

MMRC
DISCUSSION PAPER SERIES

MMRC-J-26

製品アーキテクチャの測定に
関する実証分析

東京大学大学院経済学研究科

藤本 隆宏

大鹿 隆

貴志 奈央子

2005年3月



東京大学21世紀COE [整備型]
ものづくり経営研究センター

製品アーキテクチャの測定に関する実証分析

—企業アンケート 33 社の集計結果の分析—

東京大学大学院経済学研究科

藤本 隆宏

大鹿 隆

貴志 奈央子

2005 年 3 月

1 はじめに：アーキテクチャの測定問題

産業競争力を分析するコンセプトとして、アーキテクチャ（設計思想）の理論的・実証的な研究が近年盛んになりつつある。しかし、複数の産業にまたがる企業・製品を対象にした定量的なアーキテクチャ分析の例はいまだ見られず、また測定方法そのものも確立しているとは言い難い。そこで本稿は、いわゆる「製品アーキテクチャ」の測定方法と測定結果について考察を加えることを目的とする。「製品アーキテクチャ」の基本概念については、藤本・武石・青島（2001）、藤本（2004）で既に大枠が解説されている。またアーキテクチャ測定の基本的な考え方は、藤本（2002）で提示されている。

藤本（2002）でも示されているように、現在までのところ、アーキテクチャの「インテグラル度/モジュラー度」、アーキテクチャの「オープン/クローズド」等の体系的な測定に基づく実証分析はほとんど見当たらない。そこで、東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センターと経済産業省の共同による「日本企業のアーキテクチャ戦略に関する調査」で、日本製造業をリードする企業 33 社にアンケート調査を実施し、そのアンケート回答結果を基に実証分析を進めた。本稿は、その速報的な意味での基礎的な分析結果を報告するものである。

まず、従来の製品アーキテクチャの議論において「インテグラルか、モジュラーか」といった 2 分法で論じられていたものを、相対的によりインテグラルかモジュラーかというように数値化してスペクトル上に並べた「アーキテクチャ・スペクトル」を作成する。具体的には、複数の企業の複数の製品について同一の設問をして、それぞれの回答を数値化することで測定している。

次に、製品の部品・原材料構成、生産設備構成から見て、「その製品・工程のアーキテクチャはオープンかクローズドか」を判別する。オープン・アーキテクチャとは、その製品を構成する部品・原材料が主に汎用品・業界標準品で構成されている、あるいは他社も使用する汎用生産設備が使用されている設計構造をしめす。逆にクローズド・アーキテクチャとは、その製品を構成する部品・原材料が主にその企業専用の部品・原材料で構成されているか、あるいはこの企業専用の生産設備・治工具が使用されている構造をしめしている¹。

だが、「製品アーキテクチャ」は企業にとって比較的新しい概念であるため、現段階での企業アンケート調査結果については、今後アンケート回答者に対してフィードバック面接を実施し、意見交換やアンケート回答の再チェックが必要であろう。本稿の分析結果は、フィ

¹ ちなみに、「自社の製品（工程）のアーキテクチャはインテグラルだが、オープン構造でもある」とのアンケート回答が、インテグラル製品 154 サンプルのうち 30 サンプルあった。論理的（あるいは定義的）には、オープン・アーキテクチャはモジュラー・アーキテクチャの一種（企業を超えた寄せ集めの可能なタイプ）とみなすのが本稿の立場であるが、アンケート回答者のかなり多くが「オープンだがインテグラル」な製品を想定している。これが何故であるかについては検討を要する。

製品アーキテクチャの測定に関する実証分析

ードバック面接実施前の結果であり、フィードバック面接後に内容修正がありうることに注意を要する。

インテグラル/モジュラーに関するアンケート回答の総合評価から見る限り、自社製品が「インテグラルである」との回答が非常に多い。これは、日本企業はインテグラル・アーキテクチャに強く、日本製品にインテグラル型が多いことを裏付けるようにも見えるが、今後のフィードバック面接での再確認が必要であろう。

最後に、従来の経営の実証分析との結合を試みる。これまで、製品の利益率はどのような指標と関連が強いかについて、数多く議論されてきた。古典的にはPIMSの手法から始まり、数多くの実証分析結果がある。今回の「企業アンケート調査」では、製品の利益率のほかに、市場成長率、シェア、プロダクトライフサイクル、輸出比率、海外生産比率など、PIMS分析に必要な設問も用意して回答を得ている。しかし、収益率の要因分析については今後の研究にゆずり、本稿では、「裏の競争力」が利益率に及ぼす影響の測定を試みている。

いずれにしても、本稿はアーキテクチャの測定研究の第一歩である。今後アンケートフィードバックの結果を踏まえた修正を用意する予定である。本稿は、その速報としての予備的分析であると考えていただきたい。

2 アーキテクチャのスペクトル測定

2.1 実証分析のためのデータについて

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。

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。

2.2 アンケート回答製品のインテグラル・モジュラーポジション

最初にアンケートデータを概括するために、製品別アンケートの設問 1, 2 を使って、製品をインテグラル・モジュラーマトリックス（以下 IM マトリックスと略称）にポジショニングしてみよう。ポジショニングの基としたデータは、設問 1 (13) 当該製品の内部アーキテクチャについての「総合評価」と設問 2 (9) 当該製品と顧客や顧客システムとの関係についての「総合評価」の回答である。

以下の図 1 に示すように、自社の製品の内部アーキテクチャについて「インテグラルである」との回答は 219 サンプル（86%）、そのうち顧客や顧客のシステムについても「インテ

製品アーキテクチャの測定に関する実証分析

「グラルである」と回答したサンプル（いわゆるIIポジション）は 148 サンプル（58%）である。また、自社の製品の内部アーキテクチャについて「モジュラーである」との回答は 37 サンプルしかない（MIポジション：11 サンプル、MMポジション：26 サンプル）。

図1 アンケート回答製品のIMマトリックスポジション（1）

				評価軸2 顧客の製品（製品別問4）		合計
				1または2	4または5	
				インテグラル製品	モジュラー製品	
				製品数	製品数	
評価軸1 （製品別 自社の製品 問1）	1 または 2	インテ グ ラ ル 製 品		148	71	219
	4 または 5	ラ ー モ ジ ュ ー 製 品		11	26	37
合計				159	97	256 256

つぎに、今回のアンケート調査では設問1について、5段階評価の回答を得ているので、縦軸の「自社の製品の内部アーキテクチャについて」回答1（まったくその通り）、回答2（やや近い）に分けて表示してみよう（「総合評価」では回答3（どちらともいえない）との回答はしないように指示した）。

その結果を示すと、以下の図2になる。

図2 アンケート回答製品のIMマトリックスポジション（2）

				評価軸2 顧客の製品（製品別問4）		合計
				1または2	4または5	
				インテグラル製品	モジュラー製品	
				製品数	製品数	
評価軸1 （自社の製品 製品別問 1）	1 または 2	インテ グ ラ ル 製 品	1 ラテ イル グ ン	62	17	79
			2 ラテ イル グ ン	86	54	140
			合 計 グ イ ラ ン テ	148	71	219
	4 または 5	モ ジ ュ ー ラ ー 製 品	モ ジ ュ ー ラ ー 合 計	11	26	37
合計				159	97	256

図 2 を見るとIIポジション 148 サンプルのうち 86 サンプル (58%) が「やや近い」(以下ではインテグラル度 2 と表記する) の回答であり、IMポジション 71 サンプルのうち 54 サンプル (73%) が「やや近い」(インテグラル度 2) の回答となっており、「インテグラル全くその通り」(以下ではインテグラル度 1 と表記する) の回答は 179 サンプル(27%)である。

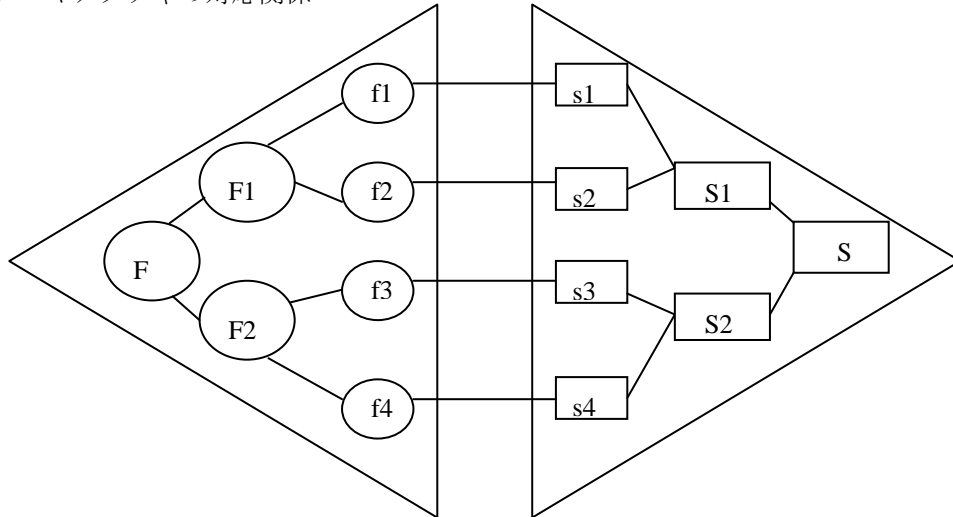
2.3 アーキテクチャ・スペクトルの作成 (設問 1 当該製品の内部アーキテクチャについて)

2.3.1 アーキテクチャ測定の基礎

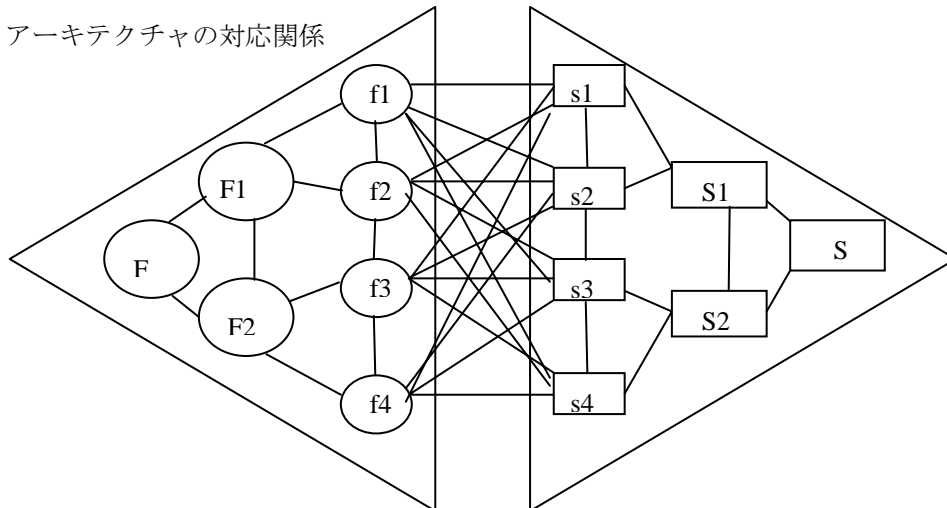
測定方法の説明に入る前に、アーキテクチャ測定の基礎的な理論について概略説明を行う。まず、インテグラル度の測定尺度開発においては、①システムの機能と構造の対応関係、②システムを構成する要素間のインターフェースの簡素化・標準化の度合というアーキテクチャの定義に基づく 2 つのアプローチが考えられる (藤本 2002)。ひとつめのアプローチであるシステムの機能と構造に依拠する場合、アーキテクチャのタイプは機能と構造の対応関係を示す連結線に基づいて決定される。図 3 に示されているのは、製品の機能と構造が形成する対応関係を視覚化したものである。狭義の製品アーキテクチャは、機能ヒエラルキーと構造ヒエラル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。

図3 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。

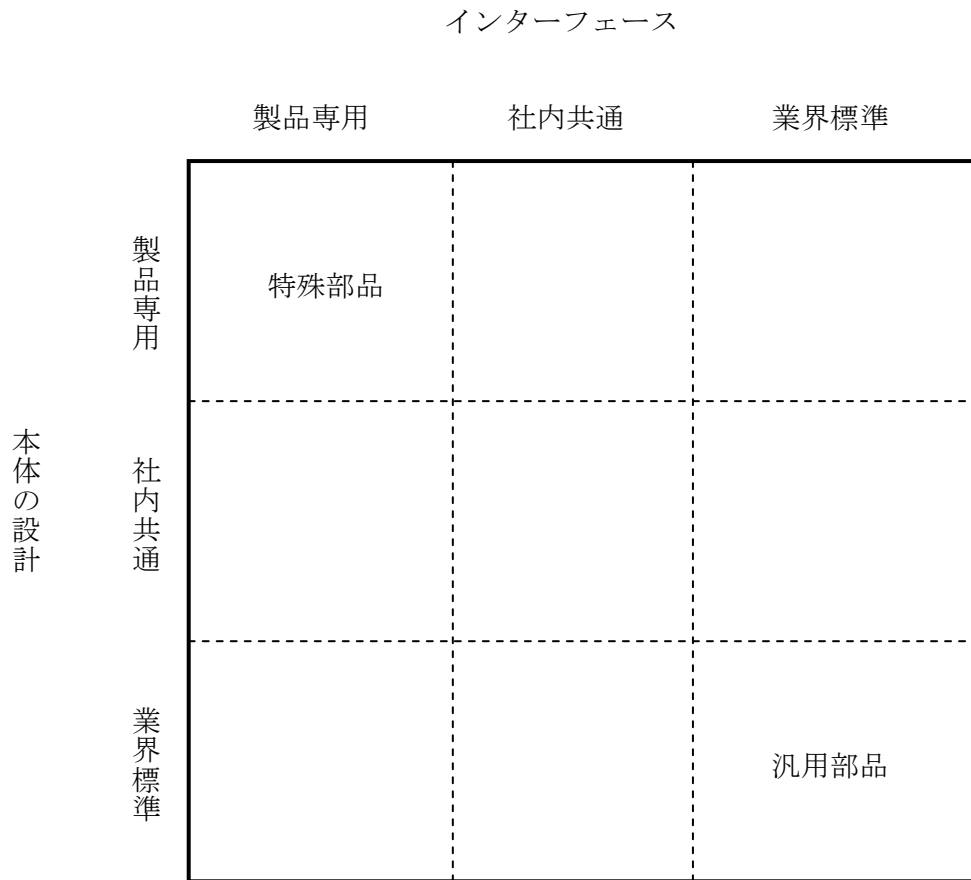
$$M \div (N \times N) = \frac{M}{N^2}$$

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² 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 3×3 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。

² 特定の機能を担った部品。

図4 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（補足：調査票 2 設問 1 参照）。

すなわち機能と構造の対応関係特定を目的とした「簡便法」の設問は、調査票 2 の設問 1 の (1)・(4)・(5)・(6)・(10)・(11)・(12)、インターフェースの標準化を明確化する目的で開発された「簡便法」の設問は調査票 2 の設問 1 の (2)・(3)・(7)・(8)・(9) である。製品別アンケート調査票 2 設問 1 では、以下に示すように、まず各製品について 12 の質問に対し 5 ポイントのリッカートスケールで回答してもらい、得られた回答に基づき総合評価において 4 段階で自社製品のアーキテクチャを決定してもらった。総合評価においてもリッカートスケールを用いたが、モジュラーとインテグラルの区別を明確にするため、中央の 3 を除く 4 ポイントで回答してもらった。

以上、「機能と構造の対応関係特定を目的とした簡便法設問」および「インターフェースの標準化を明確化する目的で開発された簡便法設問」からアーキテクチャ・スペクトルを作るための前提とする考え方、指標化の手順についてはいくつかの方法がある。ここではファースト・アプローチとして、一時近似的なスペクトルの試行のために「12 の設問に関する回答の平均値」として、スペクトルの作成を試みた。

また、今回のアーキテクチャ・スペクトルの作成では、図表縦軸の「設問 1 当該製品の内部アーキテクチャについて」について実施し、横軸の「設問 2 顧客や顧客システムについて」は実施していない。後者の分析は今後の課題である。

また、今回の回答を相対化する基準について、今回は、最初に製品レベルでのスペクトルを作り、つぎに、当該商品が所属する産業分類を代表しているとの仮定の上で、産業別にまとめた。そして最後に、企業平均スペクトルから見た分布を検討するという手順を進める。

<補足：調査票 2 設問 1>

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。

製品アーキテクチャの測定に関する実証分析

(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。

2.3.2 製品別アーキテクチャ・スペクトル

12 個の設問に対する回答の平均値としての製品別インテグラル・スペクトルに、どんな特徴が見られるか検討してみよう（回答のあった 256 製品から設問 1 で回答のなかった 2 製品を除く 254 製品）。図 5（1）～（6）は製品別アーキテクチャ・スペクトルのランキングである。もっとも値が低い（インテグラル度が高い）指標は 1.0 となる。自動車部品 2 製品、回転電気機械、一般機械器具部品、特殊産業機械などの特定用途部品、機械製品が 1.0 となっている。また、値が低い指標には乗用車、二輪自動車などの輸送機械製品、電子部品、精密機械製品などが多い。

設問回答「インテグラルに近い」の平均値で 2.0 までのスペクトル（指標 2.0）に、44% 程度の 111 製品がランキングされる。また、アーキテクチャ・スペクトルが 2.5 を超えると、インテグラル製品というよりモジュラー製品に近い評価になる。254 製品のうち 79 製品がスペクトル 2.5 以上の製品である。総合評価でモジュラー型と回答のあった製品数は、図 1、2 で示したように 36 製品であったのだから、アーキテクチャ・スペクトル指標からみると、総合評価ではインテグラル型と回答したサンプルの中に、モジュラー型とも思える製品が 33 製品存在することになる。また、スペクトル 2.5 以上の製品に自動車部品も含まれており、自動車部品がインテグラル度の強い製品とモジュラー製品に 2 極分化している様子が見られる。

ランキングが高い（インテグラル度が低くモジュラー型）製品としては、酒類、油脂・調味料、洗剤などの消費財が多いが、民生用電子・電気機械、船舶・同機関などの機械製品も散見される。また、ソーダ工業製品、電線・ケーブル、金属製品、ガラス・同製品など、組み立て型の製品ではなく、プロセス型が多く見られる。

以上のように、まず、アーキテクチャという現場発の設計概念によって、既成の産業分類とは異なる形で諸製品を並べ替えてみたところに本分析のとりあえずの意義がある。

製品アーキテクチャの測定に関する実証分析

図5 アーキテクチャ・スペクトルのランキング（1）

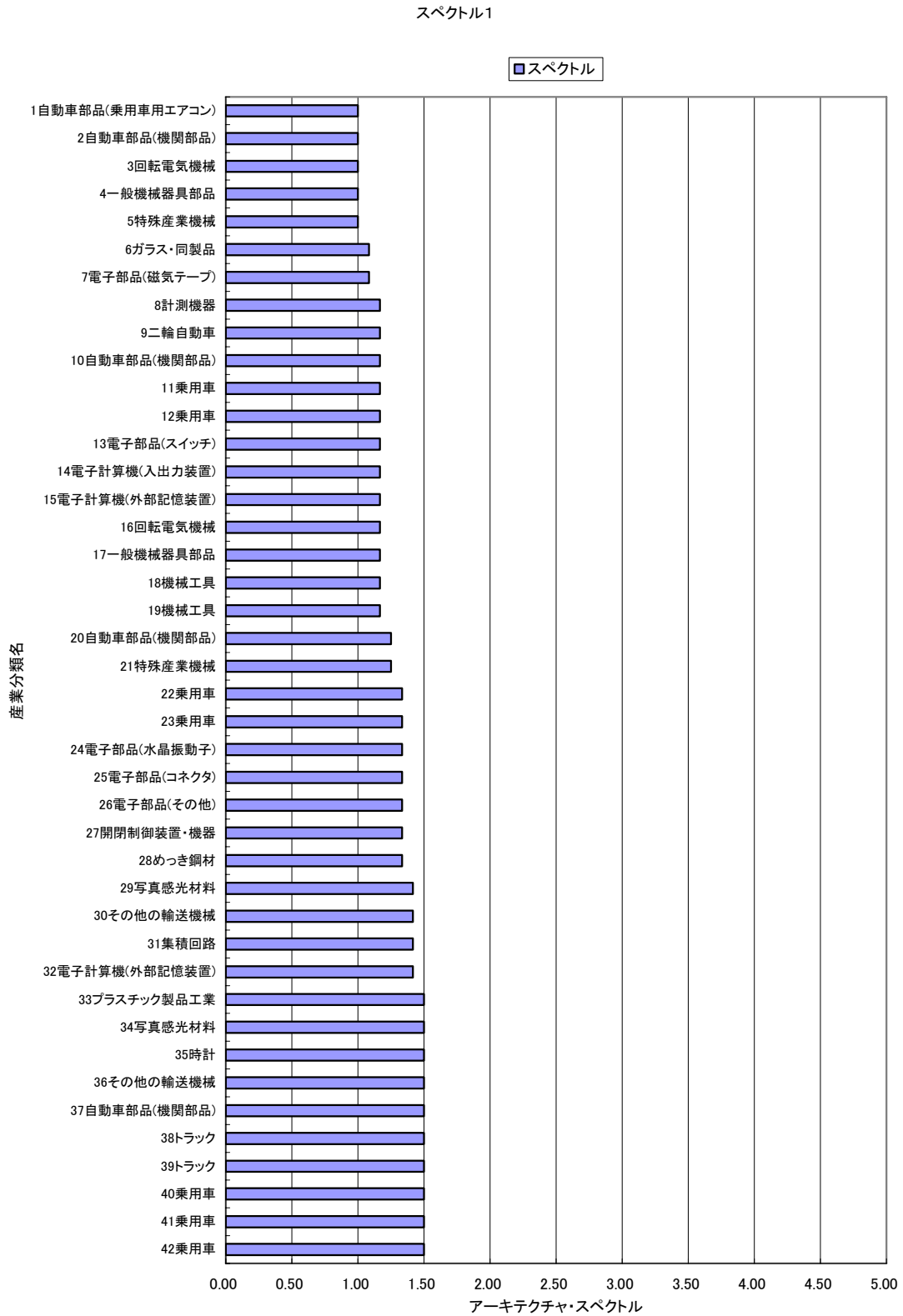


図5 アーキテクチャ・スペクトルのランキング（2）



製品アーキテクチャの測定に関する実証分析

図5 アーキテクチャ・スペクトルのランキング（3）

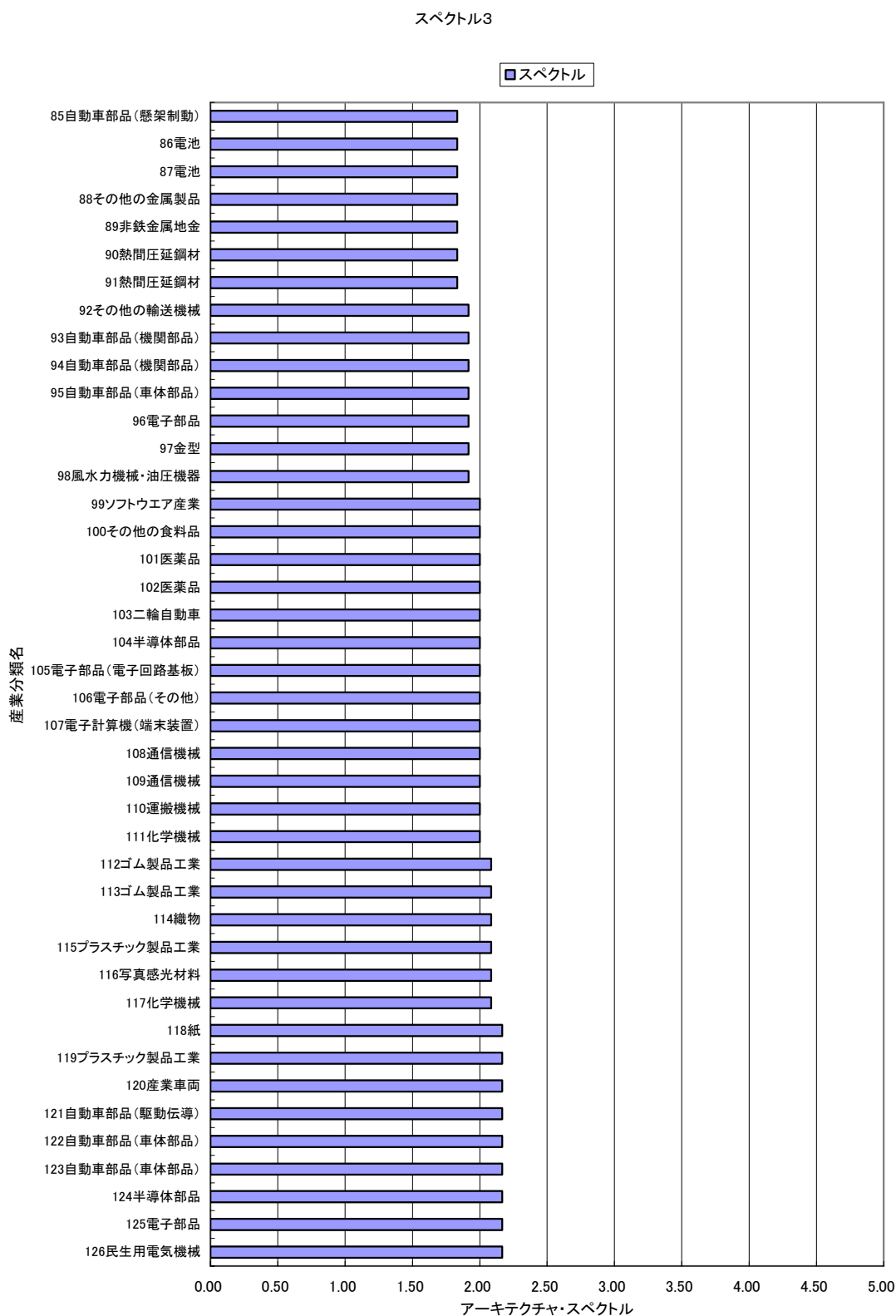
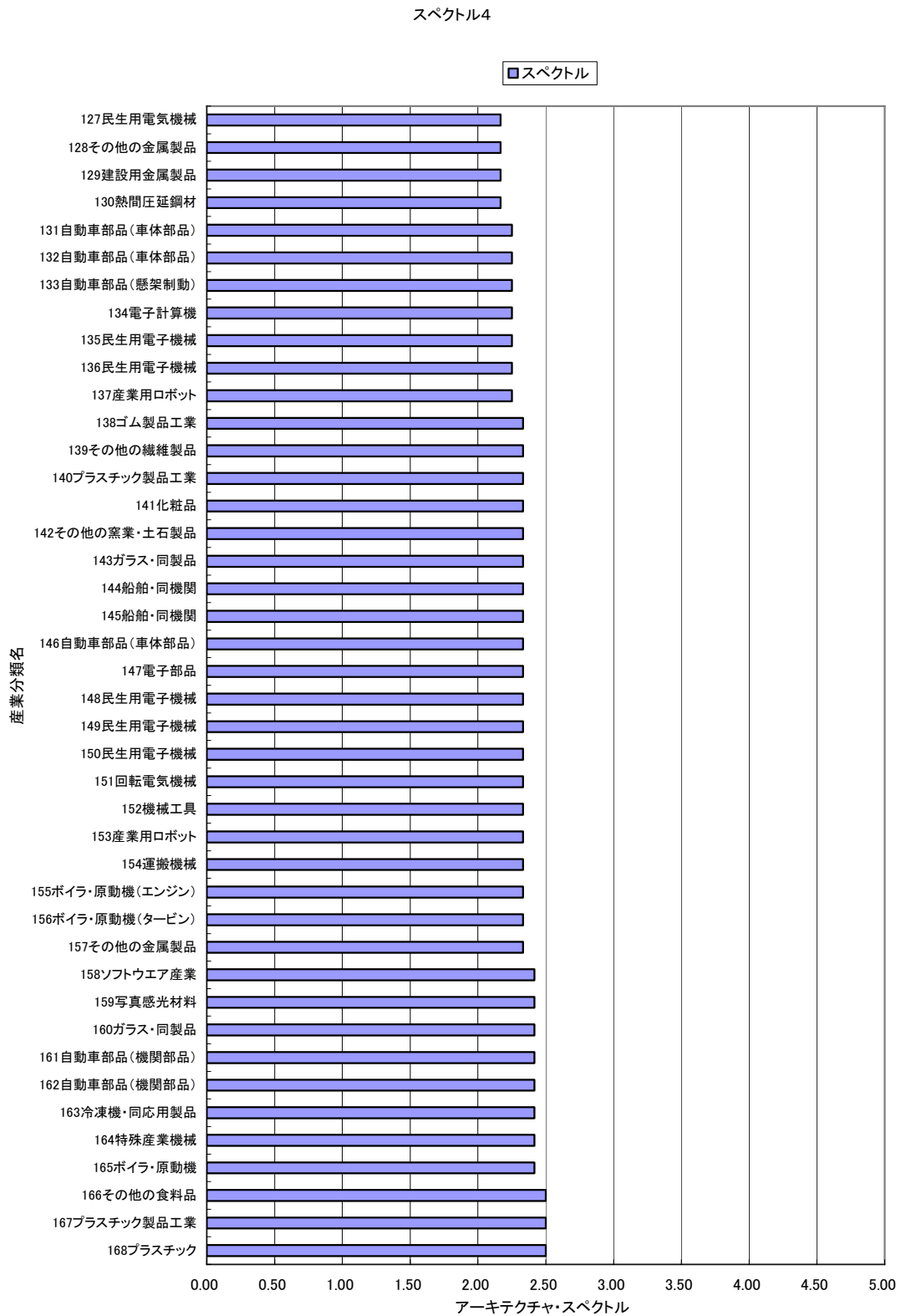


図5 アーキテクチャ・スペクトルのランキング（4）



製品アーキテクチャの測定に関する実証分析

図5 アーキテクチャ・スペクトルのランキング（5）

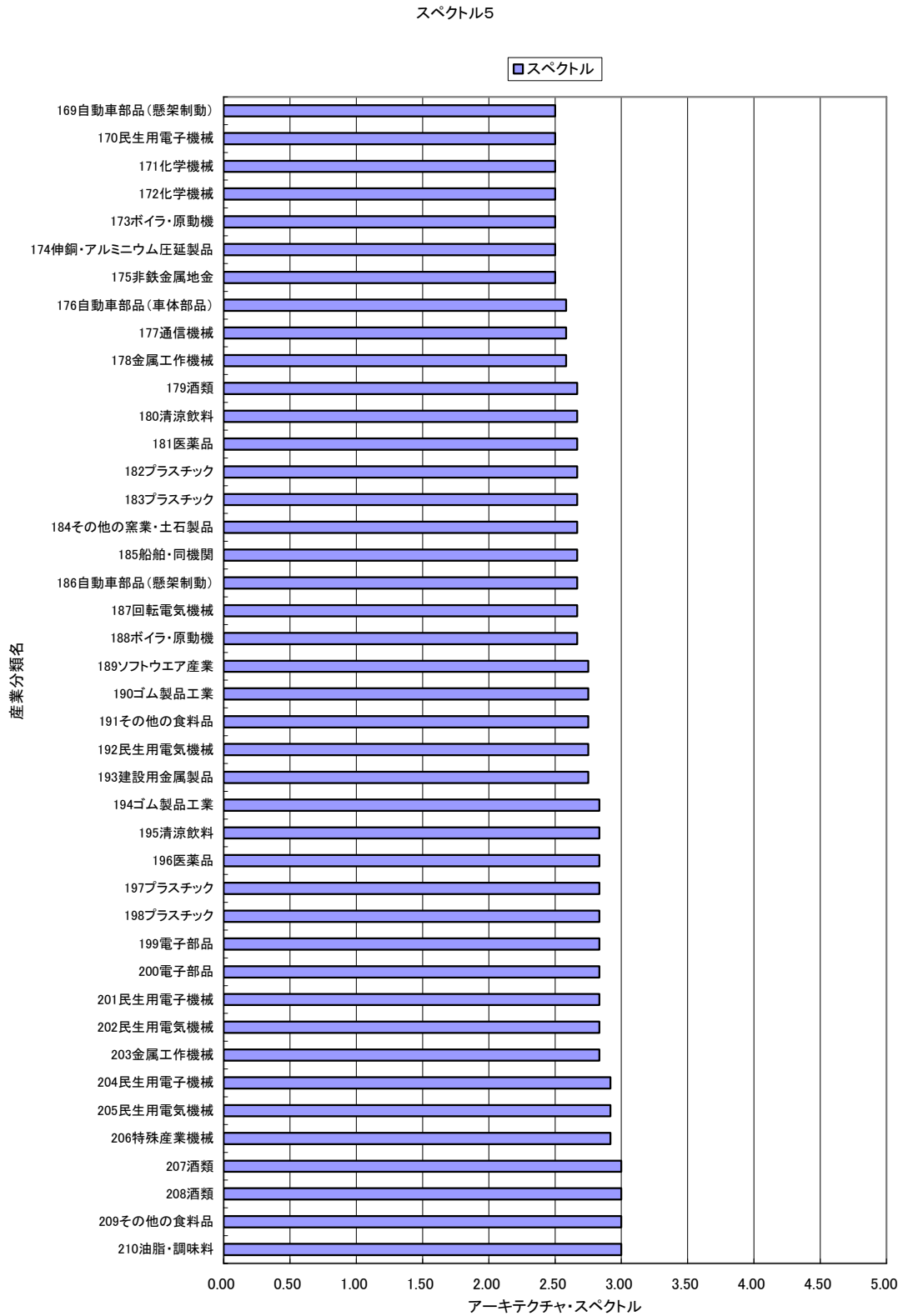
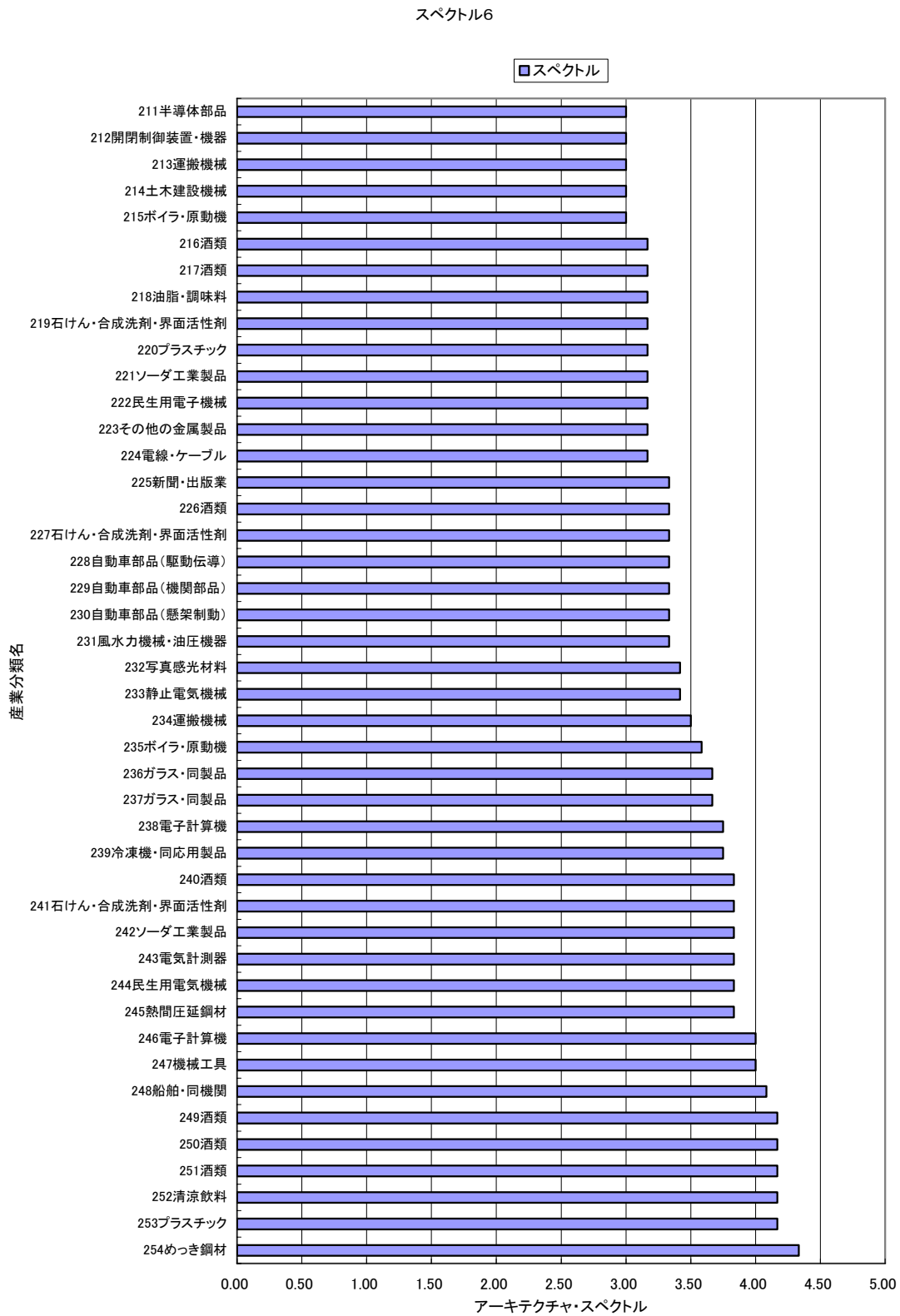


図5 アーキテクチャ・スペクトルのランキング（6）



2.3.4 産業別アーキテクチャ・スペクトル

次に製品を経済産業省鉱工業生産指数3桁分類でくくり、52産業区分でアーキテクチャ・スペクトルをランキングしたのが図6である。無論調査対象製品が各産業区分をバイアスなく代表しているという強い仮定がおかれているが、現段階のサンプル数では、その保証はない。今後の研究課題である。

以上を踏まえて産業を見ると、最もアーキテクチャ・スペクトルの低い（インテグラル度の高い）産業は、計測機器・時計などの精密機械、乗用車・トラック・二輪自動車などの輸送機械である。また、ランキング6位までに、自動車関連産業が5産業はいつており「日本自動車産業はインテグラル度が高い」という従来の仮説が実証されている。また上位10位までに、その他の産業から精密機械、機械工具製品、特殊産業機械、産業車両などがランクされている。

機械産業関係は、金型・機械工具、特殊産業機械のようにインテグラル度の高い産業から、ボイラ・原動機、運搬機械、船舶・同機関など、モジュラーに近づいている（アーキテクチャ・スペクトル2.5以上）機械産業まで、広く散らばっている。

電機・電子・通信機械関係は、電機計測器・電池の1.79から、民生用電子機械2.55、民生用電気機械の2.78までの幅であり、弱いインテグラルからモジュラータイプまでまたがっていると考えられる。同じ製品でも、セットと部品ではアーキテクチャがまったく異なりうることに注意を要する。

このアーキテクチャ・スペクトルの作成では、アンケート回答企業が任意に製品をサンプルしており、産業別アーキテクチャ・スペクトル値は、各産業で総合評価（設問（13））がモジュラータイプであると回答した製品を含むか否かで、指標が変わる。産業別製品数（内総合評価インテグラル、モジュラー別）、アーキテクチャ・スペクトル平均値、標準偏差は表4に示した。

各産業別に細かく見ると、鉄鋼業については熱間圧延鋼材のスペクトルが2.27で弱いインテグラル製品なのに対し、めっき鋼材のスペクトルは2.83でありモジュラー製品の性格が強い。金属製品については非鉄金属地金2.33、建設用・その他金属製品は2.40で同程度のスペクトルになっている。

一般機械工業では、金型・機械工具製品が最もインテグラル度が高く、スペクトルは1.82である。インテグラル度の高い機械工具とは特殊鋼切削工具、軸受けなどである。最もインテグラル度が低い（モジュラー製品と考えられる）一般機械製品は冷凍機・同応用製品であり、スペクトルは3.08である。冷凍機・同応用製品とはコンプレッサー、パッケージ型エアコンなどである。金型・機械工具に次いでインテグラル度が高い機械製品は、特殊産業機

械でスペクトルは 1.87、特殊産業機械とは印刷機械、製版機械、射出成型機などである。次にインテグラル度の高い機械製品は、産業用ロボット・金属工作機械でスペクトルは 2.14 である。このあたりまでが一般機械産業のインテグラル製品群と考えられる。一般機械製品で冷凍機・同応用製品に次いでモジュラー度の高い製品は、運搬機械でスペクトルが 2.71 である。運搬機械とはクレーン、エレベーターなどである。次いでモジュラー度の高い製品はボイラ・原動機でスペクトルは 2.69 である。このあたりまでが一般機械のモジュラー型製品と考えられる。

電気・電子機械でスペクトルが 2.0 以下なのは、通信機械（スペクトル 1.98）だけである。民生用電気・電子機械のモジュラー度が高く、スペクトルはそれぞれ 2.78、2.55 である。一方、産業用電気・電子機械では弱いインテグラル製品が多くなる（回転・静止電気機械、開閉制御装置、電気計測器、電子計算機・同部品など）。電子部品・デバイスのスペクトルは 2.00 で通信機械に次いでインテグラル度が高い。アンケート回答の電子部品デバイス工業製品は、総合評価においてはモジュラー製品はゼロであった。

輸送機械製品にインテグラル度が高い製品が多いことは前述したが、輸送機械の中で、船舶・同機関のスペクトルは 2.85 でありモジュラー製品と考えられる。

窯業・土石製品については、ガラス・同製品はスペクトルが 2.38 でありモジュラー型に近くなるが、陶磁器・ファインセラミックス製品のスペクトルは 1.90 であり、インテグラル度が高くなっている。

化学工業については、ソーダ工業製品、プラスチック・合成ゴム、石鹼・合成洗剤・界面活性剤などのスペクトルは 3.0 を超えておりモジュラー製品といるが、その他の石油・石炭製品、写真感光材料、化学繊維・その他の繊維製品、プラスチック製品ではスペクトルが 2.0 以下の製品もあり、2 極分化している。

食料品・タバコ・酒類製品は、モジュラー製品でありスペクトルが 4.0 を超える製品も見られる。酒類でもウイスキー、その他の酒類（果実酒）、ビール・発泡酒などのスペクトルは 3.0 に近いところにあり、一方焼酎、リキュールなどのスペクトルは 4.0 に近くなり分化している。

その他工業のうち、ゴム製品工業のスペクトルは 2.19 でインテグラル度が高くなっている。品目名称でみるとこれらの製品は、タイヤ、工業用ゴム製品である。また、製造業ではないが、ソフトウェア産業もインテグラル製品になっている。品目名称でみると受託ソフトウェアである。

製品アーキテクチャの測定に関する実証分析

図6 産業別アーキテクチャ・スペクトルのランキング

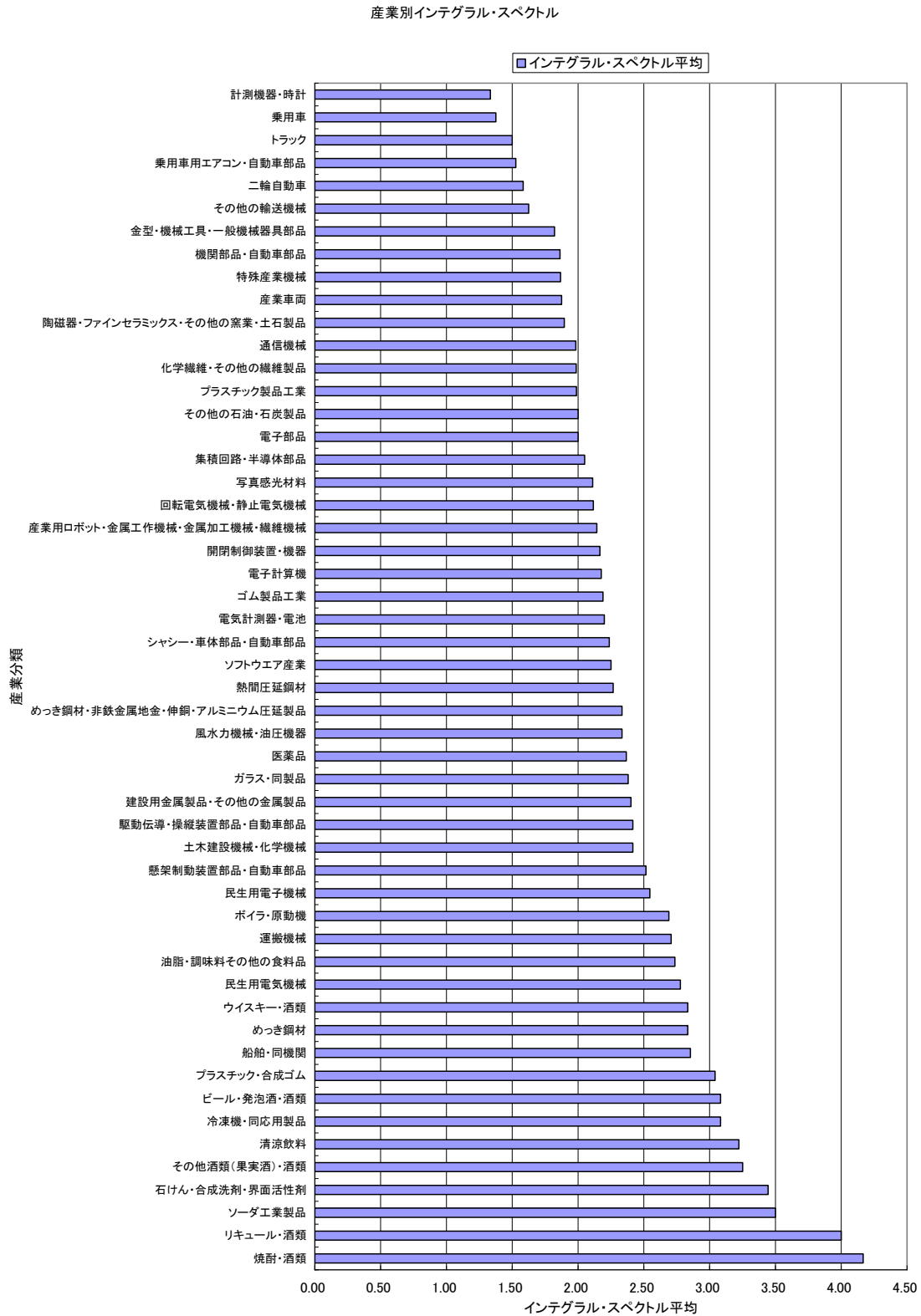


表4 産業別アーキテクチャ・スペクトルの平均・分散・標準偏差(1)

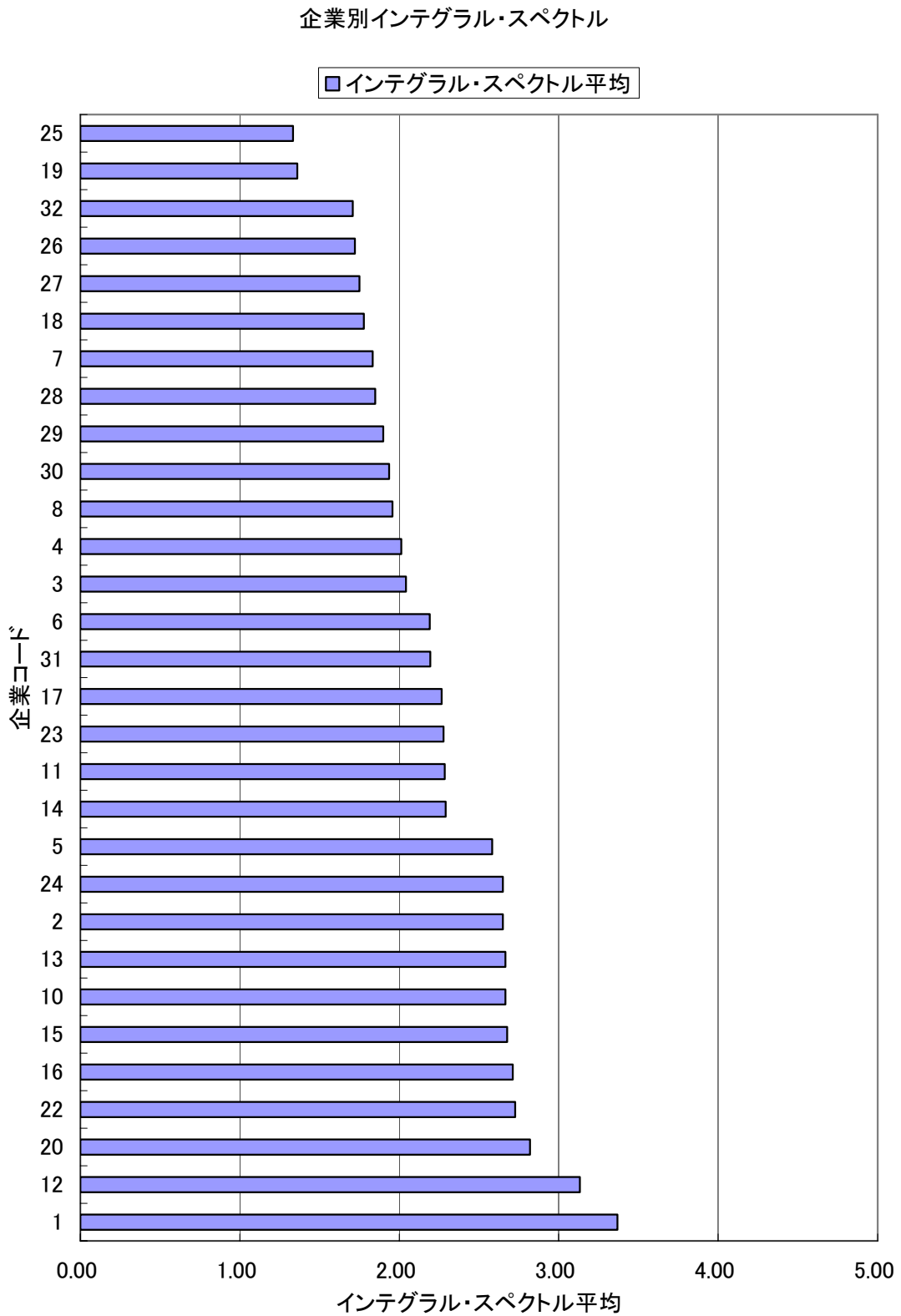
産業名称 大分類	産業番号	産業名称	製品数	インテ グラル 製品数	モジュ ラー製 品数	インテグラ ル・スペク トル平均	標準偏 差
1 鉄鋼業	20000005	熱間圧延鋼材	5	4	1	2.27	0.894
2 鉄鋼業	20000008	めっき鋼材	2	1	1	2.83	2.121
3 非鉄金属工業	20000014	めっき鋼材・非鉄金属地金・伸銅・アルミニウ ム圧延製品	5	4	1	2.33	0.601
4 金属製品工業	20000020	建設用金属製品・その他の金属製品	6	4	2	2.40	0.478
5 一般機械工業	20000022	ボイラ・原動機	7	6	1	2.69	0.458
6 一般機械工業	20000024	土木建設機械・化学機械	5	5	0	2.42	0.400
7 一般機械工業	20000025	特殊産業機械	5	5	0	1.87	0.798
8 一般機械工業	20000026	風水力機械・油圧機器	3	2	1	2.33	0.870
9 一般機械工業	20000027	運搬機械	4	3	1	2.71	0.672
10 一般機械工業	20000032	産業用ロボット・金属工作機械・金属加工機 械・繊維機械	7	7	0	2.14	0.485
11 一般機械工業	20000027	冷凍機・同応用製品	2	1	1	3.08	0.943
12 一般機械工業	20000038	金型・機械工具・一般機械器具部品	7	6	1	1.82	1.078
13 電気機械工業	20000041	回転電気機械・静止電気機械	5	4	1	2.12	1.023
14 電気機械工業	20000042	開閉制御装置・機器	2	2	0	2.17	1.179
15 電気機械工業	20000043	民生用電気機械	6	5	1	2.78	0.614
16 電気機械工業	20000047	電気計測器・電池	5	4	1	2.20	0.914
17 情報通信機械工業	20000049	通信機械	5	5	0	1.98	0.375
18 情報通信機械工業	20000050	民生用電子機械	9	8	1	2.55	0.339
19 情報通信機械工業	20000051	電子計算機	8	6	2	2.18	1.116
20 電子部品・デバイス工業	20000053	電子部品	12	12	0	2.00	0.592
21 電子部品・デバイス工業	20000056	集積回路・半導体部品	5	5	0	2.05	0.606
22 輸送機械工業	20000059	乗用車	8	8	0	1.38	0.148
23 輸送機械工業	20000061	トラック	2	2	0	1.50	0.000
24 輸送機械工業	20000062	機関部品・自動車部品	11	10	1	1.86	0.673
25 輸送機械工業	20000062	駆動伝導・操縦装置部品・自動車部品	3	2	1	2.42	0.821
26 輸送機械工業	20000062	懸架制動装置部品・自動車部品	5	4	1	2.52	0.554
27 輸送機械工業	20000062	シャシー・車体部品・自動車部品	7	7	0	2.24	0.201
28 輸送機械工業	20000062	乗用車用エアコン・自動車部品	3	3	0	1.53	0.459
29 輸送機械工業	20000063	二輪自動車	2	2	0	1.58	0.589
30 輸送機械工業	20000064	産業車両	2	2	0	1.88	0.412
31 輸送機械工業	20000065	船舶・同機関	4	3	1	2.85	0.834
32 輸送機械工業	20000067	その他の輸送機械	4	4	0	1.63	0.220
33 精密機械工業	20000071	計測機器・時計	2	2	0	1.33	0.236
34 窯業・土石製品工業	20000073	ガラス・同製品	7	5	2	2.38	0.983
35 窯業・土石製品工業	20000076	陶磁器・ファインセラミックス・その他の窯業・ 土石製品	4	4	0	1.90	0.515
36 化学工業	20000098	その他の石油・石炭製品	2	2	0	2.00	0.471
37 化学工業	20000080	ソーダ工業製品	2	0	2	3.50	0.471
38 化学工業	20000086	プラスチック・合成ゴム	12	9	3	3.04	1.457
39 化学工業	20000088	写真感光材料	6	5	1	2.11	0.739
40 化学工業	20000089	石けん・合成洗剤・界面活性剤	3	2	1	3.44	0.347
41 化学工業	20000092	医薬品	5	4	1	2.37	0.380
42 石油・石炭製品工業	20000097	プラスチック製品工業	7	7	0	1.99	0.380
43 繊維工業	20000109	化学繊維・その他の繊維製品	6	6	0	1.99	0.250
44 食料品・たばこ工業	20000117	油脂・調味料その他の食料品	6	5	1	2.74	0.430
45 食料品・たばこ工業	20000118	清涼飲料	3	2	1	3.22	0.822
46 食料品・たばこ工業	20000119	ビール・発泡酒・酒類	2	2	0	3.08	0.118
47 食料品・たばこ工業	20000119	焼酎・酒類	2	0	2	4.17	0.000
48 食料品・たばこ工業	20000119	ウイスキー・酒類	2	2	0	2.83	0.236
49 食料品・たばこ工業	20000119	リキュール・酒類	2	0	2	4.00	0.236
50 食料品・たばこ工業	20000119	その他酒類(果実酒)・酒類	2	2	0	3.25	0.118
51 その他工業	20000122	ゴム製品工業	7	7	0	2.19	0.485
52 情報化関連資本財	20000410	ソフトウェア産業	4	4	0	2.25	0.414

2.3.5 企業別アーキテクチャ・スペクトル

企業別アーキテクチャ・スペクトルは図7、表5に示した。モジュラー製品の回答がない会社が低いランキング（高いインテグラル度）になるのは当然だが、それでもモジュラー製品ゼロの回答の会社でアーキテクチャ・スペクトルの幅は、1.33 から 1.78 までの広がりを見せている。モジュラー製品1の回答まで含めると1.33 から 2.04 までの幅に広がる。高いインテグラル度の企業は、自動車会社、自動車部品会社、精密機械会社など輸送機械系の会社に多いが、非耐久消費財会社も1社入っている。

高いランキング（高いモジュラー度）の会社には消費財系が多いが、消費財系の会社でもアーキテクチャ・スペクトルは企業コード3の2.04から企業コード12の3.13、企業コード1の3.37までの広がりを見せている。また総合電機会社、総合機械会社は総じてアーキテクチャ・スペクトルが高くなっており、高いインテグラル製品とモジュラー製品が混在している。

図7 企業別アーキテクチャ・スペクトルのランキング



製品アーキテクチャの測定に関する実証分析

表5 企業別アーキテクチャ・スペクトルの計算

企業コード	製品数	インテグラル製品数	モジュラー製品数	インテグラル・スペクトル平均	標準偏差
1	14	8	6	3.37	0.600
2	5	5	0	2.65	0.418
3	10	10	0	2.04	0.391
4	7	6	1	2.01	0.646
5	10	7	3	2.58	0.923
6	13	9	4	2.19	0.693
7	11	10	1	1.83	0.700
8	10	10	0	1.96	0.379
10	5	4	1	2.67	0.957
11	7	6	1	2.29	0.497
12	5	4	1	3.13	0.492
13	5	3	2	2.67	1.339
14	10	9	1	2.29	0.483
15	18	17	1	2.68	0.563
16	13	9	4	2.71	0.760
17	11	10	1	2.27	0.778
18	9	9	0	1.78	0.625
19	3	3	0	1.36	0.337
20	6	3	3	2.82	0.611
22	11	8	3	2.73	0.676
23	12	11	1	2.28	0.614
24	10	8	2	2.65	0.781
25	2	2	0	1.33	0.000
26	6	6	0	1.72	0.630
27	7	7	0	1.75	0.000
28	5	5	0	1.85	0.551
29	10	10	0	1.90	0.408
30	4	3	1	1.94	1.037
31	3	3	0	2.19	0.488
32	4	4	0	1.71	0.865
25	2	2	0	1.33	0.000
19	3	3	0	1.36	0.337
32	4	4	0	1.71	0.865
26	6	6	0	1.72	0.630
27	7	7	0	1.75	0.000
18	9	9	0	1.78	0.625
7	11	10	1	1.83	0.700
28	5	5	0	1.85	0.551
29	10	10	0	1.90	0.408
30	4	3	1	1.94	1.037
8	10	10	0	1.96	0.379
4	7	6	1	2.01	0.646
3	10	10	0	2.04	0.391
6	13	9	4	2.19	0.693
31	3	3	0	2.19	0.488
17	11	10	1	2.27	0.778
23	12	11	1	2.28	0.614
11	7	6	1	2.29	0.497
14	10	9	1	2.29	0.483
5	10	7	3	2.58	0.923
2	5	5	0	2.65	0.418
24	10	8	2	2.65	0.781
10	5	4	1	2.67	0.957
13	5	3	2	2.67	1.339
15	18	17	1	2.68	0.563
16	13	9	4	2.71	0.760
22	11	8	3	2.73	0.676
20	6	3	3	2.82	0.611
12	5	4	1	3.13	0.492
1	14	8	6	3.37	0.600

2.3.6 産業別・企業別アーキテクチャ・スペクトルのまとめ

個別製品のアーキテクチャ・スペクトルをベースとして産業別・企業別のアーキテクチャ・スペクトルの特徴を見てきた。総じていえることは、産業別・企業別ともインテグラル製品、モジュラー製品が混在している姿である。

企業別についてみれば、アンケート回答の33社のうち半数以上の18社がインテグラル製品のほかにモジュラー製品を抱えている。アーキテクチャ・スペクトルの標準偏差で見ても、18社のスペクトルの標準偏差が0.5を超えている。産業別に見ると、52産業のうち半数以上の28産業でインテグラル製品のほかにモジュラー製品が存在する。52産業の半数に近い25産業のスペクトルの標準偏差が0.5を超えている。

企業は新しい技術開発、製品開発、多角化事業の展開により、従来の自社事業・自社製品以外の新製品を開発し、多角化事業を展開したと考えられる。結果として、従来の産業分類では捉えきれない同一産業分類内でのインテグラル製品とモジュラー製品の混在が発生し、

産業別アーキテクチャ・スペクトルにばらつきが生じ、スペクトルの拡散傾向が発生していると見るべきであろう。

3 IMマトリックスの作成と各製品のポジション

3.1 IMマトリックスと製品分布

前章でアンケート回答企業 33 社の製品を、経済産業省の産業分類で見ると、アンケート対象製品 254 製品は 52 産業に区分された。これらの 33 社 52 産業で、半数以上の会社、半数以上の産業で、インテグラル型製品とモジュラー型製品の混在が確認された。

分析の次のステップとして、「既成の産業分類」という固定観念をいったん取り払って、虚心坦懐に、現場で観察される設計情報のありように着目してみよう（藤本 2005）。

本稿では、藤本（2005）の指摘する「現場で観察される設計情報のありよう」のアンケート回答は用意されていない。その代わりとして、「当該製品の内部アーキテクチャ」と「当該製品と顧客や顧客システムの関係」について、アンケート回答者の総合評価として、インテグラル（擦り合わせ）か、モジュラー（寄せ集め）かの回答の 4 段階評価を保有している。本章ではこの 2 軸の 4 段階評価により 254 製品をインテグラル・モジュラーマトリックスに配置することにより、各マトリックスのセルでどのような特徴が見られるかを検討する。

これは、いわゆる IM マトリックスの作成である。「当該製品の内部アーキテクチャ」「当該製品と顧客や顧客システムの関係」の設問については、総合評価で 4 段階の回答を用意したので、それぞれの回答に対応して、最大 16 区分、回答のないセルをまとめて 8 区分のマトリックスを作ることができる。

インテグラル、モジュラー 16 区分、10 区分、8 区分で見ると表 9 の通りである。この表の見方は、I1 行 I1 列に 44 サンプルの製品が区分されているが、これは「当該製品の内部アーキテクチャ」「当該製品と顧客や顧客システムの関係」についてそれぞれ強い「インテグラル/インテグラル」の関係があるとの回答である。I1 行 I2 列の 18 サンプルは、「当該製品の内部アーキテクチャ」について強いインテグラル、「当該製品と顧客や顧客システムの関係」について弱いインテグラルの関係があるとの回答である。I2 行 I1 列の 26 サンプルは「当該製品の内部アーキテクチャ」について弱いインテグラル「当該製品と顧客や顧客システムの関係」について強いインテグラルの関係があるとの回答、I2 行 I2 列の 60 サンプルは、「当該製品の内部アーキテクチャ」について弱いインテグラル「当該製品と顧客や顧客システムの関係」について弱いインテグラルとの回答である。

モジュラーとの組み合わせでは、ゼロのセルのない産業 8 区分で見るのが妥当であろう。M4,5 と I1I2 の重なるセルは MI ポジションであり 11 サンプルである。MI ポジションは「当

製品アーキテクチャの測定に関する実証分析

該製品の内部アーキテクチャ」についてモジュラー「当該製品と顧客や顧客システムの関係」についてインテグラルとの回答である。

I1M、I2MのセルはIMポジションのセルであり、それぞれ17サンプル、54サンプルである。I1行M列は「当該製品の内部アーキテクチャ」については強いインテグラル「当該製品と顧客や顧客システムの関係」についてはモジュラーとの回答で、I2行M列は「当該製品の内部アーキテクチャ」について弱いインテグラル「当該製品と顧客や顧客システムの関係」についてモジュラーとの回答である。

M行M列は26サンプルであり、「当該製品の内部アーキテクチャ」についてモジュラー「当該製品と顧客や顧客システムの関係」についてモジュラーとの回答である。

表9 IMマトリックスの区分と各セルの製品数

		図表 産業16区分案					
		顧客との対応関係(I,M)					
		I1	I2	M4	M5	行合計	
自社の内部アーキテクチャ(I,M)	I1	44	18	16	1	79	
	I2	26	60	42	12	140	
	M4	0	9	16	4	29	
	M5	1	1	0	6	8	
	列合計	71	88	74	23	256	256
		図表 産業10区分案					
		顧客との対応関係(I,M)					
		I1	I2	M4	M5	行合計	
自社の内部アーキテクチャ(I,M)	I1	44	18	16	13	78	
	I2	26	60	42		141	
	M4,5	11		16	10	37	
	列合計	70	89	74	23	256	256
		図表 産業8区分案					
		顧客との対応関係(I,M)					
		I1	I2	M4,5	行合計		
自社の内部アーキテクチャ(I,M)	I1	44	18	17	79		
	I2	26	60	54	140		
	M4,5	1	10	26	37		
	列合計	71	88	97	256		256

3.2 IMマトリックスの各セルの事業パフォーマンス

(1) MI ポジション

IMマトリックス全体を眺めてまず目立つことは、MIポジション製品のわずか11製品という少なさである。このポジションは中モジュラー・外インテグラルと呼ばれ、企業・製品の例としては、キーエンス（計測システム）、GE（ジェットエンジン）、デンソー（ディーゼル部品）、ローム（カスタムIC）などの例が挙げられる（藤本（2004）（頁270））。また、利益率は高いが、日本企業が不得意とする事業方法ともいわれる。アンケートでも回答製品が少なく、すべてが高利益製品になっているとはいえない。とはいえ「両面作戦」（藤本（2004））の展開には欠かせないポジション（キーエンスはIMポジションでセンサー単品の製造販売事業を行い、MIポジションでシステム提供ソリューション事業を展開）なので、日本企業はこのMIポジションをいかに育成していくかが課題といえよう。

表 10 MI ポジション製品の事業パフォーマンス

表 MIポジション製品の事業パフォーマンス

利益	製品数	シェア順位	製品数	PL	製品数
◎	1	1位	3	A	0
○	3	2位	2	B	1
△	5	3位	1	C	8
×	2	4位以下	5	D	2
合計	11		11		11

(注1)利益、◎:営業利益率20%以上、○:同10-19%、△:同0-9%、×:同マイナス
 (注2)PL:プロダクトライフサイクル、A:導入期、B:成長期、C:成熟期、D:衰退期

MIポジションの製品の事業パフォーマンスは表10にまとめられる。事業パフォーマンスについては、11製品中利益率の高い製品（◎、○）は4製品、構成比は36%なので、今回のアンケート調査のサンプルでは事業パフォーマンスが抜群によいとはいえない。

(2) IM ポジション

このポジションは中インテグラル・外モジュラーと呼ばれ、企業・製品の例としては、インテル（MPU）、シマノ（自転車ギア）、村田製作所（コンデンサー）、マブチ（モーター）、信越化学（シリコン）などの例が挙げられる（藤本（2004）（頁270））。

このセルのポジションは、「当該製品の内部アーキテクチャ」についてはインテグラルで、日本得意の「擦り合わせ」で作っているため、ノウハウや知財の面で自社の強さを発揮しやすい。一方「当該製品と顧客や顧客システムの関係」についてはモジュラーで、汎用品として売るので競争力さえあれば多数の顧客に大量に売れ、量産効果が発揮でき利益率を高くで

製品アーキテクチャの測定に関する実証分析

きる。ただし、シェア1位もしくは2位程度を維持して累積生産量で他社を圧倒する必要がある。IIMのポジションの事業パフォーマンスをまとめると表11に示すとおりである。

表11 IIMポジション製品の事業パフォーマンス

表 IIMポジション製品の事業パフォーマンス

利益	製品数	シェア順位	製品数	PL	製品数
◎	1	1位	4	A	1
○	8	2位	5	B	2
△	6	3位	1	C	14
×	2	4位以下	7	D	0
合計	17		17		17

(注1)利益、◎:営業利益率20%以上、○:同10-19%、△:同0-9%、×:同マイナス

(注2)PL:プロダクトライフサイクル、A:導入期、B:成長期、C:成熟期、D:衰退期

事業パフォーマンスについては、17製品中利益率の高い製品(◎、○)が9製品、構成比は52.9%なので、事業パフォーマンスは非常に良い。また、シェアについては、9製品が1,2位シェアとなっており、利益とシェアについて強い相関関係が見られる。

IMポジションで「当該製品の内部アーキテクチャ」ではインテグラルだが強いインテグラルでないI2Mのポジションの事業パフォーマンスは表12に示す。IIMポジションとの違いは、シェア順位で1,2位を占めている製品は51製品中32製品と多いが、利益率の高い製品は14製品(構成比33.3%)と多くない。ただしこのセルのPL(プロダクトライフサイクル)をみると、導入期、成長期の製品が14製品あり、これらの製品について当面はシェアの確保を優先して利益率を犠牲にしているという可能性がある。

また、利益率の回答のなかった製品を利益製品とみなすと、利益率の高い製品の構成比は50%程度になる。

表 12 I2M ポジション製品の事業パフォーマンス

表 I2Mポジション製品の事業パフォーマンス

利益	製品数	シェア順位	製品数	PL	製品数
◎	4	1位	18	A	1
○	10	2位	14	B	13
△	21	3位	4	C	39
×	7	4位以下	17	D	1
無回答	12	無回答	1	無回答	0
合計	54		54		54

(注1)利益、◎:営業利益率20%以上、○:同10-19%、△:同0-9%、×:同マイナス

(注2)PL:プロダクトライフサイクル、A:導入期、B:成長期、C:成熟期、D:衰退期

(3) MM ポジション

このポジションは中モジュラー・外モジュラーと呼ばれ製品の例としては、DRAM、汎用樹脂、汎用鉄鋼製品などの例が挙げられる（藤本（2004）（頁 270））。

このセルのポジションは出来合いの汎用部品や標準タイプの生産設備を寄せ集めて製品を作り、その製品をモジュラー的なシステムの一部、つまり汎用的な部費・素材・製品として売るといふポジションとなる。このポジションは製品や工程の質的な面での差別化が難しく、日本企業が得意とするきめの細かい開発・生産・購買・営業による「質の勝負」になりにくいと、日本企業は劣勢になりやすいといわれる。

MM ポジションの事業パフォーマンスをまとめると表 13 に示すとおりである。

表 13 MM ポジション製品の事業パフォーマンス

表 MMポジション製品の事業パフォーマンス

利益	製品数	シェア順位	製品数	PL	製品数
◎	1	1位	12	A	1
○	4	2位	4	B	4
△	11	3位	4	C	17
×	7	4位以下	5	D	4
無回答	3	無回答	1	無回答	0
合計	26		26		26

(注1)利益、◎:営業利益率20%以上、○:同10-19%、△:同0-9%、×:同マイナス

(注2)PL:プロダクトライフサイクル、A:導入期、B:成長期、C:成熟期、D:衰退期

MM ポジション製品の事業パフォーマンスは、26 製品のうち利益率の高い製品（◎、○）は 5 製品しかなく構成比は 21.7%で、事業パフォーマンスは悪い。また、シェアについては、16 製品が 1,2 位シェアとなっており、シェアが高いにも関わらず利益製品が少ないという関係がみられる。また、衰退期の製品が 4 製品と他のポジションよりも多くなっている。衰退

製品アーキテクチャの測定に関する実証分析

期の製品の利益率は高くないので残存者利益の製品でもない。

(4) II ポジション

図1に示したようにIIポジションはマトリックスセルのなかで最も製品数が多く、256製品中148製品(58%)がこのセルに集まっている。今回のアンケート調査では、インテグラルについて、強さのレベルを「インテグラルまったくその通り」「インテグラルにやや近い」の2つに分けて問うているので、IIポジションをIII1(内部アーキテクチャ、顧客システムとの関係ともインテグラル全くその通り)、III2(内部アーキテクチャはインテグラル全くその通り、顧客システムとの関係はインテグラルにやや近い)、I2I1(内部アーキテクチャはインテグラルにやや近い、顧客システムとの関係はインテグラル全くその通り)、I2I2(内部アーキテクチャ、顧客システムとの関係ともインテグラルにやや近い)の4つのポジションに分けて検討する(表14)。このポジションは中インテグラル・外インテグラルと呼ばれ製品の例としては、自動車部品の大部分、オートバイ部品の大部分、ベアリングの大部分などの例が挙げられる(藤本(2004)(頁270))。

このポジションは、日本企業・製品が最も多い「自社の内部アーキテクチャ」も「顧客システムとの関係」も擦り合わせというポジションになる。このセルは藤本(2004)を引用すると以下のように説明される。

このポジションは自動車・オートバイなどの部品が多いが、自動車部品の場合その部品のために新規に設計した特殊仕様の子部品、特注の素材、自社で作った独自の生産設備、自社開発の技術による擦り合わせ製品である。

一方ライン組み付け部品の場合、その部品は自動車メーカーへの納品となるが、その自動車も典型的な擦り合わせ製品である。従って部品メーカー自社は擦り合わせ式で製品を生産するが顧客も擦り合わせ製品なので、そのモデル専用の特殊設計部品でしか売れない、従って特別なヒットモデルでもない限り量産効果は少なく、価格交渉も顧客と1対1交渉なので厳しい価格となることが多い。従って自動車部品メーカーもベアリングメーカーも営業利益率が5%に達する会社は少なく、利益率評価はMIポジション、IMポジションと同等の評価ではなく、△でもよしとせざるを得ない。

以上の視点で、III1からI2I2ポジションの利益とシェア順位の関係をみてみると、シェア1,2,3位で利益◎、○、△の製品をカバーしていると見ることができる。また高利益率を◎、○の範囲で限定してしてみると、III1ポジションが一番構成比は高く42%、III2ポジションは41%、I2I1は31%、I2I2ポジションでは37%である。

表 14 II ポジション製品の事業パフォーマンス

表 I1I1ポジション製品の事業パフォーマンス

利益	製品数	シェア順位	製品数	PL	製品数
◎	5	1位	21	A	1
○	11	2位	5	B	16
△	18	3位	8	C	25
×	4	4位以下	8	D	2
無回答	6	無回答	2	無回答	0
合計	44		44		44

(注1)利益、◎:営業利益率20%以上、○:同10-19%、△:同0-9%、×:同マイナス

(注2)PL:プロダクトライフサイクル、A:導入期、B:成長期、C:成熟期、D:衰退期

表 I1I2ポジション製品の事業パフォーマンス

利益	製品数	シェア順位	製品数	PL	製品数
◎	2	1位	8	A	0
○	5	2位	3	B	5
△	8	3位	2	C	13
×	2	4位以下	5	D	0
無回答	1	無回答	0	無回答	0
合計	18		18		18

(注1)利益、◎:営業利益率20%以上、○:同10-19%、△:同0-9%、×:同マイナス

(注2)PL:プロダクトライフサイクル、A:導入期、B:成長期、C:成熟期、D:衰退期

表 I2I1ポジション製品の事業パフォーマンス

利益	製品数	シェア順位	製品数	PL	製品数
◎	1	1位	7	A	0
○	5	2位	4	B	12
△	12	3位	6	C	14
×	1	4位以下	7	D	0
無回答	7	無回答	2	無回答	0
合計	26		26		26

(注1)利益、◎:営業利益率20%以上、○:同10-19%、△:同0-9%、×:同マイナス

(注2)PL:プロダクトライフサイクル、A:導入期、B:成長期、C:成熟期、D:衰退期

表 I2I2ポジション製品の事業パフォーマンス

利益	製品数	シェア順位	製品数	PL	製品数
◎	8	1位	22	A	1
○	13	2位	13	B	14
△	31	3位	4	C	45
×	5	4位以下	18	D	0
無回答	3	無回答	3	無回答	0
合計	60		60		60

(注1)利益、◎:営業利益率20%以上、○:同10-19%、△:同0-9%、×:同マイナス

(注2)PL:プロダクトライフサイクル、A:導入期、B:成長期、C:成熟期、D:衰退期

製品アーキテクチャの測定に関する実証分析

4つのセルのうち、III1、III2の2つのセルで高利益率◎、○の製品シェアは40%を超えており、△まで含むとIIポジションでの利益製品は119製品で、構成比としては80%である。従来の仮説どおり、日本製品はIIポジションが多く、このポジションは利益を出しにくいポジションとはいいながら、80%の製品が利益を出しているという結果が確認できる。その背景にあるのは、シェア1,2,3位の製品が合計で103製品（構成比70%）であり、高いシェアをとって利益を出していることにあるだろう。

4 インテグラル/モジュラー構造とオープン/クローズド構造の相互関係の検討

4.1 オープン/クローズドスコアの指標作り

「アーキテクチャ・アンケート調査」では、オープン/クローズドに関する設問は、アンケート調査票2（製品別）の設問5、6に用意されている。それは以下のようにになっている。

【4. 当該製品の部品および設備の構成】

構成部品

問5. 当該製品を構成する部品・原材料のうち、この製品専用、社内で共用、他社も使用する汎用のもののそれぞれの比率（できれば価額ベース、できなければ点数あるいは重量ベース）を下表から選び、該当する番号を○で囲んでお答えください。

	0-19%	20-39%	40-59%	60-79%	80-100%
(1) この製品専用の部品・原材料	1	2	3	4	5
(2) 社内で共用される部品・原材料	1	2	3	4	5
(3) 他社でも使用する汎用品・業界標準品	1	2	3	4	5

生産設備

問6. 当該製品を生産する設備のうち、この製品専用、社内で共用、他社も使用する汎用のもののそれぞれの比率（できれば投資額ベース、できなければ台数ベース）を下表から選び、該当する番号を○で囲んでお答えください。

	0-19%	20-39%	40-59%	60-79%	80-100%
(1) この製品専用の生産設備・治工具	1	2	3	4	5
(2) 社内で共用される生産設備・治工具	1	2	3	4	5
(3) 他社も使用する汎用生産設備・治工具	1	2	3	4	5

問5と問6で、構成部品・原材料、生産設備それぞれについて製品専用部品か、社内共用部品か、他社も使用する汎用部品かを問うている。専用部品、社内共通部品の構成比が高い

場合はクローズド型、汎用部品の比率が高い場合はオープン型と定義される。問 5、6 それぞれ (1) (2) (3) の回答を合計すると 100%になることが期待されるが、回答そのものに幅があるため、必ずしもそうならない回答も見受けられる。

以下、設問回答のパターンから、クローズドの程度、オープンの程度を指標化してみよう。

(1) (2) (3) の回答のパターンとして、次が想定される。

① (1) : 5 (2) : 1 (3) : 1。これは 80%以上が製品専用部品 (回答 5) で、社内共通部品が 10%程度 (回答 1)、汎用部品が 10%程度 (回答 1) か、80%以上が製品専用部品で、社内共通部品が 20%程度、汎用部品が 0%程度か、80%以上が製品専用部品で、社内共通部品が 0%程度、汎用部品が 20%程度との回答に該当する。これが一番クローズドの強い回答になる。次に② (1) : 4 (2) : 3 (3) : 1、あるいは (1) : 4 (2) : 2 (3) : 1 の回答が、①の場合に次いで、クローズドが強い回答である。その次は③ (1) : 4 (2) : 1 (3) : 1あるいは (1) : 4 (2) : 1 (3) : 2 の回答がクローズドの強い回答である。以上 (1) (2) (3) の回答をパターン化してクローズドの強い順に並べると以下のようなようになろう。

① (1) : 5 (2) : 1 (3) : 1

② (1) : 4 (2) : 3 (3) : 1、あるいは (1) : 4 (2) : 2 (3) : 1

③ (1) : 4 (2) : 1 (3) : 1、あるいは (1) : 4 (2) : 1 (3) : 2

④ (1) : 3 (2) : 3 (3) : 1

⑤ (1) : 3 (2) : 2 (3) : 1あるいは (1) : 3 (2) : 2 (3) : 2

⑥ (1) : 3 (2) : 1 (3) : 2あるいは (1) : 3 (2) : 1 (3) : 3

⑦ (1) : 2 (2) : 4 (3) : 1あるいは (1) : 2 (2) : 4 (3) : 2

⑧ (1) : 2 (2) : 3 (3) : 1あるいは (1) : 2 (2) : 3 (3) : 2

⑨ (1) : 2 (2) : 2 (3) : 1あるいは (1) : 2 (2) : 2 (3) : 2

⑩ (1) : 2 (2) : 1 (3) : 3あるいは (1) : 2 (2) : 1 (3) : 4あるいは (1) : 2 (2) : 1 (3) :

5

⑪ (1) : 1 (2) : 5 (3) : 1あるいは (1) : 1 (2) : 5 (3) : 2

⑫ (1) : 1 (2) : 4 (3) : 1あるいは (1) : 1 (2) : 4 (3) : 2

⑬ (1) : 1 (2) : 3 (3) : 1あるいは (1) : 1 (2) : 3 (3) : 2あるいは (1) : 1 (2) : 3 (3) :

3

⑭ (1) : 1 (2) : 2 (3) : 3あるいは (1) : 1 (2) : 2 (3) : 4

⑮ (1) : 1 (2) : 1 (3) : 5

以上の①~⑮のパターンそれぞれについて、順序数 1~15 の数値を付値すると、1~6 がクローズド型、10~15 がオープン型、7~9 が不明領域と定義できそうである。

4.2 オープン/クローズドとインテグラル/モジュラーの相互関係

オープン/クローズドとインテグラル/モジュラーの関係については、「製品の自社の内部アーキテクチャがインテグラルであれば、部品あるいは生産設備についてクローズド型である」という仮説がある。また「製品の自社の内部アーキテクチャがモジュラーであれば、部品あるいは生産設備についてオープン型とクローズド型が存在する」という仮説がある。

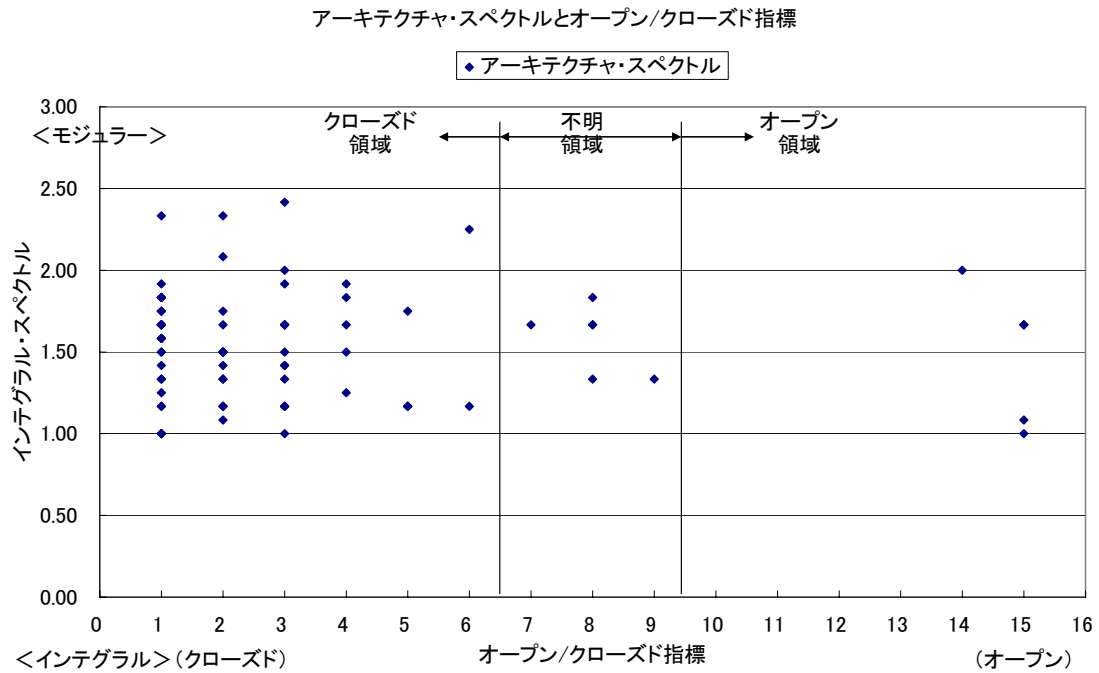
アンケート調査で上記の仮説を検証してみよう。

4.2.1 インテグラル度1の製品の場合

当該製品の内部アーキテクチャについての設問（設問 1）（13）総合評価で「まったくその通り」と答えた回答とオープン/モジュラー指標とのマップを見ると以下の通りである。インテグラル度指標については2章で作成したアーキテクチャ・スペクトルを使用した。ただし、オープン/モジュラー指標は部品・設備の指標のうち小さい指標を採用する。その理由は、製品によって、部品でインテグラルなものと、生産設備でインテグラルのものが分かれている可能性があるためである。

図7に示したようにインテグラル度1の78製品のうちほとんどの製品が、オープン/クローズド指標の6までの範囲に入っており、オープン/クローズド指標は1、2、3の指標が多く、クローズドの程度が高い。インテグラル度1の製品は、ほとんどの製品で「製品の自社の内部アーキテクチャがインテグラルであれば、部品あるいは生産設備についてクローズド型である」という仮説のとおりになっている。オープン/クローズド指標が7以上の指標（異常値）となる製品は、図7のオープン領域・不明領域にプロットされた10製品であった。この製品については、フィードバック調査にて、アンケート回答について回答者との意見交換が必要であろう。

図7 オープン/クローズド指標マップ（インテグラル度1の製品の場合）



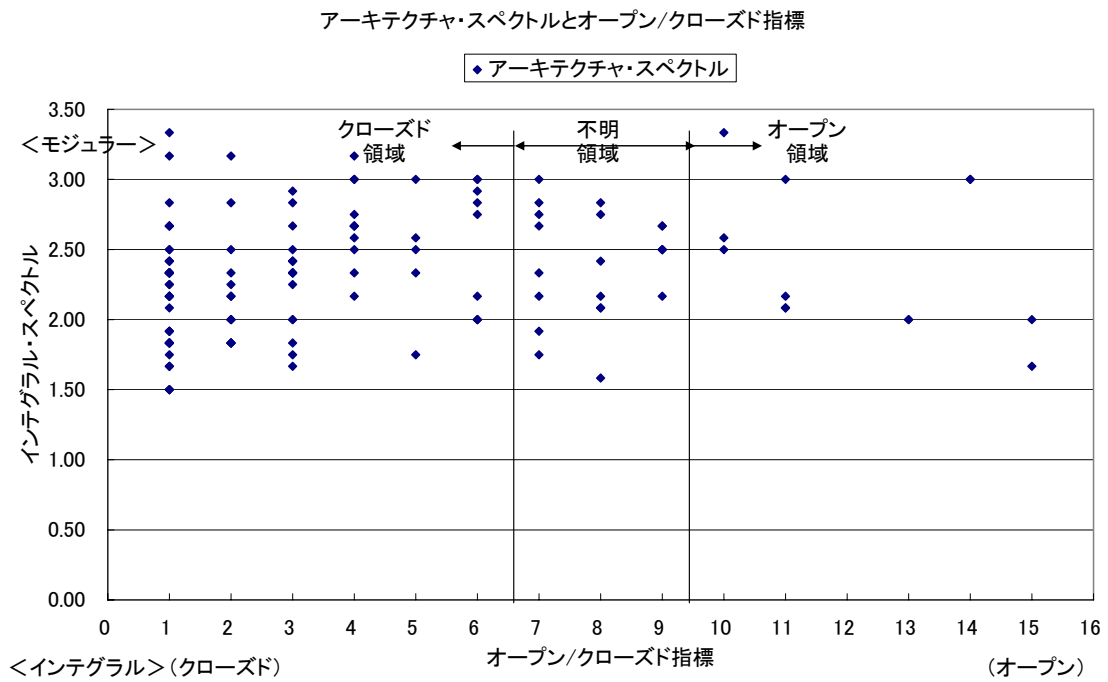
4.2.2 インテグラル度2の製品の場合

当該製品の内部アーキテクチャについての設問（設問 1）（13）総合評価で「やや近い」との回答と、オープン/モジュラー指標とのマップを見ると図8の通りである。

130 製品のうち 97 製品はオープン/クローズド指標が 6 以下であり、「製品の自社の内部アーキテクチャがインテグラルであれば、部品あるいは生産設備についてクローズド型である」という仮説のとおりになっている。

ただし、「インテグラル度 2」の製品は、オープン/クローズド指標が 7 以上の製品が 33 製品あり、これらの製品についてはアンケート回答者との意見交換が必要となる。

図8 オープン/クローズド指標マップ（インテグラル度2の製品の場合）



4.3 モジュラー製品のオープン/クローズドの相互関係

アンケートで、総合評価でモジュラー型製品と回答のあった26製品について、オープン/クローズド型の区分を見てみると、図表としては以下の表11、12にまとめられる。表11は部品IDで降順にソートした表であり、表12は設備IDで降順にソートした表である。

表 11 モジュラー製品とオープン/クローズド指標の関連 (部品 ID)

モジュラー製品 NO	企業コード	製品 NO.	品目番号	品目名称	産業番号	産業名称	産業番号大	産業名称大	アーキテクチャ・スケール	部品 ID	設備 ID	
1		7	4	10036901	その他の写真感光材料	20000088	写真感光材料	20000077	化学工業	3.42	15	15
2		16	11	10026500	鋼船	20000065	船舶・同機関	20000057	輸送機械工業	4.08	15	15
3		13	2	10000900	普通鋼鋼板	20000005	熱間圧延鋼材	20000003	鉄鋼業	3.83	15	15
4		5	5	10030800	か性ソーダ	20000080	ソーダ工業製品	20000077	化学工業	3.83	15	15
5		6	13	10046400	食用油	20000115	油脂・調味料	20000110	食料品・たばこ工業	3.17	15	14
6		6	3	10030800	か性ソーダ	20000080	ソーダ工業製品	20000077	化学工業	3.17	15	13
7		6	4	10035900	塩化ビニル樹脂	20000086	プラスチック	20000077	化学工業	3.17	15	8
8		6	7	10034900	ポリスチレン	20000086	プラスチック	20000077	化学工業	2.83	15	8
9		13	3	10002000	ティンフリースチール	20000008	めっき鋼材	20000003	鉄鋼業	4.33	15	8
10		24	9	10021700	パーソナルコンピュータ	20000051	電子計算機	20000048	情報通信機械工業	4.00	15	
11		24	10	10018900	電気測定器	20000046	電気計測器	20000039	電気機械工業	3.83	15	
12		5	2	10027900	板ガラス	20000073	ガラス・同製品	20000072	窯業・土石製品工業	3.67	13	13
13		15	5	10004700	橋りょう	20000017	建設用金属製品	20000016	金属製品工業	2.75	13	5
14		10	5	10035100	フェノール樹脂	20000086	プラスチック	20000077	化学工業	4.17	12	12
15		17	9	10014301	その他の機械工具	20000036	機械工具	20000021	一般機械工業	4.00	11	11
16		20	3	10025500	機関部品	20000062	自動車部品	20000057	輸送機械工業	3.33	11	9
17		20	2	10025700	懸架制動装置部品	20000062	自動車部品	20000057	輸送機械工業	3.33	11	8
18		20	5	10025600	駆動伝導・操縦装置部品	20000062	自動車部品	20000057	輸送機械工業	3.33	11	3
19		30	4	10016200	電力変換装置	20000041	静止電気機械	20000039	電気機械工業	3.42	10	13
20		4	1	10060600	週刊誌	20000409	新聞・出版業	20000409	新聞・出版業	3.33	9	14
21		16	6	10010000	ポンプ	20000026	風水力機械・油圧機器	20000021	一般機械工業	3.33	9	13
22		16	8	10010900	自動立体倉庫装置	20000027	運搬機械	20000021	一般機械工業	3.50	8	12
23		1	13	10047600	炭酸飲料	20000118	清涼飲料	20000110	食料品・たばこ工業	4.17	7	11
24		1	6	10048300	焼酎	20000119	酒類	20000110	食料品・たばこ工業	4.17	7	11
25		23	3	10021700	パーソナルコンピュータ	20000051	電子計算機	20000048	情報通信機械工業	3.75	6	7
26		1	3	10048500	リキュール	20000119	酒類	20000110	食料品・たばこ工業	4.17	2	11
27		1	4	10048500	リキュール	20000119	酒類	20000110	食料品・たばこ工業	3.83	2	11
28		1	5	10048300	焼酎	20000119	酒類	20000110	食料品・たばこ工業	4.17	2	11
29		12	3	10037200	身体洗剤	20000089	石けん・合成洗剤・界面	20000077	化学工業	3.83	1	15
30		16	12	10008100	一般用蒸気タービン	20000022	ボイラ・原動機	20000021	一般機械工業	3.58	1	11
31		5	9	10028300	ガラス基礎製品	20000073	ガラス・同製品	20000072	窯業・土石製品工業	3.67	1	6
32		1	14	10038300	医薬品	20000092	医薬品	20000077	化学工業	2.83	1	4
33		11	2	10007700	飲料用アルミニウム缶	20000020	その他の金属製品	20000016	金属製品工業	3.17	1	1
34		14	1	10003600	銅電線	20000014	電線・ケーブル	20000011	非鉄金属工業	3.17	1	1

部品 ID については、4.1 で定義したように 1～6 がクローズド型、10～15 がオープン型、7～9 が不明領域である。

表 11 でモジュラー製品 NO の 1～19 までの製品が部品構成から見てオープン型、すなわち「オープン・モジュラー製品」となる。ただしこのうち「橋りょう」と「駆動・伝導操縦装置部品」は、設備 ID から見るとクローズドの指標になる。これらの製品を「オープン・モジュラー製品」と定義できるかどうかはフィードバック面接で確認が必要である。

表 11 でみれば、モジュラー製品 NO の 25～34 は部品 ID 指標からはクローズド型、すなわち「クローズド・モジュラー製品」となる。ただしこのうち「リキュール (酒類)」「焼酎 (酒類)」「身体洗剤」「一般用蒸気タービン」は、設備 ID ではオープンの指標である。酒類、身体洗剤は、製法は汎用設備となるが、投入原料が顧客の志向に合わせた特殊原料が必要という考え方であれば、「クローズド・モジュラー型」になると考えられる。「一般用蒸気タービン」は、ボイラ・原動機の製品の性格からして、大型の蒸気タービンであれば顧客は電力・ガス会社などに特定され「クローズド・モジュラー製品」となり、小型の蒸気タービンであれば、顧客は一般事業所となり「オープン・モジュラー製品」であるという考えも成り立つ。

表 11 の 20～24 の部品 ID は「不明領域」、設備 ID は「オープン型」なので、とりあえずは、「オープン・モジュラー製品」の区分に入れる。

製品アーキテクチャの測定に関する実証分析

表 12 モジュラー製品とオープン/クローズド指標の関連 (設備 ID)

モジュラー製品 NO	企業コード	製品 NO.	品目番号	品目名称	産業番号	産業名称	産業番号大	産業名称大	アーキテクチャ・スベクトル	部品 ID	設備 ID	
1		7	4	10036901	その他の写真感光材料	20000088	写真感光材料	20000077	化学工業	3.42	15	15
2		16	11	10026500	鋼船	20000065	船舶・同機関	20000057	輸送機械工業	4.08	15	15
3		13	2	10000900	普通鋼鋼板	20000005	熱間圧延鋼材	20000003	鉄鋼業	3.83	15	15
4		5	5	10030800	苛性ソーダ	20000080	ソーダ工業製品	20000077	化学工業	3.83	15	15
5		12	3	10037200	身体洗淨剤	20000089	石けん・合成洗剤・界面	20000077	化学工業	3.83	1	15
6		6	13	10046400	食用油	20000115	油脂・調味料	20000110	食料品・たばこ工業	3.17	15	14
7		4	1	10060600	週刊誌	20000409	新聞・出版業	20000409	新聞・出版業	3.33	9	14
8		6	3	10030800	苛性ソーダ	20000080	ソーダ工業製品	20000077	化学工業	3.17	15	13
9		5	2	10027900	板ガラス	20000073	ガラス・同製品	20000072	窯業・土石製品工業	3.67	13	13
10		30	4	10016200	電力変換装置	20000041	静止電気機械	20000039	電気機械工業	3.42	10	13
11		16	6	10010000	ポンプ	20000026	風水力機械・油圧機器	20000021	一般機械工業	3.33	9	13
12		10	5	10035100	フェノール樹脂	20000086	プラスチック	20000077	化学工業	4.17	12	12
13		16	8	10010900	自動立体倉庫装置	20000027	運搬機械	20000021	一般機械工業	3.50	8	12
14		17	9	10014301	その他の機械工具	20000036	機械工具	20000021	一般機械工業	4.00	11	11
15		1	13	10047600	炭酸飲料	20000118	清涼飲料	20000110	食料品・たばこ工業	4.17	7	11
16		1	6	10048300	焼酎	20000119	酒類	20000110	食料品・たばこ工業	4.17	7	11
17		1	3	10048500	リキュール	20000119	酒類	20000110	食料品・たばこ工業	4.17	2	11
18		1	4	10048500	リキュール	20000119	酒類	20000110	食料品・たばこ工業	3.83	2	11
19		1	5	10048300	焼酎	20000119	酒類	20000110	食料品・たばこ工業	4.17	2	11
20		16	12	10008100	一般用蒸気タービン	20000022	ボイラ・原動機	20000021	一般機械工業	3.58	1	11
21		20	3	10025500	機関部品	20000062	自動車部品	20000057	輸送機械工業	3.33	11	9
22		6	4	10035900	塩化ビニル樹脂	20000086	プラスチック	20000077	化学工業	3.17	15	8
23		6	7	10034900	ポリスチレン	20000086	プラスチック	20000077	化学工業	2.83	15	8
24		13	3	10002000	ティンフリースチール	20000008	めっき鋼材	20000003	鉄鋼業	4.33	15	8
25		20	2	10025700	懸架制動装置部品	20000062	自動車部品	20000057	輸送機械工業	3.33	11	8
26		23	3	10021700	パーソナルコンピュータ	20000051	電子計算機	20000048	情報通信機械工業	3.75	6	7
27		5	9	10028300	ガラス基礎製品	20000073	ガラス・同製品	20000072	窯業・土石製品工業	3.67	1	6
28		15	5	10004700	橋りょう	20000017	建設用金属製品	20000016	金属製品工業	2.75	13	5
29		1	14	10038300	医薬品	20000092	医薬品	20000077	化学工業	2.83	1	4
30		20	5	10025600	駆動伝導・操縦装置部品	20000062	自動車部品	20000057	輸送機械工業	3.33	11	3
31		11	2	10007700	飲料用アルミニウム缶	20000020	その他の金属製品	20000016	金属製品工業	3.17	1	1
32		14	1	10003600	銅電線	20000014	電線・ケーブル	20000011	非鉄金属工業	3.17	1	1
33		24	9	10021700	パーソナルコンピュータ	20000051	電子計算機	20000048	情報通信機械工業	4.00	15	
34		24	10	10018900	電気測定器	20000046	電気計測器	20000039	電気機械工業	3.83	15	

設備 ID から見た場合、表 12 に適えば、モジュラー製品 NO の 1～20 まではオープン・モジュラー型製品、27～32 はクローズド・モジュラー型製品、21～25 は部品 ID がオープン型なので、オープン・モジュラー型製品、26 は部品 ID がクローズド型なのでクローズド・モジュラー型製品の区分になる。

以上に基づいてモジュラー型製品 34 製品について、オープン・モジュラー型とクローズド・モジュラー型に分けると、以下のような区分となるだろう。

「オープン・モジュラー型」(品目名称)

(1) その他の写真感光材料、(2) 鋼船、(3) 普通鋼鋼板、(4) 苛性ソーダ、(5) 食用油、(6) 苛性ソーダ、(7) 塩化ビニル樹脂、(8) ポリスチレン、(9) ティンフリースチール (めっき鋼材)、(10) パーソナルコンピュータ、(11) 電機測定器、(12) 板ガラス、(13) フェノール樹脂、(14) その他の機械工具、(15) 機関部品(自動車部品)、(16) 懸架制動装置部品(自動車部品)、(17) 電力変換装置、(18) 週刊誌、(19) ポンプ、(20) 自動立体倉庫装置

「クローズド・モジュラー型」(品目名称)

(1) 橋りょう、(2) 駆動伝導・操縦装置 (自動車部品)、(3) リキュール (酒類)、(4) 焼酎 (酒類)、(5) 身体洗淨剤、(6) 一般用蒸気タービン、(7) ガラス基礎製品、(8) 医薬品、

(9) 飲料用アルミ缶、(10) 銅電線

以上モジュラータイプ製品と回答のあった製品について、オープン/クローズドの分類を検討した。理論的には定義できない「クローズド・モジュラー型」に 10 製品がリストされたが、今後のアンケート回答のフィードバックによる再検討などがさらに必要であろう。

5 アーキテクチャと営業利益率

アーキテクチャが利益率の説明要因となる可能性を検証するため、多項ロジットモデルを用いてアーキテクチャ・スペクトルおよびアーキテクチャ規定要因と営業利益率の関係を明らかにする。分析対象は、アーキテクチャ・スペクトルに関する設問と営業利益率に関する回答が得られ、さらにインテグラル製品と分類された 26 社 151 製品とする。本項では、各製品におけるインテグラル・モジュラーの程度を評価する尺度として開発したアーキテクチャ・スペクトルに加え、上述した機能構造関係とインターフェースからアプローチ可能なアーキテクチャ規定要因と営業利益率の関係についても明らかにする。

まず、各製品のアーキテクチャ・スペクトルを明らかにするために設定された調査表 2 問 1 (1) ~ (12) に対して主成分分析を行い、各設問と機能構造・インターフェースという 2 つのアーキテクチャ規定要因の関係を解釈する。当該設問において (1) ~ (6) の回答は組立製品についてのみ依頼したため、(1) ~ (6) の設問と (7) ~ (12) の設問とを分けて分析を行う。データの内訳は、組立製品 103、単体製品 48 となっている。表 17 に示されているのは (1) ~ (6) の設問について行ったバリマックス回転後の分析結果であり、表 18 に示されているのは (7) ~ (12) の設問について行ったバリマックス回転後の分析結果である。どちらの分析結果からも、第一主成分を構成するのは 106 製品の分析結果と同様、機能構造対応関係を規定する設問によって構成されることが明らかとなった。設問 (1) ~ (6) については第一主成分が (4) ~ (6)、第二主成分が (1) ~ (3) から構成されており、設問 (7) ~ (12) については、第一主成分が (9) (10) (11) (12)、第二主成分 (7) (8) から構成されている。したがって、設問 (1) ~ (6) についての分析では、106 製品の分析結果において機能構造対応関係を規定するとされた (1) の設問が、151 製品の分析ではインターフェース規定要因に含まれるとの結果に至ったことになる。設問 (1) の数値は第一主成分において 0.53、第二主成分において 0.59 となっており、差異は小さい。しかし、当該設問は製品特性によって機能構造対応関係よりもむしろインターフェース規定の意味を持つ可能性がある。

製品アーキテクチャの測定に関する実証分析

表 17 主成分分析結果 (1)

	第一主成分	第二主成分
累積寄与率	0.39	0.55
1(1)	0.53	0.59
1(2)	0.14	0.82
1(3)	0.04	0.63
1(4)	0.81	-0.01
1(5)	0.60	0.27
1(6)	0.72	0.12

表 18 主成分分析結果 (2)

	第一主成分	第二主成分
累積寄与率	0.37	0.62
1(7)	-0.01	0.83
1(8)	0.09	0.84
1(9)	0.57	0.42
1(10)	0.83	0.04
1(11)	0.71	-0.04
1(12)	0.78	0.08

次に、推計には、従属変数として営業利益率、独立変数としてアーキテクチャ・スペクトル、機能構造関係 (1) (2)、インターフェース規定 (1) (2)、市場シェア順位、輸出比率、輸入比率、海外生産比率、貿易特化係数を用いる (表 19 参照)。営業利益率については、20%以上・15~19%・10~14%・5~9%・0~4%・マイナスという 6 つのカテゴリーを提示し、20%以上を 1、マイナスを 6 として 2000~03 年度において当該製品がどのカテゴリーに属するのかを回答してもらった。アーキテクチャ・スペクトルは上述のとおり、インテグラル度に関する 12 の設問に対して得られた 5 ポイントの回答から算出した平均値である。機能構造対応関係 (1) (2) およびインターフェース規定 (1) (2) は、調査票 2 問 1 (1) ~ (12) に対する主成分分析の結果に基づいて算出された各主成分得点であり、機能構造対応関係 (1) は問 1 (1) ~ (6) に関する第一主成分得点、インターフェース規定 (1) は問 1 (1) ~ (6) に関する第二主成分得点、機能構造対応関係 (2) は問 1 (7) ~ (12) に関する第一主成分得点、インターフェース規定 (1) は問 1 (7) ~ (12) に関する第二主成分得点である。また、106 製品の分析では単純な市場シェアをもちいたが、151 製品の分析では、各市場において他社より優位なシェアを獲得することと営業利益率の関係に、製品のアーキテクチャ特性がどのように作用するのかを検討するため、市場シェア順位を用いた。106 製品

の分析では、50%以上・49～40%・39～30%・29～20%・19～10%・0～9%という6カテゴリで得た市場シェアの回答を50%・49～40%・39～30%・29%以下という4つのカテゴリに再分類し、圧倒的なシェアを得ている場合の影響に焦点をあてて分析を行った。151製品の場合も同様に、市場でのシェア順位に対する回答は1位～30位までばらついてはいたが、1位・2位・3位・4位以下と再分類を行い、市場でトップ層に入る場合の影響に焦点をあてて分析を行った。

営業利益率を被説明変数、アーキテクチャ・スペクトル、機能構造対応関係およびインターフェース規定に関する主成分得点、国内外の市場シェア順位、輸出比率、輸入比率、海外生産比率、貿易特化係数を説明変数とする。したがって、被説明変数が1～6の離散値となるため、多項ロジットモデルを用いて推計を行う。多項ロジットモデルは、被説明変数が3つ以上存在する場合に各変数の判別を行うモデルであり、本項では営業利益率を6つのカテゴリに分類し、アーキテクチャ特性・市場シェア順位・輸出入関連変数を用いた判別を試みている。

表 19 推計に用いる変数

営業利益率	2000～03年の営業利益率について、20%以上・15～19%・10～14%・5～9%・0～4%・マイナスという6つのカテゴリから20%以上を1、マイナスを6とする1～6の離散値。
アーキテクチャ・スペクトル	製品のインテグラル度について5ポイントのリッカートスケールで回答を求めた12の設問から算出された平均値。
機能構造対応関係 (1)	調査票2問1(1)～(6)について算出した第一主成分得点。
機能構造対応関係 (2)	調査票2問1(7)～(12)について算出した第一主成分得点。
インターフェース規定 (1)	調査票2問1(1)～(6)について算出した第二主成分得点。
インターフェース規定 (2)	調査票2問1(7)～(12)について算出した第二主成分得点。
市場シェア順位	2000～03年における国内シェア・世界シェアの順位。1位・2位・3位・4位以下という1～4の離散値。
輸出比率	輸出額/国内生産高
輸入比率	輸入額/海外生産高
海外生産比率	海外生産高/国内生産高
貿易特化係数	(輸出額－輸入額) / (輸出額＋輸入額)

多項ロジットモデルでは製品 Y_i の営業利益率が J 個のカテゴリにおいて j 番目に該当する確率、および同カテゴリにおいて0番目に該当する³確率は次のモデルによって推計される。

³本項では営業利益率がマイナスに分類されるケース。

製品アーキテクチャの測定に関する実証分析

$$\Pr(Y_i = j) = \frac{\exp(\beta_j x_i)}{1 + \sum_{k=1}^J (\beta_k x_i)} \quad j = 1, \dots, J$$

$$\Pr(Y_i = 0) = \frac{1}{1 + \sum \exp(\beta_k x_i)}$$

β はパラメータ、 x は説明変数ベクトルである。

表 20 に示されているのは、すべてのサンプルに対する平均値・標準偏差・最大値・最小値、表 21 に示されているのは相関係数、表 22 に示されているのは多項ロジットモデルの推計結果である。

表 20 基本統計量

	平均値	標準偏差	最小値	最大値
(1) 営業利益率	3.68	1.46	1.00	6.00
(2) アーキテクチャ・スペクトル	2.07	0.58	1.00	3.66
(3) 機能構造対応関係(1)	3.26	2.65	0.00	9.01
(4) 機能構造対応関係(2)	6.35	2.31	2.93	14.53
(5) インターフェース規定(1)	3.36	2.74	0.00	9.99
(6) インターフェース規定(2)	4.45	1.71	2.01	8.39
(7) 国内市場シェア順位	1.78	1.64	1.00	4.00
(8) 海外市場シェア順位	2.83	3.71	1.00	4.00
(9) 輸出比率	0.52	2.44	0.00	28.60
(10) 輸入比率	0.08	0.24	0.00	1.50
(11) 海外生産比率	1.36	11.40	0.00	140.00
(12) 貿易特化係数	0.58	0.58	-1.00	1.00

表 21 相関係数

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
(1)	1.00											
(2)	0.20	1.00										
(3)	0.11	0.12	1.00									
(4)	0.24	0.73	0.11	1.00								
(5)	0.21	0.08	0.90	0.05	1.00							
(6)	-0.00	0.73	0.00	0.37	-0.07	1.00						
(7)	0.09	0.00	0.02	0.08	0.04	-0.02	1.00					
(8)	0.03	0.00	-0.11	0.01	-0.13	0.04	0.55	1.00				
(9)	-0.09	-0.19	-0.01	-0.16	0.01	-0.14	-0.05	-0.06	1.00			
(10)	-0.11	-0.04	-0.07	-0.13	-0.05	0.13	0.21	0.26	0.04	1.00		
(11)	-0.10	-0.15	-0.02	-0.14	-0.00	-0.12	-0.05	-0.05	0.96	0.01	1.00	
(12)	-0.11	-0.13	0.04	0.05	0.02	-0.12	-0.10	-0.11	0.03	-0.16	-0.05	1.00

製品アーキテクチャの測定に関する実証分析

表 22 多項ロジットモデルの推計結果

営業利益率 20%以上	MODEL					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
アーキテクチャ・スペクトル	0.67 (1.04)		0.76 (1.04)		0.68 (1.05)	
機能構造対応関係(1)		0.53 (1.03)				0.45 (0.86)
機能構造対応関係(2)		-0.14 (-0.88)				-0.16 (-0.91)
インターフェース規定(1)		-0.35 (-0.54)				-0.29 (-0.44)
インターフェース規定(2)		0.28 (1.24)				0.30 (1.30)
	1				-2.00 (-3.11)**	-1.96 (-3.12)**
	2				-0.21 (-0.27)	-0.44 (-0.45)
国内市場シェア順位	3				6.06 (7.04)***	-
	4				-2.27 (-2.14)*	-2.85 (-2.66)**
	1		1.19 (1.72)+			
	2		-			
世界市場シェア順位	3		2.44 (2.96)**			
	4		2.67 (3.39)***			
輸出比率			-	-		
輸入比率			-34.38 (-1.37)	-32.89 (-1.34)		
海外生産比率			-0.26 (-0.56)	-0.27 (-0.60)		
貿易特化係数			-1.05 (-1.34)	-1.13 (-1.60)		
	N	15	15	15	15	15

・ ()内は t 値

・

*** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; + $p < 0.10$

営業利益率 15-19%	MODEL					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
アーキテクチャ・スペクトル	0.78 (1.37)		0.91 (1.47)		0.79 (1.38)	
機能構造対応関係(1)		0.10 (0.21)				-0.03 (-0.06)
機能構造対応関係(2)		-0.19 (-0.27)				-0.12 (-0.77)
インターフェース規定(1)		0.37 (0.64)				0.46 (0.77)
インターフェース規定(2)		0.38 (1.86)+				0.38 (1.80)+
1					0.24 (0.25)	-0.73 (-0.83)
2					-	1.43 (1.28)
国内市場シェア順位					-	-
3					-	-
4					1.22 (1.05)	0.01 (0.01)
1			-0.73 (-1.17)			
2			-0.50 (-0.70)			
世界市場シェア順位			-0.07 (-0.08)			
3			1.45 (1.99)*			
4						
輸出比率				1.43 (1.71)+		
輸入比率				-0.84 (-0.76)		
海外生産比率				-0.52 (-1.45)		
貿易特化係数				-0.25 (-0.37)		
<i>N</i>	19	19	19	19	19	19

・ ()内は t 値

*** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; + $p < 0.10$

製品アーキテクチャの測定に関する実証分析

営業利益率 10-14%	MODEL					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
アーキテクチャ・スペクトル	0.25 (0.45)		0.24 (0.40)		0.23 (0.41)	
機能構造対応関係(1)		0.23 (0.49)				0.13 (0.26)
機能構造対応関係(2)		-0.03 (-0.23)				0.02 (0.10)
インターフェース規定(1)		0.19 (0.33)				0.27 (0.45)
インターフェース規定(2)		0.11 (0.55)				0.08 (0.37)
	1				-1.85 (-3.42)*	-1.97 (-3.72)*
	2				-0.74 (-1.07)	-1.12 (-1.25)
国内市場シェア順位	3				6.53 (7.04)**	-
	4				-1.82 (-2.33)*	-2.09 (-2.63)*
	1		-0.41 (-0.73)			
	2		-0.73 (-1.05)			
世界市場シェア順位	3		-0.37 (-0.47)			
	4		1.33 (1.87)+			
輸出比率			-	-		
輸入比率			-2.17 (-1.55)	-1.68 (-1.27)		
海外生産比率			-0.03 (-0.15)	-		
貿易特化係数			-0.18 (-0.31)	-0.19 (-0.35)		
		28	28	28	28	28

・ ()内は t 値

*** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; + $p < 0.10$

営業利益率 5-9%	MODEL					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
アーキテクチャ・スペクトル	0.47 (0.82)		0.58 (0.93)		0.47 (0.82)	
機能構造対応関係(1)		-0.95 (-1.76)+				-1.00 (-1.80)+
機能構造対応関係(2)		-0.00 (-0.02)				0.04 (0.25)
インターフェース規定(1)		1.40 (2.21)*				1.40 (2.16)*
インターフェース規定(2)		0.31 (1.48)				0.32 (1.52)
	1				-1.41 (-2.50)*	-1.83 (-3.11)**
	2				0.51 (0.68)	0.16 (0.18)
国内市場シェア順位	3				-	-
	4				-1.78 (-2.11)*	-1.89 (-2.08)*
	1		0.21 (0.37)			
	2		-0.38 (-0.54)			
世界市場シェア順位	3		-0.46 (-0.53)			
	4		0.86 (1.15)			
輸出比率			0.86 (0.98)	0.67 (0.79)		
輸入比率			-1.30 (-1.03)	-0.95 (-0.80)		
海外生産比率			-0.17 (-0.67)	-0.18 (-0.67)		
貿易特化係数			-0.25 (-0.36)	-0.21 (-0.33)		
	N	41	41	41	41	41

・ ()内は t 値

*** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; + $p < 0.10$

製品アーキテクチャの測定に関する実証分析

営業利益率 0-4%	MODEL					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
アーキテクチャ・スペクトル	-1.10 (-1.59)		-0.74 (-1.01)		-1.16 (-1.67)+	
機能構造対応関係(1)		-0.58 (-1.07)				-0.59 (-1.07)
機能構造対応関係(2)		-0.08 (-0.46)				-0.12 (-0.65)
インターフェース規定(1)		1.08 (1.71)+				1.09 (1.69)+
インターフェース規定(2)		0.10 (0.45)				0.10 (0.42)
	1				0.27 (0.42)	-0.32 (-0.26)
	2				1.17 (1.56)	0.43 (0.29)
国内市場シェア順位	3				7.19 (7.50)**	-
	4				-	-8.49 (-2.44)*
	1		1.64 (2.73)**			
	2		1.95 (2.89)**			
世界市場シェア順位	3		2.14 (2.61)**			
	4		-			
輸出比率			0.75 (0.87)	0.71 (0.81)		
輸入比率			0.43 (0.28)	-0.01 (-0.00)		
海外生産比率			-0.10 (-0.45)	-0.18 (-0.67)		
貿易特化係数			1.52 (1.34)	1.71 (1.58)		
N	32	32	32	32	32	32
χ^2	140.06	429.26	455.85	390.17	269.09	430.23

・ ()内は t 値

*** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; + $p < 0.10$

表 22 の推計結果に示されている通り、106 製品に対する推計結果と同様、アーキテクチャの規定要因である機能構造対応関係とインターフェース規定、および国内外の市場シェア順位について有意水準を達成したが、アーキテクチャ・スペクトルについては今回の分析においても有意な結果を得ることができなかった。また、アーキテクチャの規定要因についても、106 製品に比べ有意水準が低下していることから、サンプルが増加したことによって製品が多様化し、アーキテクチャの捉え方に対する主観性の問題が拡大したと考えられる。さらに、主成分分析において、サンプルの変化によって機能構造対応関係とインターフェース規定の間でぶれる設問が存在するなど、機能構造対応関係を捉えるに際しても基準が確定しておらず、課題は残る。

一方、国外の市場シェア順位については特に有意性が強く、単純に業界で高いシェアを維持しているという状態に加え、他社に対し優位なシェアを獲得しているという事実も営業利益率に大きな影響を及ぼしていると考えられる。しかし、国内の市場シェア順位についてはマイナスの符合を示すケースがあり、この場合はシェアが高いからといって高い営業利益率を達成しているわけではないという示唆が得られる。つまり、インテグラル製品についてみると、世界的に見て圧倒的なシェア順位を維持している場合は非常に高い営業利益率を達成しているが、国内市場だけでシェア順位が高い製品については、必ずしも高い営業利益率を達成しているわけではないという可能性が考えられる。

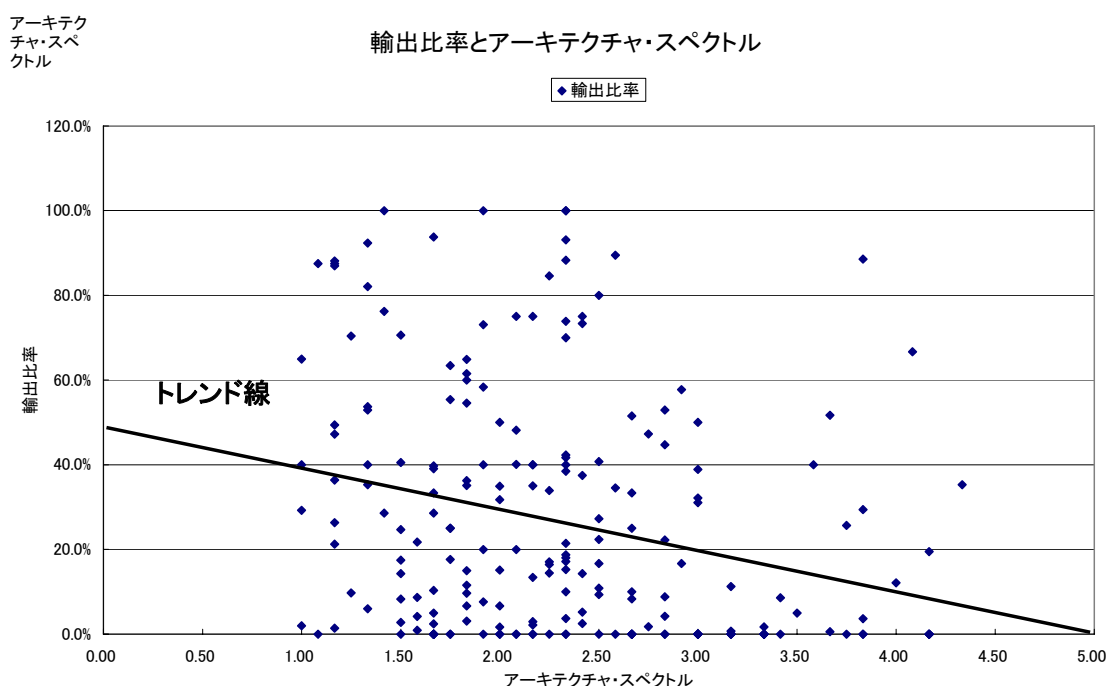
6 アーキテクチャと輸出比率

本項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提示する。分析対象は、「当該製品の内部アーキテクチャについて」の設問 1 と当該製品の国内生産額、輸出額に関する回答を得られた 31 社 206 製品である。

アーキテクチャ・スペクトルと輸出比率の関係を検討するのは、藤本（2004、2005）で指摘された、「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、という考え方を検証しようとするものである。

図 10 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ているが、アーキテクチャ・スペクトルは 1.00 に近いほどインテグラル度が高く、5.00 に近いほどモジュラー度が高くなる指標なので、図 10 で右肩下がりのトレンド線が確認できれば、「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ることになる。

図 10 アーキテクチャ・スペクトルと輸出比率の散布図



このデータを使って、被説明変数（Y）を輸出比率、説明変数（X）をアーキテクチャ・スペクトルとして、回帰分析でトレンド線を推定してみると、以下の回帰式となる。

$$Y = (-0.0941) * X + 0.488 \quad (N=206, \text{決定係数} : 0.060)$$

(-3.77) (8.05)

((注) 推定パラメータの下段 () 内は t-値)

回帰分析の結果では、説明変数 X の推定パラメータの符号はマイナスであり、右肩下がりのトレンドが確認できる。パラメータ (-0.0941) の統計的有意性の検定では、t-値が絶対値で 1.96 を超えており、95% の信頼限界で有意性が確認できる (決定係数は 0.060 と低い、クロスセクション回帰分析なので、決定係数の低さは問題にならない)。

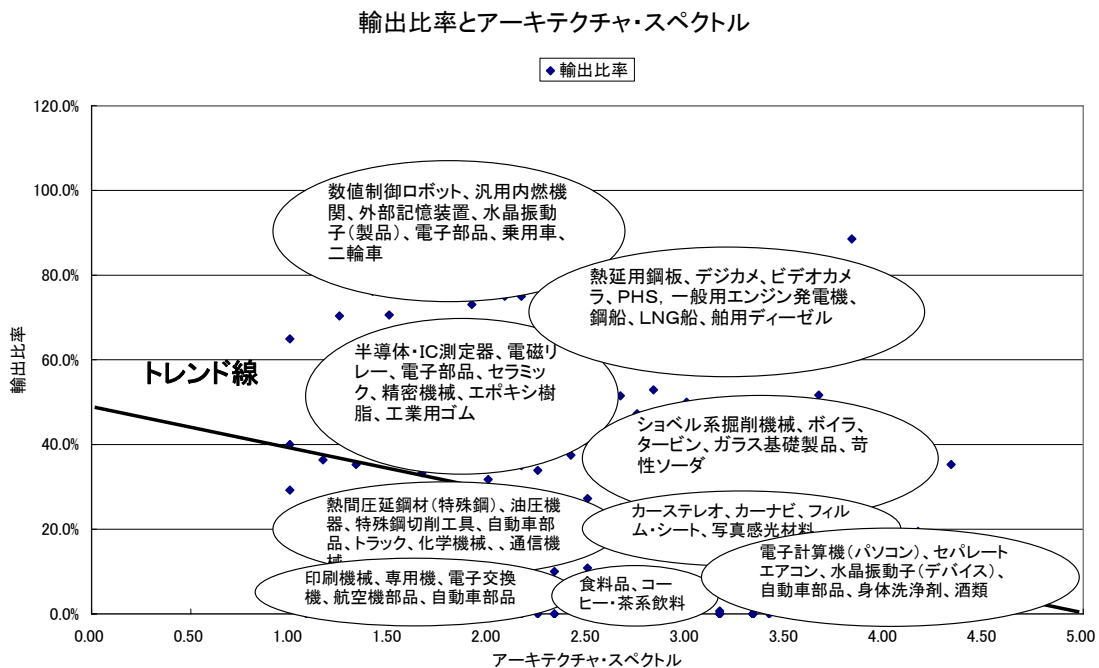
図 10 の散布図で、どのような製品がどの場所に散布されているかを概括したものが図 11 であり、以下のような特徴が見られる。

インテグラル度の高い自動車関連では、自動車部品がトレンド線の下側にあり、完成品の乗用車・二輪車などがトレンド線の上側に位置している。また自動車部品は、インテグラルとモジュラー製品に分かれている。

機械関係製品で見れば、船舶、建設機械などはモジュラー度が高く輸出比率も高いので、トレンド線の右上に位置している。一方、印刷機械、専用機、油圧機器など特殊機械はインテグラル度が高いが輸出比率は低いため、トレンド線の左下側に位置する。

カーステレオ、カーナビなどの民生用電子・電気機械はモジュラー度が高く輸出比率が低いのでトレンド線の右下側に位置するが（デジカメ、ビデオカメラ、PHS などの新製品は輸出比率が高い）、産業用電子機械の一部、精密機械、電子部品はインテグラル度が高く輸出比率も高いのでトレンド線の左上の位置になる。化学製品についても、エポキシ樹脂、工業用ゴム（材料系）はインテグラル度が高く輸出比率も高いのでトレンド線の左上に位置する反面、フィルム・シート、写真感光材料などはモジュラー度が高く輸出比率が低いためにトレンド線の下側に位置する、また金属製品ではモジュラー度の高い熱延用鋼板は輸出比率が高く右上に位置するが、熱間圧延鋼材（特殊鋼）、特殊鋼切削工具などは用途が特定化されるため輸出比率が低く左下に位置する。以上、それぞれの産業の製品が、トレンド線を境にポジションが対称になる傾向が多く観察される。

図 11 アーキテクチャ・スペクトルと輸出比率と製品群トレンド線を境にマップ



製品アーキテクチャの測定に関する実証分析

図 12 アーキテクチャ・スペクトル&輸出比率と製品別製品マップ (1)

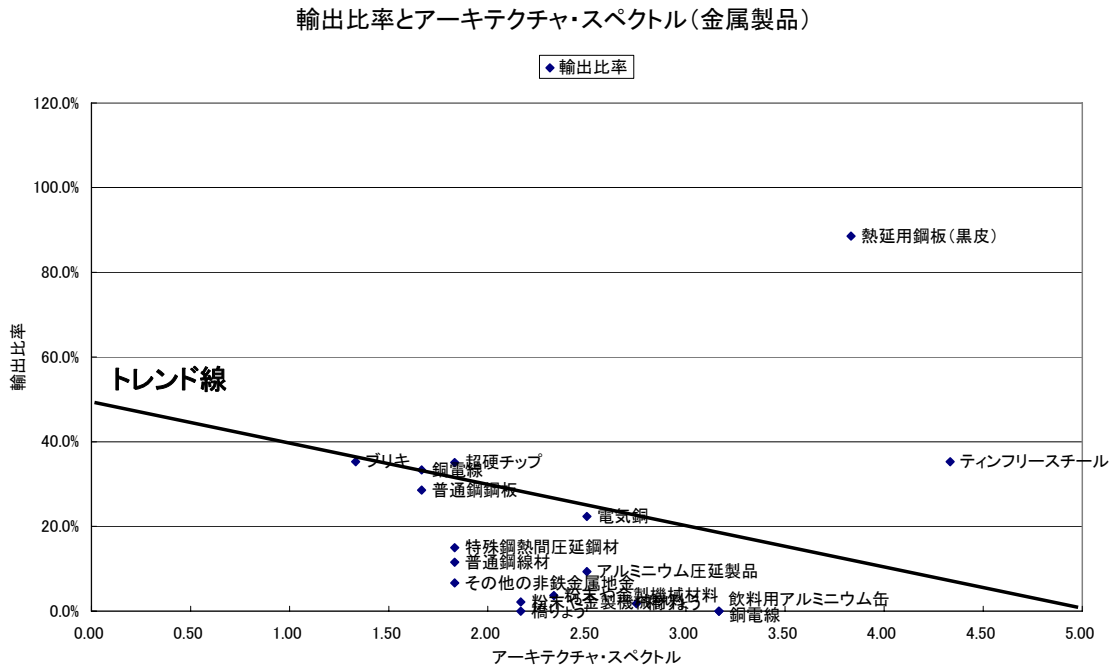


図 12 アーキテクチャ・スペクトル&輸出比率と製品別製品マップ (2)

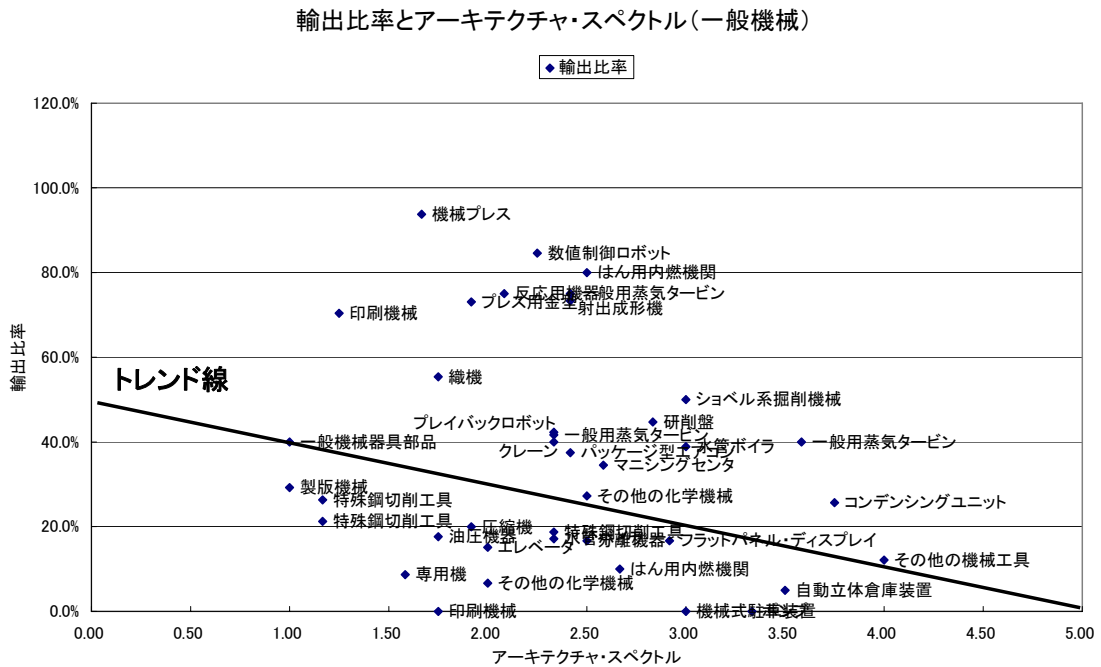


図 12 アーキテクチャ・スペクトル&輸出比率と製品別製品マップ (3)

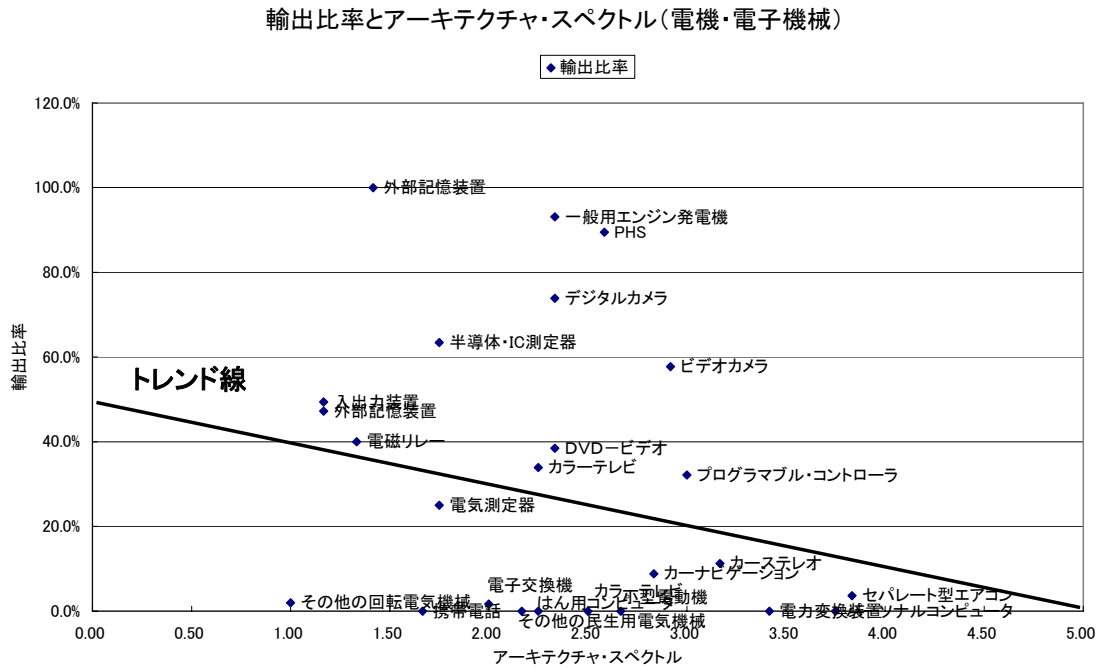
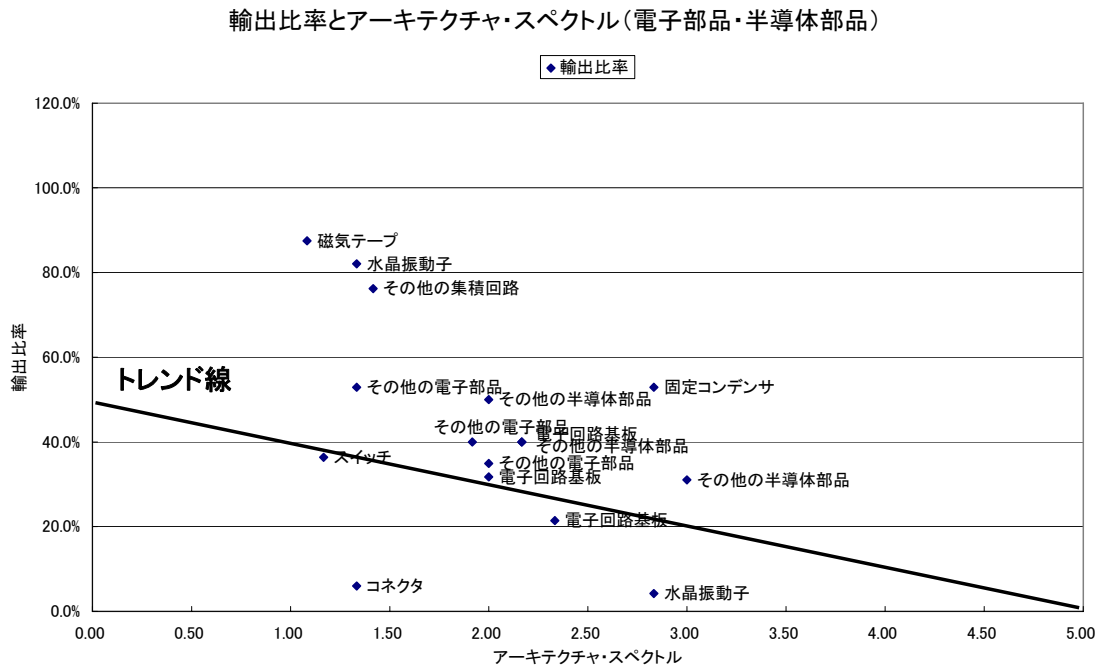


図 12 アーキテクチャ・スペクトル&輸出比率と製品別製品マップ (4)



製品アーキテクチャの測定に関する実証分析

図 12 アーキテクチャ・スペクトル&輸出比率と製品別製品マップ (5)

輸出比率とアーキテクチャ・スペクトル(自動車・その他輸送機械・精密機械)

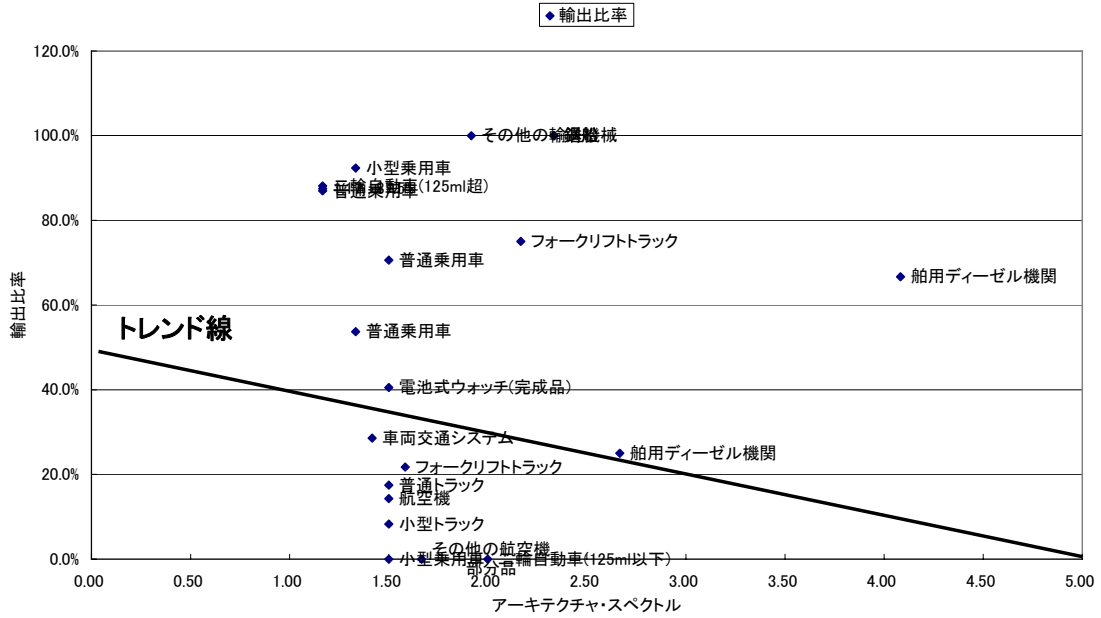


図 12 アーキテクチャ・スペクトル&輸出比率と製品別製品マップ (6)

輸出比率とアーキテクチャ・スペクトル(自動車部品)

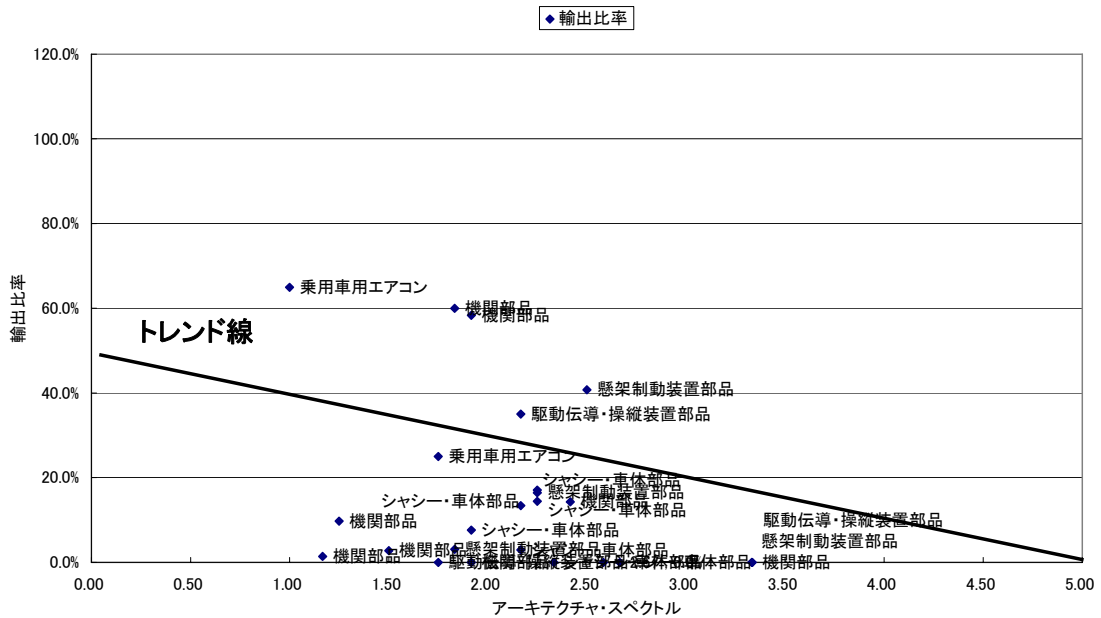
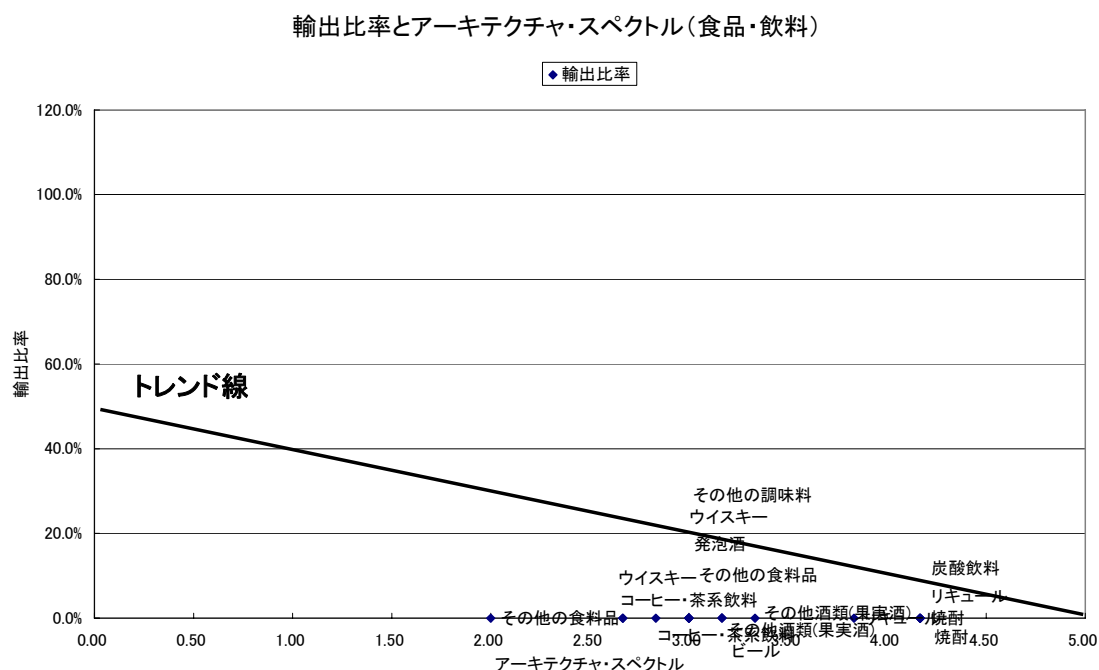


図 12 アーキテクチャ・スペクトル&輸出比率と製品別製品マップ (9)



7 残された課題

本稿ではいわゆる「製品アーキテクチャ」について、民間企業 33 社 256 製品のアンケート調査をベースに、アーキテクチャの測定方法、測定結果を分析した。残された課題を整理すると以下の点が挙げられる。

256 製品を IM マトリックスにポジショニングしたが、製品アーキテクチャとポジショニングの移動戦略 (新宅 2003) などの分析ができていない。ポジショニングの移動戦略などを分析するには、アンケート回答のフィードバック面接を通じて、企業アンケート回答者が自社の製品のアーキテクチャ、ポジショニングをどのように考えているか、ポジションの移動の可能性をどう考えるかなどのディスカッションが必要であるが、企業フィードバック面接はまだ終了していないためである。アンケートの回答から IM マトリックスにポジショニングするのは静的分析であり、ポジショニングの移動戦略、両面戦略の検討は動的分析に属する性格と考えられ、製品アーキテクチャ実証分析では最も興味引かれる視点であり、フィードバック面接終了後に検討する必要がある。

また、営業利益率とアーキテクチャの関係を、いくつかの変数を追加してロジット回帰分析を実施したが、有意な結果が得られていない。簡便法のアーキテクチャ・スペクトル作成に課題があるのかもしれないし、アーキテクチャ・スペクトルが有効に活用できる分野が営業利益率の分野ではないのかも知れない。とはいえ、営業利益率とシェアの関係については

有意な関係が得られているのでもう一步踏み込んだ分析を実施する必要がある。

また、輸出比率についても図 12 アーキテクチャ・スペクトル&輸出比率と製品別製品マップ (1) ~ (9) の詳細分析もまだできていない。さらにアーキテクチャ・スペクトルと海外生産比率との関係分析も未着手である。

「1 はじめに」でも述べたように本稿は速報としての予備的分析であるために、「日本企業のアーキテクチャ戦略に関する調査」アンケートでの回答結果を全て分析するには至っていない。たとえば、調査票 2 設問 4 の「ものづくり組織能力と現場の競争力」については分析が未着手である。組立製品と単体製品について同時に分析しているが、これらの製品を分けて分析することも考えられる。また、利益率の分析については、2 社の利益率については全体利益率から見ての補正を実施して分析を実施したが、業界・製品によって営業利益率の水準につばらつきがみられる。これらの全般的な補正も必要である。

以上、分析方法について、分析課題について数多くの課題を残してはいるが、まず、アーキテクチャという現場発の設計概念によって、既成の産業分類とは異なる形で諸製品をアーキテクチャ・スペクトルで並べ替えて、輸出比率の分析への応用、営業利益率の分析への応用など試みたところに本稿の意義がある。

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（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.
- 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.
- 丹後俊郎・山岡和枝・高木晴良(1996)『ロジスティック回帰分析-SASを利用した統計解析の実際-』朝倉書店。