

日本における ATM の技術開発と企業組織

菅原尚雄

はじめに

戦後の日本の高度経済成長に貢献した製造企業は、小さな改善や革新の積み重ねによって技術革新（開発）が達成されることを証明した¹⁾。開発において改善が重要視されるようになった理由は、現代においてまったくの新発明は無くなり、新製品の基になる類似製品が存在する²⁾からである。この傾向は開発に対する考え方に変化を与えた。工業製品における開発の成功、失敗は機能、品質、期間のバランスによって判断されるようになった。これにともなって開発の成功には技術だけでなく、管理や組織編成が重要な役割を果たすようになった。

製造企業の生産工程は上流から順に、①コンセプト作り、②設計・試作・評価、③生産準備、④購買・生産、から構成される。ここで開発は①から③までを指す。新製品とは、生産工程が従来製品から大きく変化することである。筆者は工程の変化は必然的に失敗をもたらすと考える。開発で問題になるのは、前工程で作りこまれた不良が後工程へ影響を与えることである。その対策のために約束した納期に遅れる、あるいは品質が低下する。開発にともなって発生する不良をどうすれば効率的に解決できるか、が製造企業にとっての課題となった。これまで、品質不良の対策は技術力の向上が過大に評価されてきた。しかし最近では開発管理、技術者の教育、組織編成の改革が重要であることが認識されるようになった。

本稿では自動現金預入払出機（automated teller machine 以後 ATM と略す）を取り上げ、日本の製造企業がどのようにして ATM 開発を成功させたか、特に設計不良をどのようにして克服したかを明らかにする。ATM は産業分類ではコンピューターの周辺装置とされる³⁾。日本で現金を取り扱う自動機といえば ATM を指すが、世界では自動現金支払機（cash dispenser 以後 CD と略す）の方が一般的である⁴⁾。その理由は、日本社会では取引にもっぱら現金が利用

1) 革新の発展段階を4つ分け、第3象限に通常の革新を当て、日本企業の改善が、企業の市場競争力を飛躍させる累積効果をもち、既存の産業秩序の創造的破壊と再編をもたらした。米倉（1986）、pp. 163-171

2) 村上（1992）、pp. 200-201

3) 産業分類の ATM は以下となる。28 情報通信機械器具製造業、282 電子計算機・同附属装置製造業、2829 その他の附属装置製造業

されること、さらに銀行が ATM の普及に努めたからである。

ATM を取り上げた理由は、これまでの開発に関する研究は自動車など量産品が多く、生産規模が小さく⁵⁾、ハイテク製品である ATM の開発を扱っているものは見当たらない。

本稿の議論は次のように展開される。第1節では、日本における ATM 製造企業の開発史をたどり、その特異性を明らかにする。ATM 市場を形成したのは戦後の高度成長を支えた銀行で、自行の預金業務を合理化する目的で製造企業に日本独自の ATM 開発を要求した。ATM 製造企業間の競争が ATM の技術革新を加速させた。

第2節では、ATM 開発の初期、ATM 製造企業は目標機能をクリアしたが低品質であった。この理由を技術面から分析し、企業の品質向上策が妥当であったか、を検討する。

第3節では、ATM の開発に貢献した製造企業の組織編制、人材形成について検討する。先ず、ATM の開発では職能組織の発達だけでは不十分で組織間の連携を必要とした。この相反する行動を可能にした条件を検討する。次に相継ぐ開発が招いた経営危機を乗り越えるために有効に機能したリーダーシップと人材の形成について分析する。日本における企業内教育といえ、オン・ザ・ジョブ・トレーニング (on the job training 以後 OJT と略す) を指すが、ATM 製造企業における実態を報告する。

以上の分析は、韓国など金融自動機の開発に取り組んでいる後発の企業へ有益な情報を提供できるのではないかと考える。さらにハイテク技術の開発に携わる企業にとって新技術の獲得、あるいは技術者の育成について参考になるかもしれない。

1. 日本における ATM 製造企業の開発史⁶⁾

ATM の開発の経緯を解説するには銀行業務の機械化の歴史から始めなければならない。日本で銀行業務にコンピューターが利用されたのは、1965年に始まった三井銀行の預金オンライン・システムであった。営業店に預金端末、コンピューター・センターに預金元帳を磁気ファイルに記録したコンピューターを設置し、両者を通信回線で接続してオンラインによる預金処理が行われた。それまで機械化はわずかにアメリカの NCR 社やバロース社などから輸入したオフライン機 (単体でデータ処理を行う装置) を利用する程度で、預金業務のほとんどは窓口のテラーと後方の担当者との間で手作業による処理が行われていた。このために顧客の待ち時間は長く、人為的なミスも多かった。

4) 2006年現在の世界の ATM + CD の設置台数は約 150 万台 (CD が 90%)、日本の設置台数は 18 万台 (99% は ATM) と言われている。日立オムロン社提供 (2007年5月)

5) 2006年度の ATM 出荷台数約 2万5千台、約 840 億円、とある。電子情報技術産業協会 (2007)

6) 1960年代から 1990年にかけて日立の金融端末、ATM の開発を指揮した元設計部長 T 氏から、当時の開発状況、業界動向に関して行ったヒヤリング (2007年4月6日日立オムロン社 OB 会) を基に記述した。

1970年代に入るとテラーの使い勝手向上を狙った専用端末が開発された。テラーがカウンターで操作する装置で、入力用のキーボードと出力部（伝票発行と記帳のためのプリンター）が一つにまとめられており、窓口装置と呼ばれ、日本語の入出力が可能になった。続いて金融自動機が開発が始まった、オンラインCDである。これ以降、金融自動機は先進国アメリカとは独自の発展をたどる。先ず日本独自仕様として通帳印字機構（passbook mechanism 以後PBMと略す）がCDに標準装備された。記帳は日本独特のものである。アメリカでは取引明細票が定期的に郵送されるだけで、日本のように通帳に取引来歴を記録する習慣がない。さらに、他銀行のCDが使用できるようにキャッシュカードの共通化（全銀仕様の採用）、通帳の自動ページめくり機能が追加され、さらに利便性が増した。1970年代後半になると、CDの機能である現金支払いと残高照会に加えて、入金処理、為替振込み処理などが可能なATMが開発された。ここにテラーの代わりに預け入れと払い出しを無人で行う金融自動機が実現した。1980年代に入ると、銀行は経営の効率化のため、機械で出来ることは機械に任せ、預金業務を窓口から金融自動機へ誘導するようになった。このためには出金だけのCDでは機能不足となり、このころからATMが銀行の主役になっていく。ATM需要の増加は更なる技術革新を製造企業へ要求した。ATM内の現金を効率的に運用するため、入金した現金を支払いにまわす還流方式のATMへと進化した。

アメリカ企業からの技術的な自立

ATM技術の変化は表1-1から確認することができる。銀行の機械化は1960年代後半にスタートし、ほぼ10年毎に更改された銀行オンライン・システムにより、段階的に進歩した⁷⁾。すなわち第1次銀行オンラインでは元帳がオンライン化された。第2次ではCD、続いてATMが開発され、金融自動機の利用が普及し始めた。第3次では入金された紙幣を出金へリサイクルする還流型ATMが製品化され、ATMの利用が一般化した。今世紀に入っても新技術が開発され続けているが、開発の目指す方向に変化が認められる。1990年代までの技術開発の目的はテラーの代替としての銀行業務の合理化が中心であった。すなわち処理速度の向上、業務を止めない（休日対応、無故障など）ための工夫である。しかし、今世紀になると使用者の安全の追求へと変化しており、例えば銀行カードが磁気テープからICカード方式へ、さらに本人を特定する生体認証技術へと進化している。

これらの新技術はどのように獲得されたのであろうか。前掲のT氏によれば、ATM製造企業はアメリカ発の製品や技術の模倣からスタートした。それはプリンターとCDの国産化であった。このとき注文主である銀行は単なる国産化ではなく、新しい機能を要求した。それは

7) 銀行オンラインのネットワークは銀行内、銀行間、対顧客など多くのシステムに別れ、それぞれが個別に開発された。本稿では煩雑になるので銀行オンラインで代表させた。

表1-1 ATMの発展

年代	銀行オンライン	銀行の業務	ATM環境変化	H社ATM開発
1965年	第1次オンライン	元帳のオンライン化	住友銀CD（'69）	
1970年				
1975年	第2次オンライン	銀行間でオンラインCDが利用できる.	沖ATM（'77）	
1980年			沖還流ATM（'82）	非還流ATM（'79）
1985年	第3次オンライン	金融自由化対応	店外CD/ATM拡大 完全週休2日制（'89）	還流ATM（'85）
1990年			サービスの拡大 ・止まらない ・待たせない 24時間運用（'98）	大容量タイプ（'90）
1995年				
2000年			セキュリティの向上 生体認証付（2004）	

出所) 沖テクニカルレビュー（2002）、日立工場新聞（1972～1991年）を基に筆者作成

日本語を印字できるプリンターであり、CDでは通帳を取り扱うことであった。製造企業はこれらの日本独自の製品化を行なう過程で、アメリカ企業から技術的に自立した。先ず、当時のプリンターは英文字専用であり、カタカナ文字を印字するためには活字の数を96から128文字へ増やさなければならない。この開発で考慮すべきは、物理学の法則から重量が増えると慣性モーメントが増え、部品に大きな力が加わることである。試作機で寿命試験を行ったところ、目標回数に到達する前に折損する部品が多発した。設計者は目標値をクリアするために、強度計算をやり直し、材料を検討した。それでも問題があれば、部品の形状を工夫した。通帳を取り扱うPBMの開発は、既に製品化されていたテラー用の通帳プリンター（passbook printer 以後PBPRと略す）を基に設計されたが、工夫を要したのは通帳のジャム⁸⁾対策である。折れ曲がった通帳を装置に挿入するとき、操作者がテラーであれば通帳の折れ目を修正するのに対して、自動機では一般の使用者はそのまま挿入する。PBMが製品化された当初、通帳の折れ癖などにより、印字行が一定にならない（改行不良）、通帳の搬送ジャム、印字かすれ⁹⁾などの不具合が発生した。技術者はこれらを解決するため何度も設計変更を繰り返すことで技術を蓄積した。

8) 通帳、紙幣などの媒体が搬送路などに引っ掛け詰まることをジャム(jam)という。

9) 通帳と印字部の距離(gap)が狭すぎても大きすぎても正常に印字できない。

ATMの開発はジャムと静電気との戦い

ATMの開発に移ろう。1970年代の初め、CDの国産化が一段落する間も無く、各社はATMの開発をスタートした。ATMはCDの機能(出金)に入金機能がプラスされたもので、入金の処理手順は、①入金された紙幣を一枚一枚分離する、②搬送中の紙幣の鑑別を行う、③紙幣を金庫にスタックする、である。メカニズム設計者に工夫が要求されるのは顧客が入金口へ投げ入れた紙幣の取り扱いである。CD(払出機構)では係員が金庫に紙幣をセットするので紙幣の状態は一定の水準が確保される¹⁰⁾。これに対して、ATMの入金機構では顧客が財布から取り出した紙幣をそのまま装置へ投入する。従って、ATMでは、強い折ぐせがあるもの、中には端が切れている紙幣まで混じって投入される。使い古された紙幣は湿度の影響で腰が弱く、逆に新品同士は重なりやすい。ATMでは異常紙幣でも一旦は受け入れて、チェック後に異常紙幣は返却口へ返却される。このような制御を1秒間に約10枚の速度で紙幣を一枚一枚分離し、紙幣を搬送する¹¹⁾。紙が高速でこすりあうと静電気を発生し、帯電した紙幣は密着し、放電は電子回路を誤動作させる。ATMの開発とは、言い換えれば紙詰まり(jam)と静電気との戦いに他ならない。ここで、筆者が強調したいのは、このような物理現象を技術者が知らずに開発に取り組んだわけではなく、万全の準備をしても計画通り行かないのが開発である。メカニズムの開発で定評のある沖電気でも、初めてのATM開発で紙幣ジャムの対策に2年間を要している¹²⁾。

マイクロエレクトロニクス技術

ところで、ATM開発に影響を与えたアメリカ発の技術として、1960年代末に伝わったマイクロエレクトロニクス(micro・electronics以後MEと略す)技術を忘れることは出来ない。日本のメカニズム技術を飛躍させた新技術であった。それは国産化の過程にあったプリンターに取り込まれたことでATM製造企業に根付いた。当時のプリンターは、活字選択を加算機構で実現する非常に複雑なメカニズムであった。且つ動力源として一つのモーターを用いており、動力の伝達と遮断のためにクラッチと呼ばれる機構部品を利用していた。多くの金属部品が複雑に組み合わされた装置は容量、重量ともに大きく取り扱いが面倒であった。ME技術は金属部品の多くを電子化することを可能にした。例えば複雑な加算機構は電子部品とプログラム制御に置き換えられた。プリンターは機能別にユニットに分解され、各ユニットを小型モーターで駆動することで動力伝達機構は一変した。これらの結果、従来のメカニズム部品点数の60

10) 係員であれば、紙幣の状態をチェックし、ジャムの原因になる折ぐせを修正し、不良紙幣を取り除く。

11) 当初は5枚/秒であったが直に倍に高速化された(10枚/秒は搬送速度1m/秒に相当する)。

12) 沖テクニカルレビュー(2002)による。

～70%が削減された。これにより故障率が1桁以上向上し、さらに軽量化と小型化を可能にした。ME技術はメカニズム部品（製品に特化した専用部品）をエレクトロニクス部品（標準品）に置き換えることで開発投資の節約、開発期間の短縮を可能にした。この技術はオイルショック後の省エネルギー対策に最適な技術として、他のメカニズム製品に次々に採用されていき、メカトロニクス（mechatronics）技術¹³⁾と称されるようになった。ME技術がATM製造企業にもたらした変化は、それまでメカニズム製品の設計は機械工学出身者の独擅場であったが、彼らに混じってエレクトロニクス、ソフトウェアの技術者が入り込んだことである。彼らが持ち込んだデジタル制御技術はメカニズムの各所にセンサー（sensor）を搭載することにより、媒体の動きを監視しながらメカニズムを動作させることを可能にした。この結果、技術者は媒体の動作をより確実に、微細に、制御できる装置を設計できるようになった。また、各ユニットに実装した小型モーターはユニット間の同時動作を可能とし、効率的な処理速度の高速化を実現した¹⁴⁾。

ATM製造企業の成立

これまでATM製造企業における新技術の獲得について見てきたが、次にATM製造企業の成立について見よう。1960年代、コンピューター・メーカーはシステムの販売が拡大するにしたがって、入出力用の周辺装置を開発する部門が必要になった。他方で超小型のコンピューターが開発され、当初は大学の研究室あるいはオフィスなどで補助的に利用されたが、次第に使い勝手が改善されて個人用途が拡大していった。これらの超小型コンピューターも周辺装置を必要としたので、周辺装置を開発・生産する企業（大会社の場合は事業部）の設立を促した。このような需要から設立された企業の一つがATM製造企業であった。当初、彼らの多くは金融端末以外に、交通機器（券売機、改札用ゲートなど）、超小型コンピューターまで多種多様な製品開発を行っていた。金融端末だけでは工場経営に十分な生産が確保出来なかったからであった¹⁵⁾。

このように周辺端末産業が未発達なときに、製造企業がATMの開発を決心したのは銀行の

13) メカトロニクスは機械工学（mechanics）と電子工学（Electronics）を合わせた和製英語で、安川電機の技術者の発案とする説があるが明らかではない。

14) 高速化には次の2種がある。①装置の駆動系がシリアルに連結されているとき、系全体を高速化する必要がある。その場合、速度の2乗に比例した負荷が部品に加わるため、部品の強度アップが必要となる。②ユニットを並列に動かす方法では負荷の増加が抑えられる。

15) ATMの国内販売は1986年約7,200台（約770億円）、1990年約14,000台（約920億円）であった。ATM事業では研究開発の技術者を一定数以上確保する必要があり、従業員1,000人程度の規模が最低限必要とされた。1990年代に入って超小型コンピューターがパーソナル・コンピューターに統合されたとき、周辺装置の需要が拡大し、端末工場は技術分野別に改編された。日立オムロン社提供（2007年5月）

存在を抜きには考えられない。当時はメインバンク制が確立していた時代で、メインバンクを中心に企業グループが形成されていた。これらグループから6社が相前後してATMの開発に参入した。メインバンクは自行の業務合理化のためにコンピューターを導入し、端末装置としてATMの開発を要求した。大企業の側でも多角化が盛んであったことから、ATM製造企業は積極的に開発競争に参加した。しかし1980年代前半、銀行端末事業の経営は安定しなかった。経営上の問題として次の二つを指摘できる。第1に、年間を通して生産が安定しなかった。約10年間隔で行われた銀行システムの更改時には受注が激増するが、納入が一段落すると受注は極端に落ち込んだ。そのたびに工場経営は黒字と赤字を繰り返した¹⁶⁾。第2は、開発費の増加と不良対策費による原価アップであった。銀行はシステム更改の度に、ATM製造企業に技術革新を要求した。製造企業はこれに応えるため、現製品の開発が終了すると直ちに次の銀行オンラインに向けて研究を開始した。次いで銀行の製品仕様が決定すると、急遽製造企業は製品化に着手した。このような開発の繰り返しであったために、製造企業は銀行の要求した機能は実現できたが、生産性の改善まで手が回らず原価高で、さらに製品の稼動品質が悪かった。ところが銀行は同業他社との競争から品質向上を強く要求した。製造企業は、品質が約束値をクリア出来なかったとき、製品の出荷後に不良原因を究明し、稼動中の装置を現地で改造(field changeを略してFCと呼ぶ)することで対応した。銀行は技術革新と品質向上を同時に要求した¹⁷⁾のである。

売れば売るほど赤字が増える悪循環

ATM製造企業は、度重なる開発、不良対策のためのFC、製造における原価高、などの費用を装置の売り上げだけでは回収出来なかったため、ATMは売れば売るほど赤字が増える悪循環に陥った。特にこの状況は、1980年代高度な技術が要求された還流型ATMの開発時期に顕著であった。ところが赤字体質から抜け出すために業務改革に挑戦したATM製造企業が現れた。前掲のT氏の報告によれば、H社では還流型ATMの開発の最中に、それまでの手作りの設計を改め、品質と生産性を向上すべく開発のやり直しに着手した。担当工場だけでは技術者が不足のため、研究所や他の工場から応援を得て実施された¹⁸⁾。実際にATM部門の黒字化が達成されたのは改革が行われてから数年後の、1990年代になってからであった。これ以後ATMは黒字機種として経営に貢献するようになり、現在ATMのトップ企業に成長した。

16) 製造企業の赤字の多くは生産量の減少によって発生する。工場全体の工数の90%を切る危険とされ、生産部門長は作者の一時派遣先を探した。

17) 一般的に、競争の中心は、性能→信頼性/利便性→価格、へ移る。クリステンセン(2001), p.265

18) 還流型ATMの開発に同期して行われた生産性の改善に関する報告がある。(日立旭工場、研究報告374号、1986年4月30日)

なお、すべての ATM 製造企業が改革に成功した訳ではなく、改革に成功した企業だけが 21 世紀生存している。次節以降で、ATM の生産性、品質がどのように改善されたか、について技術と組織編制の面から分析を試みる。

2. ATM の技術的特徴とその深化

前節から、日本の ATM 製造企業はアメリカ発の技術をベースに独自の工夫をする中で、技術力を向上させ、アメリカ企業の技術開発力を凌ぐようになった。しかし開発された ATM は銀行が要求する機能は満足したものの、低品質であった。この様子は図 1-1 に示した H 社の ATM の稼働状況に良く現れている。H 社の ATM は 1979 年末から出荷されたが、翌年の障害率は非常に高く、0.42 件/月・台であった。しかし、1983 年には 0.14 と大幅に改善されている。それ以後も確実に低減されており、2000 年には当初の 1/6 に相当する 0.07 件まで改善されている。H 社では、この間に 8 機種種の ATM が開発されて市場に出荷されている。次期製品を開発するとき、それまで蓄積した技術を取り込むので前機種を上回る品質が達成されるのは当然とされ、新製品と旧機種種の品質レベルは階段状に改善される。しかし、品質は稼働している製品すべての障害率の平均から算出されるため、新製品の市場シェアの増加した分しか改善されない。したがって品質の推移は連続的な下降カーブを描く。ところが図から判るように H 社の品質は初期の数年間、シェアの拡大以上に急激に改善されている。このことは新製品の投入以外に、①生産ロット毎に品質が改善される、②稼働中の製品が現地で改善 (FC) される、などが行われたことを示す。

ところで FC に関しては H 社に限ったことではないことが知られている。ATM 業界では納

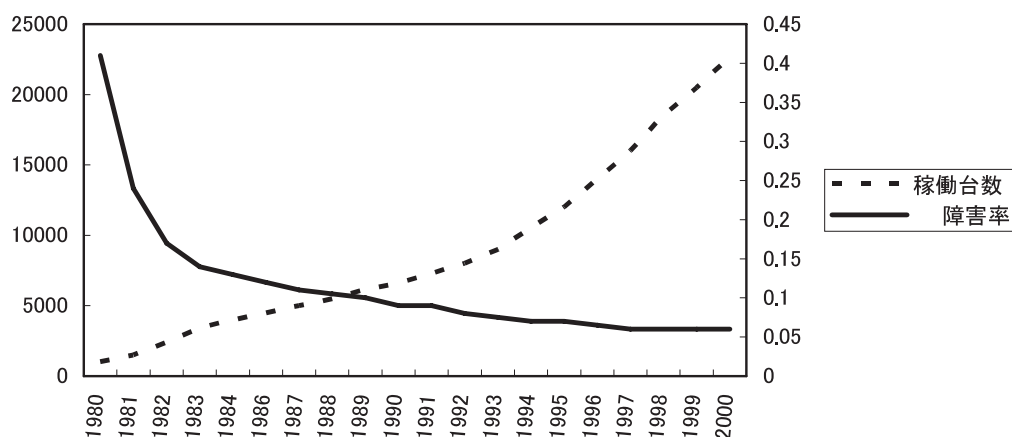


図 1-1 ATM の障害推移

出所) 日立 『品質裏の細道 30 年』

入後の保守は、ATM 製造企業あるいはグループ内の保守専門会社が行っており、他社の FC 情報はすぐに保守会社経由で入手できたからである。このように 1980 年代、多くの ATM 製造企業が低品質に悩んでいた。しかし、H 社の事例で示したようにこの状況は 1980 年代中頃までに飛躍的に改善された。品質が向上したのは、銀行をはじめ金融機関が ATM の品質向上を強く要求し、ATM 製造企業がこれに応えたからであろう。さらに H 社の様に品質に伝統的に熱心だった企業が先行したことにより品質競争を煽った面も見逃せないところである。しかし、そのように品質に熱心であった企業においても、開発の当初、低品質のまま出荷せざるを得なかった¹⁹⁾ 理由は、他社とのシェア競争のほかに ATM がもつ技術的な要因があったと思われる。本節ではこの点を取り上げ、技術的な特徴、他の産業との比較により不良対策が難しかった理由を分析する。次に企業が不良の要因を克服するために採用した対策の効果について検討する。

ATM 技術の特徴はメカニズム

まず ATM の技術的な特徴の分析からはじめよう。先行研究に藤本 (2003) の設計思想 (アーキテクチャ) による分類がある。製品を構成する部品が定型的な組み合わせのときモジュラー (組み合わせ)、要求機能によって変化するときインテグラル (擦り合わせ) と呼ぶ。さらに部品が業界標準であればオープン、企業独自の設計品であればクローズとなる。これらを組み合わせると 4 通りとなるが、インテグラル・オープンはありえないので 3 通りの製品が定義される。これによれば、ATM は紙幣取り扱い機構、通帳印字機構などにモジュラー化されている。それは開発や生産の都合のために分割され、そのインターフェイスは企業独自である。さらにモジュラーを構成する部品の多くは企業、機種毎に異なり、そのような部品の組み立てには調整が必要である。以上の理由に基づいて ATM は図 1-2 に示すようにインテグラル技術に分類される。インテグラル技術は企業独自であることからその技術は多岐にわたる。従って類似の機能を果たす場合も業界で標準化された技術は存在しない。このように仕様が同じでも実現する方法がいくつも存在する技術は何であろうか。ATM の設計にはコンピューター、通信、エレクトロニクス、メカニズム、ソフトウェアなどの多くの技術が使用されるが、これらの中で独自性が強い技術はメカニズム、ソフトウェアであろう。その特徴は、①設計仕様を正確に文書化することが難しい、②個人のノウハウが設計の巧拙に影響を与えやすい²⁰⁾、③設計するときに造り込んだ不良を摘出するテスト条件の設定が難しい、④品質が安定するまで時間を要

19) 日立『品質裏の細道 30 年』に、品質の責任者が他社との競合から、やむを得ず不良品の出荷を決断し、保守の特別体制を布く、の記述がある。

20) ソフトウェアでは、アメリカで開発された設計 / デバッグ手法が日本に導入された。メカニズムでも最近ソフトウェアの手法を真似た PCL (program check list) が試みられている。

	インテグラル (擦り合わせ)	モジュラー (組み合わせ)
クローズド	クローズド・インテグラル型 ATM 自動車 軽薄短小家電	クローズド・モジュラー型 メインフレーム レゴ
オープン		オープン・モジュラー型 パソコン・システム パソコン本体 インターネット商品

図 1-2 アーキテクチャーによる産業分類
出所) 藤本 (2003), p. 90 を基に筆者作成

する, などである。

これらは ATM の開発や生産に次の影響を及ぼした。筆者の経験から、開発における設計デバッグ (debug) や評価試験で摘出される不良の 80% 以上はメカニズムとソフトウェアが占める。中でもメカニズムの問題は開発終了後の生産においても多くの作業不良を発生させることである。開発を成功させる、即ち目標とした機能・性能の実現、計画期間内の完了、生産における目標原価の達成、のためにはメカニズム設計者の業務をどのようにマネージするかで決まるといっても過言ではない。

メカニズムは調整の技術

メカニズムの分析に入る前に、筆者なりにメカニズムの定義を試みると、「多くの部品が組み合わされた仕掛けで、外部の動力源からエネルギーを伝達し、部品を回転あるいは移動することにより目的の仕事を行なう」となる。多くの部品が組み合わされてそれぞれが運動できるためには、部品間の寸法精度を決められた範囲に保つ必要がある。これを調整と呼び、他に例がない特徴となっていることから、メカニズムは「調整の技術」と言うことができる。

メカニズム製品の開発および生産において問題が多い理由として次の二つを指摘することが出来る。第 1 に標準部品が少ないこと²¹⁾、第 2 に調整の存在をあげる。第 1 について、取り扱う媒体によって異なる動作を要求されるメカニズムでは、部品の形状、材料などを個別に選択、設計する必要がある。モーター、センサーなど準標準の部品も存在するが、ほとんどは機種毎に異なる。代表的なものとして板金部品がある。機械的な仕掛けを形成する部品で薄板鋼板を

21) 代表的なメカニズム部品の中で、螺子は業界の多年にわたる努力で規格化が行われた数少ない部品である。しかし重要な場所に使用する場合、個別に設計されることはまれではない、この他にベアリング、モーターなど、一見すると標準部品に見えるかもしれないが、負荷条件によって注文生産されている。

打ち抜いて作られる。これに対してエレクトロニクス製品は標準化が進み、業界共通に使用される。以上の分析から分かるようにメカニズム製品では開発の都度、新規に大量の部品図面が作成されることになる。一般的に設計不良は設計量に比例するため、メカニズム製品では設計不良の発生確率が高くなる。そこで企業は設計段階で不良を対策するため、各種シミュレーター (simulator) の利用や CAD・CAM (computer aided design, computer aided manufacturing) などの最新機器を導入して、設計不良を造り込まない、もしくは設計の段階で DR (design review) を念入りに行うことで潜在不良を摘出しようとする。

第2の調整について、部品を加工するとき必ず寸法に公差²²⁾が発生する。この公差を考慮しないで組み立てを行うと、機能が出ないだけでなく、こすれ、きしみなどにより滑らかな動作が行われぬ。また異常磨耗につながり寿命にも影響する。これらの防止には2つの対策がとられる。①加工の公差を指定の範囲に管理する。加工の方法によって寸法、曲げ角度の精度が微妙に異なる。加工精度を一定内に抑えるため板金加工を内部化している企業が多い。外部から調達する場合でも一度部品メーカーを決めると品質上の理由から長期間変更しない傾向がある。②指定された調整値を守る。このために作業手順書の整備、治工具の準備、作業者の教育を行う。しかし上記①、②の対策が行われたとしても、メカニズム製品は他に較べて生産に熟練が要求される²³⁾。

ATM と自動車の開発比較

これまで ATM が製品化された当時の品質が悪かった理由を技術面から分析して、その原因がメカニズムにあること確認した。さらに ATM 開発の特徴を明らかにするには他の産業に分類される自動車²⁴⁾との比較が有効であろう。自動車を取り上げたのは、アーキテクチャ論で共にインテグラルに分類され、さらにメカニズム製品としての共通性を持つからである。表 1-2 に ATM と自動車の比較を示す。ここで開発を、製品を構成する部品全体の半分以上を新たに設計しなおす²⁵⁾と定義する。また、自動車に関するデータは藤本・クラーク (1993) における新車開発プロジェクトの日本車の平均値を使用した。

22) 機械加工で、工作物の許しうる最大寸法と最小寸法との差を言う。

23) 製造業では、初期ロットの製造コストは割高になる。生産を続けるに従って作業者が仕事に慣れ、加工・組み立ての作業時間が下がってくる (学習効果)。メカニズム製品では、よりコスト低減のカーブの下がり方が鈍い。熟練作業者をもってしても、製品間の相違点が多く作業者が憶えるのに時間がかかるからである。

24) 本稿で取り上げた自動車は、受注生産品を除く、量産品を指す。

25) ATM の開発では部品の 90% 程度が変更されたのに対して、自動車の新規設計部品の割合は日本 82%、アメリカ 62%、ヨーロッパ 71%、と日本が一番高い。その理由を、既製部品を使えば信頼性、耐久性のテストが不要となり開発効率は高まるが、製品全体の首尾一貫性が損なわれる、と主張する。藤本・クラーク (1993), p. 197

表1-2 ATMと自動車の比較

NO.	項目	ATM	自動車
1	産業分類	情報通信機器	輸送機器
2	インターフェイス	回線通信	単体
3	生産台数 一機種最大の	約1万台	数百万台
4	国内販売台数(06年)	約2万5千台	約650万台
5	売価(万円/台)	約300	100~300(小型)
6	製品化時期(日本) (量産)	1970年代	1955年 (トヨタ クラウン)
7	部品点数 (機構部品 千個/台)	約10	約30
8	開発工数 (百万時間)	約0.62 (S/W:43%)	約1.7
9	リードタイム (月)	約24	約45

出所) ATM:日立オムロン社提供(2007年5月),自動車:藤本・クラーク(1993)を基に筆者作成

1980年代におけるATMと自動車の開発を、①コンセプト造り、②設計・試作・評価、③生産準備、の工程別に比較する。相違点は注文主、生産量の違いによるもので、①のコンセプト造りでは、ATMが、銀行などの金融機関が処理速度など機能を中心に機種を選定するのに対して、自動車では、一般の購入者に向けたイメージ造りが重視される。このためコンセプトを直に機能仕様書に落とすのが難しい。そこでコンセプトともの造り(設計・生産)の間を橋渡しするために新たな工程である製品プランニングが設定される。②の試作工程では、ATMが設計デバッグを主な目的にしている²⁶⁾のに対して、自動車では、評価項目が非常に多く、且つ複数台を使った評価が行われる。このためATMに較べて試作機の台数は20倍も多い²⁷⁾。③の生産準備では、ATMがベテランによる手作業を前提にしているため簡易であるのに対して、自動車では直ぐに大量生産が始められるように開発車に合わせた詳細な組立工程が設定され、専用設備の設計が行われる。

開発の生産性

開発の生産性を比較する。表1-2から部品点数ではATMは自動車(小型車)の約1/3、開

26) ATMでは人命に関係する障害が皆無に近いことが前提にある。

27) 日本は他国に較べて試作機の台数が少なく、38台、量産試作機53台が製作される。藤本・クラーク(1993), p. 255

発工数では約 1/3、開発の開始から発売開始までの期間（リードタイム）では約 1/2 である。一般的に開発の生産性を比較するとき、部品点数が基本となる。ただし、ソフトウェアは部品点数にカウントされないので注意が必要である。H 社では、ソフトウェアの割合が開発工数の 43% を占めていた²⁸⁾ ことから、ATM の開発工数は自動車に較べて少なすぎると考えるのが妥当であろう。これとは逆にリード・タイム比 1/2 は部品点数比 1/3 と較べて大きいのは次のように説明できる。①開発では決められた工程を順番に消化するために一定の時間が必要である。②全ての工程は設計→試作→テストの順序で進み、不良が発見されると最初に戻って検討からやり直すために時間を要する。③試作の製作、改造のための部品加工、組立に時間を要する。④ソフトウェアのデバッグはメカニズムが動作しないと開始できないため、その分リード・タイムが長くなる。

以上の検討から、ATM の開発工数は自動車に比べて不足していると考えられる。自動車並みの設計品質を得るためには、開発人員の増加あるいはリード・タイムの延長²⁹⁾ が必要であろう。

生産台数と技術進歩の比較

次に、生産台数、製品化時期、について検討する。先ず生産台数の違いについて、製造企業では一般的には生産台数が増えるに従って生産効率が向上する（収穫逡増）。ATM では同一機種の子生涯生産台数は多くても 1 万台程度である。これに対して自動車は、数十万台以上が標準である。投資金額は生産台数で決められるので、ATM は自動車に比べて開発と生産設備の投資が制限される。この結果は開発、生産に次のような問題を発生させる。①試作機台数、シミュレーターの導入が制限される。その結果、動作解析、部品の加工精度のバラツキの確認など設計デバッグが充分行えないため、生産で多くの設計不良が発生する可能性が高くなる。②金型投資は加工費を節約するだけでなく、専用型を使用すると部品の寸法精度が向上する。さらに優秀な設計者は周囲の部品を取り込んだ型を設計して部品数を減らす。金型投資を抑えられる ATM では、自動車に較べて相対的に部品数が増えることになる。部品数が増えると組み立てのとき、部品の寸法公差が累積して調整箇所を増加させる。③組立において部品の位置関係が重要で且つ一度に数百個も製作するとき、ロボットを使用すると高精度で効率的な作業が可能である。しかし、設備投資の削減はこれらの設備の導入を断念させ、ほとんどの組立作業は人手で行われることになる。このため作業者の熟練度が品質や生産性に大きく影響する。

次に、製品化時期から、両者に技術進歩のスピードに大きな差があったことが判明する。日

28) 日立オムロン社部長 S 氏からのヒヤリング（2007 年 5 月）を基に筆者が算出した。

29) 前掲 S 氏によれば 1980 年代、ATM 開発のリード・タイムの実績は 2 年程度であった。計画は通常 1 年とされたが、品質的な問題から遅延した。背景に銀行の要求と他社競争があった。

本の代表的な自動車メーカーであるトヨタは戦前から小型自動車の開発と生産を行っていたが、1950年代後半になっても自動車の性能、品質は先進国アメリカに及ばなかった³⁰⁾。革命児と言われるホンダにおいても、4輪自動車に進出した1963年からアメリカ輸出の先駆けとなるCVCCエンジンの開発(1972年)まで9年を要した。日本の自動車メーカーがアメリカ企業を追い越したのは、1975年頃と言われる³¹⁾。これに対してATMでは、沖電気を例に挙げると、1970年にオンラインCDの1号機を出荷してから、7年後の1977年には世界初のATMを製品化した。さらに1982年、還流型ATMの開発に成功している。競合他社も沖電気に続いてきたことから、ATMの開発技術はCDの国産化から15年足らずでメカニズムの完成版と言われる還流型ATMまで進化し続けたことになる。このことから逆に、ATMは自動車に較べて技術進歩が早すぎて、設計方式が未成熟となり、開発で設計不良の発生する確率が高くなった、と言えるかもしれない。

ATM技術の深化

ATM製造企業が採用した設計完成度の向上策は技術の深化であった。それまで行われていた開発は、効率を重視する方法で、アメリカで開発された製品の足りない部分だけを追加開発する方法であった。このため設計者は動作原理を完全に理解しないまま、もの造りを行っていた。模倣の上に築かれた技術と言える。模倣技術とは途上国が工業化を開始するときに採用した開発方式である。筆者は、技術的に自立しなければ、技術は進歩しない、と考える。途上国の技術発展は段階的に進むとされ³²⁾、その最終段階は国産化とされる。ここで国産化は、二つに分類できる。先ず先進国の製品を模倣する(reverse engineering)段階にとどまっている場合である。この段階でも事業化は出来るが先進企業を超えるのは難しく、低品質を余儀なくされる。第2は、先進国の技術を吸収したうえで独自の技術を獲得する場合である。模倣においても設計図を作成するが、開発の手順を大幅に省略している。ここでいう開発とは一般的な定義と異なり、当該企業にとっての新しい挑戦を意味するため、製品開発だけでなく、既製品の機能や品質の改良を含む。改良といえども小手先の変更ではなく原理に遡った分析が要求される。その特徴は要素技術と装置設計の2段階に分けて行うことにある³³⁾。要素技術の開発は次の手順で進める、①製品機能を要素に分解する、②要素別の設計仕様案を書き出す、③設計仕

30) 元トヨタ専務の根元氏の口述記録に、アメリカへ輸出したトヨタ製クラウンで高速性能が得られず撤退した、とある。下川・藤本(2001), p.153

31) 伊丹, 加護野, 小林他(1988), pp.15-30

32) キャッチアップ型の技術発展は段階的に進むとされ、その研究の多くは3~5段階に分類したものが多
い。林武は技術自立を、①操作技術の習得、②導入した機械・設備の保守、③修理と一連の小改良、④設
計と企画、⑤国産化、の5段階とした。林武(1986), p.66

33) 前掲S氏(2007年5月)、沖電気技師長K氏(2007年8月14日)からのヒヤリングによる。

様を実現するための技術的な課題を整理する、④計算や実験により課題を解決する。④では、技術者は部分的な試作機を造り実験を繰り返すことで設計仕様を確認にする。第2段階の装置設計では、第1段階の要素技術で得られた要素部分を統合して全体装置を試作し、各要素が期待したように動作するか評価する。この一連のプロセスこそが開発である。ここで要素試作のアウトプットは実験ノートなどの技術資料、特許などである。これに対して装置設計のアウトプットは、部品図、組立図、調整基準書などからなる。この他に文書化されない多くのノウハウも獲られるだろう³⁴⁾。2段階の手順を踏む目的は、機能仕様を明らかにすることである。設計者が作成する図面は、全ての項目に対して技術的な根拠が求められる。トレーサーが描く図面とは基本的に異なる。これらの技術的な根拠の多くは、上記の要素技術から得られる。従って、独自技術の開発には、模倣と比べて人材、時間などが余分に必要となるため、経営方針にも影響する。日本の製造企業が要素技術にこだわるのは、同じ機能でも実現する技術は幾通りもあり、一度選択した技術は何年間にもわたって磨かれ、当該企業の競争力として評価されるからである。開発における創造的な業務としてコンセプト造りばかりが目されるが、設計仕様の項目を設定し、これを一つ一つ実証するプロセスこそが製品開発の要諦である。模倣から出発した日本の ATM 製造企業は開発で失敗を繰り返した末に漸く自力による設計に転換した。正規の設計手順を踏まなければ、問題に突き当たったときいたずらに試行錯誤を繰り返すだけで解決に結びつかない、ことを技術者が得心し、経営幹部も開発の2段階方式を承認した。

これまで述べた開発方法は、企業によって若干の変更は加えられたが、多くの ATM 製造企業に採用された。不良が発生したとき、原因の追究、根本対策に効果的で設計品質を向上させた。これと並行して行われた品質向上活動は組織編制が関係していた。これについては次節で扱う。

3. ATM 製造企業の組織と人材育成

これまでの議論から、ATM 事業を成功させるためには次の3項目をクリアする必要がある。第1に、技術力を向上させて設計完成度を高める。第2に、生産の初期段階に潜在する不良をできるだけ多く摘出・対策することで早期に目標の組み立て時間 (standard time) をクリアする。第3に、組立、調整の作業を正確に短時間に行う熟練工の養成である。本節では、日本の ATM 製造企業がこれらの課題に応えるためにどのように組織を強化したかについて検討する。

34) 技術者たちが獲得した知識の多くは文書化できる形式知ばかりでなく、暗黙知の占める割合が高い。

職場の専門性強化と組織連携の両立

現代企業の特徴の一つに職能組織³⁵⁾の発展がある。工場の生産ラインは設計、生産、検査の各部門に分かれ、これらを指揮するのは工場長である。分業により職場の専門性が進むことで上記3項目への対応がどのように取られるかを検討しよう。第1の設計完成度の向上について、開発は設計部門の職務であり、経験を積むことで技術の蓄積は進むだろう。しかし開発を設計部門単独でやり遂げられるだろうか。開発は時間との競争であり、開発の最も重要な業務である何千件にも及ぶ不良の摘出、原因解析、対策立案、確認の工程を設計部門だけで推進し管理できるだろうか。むしろ不良の摘出、対策内容の確認は検査部門の方が適役であろう。また不良管理は再発防止の見地から製造企業にとって非常に重要であるが、時間に追われた設計者に任せると間欠性の (intermittent) 不良を見逃すことがある。これらを防止するために検査部門との協働が有効であるが、分業を追求しすぎると協力関係は期待できない。

第2に、生産部門にとって、設計不良は生産性向上の最大の障害であるため、不良の早期摘出・対策を早く完了して、標準時間を達成したいと考えるだろう。しかし不良の発生に伴って生じる作業時間の損失を生産部門の責任にされるなら、生産のチーム・リーダーは作業が続けられる限り不良を無視するだろう。また、誤りやすい作業は設計を変更することが望ましい。しかし、生産に移行後の一切の責任を生産部門が負う分業体制の下では、設計部門は他部門の業務に取って手を出そうとしないだろう。不良が繰り返され、企業イメージを傷つける事故が発生した後で、これに気付いた経営トップ自らが原因を究明し設計不良と判定するまで、設計部門は不良に関心を示さないに違いない。このような製造企業では生産性向上や品質改善が遅々として進まないだろう。

第3の作業熟練について、筆者の経験では、ATMに限らず日本の製造企業では、熟練工は設計不足を補うために養成された³⁶⁾。作業者は経験を積むことで設計者の意図するところを理解し口頭指示だけで作業を行えるようになった。しかし、工場長は口頭指示を作業不良の原因として禁止した。時間に追われた設計者は設計図に組立上の注意事項を書き加えて、生産図面として提供した。そのような組立図を理解できるのは経験者に限られていたが、それでも生産が混乱しなかったのは熟練工が職場を支配していたからである。言い換えると、設計者と作業者の間で密なコミュニケーションが行われていたから不完全な作業図でも通用した³⁷⁾。以上は極端な事例であるが、筆者の主張は、メカニズムにおける調整作業にはノウハウが多いため、設計部門と生産部門が連携しないと満足できる調整の手順を決められない³⁸⁾、ことにある。

35) 職能組織は19～20世紀にかけてアメリカで発展した。村山・地主 (2004), p. 107

36) 熟練の特徴は異常処理が出来ることで、熟練工の養成は職場ローテーションによる作業範囲の拡大の他に、座学による専門知識の吸収が必要である。小池 (1999), 第1章, 第6章

37) 熟練は生産現場と密接な関係があるため、他企業でそのままでは通用しないことが多い。

フォーディズムに対する日本生産方式

これまでの議論から設計完成度を向上するためには設計能力の向上が必要であるが、それだけでは不十分である。なぜなら、設計が複雑になればなるほど設計不良が入り込む確率が高くなるからである。そこで設計不良を効率的に摘出するために組織間の連携が有効となるが、これはレギュレーション理論が主張するテイラリズムやフォーディズムといったアメリカ生産方式に対する日本生産方式の対比³⁹⁾に相当する。この考え方は日本の自動車産業にも通ずる⁴⁰⁾。

分業と組織間の連携は相反する行動であるため、これを両立させるためには「調整者」が必要となる。工場経営の責任者は工場長であるが、従業員の行動を監視してすべての項目に的確な指示が出来るであろうか、人間である以上能力の限界がある。そこで工場長から任命されたチーム・リーダーがサポートすることになるが、全員の連携が効果的に行われるための条件を二つ指摘できる。①職階の数を減らして伝達に要する時間を短くする⁴¹⁾。②チーム・リーダーへ権限委譲を行い自主的な行動を促す。しかしそれだけでは不十分で工場長とチーム・リーダー、チーム・リーダーたちの間に信頼関係がなければ相乗効果は生まれない。信頼関係の前提には組織、個人の間での平等⁴²⁾が重要である。さらに工場損益、品質など業務に必要な情報を社内公開することにより、一般従業員の自主的な行動を引き出すことが重要である。

効率的な設計不良の摘出

H社において、不良の摘出が生産性の向上にどのように寄与したか述べよう⁴³⁾。H社では、1970年後半、それまでの検査部門に権限を集中させたQC (quality control の略) 活動を改めてTQC (total quality control の略) や小集団活動が導入されるようになった。即ち、出荷検査⁴⁴⁾ (作業と検査の分離) から組織連携と従業員参加による品質向上への変更である。一度組み込まれた不良を後から見つけ出すのは困難で時間もかかる。そこで各職場が確実に仕事をするこ

38) 読みやすい組立図、調整基準書が準備される様になったのは、CADが普及した1980年代後半からであった。

39) B. コリア (1992) は、自動車産業を取り上げ、日米の賃労働関係の違いを分析している。

40) 大野 (1978), pp. 16-18

41) M. L. ダートウズ他 (1990) は、アメリカの自動車メーカーで組織の連携が進まない原因として日本企業に比べて職階の多さを指摘している。P. 146

42) ①アメリカでは産業と大学の双方で、設計に較べて生産技術を地位の低い分野と考えられている。M. L. ダートウズ他 (1990), p. 331, ②科学的管理法が日本の経営に受け入れられなかった理由として、市場の小ささと人間の平等への深い支持をあげた。橋本 (2001), p. 49

43) 元日立製作所情報機器事業部QA部長N氏からヒヤリング (2007年4月6日) による。

44) ATMの出荷検査の大半は顧客の使用手順を再現する取引試験で、出荷に先立って数千回も繰り返して不良品を選別した。

とで不良を次の工程へ流さないための全社運動が開始された⁴⁵⁾。しかしこれらの活動が各職場に定着するには失敗と改善の繰り返しを必要とした。1980年代の後半になると、それまでの検査工程を不良摘出と原因分析に分離して、前者は作業手順化されて生産部門へ移管され、不良の摘出は作業者に任された。これ以降、生産部門は「品質の造り込み」に責任を持ち、検査部門は品質管理に専任するようになった。このようなTQC活動は開発の工程にも影響を与えた。従来開発は設計の職務とされてきたが、試作評価に検査部門が進出した。検査部門は日頃から稼働品質の状況をチェックしており、不良発生メカニズムを熟知しているため効率的に設計不良を摘出した。さらに対策における処置と根本対策の判定を的確に行った。これらの結果、試作機の品質は大幅に改善されたが、生産に移行後においては、相変わらずメカニズム製品の特徴である部品の寸法精度に関係する加工不良や組立不良が引き続き発生した。この問題の対策に乗り出したのが生産部門であった。これまでの生産部門は不良が発生しても処置で済ませて出荷を急ぐ傾向にあったが、TQC活動は製造部門に「品質の造り込み」を行う部門としての自覚を促した。生産部門長は新製品の生産第1ロットの製品を使って量産評価の実施を提案した。生産の初期段階で徹底的に不良を摘出して、根本的な対策を行えば、その後の生産性が向上すると判断したからであった。評価を担当したのは生産部門のベテランたちである。彼らは設計部門が提供した図面と現物を見比べる方法で多くの不具合を指摘した。彼らは図面の不良を摘出しただけでなく、作業不良が発生しやすい箇所も指摘した。さらに再発防止のための設計変更の案まで提案した。このようにして、開発品が生産工程に投入された直後に、大量の問題が指摘され、設計部門はその対策に追われた。この期間は平均して1～2ヶ月間で完了したが、設計の完成度が悪いものは数ヶ月を要した。品質の安定はコストにも現れ、対策の前後で組み立て時間が1/10程度に減少したと言われる⁴⁶⁾。このことから設計不良がどれほど生産効率を低下させていたか判断できる。設計部門では設計完成度を向上するために自己点検を強化しているが、それ以上に製造・検査部門の果たす役割が大きいといえる。

45) 日立工場新聞で小集団活動を取り上げ従業員へ積極的な参加を呼びかけている。

46) 藤本・クラーク(1993)によれば、自動車の生産開始後の経過月にしたがって、組立時間および不良率が目標値に向けて低減していく。日本のプロジェクトはいずれも初期値が高いが、目標値に到達するのは1～2ヶ月と一番早い。アメリカは初期値が2番目に高く、低減が緩やかで目標値に到達するのは6ヶ月以上と一番遅い。ヨーロッパは最初から目標値に近く、改善はアメリカ並みに緩やかである。これについて著者たちは、日本は1980年代を通じて製造品質、生産性が優れていたが、それは労働者の幅広い技能と業務分担によるものである。通常時のレベルが高いために、そこに到達するまで不良が高くなる(pp. 254-260)、と述べている。筆者は韓国の経験(韓国のATM製造企業の生産・不良率カーブは上記アメリカと類似)から、日本の従業員は仕事に対する忠誠心が高いため、積極的に問題を指摘する。このため初期に不良率が高くなるが、根本対策が行われるので、早い段階により高い品質を達成する。

組織間の連携の度合い

ところで組織間の連携の度合いは企業によって異なる。先に紹介した様に、開発の終了後も引き続き、設計部門が中心になって品質向上や原価低減活動を行う企業がある一方で、開発が終われば出荷責任や生産性の向上を生産部門へ移管する企業がある。これらの違いは経営方針の違いによるのか、それとも企業規模による違いか、明確ではない。大企業であれば人材が豊富なので多くの設計者を温存できるが、企業規模が小さければ分業を明確にして設計者の増加を抑えるからである。このような企業行動の違いは原価低減の方法にも見られる。前者では原価責任が設計部門におかれ、原価低減の方法は部品点数を削減することで部品費と組立の費用を低減する。これに対して後者では原価低減は生産部門の責任とされる。このような企業では、時間当たりの工賃を下げるために、生産部門を地方に移し、分社化することが多い。ただし、日本の ATM 製造企業に共通するのは、①開発から生産へ移行するときに徹底して設計不良の摘出を行う、②品質管理は一貫して本社工場が担当する、である。

リーダーシップの形成

これまで ATM 製造企業の組織編成について述べてきたが、次に経営環境がどのようなリーダーシップを形成したかについて検討しよう。リーダーシップは個人の資質による部分もあるが外部の環境が与える影響もあると思われる⁴⁷⁾。例えば、H社において還流 ATM のやり直し開発を指揮した工場長は、短期の利益のためには ATM 事業の縮小も選択肢にあったと思われるが、ATM の将来性を予想して開発体制を改革した。しかも成果が出たのは工場長が去って数年後のことであった。他にも、失敗の連続を乗り越えて開発を指揮したプロジェクト・リーダーや工場幹部だけでなく一般従業員による自主的な行動が数多く見られた。例えば、不良を積極的に指摘した組立員、不良の根本対策を追究した検査員、失敗を乗り越えて技術の改善に取り組んだ設計者、などである。赤字経営の工場評価は下がったであろう。それにもかかわらず短期の成果を期待しない行動が行われたのはどうしてであろうか。先行研究では年功賃金、終身雇用などの日本的経営⁴⁸⁾をあげる。H社の当時を知る人々にインタビューしたところ、「あの状況下では、自分がやるしかなかった」と異口同音に述べた⁴⁹⁾。工場長など一部の管理

47) リーダーシップの研究は、特定個人のパーソナリティや能力、資質に関心が向けられることが多かったが、その後、その場の状況に合わせたダイナミックな行動が重視されるようになった。桑田 (1998), pp. 234-236

48) アベグレン (1958) は日本的経営の特徴を、終身雇用、年功、企業内組合の三つ指摘した。最近の変化について、アベグレン (2004) は、①派遣社員の役割が拡大しているが、今後とも終身雇用は健在であろう。②従業員の平均年齢が上昇したために、賃金と昇進で年功序列制が薄れてきた。③産業構造が変化するため、労働組合の役割が低下した。pp. 117-142

職に限らず一般従業員も含めて工場経営の実態を理解したからこそ危機感を共有できたのであろう。またそろって熱心なリーダーが選別された面もあろう。彼らに共通するのは、企業の将来を自分たちの将来と重ねて考えて行動していたことである。このような発想は終身雇用制度から生まれたのかもしれない。さらに付け加えるとすれば、企業理念が果たした役割が大きかったと思われる。全知全能でない人間はすぐに行き詰まり、妥協しがちになりやすい。企業理念は企業人としての社会的責任を自覚させ、働く人々に共通の判断基準を植え付ける。

企業内教育と査定

これらの人材を輩出した教育はどのように行われたのだろうか。日本企業では人材はOJTにより育成されるといわれる⁵⁰⁾。OJTについての解釈は次の二つからなる。第1に、業務マニュアルを作ろうにも、条件が多すぎて業務範囲を明確にできない。またそのようなマニュアル作る人材、時間が存在しない。第2に、技術はその企業に特有のものであるから、類似の製品であっても企業によって技術が異なる。それらの技術の基になる知識は形式知よりも暗黙知に分類されるためマニュアル化が困難である。これらの理由から何処の企業でも仕事の仕方は先輩の行動を見て覚えるのが一般的であった。

H社におけるOJTの実状を見よう。筆者の経験では、設計組織の単位は個人ではなく集団である。集団の構成員は小さいものは2～3人、大きくても10人程度である。この単位をユニットと呼び、大きなプロジェクトになると、数十のユニットが参加する。ユニットの構成員は10年以上のベテランから入社したばかりの新人まで多様に構成される。毎年新人が職場に配属される時期に合わせて、構成員の若干の入れ替えが行われ、新陳代謝が行われる。個人ではなく集団とした理由は3点ある。第1に設計業務は多種多様であり、技術レベルにあわせて分業した方が業務遂行するとき効率が良い。第2に、開発業務は先が見えない、設計の途中で予想しなかった問題に気付いたとき、個人よりもチームであれば協力し合うことで日程遅れを挽回がしやすい。第3に、新人とベテランの組み合わせは、一方では新人教育、他方ベテランにとっては管理能力を高める。

新人を早く一人前の設計者に育てるためには、進歩に合わせて技術のレベルを上げていくことである。このため最初は部品図の作成⁵¹⁾など簡単な仕事から始め、次に公差の指定など設計

49) 2007年4月6日の日立オムロン社OB会で当時の関係者からヒヤリングを行った。

50) 諸国の教育と生産性の関係を2つに分け、A様式諸国としてアメリカ、スウェーデン、イギリスなど、B様式諸国として日本と西ドイツなどとした。A様式諸国では正規の教育機関が仕事に必要な特殊技能の大半を教えており、OJTは業務に関連した手短なものに過ぎない。B様式は特殊技能だけでなく基礎的な技能の開発についてもOJTが重視される。結論として、急速に変化し予測が困難な技術と市場に対応できるフレキシビリティ技能を持った労働者は、B様式諸国の方に生まれやすい。M. L. ダートウズ他(1990), p. 129

の基本を学ぶ⁵¹⁾。基本がマスターできたら、不良分析など難しい仕事を任される。技術者としての能力は、仕事の手順・方法を覚えるだけでなく、組織に受け継がれた設計の方法を理解することで向上する。H社が技術蓄積の中でもっとも重視するのは「失敗から学ぶ」である。失敗の原因分析や対策方法をめぐって組織内での議論が技術を深化させ、新技術の創造に結びつくのである。

このような OJT を経て技術者は成長していくが、その格付けの目安は以下とされる。設計補助から設計者として見なされるのに1～2年、さらに経験を積んで一人前の設計者になるには5～10年とされ、ベテランになるためには最低でも10年以上の実績を積み重ねなければならない。勤続10年頃に技術者とマネージャに進路が分かれる。OJTの中で時間をかけて査定が行われ、同じ業務でも個人差がつく、その目的は競争意識を持たせ、業務の遂行における責任感や自主性を生み出す、ことにある。日本の企業では、リーダーシップは階層関係から生まれると考えられている。

おわりに

1970年代日本のATM製造企業はアメリカ発の技術、製品を基にATMの開発をスタートした。金融機関の厳しい要求と競合企業の存在が、開発競争を招いた結果、ATMの技術革新は目覚ましいスピードで進展した。開発が始まった当初、ATM製造企業は銀行の要求機能の実現には成功したが、品質は低かった。さらに度重なる開発、不良対策、製造原価高、などにより、ATM事業の経営は赤字に陥った。

これらの原因を分析すると次の三つ指摘できる。第1に、ATMの技術はアーキテクチャ論からインテグラルに分類され、低品質の主因はメカニズムとソフトウェアにある。ともに設計者の個性が設計に反映する割合が高く、また技術が複雑なために、造り込まれた不良を摘出するのが難しかった。第2に、自動車との比較から、ATM製造企業は開発を少ない技術者で短期間に完了しようとしたため、評価が不十分になった。自動車並みの設計品質を得るには、開発人員の増加あるいは開発リード・タイムの延長が必要であるが、ATMの事業規模から実現は困難であろう。第3に、自動車に較べて技術進歩のペースが速すぎた。この結果、設計技術が未熟となり、開発において設計不良の発生する確率が高くなった。

日本のATM製造企業がこれらの問題を解決するために採用した対策は次の二つであった。

51) ヨーロッパの自動車メーカーでは、基本設計のみを担当するエンジニア（大学卒）と下級技術者であるドラフターが分化している。図面工を使えば、直近の設計効率上がるが、細分化された専門化が進み過ぎて、製品全体としての調整が出来なくなる、と指摘する。藤本・クラーク（1993）、p.156

52) 経験だけでは全ての設計技術を獲得できない。工学の知識を習得するには独自に学習するか、あるいは教育機関での研修が必要である。

第1に、製造企業は先進国の技術をそのまま利用するのではなく、それぞれの企業に適した技術に構成し直した。具体的には、開発の2段階方式（先ず要素技術の開発を行い、次に装置設計を行う）を採用した。この方式は失敗の反省から生まれた手順であった。第2に、製造企業は検査部門に権限を集中した出荷検査から、「品質は造り込む」とする従業員参加型のTQCへ変更した。これにより早い段階に且つ効率的に設計不良が摘出され、根本対策を可能にした。

これらの対策は中間管理職のリーダーシップと優秀な担当者たちによって行われた。このような短期の成果を期待しないリーダーシップや従業員の自主的な行動が行われた背景には、日本的経営（年功賃金、終身雇用）の他に権限委譲、平等意識、情報の開示があった。また、企業内教育が優秀な人材を生み出した。日本で企業内教育と言えばOJTを指すが、実際のOJTには各種の意味が込められている。①仕事を効率的に行なうための分業、②教わる人も教える人も設計技術、管理技術の獲得機会が与えられる、③長期の査定によるリーダーの選定（機会主義の排除）、④競争意識とチームワーク（集団主義）を育てる、などが指摘できる。特に新人教育として重要なのは、仕事の手順、知識を教えるだけでなく、仕事に対する価値観を伝える人間教育を兼ねていたことである。

これらの対策が功を奏して、ATM事業は黒字に転換し、企業の経営に貢献するようになった。さらに日本のATMは世界一の機能と品質を実現し、21世紀に入って、東アジアを中心に世界のATM市場を拡大し続けている。

さいごに、韓国の金融自動機の生産は日本から遅れること約15年、1980年代に始まった。技術の獲得は日本の技術を模倣することからスタートした。1990年代、早くもCDの内部化に成功したが、低品質の状態が現在まで続いている。一般的に後発企業は技術習得に注力して組織能力の向上に関心が薄いようである。この分析は今後の課題とする。

資 料

電子情報技術産業協会（2007）、「端末装置に関する調査報告書」
日立製作所・旭工場（1991）、工場新聞（1972～1991年）

日立製作所・情報機器事業部（2001）、「品質裏の細道30年」
沖電気工業（2002）、「沖テクニカルレビュー」、第191号

参考文献

J. C. アベグレン（1958）、「日本の経営」、ダイヤモンド社
J. C. アベグレン（2004）、「新・日本の経営」、日本経済新聞社
C. クリステンセン（2001）、「イノベーションのジレ

ンマ」、翔泳社
B. コリア（1992）、「逆転の思考—日本企業の労働と組織」、藤原書店
M. L. ダートウズ他（1990）、「Made in America」草思社

- 藤本隆宏・キム、B. クラーク (1993), 『[実証研究] 製品開発力 日米欧自動車メーカー 20 社の詳細調査』, ダイヤモンド社
- 藤本隆宏 (2003), 『能力構築競争』, 中央公論新社
- 橋本寿郎 (2001), 『戦後日本経済の成長構造』, 有斐閣
- 林武編著 (1986), 『技術と社会: 日本の経験』, 東京大学出版会
- 伊丹敬之・加護野忠男他 (1988), 『競争と革新—自動車産業の企業成長』, 東洋経済新報社
- 小池和男 (1999), 『仕事の経済』, 東洋経済新報社
- 桑田耕太郎 (1998), 『組織論』, 有斐閣
- 村上泰亮 (1992), 『反古典の政治経済学』(下), 中央公論社
- 村山裕三・地主敏樹編著 (2004), 『アメリカ経済論』, ミネルヴァ書房
- 野中郁次郎・竹内弘高 (1996), 『知的創造企業』, 東洋経済新報社
- 大野耐一 (1978), 『トヨタ生産方式—脱規模の経営をめざして—』, ダイヤモンド社
- 下川浩一・藤本隆宏 (2001), 『トヨタシステムの原点』, 文真堂
- 米倉誠一郎 (1986), 『企業者精神の発展過程』, 小林他 『現代経営辞典』, 日本経済新聞社

(2008 年 4 月 14 日受領, 2008 年 5 月 27 日掲載決定)