

F M S の 原 価 計 算

飯 塚 勲

はじめに

1987年現在、米国では約50の完全にコンピュータ化された弾力的製造システム (Flexible Manufacturing System ; FMS) が導入されている。⁽¹⁾ 米国におけるFMS関連設備の売上高成長率は年30%と予測され、⁽²⁾ 1990年までに米国では完全にコンピュータ化されたFMSが130以上になり、部分的なFMSが1,100以上になるという予測もある。⁽³⁾ 米国製造業におけるFMSは外国企業の低労務費に対抗し、製品の品質を改善し、かつJIT在庫管理を実施する目的から増加している。⁽⁴⁾

本稿では米国企業におけるFMSの現状、FMSの導入による製造プロセスの変化、およびFMSの導入に伴う原価計算の問題点と解決策を明らかにし、⁽⁵⁾ またコンピュータ統合製造システム (Computer-Integrated Manufacturing system ; CIM) としてのFMSにおける原価計算の改善案として提案されているモデル⁽⁶⁾を検討してみよう。

1. FMSの概念

FMSは1群の部品を弾力的に生産するコンピュータ制御の生産システムである。FMSは自動化材料荷役システムと結合し、かつコンピュータによって制御されている2台以上の工作機械 (Machine tool) を含む。一般に、FMSは少量から中量の生産量で中程度の製品多様性をもった生産状況 (多数の関連する部品が異なる数量で製造されている) において導入されている。1群の部

品（数種類から数百種類に及ぶ）がFMSで生産される。部品の年当り生産は1単位から数千単位に及ぶ。FMSで生産される部品群は次のような要因によって左右される。

- ①部品のタイプ——部品は類似したスタイルないし機能別にグループ分けされる。
- ②サイズないし作業（オペレーション）——部品は類似したサイズないし共通の作業別にグループ分けされる。
- ③組立——部品群は1つの組立製品を構成するすべての部品からなる。

FMSで生産する部品を決定する際に考慮すべき他の要因として、材料のタイプ、部品特性の公差（認められる誤差）、生産すべき各部品の数量、および各部品の年間生産量を挙げることができる。

(1) FMSの構成要素

FMSの主な構成要素は工作機械、材料荷役システム、およびコンピュータ制御システムである。多くのFMSの導入は2台から4台の工作機械で出発し、将来追加する余裕を残している。各工作機械はコンピュータを内蔵した数値制御機械であり、またFMSのシステム・コンピュータと結合されている。このような工作機械は直接数値制御機械（DNC）と呼ばれている。ときには、ロボットが機械と結合し、工具変更や部品配置の機能を遂行する。工作機械によって遂行される典型的な作業は切削（milling）、中ぐり（boring）、穴あけ（drilling）、ネジ切り（tapping）、穴拡大（reaming）、旋盤加工（turning）、および溝ほり（grooving）である。

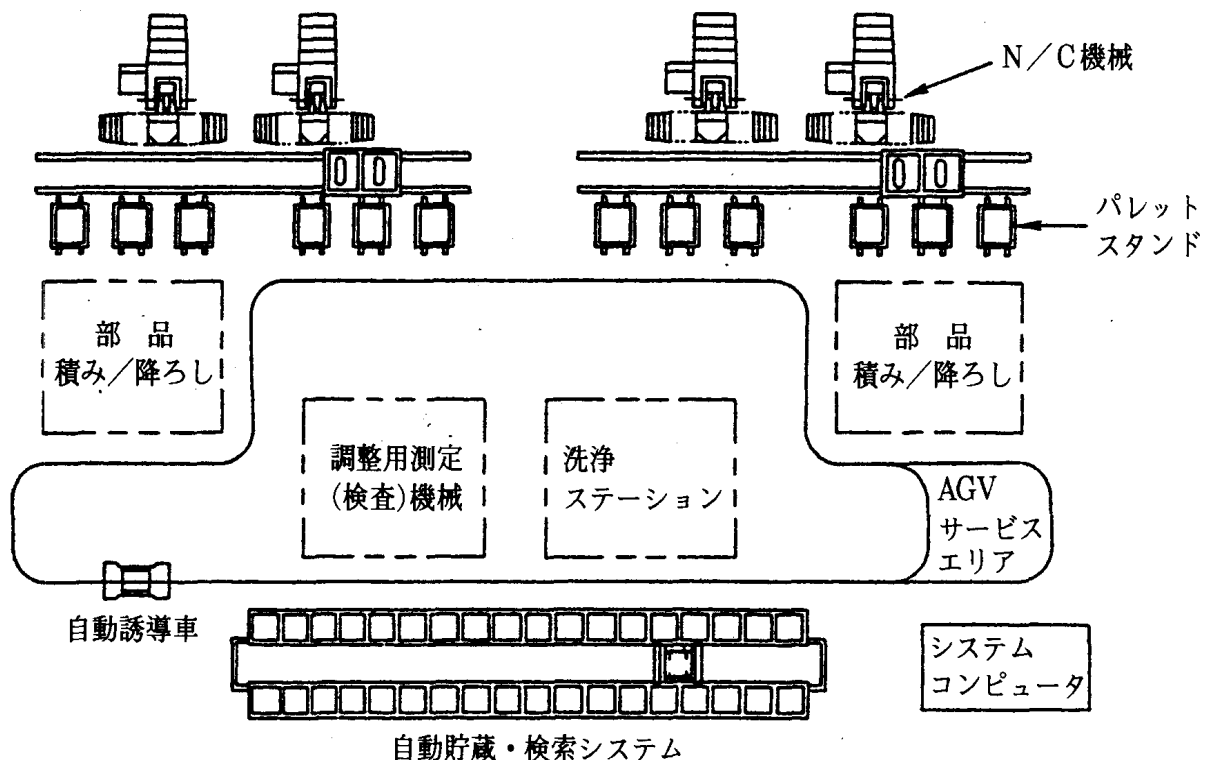
材料荷役システム（MHS）の目的はFMSのステーション（区画）の間における各部品の安全で能率的な運搬にある。荷台（パレット）付MHSは自動的に部品を工作機械の間に配送する。MHSはコンピュータの指示によって、工作機械へ一定の部品を供給し続ける。FMSで一般に用いられているMHSは動力ローラー・コンベヤー、シャトル、高軌道、引き綱、あるいはワイヤー誘導

カートを含む。

工作機械と材料荷役システムはFMSのシステム・コンピュータによって制御されている。コンピュータは各工作機械へ製造プログラムを伝え、生産の日程計画を指示する。コンピュータ制御の度合はシステムの複雑さによって左右される。コンピュータは作業停止その他の問題を診断し、是正措置を指示することもできる。さらに、コンピュータはシステムの利用度、各工作機械の利用度、材料荷役システムの利用度、切削工具の取替、部品ないしロット当り機械運転時間などについての報告書を作成できる。システム・コンピュータはしばしば企業の経営情報システムに結合されている。

精巧なFMSは取付具、工具荷台、原材料、部品などの自動化された貯蔵・検索（出荷）システム（ASRS）と自動化された洗浄ステーション・組立ステーション・検査ステーションを含む。FMSの1例を図示すれば、図1の如くである。

図 1



FMSでは直接工は最小になるが、システムを支援するための労働力は依然として必要である。FMSの精巧度に左右されるにしても、要員は①システムの管理、②中央コンピュータとつながっていない取付具の取付、段取り、取りはずし、③電子的・機械的保全、④コンピュータの操作、⑤工具の事前調節、⑥巡回機械オペレーターないし故障修理者、および⑦手作業による検査に必要である。

(2) FMSのベネフィット

最近におけるFMS導入の増大はFMSの潜在的なベネフィットに支えられている。FMSの主なベネフィットを列挙すれば、次の如くである。

- ①多様な数量で多様な製品を生産する能力。
- ②顧客の需要および製品の設計の変化に迅速に対応する能力。
- ③コンピュータ化された工作機械および材料荷役システムが機械のオペレーターおよび材料荷役係と代わり、労働費が低減する。2 交替・3 交替作業が大部分、無人で行なわれる。
- ④手作業生産の不確実性が自動化生産の確実性と代わり、製品の品質の改善が達成される。
- ⑤コンピュータによる日程計画および各機械毎に代えた積み降ろしステーション（区画）毎の段取りによって、段取り時間が低減する。
- ⑥コンピュータによる日程計画、機械毎の段取りの廃止、および材料荷役システムによる部品の能率的移動によって、機械利用度が増加する。
- ⑦コンピュータによる製造作業の日程計画、段取り時間の低減、および能率的な材料荷役によって、仕掛品在庫が低減する。
- ⑧仕掛品在庫の低減、および多数の伝統的機械を工作機械に変更することによって、所要空間が低減する。
- ⑨生産、システム利用度、工具計画（tooling）、保全などに関する情報がベターになる。

2. FMSの導入による製造プロセスの変化

ベネット等が調査した会社におけるFMSの現状とFMSの導入による製造プロセスの変化は次の如くである。

稼働中のFMSは2社で観察された。1社のFMSは1960年代の中頃に完成され、9台の同種のDNC工作機械と動力ローラー・コンベヤーのMHSと経営情報システムに結合されていないシステム・コンピュータから構成されている。600種類の部品が平均ロット・サイズ33単位でFMSで加工されている。

別の1社のFMSは1984年から稼働しており、5台の同種のDNC工作機械とワイヤー誘導カートのMHSと経営情報システムに結合されたシステム・コンピュータから構成されている。このFMSでは年間に5,000種類の部品が加工されている。部品の70%は同一のロット・サイズで機械加工されている。

どちらの会社のFMSでも、システム・コンピュータは各DNC工作機械のコンピュータのメモリーに機械加工プログラムを与える。FMSのシステム・コンピュータはまだ機械による製作品の日程計画を担当していない。すなわち、日程計画は手作業で行なわれている。またFMSのコンピュータはまだ製作品の機械運転時間を記録していない。

どちらの会社も、FMS取得の基礎になっているベネフィットの多くを実現している。それらのベネフィットは生産性の増大、顧客需要へ供給するリード・タイムの低減、材料荷役時間の低減、および段取り時間の低減である。1社はまた、以前のシステムと比較して、所要機械台数50%の低減、所要空間50%以上の低減、機械利用度の増大、仕掛品在庫の低減、欠陥品や補修の減少による製品の品質の改善、および弾力的で信頼できる日程計画を報告している。

どちらの会社も機械オペレーターの人数を低減している。9台の工作機械によるFMSの会社は巡回機械オペレーターが3名であり、5台の工作機械によるFMSの会社は各機械当たり1名のオペレーターを有している。後者の会社は、多数のロット・サイズが同一の数量であり、機械加工に誤りの生ずる可能性が

高いので、各機械の監視に1名のオペレーターが必要であると認めている。この会社の代表者は、現在、機械オペレーターによって遂行されている機能を自動化することは原価的に有効ではないとも述べていた。

機械オペレーターの数は低減したが、従業員総数は低減していない。これは段取り、積み降ろし、保全、およびコンピュータ・プログラミングの遂行のために、支援要員が必要とされるためである。

どちらの会社でも、FMS技術は開発の途上にある。9台の工作機械によるFMSの会社では、1987年第1四半期からシミュレートされた生産環境で利用できる新しいFMSのパイロット・システムを開発していた。この新しいシステムは自動化貯蔵・検索システム（ASRS）、2台の工作機械（必要に応じて増加される）、工具の取り付け・取りはずし、旋盤、洗浄ステーション、調整用測定（検査）機械、自動化ワイヤー誘導MHS、および2台のシステム・コンピュータから構成されている。このシステムは後に、もっと大規模なFMS生産環境へ統合するために取り除かれた。

5台の工作機によるFMSの会社は、ASRS、4台の工作機械の追加、自動化工具配送、金座取り、クリーニング、検査ステーション、およびワイヤー誘導車を含めるようなFMSの拡張を検討中である。2社の上述のFMSでは、コンピュータが機械への加工および検査プログラムの準備、機械による製作品のスケジューリング、誤謬対策の保全、部品当り機械運転時間の記録、およびシステムのオペレーションと業績に関する多数の報告書を含めて、システム全体のスケジューリングを制御している。

3. FMSの導入に伴う原価計算に係わる問題点と解決策

(1) FMSの取得に係わる問題点と解決策

FMSによって強調されることになった原価計算上の第1の問題はFMSの取得に関係している。FMSを取得する決定はキャッシュ・フロー割引法によっ

てなされるべき資本予算上の決定である。しかし、FMSから見込まれるベネフィットの数量化は極めて困難である。さらに、未来の稼働費（operating costs）の金額の予測は、FMSの経験を欠いていることと不測の稼働上の問題のために、困難である。FMSの設備の耐用年数の予測も技術の急激な変化のために難しい。ベネフィット、原価、および耐用年数の予測が困難であっても、これらの要素を数量化する努力をして、これらのデータをDCF技法へ織り込むべきである。

調査した2社におけるFMSの取得は伝統的な資本予算技法によって完全に正当化されているわけではなかった。すなわち、取得の正当化は、ある程度まで、販売オーダーのリード・タイムの短縮、段取りの時間の低減、より弾力的な日程計画、およびより良い品質などを含む非数量的な予期されるベネフィットをも考慮していた。またFMSの取得は、会社の競争上の地位を維持することになるというトップ・マネジメントの信念によっても支持されていた。

（2） 原価管理に係わる問題点と解決策

FMSに関係した原価計算上の第2の問題は原価管理に係わる。過去において、直接労務費が製造原価の大きな割合を占め、製造間接費が直接労務費を基準にして配賦されていた時には、直接労働利用の管理が重要視されていた。しかし、FMSにおける直接労務費の管理は、直接労務費が少額であったり存在しないかであったりするため、重要ではない。

コンピュータおよび機械の減価償却費、FMSのプログラム・モニター・維持に必要な要員を含め、固定製造間接費がFMS導入に伴う原価の大部分を占めている。固定製造間接費の多くはFMS管理者によって管理不能であり、企画・エンジニアリング・日程計画・保全などの部門によって管理されている。

FMS管理者は直接材料費、工具その他間接材料費、段取り労務費、機械オペレーター労務費、およびオフライン（中央演算処理装置の制御下でない）の検査費を管理できる。機械オペレーター労務費は過剰な機械オペレーターを他

の仕事へ移すことを嫌わなければ低減できる。動力、コンピューター・オペレーター、および保全費に対するFMS管理者の管理は限られている。

FMSにおける原価管理を維持するには、原価が管理可能な明細なレベルでFMS管理者に目で見ることができるようになるべきである。これはFMSで管理可能費と管理不能費を明確に区別した変動予算を利用することによって達成できる。また管理機能は管理可能費の予算と実際を比較した業績報告書によって推進される。

調査した2社ではFMSの間接材料費および間接労務費はインフォーマルな形で予算化されている。原価管理を促進するために、原価の予算と実際の比較がなされている。

(3) 製品原価の計算に係わる問題点と解決策

FMSの導入によって強調された原価計算上の第3の問題は製品原価の計算である。FMSで製造される諸製品についての正確な製品原価情報は外部報告のみならず、競争入札・価格決定・自製か外買かなどの決定のために経営者へ提供されねばならない。多くのFMSにおける変動製品原価が直接材料費・工具その他間接材料費・動力費となっているので、長期価格決定には全部原価計算の必要性が高まっている。

1) コスト・センターの明確化

FMSにおける製品原価の計算で第1に考慮すべきことはコスト・センターの明確化である。シュバルツバッハ＝ヴァンゲルメーシュの指摘するように、個別の種々の生産プロセスにおける製品原価のフローを跡づける（部門別配賦率を用いる）原価計算システムは工場1本の配賦率を用いる原価計算システムよりもベターな経営情報を提供する⁽⁷⁾。論理的には、FMSは個別の間接費配賦率を有する、独立したコスト・センターであるべきである。それはFMSがしばしば他の製造プロセスから独立している相対的に自己充足的な製造上の小さな計算単位（subentity）であるためである。

2) FMS関連間接費の集計

FMSにおける製品原価の計算で第2に考慮すべきことは、FMSの間接費配賦率算定を容易にするために、FMS関連間接費のすべての予算額を集計することである。

FMSに直接的に識別しうる変動間接費は工具費、潤滑油費、その他間接材料費、および動力費（FMSがメーターを備えている場合）である。FMSに直接的に識別しうる固定間接費は機械減価償却費、FMSのシステム・コンピュータ償却費、FMSでのみ働くコンピュータ・プログラマーの給料、およびオフラインの検査費である。巡回機械オペレーターおよび段取り要員の給料も、これら要員の人数はかなり広い操業度について不変であるので、FMSに直接的に関連した固定費である。

エンジニアリング要員の作業時間（CAD/CAM）およびFMSの専従員でないコンピュータ・オペレーターの費用はFMSに配賦されねばならない固定間接費である。これらの固定間接費は一般にFMSに要した時間を基準にして配賦される。コンピュータの減価償却費のような共通費はコンピュータによる処理時間などを基準にしてFMSへ配賦される。保全費、保険料、空間費（スペース・コスト）、固定資産税、工場管理費などの固定間接費もFMSへ配賦されねばならないが、配賦に問題は生じていない。

ある種の費用については固定費と変動費の区別があいまいである。たとえば、コンピュータ・プログラマーおよび機械保全要員の費用（給料など）は基本的には固定費である。しかし、これらの費用をFMSへのサービス時間を基準にしてFMSへ配賦すれば、これらの費用はFMS部門の変動費となる。

FMSの費用を変動費と固定費へ区別すれば、CVP分析が容易になる。CVP分析からの適切な情報は経営者の正常価格、特別注文、自製か外買かなどの決定において有用である。

3) 間接費配賦基準の選択

FMSにおける製品原価の計算で第3に考慮すべきことは適切な間接費配賦基準の選択である。従来、多くの会社の原価計算システムは直接労務費が高い割合を占める製品について適用されていた。その結果、間接費配賦率は直接作業時間数または直接労務費を基準にして算定されており、しばしば直接労務費当り1.5ドルから4ドルの範囲にあった（すなわち、間接費配賦額は直接労務費の1/2から4倍の範囲にあった）。

FMSでは直接労務費は少額であり、固定間接費が激増している。間接費配賦率は直接労務費の400%から1,000%が普通である。調査した2社の中の1社のFMSの間接費配賦率は直接労務費の約800%である。他の1社は直接労務費を基礎にした事業部別間接費配賦率を用いているが、FMSや製造のプロセスまたは部門別の個別的な間接費配賦率の利用を計画している。

適切な間接費配賦基準の選択に際しては、FMSの生産能力を最も良く測定する基準が選択されねばならない。利用可能な配賦基準は①生産量、②FMSで利用される総時間数、③技術的機械時間（engineered machine hours）、および④実際機械時間である。

① 生産量基準

生産量は、FMSで機械加工される部品群に属する各部品が合理的に同質的であり、しかも機械加工作業がすべての部品について類似している場合に適切な配賦基準となる。このような条件が満たされる場合、生産量は単純かつ容易に利用できる。しかし、異なる機械加工が異なる部品になされるため、しばしばこのような条件は満たされない。

② FMSで利用される総時間数

FMSで利用される総時間数はFMSの待ち時間数を含む。この基準はFMS全体の生産能力を反映するが、機械運転時間以外の時間を含むので測定と記録が困難である。

③ 技術的機械時間（標準時間、マニユスクリプト時間、テープ時間とも呼ばれる）技術的機械時間は製造作業の順序と明細が特定されている時に選択される。しかし、この基準はFMSで利用された実際時間数ないし総時間数を表わしていない。調査した2社の中の1社は間接費配賦基準として技術的機械時間を考慮中であり、比較のために実際機械時間も記録している。

④ 実際機械時間

この基準はFMSに属する工作機械の実際に利用した生産能力を測定しているが、工作機械の運転の不能率を含んでいる。各個別機械のコンピュータおよびFMSの中央コンピュータは各部品に利用される実際機械時間を記録するようにプログラムできる。調査した会社の中の1社は配賦基準として実際機械時間を利用する計画をもっていた。

各種の間接費配賦基準の長所と短所を一覧表示すれば次の如くである。

配 賦 基 準	長 所	短 所
生産量	単純性；利用の容易さ	FMSで機械加工される部品がしばしば同質的でなく、異なる作業を必要とする
FMSで利用される総時間	FMS全体の生産能力を反映する	測定と記録が困難
技術的機械時間	利用されるべき機械時間を反映する；容易に利用可能	FMSで利用された実際機械時間ないし総時間を表わさない
実際機械時間	工作機械の生産能力の利用を測定する；機械のコンピュータないしFMSの中央コンピュータによって記録できる	工作機械の運転の不能率を含む

FMSの生産能力の適切な尺度として各種配賦基準の中のどれが選択されるかとは無関係に、予定操業度は予定配賦率と製品原価に大きな影響を及ぼす。この影響は固定間接費が多額なFMSでは増幅される。固定間接費が多額であるために、FMSの機械時間当りないし製品単価当り間接費配賦率は予定操業度（予定時間ないし製品量）と逆比例して著しく変動する。したがって、予定操業度は見積製品原価に影響し、価格決定などに大きな影響を及ぼすことになる。FMSでの操業度の予定は、FMSの相対的な新しさと生産経験の欠如とによって、他の生産プロセスと比較してより困難である。

（4）業績測定に係わる問題点と解決策

FMSに関連した原価計算上の第4の問題は業績測定である。多くの原価計算システムは直接労働が製造プロセスの主要な要素であった時代に設計されたものである。したがって、このような原価計算システムは直接作業時間、直接労務費、および労働能率の測定を重視している。FMSでは直接労務費は少額であるか無であるかであり、したがって、従来の原価計算システムは業績測定に不適切となっている。

FMSの業績評価には次のような主要成功要因（critical success factors）の測定値が有用である。

- ①機械およびシステムの利用度（％）
- ②FMSの生産性
- ③製品単位当りスループット時間の実際と計画
- ④製造の弾力性
- ⑤品質（仕損品発生率および補修品発生率を含む）
- ⑥仕掛品、原材料、および完成品の在庫水準

これらの諸要因の中の幾つかの尺度はまだ開発されていない。FMSの利用度（①の機械およびシステムの利用度）を最大化しようとするれば、FMSで複雑な組合せの製品を製造しなければならない。FMSの製品組合せが多すぎる

製品を含めば、段取り時間が過多になる。反対に、製品組合せが少なすぎる製品を含めば、ある機械は高度に利用され、他の機械は利用不足となる。ディルツ＝ラッセルは、標準の製品組合せと異なる製品組合せで生産した時に生ずる生産組合せ差異を算定し、システム利用度と利益への影響を示すことを提案している。⁽⁸⁾ 会計専門家は、新しい業績尺度を開発するために、製造管理者やエンジニアリング要員と緊密に協働しなければならない。自動化プロセスへ多額の設備投資をしている企業は、業績尺度として、欠陥を有するにしても投資利益率(ROI)を重視することになる。

調査した会社の中の1社は、FMSの業績を測定するために、直接作業時間の計画と実際、機械およびシステム利用率、作業屑および補修品を監視している。他の1社は予定および利用可能労働時間、減少時間、生産した部品、部品当り機械加工時間、およびFMSで利用される総時間の百分率としての部品当り機械加工時間を表示した報告書を定期的に発行している。

FMSにおける原価計算に係わる問題点と解決策を一覧表示すれば、次の如くである。

問 題 点	解 決 策
(1) FMSの取得 見込みベネフィット、稼働費、および耐用年数の数量化が困難である。	キャッシュ・フロー割引法を利用し、未来のベネフィット、コスト、および耐用年数をできるだけ数量化する。
(2) 原価管理 FMS管理者によって管理不能な固定費がFMSコストの大部分を構成している。	管理可能費と管理不能費を区別した変動予算および業績報告書を利用する。
(3) 製品原価の計算 a) コスト・センターの明確化 工場1本ないし全社1本の間接費配賦率は不正確である。	FMSを間接費配賦率を有する独立のコスト・センターとして明確化する。

<p>b) FMS関連間接費の集計</p> <p>①個別費</p> <p>FMSに直接的に識別されるすべての原価が特定化されないと製品原価が不正確になる。</p>	<p>FMSに直接的に識別しうるすべての原価を特定化する。</p>
<p>②共通費</p> <p>多くの固定間接費がコスト・センターとしてのFMSへ配賦されねばならない。</p>	<p>適切な配賦基準を用いて、FMSに直接的に識別されないすべての適切な原価をFMSへ配賦する。</p>
<p>c) 間接費配賦基準の選択</p> <p>直接労務費のような不適切な基準が用いられると製品原価が不正確になる。</p>	<p>生産量、FMSで利用される総時間、技術的機械時間、あるいは実際機械時間を用いる。後の2つの基準は多くの会社にとって最も適切かつ実行可能である。</p>
<p>(4) 業績測定</p> <p>多くの原価システムはFMSでは重要でない直接労務費を測定するように設計されており、FMSの業績の成功に不可欠な諸要因を測定するように設計されていない。</p>	<p>FMSに関連した主要成功要因について業績尺度を開発する。会計専門家は新しい業績尺度を開発するために製造管理者やエンジニアリング要員と緊密に協働する必要がある。</p>

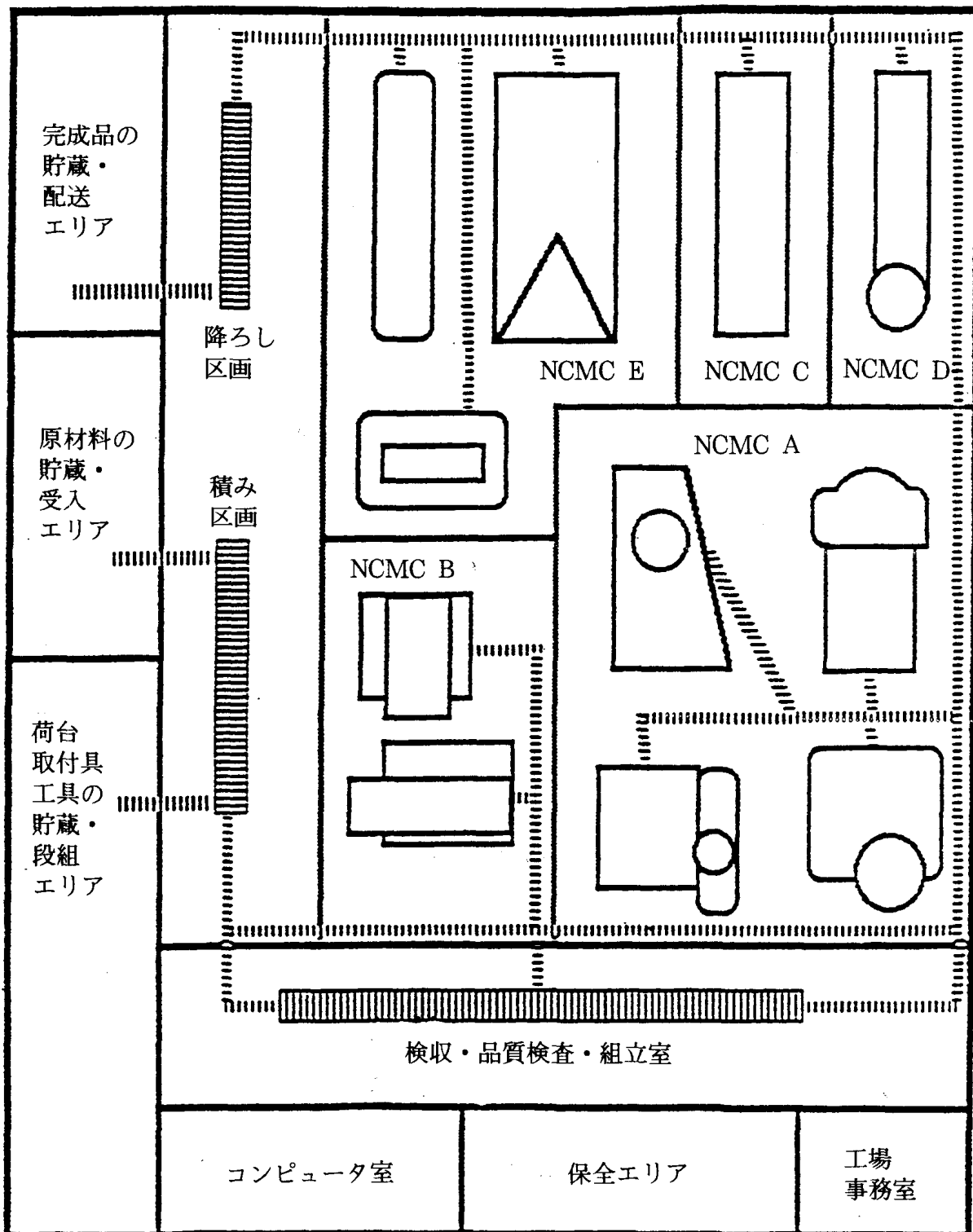
4. CIMの原価計算

工作機械 (machine tool) にコンピュータとコントローラーを統合した製造システムはコンピュータ統合製造システム (computer-integrated manufacturing system ; CIM) の1形態である。CIMとしてのFMSを図示すれば、⁽⁹⁾ 図2の如くである。

ダヴェールは従来の受注生産と比較して、CIMとしてのFMSの特徴を示し、個別原価計算の改善案を提案している。

図2の機械はすべてNC機械である。すべての機械は機能によって機械センター (MC) にグループ分けされ、NC機械センター (NCMC) と呼ばれ、中央コンピュータに結合されている。製作品が積み区画 (loading bay) で標準

図2 CIMとしてのFMS



サイズのパレット（荷台）に積まれると、その後のパレットの移動は完全にコンピュータによって制御される。オペレーターがパレットに積まれたことをコ

ンピュータに伝達するとコンピュータは当該製品の部品プログラムを読み取り、製品が送られていく最初の機械を決定する。パレットはすべてのNC機械と積みおよび降ろし区画（bay）を結合した自動運搬システムの上を動いていく。製作品が所定の機械に到達すると、パレットは待ちがなければ自動的に積みになる。チャング他によれば、作業のコンピュータ制御とすぐれた生産管理は日程計画によって可能となっており、受注生産で一般に認められる長い待ち時間を節減し、仕掛品在庫を著しく低減している。⁽¹⁰⁾ 機械における製作品の積みと降ろしは、パレットが機械加工を決めるので、手作業の援助をなんら必要としない。製作品は積みになれば、中央コンピュータに貯蔵された部品プログラムからの指示に従って加工される。こうして、製作品は決められた順路で種々の機械へ運ばれて加工され、降ろし区画で自動化材料荷役システムから降ろされる。

受注生産工場では、製作品の選別、積み降ろし、段取り、工具や切削速度の管理のためにオペレーターが各機械毎に必要である。CIMではオペレーターによるこのような作業は一切不要になる。中央コンピュータとコントローラー（programmable controller：特殊目的のコンピュータ）が自動化材料荷役システムとNC機械の援助によって、これらの作業のすべてを処理する。CIMでは直接労務費が劇的に低減する。受注生産工場では総製造原価に占める直接労務費の割合は20～40%であるが、CIMでは5～10%になる。ハント等によれば、3%になっている事例も報告されている。⁽¹¹⁾

CIMは従来の受注生産と比較してはるかにさまざまな労働力を必要としている。自動運搬システムへの製作品の積み降ろしにはオペレーターが必要である。機械がスムーズに動くようにし、生産を停止させたり品質を低下させたりする恐れのある日程計画他の事象を注意するためには巡回オペレーターや故障修理者が必要である。製作品の工具を準備し、それを該当する機械の工具ドラムに挿入するためには工具セッターが必要である。パレットに積む特殊なダイス型、取付具、治具を段取りするには段取りオペレーターが必要である。FMSの保

全要員は水力、機械、電気、および電子の技師から構成されている。FMSの稼働にはコンピュータ・オペレーター、部品プログラマー、および工程計画者・分析者が必要である。パプロッキーによれば、オフィス要員、工場技師、会計係、職長、管理者などからなる支援スタッフも必要である。⁽¹²⁾

CIMでは、その作業を加工中の製品に跡づけできる者は積み降ろしオペレーター、工具セッター、段取りオペレーターのみであり、したがってこれらの従業員の労務費は直接労務費である。巡回オペレーターおよび故障修理者、保全要員、コンピュータ・オペレーター、およびオフィスの支援スタッフは、その作業を個別製品へ跡づけることが不可能であり、したがって間接労務費である。段取り労務費は、ホーングレン＝フォスターによれば、状況に応じて直接労務費とされたり、製造間接費とされたりするが、後者の扱いがベターとされている。⁽¹³⁾

CIMの長所の1つは種々の製品の製造における弾力性にある。受注生産工場では、生産は常にロットかバッチでなされ、そのサイズは機械段取りに要する費用および時間と1回の生産で生産される品目の保管費とのバランスをとるよう決定される。段取りは機械からダイス型や工具などを取りはずしたり、取り付けたりするために要する時間、およびオペレーターが新しい機械加工に習熟するために必要な時間である。段取りは非生産的であり、受注品生産の能力を低減する。CIMでは、段取りはほとんど時間を要しないので、製品を大きなバッチで生産しなくてもよい。すなわち、段取り時間が無視できるほどなので、製品はどのようなサイズのロットでも生産できる。

CIMにおける製品（ないし製作品）の混合は直接労務費を製作品へ割当ててることを難かしくしている。たとえば、積みオペレーターはA製品2単位、B製品10単位、C製品1単位という順序で積むことができる。したがって、製品の種類のみならず積まれる単位数に応じて異なることになる各製品に要した時間数を跡づけることが難かしくなる。FMSでは、直接労務費は総原価と比較すれば重要ではない。直接労務費は各製品へ跡づけることが難かしい。

中央コンピュータとコントローラ（programmable controller）は加工中の製品および使用されている機械について多様なデータを収集できる。これらのデータはCIMの稼働の最適化に極めて有用である。中央コンピュータはこれらのデータを最良の作業手順の決定、機械の待ちの調整、完成、納入情報の提供などに利用する。また、CIMでは検収・品質検査の自動化、生産計画・管理のコンピュータ化、加工計画のコンピュータ化などがなされる。このようなデータの利用や自動化・コンピュータ化は従来の受注生産では実現できないものである。

4.1 CIMと製造原価の構成要素

CIMでは直接労務費が重要でなくなり、製品種類別に跡づけることが困難であり、製造間接費の適切な配賦基準がない。したがって、労働集約的な生産プロセスにおいて考えられていた直接労務費と製造間接費の重要性を低減することが論理的である。FMSでは労務費を製造間接費に含め、製造間接費を変形費（transformation cost）と改称すべきである。直接労務費を独立の原価カテゴリーから除去するという考えは新しいものではなく、幾つかの会社は2種類のみの原価カテゴリーをもった製造原価システムを設計している。以下の計算例では原価構成要素は直接材料費と変形費の2種類のみである。

変形費は直接材料費以外のすべての製造費用からなる包括的なカテゴリーである。変形費の名称はインプットがブラック・ボックス（CIM）に入ると、ブラック・ボックスがインプットをアウトプット（製品）へ変形するという状況の図式から提案するものであり、原材料の製品への変形にとって重要であることを正確に記述している。

原価係は直接労務費と製造間接費の合計額に加工費（conversion cost）の名称を用いてきたが、加工費の名称は読む者に伝統的な製造システムの特徴と直接作業時間などの重要性を連想させる恐れがあるので放棄する。

変形費という新しい名称は利用者が直接労務費と製造間接費を正しく考える

ように促すことを希望して用いている。変形費はCIMの稼働上の特徴により、本質的に固定費である。

4.2 計算例

以下の計算例は5社のケース・スタディを基礎にしている。この計算例はCIMのすべての原価がどのように処理されるべきかを完全に示したものではない。この計算例はCIMにおける原価計算の重要な問題点を識別し、問題点がどのように解決できるかを例示することを目的としている。

調査した5社は売上高、従業員数、製品種類、および数値制御機械センター利用の複雑性のレベルを異にしている。調査した5社はこのモデルのようなCIMのすべての要素をもっていなかった。したがって、モデルの数字データは5社の適切と考えられる明細データから作成した合成的なものである。データの幾つかの要素は、5社がモデルで必要とされるような形でまだデータを分類していないので、会社の会計係に作成してもらった見積である。

調査した5社は機械センターの間で製作品（workpiece）を搬送するために自動材料荷役システムを利用していなかった。したがって、モデルでは自動材料荷役システムが実施されると仮定した時の見込まれる原価を基礎にしているので、原価見積は仮定のものである。

多くの実際の製品種類は3種類以上の作業を必要としているので、このモデルの製品C100は仮定のものである。さらに幾つかの作業をモデルへ追加すれば、計算表の複雑性を高めることになるが、原価計算上の新しい問題を発生せしめることにはならない。

調査した5社は異なる作業を遂行するために多くの機械センターをもっていた。モデルでは計算表を管理可能な規模に留めるために機械センターは5つにしてある。モデルの機械センターで遂行される作業は次の如くであるとする。

FMSの原価計算

機 械 セ ン タ ー	N C 機 械 の 数	作 業
A	4 台	ドリリング、ボーリング、リーミング
B	2	ミリング
C	1	グラインディング
D	1	ホビング(ギア・カッティング)
E	3	ラフ・ターニング、ターニング

個別原価計算表の作成に必要な基礎データ、各種の計算表、およびコスト・フローの図解を最初に示せば、表 1 から表 7 までの各表と図 3 の如くである。

表 1 図 2 におけるNCMCのデータ

NCMC						
摘 要	A	B	C	D	E	計
1.機械センター費	349,796ドル	288,619ドル	331,694ドル	187,622ドル	310,010ドル	1,467,741ドル
2.機械センター費総額 に占める百分率	23.8%	19.7%	22.6%	12.8%	21.1%	100.00%
3.面積(平方フィート)	25,600	10,165	6,325	6,325	18,145	66,560
4.総面積に占める百分率	38.5%	15.2%	9.5%	9.5%	27.3%	100.00%
5.年間見込生産時間	7,700	3,600	3,700	1,500	5,200	—
6.経済的耐用年数にわたる 見込生産時間	61,600	32,400	25,900	18,000	52,500	—

表 2 機械センター費を基準にした共通設備費の配賦

共通設備費				
機 械 セ ン タ ー	NCMC費(表 1 より)	共通設備費配賦額	設 備 原 価	
中央コンピュータおよびMCコンピュータ(ハードウェア、ソフト ウェア、その他付属品、およびサポート)、コントローラー 自動材料荷役システム (仮定) 工具、取付具、パレット、検収および組立設備			659,412ドル 290,000 98,413	
計			1,047,825ドル	
A	349,796ドル	249,382ドル*	599,178ドル	
B	288,618	206,422	425,041	
C	331,694	236,808	688,502	
D	187,622	134,122	306,448	
E	310,010	221,091	531,101	
計	1,467,741ドル	1,047,825ドル	2,550,270ドル	

*1,047,825ドル×0.238(表 1 より)=249,382ドル

表 3 変形費の機械時間当り配賦率

NC機械センター					
摘 要	A	B	C	D	E 計
費目 1—設備減価償却費					
(1)設備原価(表 2 より)	599,178 ドル	425,041 ドル	688,502 ドル	306,448 ドル	531,101 ドル 2,550,270 ドル
(2)機械センターの見込生産時間(表 1 より)	61,600	32,400	25,900	18,000	52,500
(3)機械センター時間当り償却費配賦率 (1)÷(2)	9.73 ドル	13.12 ドル	26.58 ドル	17.02 ドル	10.12 ドル
費目 2—稼働費(面積基準配賦)					
(4)稼働費配賦額(表 4 より)	164,557 ドル	64,966 ドル	40,605 ドル	40,605 ドル	116,686 ドル 427,420 ドル
(5)年間見込生産時間(表 1 より)	7,700	3,600	3,700	1,500	5,200
(6)機械センター時間当り稼働費配賦率 (4)÷(5)	21.37 ドル	18.05 ドル	10.97 ドル	27.07 ドル	22.44 ドル
費目 3—稼働費(機械センター費基準配賦)					
(7)稼働費配賦額(表 5 より)	227,038 ドル	187,926 ドル	215,591 ドル	122,104 ドル	201,282 ドル 953,941 ドル
(8)機械センター時間当り稼働費配賦率 (7)÷(5)	29.49 ドル	52.20 ドル	58.27 ドル	81.40 ドル	38.71 ドル
費目 4—補助部門費					
(9)補助部門費配賦額(表 6 より)	118,673 ドル	118,673 ドル	142,721 ドル	143,241 ドル	143,241 ドル 666,549 ドル
(10)機械センター時間当り補助部門費配賦率 (9)÷(5)	15.41 ドル	32.96 ドル	38.57 ドル	95.49 ドル	27.55 ドル
費目 5—資産化プログラミングの償却費(表 7 上半分参照)					
費目 6—生産段取り費(表 7 下半分参照)					
(11)機械時間当り変形費配賦率 (プログラミング費と生産段取り費を除く) (3)+(6)+(8)+(10)	76.00 ドル	116.33 ドル	134.39 ドル	220.98 ドル	98.82 ドル

表 4 機械センターの面積基準で配賦する稼働費

1. 冷暖房費	72,403 ドル	
2. 電気料	189,203	
3. 水道料など	18,166	
4. 保管費	64,438	
5. 建物減価償却費(3,328,400 ドル÷40年)	83,210	
計	427,420 ドル	

機械センター	稼働費配賦額
A	164,557 [*] ドル
B	64,966
C	40,605
D	40,605
E	116,686
計	427,420 ドル

*427,420ドル×0.385(表1より)=164,557ドル

表 5 機械センター費基準で配賦する稼働費

労務費（給与外給付・超勤手当を含む）

1. 保全要員：電気、電子、機械、水力の
技術者（間接労務費） 249,307ドル

2. 故障修理者、巡回オペレーター、
工具および貯蔵室要員（直接および
間接労務費） 180,769

3. 貯蔵エリア事務員および荷役要員
（間接労務費） 78,623

4. システム・マネージャー、監督者、オフィス・スタッフ 284,912

その他の費用

5. セキュリティ 65,201

6. 保険料 15,612

7. 固定資産税など 28,817

8. 非自動材料荷役設備、フォーク・リフト、
トラックなどの減価償却費 28,900
(86,700ドル÷3年)

9. 消耗品費（間接材料費） 21,800

計 953,941ドル

機械センター	稼働費配賦額
A	227,038 [*] ドル
B	187,926
C	215,591
D	122,104
E	201,282
計	953,941ドル

*953,941ドル×0.238(表1より)=227,038ドル

表 6 機械センターの利用度百分率基準で配賦する補助部門費

サービス提供先								
	補 助 部 門		機 械 セ ン タ ー					計
	管理支援部門A	技術支援部門T	A	B	C	D	E	
Aから	—	25	10	10	15	20	20	100%
Tから	35	—	15	15	15	10	10	100

補 助 部 門	実 際 原 価 発 生 額	相 互 配 賦 後 補 助 部 門 費
A	316,259ドル	480,943ドル
T	350,290	470,526
	<u>666,549ドル</u>	<u>951,469ドル</u>

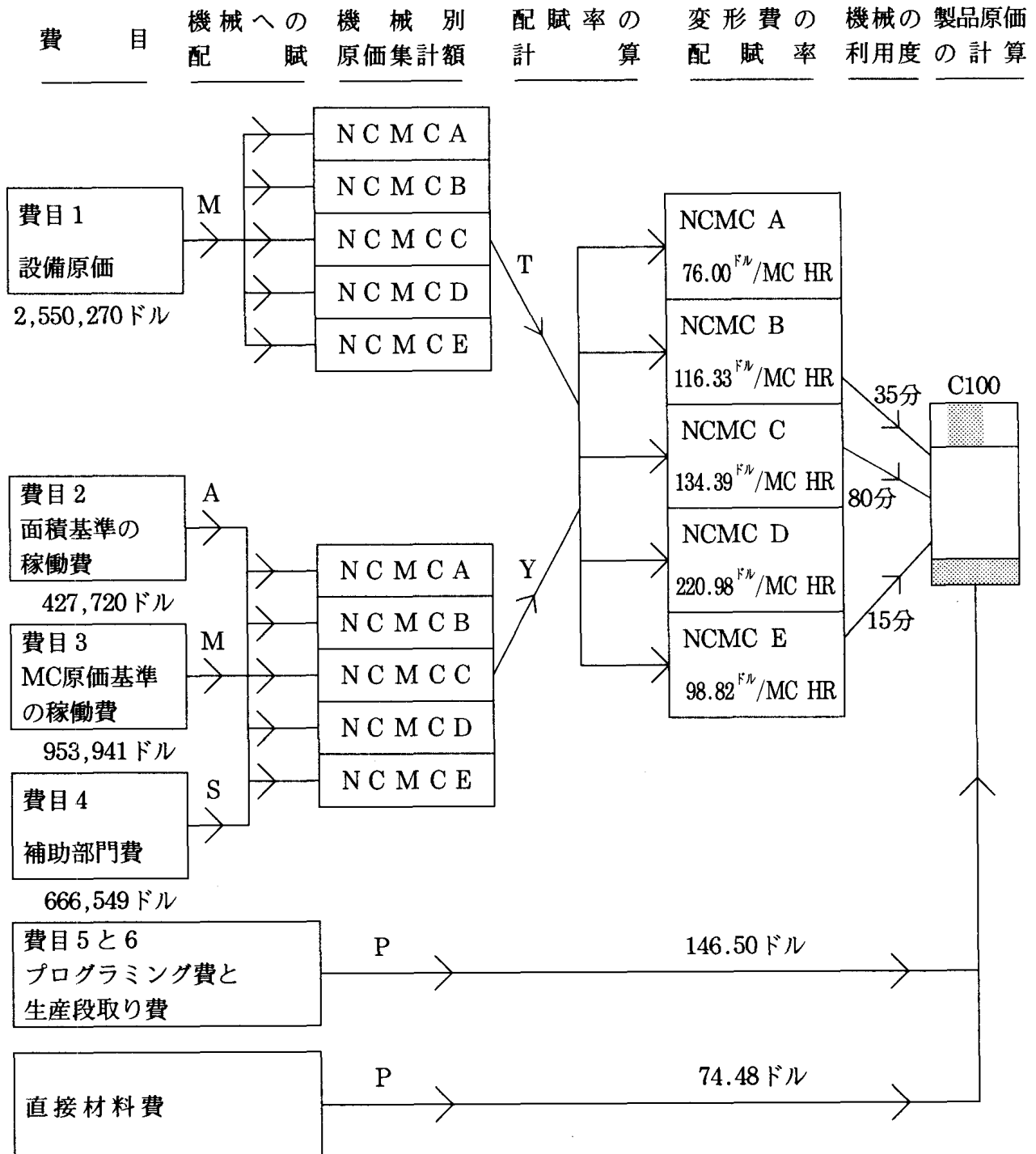
機 械 セ ン タ ー	補 助 部 門 費 配 賦 額
A	118,673 [*] ドル
B	118,673
C	142,721
D	143,241
E	143,241
	<u>666,549ドル</u>

$$*480,943 \text{ドル} \times 0.10 + 470,526 \text{ドル} \times 0.15 = 118,673 \text{ドル}$$

表7 プログラミング費および生産段取り費

プログラミング費	
(1)工程アナリスト、部品プログラマー	10,600ドル
(2)試作	1,560
(3)ダイス型、特殊工具	4,310
資産化プログラミング費	16,470ドル
(4)製品C100のライフ・サイクルにわたる 見込生産単位数	8,000単位
(5)製品C100単位当り資産化プログラミング費 の償却費率(16,470ドル÷8,000単位)	2.060ドル／単位
生産段取り費	
(6)1 生産段取りの費用	
1)工具セッター	40ドル
2)段取りオペレーター	40
3)平均ロット・サイズ25の 積み降ろしオペレーター費用	15
	95ドル
(7)平均ロット・サイズ	25単位
(8)製品C100の単位当り生産段取り費率 (95ドル÷25単位)	3.80ドル／単位
(9)製品C100の単位当りプログラミング費および生産段取り費率 (5)+(8)	5.86ドル／単位

表3 コスト・フローの図解



A…面積基準の配賦

M…MC費基準の配賦

P…製品基準の配賦又は賦課

S…サービス百分率基準の配賦

T…MCの見込生産時間基準の配賦率

Y…当年度の見込MC利用度基準の配賦率

(1) 直接材料費の賦課

CIMにおける直接材料費の計算は、工場要員による書類処理を除き、伝統的な製造システムと類似している。CIMでは工場要員による書類処理は除去ないし最小化されている。製作品に消費された材料は、貯蔵室から庫出されると直ちに、中央コンピュータによって跡づけられる。庫出材料のデータ・インプットは単純化され、その正確性もバー・コード、目によって分かる特徴、ないし磁気ストライプを利用した製作品と材料の識別によって高められている。

(2) 変形費の配賦

1) 配賦基準の選択

伝統的な個別原価計算に対する批判の1つは、製造間接費配賦率があまりに幅の広い平均であり、製品の製造原価について意味ある情報を提供していない、という点にある。⁽¹⁴⁾このことは、特に、工場1本の間接費配賦率が用いられるときに事実である。このような状況では、工場で発生したすべての製造間接費は1つの集計額(pool)として集計され、実際の資源消費とは無関係に、直接作業時間を基準にして製作品へ配賦される。このような初歩的で単純な計算方式は、総原価が合理的に正確である限り、個々の製品単位当り原価が重要ではない、棚卸資産評価に関する財務報告の規定を満たしている。しかし、製品の価格決定、マーケティングおよび販売促進、製品の廃棄、稀少資源の配分、最適製品組合せなどに関する決定をするために正確で適時な製品原価情報を必要とする管理者達はデータの性格を知っていても知らなくても、非現実的で虚構的なデータの利用を強いられる。ワーシィはこのような誤ったデータに基づく誤った決定について幾つかの実例を提供している。⁽¹⁵⁾シュバルッパッハは会社が依然として工場1本の配賦率を48%、部門別配賦率を57%用いていると報告している。⁽¹⁶⁾ホーウェル等は調査した会社の3%が工場1本の配賦率、67%が部門別(作業センター別)の配賦率を用いていると報告している。⁽¹⁷⁾このような状況は現行の良く理解されている原価計算システム——その継続的な利用はよりすぐ

れた決定を援助することになる正確で現実的な原価データを犠牲にするが——の変更を経営者側が嫌うためである。経営者が原価計算システムの変更を嫌う1つの理由は、伝統的な機械工場では機械時間データを正確に集計することがしばしば困難であることによる。工場要員は必要な書式ないし伝票に記入することを好まない。多くの者はそれを時間の浪費と考えている。伝票への記入を要求しても、工場要員は常に情報を正確に記録しない。そのようなデタラメな書式の記録は意思決定にとって工場1本の配賦率と同様に役に立たないデータを提供する。

CIMでは、中央コンピュータがすべてのNC機械の製作品について加工時間を集計するので、この問題は回避される。すなわち、加工された製作品への変形費の配賦は各機械別の個別的な集計額（pool）を利用することができる。したがって、変形費はCIMの各NC機械センター別に集計され、変形費の配賦は製作品を加工するために利用した機械時間を基礎にしてなされる。

2) 変形費の費目

以下の個別原価計算のモデルでは変形費の諸費目は次のように分類されている。

- ① 設備減価償却費
- ② 稼働費（面積基準で配賦）
- ③ 稼働費（機械センター費基準で配賦）
- ④ 補助部門費
- ⑤ 資産化プログラミング費の償却費
- ⑥ 生産段取り費

① 費目1——設備減価償却費

設備費は2つのカテゴリーすなわち(1)機械センター費と(2)共通設備費に分類される。

数値制御機械センター（NCMC）の機械センター費は、当該センターのNC機械の購入価格、運賃および据付け費、およびNCMCの生産準備のために発生したその他のすべての費用を含む。換言すれば、NCMCの機械センター費は、その取得原価に等しい。この取得原価は財務報告に用いられる資産の原価である。

共通設備はすべてのNCMCによって共用される。共通設備費はNC機械をCIM（コンピュータ統合製造システム）として稼働させるために必要な追加設備の原価であり、コンピュータの購入価格、自動材料荷役システム、工具および取付具など、ならびに運賃、据付け費、検収および品質検査費を含む。換言すれば、共通設備費は共通設備をNCMCと稼働させる準備のために発生したすべての原価である。共通設備費は共通設備の取得原価に等しく、財務報告の資産原価として用いられる。

すべてのNCMCは共通設備を利用するので、共通設備費は各NCMCへ配賦される。したがって、NCMCの設備費は機械センター費と共通設備費配賦額の合計である。

設備減価償却費は定額法によらず、NCMCで加工をうける製品の利用する機械時間数を基礎にして計算される。設備原価の減価償却費は製品の変形費に含める。

図2は5つのNCMCから構成されたCIMの図解である。表1および表2はNCMCに関する基礎データを示したものである。

設備費を製品へ負担させる第1段階は共通設備費の各NCMCへの配賦である。NCMCの機械作業の融通性、生産能力、およびNC機械の数を反映している。NCMCの原価が高くなるほど、製品製造におけるNCMCのコンピュータ、搬送システム、および共通設備の利用度は高まる。したがって、共通設備費はNCMCへ機械センター費に比例して配賦される。

共通設備の定額法による償却費をMCへ配賦すると、設備が新しい時期の生

産量は多いので、経済的耐用年数の初期の製品単位は低い償却費を負担し、後期の製品単位は高い償却費を負担することになる。また、間接費配賦率が、工場の全機械の減価償却費合計÷見込直接労務費合計×100、で計算されていれば、減価償却費が多額で直接労務費が少額のMCで加工された製品の負担する減価償却費は小さくなる。このような欠点を除くため、モデルでは設備原価の減価償却費は機械センターの機械の経済的耐用年数にわたる見込生産（機械）時間を基礎にしている。たとえば、NCMCの設備原価500,000ドルで、その経済的耐用年数にわたり機械が20,000時間利用できるとすれば、生産時間当り設備減価償却費は500,000ドル÷20,000時間＝25ドルである。この機械が1ロットの生産に4時間使用されれば、このバッチの製造原価には25ドル×4時間＝100ドルの償却費が配賦されている。表3の第3行はFMSの5つのNCMCの減価償却費配賦率を示している。

② 費目2——面積基準で配賦する稼働費

稼働費はFMSの稼働から生ずる費用である。稼働費は変動性を基準にして2つのグループへ分けられる。表4は工場現場の機械センターが占める面積を基準にして変動する稼働費のリストである。モデルでは広い面積を占める機械は大きく、したがって電気料も高くなると考えている。稼働費は工場現場の生産面積（機械センター面積）から発生する。

したがって、稼働費をコンピュータ室へ配賦し、次に生産面積へ配賦するという手続は必要ではない。

工場建物の減価償却費は設備（CIM）の減価償却費と異なる処理をする。建物はCIMより経済的寿命が長く、そのベネフィットはほぼ毎年等しい。CIMは旧式化ないし非効率になれば取り替えられるが、建物は他の用途に使われる。したがって、建物の減価償却費は稼働費に加え、面積を基準にして機械センターへ配賦される。表4は面積を基準にした各機械センターへの稼働費の配賦を示している。稼働費は毎年発生するので各年度の生産量へ負担させる。1年より

長い期間を用いて稼働費を平均化すれば、各年度の製造単位数の変動を原因とする単位当たり稼働費の変動の平準化が達成できるが、モデルでは平準化方式を採用していない。表3第5行の各機械センターの見込生産（機械）時間数は各年度の数字である。各機械センターの見込生産時間数は各機械センターの基本生産計画（master production schedule）およびキャパシティ必要計画に基づいて各年度毎に変化する。表3第6行は機械センター時間当たり稼働費配賦率を示している。

モデルのコスト・フローを図解すれば図2の如くである。図2は変形費の諸費目とそれらから構成される原価集計額（cost pool）を示している。また図2は変形費配賦率の計算および機械センターを基礎にした変形費の製品への配賦を示している。

③ 費目3——機械センター費を基準にして配賦する稼働費

表5は機械センター費を基準にして各機械センターへ配賦される1グループの稼働費を示したものである。これらの諸費目を機械センター費を基準にして各機械センターへ配賦する理由は共通設備費を各機械センター費を基準にして配賦する理由と類似している。表5の多くの費目はNCMCの複雑性、オートメーション、およびスピードによって変動し、機械センター費が大きいほど表5の諸費目の消費額も大きくなる。表3第8行は各機械センターの機械時間当たり稼働費配賦率を示している。

④ 費目4——補助部門費

人事、給与、会計、エンジニアリング、設計、工程・生産エンジニアリング、製図などの諸部門から提供されるサービスは製造部門の円滑で効率的な稼働に不可欠である。これらのサービスの費用は利用者すなわち製造部門へ負担せしめられる。単純化のためにモデルでは種々の補助部門を大きく2つの補助部門にまとめている。表6は2種の補助部門として管理支援部門（administrative support）と技術支援部門（technical support）を示し、また5つの機械セン

ターが両補助部門から提供を受けるサービスを百分率で示している。製造部門へサービスを提供するために、管理支援部門には316,259ドル、技術支援部門には350,290ドル、それぞれ費用が発生する。

相互配賦後の両補助部門費額は次の2つの等式から求められる。⁽¹⁸⁾

$$A = 316,259 \text{ ドル} + 0.35 T$$

$$T = 350,290 \text{ ドル} + 0.25 A$$

上式より、 $A = 316,259 \text{ ドル} + 0.35 (350,290 \text{ ドル} + 0.25 A) \div 480,943 \text{ ドル}$

$$T = 350,290 \text{ ドル} + 0.25 \times 480,943 \text{ ドル} \div 470,526 \text{ ドル}$$

相互配賦後の両補助部門費の合計は $A + T = 951,469 \text{ ドル}$ であるが、表6では結果として両補助部門の実際原価発生額合計 $316,259 \text{ ドル} + 350,290 \text{ ドル} = 666,549 \text{ ドル}$ が各機械センターへ配賦されるようになっている。ホーングレン＝フォスターは $951,469 \text{ ドル}$ を人為的な原価 (artificial cost) としている。⁽¹⁹⁾

表3の第9行と第10行は機械センター時間当り補助部門費配賦率の決定に必要な計算を示している。

CIMの段取り費はプログラミング費と生産段取り費に分類する。プログラミング費は1製品種類について1度だけ発生し、工程分析、部品プログラミング、試験生産、特殊なダイス型や工具、および自動搬送準備の費用からなる。生産段取り費は新規生産の開始、中央コンピュータの新規生産のための部品プログラムの開始、工具セッター、段取りオペレーター、および積み降ろし装置の費用からなる。

⑤ 費目5——資産化プログラミング費の償却費

プログラム段取り費は、1度発生すれば、当該製品が製造される間は有用である。プログラミング費は当該製品が製造される間はずっと未来のベネフィットをもっているので、プログラミング費は資産化し、当該製品のライフ・サイクルにおいて製造される見込総製品単位数を基礎にして各製品単位へ負担せしめる。

⑥ 費目6——生産段取り費

1ロット100単位のサイズで製造しても、1ロット1単位のサイズで製造しても、生産段取り費はほぼ同じである。したがって、生産段取り費はロットのサイズとは無関係に、平均ロット・サイズを基礎にして製品単位当り費用率を求める。

表7は製品C100の単位当りプログラミング費と生産段取り費の計算を示している。プログラミング費と生産段取り費の単位当り配賦率は各製品について1度だけ計算すればよいが、変形費に属する他の4費目の配賦率は年1度又はFMSの経済的寿命に1度計算する。また、これらの4費目は機械センター利用度を基礎にして製品へ負担させるが、プログラミング費と生産段取り費は製造した単位数を基礎にして製品へ負担させる。

(3) 実際個別原価計算表

いま、製品C100が25単位完成し、機械センターE、B、およびCでそれぞれ機械時間を15分、35分、および80分要したとすれば、実際個別原価計算表は表8の如くなる。

表8 実際個別原価計算表

		製品：C100 バッチ・サイズ：25単位 作業手順：E-B-C
機 械 セ ン タ ー	加 工 時 間	
E	15分	
B	35	
C	80	
直接材料費(庫出請求データ・ファイルより)		74.48ドル
変形費		
費目1から4(表3第11行より)		
NCMCE: $98.82 \text{ドル} \times 15 \text{分} / 60 = 24.71 \text{ドル}$		
NCMCB: $116.33 \text{ドル} \times 35 \text{分} / 60 = 67.83 \text{ドル}$		
NCMCC: $134.39 \text{ドル} \times 80 \text{分} / 60 = 179.19 \text{ドル}$		271.76ドル
費目5および6(表7第9行より)		
$5.86 \text{ドル} \times 25 \text{単位} = 146.50 \text{ドル}$		146.50ドル
総製造原価		492.74ドル
単位当り製造原価 (492.74ドル÷25単位)		19.71ドル

FMSでは各機械センターで要した機械時間は中央コンピュータの工場現場制御ソフトウェア・モジュールから入手できる。

変形費に属する1から4の費目の機械センター別の機械時間当り配賦率は表3第11行、5と6の費目の製品単位当り配賦率は表7第9行にそれぞれ示されている。

直接材料費賦課額は庫出請求データ・ファイルから入手できる。

CIMでは製品原価計算に必要なデータは中央コンピュータによって収集される。したがって、コンピュータにプログラムしておけば、製品原価計算に必要な表1から表7までの明細表はコンピュータから入手できる。その結果、原価係は報告書作成に費す時間が減少するので、報告書の分析により多くの時間を費すことができるようになる。

(4) 変形費の製品への配賦額の要点

① 設備減価償却費の製品への配賦額

各機械センターの機械センター費合計に占める百分率を共通設備費合計に乗じた金額を求め、この金額と機械センター費の合計額である各機械センターの設備費を各機械センターの年間見込生産（機械）時間で除した率を各製品の機械時間に乗じた金額。

② 面積基準で配賦する稼働費の製品への配賦額

各機械センターの稼働費配賦額を各機械センターの年間見込生産時間で除した率を各製品の機械時間数に乗じた金額。

③ 機械センター費基準で配賦する稼働費の製品への配賦額

各機械センターの稼働費配賦額を各機械センターの年間見込生産時間で除した率を各製品の機械時間数に乗じた金額。

④ 補助部門費の製品への配賦額

補助部門費から相互配賦による相互配賦額を除いた実際原価発生額を各機械センターへ配賦し、各機械センターの補助部門費配賦額を各機械センターの年

間見込生産時間で除した率を各製品の機械時間数に乗じた金額。

⑤ プログラミング費の償却費の製品への配賦額

プログラミング費を製品ライフ・サイクルにおける見込生産単位数で除した率を実際製品単位数に乗じた金額。

⑥ 生産段取り費の製品への配賦額

生産段取り費を平均ロット・サイズで除した率を実際製品単位数に乗じた金額。

結 び

企業が生産性の向上および外国の企業との競争を指向することによって、米国におけるFMSの導入数は急激に増大している。FMSは少量から中量の生産量で中程度の製品多様性の生産状況に最も適合している。FMSの導入は多くの会社の製造プロセスを著しく変化させ、原価計算にも幾つかの問題を惹起した。それらの諸問題はFMSの取得、原価管理、製品原価の計算、および業績測定に係わる。FMSの原価計算に係わる問題点と解決策は前出の一覧表示の如くである。

米国企業におけるFMSの導入が増加すると共に、以上のような原価計算に係わる問題点と解決策も重視されることになるであろう。

CIMとしてのFMSでは、ダヴェールに拠れば、(1)直接労務費が劇的に低減し、総製造原価の5～10%となり、(2)従来の受注生産と異なり種々の労働力が必要となり（自動搬送システムのオペレーター、巡回オペレーター、故障修理者、工具セッター、段取りオペレーター、保全要員、コンピュータ・オペレーター、部品プログラマー、工程計画・分析者、オフィス要員・工場技師・会計係・職長・管理者から構成された支援スタッフ）、積み降ろしオペレーター・工具セッター・段取りオペレーターなどの直接労務費と巡回オペレーター・故障修理者・保全要員・コンピュータオペレーター・オフィスの支援スタッフな

どの間接労務費を区別することができるが、(3)直接労務費を各製品へ跡づけることが難しい（A製品2単位、B製品10単位、C製品1単位の順序でパレットへ積みば、各製品の作業時間を跡づけることが困難である）という問題が発生する。ダヴェールはCIMとしてのFMSにおける個別原価計算の方法として、直接労務費と製造間接費を一括して変形費（transformation cost）とし、直接材料費と変形費の2要素で製品原価を計算する方法を提唱している。ダヴェールの個別原価計算は直接材料費の計算では従来通りであり、変形費の配賦計算に従来と異なる特徴が認められる。すなわち、変形費の製品への配賦では変形費を①設備減価償却費、②稼働費（面積基準による配賦）、③稼働費（機械センター費基準による配賦）、④補助部門費、⑤資産化プログラミング費の償却費、および⑥生産段取り費の6費目に分類し、①から④の費目は異なる基準での機械センターへの配賦を通して製品へ配賦し、⑤と⑥の費目は直接的に製品へ配賦するという方法をとる。この方法はCIMという生産形態およびそこでの原価構成を考慮した、伝統的な全部原価計算の枠組における実際個別原価計算の改善案である。ダヴェールのモデルは量製品のロット生産を指図書を発行して行なう指図書別原価計算としても、受注品の指図書別原価計算として行なうことも可能である。

クーパー＝キャプランによって紹介されている活動基準原価計算（activity-based costing；ABC）の実践は、製品原価へ算入する製造費用の範囲に基づいて、全部原価システムとしてのABC⁽²⁰⁾と直接原価システムとしてのABC⁽²¹⁾に2分類できる。全部原価システムとしてのABCは、すべての製品関連の製造費用（明示されているのは製造間接費のみ）を製品単位関連費（unit-related costs）、バッチ関連費（batch-related costs）、および製品種類関連費（product-related costs）に3分類して、各費用を異なる配賦基準で製品単位へ配賦する。ダヴェールの実際個別原価計算モデルは製品関連製造費用を直接材料費と変形費に2分類する点でまた部門別に1本の配賦率を用いる点でクー

パー＝キャプランのABCモデルと異なるが、全部原価システムの枠組の中で提案された改善案である点では同じである。⁽²²⁾

なお、ABCはクーパー＝キャプランの独創ではなく、John Deere社、Siemens社、Schrader Bellows社、Mayers Tap社、Rockford社などの実践であり、⁽²³⁾ベアーはCaterpillar Tractor社が1940年頃からABCを実践していると紹介している。⁽²⁴⁾

注

- 1) Robert E. Bennett, James A. Hendricks, David E. Keys, and Edward J. Rudnicki, *Cost Accounting for Factory Automation*, NAA, 1987, P.45。
- 2) Ralph E. Winter, "Computer—Guided Tools Are Catching On", *Wall Street Journal*, February 28, 1986, P.6。
- 3) Donald E. Hegland, "Manufacturing Systems' Expanding Role", *Production Engineering*, July 1985, P.43。
- 4) Robert E. Bennett, et. al., *ibid.*, P.45。
- 5) *Ibid.*, PP.45—57。
- 6) Dileep G. Dhavale, Product Costing in Flexible Manufacturing Systems, *Journal of Management Accounting Research*, Fall 1989, PP.66—88。
- 7) Henry R. Schwarzbach and Richard G. Vangermeesch, "Why we Should Account for the 4th Cost of Manufacturing", *Management Accounting*, July 1983, P.28。
- 8) David M. Dilts and Grant W. Russell, "Accounting for the Factory of the Future", *Management Accounting*, April 1985, P.35。
- 9) Dileep G. Dhavale, "Product Costing in Flexible Manufacturing

- Systems”, *Journal of Management Accounting Research*, Fall 1989, PP.68—71。
- 10) Chang, Y. L., R. S. Sullivan, U. Bagchi, and J. R. Wilson, “Experimental Investigation of Real Time Scheduling in Flexible Manufacturing System” in *Flexible Manufacturing Systems: Operations Research Models and Applications*, K. E. Stecke and R. Suri, editors, Basel, Switzerland: J.C. Baltzer AG, 1985。
- 11) Hunt, Rick, Linda Garrett, and Mike G. Merz, “Direct Labor Cost Not Always Relevant at H—P”, *Management Accounting*, February 1985, PP.58—62。
- 12) Paprocki, J. T., “Flexible Manufacturing Systems Automating the Factory”, Second International Manufacturing Management and Technology Conference, Munich, Germany, 1979。
- 13) Horngren, Charles T., and George Foster, *Cost Accounting: A Managerial Emphasis*, 6th Edition, Englewood Cliffs, NJ: Prentice—Hall, 1987。
- 14) Thomas B. Lambert and Robert Ehram, “The Human Element: The Real Challenge in Modernizing Cost Systems”, *Management Accounting*, July 1987, PP.32—37。
- 15) Ford S. Worthy, “Accounting Bores You? Wake up”, *Fortune*, October 1987, PP.43—47。
- 16) Henry R. Schwarzbach, “The Impact of Automation on Accounting for Indirect Costs”, *Management Accounting*, December 1985, PP.45—50。
- 17) Robert A. Howell, James D. Brown, Stephen R. Soucy, and Allen H. Seed III, *Management Accounting in New Manufacturing Environment*, NAA, 1987。

- 18) Gordon Schillinglaw, *Managerial Cost Accounting*, 5th edition, Irwin, 1982。
- 19) Charles T. Horngren and George Foster, *Cost Accounting: A Managerial Emphasis*, 6th edition, Prentice-Hall, 1987。
- 20) Robin Cooper, ABC: A need, not an option, *Accountancy*, September 1990, PP.86-88。
- 21) Robert S. Kaplan, "First Speaker-Robert S. kaplan", *Journal of Management Accounting Research*, AAA, Fall 1990, PP.2-15。
- 22) Ibid., P.5。; Robin Cooper and Robert S. kaplan, "How cost Accounting Systematically Distorts Product costs", in Bruns and Kaplan(editors) *Accounting and Management*, Harvard Business School Press, 1987, PP.204-227。
- 23) 参考のため、以下に、同一の基礎データに基づいて、製品単位当り製造間接費の計算が伝統的な全部原価計算とABCシステムにおいてどのように異なるかをクーパーの計算例によって示してみよう (Robin Cooper, "ABC :A Need, not an option", *Accountancy*, September 1990, PP.86-88) 。

(1) 基礎データ

- 1) A社は4種の製品、P1、P2、P3、P4を製造している。4種の製品は同一設備で類似のプロセスを利用して生産される。
- 2) 4種の製品はサイズ(大きい、小さい)とバッチ・サイズ(高生産量、低生産量)を異にする。
- 3) 製造間接費の種類、費用率、発生額は次の如くである。
 - ①直接材料に関連した間接費(直接材料費の10%)
 - ②直接作業に関連した間接費(直接作業時間当り10ポンド)
 - ③機械時間に関連した間接費(機械時間当り15ポンド)
 - ④段取りに関連した間接費(段取り当り120ポンド)

⑤注文履行に関連した間接費（注文当り125ポンド）

⑥材料荷役に関連した間接費（荷役したバッチ当り25ポンド）

⑦部品管理に関連した間接費（部品当り500ポンド）

なお、①、②、③は直接インプット関連間接費、④、⑤、⑥は段取り関連間接費、⑦は部品数関連間接費とそれぞれ呼ばれる。

表 1 製造間接費の発生額

製 品	サイズ	バッチ サイズ	直接インプット関連間接費			段取り関連間接費			部品数関連 間 接 費	間 接 費 計
			材料費	直接作業時間	機械時間	段取り の 数	注文の 数	荷役の 数		
P ₁	小	低	60ポンド	5 時間	5 時間	1 回	1 回	1 回	1 単位	
P ₂	小	高	600	50	50	3	3	3	1	
P ₃	大	低	180	15	1	1	1	1	1	
P ₄	大	高	1,800	150	150	3	3	3	1	
計			2,640ポンド	220時間	220時間	8 回	8 回	8 回	4 単位	
間 接 費			264ポンド	2,200ポンド	3,300ポンド	960ポンド	1,000ポンド	200ポンド	2,000ポンド	
計			—	—	5,764ポンド	—	—	2,160ポンド	2,000ポンド	9,924ポンド

4) A社は全設備を1つのコスト・センターとして、直接作業時間基準で間接費を製品へ配賦している。

(2) 伝統的な全部原価計算による製品単位当り製造間接費の計算

表 2 製品単位当り製造間接費——全部原価計算

製 品	製 品 サイズ	バッチ サイズ	直接作業 時 間	間 接 費 配 賦 率	間 接 費 配 賦 額	製 品 単 位 当 り 間 接 費
P ₁	小	低	5 時間	45.11ポンド	225.55ポンド	22.56ポンド
P ₂	小	高	50	45.11	2,255.50	22.56
P ₃	大	低	15	45.11	676.65	67.67
P ₄	大	高	150	45.11	6,766.50	67.67
計			220時間		9,924.20ポンド	

注) 間接費配賦率(直接作業時間基準)は製造間接費合計9,924ポンド÷直接作業時間合計220時間=45.11ポンド

クーパーは表2の結果について、その特徴を①高生産量の製品も低生産量の製品も単位当たり同一の間接費を負担し（P1とP2は22.56ポンド、P3とP4は67.67ポンド）、②大きな製品は小さな製品に比べて単位当たり3倍の間接費を負担する（P1とP2は22.56ポンド、P3とP4は67.67ポンド）ことに求め、②は肯定できるが①は規模の経済を反映していないので欠点であり、その原因はすべての間接費を直接作業時間基準で配賦していることにありと指摘する。

(3) ABCシステム(全部原価システム)による製品単位当たり製造間接費の計算

表3の2)配賦額の計算における直接インプット関連間接費、段取り関連間接費、部品数関連間接費は、それぞれ製品単位関連間接費、バッチ関連間接費、製品関連間接費に相当する。

配賦計算の特徴を要約すれば、unit-related costsないしdirect inputs-related costsはunit-level cost driverを用いる。unit-related costsは材料関連費（受入材料運賃）・直接作業関連費（フリンジ・ベネフィット）・機械関連費（電力費）などであり、unit-level cost driverは材料費・直接作業時間・機械時間などである。

batch-related costsないし setups-related costsはbatch-level cost driver（段取り時間・発注回数・荷役回数）で配賦する。

product-related costsないし partnumbers-related costsはproduct-level cost driver（部品の数）で配賦する。

表3 製品単位当たり製造間接費——ABCシステム

1) 配賦率の計算

	間 接 費 の 種 類		
	直接インプット 関連間接費	段 取 り 関 連 間 接 費	部 品 数 関 連 間 接 費
間接費 計	5,764ポンド	2,160ポンド	2,000ポンド
コスト・ドライバーの 単位数 計	220時間	8回	4単位
配賦率	26.2ポンド	270ポンド	500ポンド

2) 配賦額の計算

①直接インプット関連間接費

製 品	直接作業 時 間	配 賦 率	配 賦 額
P ₁	5 時間	26.20ポンド	131ポンド
P ₂	50	26.20	1,310
P ₃	15	26.20	393
P ₄	150	26.20	3,930

②段取り関連間接費

製 品	段 取 り	配 賦 率	配 賦 額
P ₁	1 回	270ポンド	270ポンド
P ₂	3	270	810
P ₃	1	270	270
P ₄	3	270	810

③部品数関連間接費

製 品	部 品 数	配 賦 率	配 賦 額
P ₁	1 単位	500ポンド	500ポンド
P ₂	1	500	500
P ₃	1	500	500
P ₄	1	500	500

3) 製品単位当り間接費の計算

製 品	2) ①	2) ②	2) ③	間 接 費 配 賦 額 計	単 位 当 り 間 接 費
P ₁	131ポンド	270ポンド	500ポンド	901ポンド	90.1ポンド
P ₂	1,310	810	500	2,620	26.2
P ₃	393	270	500	1,163	116.3
P ₄	3,930	810	500	5,240	52.4
計				9,924ポンド	

クーパーは全部原価システムとABCシステムにおける製品単位当り間接費を比較して、次の3点を強調している。

- ①両システムでの間接費の差異は高生産量製品よりも低生産量製品の方が多額である。
- ②両システムで計算された間接費配賦額の差異は大きな製品よりも小さな製品が多額である。
- ③製品単位当り間接費の歪みはバッチ・サイズ、製品のサイズ、および製品の複雑性から生じている。

クーパーの主張するABCシステムの長所を要約すれば次の3点になる。

- ①バッチ・サイズの多様性を考慮する

全部原価システムでは高生産量製品の間接費配賦額が過大になり、低生産量製品の間接費配賦額が過少になる。高生産量の製品は低生産量の製品に比べ材料、直接作業時間、機械時間で間接費を10倍消費しているが、段取り、発注、荷役では間接費を3倍消費しているのみである。全部原価システムは間接費消費の違いを反映していないが、ABCシステムは間接費消費の違いを考慮している。

- ②製品サイズの多様性を考慮する

大きな製品は小さな製品に比べ、製品単位数を基礎にしたインプット（直接材料・直接作業・機械時間関連間接費）を3倍消費するが、製品単位数を基礎にしない（段取り数、発注数を基礎にする）インプットを同一額消費する。したがって、全部原価システムは大きな製品の間接費負担を過大にする。ABCシステムはインプットの消費の違いを考慮している。

- ③製品複雑性を考慮する

全部原価システムは製品レベルの間接費をバッチ・サイズと製品サイズにもとづいて計算するが、ABCシステムは製品の複雑性にもとづいて計算する。製品の複雑性は製品単位レベルのインプットをより多く消費するが、バッチ・

レベルや製品種類レベルのインプットを必ずしも多く消費するわけではない。

24) Germain B. Boer, "Second Discussant—Germain B. Boer", *Journal of Management Accounting Research*, AAA, Fall 1990, P.27。

SUMMARY

Cost Accounting in Flexible Manufacturing Systems……Isao Iizuka

Largely because businesses want to increase productivity and compete with foreign suppliers, the number of FMS installations in the United States is growing rapidly。

A FMS is most appropriate for low to mid—volume, mid—variety production situations。FMS installations have changed many companies' manufacturing processes substantially, and have accentuated several cost accounting problems。These problems include justification of the acquisition of the FMS; cost control; product costing, including defining the cost center, aggregating the costs related to the FMS, and determining the overhead application base; and performance measurement。

This paper made clear these cost accounting problems and their proposed solutions。Attention may be focused on these cost accounting problems as the number of FMS installations in the United States increases。

FMS job order costing model proposed in the context of full costing is examined in both the fourth paragraph and concluding remarks。