

〈院生論文〉

生産情報システムの設計とその適用性

山田 裕 昭

1. はじめに
2. 生産情報システムの現状と問題点
3. 生産システムと情報伝達レベルの関連性
4. 生産情報システムの設計要点
5. 生産情報システムの設計アプローチ
6. 生産情報システムの導入に対する適用性
7. おわりに

1. はじめに

近年、多くの日本製造業はモノづくりの構造変革を強いられるようになっており、かつて日本のモノづくりを変革し、日本経済を支えてきた企業、特に自動車産業を始めとした機械加工・組立型の企業が海外へ生産拠点を移し、グローバルな経営を推し進めるようになってきた。そして、現在では現地生産および他国への輸出に向けた生産の拠点として、その機能を移すだけに留まらず、日本国内へも逆輸入される時代へと移り変わってきた。従って、製造業ではこの変化に対応するために情報技術を活用した生産システムを設定し、多品種少量生産や変種変量生産とそこでの製品開発体制を構築しようとしてきている⁽¹⁾。この体制は、企業経営にとって非常に重要であり、21世紀の低成長社会の中で製造業が勝ち残るために必要な要素であると考えられる。

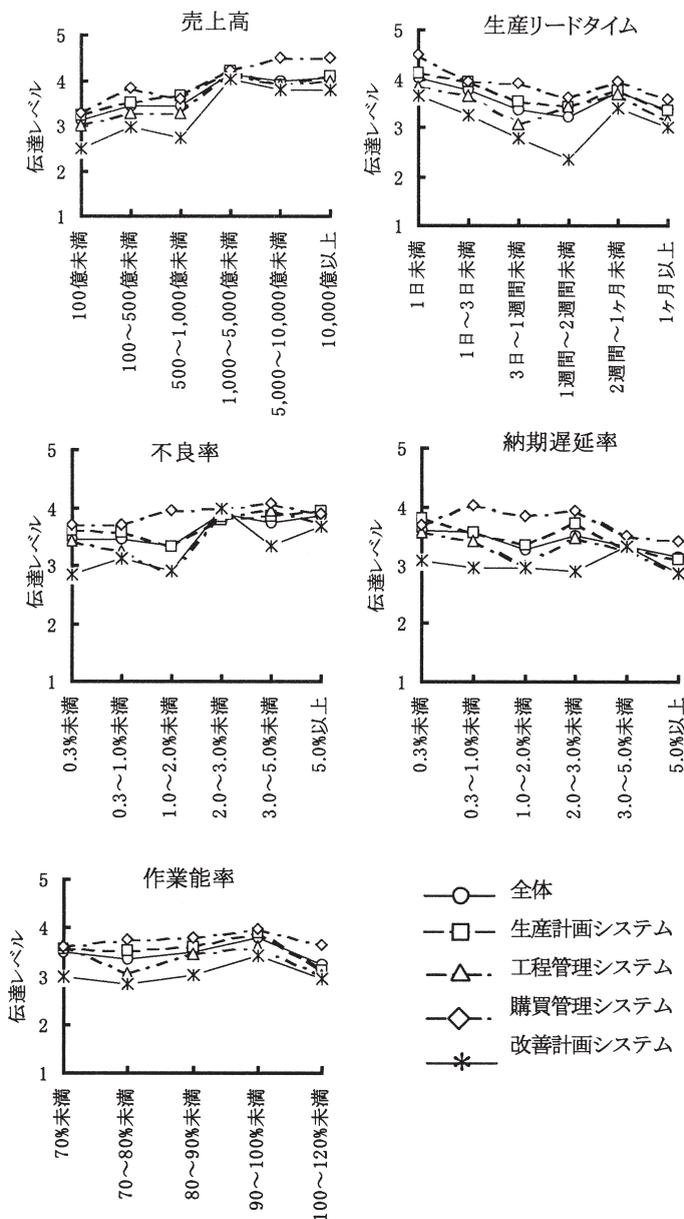
実際、情報技術を駆使した生産に関する情報システムは、PDM (Product Data Management), PLM (Product Lifecycle Management), SCM (Supply Chain Management)

などマーケティング、ロジスティックス、メンテナンス、リサイクルに至るまで構築されてきている。しかしながら、情報化の推進が単なるデータの共有となっており、モノづくりの成長へ寄与するシステムが構築されているかどうかは疑問である。

そこで本論文は、著者らが一昨年行った生産情報システムの現状と問題点に関するアンケート調査の分析結果⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾を基に、整理した問題点を解決することを目的にして、情報マネジメントシステムの根幹をなす生産情報システムの設計を行い、その適用性についての検討を行ったものである。

本論文の構成は、まず、著者らが設定した情報伝達レベル(表1)に対し、野中のSECIモデル⁽⁵⁾を参考とした独自の知識情報の伝達モデルを体系化した。そして、この体系を基に情報伝達レベルと生産システムの成長過程の仮説を設定し、検証を試みることによって1つ目の問題点を解いている。さらに、その体系に対して「場」という概念に基づいた生産情報システムを設計することによって2つ目の問題点に対して検討を行っている。

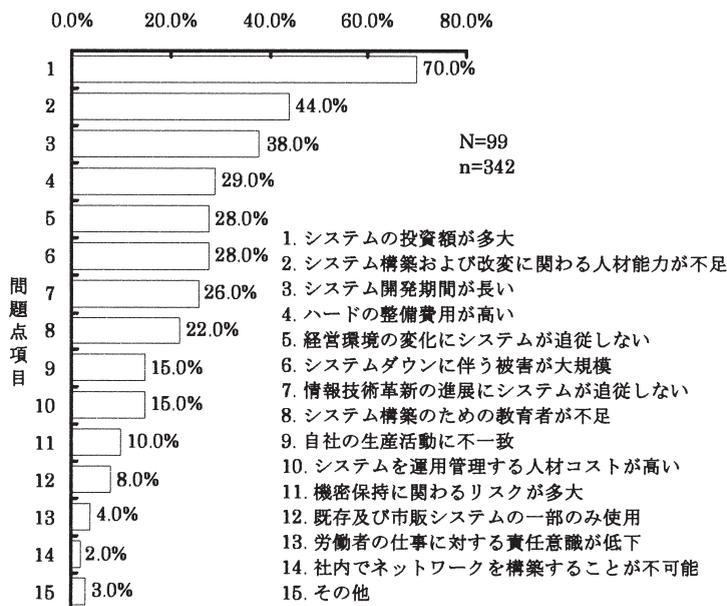
図2 生産性指標と情報伝達レベル



う問題を提示している。この原因は、データの共有化は進んだが、知識情報の共有化が旧態依然のままであると共に、データ共有の焦点が業務プロセスの効率化と省人化に当てられ、組織の要員に対する技術力の向上や判断力の迅速化には当てられなかったためと考えられる⁽⁶⁾。

2つには、図3の生産情報システム運用上の問題点からシステム費用の膨大さ以外に人と情報技術の棲み分けの曖昧さにより、経営環境変化に追従できない生産情報システムが構築されている現状が明らかとなった。これを受けて、生産情報システムと経営環境との関わりについ

図3 生産情報システム運用上の問題点



ての調査・検討を行った結果、生産情報システムの構築には人材育成とモノづくり構造の成長との連携が重要であること、並びに情報伝達手段の相違はモジュール化や変種変量生産への対応といった生産システムや製造技術および環境循環型社会への対応などの業態によって異なることが明らかとなった。この点から、人と情報技術の棲み分けはモノづくりの形態と連動して実現することが可能であると考えられる。

これらの問題点から、生産情報システムは、データという形式知の情報技術による共有だけではなく、人のスキルやノウハウなどの暗黙知を含めた検討が必要であることが明らかとなった。そして、この暗黙知を含めた知識情報をアナログ化およびデジタル化へと展開して行く新しいシステムは、個人の知識情報を企業経営に利用したナレッジ・マネジメントを活用することによって構築できると考える。

3. 生産システムと情報伝達レベルの関連性⁽⁷⁾

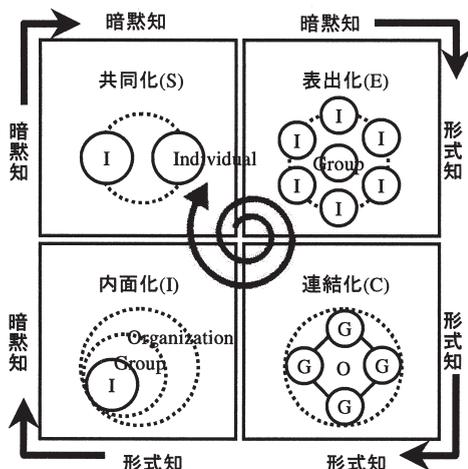
3.1 知識情報と情報伝達レベル

知識情報を共有化するシステムを構築するためには、知識情報が組織内に浸透して行く過程を明確にする必要がある。

これは野中によれば、個人の暗黙知が絶えず言語という形式知として変換され、共有化されることによって組織の知識となり、その組織の知識がそこで働く個人の暗黙知の創造へ刺激を与えるという暗黙知と形式知のスパイラル運動が起こるとしている。この運動を4つの知の作り方(SECIモデル)として具現化している。このモデルを図4に示し、以下にこれを説明する。

- ① 暗黙知から暗黙知の「共同化 (S: Socialization)」領域は、基本は共同体験で言語を媒介にしない知の共有、知の創出の場である。
- ② 暗黙知から形式知への変換の「表出化 (E: Externalization)」領域は、自分の思いやノウハウを言語化、コンセプト化する場である。

図4 SECIモデル



出所：野中郁次郎著『企業進化論』p. 336

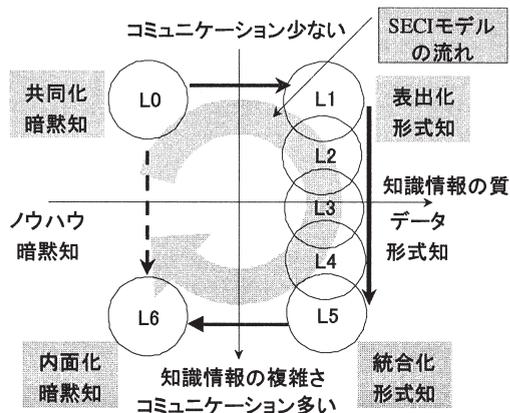
- ③ 形式知から形式知の「連結化 (C: Combination)」領域は、コンピュータを使って知と知を自在に組み合わせて新しい知を生み出す場である。
- ④ 形式知から暗黙知への変換の「内面化 (I: Internalization)」領域は、マニュアル化されたものを実践し、暗黙知にすることで知を個人のスキルにする場である。

これら暗黙知の創出から内面化へのスパイラルを繰り返すマネジメントを運営することで知的な組織を構築できるとしている⁽⁵⁾。

著者は知識情報を効果的に活用する生産情報システムを導き出すために、このSECIモデルを参考にして知識情報の質と複雑さの2つの側面から、独自に知識情報とその伝達レベルの関係を整理して体系化した。これを図5に示す。

図5は、横軸を知識情報の質である暗黙知のノウハウと形式知のデータとし、縦軸を知識情報の複雑さであるコミュニケーションの多さとした。知識情報の質および複雑さの2つの要因とSECIモデルとの関係は、コミュニケーションが少なく、ノウハウを保有する個人の暗黙知領域を共同化暗黙知としてレベル0 (L0) と設

図5 知識情報と情報伝達レベルの関係



定した。これを基点として時計回りに、コミュニケーションは少ないがデータとして形式化された知識情報の共有を行う領域を表出化形式知とし、情報伝達手段のレベル1 (L1) からレベル3 (L3) と設定した。次に、コミュニケーションも多く、形式化された知識情報が共有される領域を統合化形式知とした。これはコンピュータを活用して知識情報の統合および広範囲への伝達を可能にする領域であるため、情報伝達手段のレベル3 (L3) からレベル5 (L5) として設定した。最後に、形式知として獲得した知識情報を組織がスキルやノウハウとして保有する内面化領域を内面化暗黙知とし、レベル6 (L6) として設定した。

今後、変種変量生産の中で高品質化、高性能化を追求して行く製造業では、個人の暗黙知を組織の暗黙知としてどう根付かせるかが課題となるであろう。換言すれば、個人力を組織力に変換するプロセスを築き上げることが問題解決の1つの手段になると考える。この点において、図5の知識情報と情報伝達レベルの関係はその手段に対する体系的な枠組みを与えるものであると考えている。

3.2 生産システムと情報伝達レベルの関連性の仮説設定と検証

本項では、図5の知識情報と情報伝達レベルの関係に基づき、個人力を組織力へ変換するプロセスを築き上げることを目的として、生産システムと情報伝達レベルの関連性から組織力の向上プロセスの仮説を設定し、その検証を試みる。これによって1つ目の問題として取り上げた知識情報のデジタル化がモノづくりの効率的な展開に必要な手段であることを解く。

まず、生産システムと情報伝達レベルの関連性から組織力の向上プロセスの仮説を設定する。

モノづくりに欠かすことのできない個人の知識情報は、図5の知識情報と情報伝達レベルの関係に従って組織内へと共有化されると考える。しかし、その共有化手段はモノづくりの構造である生産システムによって大きく異なるであろう。そこで、情報伝達レベルとモノづくり構造の調査結果を踏まえて仮説を設定し、生産システムと情報伝達レベルの体系として表2を作成した。

表2は、情報伝達手段のレベルに対する生産システムと重要管理項目、自動化、組織、ナレッジで構成される生産要素のレベルを対応させた体系である。以下に各レベルを要約する。

情報伝達手段レベル0では、個人同士が暗黙知を共有し、その暗黙知によってモノづくりを展開する領域である。この場合、スキルやノウハウによってモノづくりが行われることから、生産システムは、個人で良い品質の製品を生産し、顧客へ引き渡すという中小・零細企業のモノづくりに良く見られる形態である。

情報伝達手段レベル1では、個人が保有する暗黙知をヒヤリングし、形式知として組織内で共有化するための表出化を行う領域である。この領域は、専任作業者が行っていた作業を他の作業でも行えるように標準作業を文書化して知識情報を伝達する領域である。個人のスキルによるモノづくりから治具や工具等の道具類の工夫によるモノづくりが行われるため、製品品質向上、安定化を管理する機能が欠かせないであろう。

情報伝達手段レベル2では、一つの製品を効

表2 生産システムと情報伝達レベルの体系

情報伝達手段	生産システム	重要管理項目	自動化	組織	ナレッジ
レベル6 (L6)	組織力によって変種変量生産でオンリーワン製品を高品質、低コストで作る	↓	アナログとデジタルの融合	組織	体系化
レベル5 (L5)	他工場、関連企業、サプライヤーを巻き込んだコストパフォーマンスの向上	作業効率	ネットワーク化(SCM)	企業	全体化
レベル4 (L4)	多品種製品で作業の一貫性を保ち、バラツキをおさえた平準化作業	生産リードタイム	FA化(FMS/CIM)	工場	全体的統合化
レベル3 (L3)	個別製品単位で作業の一貫性の確保とリードタイムの短縮	可動率	CNC化(NC/MC/FMC)	工程	部分的統合化
レベル2 (L2)	製品品質の向上と安定化を図ると共に、顧客の要求する量(納期)の維持、遵守	機械故障	機械化(旋盤、フライス)	機能	調整化
レベル1 (L1)	道具を用いて作業することによって省力化を実現しながら製品品質の向上、安定化	不良率	道具化(治工具の工夫)	作業	表出化
レベル0 (L0)	個人力によって顧客に喜ばれる良い品質の製品を作る	↑	—	個人	創出化

率的に完成させるために複数の作業者が協力して作業できるように、形式知として表出化された知識情報を機能単位に調整する領域である。この領域では、全ての工程を一人の作業者が習熟する必要がないため、作業者に対する教育、訓練は容易である。そして、生産活動は汎用旋盤やフライスなど機械ごとの作業工程に分解されるため、電話、FAX あるいは対話による簡単な手段によって納期や生産量などの情報交換および調整が必要となるであろう。

情報伝達手段レベル3では、機能単位に分かれていた形式知を一つの製品を、生産する工程ごとに部分的に統合する領域である。この領域では、一つの製品を材料の投入から完成に至るすべての工程を一人あるいは少数人員で担当するセル生産が実現され、人と機械の協同によるモノづくりが展開される。よって、必要となる情報量が前後の工程にまで広がることから工程内の知識情報を統合および共有するコンピュータを活用した環境づくりが必要であろう。

情報伝達手段レベル4では、レベル3の単一製品で統合された形式知をさらに複数製品に展開してモノづくりを進める領域である。この領域では、今まで単一製品のみを生産していた作業者やチームによって複数の製品を生産する平準化生産が展開される。複数の製品を平準化生産する体制を構築するにはモノの流れに対し、社内 LAN を活用した情報の流れを作ることが大切であろう。

情報伝達手段レベル5では、今まで表出化し、統合されてきた形式知を供給者や関係会社との間で共有化する全体化の領域である。この領域では、レベル4までの生産システムを外部へ展開し、他工場から自社工場に至る工場間で一貫生産を目指すモノづくりが展開される。この構造には、SCM (Supply Chain Management) においても活用されているインターネット技術を欠かすことはできないと考える。

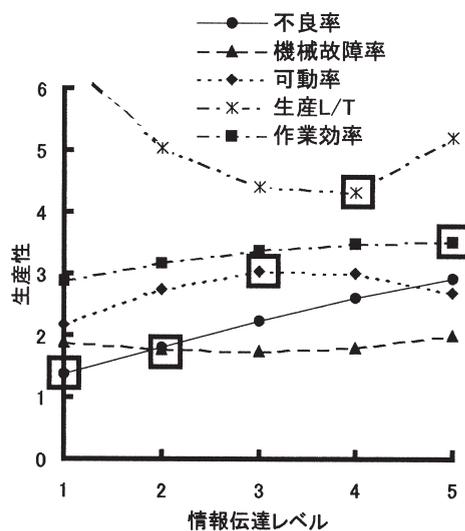
情報伝達手段レベル6では、全社的に統合され、蓄積されてきた形式知を実践という形で組織内の個人へ暗黙知として根付かせて行く内面化領域である。グローバルに展開されるモノづくりの中でデジタル技術を駆使した環境に加えて、継続的な改善への気づきを与える環境づくりによって組織力を成長させることを目的とする。

以上のように、個人力を組織力へ発展させる過程を知識情報の伝達レベルと生産活動の要素の側面から検討し、仮説を設定した。

次に、情報伝達レベルと重要管理項目の指標との関係からこの仮説に対する検証を行い、情報伝達レベルと生産性の関係を明らかにする。この検証は、既に実施した生産情報システムに対するアンケート調査より、6段階評価した重要管理項目を情報伝達レベルに対する推移を基に分析した。この結果を図6に示す。

図6から、不良率はレベル1、機械故障率はレベル2、可動率はレベル3、生産リードタイム (L/T) はレベル4、作業効率はレベル5が最も生産性の良い状態であることが分かった。この結果から、仮説設定した情報伝達レベルの

図6 情報伝達レベルと生産性



成長と生産システムの成長に重要な管理項目は関連性を有しており、表2の生産システムと情報伝達レベルの体系の妥当性を確保するものである。

企業の成果はここで取り上げた指標の総合的な結果として現れてくるため、指標ごとの効果は少なくとも、総合的には効果を生む場合もあったり、反対に効果を消しあい、あたかも成果が出ていない状態を示したりする。そのため、生産情報システムは単なる情報システムの導入ではなく、モノづくりの原点から見つめ直し、それに適した形態、並びにその成長と共に形を変えながら成果を蓄積して行くシステムでなければならない。これにより、生産情報システムは製造部門に対して効果を生み出すツールとなり、1つめの問題は解決できる。加えて、情報伝達レベルの成長は、単に情報伝達ツールとして活用される技術情報の活用レベルの向上だけでなく、知識情報をマネジメントする能力をもあげることを含む。

4. 生産情報システムの設計要点

本章では、生産情報システムの調査結果から各サブシステムの問題点や機能を整理し、そこから生産情報システムの設計を行うための要点となる考え方とその概要を整理する。

4.1 開発設計システム

調査結果から得た開発設計システムには、モノづくりのはじめから終わりまで全てのプロセスを巻き込む機能が必要であると共に、情報技術を積極的に活用し、顧客情報を直接製品に反映する仕組みが欠かせないことが分かった。しかし、多種多様な市場ニーズに対して、開発設計部門がモノづくりの全てのプロセスを統括することは非常に困難である。例えば、製品の生産から消費までの間に引き起こる問題を回避す

るために、担当者が開発設計の段階で製品の特性や加工要素を全て把握することが望ましいが、こうした人材を育成することは非常に難しい。

そこで、開発設計システムには製品の製造部門から消費段階に至る全てのプロセスの要素（特に高度なモジュール化、環境に影響を与える要素）を考慮した開発設計を実現するシステムの設計が必要となる。これには、市場や顧客の知識情報をビルトインすることやエンジニアの独自性を活かす顧客ニーズと開発者シーズの融合が欠かせないと考える。技術、価格、環境など差別化する独自性はいくつも存在するが、顧客とエンジニアの両者の知識がビルトインされたオンリーワン製品は他社に模倣されることなく、顧客（市場）を抱え込むことが可能となるであろう。また一方で、顧客ニーズの多様性を損なわずに生産性を追求した標準化や共通化を製造部門との関連の中で築き上げて行くことも重要である。以上のことから、開発設計システムの設計はコンカレント・エンジニアリングという考え方を基に、検討を進めて行くことができる。

コンカレント・エンジニアリングとは、アメリカ IDA (Institute for Defense Analyses: 国防分析研究所) のレポートによれば、「製品開発、生産、保守などの関連したプロセスを同時並行的に展開するためのシステムティックなアプローチである。このアプローチの目的は、開発者がアイデア創造から廃棄に至るまで製品ライフサイクルにわたり品質、コスト、納期、さらには顧客ニーズを考慮に入れることである」としている⁽⁸⁾。すなわち顧客ニーズにあった製品の開発設計、生産準備など関連部門において並行作業を進め、組織全体のモノづくりリードタイムの短縮を図るものである。基本的な考え方は、各部門が協調して部門横断的に問題を共有化し、早期解決をすることにある。

コンカレント・エンジニアリングを効果的に運用して行くためには、技術情報、環境情報、購買情報など他部門にわたり、非常に多くの知識情報を共有化する必要がある。しかし、実際には開発設計すべき製品の知識情報をまったく保有していない場合もある。このような場合には、融合化というアプローチによって必要な知識情報を獲得しなければならない。わが国の融合化法によれば、「異分野企業が共同してその生産、販売もしくは役務の提供の技術または経営管理に関する知識、その他の業務の分野に関する知識を組み合わせ、一体的に活用して、新たな製品もしくは役務の開発、新たな分野を開拓すること」と定義されている⁽⁹⁾。そこで今後は、顧客のみならず、流通業、代理店、供給者の意見も開発設計に融合されたコンカレント・エンジニアリングのアプローチが必要となると考える。

4.2 生産計画システム

調査結果から得た生産計画システムには、代理店や販売部門が情報技術を活用して在庫量を把握し、リードタイムの短縮、変化への柔軟な対応を可能にするジャストインタイムに基づくモノづくりの仕組みが欠かせないことが分かった。しかし、実際に、メーカーから代理店への販売方法はプロダクトアウトが主流であったり、需要変動の激しさによって生産能力を超過する頻度が多く、ジャストインタイム供給ができなかったりするのが現状であろう。このような状況下で、代理店や販売部門が情報技術を活用して在庫状況を把握する仕組みだけではシステムそのものを刷新するまでには至らない。そこには、スピードと多様化時代における人と人とのコミュニケーションがとりにくいという欠点を克服しながら、全ての工程で積極的に情報技術を活用し、後工程引取りを基本としたシステムを展開することが必要であろう。そして、

刻々と変化する需要量、負荷量に対して即座に計画変更ができ、関連部署に伝達される仕組みが欠かせないものとする。また、これに加えて開発設計から短期間での生産ラインの立ち上げが行えるという3つの要素を含んだシステムの設計が重要であろう。

経済が成長している時には、生産量はある程度安定して増加傾向を示すため、押出し生産による計画でも作りすぎのムダはそれほど経営に影響しない。作った分だけ市場が吸収できた。一方、経済成長が低下し、生産量が生産能力を下回る低成長の環境では後工程引取り生産による計画が有効となる。現在の市場ニーズは多様化、成熟化し、多品種少量に対応した生産体制を整えなければ事業の縮小を余儀なくされる状況へと陥った。しかし、後工程引取りによる計画は、ある工程がオーバーワークしたり、遅れたりすると前後工程の全てに影響を与えてしまうなど変動には非常に弱いため、激変する21世紀の需要に対応することは非常に難しい（セル生産における欠点の一つに突発的な量対応の困難がある⁽¹⁰⁾）。よって、一概にどちらの生産計画が変種変量生産に適しているかを判断することは難しいため⁽¹¹⁾、本論文では機能部品ごとに所要量を算出して生産計画を立てるMRPの考え方をを用いることとする。

モノづくりの一貫した生産体制では、物が川上から川下まで淀みなく流れる引取り生産が最も効率的である。しかし、組織の技術レベルには差があり、確実に引取り生産が運用されているとは言い難い。そこで平準化された引取り情報を特定の工程、特にネック工程や自己完結ラインに提供することによって自律的な生産を促し、後工程に対して欠品による影響を回避する仕組みを設けることが必要である。しかし、これだけでは需要予測のミスによる変動に対して余分な在庫を抱えたり、欠品を引き起こしたりする恐れがあるため、最終工程とリンクするこ

とによって計画の精度を高めることが重要である。但し、MRPは計画担当者のムダに対する改善意識が低いと過剰在庫をもたらしてしまうため、注意が必要である。

この他、生産計画の機能には工程設計や生産編成など製造プロセスを計画する機能が含まれる。近年、製品ライフサイクルの短命化によって開発設計から製造に至る全てのプロセスを短期間で立ち上げることでリードタイムの短縮を図る必要性が生じてきた。短期間で正確に立ち上げるには、過去の生産編成や工程計画に関するスキルやノウハウをフルに活用すると共に、製品の開発設計部門を含めて作業性、採算性、信頼性などの観点から徹底した打合せによるフロントローディングが欠かせない。これは、前項の開発設計段階で取り上げたコンカレント・エンジニアリングの展開によって解決することが可能であろう。

4.3 購買管理システム

調査結果から得た購買管理システムには、供給者とのコミュニケーションの充実および信頼関係の構築を目的とした仕組みの創造が重要であることが分かった。これは、主に知識情報がインターフェイスとなる場合が多く、「横断的なインターフェイス」と「縦断的なインターフェイス」の2通りが考えられる。前者は供給者との水平的なつながりの確保であり、知識情報(製品情報、生産技術あるいは異業種分野などの情報)を共有および統合することで自社の技術発展へと活かす。一方、後者は共同で改善する環境作りや技術情報の提供による信頼の獲得であり、狭隘な分業から広範な分業(モジュール化)への支援を促すものである。

縦断的なインターフェイスは集積型購買構造にあたり、開発から加工・組付けまで一貫した生産が1つの集積内で行われ、人と人とのつながりが多く、コミュニケーションの充実も図ら

れ、頻繁に試行錯誤の検討が行えるため効率がよい。また、時間的、距離的なロスが少なく、ジャストインタイム生産による在庫削減も可能となる。この購買体制では、集積内がブラックボックスとなりクロズド化されているため、技術流出の恐れが低い。そのため、スキルやノウハウなどの知識情報の抱え込みは行われず、内外問わず風通しの良い組織構造が構築される傾向があると考えられる。一方、横断的なインターフェイスは物流改革の1つであるグローバル調達型購買構造にあたり、国籍にこだわらない購買活動の展開が可能となる。そのため、最適価格(最低価格)で品質のよい製品を手に入れることが可能で、現在に至っては図面や製造条件をオープン化し、ネットオークションといわれる供給者側からの入札式ネット購買まで行われている。この購買体制では、集積型と異なりオープン化されているため、知識情報の流出が懸念される。そこで、安易にその情報が流出しないようにセキュリティ管理を確実に行うか、それほど技術を要しない製品、特許権などで確実に技術が保護されている製品などに関してのみ適用できる購買方法であると考えられる。

以上のことから、購買管理システムではモジュール化の捉え方から集積型購買体制とグローバル調達型購買体制の棲み分けおよびその統合によるサプライチェーンを検討することが必要であると考えられる。

サプライチェーンという価値創造の手法は、モノづくりの分業化が進んだ結果、供給者(パートナー)と共同で価値の創造を行う関係を構築する活動へと変化したことから生まれた。そのため、メーカーでは供給者に対して技術的指導、機械のリース、生産技術のアドバイス、仕入先の紹介などパートナーシップの仕組みづくりが欠かせなくなっている⁽¹²⁾。このような縦断的なサプライチェーンによって、メーカーと供給者

との間で信頼関係が生まれ、改善が進んで行くのである。一方、横断的なサプライチェーンは、それぞれが持つ知識情報の掘り起こし・収集・統合が相互に連携をもたらすことによって、市場の拡大に伴う知識情報不足による機会損失を防ぐ。また、縦断的か横断的かはモジュール化の程度に大きな影響を受ける。生産する製品に対してモジュール化の性質は異なると思われるが、情報技術の発展によって製品の機能部品単位での分割が急速に進み、横断的なサプライチェーンであるグローバル調達が顕著になった。コンピュータ産業のようにプラットフォームを基盤として、機能部品のほとんどが異なる企業の部品によって構成される製品では、供給者にとってある一定のルールを遵守さえすれば自社独自の部品を供給することができるため、専門分野へ深く特化した価値の提供が可能となる。しかし、多くの産業ではコンピュータのように機能部品を組み合わせるだけでは製品の機能を十分に発揮できないか、もしくは機能低下につながる製品も多くある。このような場合、開発段階から供給者を巻き込み、同時に設計生産するコンカレント・エンジニアリングによるモジュール化が必要となる。各々の機能部品は各組織が責任をもって生産をこなすが、最終製品を完璧なものに仕上げるためには全てのモジュールを全体的に管理し、メーカーからサプライヤーまで一貫した調整機能を果たすサプライチェーンが必要となる⁽¹³⁾。このようなモジュール化生産には縦断的なサプライチェーンによる体制が効果的であると考えられる。

4.4 工程管理システム

調査結果から得た工程管理システムには、生産計画で決定した製品特性を確保しながら在庫削減や生産性向上を目指し、顧客による計画変更に対して柔軟に対応出来るシステムでなければならないことが分かった。そのためには、製

造にかかわる各種条件・基準が開発設計段階から並行して設定されており、計画された通りの生産活動が行われたかどうかを、リアルタイムに把握できる仕組みが必要であろう。そこで本論文ではこのような仕組みの工程管理システムは、自己完結型生産（自律完結型生産）の考えに基づく設計が適切であると考えられる。モノづくりの世界では1つの工場内で人と人、人と機械が共存しながら開発から出荷まで一貫生産を行うことが最も効率的で、管理しやすく、品質のよい物が生産されると考える。また、組織は責任の範囲が狭いほど改善成果をあげることが容易であることから、適切な範囲で分業を行う自己完結型生産は、生産量や品種への柔軟な対応、助け合いによる作業効率の向上、個人へのやる気の醸成などに繋がる仕組みであると考えられる。

自己完結型生産はセル生産ともいわれ、各種製造業の組立ラインや検査工程で頻繁に用いられている少人数の作業員（あるいは一人）で多工程を受け持ち、加工組立を行う生産方式のことである。組立部門においてはコンベアの廃止や最終検査工程のみの自動化による LCA (Low Cost Automation) 化によって設備投資額の削減にも効果をあげている。しかし、機械加工部門においては少人数に対して複数の設備が必要となることから設備投資額の増大という欠点が生じるため、生産性と経済性の観点からもシステム化への検討が必要である。自己完結型生産とセル生産方式は導入対象となる業種や人材および製品特性によって厳密には異なる方式であるといわれるが、本論文では作業員個人の自律型生産を支援するシステムを検討することから一概に区別はしない。

この自己完結型生産には一人完結型、分割方式、巡回方式の3種類の方法がある。

一人完結型は、初工程から最終工程までの全ての工程の作業を一人の作業員が受注順に生産

を完結させる方式である。この方式は一人の作業者に生産が任せられ、作業者の責任が明確で自律性を高める特徴がある。作業者は自己の存在意義が明確となり、自己の努力・創意工夫によってラインを発展させることが可能である。

分割方式は、初工程から最終工程までを複数の作業員で受注順に生産を完結させる方式である。この方式は、工程間で手持ちが標準手持ちとして許されており、これを保有することで作業員間の手持ちを解消する。これはトヨタ生産方式における U 字ラインと同一である。

巡回方式は、初工程から最終工程までを一人で作業員が受け持つが、数人の作業員によって順次工程を巡回し、順序を崩さず生産を完結して行く方法である。この方法もトヨタ生産方式ではウサギ追い方式と呼ばれており、柔軟性に富む生産方式である⁽¹⁴⁾。

自己完結型生産への適用は、組織または製品のモジュール化の程度に基づくが、本論文ではモジュール化に技術的・技能的高度化の必要性を求めており、グローバル化の時代にこそ強靱な自己完結型生産が欠かせないものであると考える。但し、自己完結の範囲が広く（長く）なりすぎるとネック工程が曖昧になり、改善への展開が困難となることに注意する必要がある。

4.5 管理改善システム

調査結果から得た管理改善システムには、情報伝達手段のレベルを著しく高度化する必要がなく、現場主義の考え方に基づいた改善活動の仕組みが必要であるという結果が得られた。

集団主義の日本では QC サークル活動のような全員参画の小集団活動をベースに、小改善を積み上げる改善活動を行ってきた。小集団活動は階層構造を和らげる効果があるが、基本には会社と従業員の運命共同体思考が前提となっている。しかし、今日の革新的改革が必要な状態では、小さな改善の積み重ねだけでは生産シ

テムの革新を図ることは難しい⁽¹⁵⁾。

そこで、革新的な生産システムを確立するための管理改善システムには一人一人が常に改善を行う個の集団を築き上げる仕組みが必要である。これは、理想状態と現状のギャップを明確にしてムダやムラなどの問題を個人で見つけ出し、それぞれが責任を持って改善活動を展開する自己組織化の体制である。

自己組織化とは、個人が混沌とした中から新しい知識情報や秩序を創り出してゆく、アイデンティティと自律性を保持するシステムにおける現象のことであり、ねらいとのズレ（ゆらぎ）を個人が試行錯誤しながら修正を繰り返す活動である。この特徴は、今までの組織ぐるみによる改善とは若干性質が異なり、個人が自主的に改善を進めて行くところにある。この個人が他の個人と調和しながら全体としての組織を築き上げ、組織の中に秩序を形成して行く。よって、この自己組織化は予め組織が描く設計図があるのではなく、変異による事実に沿って自然に最適な設計図が個人によって描かれて行くと考えると分かりやすい⁽¹⁶⁾。

中根と山田は、ゆらぎと自己組織化を実現する環境を以下のように述べている。ゆらぎとは「組織のメンバーおのおのに自由な行動が許され、その条件下で危機感が高まり、心が極度に緊張し不安定となって、何とかしてこの苦境を切り抜けようともがく状態」としており、自己組織化を実現する環境を「『個』が積極的に関与できる自律性と何とかしなければともがく『ゆらぎ』を組織に導入し、創造的なカオスを意図的に招き、知識創造が活性化される環境を創り上げること⁽¹⁷⁾」としている。著者は、この自律性の獲得を、多能工による適切な作業範囲で分業を行う自己完結型生産の導入が有効であると考えている。しかし、一方で自己完結型生産は自己組織化に自律的な改善の機会を与えないとする考え方もある。白井によれば、「自己完結型

生産はそれを採用することによる改善過程において、現場従業員の知恵、経験等の動員を必要とするとしても、それは改善のためのヒント、題材を提供するという補助的なものにしかならないし、作業標準が設定され、作業はそれに基づいて行われることから考えて改善活動に対する程度はそれほど高くない⁽¹⁸⁾。」としており、自己完結型生産が自己組織化を促し、ゆらぎの中から自然発生的に自律的改善が実施されることは少ないとしている。また、マイペース生産になりやすいという欠点があることを考えると、自己完結型生産が直接的に自己組織化につながるものではないと考えることもできるであろう。しかし、本論文ではあくまでも人のノウハウやスキルの蓄積、統合およびその伝達が組織の力を大きくするという考えに立っているため、モジュール化に伴う人間依存の生産は、自らのゆらぎの中で軌道修正を繰り返し、効率的で効果的な改善活動が自律的に発生する自己組織化を促すものであると考える。

以上、本論文で検討する生産情報システムは、これら5つのシステムがつながり、刺激しあいながらマニュファクチャリング・マネジメント・サイクルという1つのモノづくりの流れ(情報と物の流れ)を創り出し、生産システムの一貫性を確立して行くものである。

5. 生産情報システムの設計アプローチ

本章では、前章までの検討結果を踏まえ、知識情報を効果的に共有する「場」という概念によって生産情報システムの設計を行う。これによって、2つ目の問題として取り上げた人と情報技術の棲み分けの曖昧さを排除したシステムを検討する。

日本の製造業で人と情報技術の棲み分けが曖昧となる原因は、部門間、組織間のコミュニケーションをシステム化することが苦手、情報技

術による知識情報の共有を促す環境が構築されているにも関わらず、それをシステムとして活用できていないという特徴がある。その1つの例として、電子メールがあげられる。電子メールは知識情報を集約し、統合して新たな知識情報として他者へ伝達および共有するシステムツールとして活用されなくてはならない。しかし、多くの場合、日程調整、業務連絡のみに活用される傾向があり、生産情報システムの導入が知識情報をうまく組織内で活用するツールとしてではなく、単なる情報技術の導入となる現状がうかがえる。情報化はあくまでも個人が保有するスキルやノウハウなどの知識情報をどのようにマネジメントするかに力点をおかなければならないであろう。情報機器を上手く活用できる力量と知識情報を上手くマネジメントできる力量を同レベルで考える組織は、今後の情報化社会で生き残ることはできないことにいち早く気づくことが必要である⁽¹⁹⁾。また、知識情報は暗黙的の性質を多く持つため、情報技術による共有化は不可能と考えられるであろう。しかし、田坂によれば、「マルチメディアの時代であるからこそ暗黙知を組織内に伝達し、共有する必要がある。『動画』『グラフィック』『音楽』など言葉では表すことのできない視覚、聴覚等さまざまな感覚を活用した暗黙知の伝達はマルチメディアを利用できるインターネットを活用することによって容易に実現することができる。」としている⁽²⁰⁾。但し、暗黙知の知識情報を共有するには、必ず知識情報の送り手と受け手の間で共鳴、共感がなければ正確に伝達されないことも考慮しなければならない。

以上のことから、生産情報システムの設計はデータ共有を促進する環境の設計ではなく、知識情報を共有する「場」という空間を検討するものでなければならないと考える。「場」という概念は必ずしも明確に定義づけられていないが、ここでは「知識が創造・活用される共有さ

れた動的なコンテクスト⁽²¹⁾」という定義を用いる。そして、野中によれば SECI モデルの各段階の「場」を次のような状態として設定している⁽²²⁾。

- ① 共同化はフェイストゥフェイス、歩き回り、雑談などによって知識情報を共有する創発場
- ② 表出化はディスカッション、対話から言語化・概念化、建設的対話、コンピュータ・スクリーンによる知識情報を表現する対話場
- ③ 連結化はイントラネット、電子メール等による知識情報を統合するシステム場
- ④ 内面化では学習、経験、訓練、シミュレーションによる実践場

これら4つの「場」を、知識情報を共有する「場」の基準とすることによって、モノづくりの形態と連動した人と情報技術の棲み分けを可能とする生産情報システムが構築されると考える。

以下では、これら「場」の基準に従って、図1に示すマニュファクチャリング・マネジメント・サイクルと表2に示す生産システムと情報伝達レベルの体系のアプローチに沿って生産情報システムの設計として、機能的概念を検討す

る。その体系を表3に示すと共に、調査結果を考慮して体系的にまとめた生産情報システムにおける具体的な「場」を表4に示す。但し、レベル0およびレベル6はシステムとして区分することが難しいため、統合して検討した。

5.1 三現主義（現地・現認・現物）に基づく個の共同によるモノづくり

レベル0の創発場は、暗黙知に基づくモノづくりであるため、開発設計から管理改善までの全てのシステムを区分して検討することができない。そこで、全てのシステムを「三現主義（現地・現認・現物）に基づく個の共同によるモノづくり」によってマネジメントが展開される段階として、2通りに区分して検討した。

1つは、個人に依存したモノづくりのスキルやノウハウを体験・体感することで暗黙知を身に付ける段階である。この段階は、熟練者と共に作業を行ったり、個人が顧客の環境へ飛び込んだりすることによってモノづくりのイメージを固めて行く現場および匠の技の段階である。また、個人は技術者だけではなく、営業部門や

表3 生産情報システムの機能的概念体系

情報伝達手段	場の状態		企業規模型	開発・計画段階		実施・管理段階		制御・改善段階
				開発設計	生産計画	購買管理	工程管理	管理改善
レベル6	学習/経験/訓練/シミュレーション	実践場	中小企業 統合型	「セルフ・マネジメントによるモノづくりの習慣化」 レベル0からレベル5を経験することで組織内要員によって臨機応変に柔軟なモノづくりを実践する		「アウェアネスとアフォーダンスによる環境作り」 QCDを達成するために常に改善を促す気づきや達成せざるを得ないモノづくり環境を作り出す		
レベル5	イントラネット/グループウェア/電子メール	システム場	大規模 企業型	「システム型開発設計」 コンセプト確立段階から全部門（顧客・市場含む）が参画し、マルチメディアによる共感と並行開発設計	「同時期生産計画」 最終/ネック工程調整 サイクル/タクトタイム計画 需要による変動計画	「横断的分業集積」 (地理的接近:少) 適地適品:関係会社/パートナー	「製品別自己完結方式」 複数製品を加工順に区分し、多品種少量・変種変量生産へ対応した生産方式	「部門・組織を超えた敏感な改善」 情報のリアルタイムさと感受性を持つ
レベル4				「対話型開発設計」 コンセプト確立段階から各専門部門が対話を通じて行う並行開発設計	「バックワード計画」 頻繁な工程間調整 マシントime計画 作業による標準計画			
レベル3								
レベル2	ディスカッション/対話から言語化・概念化/建設的対話/コンピュータ・スクリーン	対話場	中小 企業型	「対話型開発設計」 コンセプト確立段階から各専門部門が対話を通じて行う並行開発設計	「バックワード計画」 頻繁な工程間調整 マシントime計画 作業による標準計画	「縦断的分業集積」 (地理的接近:多) 親会社従属:育成	「機能別自己完結方式」 単一製品または機能単位に分割した生産方式	「協同による改善」 有目的によるフォーマルな組織形成 改善内容のコンセプト化
レベル1								
レベル0	フェイストゥフェイス/歩き回り/雑談/見学	創発場	中小 企業型	「三現主義（現地/現認/現物）に基づく個の共同によるモノづくり」 個人に依存しているモノづくりのスキルやノウハウを体験・体感することで身に付ける段階		歩き回りによってモノづくりの主体が発する情報を収集する段階		

メンテナンス部門など他部門も含めることで視点が変わり、偏りの少ないモノづくりが期待できる⁽²³⁾。

もう1つは、現場などを歩き回ることによってモノづくりの主体が発する情報に対してあらゆる活動が展開される段階である。今西によれば、「環境も生物も元は一つのものから生成発展したものであるがゆえに、生物は環境を離れては存在し得ない。生物とはそれ自身で完結された独立体系ではなくて、環境をも包括したところの体系を考えることによって理解されるような存在である⁽²⁴⁾。」として、モノづくりの状態が現場の環境に影響を及ぼすことを示している。例えば、現場にムダや淀みがある場合は必ずそこに環境の変化が起き、改善の対象が存在する。この環境変化の情報を肌で感じて改善活動を展開したり、生産調整を行ったりすることがモノづくりの原点であると考えられるため、モノづくりにおけるすべてのシステムはこの段階を省略して展開されるべきではないと考える。そして、このようなモノづくりが展開される段階では、個人に共感する仲間によってインフォーマルな組織が形成され、改善活動が自律的に展開される特徴を有する。

5.2 開発・計画段階のシステムアプローチ

ここでは、開発・計画段階の対話場とシステム場である情報伝達レベルの1から5に対するアプローチを検討する。開発・計画段階は、表3のマニファクチャリング・マネジメント・サイクルで示すように開発設計と生産計画の段階であり、モノづくりのマネジメントの中でも開発や計画の機能的要素が大きい段階である。

開発設計は生産ラインの立ち上げを行う段階を含め、レベル1からレベル3の対話場を「対話型開発設計」とし、コンセプト確立段階から専門技術者が対話を通じて並行開発設計を行う段階とした。開発設計コンセプトは個の共同に

よる共感の段階を経て、技術者が話し合いを行うことで表現され、その後、コンセプトを柱として関連部門と調整しながら製品を開発設計する。コンセプトが明確になっているため、分業による並行開発設計は容易である。この段階は他部門や他の専門技術者が参加して対話を基に知識情報を表出化する段階である。

レベル3からレベル5のシステム場を「システム型開発設計」とし、コンセプト確立段階から全部門（顧客・協力会社などを含む）が参画し、マルチメディアによる並行開発設計を展開する段階とした。前段階で表出化されたコンセプトはマルチメディアというツールを活用することによって、よりオープンな共有が可能となる。オープンであることからそのコンセプトに他の意見が加わり、新たなコンセプトへ成長する。この新コンセプトは全ての関係者がリアルタイムに入手することが可能で、意見交換や自分にはない発想を瞬時に得ることができ、ロスの少ない開発設計が可能となる。

この開発設計のステップを実践場で経験することによって、社会に貢献できる独創的なオンリーワン製品開発の創発へとつながるであろう。

次に生産計画は、レベル1からレベル3の対話場を「バックワード計画」とし、組織が設定した標準に基づく頻繁な工程間調整によって、納期や生産量を遵守する計画の段階とした。この計画は監督者と作業者との間で話し合われた作業標準に基づいて工程内納期や生産量を設定する段階である。個人による一貫生産形態から機能別に分解されたモノづくりへ依存して行くにつれ、精度の高い生産計画の立案が必要となる。また、管理者は作業者任せになっていた工程内の管理を全て集中管理することが必要となるため、複雑化する調整管理作業を回避するためにコンピュータを用いた管理へとその手段を変更する段階である。

レベル2	<input type="checkbox"/> 製品を細かく機能別に分解した部品単位・機能部品表などで明確にされている <input type="checkbox"/> 専門エンジニア(協力会社含む)によって機能別に製品の作り分け、打合せが行われている(ツルギイン・顧客) 協力会社・運送業者、代理店が本社工場などによる意見交換・調整が行える環境を整備している <input type="checkbox"/> 消費者に対する影響も含めた製品仕様が作成されている(アーキテクチャ【統合モジュール】が明確) <input type="checkbox"/> 品質・性能・環境などが品質要求・MEAなどで表現され、初期管理を実施している【QFD/ティアダウン】 <input type="checkbox"/> 製品のイラスト化やメタファーによる表現が頻繁に行われている(使用例と生産例を考慮)	<input type="checkbox"/> 生産に関する指示(内示など)や変更依頼が電話やFAXなどで頻繁に行われている <input type="checkbox"/> 製品の在庫状況が随時TEIやFAXなどで確認され、生産調整へ反映している <input type="checkbox"/> 生産活動に関連する資料(作業手順書、作業用標準)の打合せを頻繁に行っている <input type="checkbox"/> 協力会社へ作業方法・QC・改善指導を支援し、その計画・実績が明確にされ、評価表で評価を行っている <input type="checkbox"/> 協力会社の生産遅れや不良による未納による製品の管理を行っている <input type="checkbox"/> 作業方法が作業手順書や作業要領書などによって表現されている <input type="checkbox"/> 購買製品の管理表(どこに、何が、いつ、どれだけ発注するか)が作成されている	<input type="checkbox"/> 他工程と納期や負荷状況から加工/作業範囲の臨機応変な組織調整が行われている <input type="checkbox"/> 各工程からの進捗をカムアップシステムなどで管理し、生産・在庫調整を行っている <input type="checkbox"/> 設社や他工程と加工・作業範囲が打合せされ、QC工程表などで明確に調整区分されている <input type="checkbox"/> 進捗管理や進捗率を管理している <input type="checkbox"/> 作業管理表や生産遅れ作業工程の目で見える管理が実施されている <input type="checkbox"/> 作業票により製品・工程に対する作業内容(入替/作業区/数量/納期)を指示している <input type="checkbox"/> 作業方法が作業手順書や作業要領書などによって明確にされ、教育されている	<input type="checkbox"/> 発生した問題に対して他工程、他部門へ水平展開がスムーズに行われている <input type="checkbox"/> QCサークルや委員会活動など小集団活動による改善活動が現場中心に行われている(5回のなど) <input type="checkbox"/> 自主研究活動のようにプロジェクトチームによるモカレンジョブの改善がVIEEを活用して行われている <input type="checkbox"/> 新旧QC手法によって開発から販売までの品質改善への機会を促す活動が積極的に行われている <input type="checkbox"/> 品質異常に対する真の原因が追求されておき、明確になっている <input type="checkbox"/> コミュニケーションボードを有効活用し、ベンチマークによる生産・品質実績、変化点などが管理されている <input type="checkbox"/> ワンタッチカーゴージなど正常と異常を見える化した道具が積極的に活用され、品質が維持されている
対話場	<p>「三現主義(現地・現物・現物)に基づいた共同によるモノづくり」</p> <p>【顧客の必要部署以外にへも訪問している】</p> <input type="checkbox"/> 顧客の必要部署以外にへも訪問している <input type="checkbox"/> 顧客の生産状況・使用状況を確認している <input type="checkbox"/> 協力会社への頻繁な品質監査を行っている <input type="checkbox"/> 現場パトロールや現場巡回を行っている <input type="checkbox"/> 中小企業・真業種をの技術探求を行っている	<p>【生産計画】</p> <input type="checkbox"/> 顧客要求による工程やオーダーの生産変更を入手し、変更対応する <input type="checkbox"/> 受注製品に応じた工場、工程、機械の生産負荷を把握し、負荷調整をする設計を実現している <input type="checkbox"/> 販売予測や受注確定情報を入力し、最も効率的なモノづくりが行える生産計画を明確にする	<p>【購買管理】</p> <input type="checkbox"/> 協力会社の生産能力、技術把握すること、部品調達や生産依頼の内外部区分基準を構築する <input type="checkbox"/> 自社を基準とした前後工程の品質確保状態を把握すること、在庫におよぶ納期情報を入力した安定したサブライチエーションを構築する <input type="checkbox"/> 協力会社の保有する技術情報を入力して、共同開発やアウトソーシングを行う	<p>【管理改善】</p> <input type="checkbox"/> 現品在庫・仕掛・余力・進捗などの情報を入手して時点管理を徹底し、リアルタイムな管理を実現する <input type="checkbox"/> 各種庫位管理の管理基準情報を明確にする <input type="checkbox"/> 作業要領や作業手順を明確にして作業方法を作業員へ周知徹底し、技術能力を向上させる <input type="checkbox"/> 生産活動の人員・機械・周知徹底などし、生産対応能力を向上させる
レベル0	<p>【個人に依存しているモノづくりのスキルやノウハウを体験・体感することで身に付ける】</p> <input type="checkbox"/> 消費者や作業者の現場を共同体験している(カスアマー・イン) <input type="checkbox"/> 使用者や作業者の環境を認識している <input type="checkbox"/> 試作品によって観察を繰り返している <input type="checkbox"/> その場で話し合っって意見を煮詰めてティアダウンによる技術の比較を行っている	<p>【プロセセス設計・製品開発設計】</p> <input type="checkbox"/> 刃具・治工具・設備などライン設計を行うための知識情報を身に付け、生産技術能力を高める <input type="checkbox"/> 品質・原価・LTなどの生産にかかわる条件情報を把握し、効率的なライン設計を実現している <input type="checkbox"/> 多くの基礎・応用技術や特許技術を入手し、新製品開発設計に活かす <input type="checkbox"/> 製品の品質・信頼性情報を明確にし、顧客やエンジニアが求める製品開発を支援する <input type="checkbox"/> 顧客ニーズや市場価値の動向を把握し、新製品開発に活かす	<p>【管理改善】</p> <input type="checkbox"/> 経験によって得た改善事例を作業員におよび他者が蓄積できるようにすることによって作業者の能力を向上させる <input type="checkbox"/> リアルタイムに異常情報を発信すること、常に改善の機会を作り出す <input type="checkbox"/> 生産実績資料などによる情報と原単位情報を受けて計画に対する実績のばらつき状態や異常情報を明確にする <input type="checkbox"/> ばらつき状態や異常情報を明確にする	<p>【管理改善】</p> <input type="checkbox"/> 経験によって得た改善事例を作業員におよび他者が蓄積できるようにすることによって作業者の能力を向上させる <input type="checkbox"/> リアルタイムに異常情報を発信すること、常に改善の機会を作り出す <input type="checkbox"/> 生産実績資料などによる情報と原単位情報を受けて計画に対する実績のばらつき状態や異常情報を明確にする <input type="checkbox"/> ばらつき状態や異常情報を明確にする

レベル3からレベル5のシステム場を「同時期生産計画」とし、情報技術を活用して需要に基づく製品の同時期生産や後工程引取り生産方式へ対応した計画を立案する段階とした。需要変動へ対応しにくいネック工程や部品を基軸に算出される生産計画によって、その前後工程はスムーズな生産の流れを実現できる。さらに、在庫管理や現品管理などネック工程を中心とした改善が進められることによって平準化が実現され、完全な受注計画生産の実現が可能となるであろう。よって、この生産計画の知識ステップは、ジャストインタイムに基づく後工程引取り生産体制を構築するステップであると考えられる。

5.3 実施・管理段階のシステムアプローチ

ここでは実施・管理段階の対話場とシステム場である情報伝達レベルの1から5に対するアプローチを検討する。実施・管理段階は、表3のマニュファクチャリング・マネジメント・サイクルの購買管理と工程管理の段階であり、モノづくりのマネジメントの中でも計画に基づく実践と管理の要素が大きい段階である。

購買管理は、レベル1からレベル3の対話場を「縦断的分業集積」とし、親会社と地理的接近が多く従属関係を持ち、協力して市場対応を図る購買関係とした。これは、親会社から一部機能の移管を受け、定期的な供給体制を保有する組織を確保することである。親会社としては、自社機能を外部へ委託することが顧客への責任が免除される要因とはならないため、建設的な話し合いにより品質、原価、納期などきめ細かい打合せを行うと共に、教育・訓練をする育成機能が必要となる。教育・訓練の方法としては机上での研修から現場での実践教育に至るまで多くの支援を行うことが望ましい。協力会社にとっては、作成された管理資料や実践感覚が財産となり、技術のみによって支えられていた組

織から管理、改善機能を保有する組織へと成長することが可能な段階である。

レベル3からレベル5のシステム場を「横断的分業集積」とし、自社が保有しない技術を他社に依存するという関係会社の関係を有する段階とした。地理的接近は少なく、適地適品生産を行うグローバル生産に対応した体系である。零細・中小企業の中にも世界で通用する技術を有する組織も存在し、「縦断的分業集積」の関係が阻害要因となっている所も存在する。そのため、このような企業では独立的な立場を有しながら他企業との関係を活発化させるアウトソーシングによる取引を盛んに行うようになってきた。このアウトソーシングはモジュール化による自己完結的な技術提供を促進させるため、独自技術を持った組織にとっては有利な構造である。著者は、この段階を迎えることが日本のモノづくりの錆付いた歯車を回転させることになると考える。

このように、購買管理の知識ステップを経験することによって、独自性・独立性を有する横断的關係とパートナーシップを強化した縦断的關係が融合した体制へと発展し、協力会社の技術レベルの向上に留まらず、新たな技術開発を促す体制が構築されると考える。また、産学連携もこの段階の関係を有した一つの体系であろう。

次に工程管理は、レベル1からレベル3の対話場を「機能別自己完結方式」とし、単一製品を生産機能や機能部品に分割した自己完結生産を行う段階とした。この段階における生産は創造場で行われていたような作業者に依存したモノづくりから人と機械の棲み分けによるモノづくりへと発展して行く段階である。製品精度の向上、コストダウンの要請、短納期化などの要求が一層高まっている今日において、製造現場では未熟練作業者の採用や機械化による作業の省力化、分業化、簡易化を進める体制が必要で

ある。そのため、この段階では熟練作業者の技術をできるだけ見える化し、モノづくりの要点を実践レベルまで表出化すると共に、それに基づく教育・訓練（これは購買管理において協力会社にも展開することになる）を未熟練作業へ徹底的に行う体制が必要である。さらに、この段階は生産形態を機能別一括生産から製品別一貫生産へと発展させ、作業者を専門工から多能工へレベルアップさせる段階でもある。

レベル3からレベル5のシステム場を「製品別自己完結方式」とし、多品種少量・変種変量生産へ対応した一貫生産を行う段階とした。この段階になると特定ライン内で特定の製品のみを生産していた時以上に、購買部門、計画部門、メンテナンス部門などとの関わりが非常に大きくなり、幅広い範囲で自己完結を有する体系を構成してゆかなければならないであろう。そのため、モノづくりに必要な知識情報は煩雑化するため、情報技術を活用した自己識別機能や時点管理など効率的に知識情報が活用される環境を整備する必要が求められるであろう。

このように、工程管理の知識ステップを経験することは作業者の技術レベルをあげることに留まらず、環境変化へ柔軟に対応する組織の創造を可能にするステップであると考ええる。

5.4 制御・改善段階のシステムアプローチ

ここでは制御・改善段階の対話場とシステム場である情報伝達レベルの1から5に対するアプローチを検討する。制御・改善段階は、表3のマニュファクチャリング・マネジメント・サイクルの管理改善段階で、モノづくりのマネジメントの中でも計画と実績に対するバラツキの制御および改善要素が大きい段階である。

管理改善は、レベル1からレベル3の対話場を「協同による改善」とし、フォーマル組織がゆらぎに対してどのような改善を起こすのか、チームのベクトルをしっかりと統一させること

を目的とする段階とした。明確なミッションを与え、活動コンセプト、組織の物差しである目標・基準、改善すべき課題を明確（見える化）にし、その施策に対する煮詰めを組織内でしっかり行わせる段階である。権限が与えられず、ミッションや目標が明確にされていなければフォーマル組織における自律的な改善意欲は発動することはないであろう。

レベル3からレベル5のシステム場を「部門・組織を超えた敏感な改善」とし、「協同による改善」が部門や組織などの集団を超えて展開される段階とした。全てのシステムで知識情報の統合を展開するシステム場は、組織全体を巻き込んだ活動へと発展する場である。個は全体と調和して組織化されることから、組織全体の改革は部門や組織の壁を越えて危機感を共有する個の集団（インフォーマル組織やフォーマル組織）の知識情報の統合と伝達スピードを早くすることによって可能となであろう。特に伝達スピードを早くすることによって設定された基準に対する処置がリアルタイムに実践されることとなる。但し、知識情報の入手が早いだけではなく、それを受けてとられる行動が素早くなければ意味はない。

このように、管理改善の知識ステップを経験することは、組織力の向上に留まらず、個人力の向上を可能にするものと考ええる。

5.5 セルフ・マネジメントによる習慣化

レベル6の実践場は、レベル0からレベル5までの実践によって個人力が組織力に発展するモノづくりの目標レベルであるため、開発設計から管理改善までの全てのシステムを区分して検討することができない。本論文ではレベル6を個人・集団・組織がどのような環境においても臨機応変にモノづくりを実践する状態であると考えているため、自らが自己制御と自己開発を繰り返す「セルフ・マネジメントによる習慣

化」]として検討することが妥当であろう。これは、個が全体と調和した集団となり、全体の目標にコミットしながら自由に目標を設定して活動する段階であり⁽²⁵⁾、個人のモノづくり精度を向上させるねらいがある。

マネジメントそのものには開発機能と制御機能があり、セルフ・マネジメントのねらいである個人力の成長を目指すには、開発機能が強いマネジメントを展開することが必要であろう。これは、数多くの改善を経験することで個人が保有しているモノづくりの基準をレベルアップさせることであり、自律的な改善を促すためにはこのマネジメント機能を育成することが重要である。Lowe, Delbridge, and Oliver においては「チームなどを採用していない企業でも生産性や品質が高い企業もある一方、チームなどがあってもパフォーマンスが低い企業がある。」と述べており⁽²⁶⁾、これは、「セルフ・マネジメント」が機能している組織とそうでない組織の差を提示するものと考えられる。

一方で「習慣化」には、二通りの手段があると考えられる。1つは、本論文で検討したレベル0からレベル5までの生産情報システムの展開である。これは、個人の暗黙知をOJTによって教育訓練したり、形式知に変換してマニュアル化した業務を繰り返し訓練する習慣化である。そして、もう1つはアウェアネスとアフォーダンスの組み合わせによる環境作りである。アウェアネスは気づきであり⁽²⁷⁾、アフォーダンスは知覚心理学者J. ギブソンの理論で、環境の意味や価値は認識主体によって加工されるのではなく、環境からの刺激情報の内にすでに提供され、固有の形をとっているという思想である⁽²⁸⁾。レベル6の実践場においては、レベル0からレベル5の実践による習慣化に加え、このアウェアネスとアフォーダンスを念頭においた環境作りを検討することが個人・集団・組織がどんな環境にも対応できるモノづくりを実践することを

可能にする1つの手段になると考える。なぜならば、一度成長したモノづくりの手段を元の状態に逆戻りさせないための歯止めとしての機能、高齢化社会における高齢労働者に対する支援機能としてアウェアネスやアフォーダンスは効果をもたらすと考えるからである。

以上、5つのシステムを「場」の状態と比較して機能的概念を検討した。

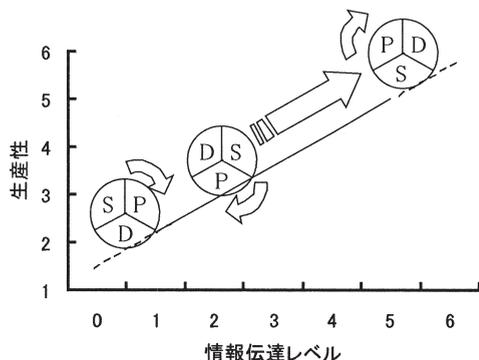
6. 生産情報システムの導入に対する適用性

本論文で検討した知識情報の伝達および共有を促す生産情報システムは、情報マネジメントシステムとして個人力と組織力の向上を担う一つの体系である。この体系に基づくシステムの運用は、小さな改善に留まらず、大きく組織を刷新するものであると考える。そこで本章は、前章までに検討してきた生産情報システムの導入に対する組織への適用性を検討する。

表2に示す情報伝達レベルと生産システムの体系の仮説は、図6の情報伝達レベルと生産性において妥当性を得ることができた。この結果は、知識情報の質や複雑さに伴う情報伝達手段と生産システムの成長に伴う生産性に関連性があることを提示するものである。これは、伝達する知識情報の意味的情報を崩すことなく組織内へ伝達するために、生産システムに応じた情報伝達手段（人的なアナログ手段から情報技術によるデジタル手段へと発展すること）を用いることで、組織の生産性が向上することを示すものである。但し、これは特定の生産性指標に対して効果を求めるためのものではなく、あくまでもレベル0から順にステップを踏んで行く中で効果を着実に蓄積し、総合的に生産性の向上が図られるものである。

本論文ではレベル0とレベル6の調査を実施してはいないが、検証結果からレベル0からレ

図7 生産情報システムのスパイラルアップ

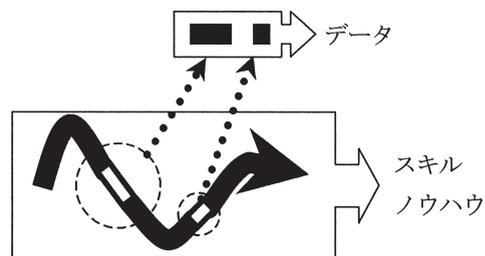


レベル6に至る情報伝達レベルと生産システムの成長は、継続的に生産性を向上させることが可能であると推測することができる。

また、生産情報システムを構成する5つのサブシステムはマニュファクチャリング・マネジメント・サイクルを形成しているため(図1参照)、生産情報システムの適用はこのサイクルを回しながら生産性の向上を促すスパイラルアップ構造を有すると考える。以上を整理したものを図7の生産情報システムのスパイラルアップに示す。

このように、本論文で検討した生産情報システムは、モノづくりを支える知識情報の保管庫である情報伝達手段のレベル0から、レベル1～レベル5によって知識情報を引き出すと共に、その意味合いを表現し、さらには他の知識情報との統合やスピーディーな共有によって目標とするレベル6へと成長して行く仕組みであり、匠の技を多く保有する日本の製造業にとっては、技術伝承という大きな課題の解決に対して十分に適用できるシステムであると考えている。さらに、人と情報技術の共存によって今後の大きな課題である高齢化社会におけるモノづくりにも柔軟に適用できるであろう。しかし、ITによるデジタル技術が人間の黙知を正確に表現することが可能であるかは疑問が残る。そのような中で、伊佐とアレクサンダー・ボーデは、「将

図8 データとスキルおよびノウハウの関係



来、モノづくりを制するのは、ITを人間志向のアプローチと統合させた組織であろう。」と述べている⁽²⁹⁾。この考えは、情報化が単なる知識情報のデータ化であった今までの考え方から、インターネットを活用した広範な知識情報の共有の場を提供し、データによるナレッジをマネジメントできるシステムとしてマルチメディア環境が構築されたことによるところが大きい。このマルチメディアの必要性は既述したため、ここではマルチメディアに、人がその場の環境に適した能力を発揮できるほど知識情報を浸透させる能力があるのかを検討する。

図8のデータとスキルおよびノウハウの関係に示すように、今までの情報化といわれるものは、意味的情報であるノウハウやスキルの特定の部分を抽出し、デジタル技術で加工・整理したデータが配列され、オープン化されていた状態であった。この結果、そのデータを活用する人はデータの背後に存在するノウハウやスキルの意味を理解することが出来ないために、組織全体のレベルアップにつながらない状態が引き起こされていたと考える。一方、デジタル技術の発展によるマルチメディアは、図8に示すスキルやノウハウの知識情報の持つ意味的内容をそのままデジタル表現することが可能となった技術であると考えている。マルチメディアとは、デジタル化された映像・音声・文字データなどを組み合わせて、総合的な情報媒体として利用することである。映像や音声は時間的、距離的阻

害要因を排除しながら対話やディスカッションの対話場を創造すると共に、同時に多くの知識情報を統合して新たな知識情報をオープンに取り扱うことができるシステム場をも創造するものである。映像や音声だけではなく、文字データにおいても今までのデータとは性格が異なり、電子メールやチャットなど会話感覚のデータ共有へと変化してきている。よって、マルチメディアはスキルやノウハウのもつ意味的情報を崩すことなく必要な場合は組み立て、個人が取得できる、優れたデジタル技術であり、図7に示す生産情報システムのスパイラルアップの直線的傾きを2次曲線的傾きへと導くものであると考える。

最後に、生産情報システムの導入には、5つのシステムが同時に成長することが望ましい。生産システムは一貫性が重要であるため、それを支援する生産情報システムにおいても5つのシステムが一貫性を持っていなければならない。全てのシステムが同じように成長しなければ、どのシステムも成長して行く勢いを持続することができなくなる。しかし、日本の製造業は部門ごとにコンピュータシステムを導入してきたため、複数のシステムが並存するクローズドシステムが非常に多く、現時点からのシステムの一貫性を容易に確保することは難しい⁽³⁰⁾。しかし、組織内では多品種の製品を生産していることから、製品の生産量、寿命、市場習熟度など何らかの基準によってシステムの変革を決定する必要があると考えられる。

7. おわりに

本論文は、情報マネジメントシステムの根幹をなす知識情報を効果的に活用できる生産情報システムの設計を行うことを目的とし、暗黙知を組織内で共有する生産情報システムの検討を展開してきた。これによって、はじめにあげら

れた課題は解消され、生産性の向上を促す生産情報システムを具現化できたと考える。

1つめの課題は、知識情報のデジタル化がモノづくりの効率的な展開に必要な手段であるのかというものであった。これに対しては、生産システムと情報伝達レベルの関連性の仮説とその検証から、生産情報システムはモノづくりに適した形態によって決定され、その成長と共に段階的な展開を行うことによって製造現場に対する効果を十分にもたらすツールとなることがわかった。製造現場に対して十分な効果が認められなかった理由として、生産情報システムがデータの共有であってノウハウの共有にはなっていなかったことを挙げた。しかし、情報技術を活用しない対話や体感などによる知識情報の伝達やマルチメディア技術による画像や音声などのデジタル的なコミュニケーションを実現することによって、熟練者のノウハウやスキルは着実に次の世代に受け継がれて行くと考えられる。このように、知識情報の伝達は、個人同士の双方のコミュニケーションや共同による共感からスキルやノウハウが伝授される昔ながらの伝達方法に加え、スピード時代のデジタル化によるデータ共有や付加価値時代のマルチメディアによる知識情報の共有へと展開されるに至った。大規模製造業ではマルチメディア領域にまで足を踏み出しているが、モノづくりを支える中小企業では未だコンピュータが活用されていないところも多い。組織を構成する技術者が多くない中小企業では、一概に情報伝達手段のレベルアップが必要とされるわけではないが、組織の成長と共に蓄積される知識資源を有効に活用し、世界で活躍する組織を作り上げて行くためにも本論文で検討した生産情報システムによる知識情報の共有化は効果的であると考えられる。

2つ目の課題は、人と情報技術の棲み分けの曖昧さにより、環境変化に追従できない生産情報システムが構築されているというものであ

た。これは SECI モデルと情報伝達レベルの融合によってシステムの検討を行ったことで、人が中心となって知識情報を操作する「場」と情報技術が中心となって知識情報を操作する「場」が明確となり、生産システムの違いや機械化の度合い、および知識情報の質、複雑さ、統合の度合いによって棲み分けを明確に判断できるシステムが検討できたと考える。日本の製造業では ERP (Enterprise Resource Planning) など多くの情報技術を活用したシステムが導入されてきたが、飛躍的な成果をもたらすことなく自立分散的な生産方式の導入が行われるようになった。これは、情報技術が中心となって知識情報を操作する「場」のみを導入しただけでは効果がなく、人が中心となって知識情報を操作する「場」の必要性が再認識された結果であると考えられる。企業および個人が保有するスキル、ノウハウの活用や知恵を出し合って良い製品を開発したり、リードタイムを短縮したり、工程内で品質を造り込むなど、生産システムにモノづくりの原点の運用が欠如した企業には、どれだけ優れた情報システムを導入しても良い成果を得ることはできないであろう。

以上、本論文では知識情報の共有化がモノづくりに欠かすことのできない重要な課題であることを再確認すると共に、情報伝達レベルと生産システムの関係から、そのノウハウやスキルを効果的に共有できる「場」としての生産情報システムの設計とその適用性について検討を行った。

今後は、暗黙知を形式知に変換する手段を検討すると共に、表 4 に示した生産情報システムにおける具体的な「場」に対しての検証活動を実施し、その有用性の検討を行うことが課題となる。

注

(1) 野口宏, 貫隆夫, 須藤春夫共著『現代情報ネット

ワーク論』ミネルヴァ書房, 1995 年, 50 ページ。

- (2) 山田裕昭, 今井斉, 福田康明共稿「生産情報システムに関する研究(その1) —アンケート調査に基づく実態調査と課題—」日本生産管理学会論文誌, Vol. 10, No. 2, 2003, 12, 9-16 ページ。
- (3) 山田裕昭, 今井斉, 福田康明共稿「生産情報システムに関する研究(その2) —アンケート調査に基づく情報伝達レベルからの分析—」日本生産管理学会論文誌, Vol. 10, No. 2, 2003, 12, 17-24 ページ。
- (4) 山田裕昭稿「経営戦略と生産情報システム」日本生産管理学会第 18 回全国大会講演論文集, 2003 年, 229-232 ページ。
- (5) 野中郁次郎著『企業進化論』日本経済新聞社, 2002 年, 309-338 ページ。
- (6) 中根甚一郎, 山田善敦共著『ヒューマンウェアの生産システム革新』白桃書房, 1997 年, 22 ページ。
- (7) 山田裕昭稿「ナレッジ・マネジメントと生産情報システム」日本生産管理学会第 18 回全国大会講演論文集, 2003 年, 237-240 ページ。
- (8) 日本生産管理学会編著『生産管理ハンドブック』日刊工業新聞社, 1999 年, 631 ページ。
- (9) 同上書, 861 ページ。
- (10) 都留康編著『生産システムの革新と進化』日本評論社, 2001 年, 59 ページ。
- (11) 日本生産管理学会編著, 前掲書, 342-348 ページ。
- (12) ハーバード・ビジネス・レビュー編『バリューチェーン・マネジメント』ダイヤモンド社, 2001 年, 13-46 ページ。
- (13) 同上書, 85-108 ページ。
- (14) 中根甚一郎, 山田善敦共著, 前掲書, 193-194 ページ。
- (15) 同上書, 14 ページ。
- (16) 同上書, 39 ページ。
- (17) 同上書, 40 ページ。
- (18) 都留康編著, 前掲書, 110 ページ。
- (19) 田坂広志著『創発型ミドルの時代』日本経済新聞社, 1997 年, 26-30 ページ。
- (20) 同上書, 53 ページ。
- (21) 妹尾大, 阿久津聡, 野中郁次郎編著『知識経営実践論』白桃書房, 2001 年, 4 ページ。
- (22) 野中郁次郎, 紺野登共著『知識経営のすすめ』筑摩書房, 2002 年, 169-174 ページ。
- (23) 妹尾大, 阿久津聡, 野中郁次郎編著, 前掲書, 293

- ページ。
- (24) 今西錦司『生物の世界』講談社文庫, 1941年, 58ページ引用, 同上書, 284ページ。
- (25) 妹尾大, 阿久津聡, 野中郁次郎編著, 前掲書, 291ページ。
- (26) 都留康編著, 前掲書, 44ページ。
- (27) 杉山公造, 永田晃成, 下嶋篤編著『ナレッジサイエンス』紀伊国屋書店, 2003年, 30ページ。
- (28) 同上書, 178ページ。
- (29) 都留康編著, 前掲書, 31ページ。
- (30) 都留康編著, 前掲書, 206ページ。

指導教員の推薦文

名城大学経営学部教授 今井 斉

この論文は、経営のグローバル化に伴う情報化の進展が単なるデータの共有となっており、モノづくりの成長へ寄与するシステムが構築されているかどうかは疑問であるという問題意識から、山田君が上場企業の中から抽出した製造業658社に対して独自に行った生産情報システムの現状と問題点に関するアンケート調査の分析結果をもとに、その問題点の解決を目指して、生産情報システムの設計を行い、その適用性についての検討を行ったものである。この論文の特徴は、彼独自の知識情報の伝達モデルを体系化し、「場」という概念にもとづいた生産情報システムを設計しているところにある。こうした点で、この論文のオリジナリティは高く評価できる。また、その研究成果は、学問の進歩に貢献するだけでなく、企業の経営実践にも役立つ有用性をもっている。