓国・台湾・中国等にシェアを奪われ、何が得意分野として日本に残るのか、確信が持てず、中国脅威論・産業空洞化論など、過剰反応とも言える悲観論にまでつながっている。

こうした手詰まり感から脱するには、既成の産業分類に拘泥せず、開発・生産の現場に立ち返り、その強み弱みを再認識するところから虚心坦懐に競争戦略を組み直す「現場発の産業論」が必要ではないか。この観点から、筆者ら「東京大学ものづくり経営研究センター」は、製造業のみならずサービス業も含めた企業の開発・生産等の活動を、「設計情報の創造と転写」の流れと読み替える、「広義のものづくり分析」を試みてきた。また、企業が歴史を踏まえて構築してきた「ものづくり組織能力」と、製品・工程の設計思想、すなわち「アーキテクチャ」の「相性」が良い場合に、国際競争力が発揮されるとする「アーキテクチャの産業論」を提起した。

一般に、国の特性と産業の特性の相性が良い場合に、その産業はその国で競争優位を持ちやすい。リカードの比較優位説では、「相性の良さ」は暗に労働生産性で示された。ヘクシャー＝オリーンら新古典派は、生産性が一定なら、ある生産資源（例えば労働力）をより多く有する国はその資源を多く使う産業（例えば労働集約産業）と相性がよいと主張した。しかし前述のように、一部の技術集約型製品で日本が東アジア諸国に逆転されるなど、近年は既存の理論枠組では説明しにくい現象が多発している。

そこで我々は、現場発の立場から「組織能力とアーキテクチャの相性」に着目する。具体的には、ヒト・モノ・カネが不足した戦後に市場の急成長に直面した日本のものづくり企業は、経済合理的に長期取引・長期雇用を選択し、その帰結として、「統合力」（チームワーク型の組織能力）を構築する傾向があったと考える。すなわち、現場で複数の作業をこなす多能工が連携して生産性や品質を高める、チームワーク型の組織能力を構築する傾向があったと考えるのである。

## 製品アーキテクチャ論と国際貿易論の実証分析

一方アーキテクチャでは、乗用車のように製品機能と製品構造の関係が複雑に錯綜した「擦り合わせ（インテグラル）型」と、パソコンなど機能と構造の関係が一对一にすっきり対応した「組み合わせ（モジュラー）型」を両極の理念型と考え、「統合力」が偏在する日本は、「擦り合わせ」寄りの製品で競争優位を持つ傾向があると考えた。これが「アーキテクチャの比較優位」仮説である。

この仮説は、日本の産業競争力の実態に対して、追加的な説明力を持ちうるか。まだ探索的研究の段階だが、東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センターは、経済産業省と共同で、自動車、家電・電子製品、部品、産業機械、化学、鉄鋼、繊維、食品・飲料等、組立製品系とプロセス製品系の双方を含む企業を対象に、サーベイ調査を行った。分析の一部は 2005 年版「ものづくり白書」に掲載されたが、本稿ではその後の成果をまとめている。

アーキテクチャの測定指標として、各製品について、部品設計は製品特殊的か、接続部分は社内専用規格か、設計パラメターの相互調整を要するか、等々、12 項目を設け、企業の製品担当者による主観的な 5 段階評価を尋ねた。次に、主成分分析によって、各スコアの整合性をチェックし、その合成変数として、各製品におけるアーキテクチャのインテグラル度（あるいはモジュラー度）を推定した。さらに、国際競争力の指標として輸出比率を問い、インテグラル度と、従来の分析で多用される労働集約度（労働分配率）で説明する回帰分析を試みた。以上の結果を要約すると以下の通りである。

第一に、インテグラル度の回帰係数は、組立製品・プロセス製品とも正の符号が得られ、統計的にも有意（1%水準）であり、日本は「擦り合わせ型」に近いほど輸出競争力が高いという我々の仮説と整合的であった。また、組立製品については、労働集約度を説明変数に加えても同様であった。

第二に、輸出比率に対する労働集約度の回帰係数の符号は、プロセス製品では明確な傾向を見い出せなかったが、組立製品では、符号が正で、統計的にも有意であった。これは、組立製品では、労働集約度が高いと輸出競争力が高くなることを意味する。なお、海外販売比率（ $= (\text{輸出} + \text{海外生産}) / (\text{国内生産} + \text{海外生産})$ ) を被説明変数としても、輸出比率の場合とほぼ同様の結果を得た。

日本は、最大の貿易相手国中国と比べれば労働力が少ないから、日本は労働集約的な組立製品ほど輸出競争力が強い、という結果は意外かも知れない。しかし、労働力には長期雇用が醸成する多能工の労働力と、短期で動く単能工の労働力があり、日本は前者の人的資源が豊富だ、と考えれば辻褄が合う。実際、トヨタ方式が代表するように、日本の組立産業では、多能工を養成して資本設備をスリム化する現場が競争力を持つのである。

以上はまだ暫定的な結論であり、過去の色々な研究との比較、サンプルを増やした追試が

必要だが、少なくとも、「組織能力とアーキテクチャの相性」という従来見過ごされていた現場発の論理を、比較優位の説明論理に加えることには意味がありそうだ。

最後に、この結果の実践的含意を述べる。第一に、ある国の企業が、長期雇用の下での能力構築競争で鍛えられた「統合力」という組織能力を傾向として持つ場合、擦り合わせ型アーキテクチャの製品を国内に立地させた方が、その拠点は輸出競争力を持ち、国内に存続しやすい。「市場で作る」というもう一つの原則から、擦り合わせ製品の海外生産も増えるが、海外生産を含む海外販売比率を見ても、擦り合わせ製品の方が高いのである。

第二に、日本企業は、国内における多能工的な労働力の養成を怠ってはいけない。低成長下の数量変動対応で非正規従業員を増やさねばならないなら、非正規従業員の多能工化を極力進めるべきである。

むろん、現実の産業構造は個別企業の能力構築努力、戦略選択、環境変化などの累積的な産物であり、以上の結果はあくまで傾向を示すものでしかない。しかし、「日本が得意としがちな製品は何か」という問いに対するこうした現場発の指針は、企業がぶれのない工場立地の決定を行う上でも必要ではなかろうか。

## 1. アーキテクチャ・スペクトルの定義

本章では、本センターと経済産業省の共同調査による企業アンケートの回答を活用して、アーキテクチャ・スペクトルを定義する。企業アンケートでは、製品の内部アーキテクチャに関する問1で、製品が「部品設計が製品特殊的吗」、「接続部分が社内専用規格か」、「設計パラメーターの相互調整を要するか」等、12項目の設問について、主観的な評価を企業の製品担当者に聞いている。

アンケート回答の製品を組立製品とプロセス製品グループに分け、それぞれに主成分分析を行って得られた主成分ファクターをアーキテクチャ・スペクトルと定義した。

製品特性の違いを考慮し、また、実証分析の視点から、回答を求めた設問が異なるため、組立製品とプロセス製品に分けた。組立製品には質問票問1の12項目すべての設問に回答をもとめ、プロセス製品には(6)から(12)までの6つの設問のみ回答を求めたのである。なお両製品とも、(13)で総合評価を問うた(質問票問1の(1)~(13)の内容は、補論2を参照)。

製品のインテグラル度明確化を目的とした質問票問1の(1)~(12)について、質問整理の妥当性と、アーキテクチャ・スペクトル指標の作成を検証するため、主成分分析を行った。分析対象は、アンケートの回答を得た33社254製品であり、その内訳は組立製品173、プロセス製品81である。

表 1 主成分分析 (1)

	第一主成分	第二主成分	第三主成分
累積寄与率	0.39	0.51	0.60
1(1)	0.778	0.080	0.243
1(2)	0.651	0.063	0.052
1(3)	0.641	0.063	0.052
1(4)	0.510	0.136	0.548
1(5)	0.668	0.172	0.228
1(6)	0.500	0.269	0.191
1(7)	0.207	0.074	0.753
1(8)	0.346	0.039	0.751
1(9)	-0.025	0.535	0.661
1(10)	0.323	0.792	0.062
1(11)	0.414	0.707	-0.057
1(12)	-0.006	0.820	0.310

出所)東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター

表 1.に示すのは、組立製品 173 製品に対して主成分分析を行った結果であり、累積寄与率 0.60 の段階で 3 つの主成分が抽出された。第 1 主成分は(1)～(6)、第 2 主成分は(7)～(9)、第 3 主成分は(10)～(12)によって構成されている。累積寄与率の各段 1(1)～1(12)は質問票問 1 の(1)～(12)の設問の成分行列（バリマックス回転後）を示す。

設問(1)～(6)では、ほとんどの設問で第一主成分が最も大きな値を示しており、第一主成分に依存した設問項目とみることができる。第一主成分は、設問を総合すると「製品設計の機能・構成部品・インターフェース相互依存度」の因子と考えられる。設問(10)～(12)は、第二主成分が最も大きな値を示し、第二主成分に依存した設問項目とみられる。設問内容から「生産設備の相互依存度」因子と呼ぶ。設問(7)～(9)は、第三主成分が最大値、第三主成分に依存した設問項目であり、設問内容から「開発・生産工程の相互依存度」因子と命名する。

表 2.に示したのはプロセス製品 81 サンプルの設問(7)～(12)に関する分析結果である。プロセス製品は、(1)～(6)の設問には回答を求めなかったサンプルなので、設問(7)～(12)の回答で主成分分析を行った。

表 2 主成分分析 (2)

	第一主成分	第二主成分
累積寄与率	0.43	0.71
1(7)	-0.037	0.711
1(8)	0.033	0.850
1(9)	0.497	0.629
1(10)	0.887	0.117
1(11)	0.818	-0.331
1(12)	0.833	0.307

出所)東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター

プロセス製品では、累積寄与率 0.71 の段階で、2つの主成分が抽出された。第一主成分は寄与率 0.43 で設問(10)(11)(12)によって構成されており、第二主成分は寄与率 0.27 で設問(7)(8)(9)から構成されている。すなわちプロセス製品の第一主成分は、組立製品の第二主成分にあたる「生産設備の相互依存度」因子が第一主成分であり、組立製品の第三主成分にあたる「開発・生産工程の相互依存度」因子が第二主成分に相当した。

## 2. 製品別アーキテクチャ・スペクトル

### (1) 組立製品

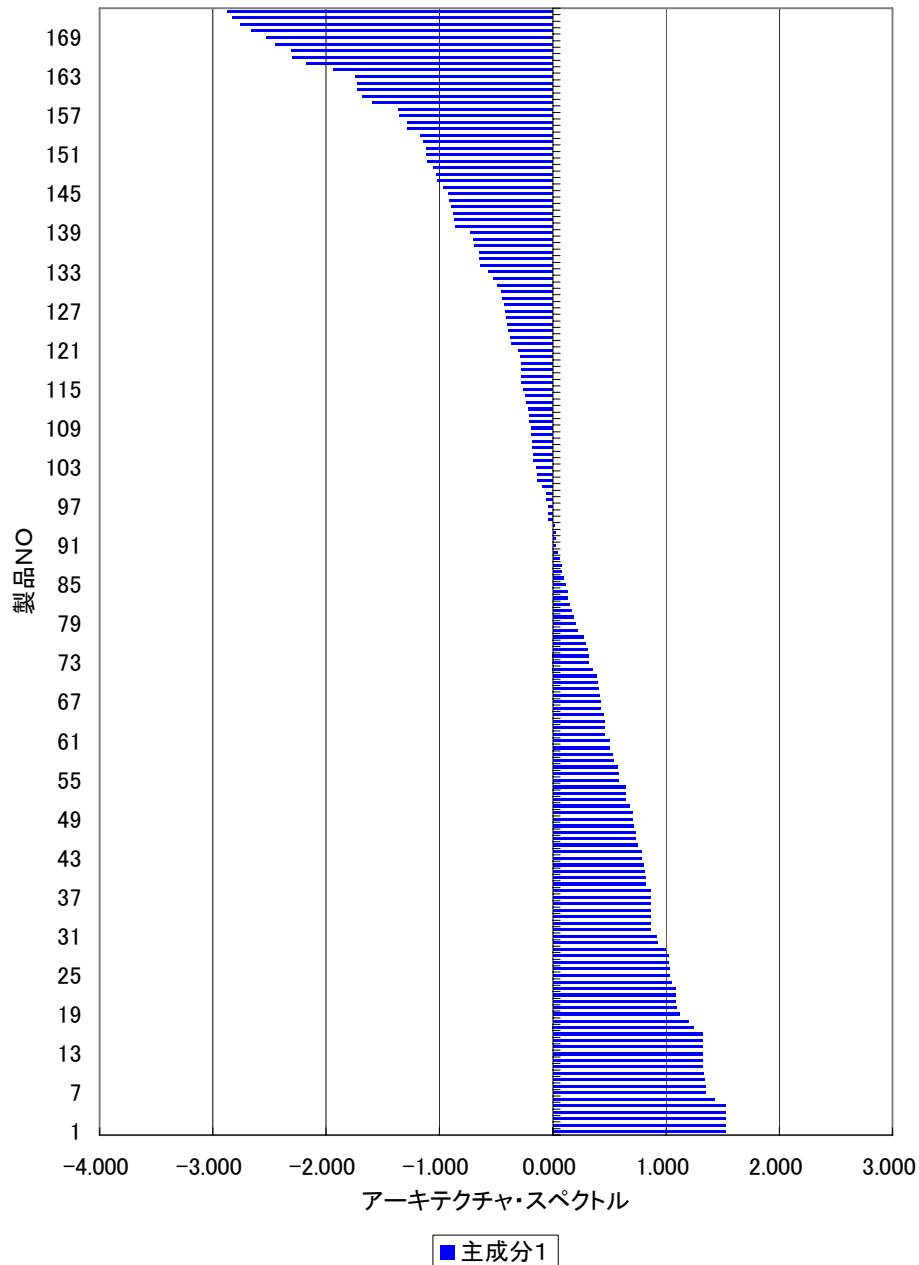
組立製品のアーキテクチャ・スペクトルは図 1 に示すとおりである。

アーキテクチャ・スペクトルの最大値（最もインテグラル度の高い値）は 1.527 であり、5 製品がこの値となった。製品の種類は、品目名称で、回転電気機械（原子力関係）、特殊産業機械、軸受、自動車部品（機関部品、空調部品）等であり、従来からインテグラル・タイプといわれている製品である。スペクトル値がプラス・スコアの製品はインテグラル度の高いタイプの製品群と考えられ、1.320 から 0.863 の間に乗用車完成車が入っている。スペクトル値がプラスとなったその他の製品は、電子部品、精密機械、通信機械など、いずれもインテグラル型と見られる製品である。

一方スペクトル値がマイナスの製品は、モジュラー度が高い製品であり、民生用電子・電気機械、食品・飲料などの製品が該当している。スペクトル値の最も小さい値は-2.874 であり、製品は船舶・同機関である。また、-2.5 を下回る製品は、電気計測器、エアコン、パソコン、機械工具など、従来からモジュラータイプの製品と見られている製品がリストされた。



図1 アーキテクチャ・スペクトル(1) (組立製品)



出所)東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター

次に、アーキテクチャ・スペクトルとアンケートにおける「インテグラル」「モジュラー」の総合評価についての相関分析を示す。

被説明変数 (Y) は企業製品アンケートの問 1 (13) の総合評価であり、その回答は 1~5 の 5 段階数値回答だが、それぞれの数値に以下の意味を付して回答を求めた (但し、総合評

価では3:の回答は回避)。また、説明変数(X)は主成分ファクターで計算したアーキテクチャ・スペクトルである。

- 1:「インテグラル=擦り合わせ」全くその通り、
- 2:「インテグラル=擦り合わせ」やや近い
- 3:「インテグラル=擦り合わせ」「モジュラー=組み合わせ」どちらともいえない
- 4:「インテグラル=擦り合わせ」やや違う
- 5:「インテグラル=擦り合わせ」全く違う

総合評価(Y)とアーキテクチャ・スペクトル(X)の回帰分析結果は、以下に示す通りである。アーキテクチャ・スペクトルが大きい値のときには、総合評価は1,2の回答が多く、その製品は「インテグラル=擦り合わせ」の製品タイプであるとの回答と相関関係があり、アーキテクチャ・スペクトルが小さい値のときは、総合評価は4,5の回答が多く、その製品は「モジュラー=組み合わせ」タイプの製品であるとの回答と相関関係があると理解できる。

**(組立製品の場合)**

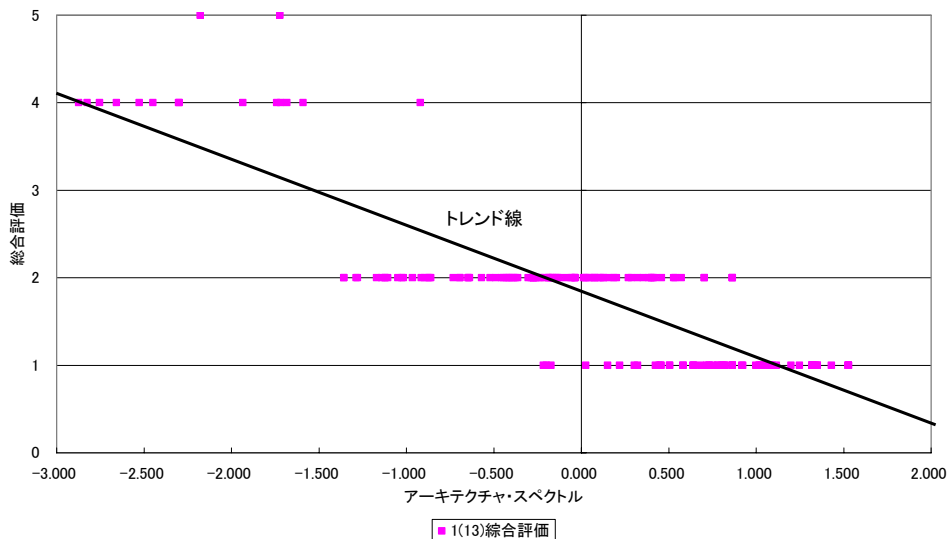
(Y:総合評価、X:アーキテクチャ・スペクトル)

$$Y = (-0.748) * X + 1.82 \quad (N=173, \text{決定係数}: 0.720, \text{相関係数}: 0.850)$$

$$(-21.05) \quad (51.3)$$

((注) 回帰係数の下段 () 内は t-値、Nはサンプル数、以下の回帰式では同じ意味)

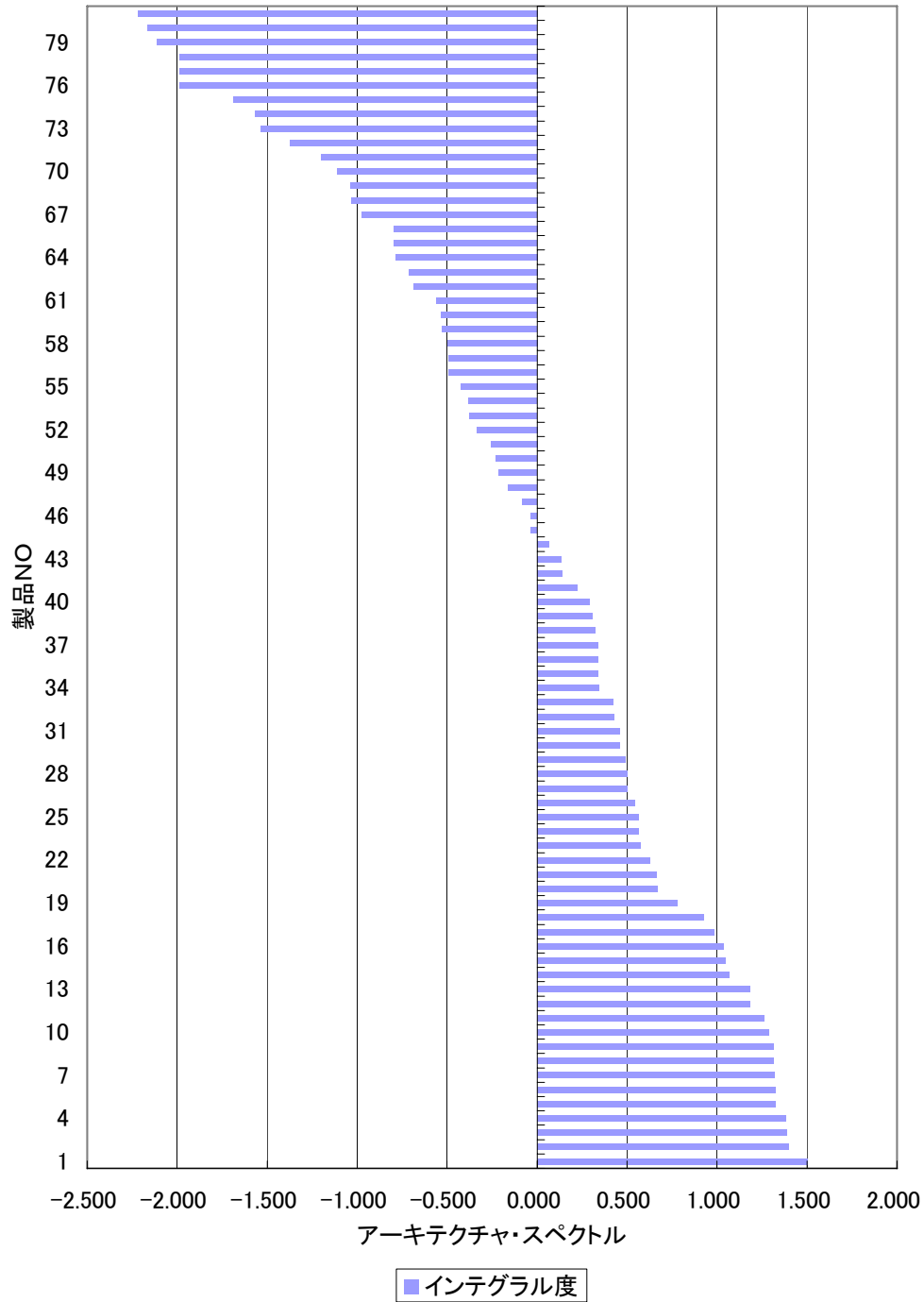
**図2 総合評価とアーキテクチャ・スペクトルの散布図 (組立製品)**



出所)東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター

(2) プロセス製品

図3 アーキテクチャ・スペクトル (2) (プロセス製品)



出所)東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター

プロセス製品のアーキテクチャ・スペクトルは図3に示した。プロセス製品の中で、最もアーキテクチャ・スペクトルの大きい値（インテグラル度の高い値）は1.503であり、次いで1.300台に8製品がリストされる。それらの品目名称は、銅電線、炭素繊維、合成繊維、合成ガラス、合成ゴムなど特殊加工型プロセス製品であり、プロセス製品のなかでもインテグラル・タイプの製品群と考えられる。また、スペクトル値がプラス・スコアの製品はインテグラル度の高いタイプの製品と考えられるが、81製品のうち44製品がプラス値を示した。一方スペクトル値がマイナスの製品は、モジュラー度が高い製品であり、酒類・飲料、プラスチックなどの製品がマイナスである。スペクトル値の最小値は-2.218であり、製品は炭酸飲料である。なお、プロセス製品のアーキテクチャ・スペクトルの値は、組立製品に比べて分散幅が小さい傾向にある。

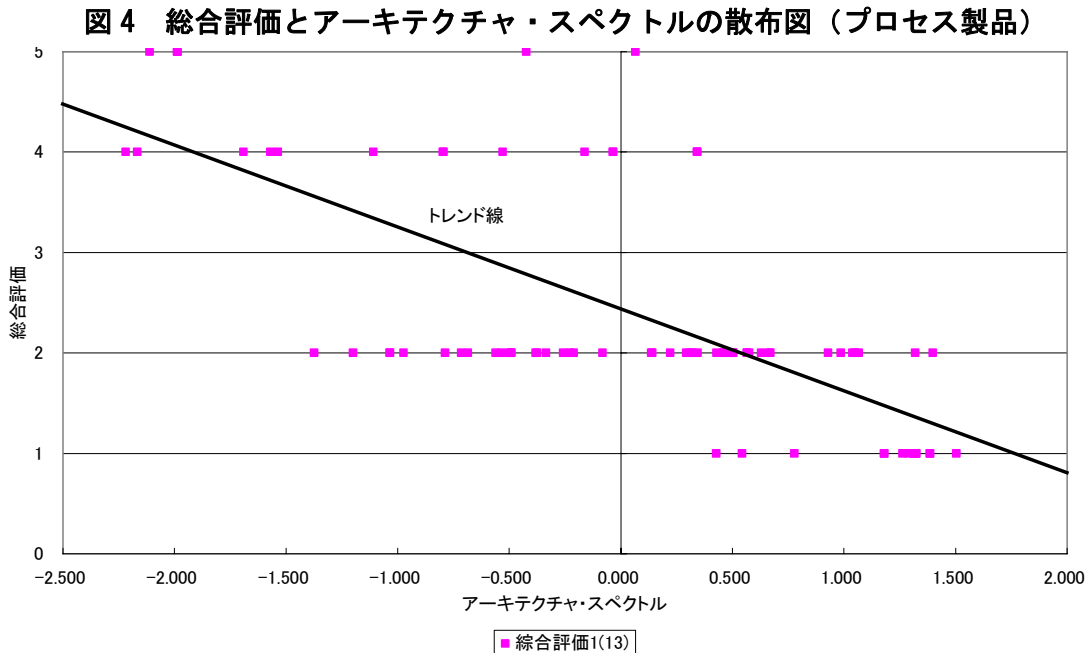
次に、組立製品と同様に、プロセス製品についても、アーキテクチャ・スペクトルとアンケートの「インテグラル」「モジュラー」の総合評価の相関分析を行う。

(プロセス製品の場合)

(Y：総合評価、X：アーキテクチャ・スペクトル)

$$Y = (-0.809) * X + 2.419 \quad (N=67, \text{決定係数} : 0.453, \text{相関係数} : 0.679)$$

(8.21)                      (24.7)



出所) 東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター

プロセス製品の場合、回帰分析の決定係数、相関係数は組立製品ほど高くないが、それでも全般的に、アーキテクチャ・スペクトルの値が大きいと「インテグラル＝擦り合わせ」、アーキテクチャ・スペクトルの値が小さいと「モジュラー＝組み合わせ」というトレンド関係が読み取れる。しかし、組立製品に比べてプロセス製品は、スペクトルと総合評価があまり一致していないという結果になった。アーキテクチャ・スペクトル値の-1.5 から 0.5 にかけては、総合評価 2 と 4 が重なる製品も見られる。これは、プロセス製品のアンケート回答者が「インテグラル」「モジュラー」の概念を十分理解していないか、またはプロセス製品の場合「インテグラル」「モジュラー」の概念による区分に無理がある可能性もあり、今後の検討課題であろう。

### 3. アーキテクチャ・スペクトルと輸出比率・海外販売比率

#### (1) 輸出比率

本章の目的は、藤本（2003,2004,2005）で指摘した、「統合型ものづくり」の組織能力を戦後に構築してきた多くの日本企業は「擦り合わせ型」の製品と相性が良く、したがって日本の純輸出財の多くは相対的に「擦り合わせ型」である、という概念の検証である。そのため本章ではアーキテクチャ・スペクトルとアンケート対象製品の輸出比率をマップして、アーキテクチャ・スペクトルが輸出比率の説明要因となる可能性を検討する。分析対象となるデータは、アーキテクチャ・スペクトルを描いた組立製品 173 製品と、プロセス製品 81 製品である。

図 5、図 6 は輸出比率とアーキテクチャ・スペクトルの散布図である。縦軸に輸出比率、横軸にアーキテクチャ・スペクトルをとって散布図を描いた。アーキテクチャ・スペクトルは、値が大きいほどインテグラル度が高く、値が小さいほどモジュラー度が高くなる指標だから、それぞれの図で右肩上がりの回帰線が確認できれば、「インテグラル度が高くなるほど、輸出比率が高くなる」という関係が確認できたといえる。回帰線を確認するため、輸出比率を被説明変数（Y）、アーキテクチャ・スペクトルを説明変数（X）として回帰分析を実施した。

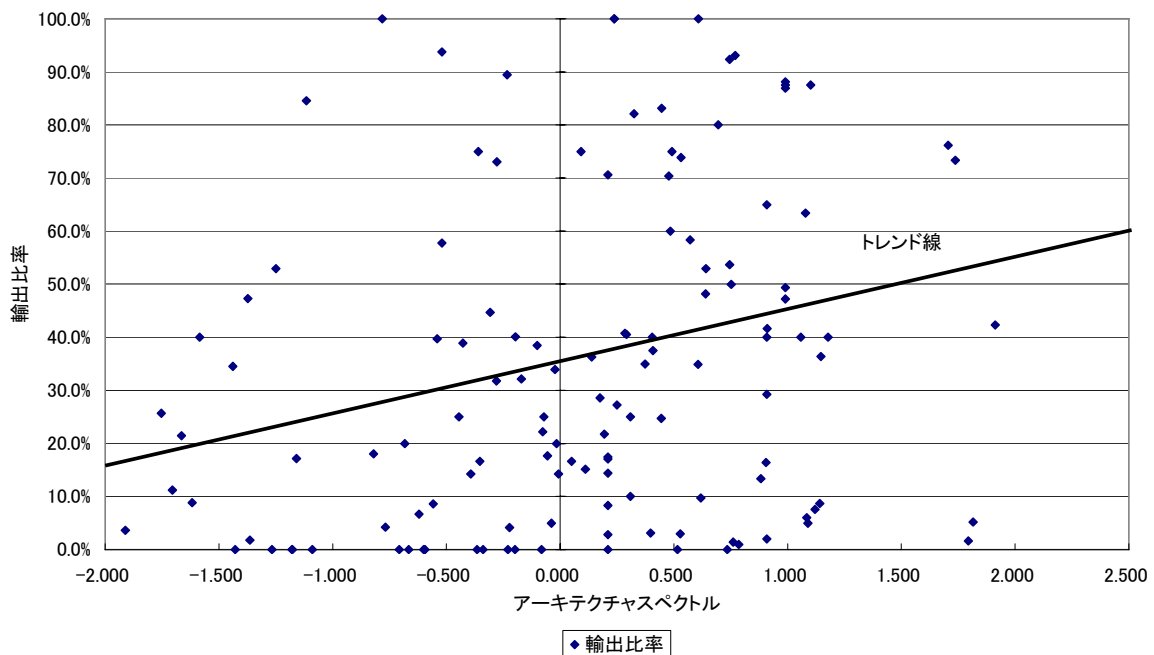
ただし、企業アンケートで、アーキテクチャ・スペクトルを算出する問 1 に回答している製品のうち、その製品の生産額、輸出額の回答のない製品が、組立製品では 173 製品のうち 31 製品、プロセス製品では 81 製品中 14 製品あり、これらは回帰分析のサンプルから外した。また、残りのサンプルのうち、明らかに輸出を考慮していない製品が 9 サンプルあり（例えば、ソフトウェア製品、国内向け…製品など）、これも回帰分析の対象から外した。以上の結果、組立製品 133 サンプル、プロセス製品 67 サンプルであり、このデータセットで回

帰分析を行った結果を以下で示した。

組立製品、プロセス製品とも説明変数Xの回帰係数の符号はプラスであり、t値も統計的検定に合格（1%有意水準）であり、そして、右肩上がりの回帰線が確認できた。

さらに、散布図を詳細に検討したところ、組立製品・プロセス製品を通じて、特定企業の製品が全体傾向から外れていることが分かった。その企業と製品群とは、自動車部品企業、自動車部品製品である。自動車部品の場合、海外自動車メーカー向け製品輸出は部品メーカー輸出とカウントされるが、日本自動車メーカー海外生産拠点向けの部品は、国内で自動車会社が部品を購入して輸出するので、自動車会社の海外輸出としてカウントされる。従って自動車部品メーカーの輸出競争力は、実力よりも低い輸出比率になる傾向がある。このため組立製品、プロセス製品とも、自動車部品会社のデータ全てに定数項ダミーを付し、回帰分析を実施した。その結果は以下に示すように、統計的有意性はさらに改善した。また、ダミー変数の回帰係数の符号条件はマイナスであり（定数項を引き下げる、すなわち輸出比率を下げる回帰係数となり、想定通り）、t値も統計的検定で有意性がある。

図5 アーキテクチャ・スペクトルと輸出比率の散布図（組立製品：133サンプル）



出所)東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター

(組立製品の場合)

(Y : 輸出比率、X : アーキテクチャ・スペクトル)

$$Y = 0.0840 * X + 0.334 \quad (N=133, \text{決定係数} : 0.066)$$

(3.22) (13.1)

(組立製品の場合)

(Y : 輸出比率、X : アーキテクチャ・スペクトル、D1 : 部品会社ダミー1)

$$Y = 0.0976 * X + 0.357 + (-0.304) * D1 \quad (N=133, \text{決定係数} : 0.128)$$

(3.82) (13.9) (-3.21)

(プロセス製品の場合)

(Y : 輸出比率、X : アーキテクチャ・スペクトル)

$$Y = 0.0871 * X + 0.186 \quad (N=67, \text{決定係数} : 0.133)$$

(3.33) (7.05)

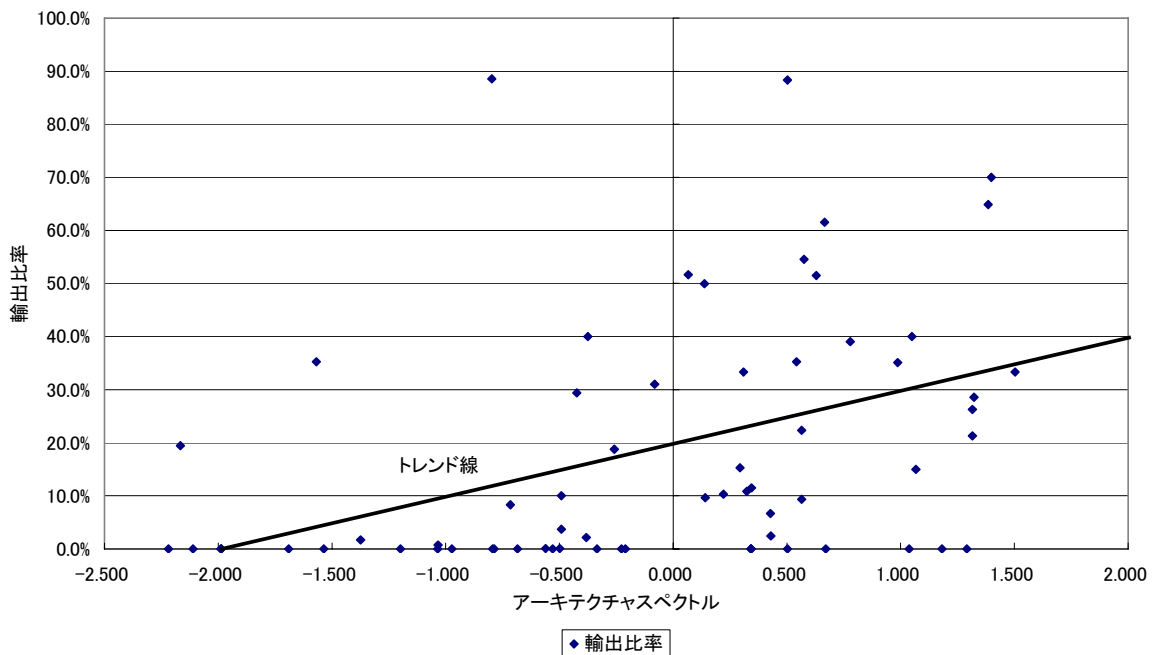
(プロセス製品の場合)

(Y : 輸出比率、X : アーキテクチャ・スペクトル、D2 : 部品会社ダミー2)

$$Y = 0.0996 * X + 0.207 + (-0.261) * D2 \quad (N=67, \text{決定係数} : 0.209)$$

(3.93) (7.85) (-2.69)

図6 アーキテクチャ・スペクトルと輸出比率の散布図 (プロセス製品 : 67 サンプル)



出所)東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター

なお、アーキテクチャ・スペクトルは、組立製品、プロセス製品とも主成分分析の「第一主成分の主成分ファクター」を使用している。

1章の主成分分析では、組立製品は第一主成分から第三主成分、プロセス製品では第一主成分と第二主成分が抽出されたが、以下の回帰分析結果に示すように、輸出比率と主成分ファクターの回帰分析では、「第一主成分の主成分ファクター」が最も妥当な相関関係、回帰係数のt値を示したためである。さらに、組立製品では、第一主成分、第二主成分、第三主成分ファクターを比較検討した結果、第一主成分ファクターのみが統計的検定に有意であったこと、プロセス製品では、第一主成分ファクターのパラメータ値と第二主成分のパラメータ値が逆の符号条件（第二主成分の符号条件はプラス）となり、想定と異なるため、第一主成分ファクターのみをアーキテクチャ・スペクトルとして採用した。

**(組立製品)**

(Y : アーキテクチャ・スペクトル、X1,2,3 : 第一、二、三主成分)

$$Y = 0.0839 * X1 + 0.334 \quad (N=133, \text{決定係数} : 0.066)$$

(3.22)      (13.1)

$$Y = 0.0054 * X2 + 0.333 \quad (N=133, \text{決定係数} : 0.0003)$$

(0.206)      (12.5)

$$Y = 0.0122 * X3 + 0.334 \quad (N=133, \text{決定係数} : 0.0014)$$

(0.441)      (12.6)

$$Y = 0.0843 * X1 + 0.0086 * X2 + 0.334 \quad (N=133, \text{決定係数} : 0.060)$$

(3.22)      (0.334)      (13.1)

$$Y = 0.0839 * X1 + 0.0084 * X2 + 0.0049 * X3 + 0.334 \quad (\text{決定係数} : 0.060)$$

(3.18)      (0.323)      (0.181)      (12.9)

((注) 回帰係数の下段 () 内は t-値、Nはサンプル数)

**(プロセス製品)**

(Y : アーキテクチャ・スペクトル、X1,2 : 第一、二主成分)

$$Y = 0.0871 * X1 + 0.186 \quad (N=67, \text{決定係数} : 0.133)$$

(3.34)      (7.05)

$$Y = 0.0094 * X2 + 0.177 \quad (N=67, \text{決定係数} : 0.0004)$$

(0.179)      (6.23)

$$Y = 0.1135 * X1 + (-0.0973) * X2 + 0.187 \quad (N=67, \text{決定係数} : 0.159)$$

(3.81)      (-1.75)      (7.20)

((注) 回帰係数の下段 () 内は t-値、Nはサンプル数)



## (2) 海外販売比率

海外生産が特に活発化している組立製品に注目するとき、国際競争力の指標として輸出比率だけでなく、海外販売比率を検討する必要がある。組立製品の場合、自動車関連産業は海外投資規模が大きいにも関わらず日本メーカーのほとんどがグローバル展開を志向している。また、エレクトロニクス関連業界は自動車業界より早く海外展開を開始して、投資負担も自動車産業に比べて小さく国際競争力が輸出比率よりも海外販売比率に依存している可能性が高い。これに対してプロセス製品の場合、海外生産は投資負担が重く、海外展開は組立製品より遅れている。このためプロセス製品は海外生産比率で国際競争力が語りにくい可能性がある。

海外販売比率を被説明変数 (Y)、アーキテクチャ・スペクトルを説明変数 (X) として回帰分析を行い、回帰線を確認した。データの欠損については、輸出比率と同様である。つまり、国内生産額と輸出額について回答のないサンプルは、海外生産額、輸入額についても回答がなく、回答のある企業は、海外生産額についても回答があった。従って回帰分析のサンプル数は、輸出比率のケースと同じである。

海外販売比率の定義は、以下の通りとした。

$$\text{海外販売比率} = (\text{輸出額} + \text{海外生産額}) / (\text{国内生産額} + \text{海外生産額})$$

以上から推定される回帰線は、以下の回帰式となる。

### (海外販売比率、組立製品の場合)

(Y : 海外販売比率、X : アーキテクチャ・スペクトル)

$$Y = 0.1004 * X + 0.401 \quad (N=133, \text{決定係数} : 0.088)$$

$$(3.72) \quad (15.1)$$

### (海外販売比率、組立製品の場合)

(Y : 海外販売比率、X : アーキテクチャ・スペクトル、D1 : 部品会社ダミー1)

$$Y = 0.1179 * X + 0.431 + (-0.389) * D1 \quad (N=133, \text{決定係数} : 0.184)$$

$$(4.55) \quad (16.5) \quad (-4.05)$$

### (海外販売比率、プロセス製品の場合)

(Y : 海外販売比率、X : アーキテクチャ・スペクトル)

$$Y = 0.1169 * X + 0.324 \quad (N=67, \text{決定係数} : 0.139)$$

$$(3.41) \quad (9.37)$$

### (海外販売比率、プロセス製品の場合)

(Y : 海外販売比率、X : アーキテクチャ・スペクトル、D2 : 部品会社ダミー2)

$$Y = 0.1303 * X + 0.347 + (-0.279) * D2 \quad (N=67, \text{決定係数} : 0.184)$$

$$(3.84) \quad (9.84) \quad (-2.15)$$

組立製品、プロセス製品ともアーキテクチャ・スペクトルの回帰係数はプラスとなり、統

計的有意性を保証する t 値が確認できる。特に組立製品の決定係数が、輸出比率の回帰分析結果より 0.02 ポイント上がっているのが注目される。組立製品については、輸出比率と同様の部品メーカーダミーを入れることにより、決定係数がさらに 0.10 ポイント改善されて 0.184 にまで上がった。プロセス製品の場合には、部品メーカーダミーは組立製品ほど有効ではなかったが、それでも t 値は統計的検定の有効範囲内であり、決定係数は上がっている。

#### 4. 生産要素変数の追加（組立製品について）

アーキテクチャ・スペクトルと輸出比率・海外販売比率の関係を見てきたのは、3章で述べたように、藤本（2003、2004、2005）で指摘した、「統合型ものづくり」の組織能力を戦後に構築してきた多くの日本企業は「擦り合わせ型」の製品と相性が良く、したがって日本の純輸出財の多くは相対的に「擦り合わせ型」である、という概念の検証である。

一方、国際貿易の標準的な理論は、国際貿易論におけるリカードの比較優位の原理から見た視点である。リカードモデルは、各国の労働生産性の相違が国際分業のパターンを決定することを示した。その後国際貿易論では、労働生産性のみでなく、複数の生産要素を考慮したヘクシャー・オリーン・モデルが提示された。このモデルの定理は「各国は自国に相対的に豊富に賦存する生産要素を、集約的に生産に使用した財を輸出する」（竹森俊平「国際経済学」）（東洋経済新報社）と要約される。

そこで本章では、3章までに見てきた「アーキテクチャと輸出比率・海外販売比率」の分析に、追加的に生産要素の概念を取り込み、輸出比率、海外生産比率とアーキテクチャ・スペクトル、生産要素の相関関係のパフォーマンスを検討する。なお、4章以下では、アーキテクチャ・スペクトル指標の用語は、指標の数値が高まるとインテグラル度が高まるという意味でアーキテクチャ・インテグラル度という用語で統一した。

生産要素のデータは、いままで使用してきた企業アンケート回答の製品別 TFP（全要素生産性）を分析するために用意した設問群の中で、以下の4つの設問項目から定義した。

- (1) 製品売上高
- (2) 製品の購入原材料費
- (3) 製品の外注費
- (4) 製品の総雇用者支払い賃金

付加価値額、労働分配率、資本分配率は以下の計算式から定義した。

製品付加価値額＝製品売上高－製品の購入原材料費－製品の外注費

製品労働分配率＝製品の総雇用者支払い賃金 / 製品付加価値額

製品資本分配率＝1－製品労働分配率

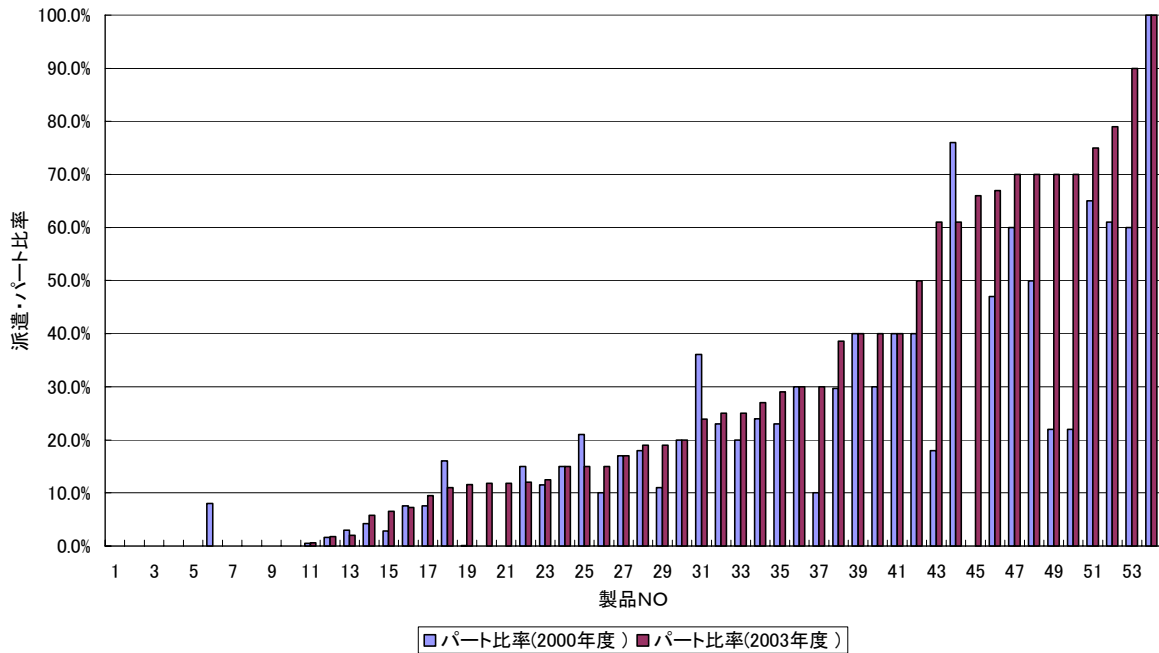
製品の労働分配率と資本分配率の合計は 1.0 になると定義（生産関数として一次同次の生

## 製品アーキテクチャ論と国際貿易論の実証分析

産関数（コブ・ダグラス型生産関数）を想定）、製品の生産要素は労働投入要素と資本投入要素のみであるとの前提である。したがって被説明変数（Y）が輸出比率となると、労働分配率の説明変数（R1（組立製品）、R2（プロセス製品））の回帰係数の符号がプラスの場合、労働分配率が高いほど輸出比率が高く、回帰係数の符号がマイナスの場合、労働分配率が低いほど輸出比率が高い（資本分配率が高いほど輸出比率が高い）ことを意味する。

輸出比率の回帰分析においてサンプル数の欠損があったが、生産要素のデータ作成では、さらにサンプル数の欠損が増えた。製品別の付加価値額、総雇用者支払い賃金のデータはないとの回答が多かったためである。組立製品では輸出比率分析の 133 サンプルから 77 サンプル減って、56 サンプルによる回帰分析となった。プロセス製品では 67 サンプルから 24 サンプル減り、43 サンプルの回帰分析である。なお、自動車部品会社ダミー変数は、該当製品がサンプル欠損で失われたため不要となった。

図 7 製品別派遣・パート比率（組立製品）



出所)東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター

つぎに、(4) 製品の総雇用者支払い賃金は、「正社員」に対する支払い賃金を想定して回答をお願いしたが、アンケート回答の中には「派遣社員・パート」などを含んだ総人件費が記入されている可能性も否定できない。特に図7に示したように、組立製品については近年「派遣社員・パート」比率（(派遣・パート) / (正社員+派遣・パート)）は高まっているので、注意が必要である。

図7は輸出比率の回帰分析に採用している組立製品の「派遣社員・パート」比率の図である。1/2に近い製品の派遣・パート比率が30%以上になっている。特に組立製品は、「派遣社員・パート」比率が50%をこえる製品がかなり多い。

以上を踏まえ、全サンプルにおける製品の総雇用者支払い賃金の想定を確認するために、以下の手順でチェックを行った。

アンケート票では、上記の(1)から(4)のほかに、(5)当該製品の雇用者数、(6)当該製品の正社員と派遣社員・パートの比率（定義：派遣・パート / (正社員+派遣・パート) \* 100 (%)）を問うている。この質問に対する回答を使い、以下の手順でデータセットを調整し、労働分配率データとした。

手順1：派遣・パート比率が30%以下の製品は、アンケート回答どおりのデータを使う。

手順2：派遣・パート比率が30%以上の製品は、次の計算で求める賃金率を定義する。

$$\text{賃金率} = \text{製品の総雇用者支払い賃金} / \text{当該製品の雇用者数}$$

賃金率が300万円以下のデータは、製品の総雇用者支払い賃金にパート・派遣の支払い賃金が含まれるものとして、推計データから除外する。賃金率のサンプル平均値は800万円 / 人であり、300万円以下となる製品は、正社員より賃金率の低い派遣・パートの支払い賃金と従業員数に派遣・パート人数が含まれている可能性が高いと考えるためである。手順2により欠損となるデータは、組立製品4サンプル、プロセス製品では0サンプルであった。

手順3：上記手順により4サンプルを除いた、組立製品52サンプルで、インテグラル・アーキテクチャ度と労働分配率で回帰分析をした。

(組立製品の場合：輸出比率)

(Y：輸出比率、X：インテグラル・アーキテクチャ度)

$$Y = 0.1468 * X + 0.338 \quad (N=52, \text{決定係数} : 0.136)$$

$$(3.01) \quad (8.81)$$

(組立製品の場合：輸出比率)

(Y：輸出比率、X：労働分配率 R1)

$$Y = 0.7378 * R1 + 0.247 \quad (N=52, \text{決定係数} : 0.073)$$

$$(2.24) \quad (3.81)$$

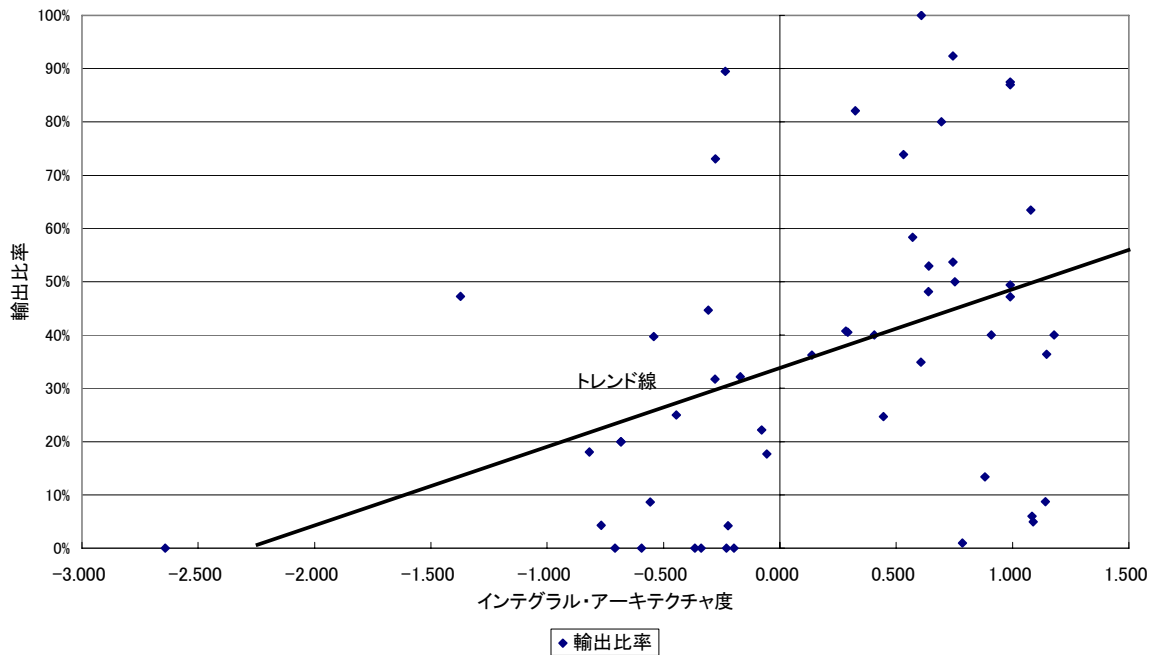
(組立製品の場合：輸出比率)

(Y：輸出比率、X：インテグラル・アーキテクチャ度、R1：労働分配率)

$$Y = 0.1569 * X + 0.207 + 0.819 * R1 \quad (N=52, \text{決定係数} : 0.236)$$

(3.40)            (3.44)    (2.74)

図8 輸出比率とインテグラル・アーキテクチャ度の散布図（組立製品：52 サンプル）



出所) 東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター

以上の結果で注目される点は、まず、組立製品は労働分配率の変数を追加してもインテグラル・アーキテクチャ度の変数 (X) の符号条件が変わらないこと (つまり X の値が大きいほど (インテグラル度が高いほど) 輸出比率が高い) であり、さらに労働分配率変数追加前より、追加後のほうがインテグラル・アーキテクチャ度の t-値が上がっていることである。また、インテグラル・アーキテクチャ度の変数の回帰係数の t-値は高く 3.0 以上であり、1% の統計的有意性をクリアしている。これは、インテグラル・アーキテクチャ度の変数は生産要素の変数とは独立しており、国際競争力の指標として有意であることを示している。

従来、経済学的な意味合いから労働生産性の国際比較、あるいは生産要素の賦存量の相对比较からだけなされてきた国際競争力の議論に対して、製品アーキテクチャの比較優位論 (インテグラル・アーキテクチャ度の有効性) が追加的に検討される余地があることが示されたといえるだろう。

次に、労働分配率の回帰係数の符号が、組立製品でプラスとなったことが注目される。これは、組立製品では労働分配率が高いほど輸出比率が高くなる、つまり資本よりも労働投入が高いほど輸出比率が高まり輸出競争力が高い製品となることを意味している。また、労働分配率の変数の回帰係数のt値は2.7を越えておりt検定の1%信頼限界をクリアしている。

次に輸出比率と同様の説明変数の組み合わせで、海外販売比率の回帰分析を実施した結果は以下の通りである。

**(組立製品の場合：海外販売比率)**

(Y：海外販売比率、X：インテグラル・アーキテクチャ度)

$$Y = 0.1262 * X + 0.455 \quad (N=52, \text{決定係数} : 0.086)$$

$$(2.40) \quad (11.1)$$

**(組立製品の場合：海外販売比率)**

(Y：海外販売比率、X：労働分配率 R1)

$$Y = 0.4426 * R1 + 0.407 \quad (N=52, \text{決定係数} : 0.011)$$

$$(1.24) \quad (5.82)$$

**(組立製品の場合：海外販売比率)**

(Y：海外販売比率、X：インテグラル・アーキテクチャ度、R1：労働分配率)

$$Y = 0.1325 * X + 0.373 + 0.5112 * R1 \quad (N=52, \text{決定係数} : 0.109)$$

$$(2.55) \quad (5.51) \quad (1.51)$$

海外販売比率の回帰分析推定結果は、総じて輸出比率の回帰分析の推定結果より悪い。これはサンプル数 N=133 サンプルの時には、組立製品では輸出比率とインテグラル・アーキテクチャ度の回帰分析結果よりも、海外販売比率とインテグラル・アーキテクチャ度の回帰分析結果のほうが、統計的検定のパフォーマンスが良かった結果と逆である。この原因として考えられるのは、労働分配率のデータが、国内生産の総雇用者支払い賃金から作成されているため、海外生産の労働分配率の情報が反映されていないためとも考えられる。

最後に、サンプルデータのバイアスチェックの意味で自動車のデータをダミー変数処理した回帰分析の結果を示す。組立製品には、自動車完成車（乗用車）のサンプルが、52 サンプル中に 4 サンプルある。日本の場合、乗用車は典型的インテグラル製品といわれ、また、輸出比率も高い。したがって、上記の推計結果が乗用車データに影響されたバイアスを持っている可能性もあるので、乗用車データ 4 サンプルにダミー変数（定数項ダミー）処理を行い、回帰分析を実施してみた。結果は以下に示すとおりで、インテグラル・アーキテクチャ度、労働分配率の回帰係数の t 値は下がったが、両変数とも 2.0 よりも大きい t 値になっており、5%の信頼限界で t 検定には合格している。つまり、乗用車データを除いても除かな

## 製品アーキテクチャ論と国際貿易論の実証分析

くても、組立製品回帰分析は同様な傾向を持つ推定結果になっているといえる。

(組立製品の場合)

(Y：輸出比率、X：インテグラル・アーキテクチャ度、R1：労働分配率、D1：乗用車ダミー)

$$Y = 0.1265 * X + 0.219 + 0.626 * R1 + (+0.308) * D1$$

(2.73)            (3.77)    (2.08)            (2.25)

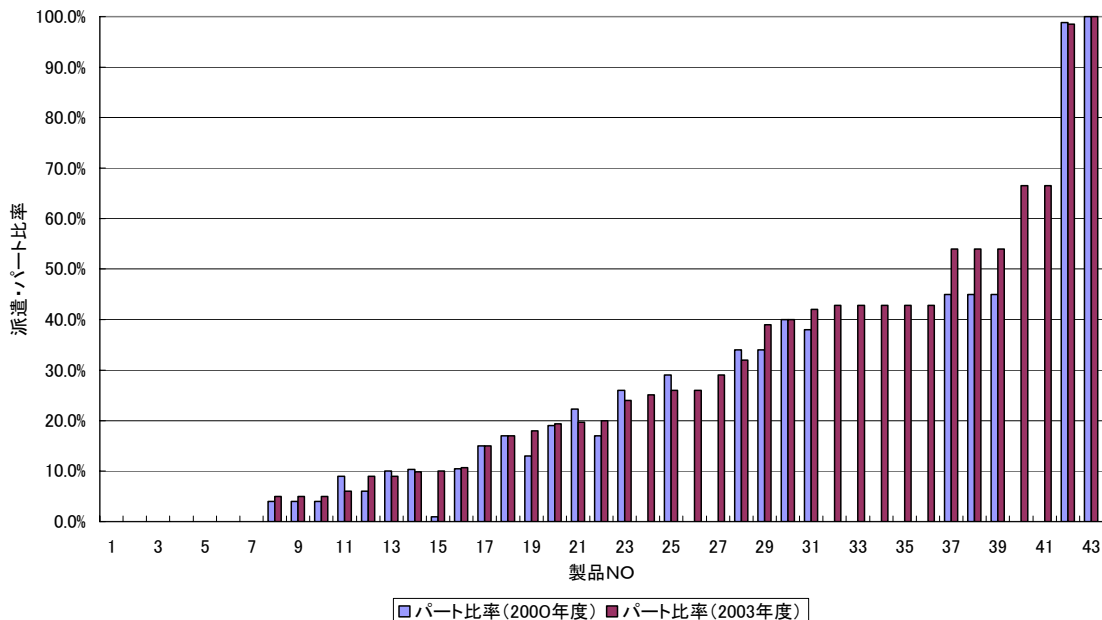
(N=52、決定係数：0.294)

### 5. 生産要素変数の追加（プロセス製品について）

組立製品の生産要素変数の追加回帰分析においてデータの欠損があったが、プロセス製品では 67 サンプルから 24 サンプル減り、43 サンプルの回帰分析である。なお、自動車部品会社ダミー変数は、該当製品がサンプル欠損で失われたため不要となったことは組立製品と同様である。

つぎに、組立製品と同様に、総雇用者支払い賃金のチェックを実施した。図 9 は輸出比率の回帰分析に採用しているプロセス製品の「派遣社員・パート比率」の図である。1/2 に近い製品の派遣・パート比率が 30%以上になっているのは組立製品と同様である。

**図 9 製品別派遣・パート比率（プロセス製品）**



出所)東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター

以上を踏まえ、組立製品と同様の手順で賃金率のチェックを行ったが、プロセス製品につ

いてはチェックによるデータの欠損はなかった。

つぎにプロセス製品について生産要素の変数を追加して回帰分析を実施してみた結果をまとめてみた。プロセス製品では 67 サンプルから 24 サンプル減り、43 サンプルの回帰分析である。輸出比率 (Y) とインテグラル・アーキテクチャ度 (X) の回帰分析を見ると、以下の通りである。

(プロセス製品の場合：輸出比率)

(Y：輸出比率、X：インテグラル・アーキテクチャ度)

$$Y = 0.1184 * X + 0.1888 \quad (N=43, \text{決定係数} : 0.324)$$

$$(4.06) \quad (6.84)$$

(プロセス製品の場合：輸出比率)

(Y：輸出比率、R2：労働分配率)

$$Y = 0.2056 * R2 + 0.1268 \quad (N=43, \text{決定係数} : 0.005)$$

$$(0.88) \quad (6.84)$$

(プロセス製品の場合：輸出比率)

(Y：輸出比率、X：インテグラル・アーキテクチャ度、R2：労働分配率)

$$Y = 0.1195 * X + 0.194 + (-0.0314) * R2 \quad (N=43, \text{決定係数} : 0.307)$$

$$(4.42) \quad (4.31) \quad (-0.157)$$

以上の結果で注目される点は、プロセス製品でも労働分配率の変数を入れてもインテグラル・アーキテクチャ度の変数 (X) の符号条件が変わらないこと (つまり X の値が大きいほど (インテグラル度が高いほど) 輸出比率が高い) である。ただしプロセス製品の場合労働分配率の回帰係数の符号と t 値は不安定である。すなわち、輸出比率と労働分配率の回帰式では、労働分配率の回帰係数はプラスだが、インテグラル・アーキテクチャ度と労働分配率の 2 変数を説明変数とした場合、労働分配率の回帰係数はマイナスに代わっている、t 値も小さい。

次に輸出比率と同様の説明変数の組み合わせで、海外販売比率の回帰分析を実施した結果が以下の通りである。

(プロセス製品の場合：海外販売比率)

(Y：海外販売比率、X：インテグラル・アーキテクチャ度)

$$Y = 0.1450 * X + 0.301 \quad (N=43, \text{決定係数} : 0.308)$$

$$(4.44) \quad (8.52)$$

(プロセス製品の場合：海外販売比率)

(Y：海外販売比率、X：労働分配率 R2)



製品アーキテクチャ論と国際貿易論の実証分析

$$Y = 0.4634 * R1 + 0.1865 \quad (N=43, \text{決定係数} : 0.037)$$

(1.62)            (2.97)

(プロセス製品の場合：海外販売比率)

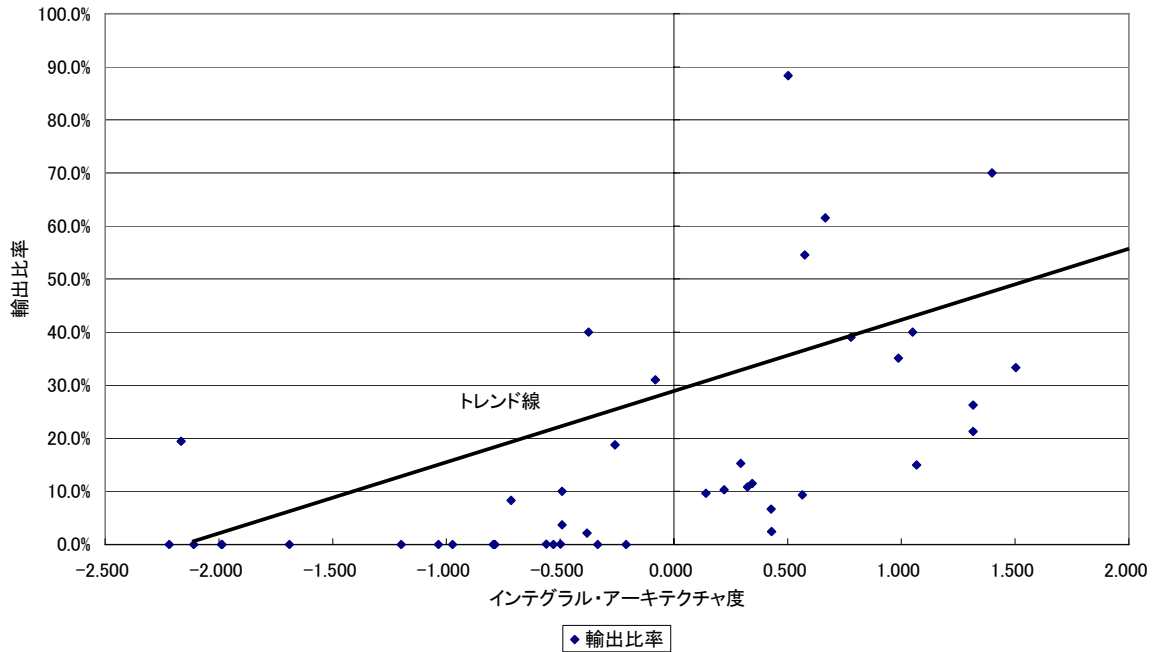
(Y：海外販売比率、X：インテグラル・アーキテクチャ度、R2：労働分配率)

$$Y = 0.1381 * X + 0.264 + 0.1893 * R2 \quad (N=43, \text{決定係数} : 0.301)$$

(4.05)            (4.66)    (0.75)

海外販売比率の回帰分析推定結果は、総じて輸出比率の回帰分析の推定結果と同様の結果になっている。つまり、インテグラル・アーキテクチャ度の回帰係数は安定的だが、労働分配率の回帰係数が不安定なこと、t値もよくないことに変わりはない。

図 10 輸出比率とインテグラル・アーキテクチャ度の散布図（プロセス製品：43 サンプル）



出所)東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター

## 6. まとめ

いままでの回帰分析の結果を、いくつかのカテゴリーでまとめて整理してみよう。

### (1) 輸出比率、海外販売比率について

製品の国際競争力の指標として、輸出比率と海外販売比率を採用して回帰分析を実施した。被説明変数については、組立製品、プロセス製品、説明変数はインテグラル・アーキテクチャ度と労働集約度（労働分配率）の2変数とした場合のまとめ表が表3である。

表3 回帰分析（アーキテクチャと労働集約度）の結果

製品タイプ	被説明変数 (Y)	説明変数 (X)		定数項	決定係数	相関係数	サンプル数
		インテグラル・アーキテクチャ度	労働集約度				
組立製品	輸出比率	0.1569 (3.40)**	0.819 (2.74)**	0.207 (3.44)	0.236	0.515	52
	海外販売比率	0.1325 (2.55)*	0.5112 (1.51)	0.3731 (5.51)	0.109	0.379	52
プロセス製品	輸出比率	0.1195 (4.42)**	-0.0314 (0.16)	0.1944 (4.31)	0.307	0.583	43
	海外販売比率	0.1381 (4.05)**	0.1893 (0.75)	0.2646 (4.66)	0.301	0.578	43

注: 下段()内はt-値。\*は5%水準で統計的に有意。\*\*は1%水準で統計的に有意。

出所)東京大学 21世紀 COE ものづくり経営研究センター

インテグラル・アーキテクチャ度の回帰係数は組立製品・プロセス製品、輸出比率・海外販売比率のすべてのケースについて、符号がプラスであり統計的検定もほぼ1%水準で有意になっている。インテグラル・アーキテクチャ度の回帰係数の頑健性（ロバストネス）は強いと言えよう。労働集約度については組立製品の輸出比率のみ統計的検定が1%水準で、その他では5%水準でも有意になっていないので推定結果は不安定である。

この表3からいえることは、「組立製品は、輸出競争力については、製品アーキテクチャのインテグラル度が高いほど輸出競争力が強く、労働集約度が高いほど輸出競争力が強くなる傾向がある」ということである。

### (2) 輸出比率・海外販売比率とそれぞれの説明変数について

組立製品、プロセス製品それぞれで、被説明変数を輸出比率、海外販売比率とし、説明変数をインテグラル・アーキテクチャ度と労働集約度とした場合の、全ての組み合わせの回帰

製品アーキテクチャ論と国際貿易論の実証分析

分析の結果を示したものが表4である。

説明変数の選び方は、最初にインテグラル・アーキテクチャ度の1変数で回帰分析、次に労働集約度の1変数で回帰分析、最後にインテグラル・アーキテクチャ度と労働集約度の2変数で回帰分析をした3パターンの結果を示している。第三番目のパターンは表3のまとめと同様の内容である。

表4 回帰分析（アーキテクチャと労働集約度）の結果

式番号	製品タイプ	被説明変数 (Y)	説明変数 (X)		定数項	決定係数	相関係数	サンプル数
			インテグラル・アーキテクチャ度	労働集約度				
1	組立製品	輸出比率	0.1468 (3.01)**		0.338 (8.81)	0.136	0.391	52
2		輸出比率		0.7378 (2.24)*	0.247 (3.81)	0.073	0.302	52
3		輸出比率	0.1569 (3.40)**	0.819 (2.74)**	0.207 (3.44)	0.236	0.515	52
4		海外販売比率	0.1262 (2.40)*		0.455 (11.1)	0.086	0.322	52
5		海外販売比率		0.4426 (1.24)	0.407 (5.82)	0.011	0.174	52
6		海外販売比率	0.1325 (2.55)*	0.5112 (1.51)	0.3731 (5.51)	0.109	0.379	52
7	プロセス製品	輸出比率	0.1184 (4.06)**		0.1888 (6.84)	0.324	0.583	43
8		輸出比率		0.2056 (0.88)	0.1268 (6.84)	0.005	0.136	43
9		輸出比率	0.1195 (4.42)**	-0.0314 (0.16)	0.1944 (4.31)	0.307	0.583	43
10		海外販売比率	0.1450 (4.44)**		0.301 (8.52)	0.308	0.507	43
11		海外販売比率		0.4634 (1.62)	0.1865 (2.97)	0.037	0.246	43
12		海外販売比率	0.1381 (4.05)**	0.1893 (0.75)	0.2646 (4.66)	0.301	0.578	43

注: 下段()内はt-値。\*は5%水準で統計的に有意。\*\*は1%水準で統計的に有意。

出所)東京大学 21世紀 COE ものづくり経営研究センター

組立製品・輸出比率で見た場合（式番号1、2）、インテグラル・アーキテクチャ度、労働集約度のそれぞれの回帰係数は符号がプラスで、統計的検定で有意な結果になっている。注目すべきは、インテグラル・アーキテクチャ度、労働集約度を同時に説明変数とした場合（式番号3）では、回帰係数のt-値がそれぞれ単独で回帰分析をした結果より大きい値となっており、統計的検定の有意性が高まっていることである。組立製品・海外販売比率で見た場合、輸出比率と同様にインテグラル・アーキテクチャ度、労働集約度の回帰係数は、符号はプラ

スである。ただし、労働集約度の回帰係数の t 値が小さくなっており、有意水準は 10～20% に下がる。相関関係は、相関係数で見て輸出比率は 0.51、海外販売比率はあまり高くなく 0.37 程度である。

プロセス製品・輸出比率で見た場合（式番号 7,8）インテグラル・アーキテクチャ度の回帰係数は符号がプラスで、統計的検定の結果も 1%水準で有意になっている。一方、労働集約度の回帰係数は式番号 8 では符号がプラスであり、式番号 9 ではマイナスである。回帰係数の t 値も小さい値であり、回帰係数が不安定であることを示している。海外販売比率の回帰分析の結果も輸出比率の結果と同様の傾向があるが、労働集約度の回帰係数の符号はプラスであり、t 値も輸出比率に比べれば大きい値となっている。相関関係は、相関係数で見ると、輸出比率、海外販売比率とも 0.58 程度であり組立製品の場合より高い。

**(3) 輸出比率の場合**

組立製品、プロセス製品とも輸出比率を被説明変数としたときの回帰分析結果をまとめたものが、表 5 である。

**表 5 輸出比率の回帰分析（アーキテクチャと労働集約度）の結果**

式番号	製品タイプ	被説明変数 (Y)	説明変数 (X)		定数項	決定係数	相関係数	サンプル数
			インテグラル・アーキテクチャ度	労働集約度				
1	組立製品	輸出比率	0.1468 (3.01)**		0.338 (8.81)	0.136	0.391	52
2		輸出比率		0.7378 (2.24)*	0.247 (3.81)	0.073	0.302	52
3		輸出比率	0.1569 (3.4)**	0.819 (2.74)**	0.207 (3.44)	0.236	0.515	52
4	プロセス製品	輸出比率	0.1184 (4.06)**		0.1888 (6.84)	0.324	0.583	43
5		輸出比率		0.2056 (0.88)	0.1268 (6.84)	0.005	0.136	43
6		輸出比率	0.1195 (4.42)**	-0.0314 (0.16)	0.1944 (4.31)	0.307	0.583	43

注：下段()内はt値。\*は5%水準で統計的に有意。\*\*は1%水準で統計的に有意。

出所)東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター

組立製品の場合、説明変数がインテグラル・アーキテクチャ度、労働集約度とも回帰係数は符号がプラスで、統計的検定も式番号 1,3 は 1%水準で有意、式番号 2 は 5%水準で有意である。相関関係は式番号 3 では相関係数が 0.51 まで高まっている。プロセス製品については、インテグラル・アーキテクチャ度の回帰係数は符号がプラスで統計的検定も 1%水準

## 製品アーキテクチャ論と国際貿易論の実証分析

---

で有意になるが労働集約度の回帰係数は推定結果が不安定であり、統計的検定でも有意水準に入っていない。ただし相関関係については、式番号 4 で相関係数が 0.58 であり組立製品より高い相関係数になっている。

表 5 で、回帰分析の結果から何が読み取れるかを考えると、第一に、インテグラル・アーキテクチャ度の回帰係数は、組立製品・プロセス製品とも符号が正で、統計的にも有意（1%水準）であった。これは、日本は「擦り合わせ型」に近いほど輸出競争力が高いという我々の仮説と整合的である。またこの結果は、労働集約度を説明変数に加えても変わらない。第二に、輸出比率に対する労働集約度の回帰係数の符号は、プロセス製品では明確な傾向は見い出せなかったが、組立製品では符号が正で、統計的にも有意であった。

参考資料 1 : 組立製品の回帰分析結果総括

組立製品 従属変数(Y)	独立変数(X)			定数項	決定係 数	相関係 数	サンプ ル数
	インテグラル 度	労働分配率	部品会社or (乗用車)ダ				
総合評価	-0.7480 (21.10)**			1.82 (51.3)	0.720	0.850	173
輸出比率	0.0840 (3.22)**			0.334 (13.1)	0.066	0.271	133
輸出比率	0.0976 (3.82)**		-0.304 (3.21)**	0.357 (13.9)	0.128	0.376	133
海外販売比率	0.1004 (3.72)**			0.401 (15.1)	0.088	0.309	133
海外販売比率	0.1179 (4.55)**		-0.389 (4.05)**	0.431 (16.5)	0.184	0.444	133
輸出比率	0.1468 (3.01)**			0.338 (8.81)	0.136	0.391	52
輸出比率		0.7378 (2.24)*		0.247 (3.81)	0.073	0.302	52
輸出比率	0.1569 (3.40)**	0.819 (2.74)**		0.207 (3.44)	0.236	0.515	52
海外販売比率	0.1262 (2.40)*			0.455 (11.1)	0.086	0.322	52
海外販売比率		0.4426 (1.24)		0.407 (5.82)	0.011	0.174	52
海外販売比率	0.1325 (2.55)*	0.5112 (1.51)		0.3731 (5.51)	0.109	0.379	52
輸出比率	0.1265 (2.73)**	0.626 (2.08)*	0.308 (2.25)*	0.219 (3.77)	0.294	0.579	52

注: 下段()内はt-値。\*は5%水準で統計的に有意。\*\*は1%水準で統計的に有意。

出所)東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター

製品アーキテクチャ論と国際貿易論の実証分析

参考資料 2：プロセス製品の回帰分析結果総括

プロセス製品 従属変数(Y)	独立変数(X)			定数項	決定係数	相関係数	サンプル数
	インテグラル 度	労働分配率	部品会社or (飲料会社) ダミー				
総合評価	-0.8090 (8.21)**			2.419 (24.7)	0.453	0.679	81
輸出比率	0.0871 (3.33)**			0.186 (7.05)	0.133	0.382	67
輸出比率	0.0996 (3.93)**		-0.261 (2.69)*	0.207 (7.85)	0.209	0.482	67
海外販売比率	0.1169 (3.41)**			0.324 (9.4)	0.139	0.390	67
海外販売比率	0.1303 (3.84)**		-0.279 (2.15)*	0.347 (9.84)	0.184	0.457	67
輸出比率	0.1184 (4.06)**			0.1888 (6.84)	0.324	0.583	43
輸出比率		0.2056 (0.89)		0.1268 (6.84)	0.005	0.136	43
輸出比率	0.1195 (4.42)**	-0.0314 (0.16)		0.1944 (4.31)	0.307	0.583	43
海外販売比率	0.1450 (4.44)**			0.301 (8.52)	0.308	0.507	43
海外販売比率		0.4634 (1.62)		0.1865 (2.97)	0.037	0.246	43
海外販売比率	0.1381 (4.05)**	0.1893 (0.75)		0.2646 (4.66)	0.301	0.578	43

注：下段()内はt-値。\*は5%水準で統計的に有意。\*\*は1%水準で統計的に有意。

出所)東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター

## 補論 1 アーキテクチャ測定の基礎論について

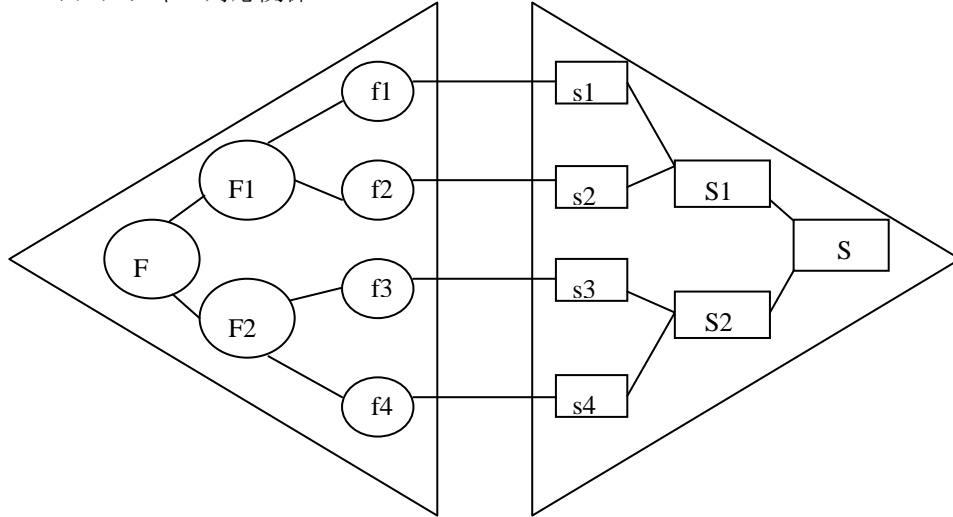
(以下の内容は、MMRC-J-26 ディスカッションペーパー：藤本隆宏、大鹿隆、貴志奈央子 (2005)「製品アーキテクチャの測定に関する実証分析」に基づいている)

アーキテクチャ測定の基礎的な理論について概略説明を行う。まず、インテグラル度の測定尺度開発においては、①システムの機能と構造の対応関係、②システムを構成する要素間のインターフェースの簡素化・標準化の度合というアーキテクチャの定義に基づく2つのアプローチが考えられる(藤本 2002)。ひとつめのアプローチであるシステムの機能と構造に依拠する場合、アーキテクチャのタイプは機能と構造の対応関係を示す連結線に基づいて決定される。図3に示されているのは、製品の機能と構造が形成する対応関係を視覚化したものである。狭義の製品アーキテクチャは、機能ヒエラルキーと構造ヒエラルキーの対応関係として定義されるため、この表では、2つのヒエラルキーを  $n$  個の機能要素と  $n$  個の構造要素に左右へ展開して、直線によって対応関係を表している(Goepfert and Steinbrecher 1999)。機能と構造の対応関係が一对一とシンプルな上段がモジュラー・アーキテクチャ、複雑な下段がインテグラル・アーキテクチャを示している。この場合、アーキテクチャにおけるインテグラルの程度は、構成要素を連結した直線の数によって測定される。たとえば、図3のモジュラー・アーキテクチャでは構造と機能を結ぶ連結線が4本、インテグラル・アーキテクチャでは16本ある。つまり、純粋なモジュラー・アーキテクチャの連結数を  $n$  本とした場合、インテグラル・アーキテクチャの連結数は  $n^2$  本となる。

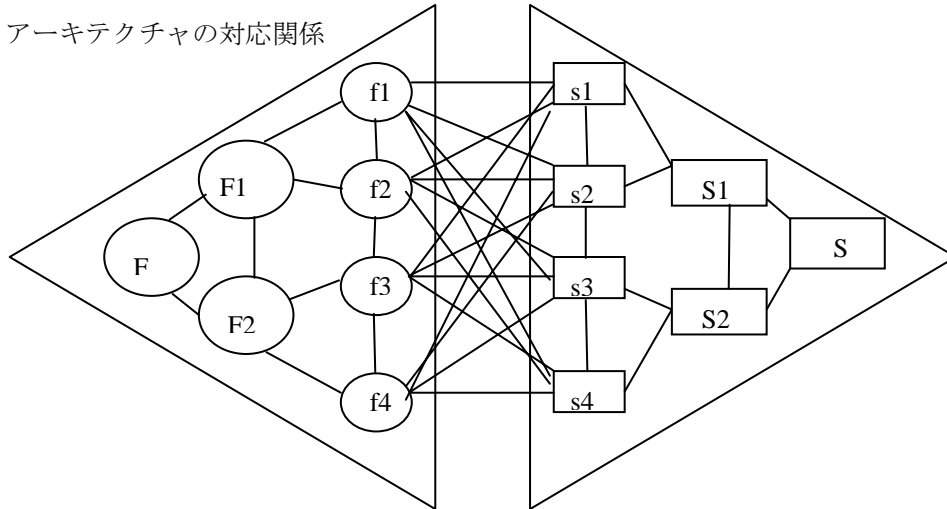


補論図1 製品モジュラー化（製品構造・機能ヒエラルキー）

モジュラー・アーキテクチャの対応関係



インテグラル・アーキテクチャの対応関係



凡例：F=製品全体の機能

F1・F2=製品のサブ機能、f1~f4=F1・F2に対するサブ機能

S=製品全体の構造、S1・S2=大モジュール、s1~s4=小モジュール

=連結

注)簡略化のため F-S 間・F1-F2-S1-S2 間の連結を省略した。

アーキテクチャにおけるモジュラーの程度とは「機能と構造の対応関係が一对一に近い度合いである」という定義に基づけば、機能・構造連結線の端点数を機能要素と構造要素の合計で除した値によって測定される。今、インテグラル・アーキテクチャを次のように仮定する。

インテグラル・アーキテクチャ度＝機能と構造の連結線数÷（機能要素数×構造要素数）

このとき、機能と構造の連結線数を  $M$  とし、機能と構造の要素変数をともに  $N$  とすると、以下のように定式化される。

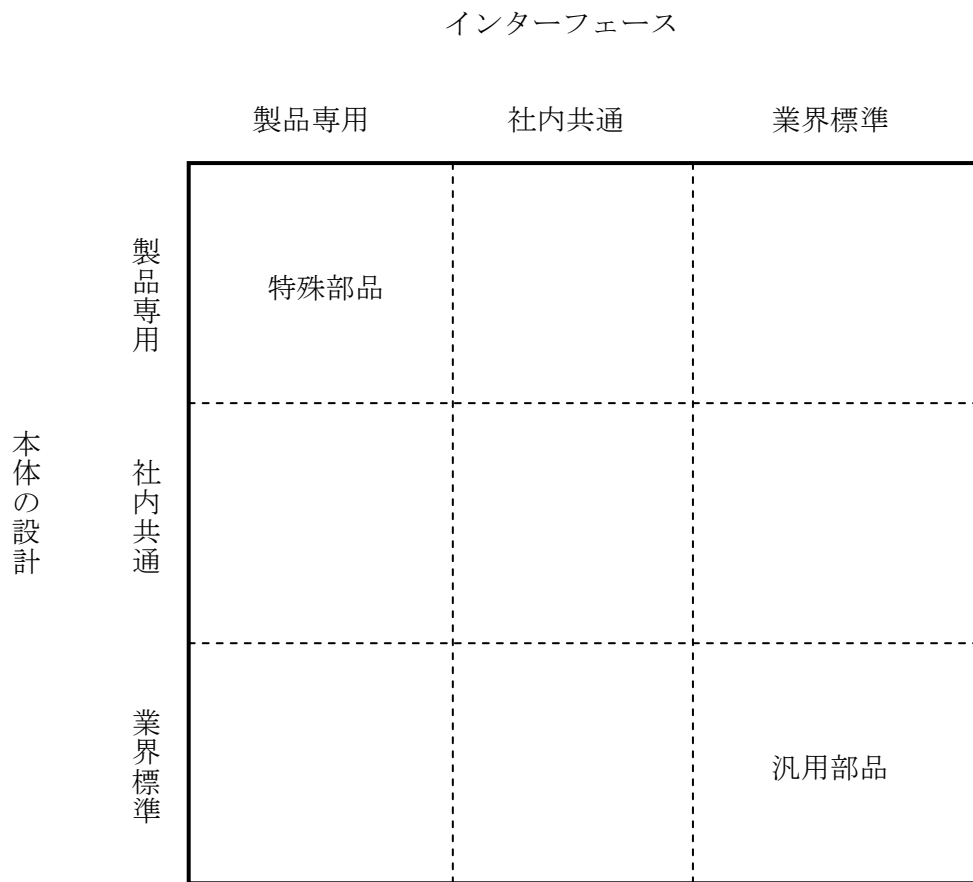
$$M \div (N \times N) = \frac{M}{N^2}$$

インテグラルの程度が最も高い製品では、機能要素と構造要素すべてが互いに対応関係を有していることになるため、分子の  $M$  は  $N^2$  と等しくなる。つまり、最もインテグラル度の高い製品のインテグラル・アーキテクチャ度は 1 となる。したがって、インテグラル・アーキテクチャ度は 0~1 の値をとり、数値が小さいほどモジュラーの度合いが強く、数値が大きいほどインテグラルの度合いが強いことになる。機能要素と構造要素の数が異なる場合も数値の特性に変わりはない。

次に、インターフェース・部品における標準化の程度によってアーキテクチャのタイプを規定する場合について考察する。まず、製品  $A$  を機能部品<sup>1</sup>  $a_n$  に分解すると、 $a_n$  は本来の機能部分を担う「本体」部分と他の部品と連結する「インターフェース」部分を持つことになる。そして、本体とインターフェースの設計が特定のモデル専用か、他のモデルと社内で共通しているか、業界で標準化しているかという 3 つの基準に基づいて  $3 \times 3$  のマトリックスを作成する（図 4 参照）。本体とインターフェースがともに特定製品専用の場合は特殊部品となり、双方がともに業界標準化している場合は汎用部品となる。

<sup>1</sup> 特定の機能を担った部品。

補論図 2. アーキテクチャ特性による機能部品の分類



製品のアーキテクチャがインテグラルかモジュールかを判断するには、製品専用・社内共通・業界標準からなるアーキテクチャ・スペクトルを想定し、各製品のアーキテクチャを指数化してスペクトル上に布置しなければならない。インターフェースを基準にして指数化を行う場合、アーキテクチャを特定する製品について、各機能部品のインターフェースをカウントし、製品専用インターフェースの比率を算出する。算出された数値が高いほどインテグラル度が高いことになる。一方、本体を基準にして指数化を行う場合、部品点数をカウントし、製品専用部品の比率を算出する。この場合も、算出された数値が高いほどインテグラル度が高いことになる。

しかし、機能・構造の対応関係およびインターフェース標準化の程度からインテグラル度を測定する方法は、機能・構造の対応関係特定、および機能部品のインターフェースや部品点数の明確化といった非常に煩雑なプロセスを必要とし、機能部品に分類不可能な化学製品を対象とするなど、現実には測定が難しい。そこで本稿では、インテグラル度・モジュラー度の測定に際し、藤本（2002）において提示された2つのアプローチに基づく概念的な測定

尺度を開発した。上記のような意味でのアーキテクチャがインテグラル寄り（あるいはモジュラー寄り）であるときに付随して起こりやすい複数の現象について、主観的評価を明らかにしてもらい、それらを総合することでアーキテクチャのインテグラル度・モジュラー度を調査対象製品ごとに測定することにした。

## 補論 2 実証分析のデータについて

（以下の内容は、MMRC-J-26 ディスカッションペーパー：藤本隆宏、大鹿隆、貴志奈央子（2005）「製品アーキテクチャの測定に関する実証分析」に基づいている）

本稿を執筆するにあたっては、「日本企業のアーキテクチャ戦略に関する調査」で企業アンケート調査を実施した。本稿での数値の作成、定量的分析にあたっては上記のアンケート調査の結果に基づいている。企業アンケート調査の概要は以下の通りである。

### 企業アンケート調査概要

#### 1) アンケートの種類

- ・会社向けアンケート調査票 1

製品別アンケートの転記・まとめ・集計

- ・会社向け / 製品別アンケート調査票 2

製品別のアーキテクチャ特性、市場環境などの設問

設問 1：当該製品の内部アーキテクチャについて

設問 2：当該製品と顧客や顧客システムとの関係について

設問 3：インテグラル・モジュラーマトリックスへのプロット（総合評価による）

設問 4：ものづくり組織能力と現場の競争力について

設問 5,6：当該製品の部品および設備の構成について

設問 7,8,9：当該製品の市場環境（生産・輸出・海外生産・輸入、市場シェア、利益率）について

設問 10：当該製品の設備・労働力投入状況について

#### 2) アンケート配布企業と回収状況

アンケート配布企業は、日本製造業（ソフトウェア会社 1 社）の中でも業界でリーダークラスの 33 社であり、2005 年 1 月末日にアンケート回収が終了した。製品向けアンケートの回答は、各社によって回答製品数が異なるが、合計 256 製品におよび、そのうち製造業ではないソフトウェア会社の 3 製品を除くと 253 製品である。したがって 1 社あたりの平均回答数は約 7.8 製品である。

## 製品アーキテクチャ論と国際貿易論の実証分析

アンケート対象 256 製品を、経済産業省の産業分類で見ると、以下の 10 産業に区分される。

- (1) 鉄鋼・金属製品工業 (18 製品)
- (2) 一般機械工業 (40 製品)
- (3) 電気・情報通信機械工業 (41 製品)
- (4) 電子部品・半導体部品 (19 製品)
- (5) 自動車・自動車部品工業 (39 製品、うち自動車は 10 製品)
- (6) その他の輸送機械工業 (12 製品)
- (7) 精密機械工業 (2 製品)
- (8) 窯業・土石・化学工業 (48 製品)
- (9) 紙・繊維・食品工業・その他工業 (32 製品)
- (10) ソフトウェア・その他産業 (5 製品)

なお本稿の以下の記述では、企業は企業コードで表記し、製品については企業コード・製品ナンバーかあるいは経済産業省生産動態調査の品目分類名称で表記した。これは企業アンケート調査の守秘義務規定で論文等の記述では「企業名」と「製品名」を記述しない、としたことに基づく。

### <調査票 2 設問 1 について>

製品別アンケート調査票 2 の設問 1 は「当該製品の内部アーキテクチャについて」(1)～(12) の個別設問と (13) の総合評価の設問で構成されている。

個別設問の内容は以下の通りである。

問 1. 当該製品の内部アーキテクチャについてお伺いします。当該製品が複数部品からなる組立製品の場合 (1)～(13)、当該製品が一塊のもの(固体、液体など)として生産される単体製品の場合 (7)～(13) の項目について、該当する番号を○で囲んでお答えください。

(注) 総合評価において「全くその通り」との判断が支配的であれば「インテグラル＝擦り合わせ」、逆ならば「モジュラー＝組み合わせ」に近いということです。

- (1) この製品を構成する要素中には、カスタム設計(この品種専用・機種専用)の部品・素材・要素が多い。
- (2) この製品を構成する要素をつなぐインターフェース(接続部分)は、この品種専用・機種専用の規格である。
- (3) この製品を構成する要素をつなぐインターフェース(接続部分)は、貴社の社内ではしか通用しない社内規格である。

- (4) この製品の要求機能を実現するためには、構成部品の設計パラメータを互いにきめ細かく相互調整する必要がある。
- (5) 既に設計済みの業界標準部品や社内流用部品の寄せ集めでは、商品力のあるまともな製品は出来ない。
- (6) 小型化・軽量化の制約が厳しく、部品干渉や重量バランスなど、部品の構造設計上のパラメータ間の相互依存性が高い。
- (7) その製品を構成する原材料、部品のサプライヤーと密接な共同設計開発活動を要する。
- (8) この製品では、複数の要求性能を同時にピンポイントで満たさないと、顧客を満足させることは出来ない。
- (9) この製品の生産のためには、素材や前工程の変動やばらつきに応じて、後工程の制御パラメータも連動させて調整する必要がある。
- (10) 市販の標準型の製造設備を寄せ集めた生産工程では、商品力のあるまともな製品は出来ない。設備のカスタム化が必要。
- (11) この製品の商品力を決める主要な生産工程の設備は内製（社内製作）あるいはそれに準ずる設備である。
- (12) この製品の要求機能を実現するためには、生産工程の制御パラメータを互いにきめ細かく相互調整する必要がある。
- (13) 総合評価（「どちらともいえない」を避けて評価してください。）

なお回答は、全くその通り：1、やや近い：2、どちらともいえない：3、やや違う：4、全く違う：5、の評価点である。したがって（1）～（12）の評価で「1」が多ければ（13）総合評価の評価点は「1」となることが多いが、そうではないケースもある。

参考文献

- 藤本隆宏（2001）『生産マネジメント入門』日本経済新聞社.
- 藤本隆宏、武石彰、青島矢一編（2001）『ビジネス・アーキテクチャー—製品・組織・プロセスの戦略的設計』有斐閣.
- 藤本隆宏（2002）「製品アーキテクチャの概念・測定・戦略に関するノート」CIRJE-J-78 ディスカッションペーパー.
- 藤本隆宏（2003）『能力構築競争』中央公論新社.
- 藤本隆宏（2004）『日本のもの造り哲学』日本経済新聞社.
- 藤本隆宏（2005）「アーキテクチャの比較優位に関する一考察」MMRC-J-24 ディスカッションペーパー.
- 藤本隆宏、大鹿隆、貴志奈央子（2005）「製品アーキテクチャの測定に関する実証分析」MMRC-J-26 ディスカッションペーパー
- Goepfert, J. and M. Stein brecher(1990) "Modular Product Development:Managing Technical and Organizational Indipendencies," mimeo.
- 新宅純二郎（2003）「「モジュール化」への対応戦略を考える」エコノミスト5月6日号.
- 竹森俊平（1995）『国際経済学』東洋経済新報社