

MMRC
DISCUSSION PAPER SERIES


No. 351

アジア自動車工場の組立生産性に関する比較研究
—IMVP ラウンド 4(2006 年)調査を中心に—

福井県立大学 経済学部
大鹿 隆

東京大学 大学院経済学研究科
藤本 隆宏

2011 年 4 月

 MONOZUKURI 東京大学ものづくり経営研究センター
Manufacturing Management Research Center (MMRC)

ディスカッション・ペーパー・シリーズは未定稿を議論を目的として公開しているものである。
引用・複写の際には著者の了解を得られたい。

<http://merc.e.u-tokyo.ac.jp/mmrc/dp/index.html>

Abstract

In this report, we analyze productivity and the automation rate etc. of the Asian automaker plants by the questionnaire survey in the Asian automaker plants of 2006 based on the questionnaire vote. The Asian automaker survey vote was referring to IMVP (International Motor Vehicle Program) Round3(2000) questionnaire vote, but we originally made IMVP Round4(2006) vote.

The productivity of Japanese automakers became 10.7 hours/vehicle Round4 (2006) from 12.3 hours/vehicle Round3 (2000) productivity, it improved (▲13%) for 1.6 hours. South Korea automakers and Taiwanese automakers became 14.2 hours/vehicle (2006) Round4 from 20.3 hours/vehicle (2000) Round3 productivity, it improved (▲30%) for 6.1 hours.

Productivity in other region is 0.4 times Japanese automakers. In the indirect section productivity are Japan 1.7 hours (▲35%) and South Korea and Taiwan 2.3 hours (▲48%), departments of management in Japan 1.0 hours (▲23%) and South Korea and Taiwan are 1.7 hours (▲37%).

After IMVP Round 3 is executed in 2000, the investigations of actual conditions of the world automaker plants are untried. In this sense, the main enumeration is a questionnaire survey of the Asian automaker plants including Japan of 2006, and the latest version.

Key Word : productivity, IMVP, Asian automaker plants, automation rate

要約

本稿では、2006年のアジア自動車工場のアンケート調査によるアンケート票について、アジア自動車工場の生産性の計算結果、自動化率との相関などを分析した。自動車工場アンケート調査票については、IMVP(International Motor Vehicle Program)組立生産性アンケート票を参考として作成したため、IMVP ラウンド4 アジア自動車工場調査版に相当する。

日本メーカーの生産性はラウンド3(2000年) 12.3時間/台からラウンド4(2006年) 10.7時間/台となり、生産性は1.6時間(▲13%)改善した。韓国・台湾メーカーはラウンド3(2000年) 20.3時間/台からラウンド4(2006年) 14.2時間/台となり、生産性は6.1時間(▲30%)改善した。その他のアジア地域(タイ、中国)の生産性はラウンド3で日本メーカーの0.5倍、ラウンド4では日本メーカーの0.4倍である。

キーワード : 生産性、IMVP、アジア自動車工場、自動化率

アジア自動車工場の組立生産性に関する比較研究

-IMVP ラウンド4 (2006年) 調査を中心に-

大鹿 隆

福井県立大学 経済学部

藤本 隆宏

東京大学 大学院経済学研究科

目次

1. はじめに
 - 1-1 研究の目的と背景—IMVP 組立工場調査とは
 - 1-2 組立生産性研究の今日的な意義
2. IMVP ラウンド4 アジア自動車工場のマンアワー生産性—総括
 - 2-1. 調査の概要
 - 2-2. アジア自動車工場の国別・地域別生産性比較
 - 2-3. 各地域の生産性計算のための生産要素
3. IMVP ラウンド4 アジア地域での生産性計算
 - 3-1. 生産性計算のラウンド4 とラウンド3 の比較
 - 3-2. ラウンド4 の直接部門&間接部門&管理部門生産性
 - 3-2-1 直接&間接&管理部門生産性（溶接工程）
 - (1) 直接&間接&管理部門を含む溶接生産性と溶接自動化率の相関分析
 - (2) 直接&間接&管理部門含む溶接生産性と溶接外注率の相関関係
 - 3-2-2 直接&間接&管理部門生産性（塗装工程）
 - (1) 直接&間接&管理部門を含む塗装生産性と塗装自動化率の相関分析
 - 3-2-3 直接&間接&管理部門生産性（組立工程）
 - 1) 組立生産性と組立自動化率の相関分析
 - 2) 組立生産性と間接部門比率（＝間接/（直接＋間接）部門）の相関分析
 - 3) 組立生産性と管理部門比率（＝管理部門/（直接＋間接＋管理）部門）の相関分析
 - 4) 組立生産性（Y）と非正規従業員比率（X）の相関分析
4. IMVP ラウンド4（アジア地域）での生産性と品質の相関分析
 - 4-1. IMVP ラウンド1, 2, 3での生産性と品質の関係
 - 4-2. IMVP ラウンド4（アジア地域）での生産性と品質の相関分析（直行率）
 - 4-2-1 溶接生産性と溶接直行率
 - 4-2-2 塗装生産性と塗装直行率
 - 4-2-3 組立生産性と組立直行率
5. モデル等調整後の生産性と調整無しとの生産性比較
6. まとめ

1. はじめに

1-1 研究の目的と背景—IMVP 組立工場調査とは

(1) IMVP 組立工場調査と東京大学 MMRC

本稿は、「東京大学ものづくり経営研究センター」(Manufacturing Management Research Center、以下 MMRC) と米国の「国際自動車研究プログラム」(International Motor Vehicle Program、以下 IMVP) が 2006 年に共同で行った、主要自動車メーカーのアジア組立工場(日本、韓国、台湾、中国、インド、タイ)の生産システムに関する国際比較調査の結果を、特に組立生産性の測定に絞って分析したものである。ここで主要自動車メーカーとは、特に断りのない限り、日本(多数)及び韓国の多国籍自動車メーカーを指す。つまり、今回の国際比較調査の対象には、中国やインドなど、新興国の民族系メーカーの工場は含まれていない。

IMVP は、米国(当初 MIT、その後ペンシルバニア大学)を中核拠点とする、国際的な自動車産業研究者のネットワークであり、筆者の一人(藤本)も、発足当初からこのプログラムに参加している。IMVP は、その中核活動の一つとして、1980 年代の発足以来、自動車組立工場の国際サーベイ調査を、過去 3 度実施してきた。この調査の主たる目的のひとつは、内外の主要自動車組立工場の生産性などの競争力指標を、詳細かつ体系的なデータに基づき比較分析することにあつた。

1989 年に実施された第 1 ラウンドの国際調査では、先進国(米欧日)を中心に、17 ヶ国、62 工場から一次データを収集した。その分析結果は 1990 年に出版された *The Machine That Changed the World* (沢田博訳(1990)『リーン生産方式が、世界の自動車産業をこう変える。』)などで紹介され、世界の自動車産業に大きなインパクトを与えた。

続いて、第 2 ラウンドと第 3 ラウンドの調査は 1993/94 年と 1999 年/2000 年に行われた。第 2 ラウンド調査は 20 ヶ国、77 工場、第 3 ラウンド調査は 20 ヶ国、60 工場からデータを収集して、各ラウンドとの比較により時系列の変化を分析した。

ちなみに、過去の 3 ラウンドの調査対象工場の地域別内訳は、以下の通りである。

<IMVP 組立工場サーベイ工場数>

		Round			Total
		1	2	3	
Regions	US & Canada	14	25	22	61
	Europe	18	18	13	49
	Japan	8	12	7	27
	Japan/NA & Europe	6	6	4	16
	Korea	2	6	6	14
	Australia	6	4	4	14
	New Entrants	8	6	4	18
Total		62	77	60	199

Europe: Belgium, Netherlands, Sweden, Finland, England, Germany,
France, Italy, Spain, and Slovenia

New Entrant: Taiwan, India, Mexico, Brazil, and Argentina

これまで3度の調査は、主にアメリカの研究者（James Womack, John Krafcik, John Paul MacDuffie, Frits Pil, Mathias Holweg, 他）が主導する形で行われたが、第3回調査からは、筆者らを含め、日本側の研究者も、アンケート設計やアジアでのデータ収集に協力する形で参加した。さらに、21世紀に入り、アジアの新興工業国が自動車生産国及び自動車市場としての重要性を増す中、アジアで自動車産業の実証研究は、日本の学術研究組織である東京大学 MMRC が IMVP と共同で行う方が機動的だとの認識で、IMVP ディレクターの John Paul MacDuffie ペンシルバニア大学教授をはじめ、関係者の意見が一致した。

この調査の伝統的な特徴は、単にアンケートを郵送して回答を回収するのではなく、実際に工場の現場を訪問し、調査の趣旨を説明し、質問項目を説明し、工場見学を実施することで、データの信頼性および研究者側の解釈能力を高めていく、という定性・定量アプローチである。このため、世界中に分散する組立工場を訪問しなければならず、データ収集には、時間的に時間がかかり、予算的にも工夫が要る。しかし、このアプローチにより、データおよびデータ解釈の精度は格段に上がると、我々は20年以上の継続調査の結果、確信している。

（2）IMVP 第4ラウンド

そこで第4ラウンド調査は、主に MMRC のメンバーが中心となって実施し、結果のデータは IMVP と MMRC が共有することとした。アンケート票は、時系列データとしての継続性を重視し、1~3ラウンドの IMVP アンケート票を踏襲したが、さらに新たなテーマに関して、

MMRC も加わって、必要な加筆修正を行った。データの集計・解析は、今回は筆者の一人（大鹿）が統括する形で主導した。なお、現地調査への中核的な参加者は、以下の通りである。これに適宜、IMVP の欧米調査メンバーが加わった。

こうして、第 4 ラウンドの調査は 2006 年を中心に実施された。諸般の事情から、欧米多国籍企業の調査参加は今回はなく、結局、アジアの多国籍企業による、アジア自動車生産国の組立工場の比較という形になった。全世界規模での調査に至らなかったわけだが、この間、世界の自動車産業の成長の核が欧米からアジアに移行したことを考えれば、十分に意義のある国際調査であると考え、第 4 ラウンドは、アジア自動車組立工場比較調査という形で実施することとなった。

第 4 回の調査は、グローバルな競争環境の変化等を考慮し、新たな調査内容を加える一方、有意な違いがあまり見られない項目は削除した。

本稿は、このラウンド 4 調査の分析結果のうち、とくに組立生産性データに焦点を絞った、基礎的統計分析である。調査時点からやや時間がたっているが、これは、主として、守秘義務など調査対象企業との取り決めに起因するタイムラグである。また、2008 年に発生した米国発の世界金融危機により、その後のデータは稼働率などからみて、事実上比較不可能な「異常値」となったので、現状においては、2006 年データは、依然として、比較可能な最新データと位置付けられよう。

なお、第 4 ラウンドの現地実態調査を実施した日本側研究者（当時）は、以下の通りである。

東京大学経済学研究科教授、MMRC 長 藤本隆宏
一橋大学 イノベーション研究センター教授 武石彰（現京都大学教授）
東京大学 MMRC 特任教授 大鹿隆（現福井県立大学教授）
東京大学 MMRC 特任准教授 呉在恒（現明治大学准教授）
東北学院大学 経営学部准教授 折橋伸哉（現教授）
東京大学 MMRC 特任助教 葛東昇（現北京日本研究センター研究員）
東京大学 経済学研究科博士課程 東秀忠（現山梨学院大学専任講師）

調査の全体統括は藤本、データ分析の統括は大鹿が行った。本稿は、この調査のうち、とくに生産性測定に関するものである。IMVP 第 4 ラウンド調査全体の報告は、今後、適宜、上記のメンバーにより行っていくことにする。

（3）調査項目の設計

第 4 ラウンドでは、第 3 ラウンド（1999 年／2000 年）以降の生産システムの新たな動き

をとらえられるように、調査項目の再設計を行った。たとえば、最近の傾向としての競争上の焦点は、開発と生産の連携、生産量・品種の変動に対するフレキシビリティ、市場変化に対する即応力、顧客オーダーに基づく生産、顧客オーダーから納車までのリードタイムといった要素が過去より重視されている。これらの内容については過去の調査でも部分的にデータは収集してきたが、今回は調査項目を大幅に見直して、これらについて体系的な比較分析を試みた。

これら、比較的新しいテーマについては、別途、MMRC-IMVP の関係者により、報告論文を発表していく予定である。

1-2 組立生産性研究の今日的な意義

(1) 組立生産性比較研究と産業競争論 —リカード比較生産費説を基礎に

ここで、今回の生産性国際比較調査の今日的な意義を考えてみよう。そもそも IMVP の第 1 ラウンド調査が行われた 1980 年代後半、世界の自動車産業は、生産面で市場面でも、いわゆる自動車生産国である北米、欧州 (EU)、日本に集中していた。これらの国々の平均的な賃金水準は、大きく異なることはなかったため、各国自動車産業のコスト競争力は、生産性をみればおおまかに類推できた。このため、第 1 ラウンド調査の結果をまとめた『The Machine That Changed the World』では、「車体溶接・車体塗装・総組立における 1 台当たり組立工数 (単位は人・時/台)」の地域別平均値がおおいに注目され、この数字で優位性 (日本平均は 17 人・時/台。米国平均は 25 人・時/台、欧州平均は 36 人・時/台) を示した日本企業の生産システムが、「リーン生産方式」(事実上「トヨタ生産方式」を再解釈したもの) として大いに注目された。

ところが、21 世紀に入り、中国など新興国の自動車産業の重要性が飛躍的に増す中で、先進国と新興国の賃金差が、あらためて注目されるようになった。各国自動車産業の平均的なコスト競争力を決定づけるのは、もはや高生産性ではなく、低賃金である、という考え方が、産業界や言論界に急速に広がった。そうした中で、各工場の生産性に関するデータを、世界の産業界や経営者は、以前ほど重視しなくなったとの印象がある。

以上を、簡単なリカード型の生産費モデルで示してみよう¹。いま、J 国と C 国の 2 国があり、自動車と服の 2 財のみを生産し消費する。輸送費、関税、品質差は無く、工場へのインプットは労働力だけである。ここで、J 国の自動車工場の台あたりの必要労働量 (工

¹一般に、貿易論の基礎となる比較優位説には、リカードによる古典的な比較生産費モデルと、ヘクシャー、オリーン、サミュエルソンらの新古典派モデルがある。後者は精緻だが、現場間の生産性の差を考慮しないなど若干リアリティを欠く。一方、前者は粗削りだが相対的によりリアルなので、本稿は主にこれに依拠する。

数) は $a_{J自} = 100$ 人・時/台、C 国の自動車工場では $a_{C自} = 600$ 人・時/台、また J 国の縫製工場の 1 着あたり工数は $a_{J服} = 1$ 人・時/着、C 国の縫製工場では $a_{C服} = 3$ 人・時/着だとしよう。経済学では a を「労働投入係数」というが、現場では工数換算の物的労働生産性(小さいほど高い)と言う。

この例では、J 国の生産性は自動車工場で C 国の 6 倍、縫製工場で C 国の 3 倍。すなわち、 $a_{J自} < a_{C自}$ かつ $a_{J服} < a_{C服}$ で、J 国はすべての現場で生産性が優位にある。が、こうした生産性の単純比較は、「比較優位」とは言わず「絶対優位」と言う。これに対しリカードが注目したのは、J 国工場の生産性が C 国工場に対し、自動車で 6 倍、服で 3 倍、つまり前者の方が大きいという「生産性の相対比の大小関係」だ。すなわち、 $[a_{J自}/a_{C自}] < [a_{J服}/a_{C服}]$ であるとき、「J 国は自動車で比較優位、C 国は服で比較優位を持つ」と言う。これを $[a_{C服}/a_{C自}] < [a_{J服}/a_{J自}]$ と書く説明法もあり、経済学の教科書ではこれを多用するが、数式的には同じことである(藤本・塩沢(2010))²。

要するに、J 国工場は総じて生産性で絶対優位にあるため、J 国民は C 国民より高賃金を得るのだが、J 国の縫製工場は賃金差というハンデを逆転するほどの生産性でないため、C 国工場より生産性では上なのに比較優位を失う。対する自動車工場は、賃金差ハンデキャップを乗り越える圧倒的な生産性水準であるため、比較優位を確保し、生産費で C 国工場に勝てる。つまり、高賃金国の工場の対外生産性は、単に高いだけではなく、賃金率の倍率を上回るほど圧倒的に高くないと生き残れない³。

(2) 世界自動車産業における生産性研究の位置づけ — バランスの良い視点を

以上の議論を、自動車産業の組立生産性のケースに応用してみよう。確かに、自動車の生産費に占める組立工場の労務費は一般に 10% 以下であり、一見すると、組立生産性が産業競争力に与えるインパクトは小さいように見える。実際、先進国自動車メーカーの製造費用に占める部品購入費の割合は 70~80% に達する。

² もしも、国境を越えて労働力が動かないならば(細部の仮定は置くとして)、J 国住民はまず自動車を優先的に生産、C 国住民はまず洋服を優先的に生産し、余剰分を輸出しあうと双方が得をする。貿易と国内雇用が両立するように為替が調整されると、J 国の対 C 実質賃金は、前述の 3 倍と 6 倍の間に落ち着く。例えば C 国の時間当たり人件費が 1000 円、J 国が 5 倍の 5000 円なら、生産費は、J 車が 50 万円(輸出)、C 車が 60 万円、J 服が 5000 円、C 服が 3000 円(輸出)で、J 国車と C 国服を交換する貿易が両国民の生活を向上させる。

³ 一方、国境を越えて労働力が自由に動けるなら、上の例では C 国住民が、両産業で絶対優位を持つ J 国に移住して J 国工場で働く方が有利で、C 国は過疎化する。A・スミスが暗に想定したのはこれで、一国内では絶対優位(生産性の比較)による説明がリアリティを持つ。

しかし、組立生産性を、部品を含む自動車産業の生産性を表す代理変数であるとみなすならば、状況は変わってくる。実際、トヨタなど日本の自動車組立メーカーは、様々なルートで、部品メーカーの生産性向上のための指導を行っており、自動車組立工場の生産性の国際的な比は、自動車部品工場の生産性の国際的な比を、ある程度反映すると仮定して大過なからう。

そうだとすれば、J国（日本を想定）の自動車産業の自動車1台当たり平均製造費用 $C_{J自}$ は、労働投入係数（物的労働生産性の逆数） $a_{J自}$ と、J国の平均的時間賃金率 w_J の積で近似できることになる。これが、古典経済学者D.リカードが示唆した、シンプルな生産費モデルである。すなわち以下の通り。

$$C_{J自} = a_{J自} \cdot w_J$$

同様に、C国（たとえば中国を想定）、およびA国（たとえばアメリカを想定）の自動車産業の自動車1台当たり平均製造費用 $C_{C自}$ $C_{A自}$ は、それぞれ以下の通り。

$$C_{C自} = a_{C自} \cdot w_C$$

$$C_{A自} = a_{A自} \cdot w_A$$

ここで、IMVP調査との関係を述べるならば、1980年代においては、自動車産業の国際競争力比較研究は、賃金率水準が大きく変わらない先進国同士（J国 vs A国）の競争を想定していたので、賃金に関しては、 $w_A \doteq w_J$ 、したがって、コスト競争力の国際比は、ほぼ労働生産性（労働投入係数）で決まると考えられていたわけである、すなわち、

$$C_{J自} / C_{A自} \doteq a_{J自} / a_{A自}$$

IMVPの組立生産性（台当たりで工数表示）は、まさに、この $a_{J自}$ や $a_{A自}$ を具体的に測定したものとみなされたため、当時、世界的に注目されたのである。

ところが、21世紀に入り、新興国自動車産業の存在感が強まると、自動車産業競争力論の力点に変化が現れる。すなわち、日本の平均賃金の10～20分の1ともいわれる賃金率で優良な労働力を活用する、中国等の新興国が、自動車生産大国として台頭したのである。この場合、仮に、労働生産性の国際比 $a_{J自} / a_{C自}$ が1/3（つまり労働生産性が3倍）であったとしても、賃金率（いずれかの通貨で換算）の国際比 w_J / w_C が10倍であれば、生産費における比較優位 $C_{J自} / C_{A自}$ の大小関係を決めるのは賃金ということになる。すなわち、感覚的には、以下のように認識される。

$$C_{J自} / C_{C自} \doteq w_J / w_C$$

しかしながら、国際的な生産費競争を示す基本式は、あくまでも、 i 国 j 産業に関しては、 $C_{ij} = a_{ij} \cdot w_i$ であり、しかも今後は、産業の労働生産性 a_{ij} も、賃金率 w_i も、その前提となる為替レートも、複雑に動くことになろう。もはや、各国産業のコスト競争力は、生産性のみで近似することも、賃金率のみで近似することも、妥当ではなかろう。賃金、生産性、為替レート、それらすべてを、注意深く分析し予測しなければ、多国籍自動車企業は、自社のグローバル生産拠点の長期全体最適化を図ることができないのである。

このように、かつて、自動車の組立労働生産性（それが代理すると考えられた自動車産業全体の労働生産性）の測定値は、80年代においては、やや過大評価され、IMVPの発表値が独り歩きをする傾向もみられた。しかし、2000年代は一転して、多くの先進国自動車企業（特に欧米企業）は、労働生産性の測定に対する興味を失い、低賃金国への生産拠点の移転を急いだ。しかし、2010年代、我々は、そのどちらでもなく、賃金比にも、生産性比にも、為替レートにも着目する、よりバランスの良い産業競争力観を取り戻す必要があるのではないか。

以上が、本稿が分析する、アジアを中心とした組立生産性国際比較調査が、今日のグローバル自動車産業に対して持つ含意である。それは、ある意味で、19世紀におけるリカード的(古典的)な比較優位説・比較生産費説を、21世紀の競争の実態に応用した、一つの主張でもある。以上を踏まえて、組立生産性に関する詳細な分析を、以下において試みよう。

2. IMVP ラウンド4 アジア自動車工場のマンアワー生産性—総括

2-1 調査の概要

(1) アンケート回答工場数

まず、データ収集の核になるアンケート調査の骨格について説明をしよう。今回の自動車工場アンケート調査票については、IMVP(International Motor Vehicle Program)組立生産性アンケート票を参考として作成したため、IMVP ラウンド4 アジア自動車工場調査版に相当する。

ラウンド4ではアジアに限定されているので、以下の30工場であった。ラウンド4(2006年)アジア地域：日本10工場、韓国3工場、台湾3工場、タイ6工場、中国5工場、インド3工場、合計30工場である。

図表2-1 IMVP組立生産性アンケート回答企業数(ラウンド4)

第4期(2006)	回答企業数
日本	10
韓国&台湾	6
タイ	6
中国	5
インド	3
合計	30

(2) IMVP ラウンド4 とラウンド3 の各地域別・部門別生産性まとめ

日本メーカーの生産性はラウンド3(2000年)12.3時間/台からラウンド4(2006年)10.7時間/台となり、生産性は1.6時間(▲13%)改善した。韓国・台湾メーカーはラウンド3(2000年)20.3時間/台からラウンド4(2006年)14.2時間/台となり、生産性は6.1時間(▲30%)改善した。その他地域の生産性はラウンド3で日本メーカーの0.5倍、ラウンド4では日本メーカーの0.4倍である。

間接部門生産性は、日本は1.7時間(▲35%)、韓国・台湾は2.3時間(▲48%)と改善、管理部門は、日本は1.0時間(▲23%)、韓国・台湾は1.7時間(▲37%)と改善された。

図表 2-2 IMVP ラウンド4 とラウンド3 の各地域別・工程別生産性まとめ

		ラウンド4		ラウンド3		
		工場数	生産性(時間/台)	工場数	生産性(時間/台)	
生産性合計 (合計)	アメリカ	-	-	アメリカ	22	16.8
	欧州	-	-	欧州	13	20.1
	日本	10	10.7	日本	7	12.3
	韓国・台湾	6	14.2	韓国	6	20.3
	その他アジア	14	25.4	その他	12	28.2
		ラウンド4		ラウンド3		
		工場数	生産性(時間/台)	工場数	生産性(時間/台)	
生産性 (直接部門)	アメリカ	-	-	アメリカ	22	10.7
	欧州	-	-	欧州	13	13.9
	日本	10	8.0	日本	7	7.6
	韓国・台湾	6	10.2	韓国	6	11.6
	その他アジア	14	16.4	その他	12	17.5
		ラウンド4		ラウンド3		
		工場数	生産性(時間/台)	工場数	生産性(時間/台)	
生産性 (間接部門)	アメリカ	-	-	アメリカ	22	4.0
	欧州	-	-	欧州	13	3.6
	日本	10	1.7	日本	7	2.6
	韓国・台湾	6	2.3	韓国	6	4.4
	その他アジア	14	6.3	その他	12	7.0
		ラウンド4		ラウンド3		
		工場数	生産性(時間/台)	工場数	生産性(時間/台)	
生産性 (管理部門)	アメリカ	-	-	アメリカ	22	1.6
	欧州	-	-	欧州	13	2.1
	日本	10	1.0	日本	7	1.3
	韓国・台湾	6	1.7	韓国	6	2.7
	その他アジア	14	2.7	その他	12	2.3

(注1) ラウンド4のその他アジアは、アジア工場の代表例として、タイ工場の生産性を示した。

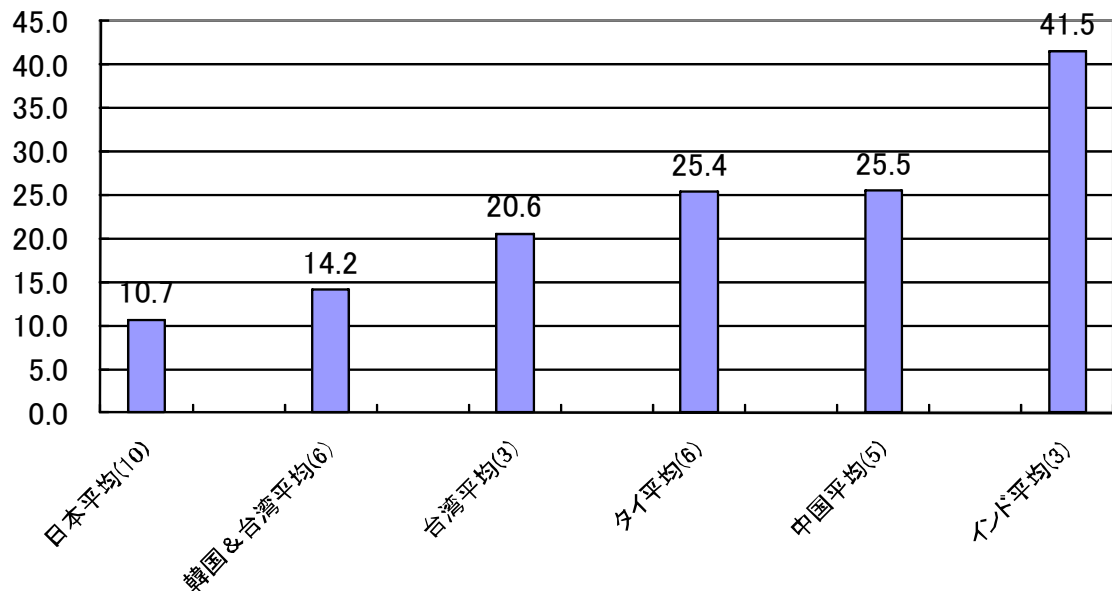
(注2) ここで間接部門とは、(1) マテハン(運搬部門)、(2) 品質管理部門、(3) メンテナンス(保全部門)、(4) パーツ受け取り・ピッキング部門の4部門である。

2-2. IMVP ラウンド4 アジア自動車工場の国別・地域別生産性比較

(1) アジア自動車工場の国別・地域別生産性比較

図表2-3「IMVP ラウンド4 アジア自動車工場の国別・地域別生産性比較まとめ」を見ると、日本平均のマンアワー生産性は10.7時間であり、韓国・台湾平均は14.2時間で日本の生産性の75%程度である。

図表2-3 IMVP ラウンド4 アジア自動車工場の国別・地域別生産性比較まとめ
生産性総合計(一台当たりの作業時間:人・時間/台)



タイは25.4時間で日本対比40%の生産性、中国は25.5時間で日本対比40%の生産性、インドは41.5時間で日本対比25%の生産性であり、日本自動車工場の生産性が圧倒的に高い。

ここで、日本のマンアワー生産性:10.7時間は、ラウンド3の日本のマンアワー生産性12.3時間に比べて13%改善されている。韓国&台湾についても同様、ラウンド3(20.4時間)対比ラウンド4(14.2時間)で生産性は30%改善されている。

(2) IMVP ラウンド4 アジア自動車工場の生産性の計算方法

生産性の計算方法は以下の方法とした。

①各工程部門別生産性を計算する。

各工程部門別生産性 = (各工程別部門従業者数 * シフト当り作業時間(分)) / (シフト数 * シフト当り生産台数 * 60(分))

(注1) シフト当り作業時間 = 工場にいる時間 (除く超過勤務) - 食事時間 - 休憩時間 - チーム会合時間

②各工程部門別とは溶接工程、塗装工程、組立工程の3工程を示す。

③工程部門別従業者数とは、各工程で、溶接工程直接人員・間接人員・管理人員、塗装工程直接人員・間接人員・管理人員及び組立工程直接人員・間接人員・管理人員に分けた従業者数である。

④本論文での生産性の計算は、最初に溶接、塗装、組立の3工程について、直接部門と間接部門、管理部門を合計した従業者数合計で溶接工程生産性、塗装工程生産性、組立工程生産性を計算して自動車工場生産性を定義する、さらに、各工程別生産性とその他のアンケート指標 (直行率など) との相関分析を実施する。

⑤ここで間接部門とは、(1) マテハン (運搬部門)、(2) 品質管理部門、(3) メンテナンス (保全部門)、(4) パーツ受け取り・ピッキング部門の4部門である。

⑥IMVP ラウンド3では、最初に全体人員から自動車工場生産性を計算して、その後に各部門の作業者数比率で、直接部門、間接部門、管理部門の生産性を計算している。

⑦IMVP ラウンド3の生産性計算で使われた調整係数 (例えば、溶接点数、シーラー総延長、車体サイズファクターなど) は本論文の生産性計算でも使った。

(3) 地域区分

今回のアジア自動車工場調査対象は、日本10工場、韓国3工場、台湾3工場、タイ6工場、中国5工場、インド3工場である。

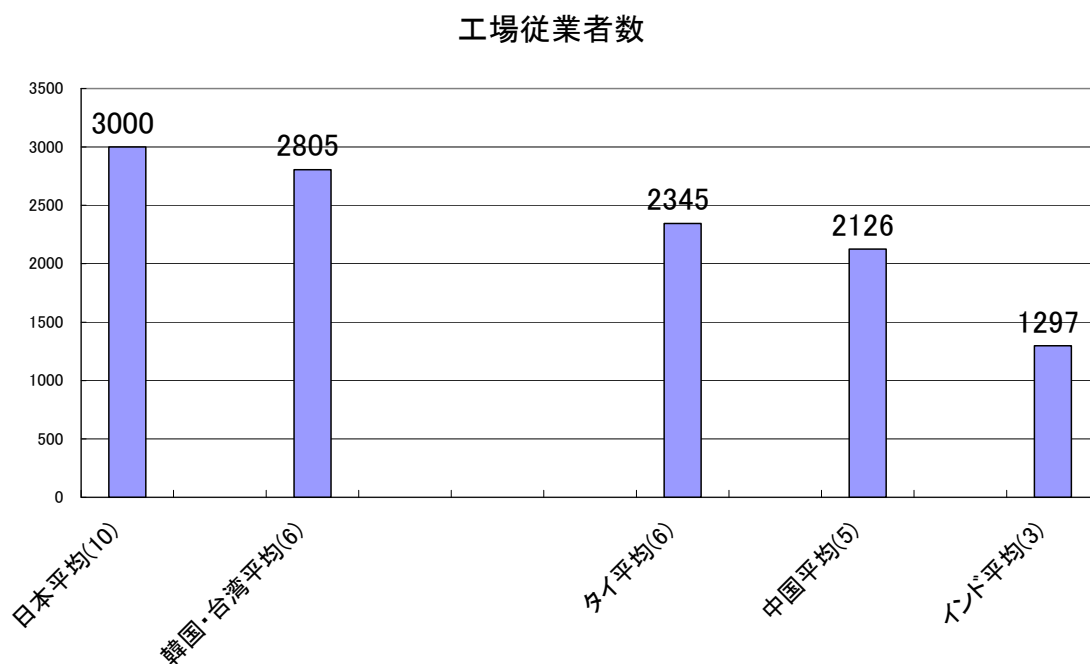
2-3 各地域の生産性計算のための生産要素

IMVP ラウンド4「アジア自動車工場の国別・地域別生産性」は前述のようにまとめた。各地域の生産性は、各地域の従業者数、各地域のシフト当り作業時間(分)、シフト数、シフト当り生産台数によって計算される。以下では、生産性の計算に使用した1) 工場従業者数、2) シフト当たりの作業時間(分)、3) シフト当たり生産台数の図表を示した。

1) 工場従業者数

工場従業者数は、日本が一番多く、次いで韓国&台湾となっている。タイは日本対比78%、中国は70%、インドは43%、韓国&台湾は日本対比94%である。

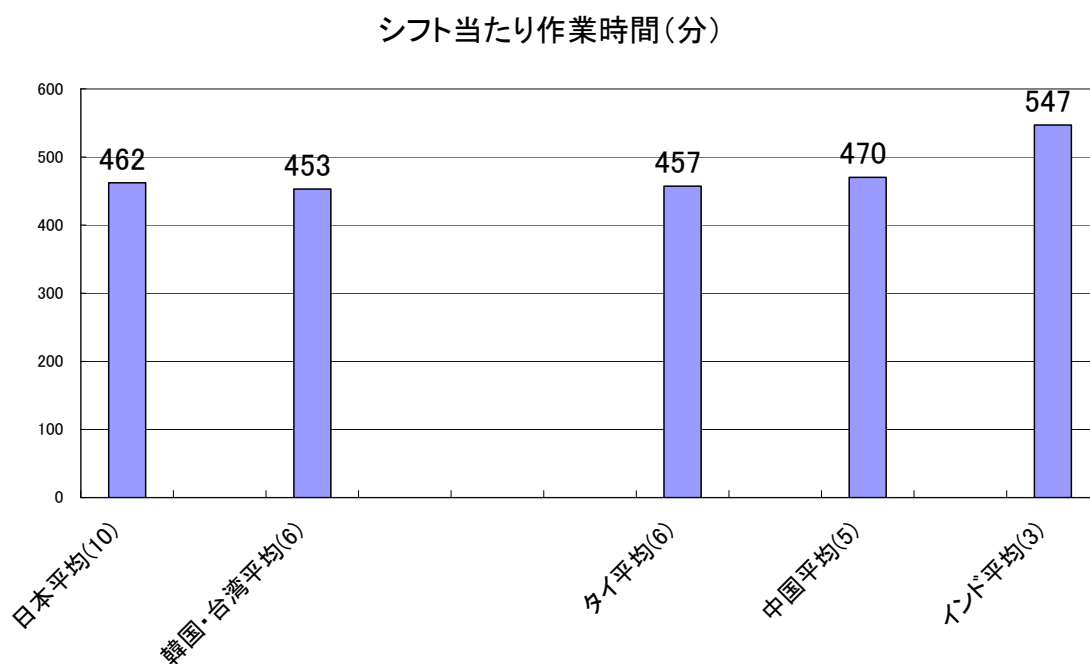
図表 2-4 IMVP ラウンド4 アジア自動車工場の工場従業者数



2) シフト当たりの作業時間(分)

シフト当たりの作業時間は各地域であまり差がない（インドだけ作業時間が長くなっている）。

図表 2-5 IMVP ラウンド4 アジア自動車工場のシフト当たり作業時間(分)

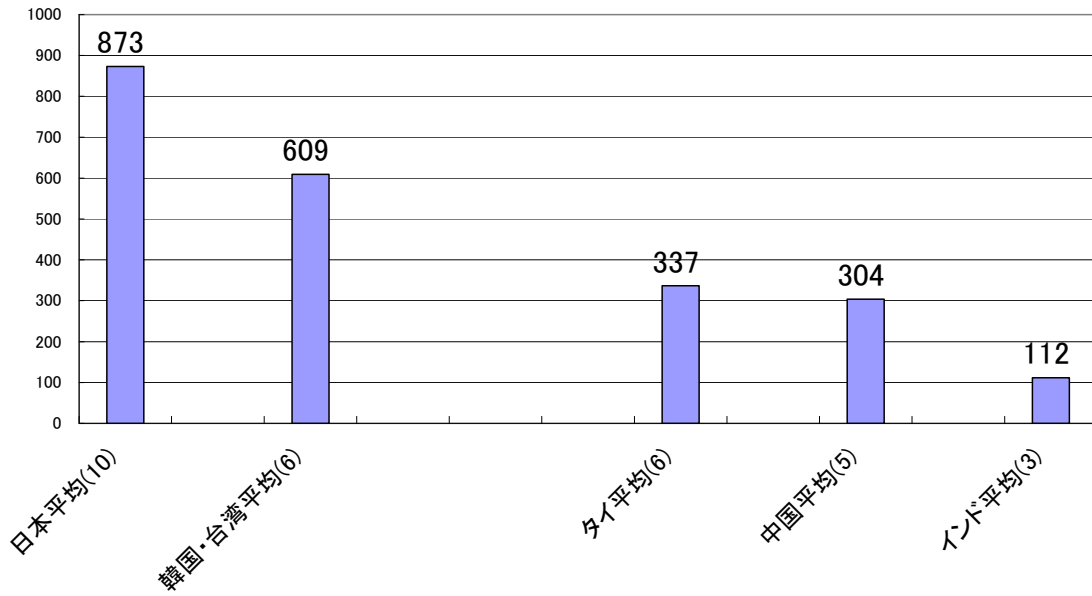


3) シフト当たり生産台数

シフト当たりの生産台数は各地域でかなり異なっている。日本の台数が最も多く、韓国 & 台湾は日本の78%程度、タイ、中国は日本の1/3程度である。

図表2-6 IMVP ラウンド4 アジア自動車工場のシフト当たり生産台数

シフト当たり生産台数



3. IMVP ラウンド4アジア地域での生産性計算

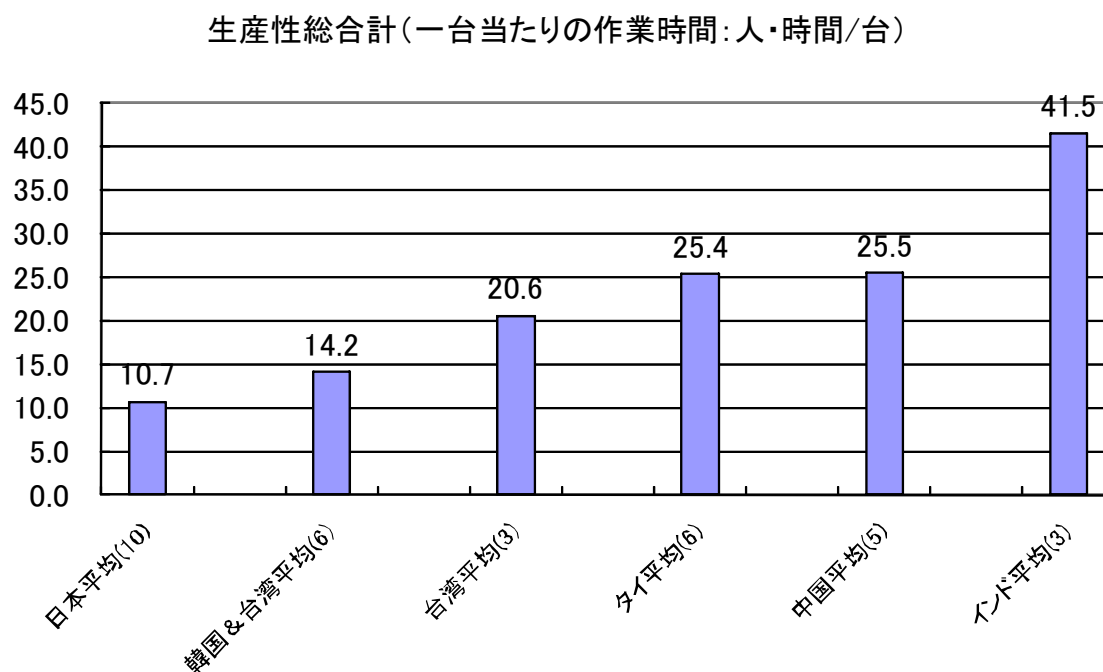
3-1. 生産性計算のラウンド4とラウンド3の比較

IMVP ラウンド3の生産性の計算方法は、直接部門の生産性と間接部門、管理部門の生産性を、それぞれ独立に評価するというやり方である。米国・日本・欧州などの自動車産業先進国の工場生産性の評価では、この方法が妥当かもしれないが、日本自動車工場、アジア自動車工場の見学、工場担当者のインタビューによれば、アジア自動車工場では、直接部門と間接部門、管理部門が共同かつ一体となって、生産性向上と品質向上に努めているとの回答であった。そこで今回のIMVP ラウンド4アジア自動車工場の生産性試算では、直接部門と間接部門、管理部門が一体となったときの生産性を計算した。また、自動車生産の工程については「溶接工程」「塗装工程」「組立工程」3部門に分けて計算・評価した。すなわち、自動車工場全体の生産性は、これら3工程の総合計で定義するという方法でアンケート調査結果をまとめた。

3-2. ラウンド4の直接部門&間接部門&管理部門生産性

ラウンド4アジア自動車工場の国別・地域別生産性（直接&間接&管理）は、以下に示した図表3-2-1のようになった。日本が10.7時間/台、台湾、タイ、中国が日本対比40～50%の生産性で20～25時間/台、韓国&台湾が日本対比75%の生産性で14.2時間/台である。

図表3-2-1 直接&間接&管理部門を含む生産性（人・時間/台）（ラウンド4）

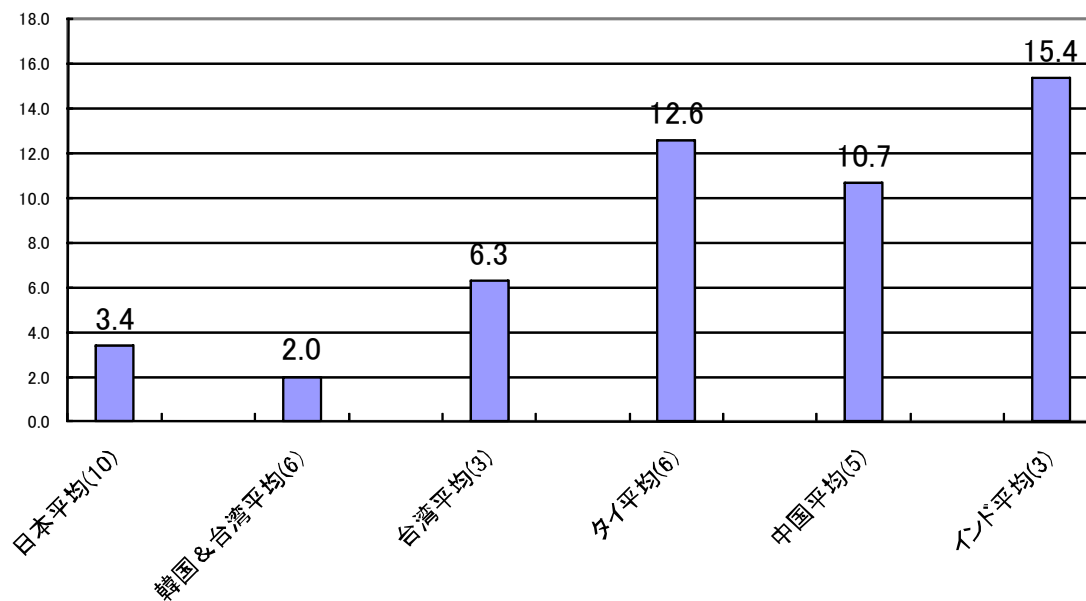


3-2-1 直接&間接&管理部門生産性（溶接工程）

溶接工程の生産性については、韓国&台湾の生産性が日本の生産性よりも良いという結果になっているのが特徴であろう。

図表3-2-2 直接&間接&管理部門を含む溶接生産性（人・時間/台）（ラウンド4）

溶接生産性（一台当たりの溶接作業時間：人・時間/台）



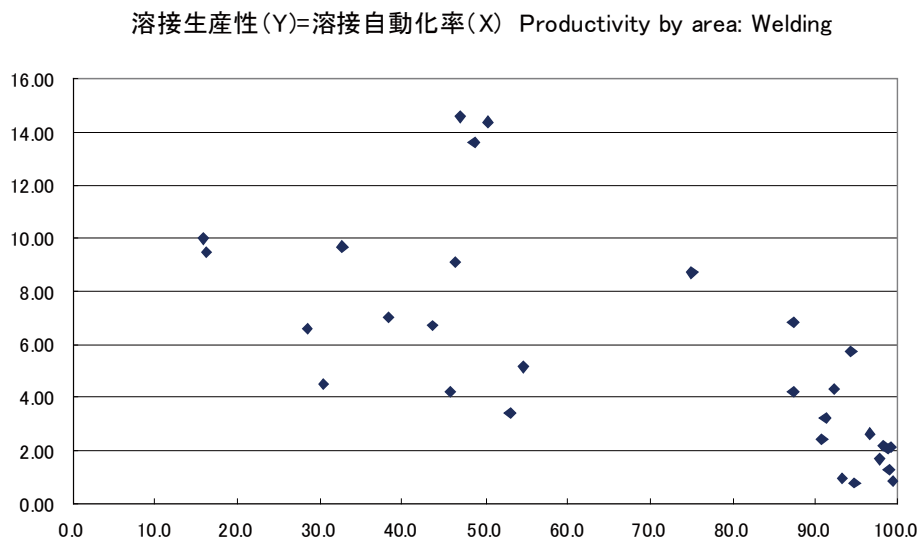
(1) 直接&間接&管理部門を含む溶接生産性と溶接自動化率の相関分析

直接&間接&管理部門を含む溶接生産性と溶接自動化率の相関分析を実施した。その結果、溶接自動化率が上昇すると、溶接生産性が高まる（溶接工程時間/台が減少する）関係が見られる。

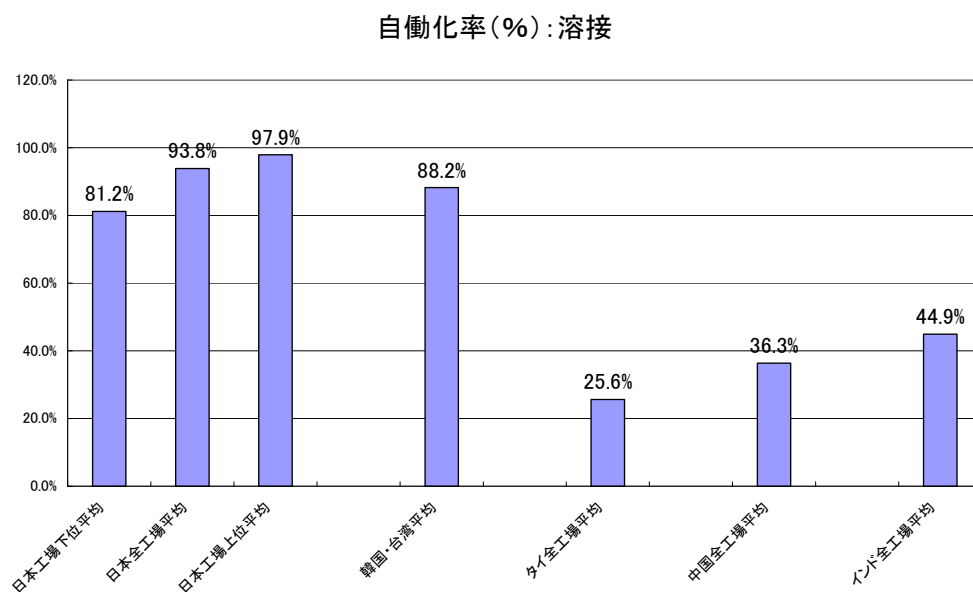
図表 3-2-3 回帰分析まとめ表（溶接生産性 (Y) = 溶接自動化率 (X)）

式番号	(1) 直接&間接部門溶接生産性(Y)と溶接自動化率(X)のトレンド線							
	Y(被説明変数)	X(説明変数)	推定係数	t-値	符号条件	定数項	t-値	R**2
(1)	溶接生産性	溶接自動化率	-0.094	-4.94	○	12.1	8.5	0.446

図表 3-2-4 散布図（溶接生産性 (Y) = 溶接自動化率 (X)）



図表 3-2-5 溶接自動化率



(2) 直接&間接&管理部門含む溶接生産性と溶接外注率の相関関係

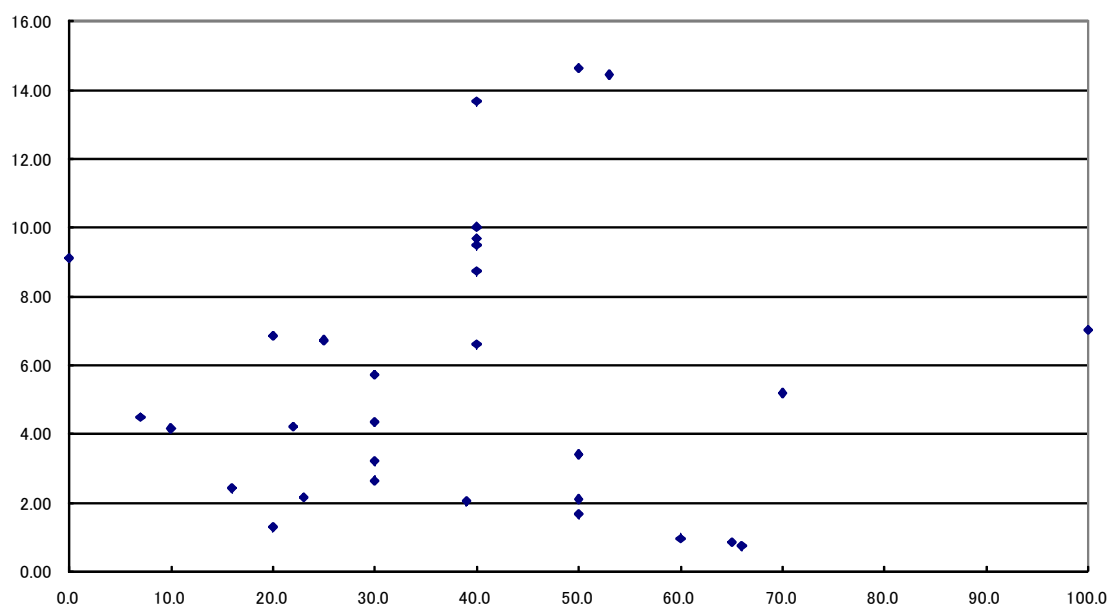
直接&間接&管理部門含む溶接生産性と溶接外注率の相関分析を実施したが、溶接生産性と溶接外注率には相関関係は見られない。

図表 3-2-6 回帰分析まとめ表 (溶接生産性 (Y) = 溶接外注率 (X))

式番号	(2)直接&間接部門溶接生産性(Y)と溶接外注率のトレンド線							
	Y(被説明変数)	X(説明変数)	推定係数	t-値	符号条件	定数項	t-値	R**2
(2)	溶接生産性	溶接外注率	0.004	0.12	×	5.44	3.43	0.0005

図表 3-2-7 散布図 (溶接生産性 (Y) = 溶接外注率 (X))

溶接生産性(Y)=溶接外注率(X) Productivity by area: Welding

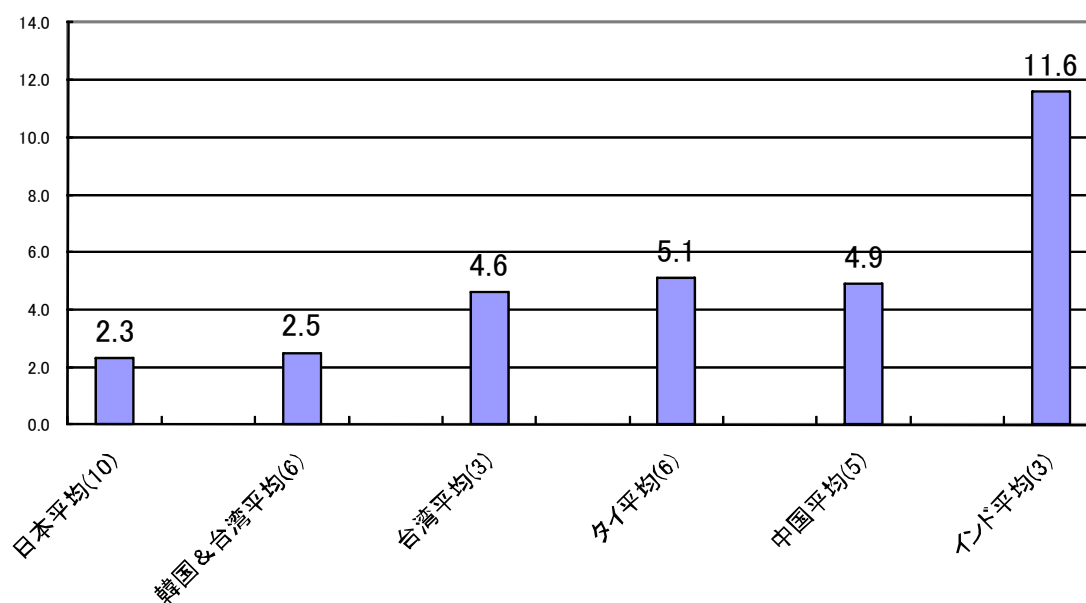


3-2-2 直接&間接&管理部門生産性（塗装工程）

塗装生産性については、韓国&台湾平均の生産性が、日本とほぼ同程度の数値になっていることが特徴である。

図表 3-2-8 直接&間接&管理部門を含む塗装生産性（人・時間/台）

塗装生産性（一台当たりの塗装作業時間：人・時間/台）



(1) 直接&間接&管理部門を含む塗装生産性と塗装自動化率の相関分析

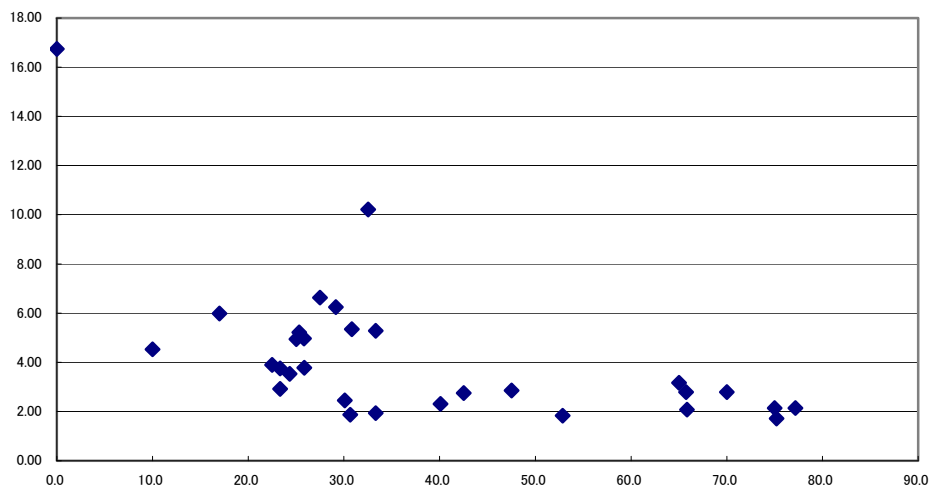
直接&間接&管理部門を含む塗装生産性と塗装自動化率の相関分析を実施した。塗装自動化率が高いと、塗装生産性が上昇する（塗装時間が短くなる）関係が見られる。

図表 3-2-9 回帰分析まとめ表（塗装生産性 (Y) = 塗装自動化率 (X)）

式番号	(3)直接&間接部門塗装生産性(Y)と塗装自動化率(X)のトレンド線							
	Y(被説明変数)	X(説明変数)	推定係数	t-値	符号条件	定数項	t-値	R**2
(3)	塗装生産性	塗装自動化率	-0.083	-3.67	○	7.4	7.6	0.301

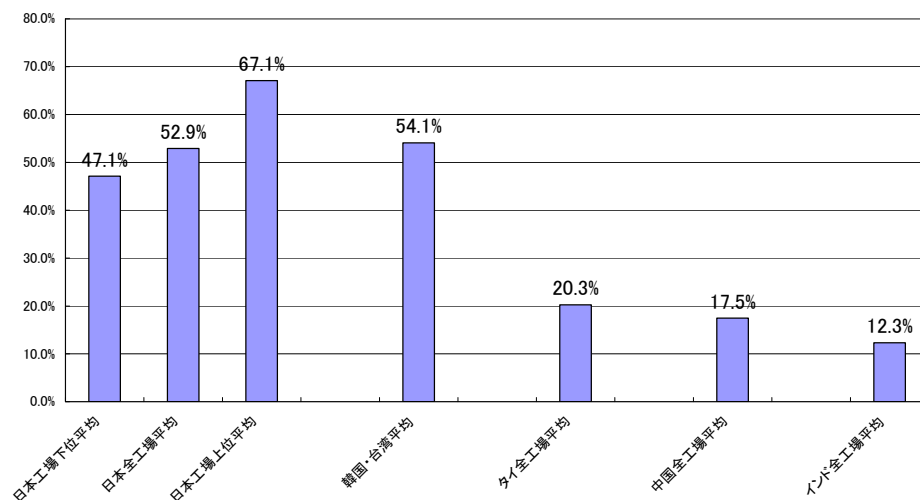
図表 3-2-10 散布図（塗装生産性 (Y) = 塗装自動化率 (X)）

塗装生産性(Y)=塗装自動化率(X) Productivity by area: Paint



図表 3-2-11 自動化率（塗装）

自動化率(%):塗装



3-2-3 直接&間接&管理部門生産性（組立工程）

ここでは、組立工程の直接部門と間接&管理部門を統合した組立工程「直接&間接&管理部門生産性」の検討を行う。なお「直接&間接&管理部門を含む組立生産性」との相関関係を検討する項目は、

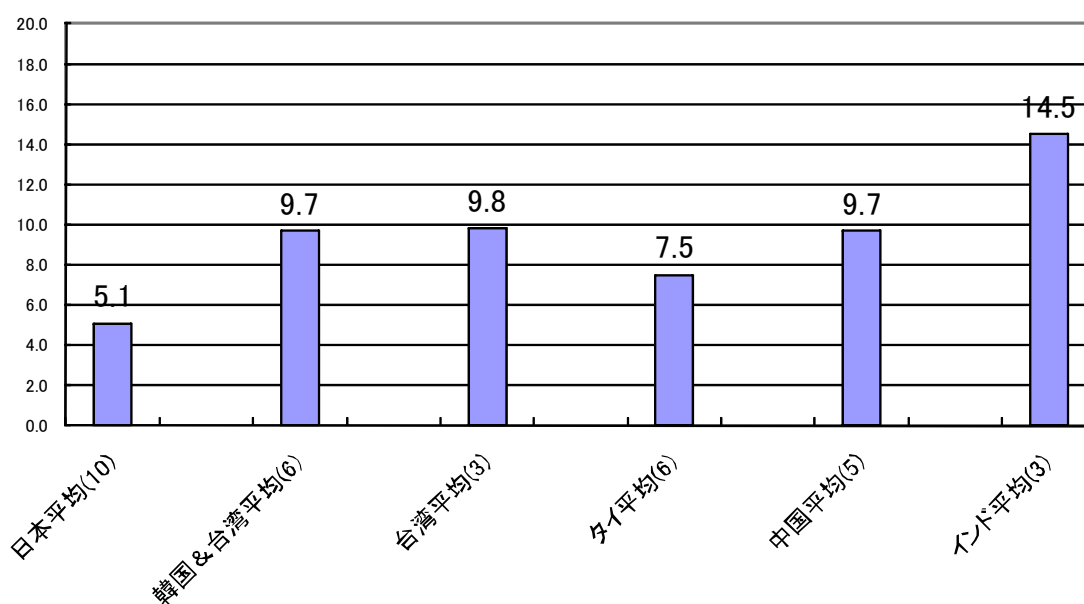
- 1) 組立自動化率
- 2) 間接部門比率（＝間接部門/（直接部門＋間接部門））
- 3) 管理部門比率（＝管理部門/（直接部門＋間接部門＋管理部門））
- 4) 非正規従業員比率

以上の4項目である。

組立生産性については、溶接、塗装と異なって、韓国&台湾、あるいは韓国の生産性がかなり悪くなっているのが特徴である。日本対比で65%程度の生産性であり、韓国&台湾の生産性が全体合計で日本と差があるのは、この組立生産性の差異に起因している。

図表3-2-12 直接&間接&管理部門を含む組立生産性の国別・地域別比較

組立生産性（一台当たりの組立作業時間：人・時間/台）



1) 直接&間接&管理部門を含む組立生産性と組立自動化率の相関分析

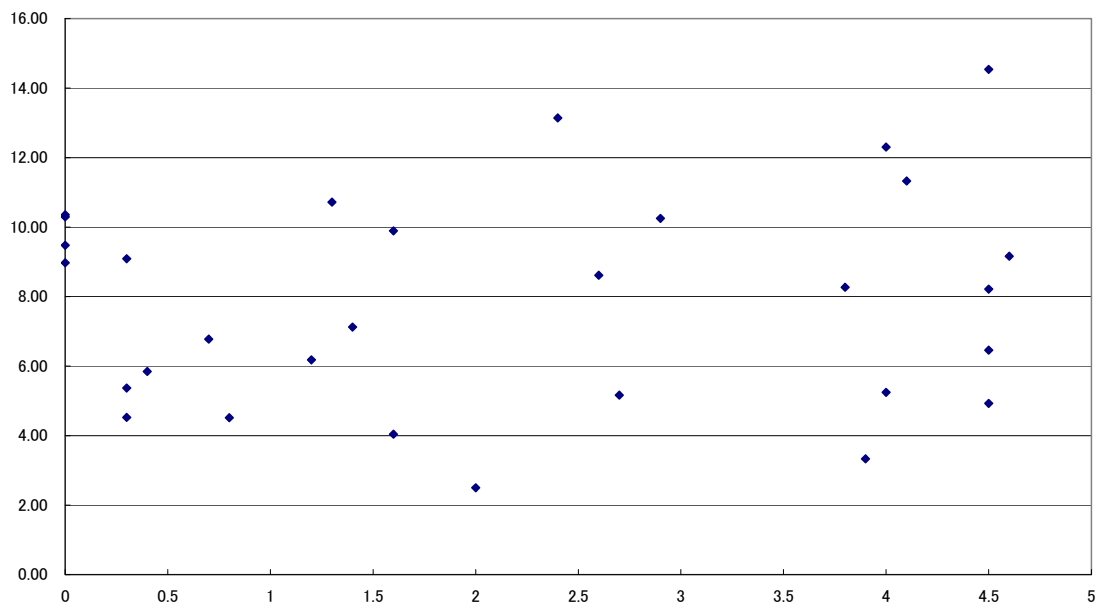
直接&間接&管理部門を含む組立生産性と組立自動化率の相関分析を実施したが、組立自動化率が増加すると組立生産性が良くなる（組立生産時間が少なくなる）関係になっていない。相関係数は0.01であり、相関関係は見られない。

図表3-2-13 回帰分析まとめ表（組立生産性（Y）=組立自動化率（X））

式番号	(4)直接&間接部門組立生産性(Y)と組立自動化率(X)のトレンド線							
	Y(被説明変数)	X(説明変数)	推定係数	t-値	符号条件	定数項	t-値	R**2
(4)	組立生産性	組立自動化率	0.208	0.62	×	7.43	8.1	0.013

図表3-2-14 散布図（組立生産性（Y）=組立自動化率（X））

組立生産性(Y)=組立自動化率(X) Productivity by area: Assembly



2) 組立生産性と間接部門比率（＝間接/（直接＋間接）部門）の相関分析

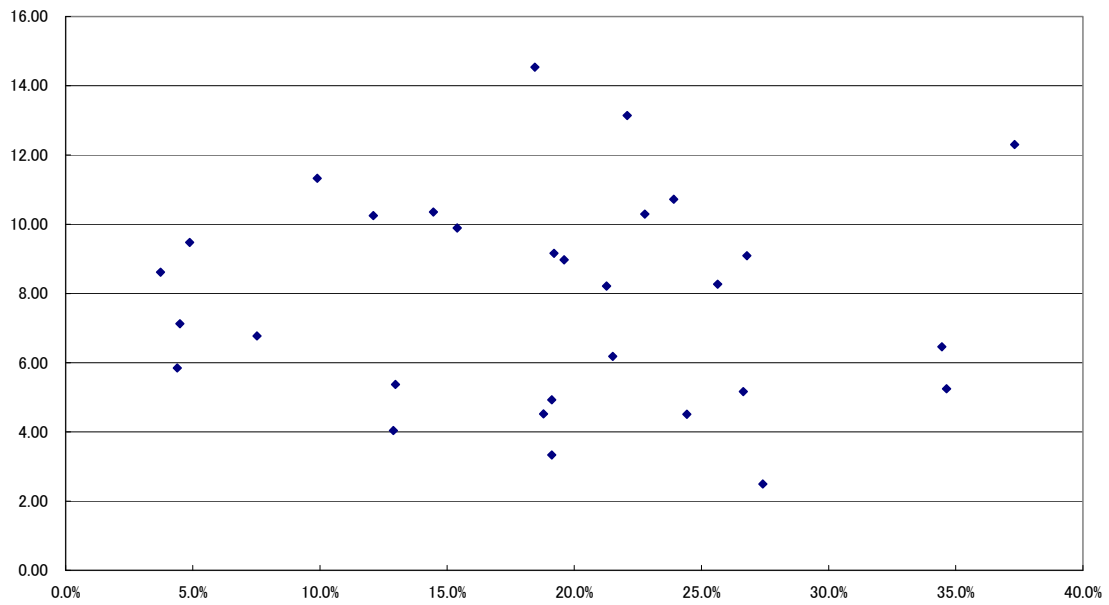
組立生産性と間接部門比率（＝間接/（直接＋間接）部門）の相関分析を実施したが、組立工程間接部門比率が上昇すると組立生産性が悪化する（組立時間が長くなる）相関関係になっていない。相関係数も 0.001 と低い。

図表 3-2-15 回帰分析まとめ表（組立生産性（Y）＝間接部門比率（X））

式番号	(5) 直接&間接部門組立生産性(Y)と間接部門比率(X)のトレンド線							
	Y(被説明変数)	X(説明変数)	推定係数	t-値	符号条件	定数項	t-値	R**2
(5)	組立生産性	間接部門比率	-1.25	-0.19	×	8.12	6.13	0.001

図表 3-2-16 散布図（組立生産性（Y）＝間接部門比率（X））

組立生産性(Y)=間接部門比率(X) Productivity by area: Assembly



3) 組立生産性管理部門比率（＝管理部門/（直接＋間接＋管理）部門）の相関分析

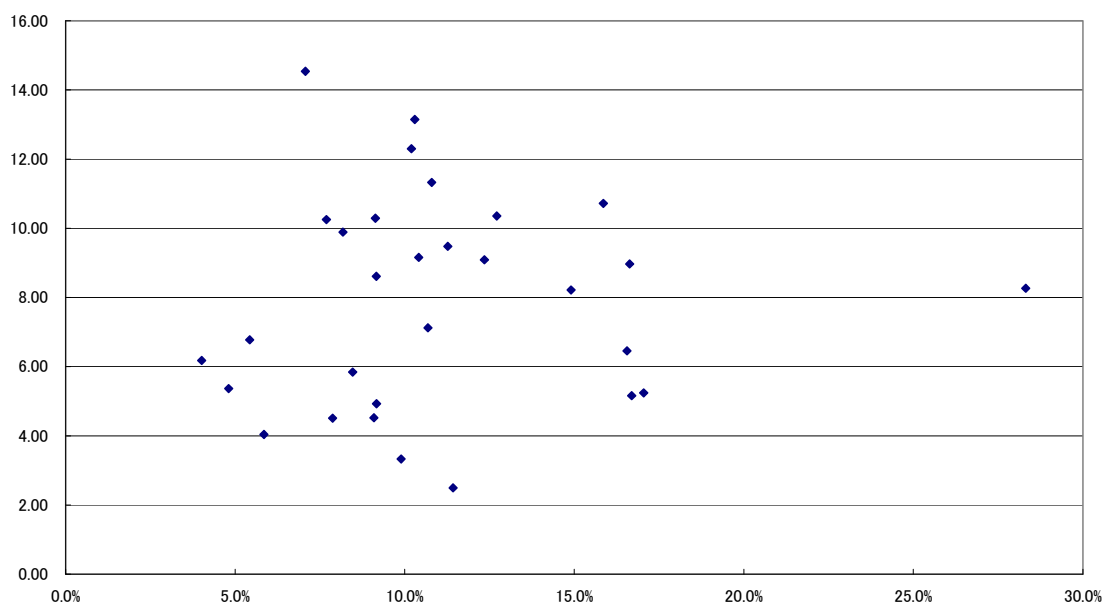
直接部門&間接部門&管理部門を含む組立生産性管理部門比率（＝管理部門/（直接＋間接＋管理）部門）の相関分析を実施したが、組立工程管理部門比率が上昇すると組立生産性が悪化する（組立時間が長くなる）相関関係を示している。しかし、相関係数も小さいし推定係数のt-値も低いので、統計的有意性はあまり無い。

図表3-2-17 回帰分析まとめ表（組立生産性（Y）＝管理部門比率（X））

式番号 (6) 直接&間接部門組立生産性(Y)と管理部門比率(X)のトレンド線								
	Y(被説明変数)	X(説明変数)	推定係数	t-値	符号条件	定数項	t-値	R**2
(6)	組立生産性	管理部門比率	3.58	0.304	○	7.49	5.27	0.003

図表3-2-18 散布図（組立生産性（Y）＝管理部門比率（X））

組立生産性(Y)＝管理部門比率(X) Productivity by area: Assembly



4) 組立生産性 (Y)と非正規従業員比率 (X)の相関分析

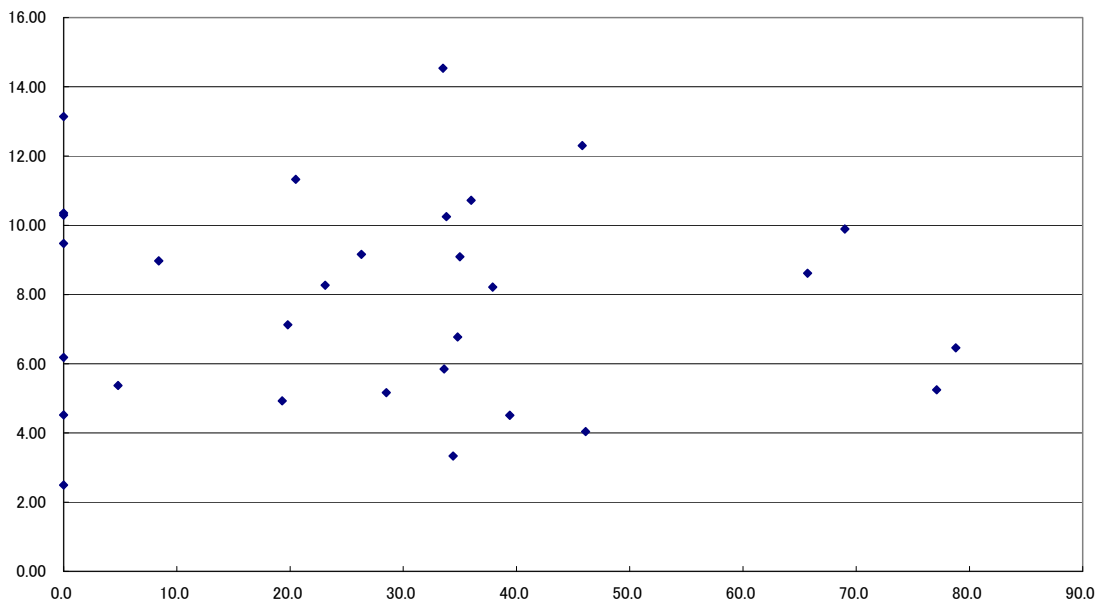
直接&間接&管理部門を含む組立生産性 (Y)と非正規従業員比率 (X)の相関分析を実施したが、非正規従業員比率が増加すると組立生産性が悪くなる(組立生産時間が多くなる)関係になっている、相関関係が見られる。しかし、相関係数は低く (0.001)、また推定係数のt-値もあまりよくないので、統計的有意性は見られない。

図表 3-2-19 回帰分析まとめ表 (組立生産性 (Y)=非正規従業員比率 (X))

式番号 (7)直接&間接部門組立生産性(Y)と非正規従業員比率(X)のトレンド線								
	Y(被説明変数)	X(説明変数)	推定係数	t-値	符号条件	定数項	t-値	R**2
(7)	組立生産性	非正規従業員比率	0.011	0.57	○	9.34	13.7	0.001

図表 3-2-20 散布図 (組立生産性 (Y)=非正規従業員比率 (X))

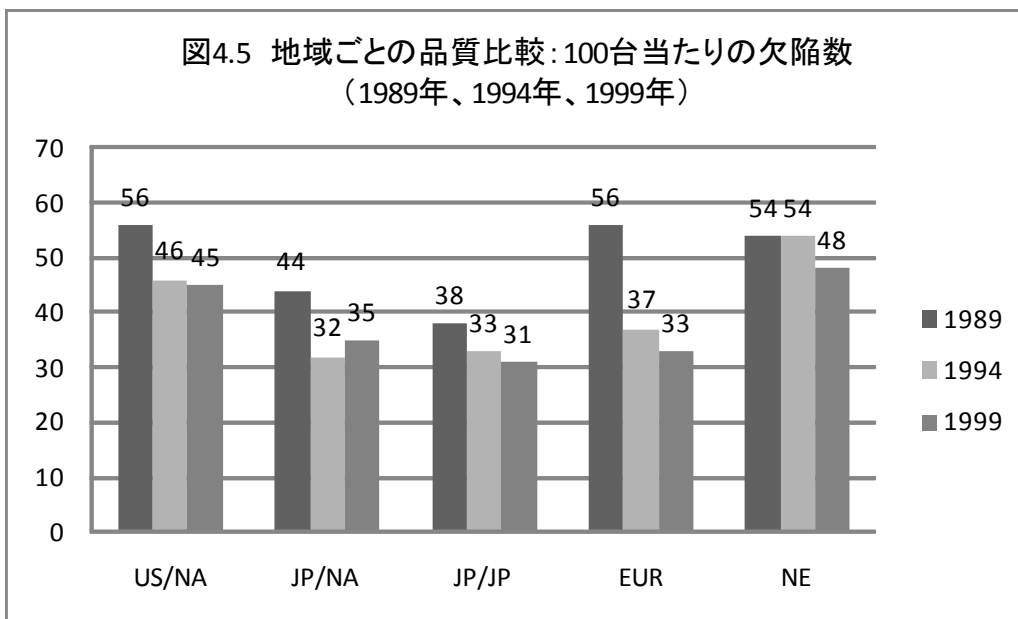
組立生産性(Y)=非正規従業員比率(X) Productivity by area: Assembly



4. IMVP ラウンド4（アジア地域）での生産性と品質の相関分析

4-1. IMVP ラウンド1、2、3での生産性と品質の関係

IMVP ラウンド1、2、3の生産性と品質の関係については、M. ホルウェグとF. K. ピルの著書 *The Second Century*（富野貴弘・塩地洋訳（2007）『21世紀の自動車産業』文真堂。）で以下のように紹介されている（図4.5）。



US/NA：北米のアメリカの自動車メーカー

JP/NA：北米の日本の自動車メーカー

JP/JP：日本国内の日本の自動車メーカー

EUR：ヨーロッパ内の工場

NE：新規参入国内の工場

単純加重のため、組立工場内の主要な欠陥しか反映していない。時系列で質問内容は同じである。J. D. パワー社の品質データに基づいて算出した。

労働生産性以上に、自動車メーカーが最重要視する指標が品質であり、懸命に日本企業を模倣し、そのレベルに達しようと努力している。ヨーロッパとアメリカの自動車メーカーは日本製品の「デザインとセンス」をけなしていた一方で、年がら年中整備工場に持っていかなければならないという欧米車の顧客の不満を無視できなくなっていた。1980年代後半から1990年代、ビッグスリーは赤字を垂れ流していただけではなく、J. D. パワー社発行の「最も故障の少ない乗用車」リストの上位を日本車に占められていた。1991年にアメリカ製の車で唯一まともにランクインしたのはサターンだけであり、それまではどのアメリカの自動車メーカーもその品質レベルを達成していなかった。

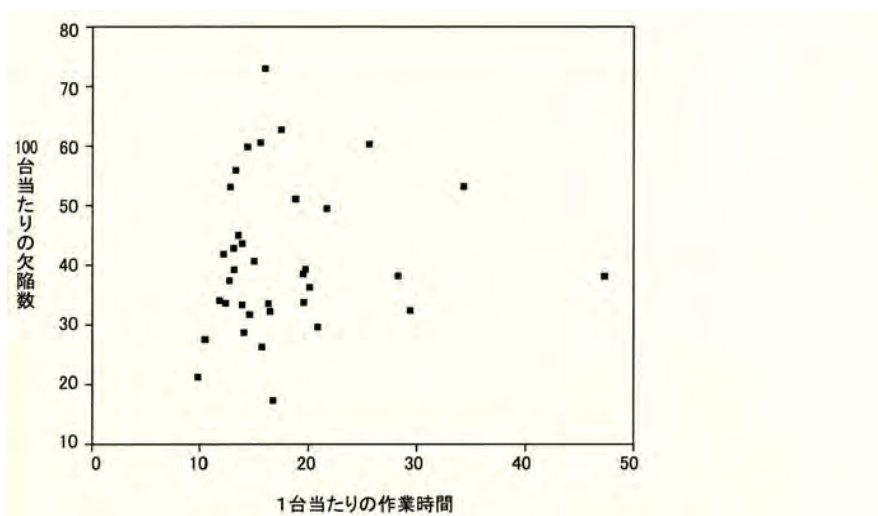
最終的に、1980年代後半には車1台当たり数ヶ所の欠陥だったものが、1990年には1台につき1ヶ所にまで品質は改善した。1993年には48モデルの車が欠陥ゼロを達成した。

1990年代後半に入り、J. D. パワー社は、より高い品質水準を達成するために自動車メーカーが取り組むべき課題を明確にするため、データの収集方法を変更した。

自動車メーカーは品質基準を満たす車を生産する技術を向上させているが、その進展ペースが常に安定しているわけではない。図 4. 5 は、組立工場において発生した欠陥数を測定基準として見た、地域別の品質改善の進展状況である。日本国内で操業する日本の自動車メーカー（JP/JP と表記する）は安定した成績であるが、ヨーロッパの自動車メーカーと比較すると改善の進展度合いは小さい。ヨーロッパの自動車メーカーは元々が非常に高い欠陥率から始まり、それから日本の品質レベルに近くなってきた。北米で操業する日本の自動車メーカー（JP/NA と表記する）はいくぶん数値が後戻りしているが、これはおそらくアメリカ国内の工場の生産能力が拡大したためであろう。しかしながら他方で、全体的にアメリカの自動車メーカーは品質改善が遅れている。アメリカ国内で自動車を販売している新規参入国よりもわずかに優れているのみである。

高品質がいかに効率性に影響を及ぼすのかを理解するため、我々は各地域の工場ごとの品質水準と生産性の相関関係を見た。いくつかの工場では、生産性が悪くなるにつれ、ともに品質水準も落ちて行くという結果が明確に見られた。これは別に驚くことではなく、一般的にリーン生産は優れた生産性と品質を意味し、(旧式の)大量生産は低い効率性と品質を意味するからである。しかしながら、他の多くの工場では、かなり複雑な様相を示した。図 4. 6 が示すように、生産性と品質の相互関係について、各工場を点描していくと、直線的な線形ではなく、じょうご型に近いものとなる。一方の側には、予想通り、高品質と生産性をともに達成したリーン工場が位置しているが、残りの工場における相互関係は、多様である。品質は良いのだが生産性を犠牲にする工場、生産性は高いが欠陥率も高い工場、そして生産性も品質もどちらも達成していない工場がある。

図 4. 6 生産性と品質の相関関係



4-2. IMVP ラウンド4 (アジア地域) での生産性と品質の相関分析 (直行率)

IMVP ラウンド4 (アジア地域) でのアンケート調査では、IMVP ラウンド1, 2, 3の品質指標となった、J.D. パワー社の品質データは使えない。

しかし、ラウンド4では、自動車工場の溶接、塗装、組立工程について、生産工程の製造品質指標を示す直行率などの指標をアンケート調査・回答をしている。これら直行率などの指標は、工場の製造工程での品質の良さを示す指標と考えられるので、溶接、塗装、組立工程の生産性との相関関係を分析する (つまり、直行率 (製造工程の品質) が高ければ、生産性が高くなっているという相関関係があるかどうか検証する)。

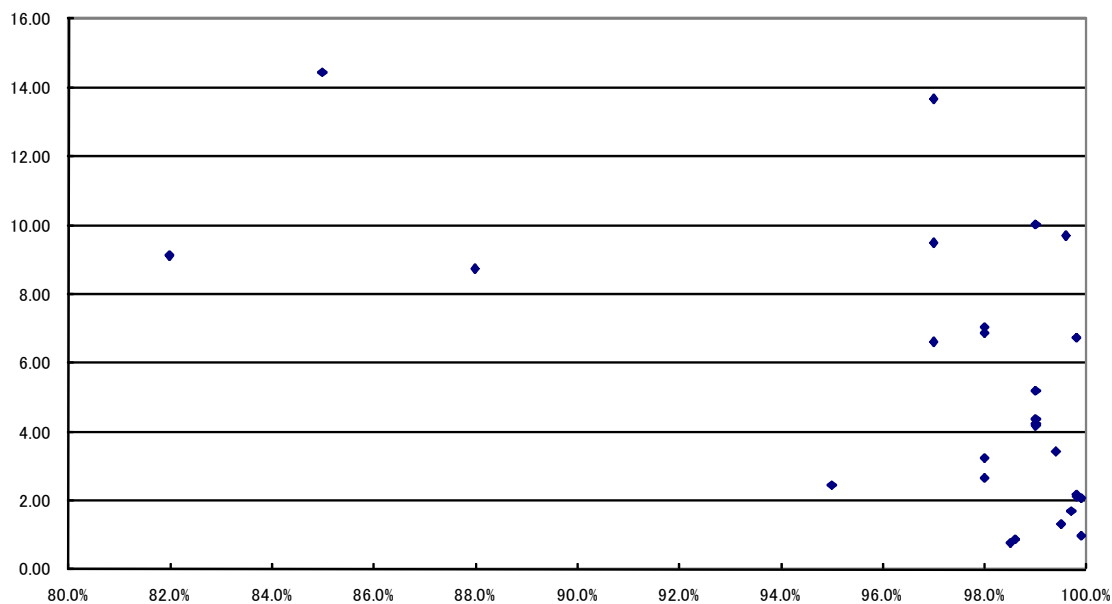
4-2-1 溶接生産性と溶接直行率

溶接工程の溶接生産性 (y 軸) と溶接直行率 (x 軸) の散布図を以下に示す。直行率が高まると、溶接生産性が良くなる (溶接マンパワーが減少する) という関係が見られる (相関係数 : 0.489)。

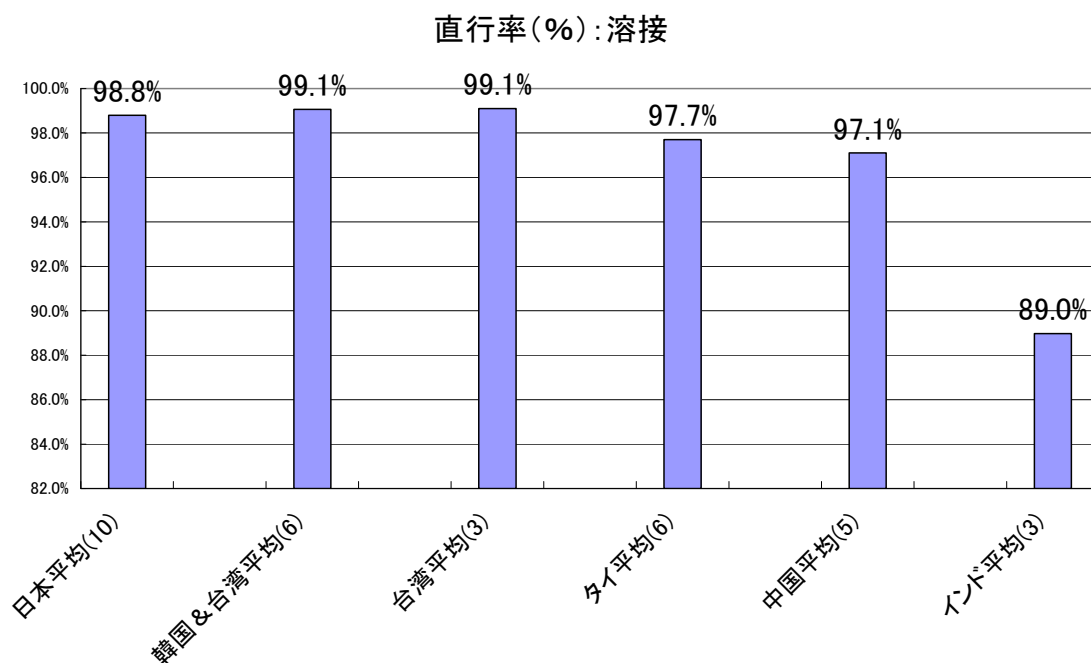
また、日本・韓国企業の溶接生産性データは、全体のトレンドから下方にシフトしている。このシフトを、日本・韓国企業ダミー変数として処理をすると、相関係数 : 0.835、となる。

図表 4-2-1 散布図 (溶接生産性 (Y) = 溶接直行率 (X))

溶接生産性(Y)=溶接直行率(X) Productivity by area: Welding



図表 4-2-2 国別・地域別溶接直行率（ラウンド4）



4-2-2 塗装生産性と塗装直行率

塗装工程の塗装生産性（y 軸）と塗装直行率（x 軸）の散布図を以下に示す。直行率が高まると、塗装生産性が良くなる（塗装マンパワーが減少する）という関係が見られる。ただし塗装工程の生産性と直行率の相関関係は、溶接工程ほど高くなく相関係数は以下の通りである。

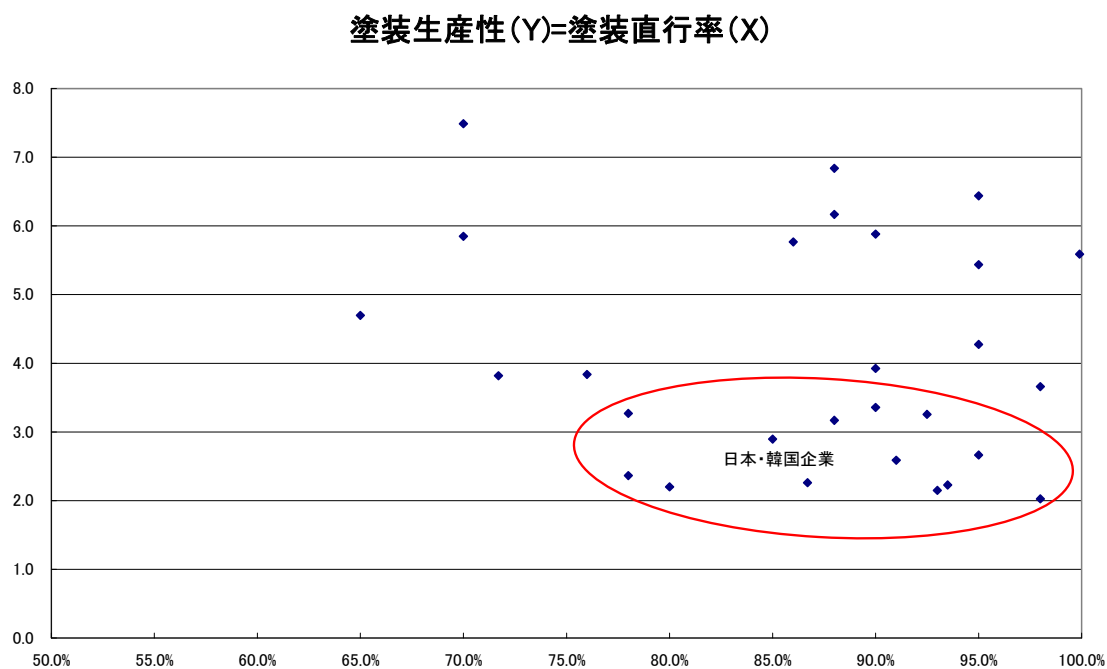
相関係数 : 0.173

ただし、日本・韓国企業の塗装生産性データは、溶接生産性のときと同様に、全体のトレンドから下方にシフトしている。このシフトを、日本・韓国企業ダミー変数として処理をすると、

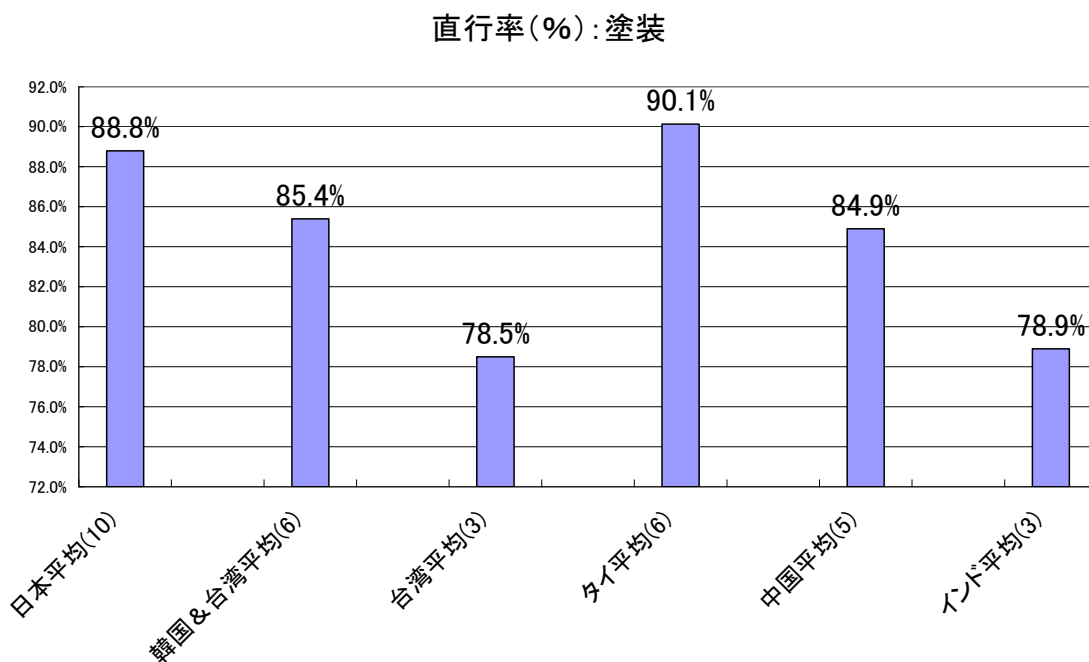
相関係数 : 0.815

に改善される。

図表 4 - 2 - 3 散布図 (塗装生産性 (Y)=塗装直行率 (X))



図表 4 - 2 - 4 国別・地域別塗装直行率



4-2-3 組立生産性と組立直行率

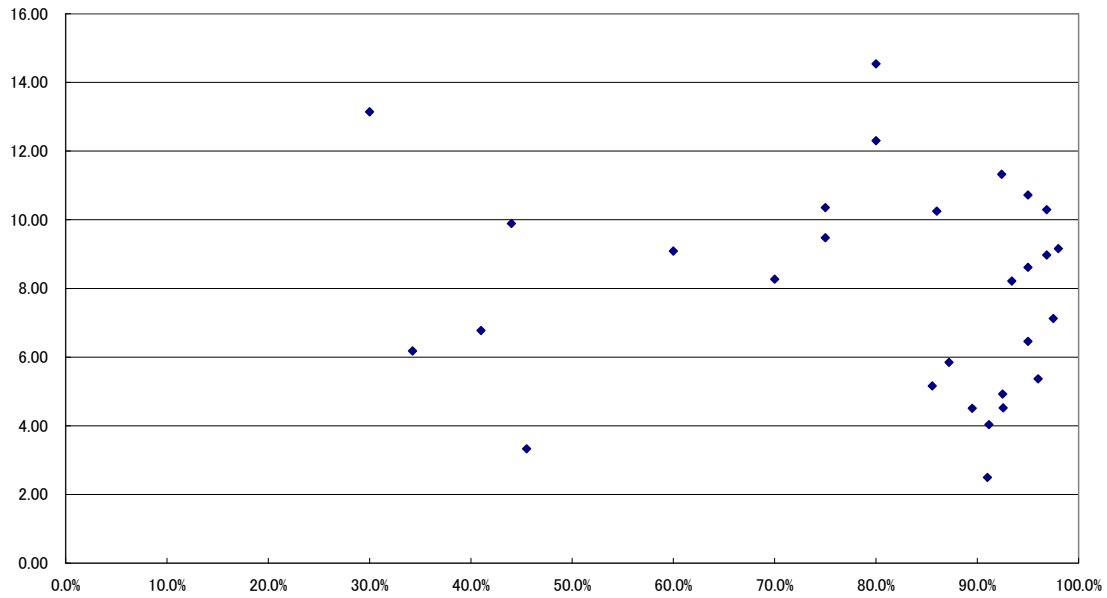
組立工程の組立生産性（y軸）と組立直行率（x軸）の散布図を以下に示す。直行率が高まると、組立生産性が良くなる（組立マンアワーが減少する）という関係が見られる。ただし組立工程の生産性と直行率の相関関係は、溶接工程ほど高くなく相関係数は以下の通りである。

相関係数：0.236

ただし、日本企業の組立生産性データは、溶接生産性、塗装生産性のときと同様に、全体のトレンドから下方にシフトしている。このシフトを、日本ダミー変数として処理をすると、相関係数：0.746に改善される。

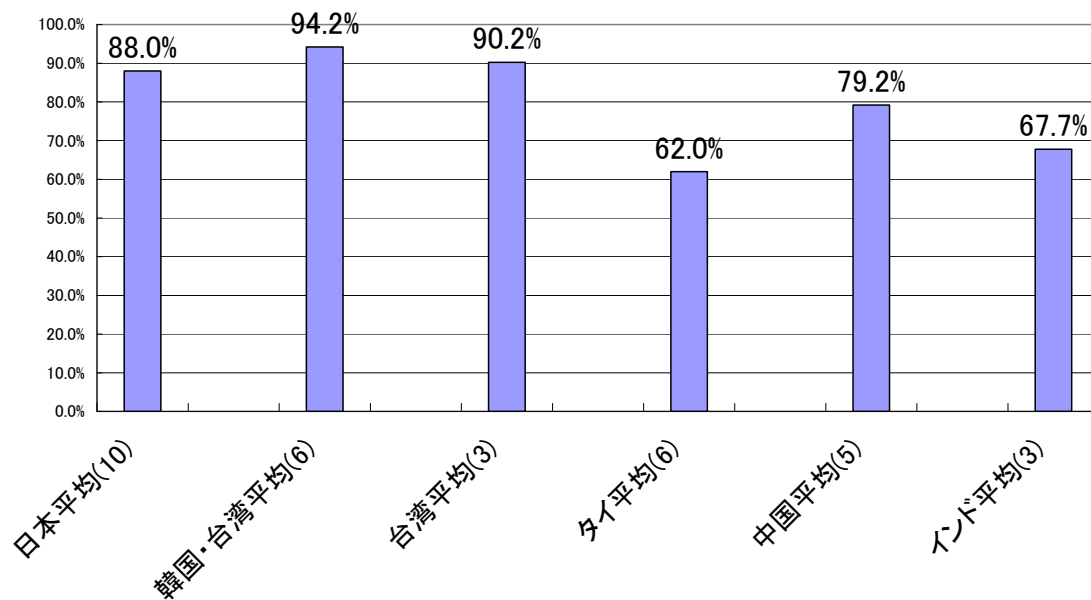
図表4-2-5 散布図（組立生産性（Y）=組立直行率（X））

組立生産性（Y）=組立直行率（X） Productivity by area: Assembly



図表 4 - 2 - 6 国別・地域別組立直行率

直行率(%) : 組立



5. モデル等調整後の生産性とモデル等調整無しの生産性比較

本論文の2章、3章、4章での生産性の計算は、IMVP ラウンド1, 2, 3でクラフチェック、マクダフィー、ホルウェグ、ピルなどの研究者の提案してきた「モデル等調整後の生産性計算方法」に従って計算した。

具体的な調整要因は各工程別に、

溶接生産性・・・溶接点数

塗装生産性・・・ジョイント・シーラー総延長、総合車体サイズファクター

組立生産性・・・総合車体サイズファクター、オプション調整係数

などである。

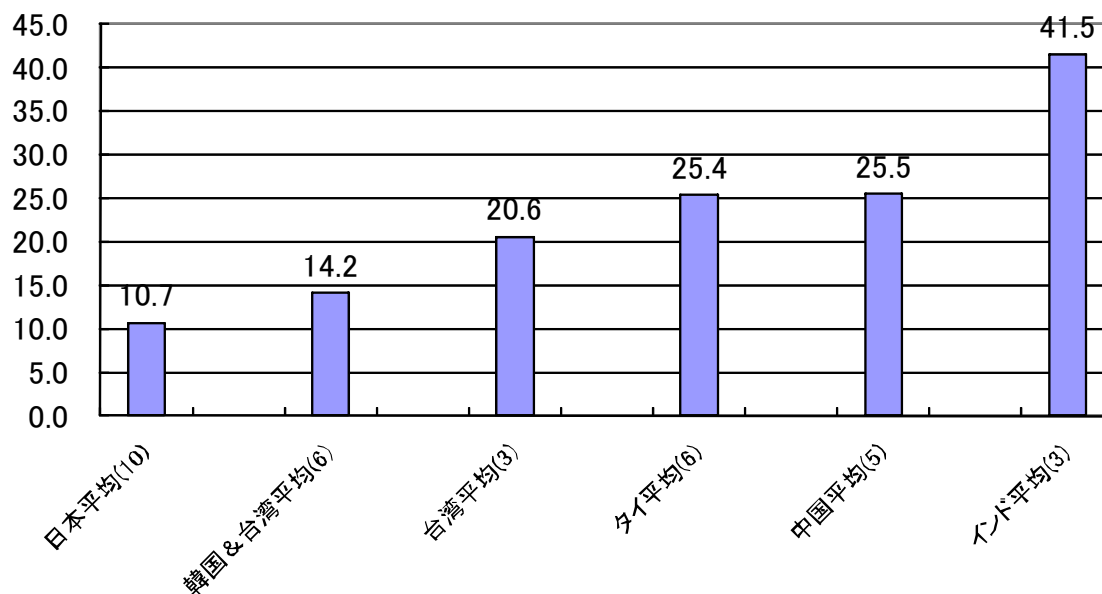
しかしながら、ラウンド4のアジア地域での生産性データとモデル等の調整要因には、ほとんど相関関係が見られないか、仮説と異なる相関関係も見出された。

そこで、あらためて「モデル等調整をしない生産性」を計算して、「モデル等調整後の生産性」と、どの程度の差異があるか検討をした。その結果が以下の2つの「生産性計算まとめ」である。

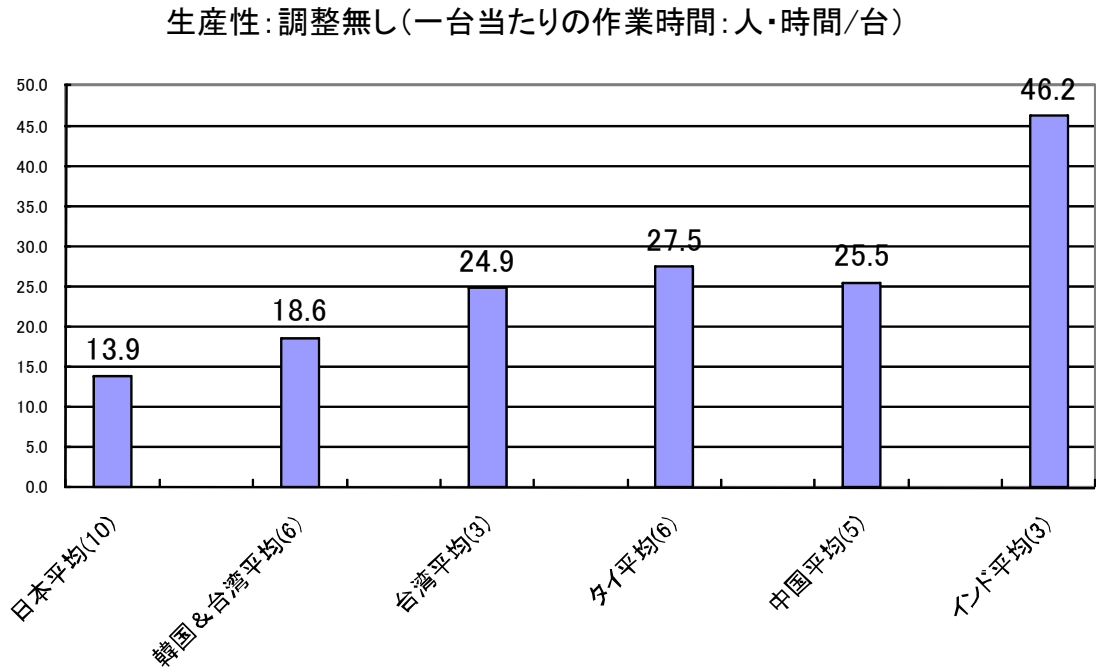
図表5-1は生産性（一台当たりの作業時間：人・時間/台）ラウンド3調整方式ありの生産性、図表5-2は生産性（一台当たりの作業時間：人・時間/台）ラウンド3調整方式なしの生産性を示した。

図表5-1 生産性（一台当たりの作業時間：人・時間/台） ラウンド3調整方式

生産性総合計（一台当たりの作業時間：人・時間/台）



図表 5-2 生産性（一台当たりの作業時間：人・時間/台） ラウンド3 調整なし



両者の差異については、「モデル等調整をしない生産性」は日本工場で 3.2 時間、韓国 & 台湾工場については 4.4 時間、台湾工場では 4.2 時間の差異がある。その他のアジア工場についてはタイ工場では 2 時間、インド工場で 5 時間程度の差異がある。具体的な現場感覚から見ると、「図表 5-2 生産性（一台当たりの作業時間：人・時間/台） ラウンド 3 調整なし」のデータの方が、現場感覚に近いのではないかと推察される。

次に、IMVP ラウンド 3 方式の「モデル等調整の生産性」と「モデル等調整をしない生産性」の相関関係を見るために、IMVP ラウンド 3 方式の「モデル等調整の生産性」を Y、「モデル等調整をしない生産性」を X として回帰分析を実施してみた。その結果は図表 5-3、5-4 に示した通りである。

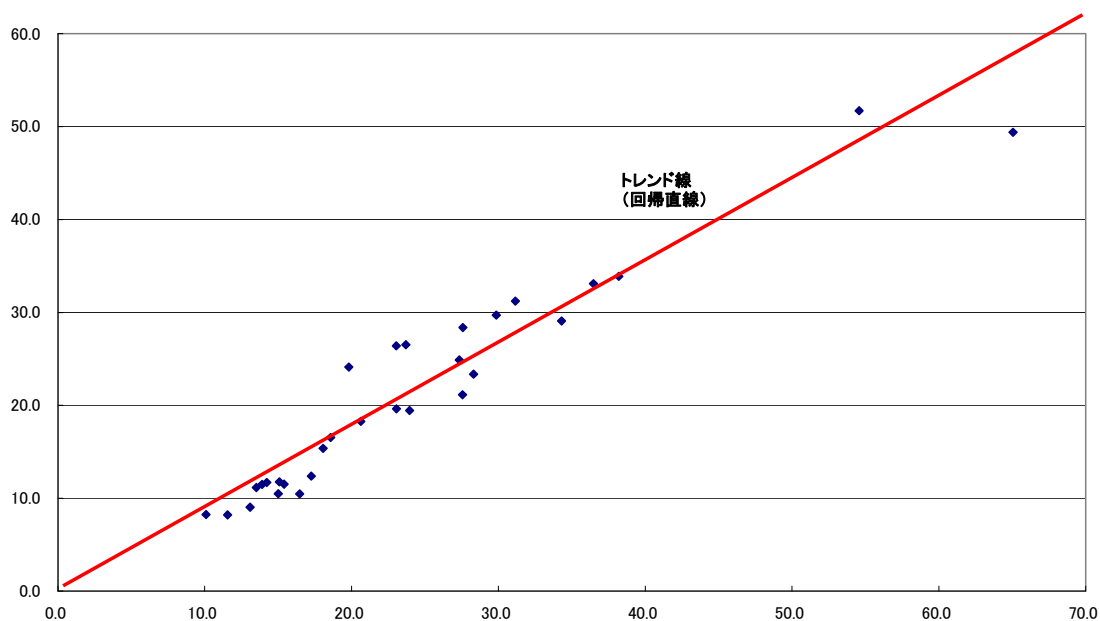
回帰分析の結果は、IMVP ラウンド 3 方式の「モデル等調整後の生産性」は、「モデル等調整をしない生産性」の 0.88 倍程度であること、推定係数の t-値はかなり高く、2 変数の相関関係はかなり高いこと、つまり両者には順位相関関係があることが示された。

図表 5 - 3 回帰分析まとめ ((IMVP 方式生産性 (Y) = IMVP 方式の調整無し生産性 (X))

式番号	(8)IMVP方式生産性(Y)とIMVP方式の調整無し生産性(X)のトレンド線							
	Y(被説明変数)	X(説明変数)	推定係数	t-値	符号条件	定数項	t-値	R**2
(8)	IMVP方式生産性	IMVP方式の調整無し生産性	0.879	17.8	○	-0.018	-0.013	0.958

図表 5 - 4 生産性 (一台当たりの作業時間 : 人・時間/台) 散布図

生産性IMVP(Y) Productivity = 生産性調整なし(X) Productivity (hours/vehicle)



6. まとめ

本論文「アジア自動車工場の組立生産性に関する比較研究—IMVP ラウンド4 (2006年) 調査を中心に」で示された特徴を整理しておこう。

1) 自動車工場実態調査の最新版

世界自動車工場の実態調査は、2000年にIMVP ラウンド3が実施されてから、その後実施されていない。その意味では本調査は2006年の日本を含むアジア自動車工場についてのアンケート実態調査であり、世界最新版である。

2) 日本の生産性

世界自動車工場の実態調査のIMVP ラウンド1, 2, 3を通じて、日本自動車工場は常に世界最高の生産性を維持してきた。今回のラウンド4の調査では、日本自動車工場は「世界最高の生産性」の地位に甘んじることなく、更に生産性を上げる努力を続けていることが示された。

3) 韓国の生産性

アジア自動車工場の生産性では、日本が1位、韓国は2位で、日本がトップである。しかし韓国の生産性はIMVP ラウンド3では、日本との生産性格差は65%だったものが、今回のラウンド4では、韓国&台湾の生産性で日本との生産性格差は75%まで縮めてきた。この意味では、韓国の生産性向上運動は注目に値する。

4) タイ・中国・インドの生産性

今回の「アジア自動車工場の実態調査(生産性まとめ)-IMVP ラウンド4(2006年)-」では、初めてタイ、中国、インドの生産性が示された。タイ、中国の生産性は、日本との生産性格差は40%~50%程度であった。インドは日本との生産性格差は25%程度であった。これらの地域は今後の人件費コストの上昇に見合って、生産性向上を進める必要があるだろう。

まとめ(1) IMVP(組立生産性アンケート回答工場数、ラウンド4アジア)

IMVP 組立生産性アンケート回答工場数については、ラウンド4(2006年)アジア地域：日本10工場、韓国3工場、台湾3工場、タイ6工場、中国5工場(中国の1工場はデータ不備で使用できず)、インド3工場、合計30工場。

まとめ(2) IMVP ラウンド4アジア自動車工場の生産性の計算方法

生産性の計算方法は以下の方法とした。

①各工程部門別生産性を計算する。

各工程部門別生産性 = (各工程別部門従業者数 * シフト当り作業時間(分)) / (シフト数 * シフト当り生産台数 * 60(分))

(注1) シフト当り作業時間＝工場にいる時間（除く超過勤務）－食事時間－休憩時間－チーム会合時間

②各工程別部門とは溶接工程、塗装工程、組立工程の3工程を示す。

③工程別部門従業者数とは、各工程で、溶接工程直接人員・間接人員・管理人員、塗装工程直接人員・間接人員・管理人員及び組立工程直接人員・間接人員・管理人員に分けた従業者数である。

④本論文での生産性の計算は、最初に溶接、塗装、組立の3工程について、直接部門と間接部門、管理部門を合計した従業者数合計で溶接工程生産性、塗装工程生産性、組立工程生産性を計算して自動車工場生産性を定義した、さらに、各工程別生産性とその他のアンケート指標（直行率など）との相関分析を実施した。

⑤ここで間接部門とは、(1) マテハン（運搬部門）、(2) 品質管理部門、(3) メンテナンス（保全部門）、(4) パーツ受け取り・ピッキング部門の4部門である。

⑥IMVP ラウンド3では、最初に全体人員から自動車工場生産性を計算して、その後に各部門の作業員比率で、直接部門、間接部門、管理部門の生産性を計算している。

⑦IMVP ラウンド3の生産性計算で使われた「調整係数（例えば、溶接点数、シーラー総延長、車体サイズファクターなど）」は本論文の生産性計算でも使った。

まとめ(3) 各工程別生産性の回帰分析の結果のまとめ

溶接、塗装、組立の各工程別生産性については、自動化率、間接部門比率、管理部門比率、非正規従業員比率などの指標と回帰分析を実施した。それらをまとめると以下の図表の通りである。

図表6-1 工程別生産性と各種指標の相関分析まとめ

式番号	Y(被説明変数)	X(説明変数)	推定係数	t-値	符号条件	定数項	t-値	R**2
式番号 (1) 直接&間接部門溶接生産性(Y)と溶接自動化率(X)のトレンド線								
(1)	溶接生産性	溶接自動化率	-0.094	-4.94	○	12.1	8.5	0.446
式番号 (2) 直接&間接部門溶接生産性(Y)と溶接外注率のトレンド線								
(2)	溶接生産性	溶接外注率	0.004	0.12	×	5.44	3.43	0.0005
式番号 (3) 直接&間接部門塗装生産性(Y)と塗装自動化率(X)のトレンド線								
(3)	塗装生産性	塗装自動化率	-0.083	-3.67	○	7.4	7.6	0.301
式番号 (4) 直接&間接部門組立生産性(Y)と組立自動化率(X)のトレンド線								
(4)	組立生産性	組立自動化率	0.208	0.62	×	7.43	8.1	0.013
式番号 (5) 直接&間接部門組立生産性(Y)と間接部門比率(X)のトレンド線								
(5)	組立生産性	間接部門比率	-1.25	-0.19	×	8.12	6.13	0.001
式番号 (6) 直接&間接部門組立生産性(Y)と管理部門比率(X)のトレンド線								
(6)	組立生産性	管理部門比率	3.58	0.304	○	7.49	5.27	0.003
式番号 (7) 直接&間接部門組立生産性(Y)と非正規従業員比率(X)のトレンド線								
(7)	組立生産性	非正規従業員比率	0.011	0.57	○	9.34	13.7	0.001
式番号 (8) IMVP方式生産性(Y)とIMVP方式の調整無し生産性(X)のトレンド線								
(8)	IMVP方式生産性	IMVP方式の調整無し生産性	0.879	17.8	○	-0.018	-0.013	0.958

溶接生産性、塗装生産性については、自動化率との回帰分析の結果が比較的良い結果になっている。組立生産性については、自動化率との回帰分析の結果は良い結果が得られていない。非正規従業員比率と、組立生産性との回帰分析は、良い結果が得られなかった。

まとめ (4) 地域別生産性比較

間接部門を含めた生産性について日本平均のマンパワー生産性は溶接・塗装・組立3工

程で 10.8 時間 ((注) : 2 章、3 章での生産性計算結果 10.7 時間との差は、ラウンディング・エラー) であり、韓国・台湾平均は 14.2 時間で日本の生産性の 75% 程度である。

ここで、日本のマンアワー生産性 : 10.8 時間は、ラウンド 3 の日本のマンアワー生産性 12.3 時間に比べて 12% 改善されている。韓国についても同様、ラウンド 3 (20.4 時間) 対比ラウンド 4 (17.3 時間) で生産性は 15% 改善されている。

タイは 27.5 時間で日本対比 50% の生産性、中国は 28.3 時間で日本対比 50% の生産性、インドは 46.2 時間で日本対比 40% の生産性である。

まとめ (5) 部門別 (工程別) 地域別生産性比較

本論文では、溶接、塗装、組立の 3 工程について生産性を計算した。その結果を国別、地域別にまとめると以下の通りである。

●日本 VS . 韓国・台湾

日本平均のマンアワー生産性構成比は、溶接 32%、塗装 21%、組立 47% である。台湾の生産性構成比が日本の構成比に近い。韓国・台湾の生産性構成比は、組立の比率が高く 58%、溶接、塗装の生産性構成比が低くそれぞれ 14%、18% である。

●タイ VS . 中国 VS . インド

タイ・中国・インドの生産性構成比の特徴は、溶接の生産性構成比が高く、組立の生産性構成比が低いことが特徴である。その理由は、タイ、中国、インドは、日本に比べて、溶接の自動化率が低いためである。

図表 6 - 2 国別・地域別・工程別生産性まとめ

図表 国別・地域別生産性(時間/台)					
	生産性(時間/台)	(構成比)		生産性(時間/台)	(構成比)
溶接			溶接		
日本	3.4	31.5%	タイ	12.6	50.0%
韓国・台湾	2.0	14.1%	中国&インド	11.0	43.3%
台湾	6.3	30.4%	インド	15.4	37.1%
塗装			塗装		
日本	2.3	21.3%	タイ	5.1	20.2%
韓国・台湾	2.5	17.6%	中国&インド	5.0	19.7%
台湾	4.6	22.2%	インド	11.6	28.0%
組立			組立		
日本	5.1	47.2%	タイ	7.5	29.8%
韓国・台湾	9.7	68.3%	中国&インド	9.4	37.0%
台湾	9.8	47.3%	インド	14.5	34.9%
生産性合計			生産性合計		
日本	10.8		タイ	25.2	
韓国・台湾	14.2		中国&インド	25.4	
台湾	20.7		インド	41.5	

まとめ(6) 生産性と直行率

溶接、塗装、組立工程の生産性それぞれについて、直行率などの指標と相関分析を行ったが、相関関係については溶接、塗装工程についての相関関係がよい結果が出ている。

溶接生産性 VS 溶接直行率 相関係数：0.489、日本韓国ダミー相関係数：0.835

塗装生産性 VS 塗装直行率 相関係数：0.173、日本韓国ダミー相関係数：0.815

組立生産性 VS 組立直行率 相関係数：0.236、日本ダミー相関係数：0.746

以上

参考文献

- 土屋勉男・大鹿隆（2000）『日本自動車産業の実力—トヨタ、ホンダは世界に勝てるか』ダイヤモンド社。
- 土屋勉男・大鹿隆（2002）『最新 日本自動車産業の実力—なぜ自動車だけが強いのか』ダイヤモンド社。
- 土屋勉男・大鹿隆・井上隆一郎（2006）『アジア自動車産業の実力』ダイヤモンド社。
- 土屋勉男・大鹿隆・井上隆一郎（2007）『世界自動車メーカー どこが一番強いのか？』ダイヤモンド社。
- 土屋勉男・大鹿隆・井上隆一郎（2010）『世界自動車メーカー どこが生き残るのか—ビッグ3体制崩壊後の国際競争』ダイヤモンド社。
- 藤本隆宏（1997）『生産システムの進化論』有斐閣。
- 藤本隆宏（2001）『生産マネジメント入門（Ⅰ・Ⅱ）』日本経済新聞社。
- 藤本隆宏（2003）『能力構築競争』中公新書。
- 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・塩沢由典（2010）「世界競争時代における企業間・企業内競争—リカード貿易論のミクロ・マクロ解釈をめぐって」『経済学論集』第76巻3号。
- Holweg, M. and F.K. Pil（2004）*The Second Century: Reconnecting Customer and Value Chain through Build-to-Order*, Cambridge, MA: MIT Press.（富野貴弘・塩地洋訳（2007）『21世紀の自動車産業—受注生産による究極の車づくり』文真堂。）
- Krafcik, J.F.（1988）“Comparative Analysis of Performance Indicators at World Auto Assembly Plants,” Thesis(M.S.), MIT.
- Womack, J.P., D.T. Jones and D. Roos（1990）*The Machine That Changed the World*, New York, NY: Rawson Associates.（沢田博訳（1990）『リーン生産方式が、世界の自動車産業をこう変える。—最強の日本車メーカーを欧米が追い越す日』経済界。）