

生産技能の類型化に関する調査研究(3)

—技能類型化の尺度構成の検討—

森 和 夫
菊 池 安 行

1. 問 題

これまで、生産技能の分類は生産品や生産装置、機械によって分けられていた。しかし、技術革新によって機械や装置が多様化、複合化したことによってこの分類が十分に妥当するものになっているとは言いがたい。時代に適合した技能分類の考え方と類型結果が得られることが重要な意味を持つと考える。なぜなら、職業能力開発やローテーション、職務改善にとって技能分類は重要な役割を果たすと考えられるからである。

我々は技能の類型化を目的として生産職場の技能労働者に対して調査を行った⁽¹⁾。この結果から技能類型化尺度を構成しようとした。この尺度化にあたっては技能の周辺の諸条件と行為の基礎的能力を類型の基礎に設定することが必要と考えた。技能をとりまく諸条件として「生産技能の内容」と「作業の形態」を、技能の基礎的能力として「作業に必要な人間の機能及び職業能力」を採用した。調査対象は各種の技能を包含する産業である自動車製造業の技能者とした。

前報告では自動車製造の技能労働の特徴と職業能力の実態を工場別に明らかにしようとした⁽²⁾。具体的には生産技能を説明する因子構造を明らかにし、車体組立製造工場、ユニット製造工場、生産設備製造工場の3工場における技能の特徴、および職業能力群間の相関関係を明らかに

することである。得られた主な結果は以下の諸点である。第1は生産設備製造工場は生産設備の高度化に対応させた作業内容、形態を持つこと、職業能力は高度熟練技能とME実務能力に傾斜していることである。第2はユニット製造工場と車体組立製造工場の特徴は量産工場としての性格を顕著に表していること、車体組立製造工場は自動化やライン化が進んでおり、ユニット製造工場の形状加工や高度熟練に傾斜した工場と性格を異にしていることである。第3は車体組立製造工場のような自動化が進展した工場と生産設備製造工場との共通点は情報の処理をどう確実に仕訳けし、伝達するかにあった。しかし、これまでの分析ではこれら技能を具体的に類型化するための尺度構成について、推測の域をでていなかった。

本報告では調査結果を多変量解析によって処理し、技能を類型化する尺度として想定される知的管理軸と感覚運動軸の2軸を設定することの妥当性他を検証したい。

2. 研究方法

質問紙調査で得られたデータ数は1215である。このデータに対して多変量解析を行った。多変量解析に用いた変数は次の3領域それぞれについて解析したものである。

A領域＝「生産技能・技術の内容」領域……………4群 40変数

B領域＝「作業に必要な人間の機能・職業能力」領域…9群 60変数

C領域＝「作業の形態」領域……………5群 33変数

基礎となる相関行列は質問紙調査で得られたスコアについてピアソンの相関係数を算出した。これに因子分析を適用した。因子分析手法は主因子法で行い、セントロイド法による軸の回転を行ったものである。この結果についてはすでに報告した⁽²⁾。この結果を更にクラスター分析によって群化させた。因子軸上の空間に分散する変数のプロットの距離を

計算し、距離の近いものからクラスター(群)を構成させた。クラスター分析は各領域毎に行った。クラスター分析の方法は群間の距離が最大で、群内の変数間の距離が最小になるような構成方法を採用した。距離の計算は空間上のユークリッド距離を用いている。

3. 結果

3-1. 3領域18群のクラスター構造

A領域は「生産技能・技術の内容」に関する領域で4群で構成している。この4群はA1～A4群の40変数からなる。B領域は「作業に必要な人間の機能・職業能力」に関する領域の9群60変数で構成している。B1～B9群からなる。C領域は「作業の形態」に関する領域5群33変数で構成している。各群はC1～C5群からなっている。全変数133変数のクラスタリングが解析処理ソフトウェアの制限から実行できないため、18項目群についてクラスター分析を行い、全体の傾向を明らかにしてから各領域毎のクラスター分析を行うことにした。

図3-1は3領域18群のクラスター構造(樹状図:デンドログラム)を示している。図の横軸は結合サイクルを示す。右側に行くほど変数間の距離は近いことを意味している。距離の近い変数から結合し、左に行くほど距離が遠くなる。18変数のクラスタリングでは、結合サイクルは17サイクルまでである。この構造を見ると、およそ3クラスターからなると見ることができる。結合サイクル15と16の間でラインを引くことによって分けることができる。第1クラスターは「保全及び修理クラスター(CL1)」と命名した。A4群のみで構成する。第2のクラスターは「感覚運動クラスター(CL2)」と命名できる。これは人間の感覚運動機構に依存する能力である「B6:手及び指の感覚判断と運動能力群」,「B7:目及び耳の感覚判断能力群」,「B8:高度の熟練技能及び関連技能群」,「B9:人材配置及び人間関係調整群」を中核とする8群で構成する。

第3のクラスターは「知的管理クラスター(CL3)」と命名できる。これは人間の知的管理機構に依存する能力であるB1, B2, B3, B4を中核とした9群で構成する。このように18群のクラスター構造は3クラスターとなる。このうち「保全及び修理クラスター」は1つの変数で構成されること、最終結合サイクルに位置すること、作業の内容から考えると「感覚運動クラスター」と「知的管理クラスター」の合成された内容と判断できよう。このように考えるとこれらの133項目の内容はこれらのいずれかで整理できることになる。したがって、技能類型化の尺度としては「感覚運動」と「知的管理」の両軸上で整理することが妥当と考える。

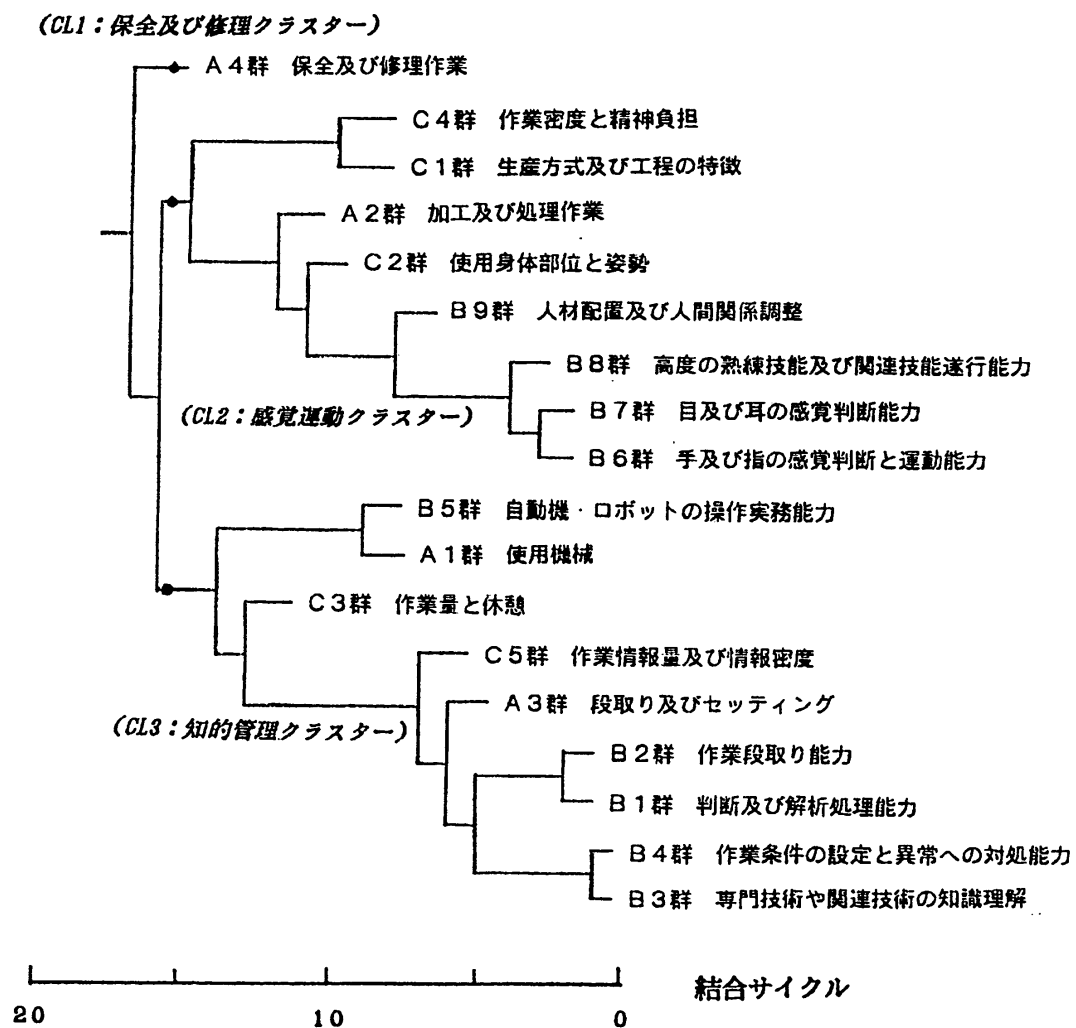


図3-1 3領域18群のクラスター構造

図の中で最も距離の近いものはB1, B2, B3, B4の各群である。これらの4群は5サイクルで結合する。「B1:判断及び解析処理能力群」, 「B2:加工及び解析処理能力群」, 「B3:専門・関連技術の知識理解群」, 「B4:作業条件の設定と異常対処能力群」の各群はクラスターの中核を構成する。「A3:段取り及びセッティング」と「C5:作業情報量及び情報密度」が結合する。ここまでの6群はほぼ類似の内容と考えられる。次の結合サイクルのC3, A1, B5はこのクラスターの周辺に位置するものと考えられる。「作業量と休憩」はこのクラスターに属する作業者が自由に休憩を設定できたり, 作業量の変動が大きいことなどが反映されているものである。「使用機械」や「自動機・ロボットの操作実務能力」はこのクラスターの中心より遠い位置にある。むしろ, 他のクラスター寄りの位置にあるといえる。

3-2. 「生産技能・技術の内容」領域のクラスター構造

図3-2は「生産技能・技術の内容」領域のクラスター構造を示している。この領域は40変数で構成されていることから最終結合サイクルは39サイクルとなる。36サイクルと37サイクルの間でラインを引くと4クラスターに分けることかできる。図の上から順に第1クラスター(CL1), 第2クラスター(CL2), 第3クラスター(CL3), 第4クラスター(CL4)とした。

第1クラスターは最も多くの変数を持つクラスターである。15変数がこれに含まれる。このクラスターには「機械装置の設備保全」, 「機械の維持管理」, 「機械設備等の点検・調整」, 「機械設備等の修理」があり, さらに「機器の配線」, 「シーケンス回路からの作動想起」, 「自動機の使用」, 「半自動機の使用」, 「制御のセッティング」などで構成している。これらの内容から第1クラスターを「セッティング・保全クラスター(CL1)」と命名した。このクラスターの構造は保全関係と機器の使用状態・セッティングに関係する内容とに分かれている。第2クラス

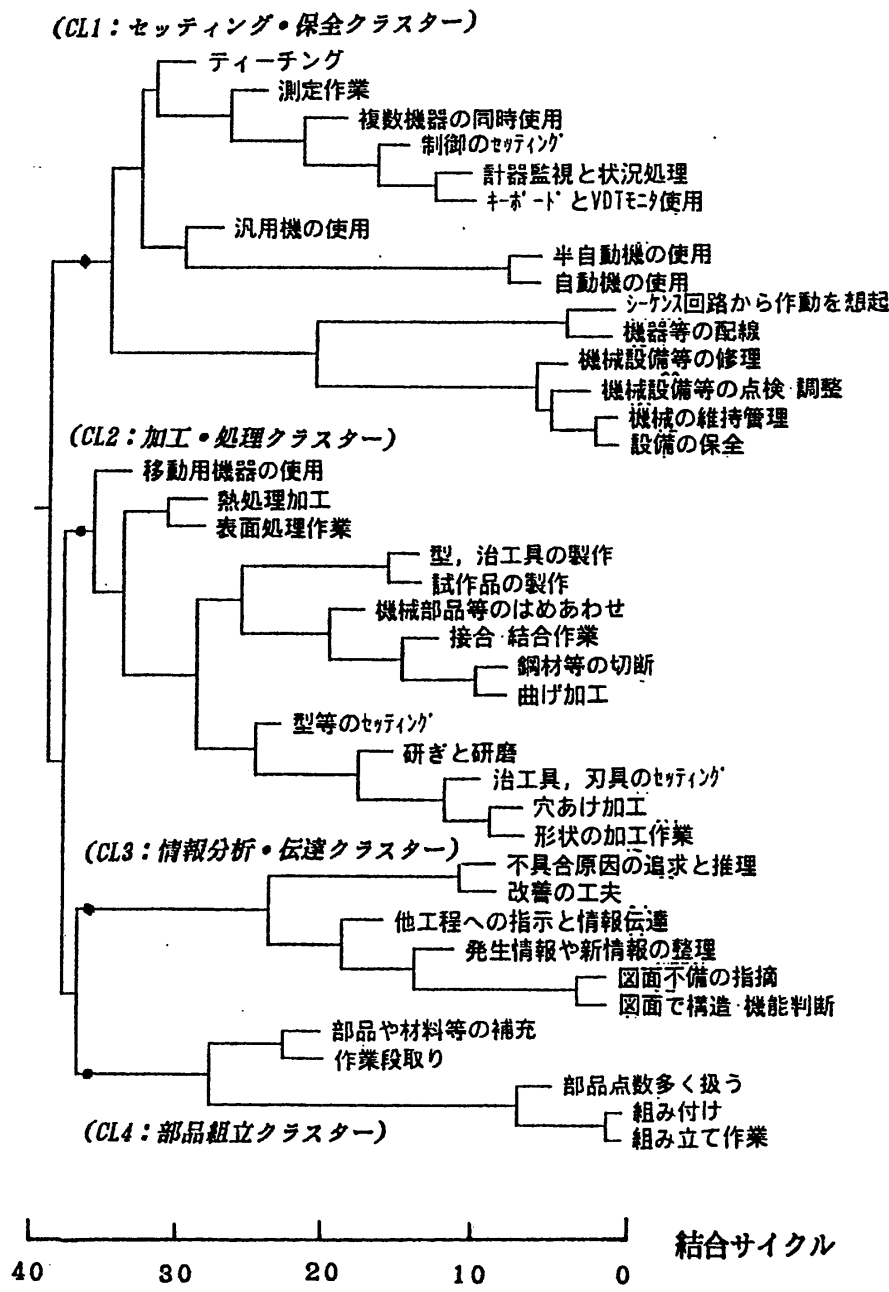


図3-2 「生産技能の内容」領域のクラスター構造

ターは「穴あけ加工」, 「形状加工」, 「研ぎと研磨」, 「曲げ加工」, 「接合」, 「熱処理加工」などを含む。このクラスターは「加工・処理クラスター(CL2)」と命名できる。このクラスターは形状加工関係と曲げ・切断・接合関係, 表面処理関係に分かれる。第3クラスターは「図面の不備の指摘」, 「図面による構造・機能の判断」, 「発生情報や新情報の整理」, 「不具合原因の追求と推理」があり, 「情報分析・伝達クラスター(CL3)」と命名した。図面及び情報関係と不具合追求関係とに分

かされている。第4クラスターは「組み立て作業」,「部品等の組み付け」,「部品点数を数多く扱う」が含まれる。このクラスターは「部品組立クラスター(CL4)」と命名した。材料補充や段取り関係と組立関係とからなっている。

クラスター間の距離を見ると,第3クラスターと第4クラスターが他よりも近く位置している。まず,第3と第4クラスターが結合し,第2クラスター,そして第1クラスターと結合する。この第1クラスターである「セッティング保全クラスター」は他のクラスターとは距離があると言える。

3-3. 「作業に必要な人間の機能及び職業能力」領域のクラスター構造

図3-3は「作業に必要な人間の機能及び職業能力」領域のクラスター構造を示している。この領域は60変数で構成されている。最終結合サイクルは59サイクルとなる。56サイクルと57サイクルの間でラインを引くと5クラスターに分けることができる。第1クラスターは最も少ない変数を持つクラスターである。3変数がこれに含まれる。このクラスターは「自動機の操作実務」,「ロボットの操作実務」が近い距離で結合し,さらに「NC工作機械の操作・保全」が結合する。この内容から第1クラスターを「自動機操作・保全クラスター(CL1)」と命名した。このクラスターは保全関係と機器の操作に関係する内容とに分かれている。

第2クラスターはもっとも多くの変数が属するクラスターである。その構成はおよそ4つの内容からなる。①測定・検査関係,②設計と段取り関係,③分析・判断関係,④技術的知識理解関係である。①測定・検査関係は「測定方法の選択と測定」,「型,設備,治工具の検査」が含まれる。②設計と段取り関係では「読図や仕様書の読みとり」,「設計変更への処置」,「高度な段取り能力」,「工程計画や時間計画力」が含まれる。③分析・判断関係では「すばやい判断力」,「分類や区別力」,「データ解析などの複雑な判断力」,「判断に基づく処置能力」がある。

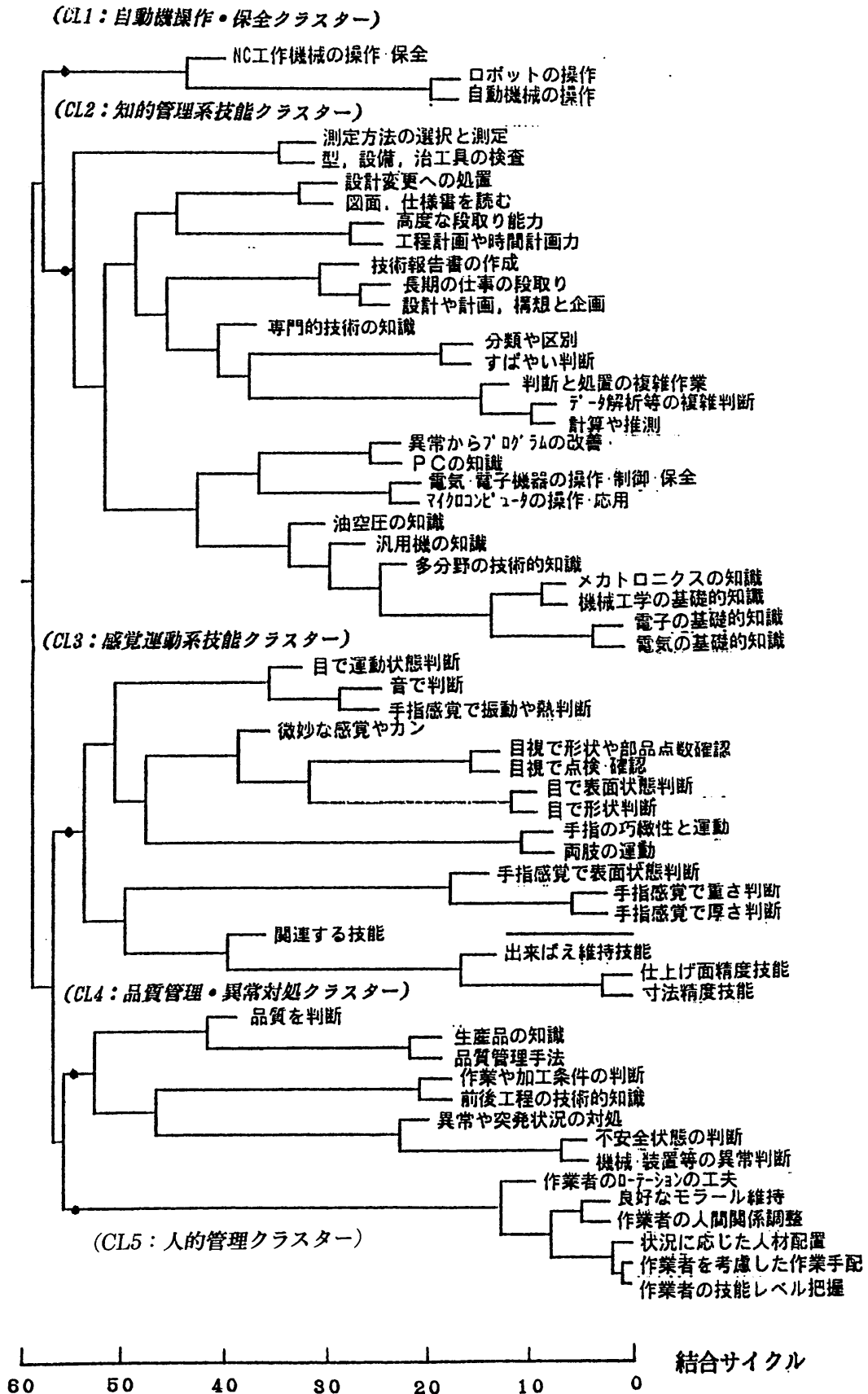


図3-3 「作業に必要な人間の機能および職業能力」領域のクラスター構造

④技術的知識理解関係では「電気の基礎知識理解」,「電子の基礎知識理解」,「メカトロニクスに関する知識理解」,「機械工学の基礎知識理解」,「PC(プログラマブルコントローラ)に関する知識理解」,「汎用機の知識理解」,「油圧・空圧の知識理解」,「多分野の技術的知識理解」が属する。このクラスターは知的な判断と技術的な知識理解と段取りを含んでおり,「知的管理系技能クラスター(CL2)」と命名できる。

第3クラスターは細かく見ると次の5つの内容で構成されている。

①視覚・聴覚・触覚関係, ②視覚による判断関係, ③四肢の運動関係, ④手による判断, ⑤高度熟練関係である。①視覚・聴覚・触覚関係には「音による判断」,「手指感覚による振動や熱の判断」,「目で運動を判断」がある。②視覚による判断関係では「目による形状判断」,「目による表面状態判断」,「目視による点検確認」,「目視による形状や部品点数の確認」がある。③手の運動関係では「手指の巧緻性」と「両肢の運動」がある。④手による判断では手指感覚で「重さ」,「厚さ」,「表面状態」を判断することが含まれている。⑤高度熟練関係では「高い寸法精度技能」,「高い仕上げ面精度技能」,「高い出来ばえ技能」が含まれている。このクラスターの中核にある内容は②, ③, ④で周辺に⑤, 外郭部に①があるというように読みとることができる。①, ②, ④は受容器としての感覚機構の内容であり, ③, ⑤は効果器としての運動機構の内容と言えよう。このクラスターは「感覚運動系技能クラスター(CL3)」と命名できる。

第4クラスターは3つの内容から構成されている。それらは①異常判断関係, ②品質管理関係, ③加工条件の判断からなる。①異常判断関係は「機械・装置等の異常判断」,「不安全状態の判断」,「異常や突発状況への対処能力」, ②品質管理関係は「生産品に関する知識」,「品質管理手法」とからなる。③は「作業や加工条件の判断」がある。これらから見るとこのクラスターは「品質管理・異常対処クラスター(CL4)」

と命名できる。

第5クラスターは「作業者の技能レベル把握力」，「作業者を考慮した作業配置力」，「状況に応じた人材配置の組み替え」，「人間関係の調整力」，「モラルの維持と配慮」等が属する。このクラスターは「人的管理クラスター(CL5)」と命名した。

クラスター間の距離は，第3クラスターと第4クラスター，第5クラスターが相互に近く位置している。第1クラスターと第2クラスターは同様に近い距離にある。

3-4. 「作業の形態」領域のクラスター構造

図3-4は「作業の形態」領域のクラスター構造を示した。この領域は大きく分けて2つのクラスターからなる。第1クラスターは「繰り返し作業」，「サイクルタイムが短い」，「作業手順の自由な変更できない」，「作業速度が機械によって決まる」，「単調」，「ロット生産」，「一連続作業時間が長い」といったような生産方式に関係した内容で構成されている。このクラスターは「生産方式クラスター(CL1)」と命名できる。

第2クラスターは4つの内容から構成されている。それらは①作業姿勢，②作業量変動関係，③作業密度関係，④作業情報関係である。①は「前屈作業」，「上半身作業」，「重量物移動作業」，「上向き作業」，「手先の作業」等が属する。②では「作業量の日変動ある」，「作業量の時刻変動ある」，「作業量の期間変動大きい」，「自発的な休憩」等で構成している。③では「作業量が最近増加傾向」，「作業密度高い」，「緊張が連続」，「こなせない作業密度」，「身体的負担と精神的負担が重なる」の内容があり，④では「多様な作業情報内容」，「多様な情報送受手段」，「こなせない情報量の時がある」，「扱う情報が多い」が属する。このクラスターは「作業負担クラスター(CL2)」と命名できる。

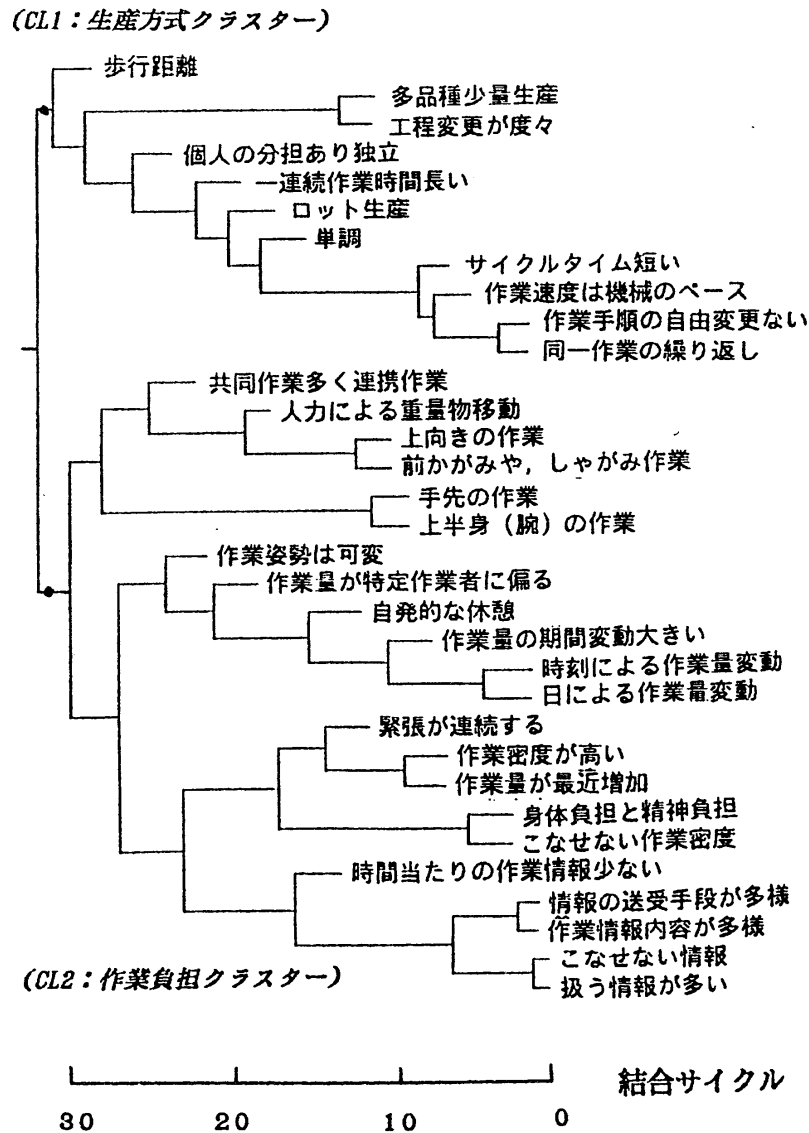


図3-4 「作業の形態」領域のクラスター構造

3-5. 生産技能を構成するクラスター

図3-2から図3-4までの各領域毎のクラスター分析結果についてその内容の構成割合を検討したい。図3-5は「生産技能・技術の内容」領域におけるクラスター別項目数の領域全項目数に占める割合を示している。

「生産技能・技術の内容」領域では全項目数は40である。命名された4つのクラスターは第1クラスターから順に「セッティング・保全クラスター」, 「加工・処理クラスター」, 「情報分析・伝達クラスター」, 「部品組立クラスター」であった。項目数は第1クラスターから順に15,

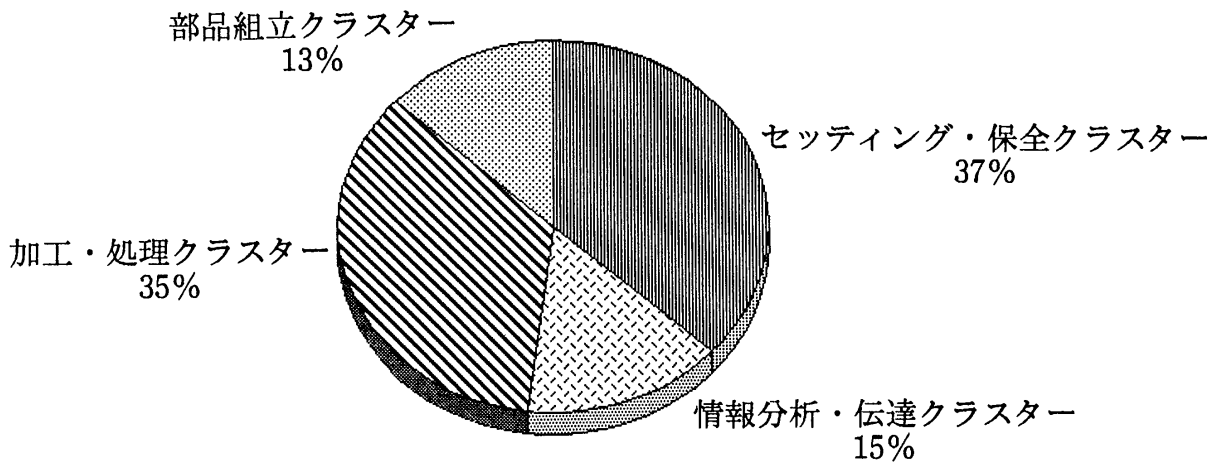


図3-5 「生産技能の内容」領域の各クラスターの割合

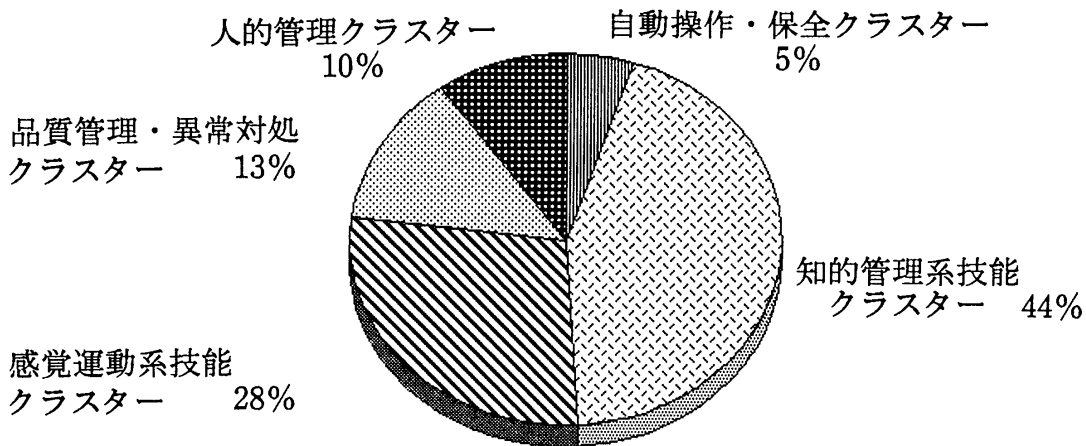


図3-6 「作業に必要な人間の機能および職業能力」領域の各クラスターの割合

14, 6, 5である。従って、これらの割合は順に37%, 35%, 15%, 13%となる。知的管理系のクラスターと考えられる「セッティング・保全クラスター」, 「情報分析・伝達クラスター」を合計すると52%である。感覚運動系のクラスターと考えられる「加工・処理クラスター」, 「部品組立クラスター」を合計すると48%である。この「生産技能・技術の内容」領域ではほぼ同割合で構成されている。

図3-6は「作業に必要な人間の機能および職業能力」領域における各クラスターの割合を示している。「知的管理系技能クラスター」は44%,

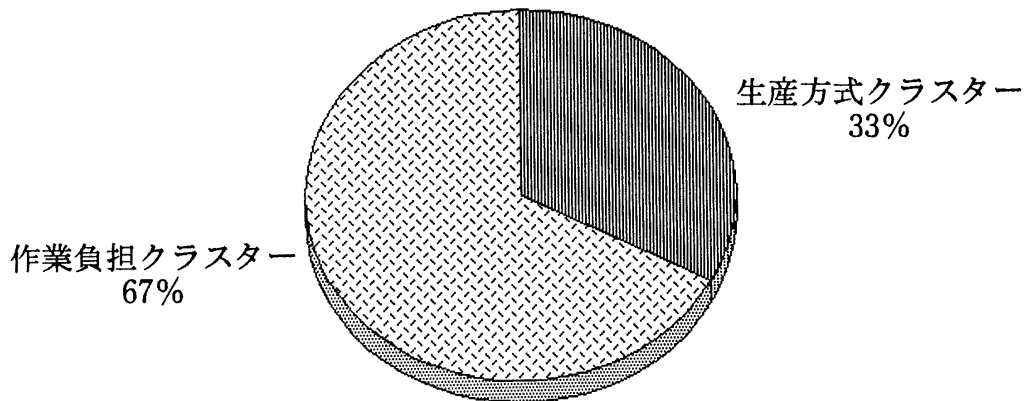


図3-7 「作業の形態」領域の各クラスターの割合

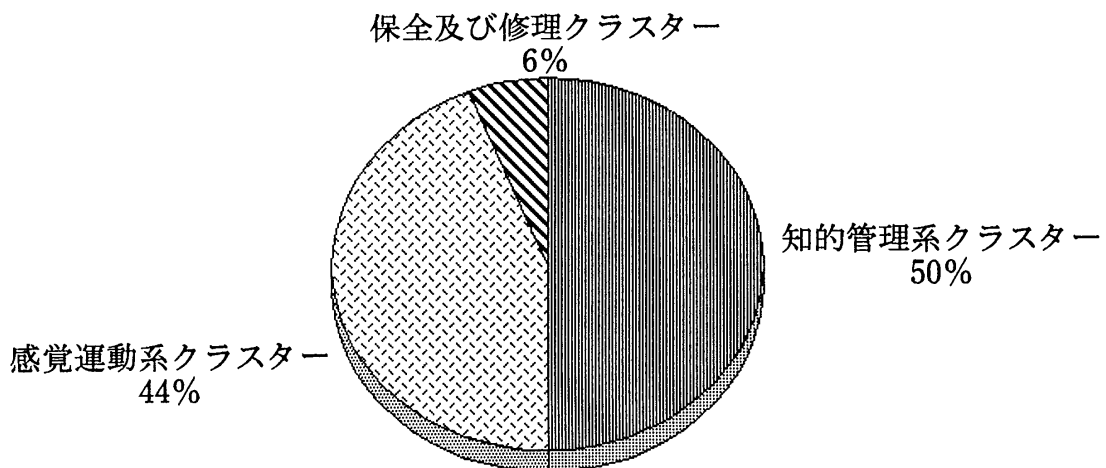


図3-8 3領域における「知的管理系」と「感覚運動系」の構成

「感覚運動系技能クラスター」は28%である。「自動機操作・保全クラスター」, 「品質管理・異常対処クラスター」, 「人的管理クラスター」はいずれも知的管理系の内容とすると「作業に必要な人間の機能および職業能力」領域では知的管理系の内容が多くなっている。このような両クラスターへの変数の帰属の仕方がこの結果に反映していると考えられる。「自動機操作・保全クラスター」, 「品質管理・異常対処クラスター」, 「人的管理クラスター」を除外すると知的管理系の内容と感覚運動系の内容は[11:7]の比率となっている。「作業に必要な人間の機能および

び職業能力」領域では特に知的管理系の内容の比率が高くなっている。

図3-7は「作業の形態」領域における各クラスターの割合を示している。「生産方式クラスター」は33%、「作業負担クラスター」は67%である。生産方式クラスターよりは作業負担というクラスターの方が比率が大きい。

図3-8は3領域における「知的管理系クラスター」、「感覚運動系クラスター」、「保全及び修理クラスター」の構成を表している。領域別に見た場合、「知的管理系クラスター」が最も大きく、50%を占めている。

4. 討 論

今回の分析から得られた内容を検討すると、以下の諸点が指摘できる。第1は知的管理系と感覚運動系という2つの軸を設定する考え方が裏付けられたことである。3領域18群のクラスター構造によって、これら2つの軸での類型化が妥当という結論を持つことができる。この他に保全及び修理群がこれとは独立して第3の軸を構成しているが、1つの群で構成していることから類型化という尺度としては妥当とは断定できない。図3-2のように「作業に必要な人間の機能及び職業能力」領域では同様に知的管理系技能と感覚運動系技能とに分かれており、大きなクラスターを構成している。品質管理・異常対処クラスターが感覚運動系技能クラスターに近く位置していることはカン・コツのような高度熟練と密接に関係していると解釈できる。また、自動機操作・保全クラスターが知的管理系技能の近くに位置していることは技術的知識理解などのバックグラウンドと判断に依存することを意味している。

第2は領域ごとの構成内容の仕訳のキーワードが明らかになったことである。「生産技能の内容」領域では「セッティング・保全」、「加工・処理」、「情報分析・伝達」、「部品組立」の各クラスターに分けられるように〔準備と維持〕→〔加工〕→〔組立〕→〔情報分析と伝達〕の内

容で構成している。「作業に必要な人間の機能及び職業能力」領域では「知的管理系技能」,「感覚運動系技能」,「自動機操作・保全」,「品質管理・異常対処」,「作業者の把握と手配」の各クラスターに分けられるように[保全]→[異常対処]→[感覚運動系技能]→[知的管理系技能]→[作業者配置]の内容で構成している。「作業の形態」領域では「生産方式」,「作業負担」の各クラスターに分けられるように[生産方式]→[負担]の内容で構成している。これを図でまとめると図4-1のように表すことができる。知的管理系と感覚運動系の軸で分けると上下に分けられる。

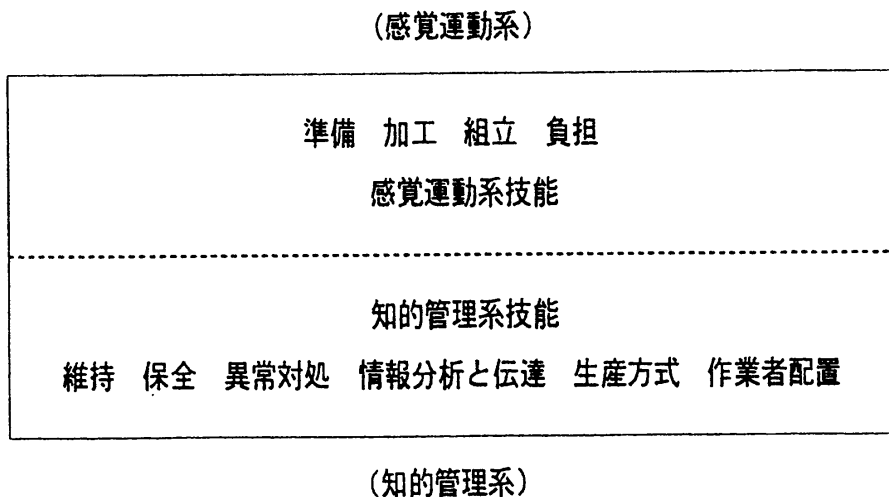


図4-1 生産技能を説明するキーワード

第3は知的管理系技能と感覚運動系技能の内容がそれぞれ「情報と判断と技術理解」,「目と手による運動と判断」をキーワードとしていることである。知的管理系技能の内容は図3-2に示したように①測定・検査関係,②設計と段取り関係,③分析・判断関係,④技術的知識理解関係に分かれている。これらは情報と判断と技術理解の3つのキーワードから成り立つと指摘できる。感覚運動系技能の内容は①視覚・聴覚・触覚関係,②視覚による判断関係,③四肢の運動関係,④手による判断,⑤製品の良き関係に分かれている。目と手による運動と判断がキーワードとなっている。

これらの3点の指摘のいずれもが人間の持つ2つの機構、つまり感覚運動機構と知的管理機構によって大きくは分類する妥当性を表している
と解釈できる。従って、生産技能を類型化するための尺度として、主に
感覚運動機構に依存するものと、主に知的管理機構に依存するもの
に分けて考えることが可能と言うことができる。

今後はこれらの尺度に基づいて技能分類結果を作成することにしたい。
また、他の自動車製造企業に対する調査や他の産業などの調査を行うこ
とによってこの研究枠組みを明瞭にさせることも課題にしたい。

終わりに本論文をまとめるに際し貴重な示唆をいただいた調査協力企
業の担当者の方々に感謝する次第である。

付記：本報告は ” Investigation and Reserch on Classification of
Productive Skills(2)–Cluster Structure of Productive Skills in
The Car Manufacturing Industry– ”, J. of Human Ergology,
No.22, pp.141-149, 1993. の部分を再構成し、新たに詳細な分析を加え
たものである。

(注)

- (1) 森 和夫・菊池安行「生産技能の類型化に関する調査(1)–自動車製
造業の技能労働と職業能力–」, 職業訓練研究, 第11巻, pp.1-17,
1993.
- (2) 調査は質問紙調査法によって実施した。調査項目は3領域133項目を
設定した。「生産技能の内容」領域は4群40項目を, 「作業に必要な
人間の機能及び職業能力」領域は9群60項目, 「作業の形態」領域は
5群33項目を設定した。各項目ごとに5段階評価を記入させた。調
査対象は生産職場の経験年数約10年~20年の熟練技能者としている。
母集団は8工場, 4部門の約36000人である。調査は1991年8月に自

自動車製造会社1社で実施した。回答総数は1219であり、このうち有効回答数は1215であった。回答者の内訳は自動車製造部門1165名（エンジン・ミッション等のユニット製造工場395，車体組立を行うオフライン工場262，工場の生産設備を製造する生産設備工場146，研究部門66，開発部門296），航空宇宙機器製造部門39名，繊維機械製造部門11名である。この論文ではこれらの中から自動車製造部門の工場であるユニット製造工場，車体組立工場，生産設備製造工場の3工場を分析の対象として選定し，考察した。

森 和夫・菊池安行「生産技能の類型化に関する調査(2)－工場別に見た自動車製造技能の比較－」，職業能力開発研究，第12巻，pp. 1-30, 1994.

- (3) Kazuo MORI & Yasuyuki KIKUCHI: Investigation and Reserch on Classification of Productive Skills(1) – Actual Work and Skills in The Car Manufacturing Industry –, J. of Human Ergology, No.21, pp.142-156, 1993.
- (4) Kazuo MORI & Yasuyuki KIKUCHI: Investigation and Reserch on Classification of Productive Skills(2) – Cluster Structure of Productive Skills in The Car Manufacturing Industry –, J. of Human Ergology, No.22, pp.141-149, 1993.

(もり かずお 職業能力開発大学校 指導学科)
(きくちやすゆき 千葉大学 工学部)

技術・技能の統合とその評価に関する考察

海野邦昭

1. はじめに

日本における大量生産／大量消費システムの成功は、非常な経済の繁栄をもたらし、経済大国と言われるまでになった。そしてこのシステムより生産される大量の製品が海外に輸出され、日本に“膨大な黒字”をもたらすようになった。反面、国内における内需拡大もままならぬままに、基礎研究ただのり論や一国繁栄主義が欧米で叫ばれるようになり、同時に“急激な円高”を招きつつある。そして“第2次産業から第3次産業への転換”、および“次世代産業の育成”も未解決なままに、バブル経済が崩壊し、そして“製造業の空洞化”が危惧されようになってきた。

そこで最近では、産業構造を大量生産／大量消費型から高付加価値型へ転換することが声高に叫ばれるようになった。そして試作研究開発が重視され、同時に必要な物を、必要な時に、必要な量だけ作る“JIT (Just In Time) システム”が見直され、JIT-CIM (Computer Integrated Manufacturing) という形で再構築されようとしている。すなわち“見込み生産”から“受注生産”への転換である。このシステムの場合、受注から納品までの期間をいかに短縮するかが問題となるので、“設計の標準化”および“加工の標準化”が急務とされている。このような産業構造の変化とともに、労働環境も変化し、女性の職場進出が進む一方

で、熟練技能者の高齢化と、若者の製造業離れが顕在化しつつある。また前述の試作研究開発にあたっては、後述する“創造的技能”が非常に問題となり、また加工の標準化に際しては、技能者の“工程分析能力”が重要となるので、熟練技能者の優れた技能をいかに後世に伝承するかが重要な課題といえる。そこでここでは、技能の伝承を主眼にして、主題である技術・技能の統合とその評価を検討してみることにする。

2. 技能と技術の定義

“技能とは何か”、また“技術とは何か”を論じる前に、物づくりの歴史を辿りながら、それらの役割を見てみよう。従来より、レオナルドダビッチは、“科学者か”、あるいは、“技術者か”という議論がある。またある人は、それらのいずれでもなく、彼は“技能者だ”と言う。多分、彼は図1に示す科学、技術および技能が全て重なりあった“三位一体の物づくり”をしたのであろう。“技術は制作された物”に、また“技能はその作る過程”に特徴があらわれると言うが、彼は“自分で考え、自分で設計し、そして自分で具象化した”のであるから、そう言えるのである。

話はそれるが、能開大の理念も“三位一体の物づくり”である。それがシンボルマークにもなっている。すなわち能開大の卒業生像は、“自分で考え、自分で設計し、そして自分で具象化できる能力を有する実践的技術者”にあるのである。前述のように、何を作るかが問題ではなく、いかに上手に作るかが要求された時代から、いかに付加価値の高い物を、試作開発するかが問われる時代にあっては、“物づくりは国の基本”であり、この三位一体の物づくりは、今後も非常に重要で、そしてそのコンセプトに基づく能開大の卒業生像も、決して誤っていなかったと言えるであろう。反対に、これからますます重要になると考えられるのである。

では何故、“実践的技術者”であって、“熟練技能者”ではないのか。多分、初代校長、故成瀬政男先生は、大学では、日々、新しいニーズがあるわけではないので、このような“教育訓練の場では、熟練技能者は育たない”と考えたのではなかろうか。そのため当時、先生は、常々、『職人に学べ』とおっしゃられた。今考えると、その意図するところは、職人のすることを“よく観察し”、そして自分の持っている“知識”を手段として、“知恵”と“創意工夫”とによって、“技能を技術に置き換えなさい”と教えていたと思われる。

当時は、技能とは何か、また技術とは何かという議論が盛んであった。しかしながら明確な結論が得られ、それぞれ明確な定義がなされた訳ではないと記憶している。ただ説得力のある定義は、図2に示すように、“技術は言語系”で、“技能は非言語系”であるというものである。そこでここでは、取り敢えず、“生産技能の場合、技術は言語系で、その特徴は形にあらわれ、また技能は非言語系で、その特徴はプロセスにあらわれる”と定義しておく。

3. 技能の伝承

前述のように、技能と技術は、互いに独立して存在するのではなく、図に示したように、重複して存在する部分が多いと考えられる。すなわちある部分は、技能とも、あるいは技術とも言える領域があるということである。この重複した部分は、科学や、技術が進歩すれば、技能を技術として置き換えることが可能な領域と言える。たとえば、最近の学習機能を持つエキスパートシステム等がその代表的なものの一つであろう。したがってこの領域は、技能を技術に置き換え、伝承すれば良いことになる。

また前述のように、故成瀬校長は、職人に学びなさいと教えられたが、その意とするところは、技能の技術化と判断されたので、当時、助手で

あった広田教授と筆者は、その教えに従い、機械加工における技能の技術化を試みた。広田教授は、オール日立製作所で何番という卓越技能者の非常勤講師の先生の助手をしながら、その技能を教えて貰ったり、盗んだりしたという。そしてその経験をベースにして、“切削加工の技能訓練システムに関する研究”と題する学位論文をまとめられ、東京大学より、工学博士を授与された。これは一つの技能の技術化による伝承の例である。

そして筆者は、当時、成瀬校長の命により、三井精機工業(株)のきさげ部門の卓越技能者の柳井先生に師事し、日本最古といえるジグボラ修理組み立てにあっていた。そのため毎日がきさげ作業の連続であった。先日、工業技術院、大阪工業技術研究所で、“人間の感性など数式化できない熟練技能の機械化等、熟達マシンの開発”を、先端研究として着手したことが日刊工業新聞において報じられていたが、きさげ作業は感性の代表的なものであるので、今考えれば、当時、最先端の研究をしていたことになる。そしてその作業を通じて、鉄というものは、“いかに硬いか”、そして“いかに軟らかいか”を学んだ。また川崎精機工作所の専務取締役で、卓越技能者である上田先生に研削加工を教えて戴いた。当時、センター穴を掃除するだけでも何年もかかるし、パスが使えなければ、機械を扱っても駄目だと言われ、ただ毎回、作業の見学であった。そして作業において抱いた疑問を、先生にいろいろと質問をしながら、またそれを実験により確認するということを続けた。いわゆる技能の技術化である。当時は、コンピュータ等は、極めて稀な時代であったから、仮説を立て、そして実験データをタイガー計算機で、手計算し、まとめるという毎日であった。当時、急に成瀬校長が、実験を見学に来られ、実験データの説明を求められることも度々であった。そして大学では、データを取りなさい、そして家でそれらをまとめなさいと教えられました。その結果、幸運にも、東京大学より、“研削砥石の研削性能に関する

る研究”にて、工学博士を授与され、また精密工学会から、青木記念論文賞も戴いた。これ全て、成瀬先生の教えである“職人に学んだ結果”である。そしてこれも技能の技術化のまた一つの例と言えるであろう。現在も、当初の目的どおり、広田教授も筆者も、技能の技術化に励んでいる。“物づくりが国の基礎”であり、技能を技術化し、そしてそれを伝承することが、能開大の一つの大きな役割だと考えるからである。ここに述べたことは、技能を技術に置き換えれば、伝承が可能なことを示すために挙げたものである。技術・技能の空洞化が進む今日、技能の伝承に関し、能開大の果たさねばならない役割は大きいと言える。

もう一つ大事なことは、“技術化できない技能をいかに伝承するか”ということである。前述のように、これからは“高付加価値型の物づくり”に移行せざる得ず、“試作開発研究”が重要となるが、その場合、後で詳述する“創造的スキル”が非常に大切になる。現在、大手の企業でも、技術者だけで商品開発ができるかということ、そうではなく、熟練技能者の経験が欠かせないということである。今後はますますその傾向が強まり、熟練技能者の“知恵”と“創意工夫”が不可欠になると思われる。しかしながら一方で、このような熟練技能者が高齢化し、その後継者も育ちにくい環境下において、いかにその技能を伝承するかということとは緊急の課題である。

その一つの方法は、近代的な“教育訓練機器を開発”しようとするものである。例えば自動車教習用の“運転シミュレータ”や飛行機用の“フライトシミュレータ”等がこれに該当しよう。これらについては今後、コンピュータ技術が進歩するにつれ、発展すると考えられる。このような教育訓練用の機材の開発に関しても、能開大が果たさねばならない大きな役割がある。

もう一つの方法は、熟練技能者の地位の向上等、国家的な“技能振興”に関するものである。現在も、卓越する技能者表彰、技能検定、技能五

輪、技能グランプリおよびアビリンピック等があり、比較的、社会的に定着しているが、ドイツのマイスター制度等と比較し、いま一步という感がする。工作機械を作る工作機械、すなわちマザーマシンの多くが、ドイツやスイスで作られているのも、熟練技能者が制度的に保護され、育成されていることに起因するのではないかと思われる。一方、マイスターが特権階級化し、また保守化し、新しい技術の導入が遅れるという指摘があることも事実である。そのため色々問題はあがあるが、筆者自身は、技能院の設立を提案したいと考えている。勿論、卓越する技能者表彰もけっこうであるが、技能院に登録される形で、国家より多少なりとも年金が戴けたのなら、これに勝る名誉はないのではないか。奥さんやお孫さんから尊敬されることが、最も技能振興になると筆者は考えるのである。また技能尊重と振興の旗振り役として、能開大の果たす役割も大きいと言える。

4. 技術・技能の統合とその評価

“技術や技能をいかに正当に評価するか”ということは非常に難しいが、筆者は、技術と技能の統合に関し、図3に示す評価を提案したい。ここで言う統合とは、単に合わせるということではなく、筋道をつけて合わせることを意味する。すなわち筋道をつけることが重要なのである。能開大のような科学・技術・技能の三位一体の物づくりを目的とした実践的な技術者の養成を行なう機関においては、科学と技術および技能をそれぞれ個々に切り離して評価することは、妥当とは思われないからである。

まずステップ1は基礎となる技術・技能を“知っている”、あるいは“できる”能力に対応し、ここでは取り敢えず“基礎技能”と呼ぶこととした。また雇用促進事業団で実施している技能レベルと区別するために、ステップという表現を使うこととした。例えば、自動車の運転にお

いて、交通法規や構造を知っていることが、“原理原則を知っている”ことになる。しかしながらこれらを知っていたからと言って、自動車の運転ができる訳ではない。またこれらを知らなくても、“単なるオペレーション”はできる。しかしながら勝手やたらに運転されては困る。したがってどちらが重要だという問題ではない。ところが先日、日刊工業新聞の論説ノートに、旋削加工で工学博士を取得された名門校出身の先生が、多摩地区の大学に赴任され、旋盤実習を初めて見て、感激したことが、驚きをもって報道されていた。現在の日本では、車の運転ができなくても、交通法規や車の構造を論じることができるのである。ややもすると、車の運転ができる人よりも、できないで、交通法規や構造のみを論じている人の方が、高く評価されている傾向もあると思われる。これは誤りで、ともに“基礎能力”で、同じ次元の問題と言える。

次に、ステップ2およびステップ3は、2つの基礎能力が統合され、高度化された能力で、ここでは取り敢えず“熟達技能”と呼ぶことにした。すなわち“原理・原則を知り、かつオペレーションができる”能力（ステップ2）のことであり、そしてその上位能力である“上手にできる”（ステップ3）である。例えば、技能検定の2級や1級等がこれらに該当しよう。そして“技能五輪”といえども、熟達技能の範疇に入ると考えられる。

また、ステップ4およびステップ5が、応用ができ、そして新しい技術・技能を創造する能力で、ここでは取り敢えず“創造的技能”と呼ぶことにした。例えば、町工場の職人さんは、来る仕事、来る仕事が新しい仕事の連続であって、毎日、毎日が応用の連続だということである。そのため“単に一つの仕事が器用にできるだけでは、職人とは言わない”とのことである。すなわち“工程分析等の段取り”ができ、そして“刃物の工夫”ができて初めて職人になれるとのことである。そして大企業の試作部門には、必ず神様と呼ばれる職人さんが居たという。この神様

は、長年の経験（データベース）と知恵と創意工夫とにより、新製品を生み出し、新しい技術・技能を生み出すのである。これが創造的スキルである。スキルと言うと、どうも熟達スキルのみがイメージされ、また主として問題にされることが多く、“この新しい技術・技能を生み出す”という一面が忘れられる傾向があるので、注意しなければならない。

“高付加価値型の物づくりに必要とされるのは、この創造的なスキル”であり、今後、とくに重要になろう。では次にこの“創造的なスキルの内容”は何かという問題である。物事を対比して考えるのか、相似的に考えるのか等の発想の科学であろうか。はっきりとは分からないが、筆者は、経験に基づき、“99%の努力と、1%のひらめき”と思っている。一般的に、どんなに努力しても、ひらめきがないと駄目と言われている。では、“ひらめきは何か”という、まだ詳しくは分からないが、多くの情報が一つに集中することであり、活性化したエネルギーが、臨界状態を超えることだと考えられる。“自分を極限状態に置いて初めてひらめきが生じる”のではないか。また宗教でいう“悟りの境地”に至る状態ではないかと思われる。

熟達スキルと創造的スキルの違いを、習字と書道で考えることにする。習字も書道もともに、字を書くことに変わりはない。“習字”は、字を上手に書くことであり、熟達スキルと言え、また“書道”は、その基礎を踏まえた上に、あえてその定石を破り、“独創性・個性”を主張するものと考えられ、これが創造的スキルとなるのであろう。習字と書道の間には、何か“超えなくてはならない臨界点がある”のである。

職業能力開発の指導的役割を果たさねばならない能開大が、指導員の養成という職業能力開発を通じた“人づくり”とともに、国の基本となる“物づくり”における創造的スキルの重要性を認識し、その育成・振興にいかにか寄与できるかが、他の大学との差別化という点からも、今後、重要な課題になるように思われる。

5. 技術と技能の統合条件

前述のように、統合とは、筋道をつけて合わせることなので、技能と技術の統合を考える場合は、それぞれが互いに独立した存在ではないと認識することがまず基本である。そのため例えば、切削加工を研究する人が、全く旋盤を見たこともなく、また触ったことがないということでは、技能の技術化は困難であろう。そのため技能の技術化を行なう場合には、まず第一に、“基礎技能を有すること”、すなわち“できること”が条件となる。そしてその技能を“技術化するのに必要な知識を有する”ことも条件となる。しかしながら、多分、その技術化には、困難が伴うであろう。簡単にできることならば、既に行なわれていると考える方が常識であるからだ。そのため失敗を恐れない“チャレンジ精神と熱意”があることが必要であろう。言い換えれば、“夢”と言えるかも知れない。すなわちここでは、“99%の努力が必要”なのである。しかしながら努力したからと言って、必ずしも技能が技術化できる訳ではない。99%の努力は必要条件であって、十分条件ではない。最後の1%が、前述の“ひらめき”に相当する部分であって、“知恵”であり、“創意工夫”であり、多くの情報の中から、必要なものを取捨選択し、それらを“統合する能力”である。しかしながら一般的な製造現場では、創造的な技能は育ちにくいと言われている。毎日、毎日、新しい仕事に取り組まなければならない中小、零細企業において創造的スキルが育ちやすいと言われるのは、その環境によるのであろう。ないないづくしの中で、仕事をこなしていかなければならない場合、後に残るのは、作業者の“知恵であり、創意工夫”である。勿論、上に立つ人間が、そのことを理解し、優しく見守るだけの“環境”にあることも重要である。新しい仕事を何もしなければ、失敗もないから安心という“減点主義”では、技能の技術化も困難であり、まして創造的スキルの育成は困難である。そのため技能の技術化を考える場合は、“いかに減点主義の環境を作るかがポイント

ト”と言える。現在、技術・技能の空洞化が危惧されているが、その本質は、例えば京浜工業地帯の頭脳と言われる羽田地区に代表される中小、零細企業において、後継者が育たず、その地域における創造的な技能が消えようとしていることではないか。今後、高付加価値型の物づくりに転換しなければならない時期に、日本において、そのような創造的な技能を育てる場が消滅していくことが最も問題と思われる。

以上をまとめると、表1のようになり、まず能開大という新しい価値観を持った目的大学校において、いかに技術と技能を統合し、創造的スキルが育つような環境を作り出すかが問題と言える。

6. おわりに

技術・技能の空洞化が危惧されている今日こそ、能開大の果たす役割が大きいとの認識のもとに、“技能の技術化”および“創造的スキルの育成と振興”を目的とし、その前提となる技術・技能の統合とその評価に関する考察を試みた。勿論、技能と言っても、教材の開発や指導法等に関連した“教育訓練に関するスキル”もあれば、また特級技能士に見られる“管理的スキル”もあろう。そこでここで対象としたのは、主として物づくりに関連した“生産スキル”であり、限られた範囲でのものであることに注意して戴きたい。また筆者自身が現在も、前述の目的に向けた実験台であるため、ここに提示したことは、全て仮説の域を出ていないことも多いが、能開大卒業後の経験等に基づきまとめたものであるため、全く根拠がないということではない。“職業訓練はトレーニング”であり、自動車（トレイン）が先頭にたってリードすることである。常に“先頭を走り、背中で教育すること”が、その意であると教えられているので、今後も、提示した仮説の証明に向けて、自分自身の実験台としての研究を続けたいと思う。

ここに述べたことが、今後の能開大の在り方ならびに職業能力開発体

制等を考える上での基礎となり、問題提起となれば幸いである。またこのような考え方を発表できる機会を作って戴いた関係各位に厚く御礼申し上げます。

(うんの くにあき 職業能力開発大学校 生産機械工学科)

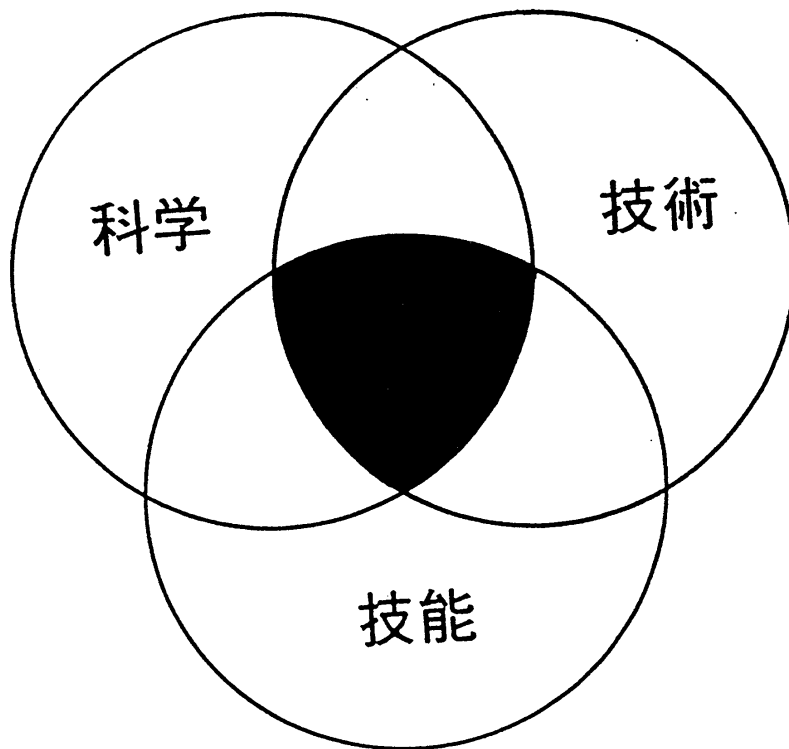


図1 三位一体の物づくり

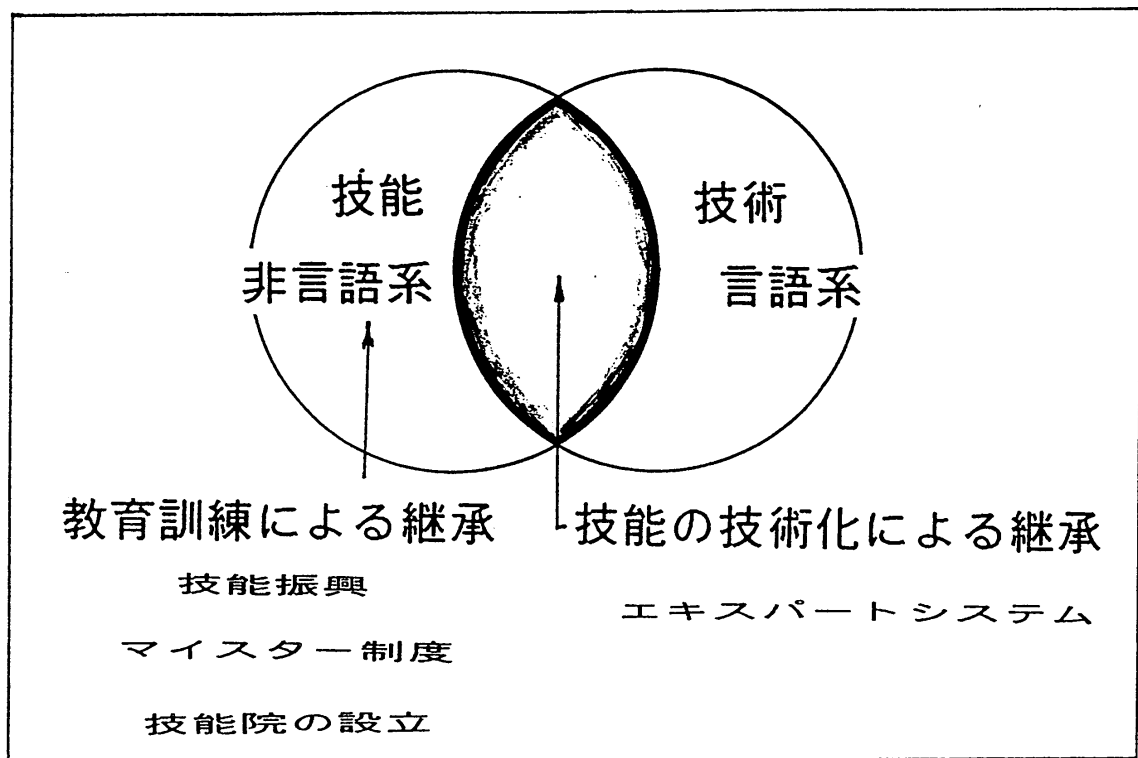


図2 技能の定義とその継承

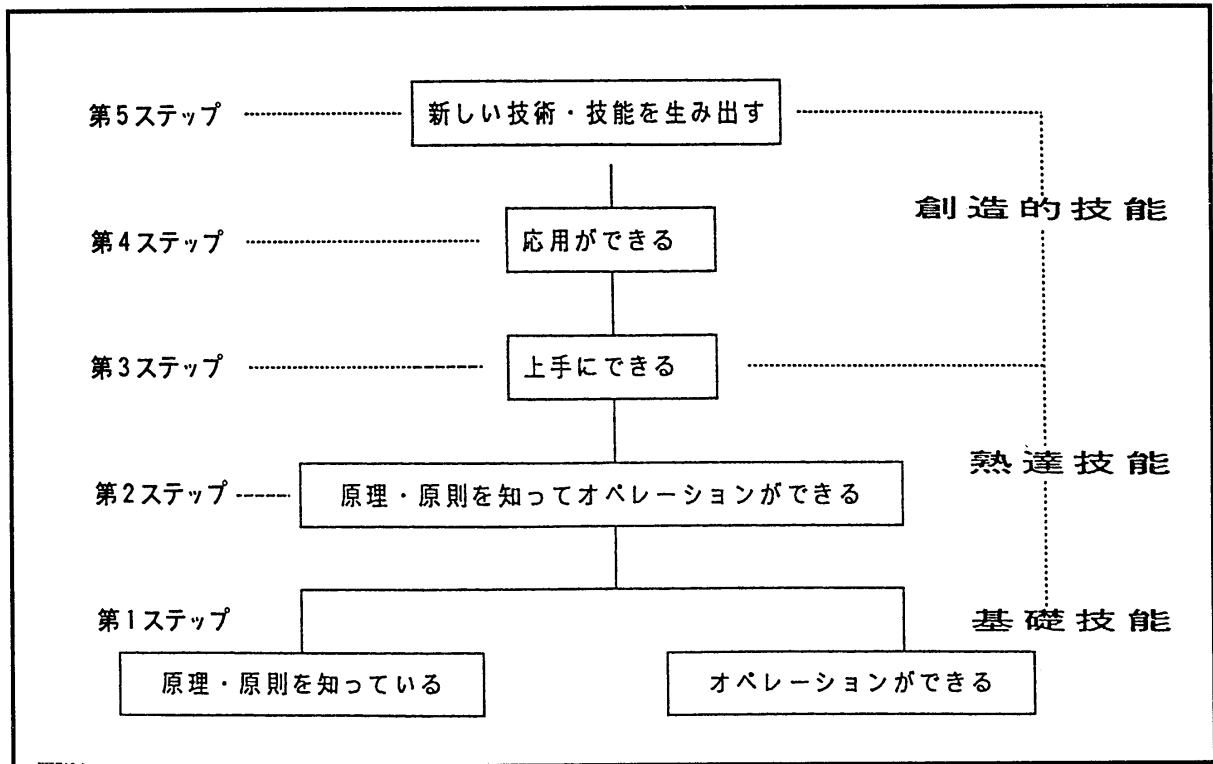


図3 技術・技能の統合とその5段階評価

- ①基礎技能を有すること
- ②技術化に必要な知識を有すること
- ③チャレンジ精神と熱意があること
- ④知恵があり、創意工夫ができること
- ⑤新しい技術・技能を育てる環境であること

表1 技術・技能の統合条件

CAIに関する諸問題と今後の方向

島田昌幸

1. はじめに

本研究の目的はCAIの諸問題を教育的視点から検討し、今後の解決の方向を提案することである。CAIの開発研究は現在曲がり角に直面していると思われる。それは日本のCAI開発研究の中核であったCAI学会がその名称を変更しようとしていることにも表われている。CAIに関する研究者の多くは旧来のイメージのCAI開発研究からの脱皮をはかろうとしているのかもしれない。CAIを取り巻く外側にコンピュータの教育利用に関する研究領域がどんどん広がってきていることも、その原因の一つと考えられる。知識工学、ヒューマンインターフェイス、グループウェア等の研究である。しかし、筆者はCAIからの脱皮を急ぐとCAIの持つ本質的な問題が見えなくなるのではないかという危惧を抱いている。コンピュータの教育利用の方向は大別して3つあると見ている。一つはコンピュータサイエンス、情報科学の流れである。これは、もともと大学でコンピュータに関する専門家を育成しようとするところから生れた。第二はコンピュータリテラシーの教育。これはコンピュータが大きな影響力を持つ社会にあつて、社会生活上最低限必要とされる能力の育成に関わる教育の方向である。第一の流れに比べるとずっと遅れてその必要性が認識されるようになった。第三は道具としてのコンピュータ利用の流れである。ワープロ、表計算、データベース、CAD、コンピュー

タ通信などがその例である。CAIもこの分類でいくと第三の流れに位置付けられる。CAIは教師の教授機能の一部を代行する教育の道具として出現した。ところでCAIの諸問題を検討をするために、道具としてのCAIをさらに3つに分類して考えてみよう。その第一は学習者の道具としてのCAIである。第二は教師の道具としてのCAIであり、第三は研究者の道具としてのCAIである。第一の学習者の道具としてのCAIでは、CAIシステムを教師の教授機能を代行するものとみなして、教師なしにも学習者が一人でも利用できる方向で研究開発が進められてきた。第二の教師の道具としてのCAIは教師がOHPなどの教育機器の延長線上で利用できるCAIのイメージである。第三の研究者の道具としてのCAIは最先端の研究開発を目指すような研究がその一例であり、多くの研究者の関心を集めてきた。CAIのこの3分類は当然のことながら相互に重複するところもある。しかし、この分類をもとにして今までのCAI開発研究を振り返って見るとCAIの開発研究は主として研究者が中心になって学習者用のCAIをイメージして行われてきたと思われる。そのため第二の教師の道具としてのCAI開発研究が手薄になった。そこにCAIの大きな問題点があるというのが筆者の見解である。

CAIの開発に筆者が関係したのは1970年の頃からである。それ以来筆者も主として研究者と学習者の道具としてのCAI開発研究を行ってきた。しかし、その過程で教師の道具となるCAIの開発研究の必要性を認識するようになった。そこでこの論文では、まず、これまでに筆者が行ってきたCAI開発研究とCAI研修を振り返り、それらをもとにしてCAIの諸問題を探り問題の整理を行うことにする。そして整理された諸問題を教師の道具としてのCAIという視点から再検討し今後の解決の方向を提案しよう。

2. CAIをめぐる諸問題

2. 1 機械振興協会でのCAIと当時のシステムの問題点

機械振興協会は1968年からCAIシステムの開発に取り組む関係各社の協力を得て共同研究を行い1972年3月にこのCAIシステムを完成した。これは日本における当時最大のCAIシステムであり、本格的なCAI研究の口火を切ったものといえよう。このCAIシステムの大きな特徴の一つは、32kwの小型計算機と2.5MWの磁気ディスク記憶装置を中心とする計算機システムが、30台の学習端末装置を同時に制御できるように設計、試作されたことである。また、学習者の学習の進行を制御するためのソフトウェアとして、教育に適したCAI言語ならびにコンパイラが開発され使用されたことも一つの特徴である。

30台の学習端末装置には2種のものがあった。8台の1型端末装置と22台の2型端末装置である。1型端末装置はランダムアクセス・スライド装置、CRTディスプレイ装置、ランダムアクセス・オーディオ装置、キーボード、ライトペンで構成された。2型端末装置はランダムアクセス・スライド装置、プリンタ、キーボードで構成されていた(注1,2,3)。1971年に機械振興協会が開発したCAIコースウェアは8教科で、高校卒業程度の学力を持つ人が9-20時間で学習できるものである。開発に要した期間は短いもので8ヵ月長いもので2年であった。8教科のコースウェアは、(1)電子計算機入門、(2)COBOL、(3)FORTRAN、(4)NC工作機械、(5)カラーテレビ修理技術、(6)APT入門、(7)電気技術者教育、(8)PERTである。

このCAIシステムを利用して多くの研究がなされたが、現在それらを振り返って見て見ると、これは研究者と学習者の道具としてのCAIであり、CAIの可能性を探ることを目指した開発研究であった。したがって、CAIによる学習は従来の授業にくらべて、どんな点ですぐれているか、どんな点に問題があるか等に関心が集中した。

講義とCAIとを比較する実験が同じ学習内容でPERTというコースウェアによって行われた。最初に学習者は学習前に行われた事前テストとレディネステストにもとづいてCAIで学習するグループ（10人）と講義グループ（11人）とに2分された。学習終了後に両グループの全員に対して事後テストが行われた。事後テストの成績は、CAIのグループが平均67.8（標準偏差6.2）で講義グループの平均59.2（標準偏差9.8）よりも高い数値を示した。この差は5%水準で統計的に有意である（ノンパラメトリック法マンローウィットニーUテスト）。学習時間に関しては講義グループが20時間であったのに対して、CAIグループはグループは平均14時間20分（標準偏差76.7分）で学習時間はきわめて大きく短縮された。この実験結果はCAIの長所である効率的学習の側面を明らかにしたものといえよう。

もう一つの学習実験は「カラーテレビの修理技術」を用いて(1)CAI組、(2)講義・実習組、(3)CAI・実習組の3つのグループをつくって行われた。これはもともと実技実習を必要とする学習内容なのだが、CAI組は実技実習を省略しCAIだけで学習した。講義・実習組は従来の方法で講義と実技実習で学習し、CAI・実習組は講義の代わりにCAIで学習した。事後テストの成績はCAI・実習組が平均90.4（標準偏差4.9）で、講義・実習組の平均79.2（標準偏差10.8）よりも良い成績を示した。この差も統計的に5%水準で有意であることが認められた（ノンパラメトリック法Uテスト）。しかし、実技実習を省略したCAI組の成績は平均62.5（標準偏差15.7）になり、講義・実習組よりも低い成績になった。しかし、この差は統計的には5%水準で有意ではない（ノンパラメトリック法Uテスト）。学習時間に関してはCAI・実習組は平均20時間49分で、講義・実習組の42時間と比較すると約1/2になった。この学習実験はCAIの優れている点と同時にCAIの弱点を示したといえよう。実技実習はCAIだけによっては補えないと思われる。

CAIの長所と短所に関するもう一つの回答は、110人の学習者に対して行ったアンケート結果にあらわれた。それによると、CAIでの学習は普通の学習に比べて、より楽しく（57%）理解しやすい（56%）ということがわかった。ただし、CAIでの学習のマイナス面としては、普通の学習よりも疲れる（38%）、途中でやめたくなる（64%）ということが指摘された。

以上のようにCAIの主な長所と短所が明らかになったが、次にさらにいくつかの問題点を付け加え問題点の整理をしておこう。

1. このCAIシステムは日本語の漢字や平仮名をCRTディスプレイやプリンタに表示することができなかった。この欠陥を補うためにランダムアクセス・スライドが用いられ、説明文や図や表や写真などをスライドに表示するようにした。しかし、スライドにアクセスするため、学習者は待たなければならないという問題があった。こうした問題は現在ではすべて解決されてしまった。
2. このCAIシステムは音楽や音声の利用に関して問題が多くうまく利用することができなかった。この問題もほとんど現在は解決された。欲を言えば、音声認識の研究が教育場面で利用できるようになることを期待したい。
3. このシステムで作成した学習プログラムを使うことは他の場所ではできなかった。学習者は近くにいる人に限定された。パーソナルコンピュータの出現によって、この問題解決に関しても大きな進展が見られた。
4. すでに述べたことであるが、実技実習を必要とする学習に関してはCAIではほとんどカバーできないことがわかった。
5. アンケートの結果からはCAIでの学習は普通の授業よりも疲れるということがわかった。そこで章末アンケートを利用して疲労の要因分析をした結果、疲労との定性相関係数が一番高くなったのは「学習が

楽しかったかどうか」($r=0.412$)で、次は学習時間($r=0.410$)ということがわかった(注1,3)。CAIでの疲労の問題を解決するには、第1に「学習が楽しくなる」ような教材を開発することであるといえよう。4と5は現在においても未解決の大きな問題である。

2. 2 ビデオディスクを利用したCAIシステムの開発とその問題点 (1983—1987)

機械振興協会のCAIの開発研究から約10年ほど経過した1983年において、われわれはソニーの協力を得て、ビデオディスクを利用した語学教育用のCAI教材を開発した(注4)。ビデオディスクを利用したマルチメディアCAIシステムとしては、初期のものである。開発メンバーは、英語教育の専門家を含めて4人で、それにソニーから常時1人の協力があった。このCAIシステムの特徴の一つはハードウェアの面では、ビデオディスク(ソニー製LDP1000)をパーソナルコンピュータ(ソニー製SMC-70)に接続し、ビデオディスクの映像の上にコンピュータからの英語や日本語の文章がスーパーインポーズできるようにしたことである。

ここでの研究開発の目的も新しいマルチメディアCAIシステムの可能性を探ることで、このシステムに適したコースウェアを開発しその評価をすることであった。これも研究者用のCAI研究といえよう。約1時間程度の学習時間のコースウェアの開発に3年を要したが、それはどんなコースウェアを開発するかについて結論がなかなか出せなかったからである。しかし、この開発経験の中からは、大きな収穫もあった。それは開発目標などを模索し議論しあった中から、いろいろユニークな発想が出てきたことである。例えば、次のようなアイデアが提案された。

- (1) できるだけ多様な学習形態で利用できるようにし、教師が一斉授業の授業形態で使ったり、学習者が個別的に利用することもできるようにする。ここで教師の道具としてのCAIという発想が見られる。

- (2) 日本人だけでなく外国人も利用できるようにする。
- (3) 学習の際、学習項目を自由に選択できる「選択コース」と一定の流れで学習する「一般コース」の両方を用意する。
- (4) 選択コースの中には、語学学習に必要不可欠と考えられる「大意」、「辞典」、「単語練習」、「日本語訳」、「作文・文法」、「書き取り」、「朗読」のほかに「地理・文化・歴史」、「歌・ゲーム」、「自己診断テスト」などを加える。

このとき開発したCAI教材では、これらのアイデアのすべてを生かすことはできなかったが、今後CAI教材を開発していく上で参考になるアイデアであると感じた。これらの発想の根底には、CAI教材の開発には多大の時間と費用がかかるのだから、できるだけ多くの人が多面的に利用できるような教材を開発しようという考えがあった。

最終的にできあがったこのCAIシステムの特徴の一つは、学習者の興味や関心に応じて学習のコースを選択して学習することができるようにしたことである。その結果作品に対する学習者の評価はかなり良好であった。日本人50人、外国人9人に対してのSD法によるイメージ調査（19項目）では、マイナスの印象を与えたものは全然なく「楽しい」「親しみやすい」「魅力がある」「新しい」「画像がよい」「文字の色がよい」などのプラスの印象を与えることができた。

しかし、この研究では、学習者の興味や関心に応じて選択的に学習できる点について学習者がどう受けとめているのかについての調査が欠けていた。学習者の選択による学習方式を、無前提に良いものとしてコース開発をおこなったからである。

さらに、開発および評価の経験の中で感じた問題点を列挙すると次の通りである。

1. ビデオディスクのソフトウェアの開発は非常に難しい。最初の段階ではCAI用にビデオディスクの映像作成も含めて検討を進めたが、ア

アイデアの面、費用の面でわれわれだけでは不可能であるとの結論になり、結局最終段階では既成のもの（ソニー製トラベルガイド・ハワイ編）を利用することにした。

2. 当時ソニー製のパーソナルコンピュータ（SMC-70）に対してはCAI専用のオーサリングツールが開発されていなかった。そこで専門家に依頼しC言語によってプログラム作成を行った。
3. コースウェアの改訂が困難であった。CAI専用のオーサリングツールが開発されていなかったので、プログラム作成だけでなくその改訂も困難になった。
4. このCAIシステムの評価のデータ収集のために、しばしばこのシステムを遠方にまで運ばなければならなかった。それは非常にたいへんな作業であった。CAIの普及と言う視点からは、ハードウェアの運搬の容易さも大切な要素であると感じた。

2. 3 マッキントッシュを利用したCAIシステムの開発（1991—1993）

機会振興協会のCAIのところでも述べたように、CAIの重要な課題は「学習が楽しい」コースウェアを開発することである。「学習が楽しいかどうか」は疲労に最も関係が深いということがわかった。また、ビデオディスクを利用したCAIシステムでは、学習者の選択による学習方式が歓迎されるだろうと考えてコース開発が行われたが、きちんとした検討はなされなかった。そこで今回は研究の目的として、学習意欲を高めるCAIコースウェアの特徴を明らかにすることを設定し、学習者の選択による学習方式と学習意欲との関連を調べることにした。1991年から1993年にかけて2人の留学生の協力のもとに2つのCAIコースウェアの開発し実験的研究を行った。CAIシステムとしてはマッキントッシュ II cx にレーザーディスクを接続し制御するシステムを利用して言語教育用のCAIコースウェアを開発した。使用したレーザーディスクの内容はソニー

製のトラベルガイド「ハワイ編」で、これは前に利用したのと同じものである。オーサリングシステムとしては「ビデオビルダー」を使って、英語教育用の4種類のCAIコースウェアを開発した。最初の研究で開発した4種類のコースウェアは、「分岐型かどうか」、「練習とテストがあるかどうか」によって類別されるが、それぞれ次のように構成した。

- (1) ワイキキビーチ : 分岐型、練習とテストあり
- (2) ポリネシアン文化センター : 分岐型、練習とテストなし
- (3) ナパリコースト : 直線型、練習とテストあり
- (4) 黒砂海岸 : 直線型、練習とテストなし

主な学習内容は「英語での観光案内の聴取」「観光案内の英文の提示」「日本語による観光案内の聴取」「単語の学習」である。分岐型の場合には、それぞれの学習内容を学習者の選択によって繰り返し学習できる。直線型の場合には、これらの学習内容を一定の流れで学習してもらうようにし、学習者の選択による学習はできないようにした。被験者は職業能力開発大学校学生12人である。学習後のアンケートでは、今回の4つのコースウェアについて、「一番学習意欲がでるのはどれか、それはなぜか」「一番意欲がでないのはどれか、それはなぜか」を記述してもらった。

「4種類のコースの中で一番学習意欲が出るのはどれか」の質問に対して、アンケート結果は(1)を選んだものは9人、(2)0人、(3)3人、(4)0人であった。一方、「一番意欲がでないのはどれか」の質問に対しては(1)0人、(2)1人、(3)1人、(4)8人であった。そこで「一番学習意欲がでる」との回答に対して2点、「一番意欲がでない」との回答に対して0点、いずれも選ばなかった場合に1点を与え集計し、それぞれの学習意欲得点を算出した。

学習意欲得点(平均値)を見ると(1)1.75が一番高く、次は(3)1.06、(2)0.92と続き、(4)0.33が最低になった。カイ自乗検定をすると、(1)と(3)の

得点分布との間には5%水準で有意差が認められた(カイ自乗値=6.27、 $df=2$ 、 $p<0.05$)。ちなみに自由度2の棄却値(有意水準0.05)はカイ自乗値=5.99である。(2)と(4)の得点分布の間(カイ自乗値=8.71、 $df=2$ 、 $p<0.05$)にも0.5%水準で有意差が認められた。一方(2)と(3)の得点分布の間(カイ自乗値=3.48、 $df=2$ 、 $p>0.05$)には5%水準で有意差は認められなかった。この結果は予想通りであった。「(1)分岐型、練習とテストあり」の方式が最も学習意欲を喚起することができた。最も意欲を喚起することができなかったのは「(4)直線型、練習とテストなし」の方式である。この中間に「(2)分岐型、練習とテストなし」と「(3)直線型、練習とテストあり」とが入る。「(2)分岐型、練習とテストなし」と「(3)直線型、練習とテストあり」とに関しては、「(3)直線型、練習とテストあり」の方式のほうがやや優位な数値になったが、これは統計的には有意差を示すものではないことが結論づけられた(注5)。

この結果について、多少疑問がないわけではない。それは、学習内容の影響である。「(1)ワイキキビーチ：分岐型、練習とテストあり」が最も意欲を喚起することができたのは、分岐型で練習とテストがあったためというよりも、ワイキキビーチの学習内容が大変興味を喚起することができたことによるのかもしれない。この疑問を解くには、条件を変えて再度CAIによる実験的研究を行う必要がある。

そこで、最も好評だったワイキキビーチを「直線型で練習とテストがない」方式にし、一番人気のなかった黒砂海岸を「分岐型で練習とテストがある」方式にして、次のような4種類のCAIコースウェアを作成して比較検討してみることにした。

- (1) ワイキキビーチ : 直線型、練習とテストなし
- (2) ポリネシアン文化センター : 分岐型、練習とテストなし
- (3) ナパリコースト : 直線型、練習とテストあり
- (4) 黒砂海岸 : 分岐型、練習とテストあり

今回の被験者は、職業能力開発大学校学生40人である。

「4種類のコースの中で一番学習意欲が出るのはどれか」の質問に対して、アンケート結果は(1)を選んだものは8人、(2)3人、(3)7人、(4)22人であった。一方、「一番意欲がでないよはどれか」の質問に対しては(1)18人、(2)7人、(3)8人、(4)7人であった(注6)。そこで「一番学習意欲がでる」との回答に対して2点、「一番意欲がでない」との回答に対して0点、いずれも選ばなかった場合に1点を与え集計し、それぞれの学習意欲得点を算出した。

学習意欲得点(平均値)を見ると(4)1.38が一番高く、次は(3)0.98、(2)0.90と続き、(1)0.75が最低になった。カイ自乗検定をすると、(4)と(3)の得点分布との間には1%水準で有意差が認められた(カイ自乗値=16.60、df=2、 $p < 0.01$)。ちなみに自由度2の棄却値(有意水準0.01)はカイ自乗値=9.21である。(2)と(1)の得点分布の間(カイ自乗値=12.93、df=2、 $p < 0.01$)にも0.1%水準で有意差が認められた。一方(2)と(3)の得点分布の間(カイ自乗値=2.12、df=2、 $p > 0.05$)には5%水準でも有意差は認められなかった。ちなみに自由度2の棄却値(有意水準0.05)はカイ自乗値=5.99である。この結果も予想通りで、「(4)黒砂海岸：分岐型、練習とテストあり」が最も学習意欲を喚起することができた。最も意欲を喚起することができなかつたのは「(1)ワイキキビーチ：直線型、練習とテストなし」である。この中間に「(2)ポリネシアン文化センター：分岐型、練習とテストなし」と「(3)ナパリコースト：直線型、練習とテストあり」が入る。したがって先回の疑問点は解消したといえよう。前回最も好評だった(1)ワイキキビーチが今回は最低の評価になり、前回最低の評価だった(4)黒砂海岸が今回は一番学習意欲を高めることができた。これは、学習内容の影響を考慮しても、学習方式の影響の方が大きかったことを意味していると言えよう。なお、「(2)分岐型、練習とテストなし」と「(3)直線型、練習とテストあり」とに関しては、「(3)直

線型、練習とテストあり」の方式のほうが今回もやや優位な数値になったが、これは統計的には有意差を示すものではないことが結論づけられた。

以上のように2つの実験的研究から、学習者の選択による学習方式で練習やテストのあるものが学習意欲を高める上で有効であることが実証された。また、機械振興協会の当時の最大の問題であった疲労についてもその問題を克服することができた。今回のCAIシステムで疲労に関して多少問題を感じたものは全体62人中16人で26%という結果になり、疲労を感じなかった者35人(56%)の方が多くなった。ただし、この開発研究も教師の道具としてのCAIというイメージは希薄であった。教師が自分でCAIのコースウェアを開発するときに、容易に取り入れることのできる方法を提供したいという願いがあったことは確かであるが、この方向での開発研究はこれからの課題である。この開発研究の過程では次のような新しい問題点が浮上してきた。

1. このCAIコースウェアに関する2つの実験的研究では、オーサリングシステムを利用することができた。このオーサリングシステムはたいへん使いやすいものであったが、しかし、同時にオーサリングシステムの問題点も明らかになった。例えば、言語教育用のコースウェアの場合には、辞典を含んだオーサリングシステムが有用である。今回は辞典の一部しか作る必要がなかったが、学習内容が増せば辞典の部分を作るのに難渋するであろう。
2. 作成するコースウェアの内容に関するテキスト、参考書、写真などの映像などがデータベースとして用意されていれば、開発が非常に容易になるであろう。今回はソニー製のビデオディスク、トラベルガイド「ハワイ編」が映像と音声を含むデータベースの役割を果たしてくれたので開発がかなり楽になった。
3. 学習意欲の問題として今回は、「分岐型か直線型か」「練習とテスト

があるかどうか」という2つのテーマに限定した。しかし、学習意欲に関して検討すべき問題は山積みされている。例えば、問題の困難度と学習意欲の関係、KR情報の提示の仕方と学習意欲の関係、学習者の性格特性との関連、コースウェア開発にかかわるオーサー（作成者、著者）の意欲の問題等々である。特に教師がオーサーの場合には、教師の開発意欲を支援する研究が非常に大切な問題になってくるであろう。

2. 4 CAIコースウェアの開発研修における問題点

職業能力開発大学校では1989年にCAIコースウェアの開発のための研修コースを開設した。このコースは職業能力開発校の指導員をを対象としたもので定員10人で1年に1回開かれる。このコースへの参加者は、短期間の中で各自一つのコースウェアを開発しそれを相互評価する。職業能力開発施設で利用しているパーソナルコンピュータがNECのものが多く関係で、当初はこの研修で使用したパーソナルコンピュータもNECのものにした。このCAIコースウェアの開発研修を通して筆者は教師の道具としてのCAIの必要性を痛感するようになった。

研修に先立って既成のコースウェアやCAI用のオーサリングシステムについていろいろ調べて見た。市販のCAIコースウェアに関しては非常に多いが、職業能力開発分野で利用できるものは少ない。また、参考になるものはあっても、それを利用しやすいように選択的に利用したり手を加えたりすることはほとんどできないことが明らかになった。

市販のCAI用のオーサリングシステムに関してもさまざまな問題が明らかになった。問題点は、一つには価格が非常に高いことである。また数も少ない。そこで市販のCAI用のオーサリングシステムを使うと研修期間中に作成したコースウェアを各施設においてすぐには利用できないという問題が生ずる。CAIのコースウェアの開発では専用のオーサリン

グシステムの問題が非常に大きな問題であることを痛感させられた。

幸いなことに、われわれは新妻幹也氏が開発したCAI用のオーサリングシステムを当初は無償で利用させてもらうことができた。このオーサリングシステムは当初はBASIC言語で作成されたもので、オーサリングシステム自体に手を加えることができた。現在は何回もの改訂の後で市販されるようになっている（注7）。

この指導員研修の中では次のような問題点が浮かび上がった。

1. 市販のCAIコースウェアに関しては、教育訓練で直接利用できるものは非常に少ない。また、指導員が手を加えたりすることのできるものはほとんどないのが現状である。
2. 市販されているCAI用のオーサリングシステムは、きわめて高価である上に数も少ない。
3. 職業能力開発施設ではNECのパーソナルコンピュータが多く利用されているが、CAIコースウェアの開発と言う視点からは必ずしも適切な環境が用意されてはいない。
4. マルチメディアCAIという視点からすれば、現在のところCAIコースウェアの開発に利用できるメディア教材が非常に少ない。

2. 5 まとめ

これまで述べてきた諸問題をもとにして現在のCAIのかかえている諸問題を教育的視点から検討し整理すると次のようになる。

(1) CAIコースウェアに関する問題

1. 市販されているCAIコースウェアは多いが、教育訓練で利用できるものは少ない。
2. 市販されているCAIコースウェアの場合、そのほとんどは指導員が改良したり手を加えたりできない。
3. 技能訓練の場合には、それに適したCAIコースウェアを開発する

ことは困難である。現在のところ知識面に限定される。

(2) CAIのオーサリングシステムに関する問題

1. 市販されているCAI用のオーサリングシステムが少ない。
2. 市販されているCAI用のオーサリングシステムは、そのほとんどが高価である。
3. CAIコースウェアを開発しようとする指導員の視点からは、利用しやすさの点でまだ問題がある。

(3) CAIコースウェア開発に関わる問題

1. CAIコースウェアを開発しようとする、多大の時間と労力が必要になる。
2. 職業能力開発施設のコンピュータシステムは、CAIコースウェアの開発と言う視点からはまだ十分に適した条件を備えてはいない。
3. コンピュータを教育訓練の道具としてCAIコースウェアを開発し利用しようとする指導員がまだ少ない。
4. CAIコースウェアを開発するための研修コースが少ない。
5. 学習意欲を高めるCAIコースウェアの研究が必要である。

(4) CAIのハードウェアに関する問題

1. 音声によるコミュニケーションがまだ一方向的にしかできない。
2. マルチメディアの利用環境は整ってきたが、CAIでそれを利用していくにはまだ不便なことが多い。ビデオディスクやCDは現在のところ教材の自作が困難である。
3. 持ち運びが可能な道具という視点ではCAIシステムにはまだ問題が多い。

3. CAIをめぐる諸問題解決のための提案

効果的にCAI教材を開発し、活用していくには、まずこれらの問題を解決しなければならないが、その際解決案を発想する観点がきわめて重

要であると考えている。CAIは視聴覚教育やプログラム学習の遺産を継承し発展させる強力な教育システムとして登場してきた。最近、特にパーソナルコンピュータの普及とともにCAI教材の教育的利用も急速に現実化してきている。最新の強力な機器であるコンピュータを利用しているという点でCAIはたいへん魅力的でもある。ところで従来CAIは教師の個別的な学習指導を代行するものとしてみなされ、この方向でCAI教材の開発もなされてきた。学習者の道具としてのイメージのCAI教材の開発である。しかし、CAI教材の開発は、従来のこの路線上に限定するとますます教師の手から離れて一人歩きをしていってしまう。なにしろ学習者の道具というイメージなので、教師が自分の授業の道具として利用できるものが開発されるとは限らない。高機能のCAI教材が開発されても教師の自信喪失につながってしまう。そのことは将来教育的に見て問題を生むようになるかもしれない。そこでここでは、教育的に見て効果的なCAI教材として、教師の道具になるCAIというイメージを重視して、その開発の方向について検討して見ることにする。教師の道具としてのCAIのイメージとして、筆者は次のような特性を想定している。(1)CAI教材の内容や学習方法が透明で指導者に見通しがきくこと。(2)CAI教材の部分的な活用がしやすいこと。例えば、テストの部分だけの利用とか、学習内容の一部だけの利用が可能なこと。(3)CAI教材に指導者が手を加えることができること。(4)CAI教材を個別学習だけでなく一斉指導にも利用できること。(5)CAI教材改善のためのアンケートなどが用意されていること。要するに、教師の教育作用の重視であるが、この発想を支えるものとしてはシュタイナー教育理論をあげることができる。そこでこうした方向でCAIの諸問題を解決して行くために、まず、教師の教育作用を重視したシュタイナー教育理論をもとにしてCAI教材のイメージを再検討してみよう。

3. 1 教育的に見て効果的なCAI教材のイメージ

近年、注目を集めるようになったシュタイナー教育は、ルドルフ・シュタイナー(1861-1925)の指導のもとに1919年に発足した自由ヴァルドルフ学校に端を発している。世界各地には、現在既に300校を越えるシュタイナー学校があり、着々とその成果を上げている。

シュタイナー教育の具体的実践は、なにしろきわめてユニークである。点数競争がなく、知育偏重を打破し、芸術を基盤にした教育が実践されている。「エポック授業(集中授業方式)」、「八年間担任制」、「芸術作品ともいえる美しいエポック・ノート」、「教科書もテストもないこと」、「点数のつかない通信簿」等々びっくりするような特徴があげられる。わが国においては、子安美知子著「ミュンヘンの小学生」(1975)、新田貴代著「私のヴァルドルフ教育体験」(1979)などによってシュタイナー教育が紹介されて以来、多大の反響があり、この学校とその教育に関する書物、さらにはシュタイナーの思想に関する書物が多数発行されるようになった(注8,9)。

さて、こうしたユニークな実践を生み出しているシュタイナーの教育方法理論とは、どんな理論なのか。次にかなり大胆にその特徴づけを試みよう。

第1に、シュタイナー教育は、教育技術以前の問題として、教師がどんな人間観をもち、どういう姿勢で教育にあたるかということを重視する。したがって、教師の教育姿勢、自己教育に非常な重みをかけた理論であるといえる。

第2に、シュタイナー教育は、独自の人間観、世界観を基盤にして、そこからユニークな教育方法理論を提示している。特に時代の課題に対応した教育、こどもの発達期に応じた教育内容、方法の提供を重視していることに、その特徴があるといえよう。実際にシュタイナー教育では、発達期に応じた具体的なカリキュラムが用意されている。

第3に、教育は科学であってはならず、芸術でなければならないという教育観に立っている。したがって授業も芸術的に構成することを基本とする。そして、教育が芸術であるためには、教師の心の基底に教える事柄に対する感動と生徒に対する畏敬の念がなければならないという教育方法理論なのである。要するに、第1に教師の教育姿勢と自己教育、第2に人間に対する深い洞察、そして発達期に対応した教育方法内容の提供、第3に授業の芸術的構成が、シュタイナー教育の原理になっているといえよう。

さて、筆者はこのシュタイナーの教育方法理論の中に、CAI教材の開発にあたって留意すべき重要なことが示唆されていると思うのである。その第1は、教師の教育姿勢、自己教育にかかわる問題である。CAIは、従来教師の教える役割をできるだけ代行するものとして見なされ、この方向でCAIも教材開発が進められてきた。しかし、CAIのイメージをこれだけに限定してしまうと、教育的に多様な問題が発生する。まず、従来のイメージのCAI教材を開発することはなかなか大変である。そこで教師はどうしても市販の教材を利用するという、消極的な立場に追いやられ、教えることに責任や喜びを持つことが難しくなるかもしれない。この問題を未然に防ぐには、CAI教材はできるだけ教師自身の手で容易に作成、改良ができるように、CAIのイメージを変えることが大切である。教師自身によるCAI教材の作成、改善は教師の自己教育にもつながるであろう。

第2は、学習者の発達期に関わる問題である。CAI教材の開発も学習者の発達期を考慮して行わなければならない。職業訓練の場合はともかく、小中学生の場合にはCAI教材の導入はよほど慎重にすべきだと考える。

第3は、授業の芸術的構成に関係する。CAI教材を授業の一要素にするためには、できるだけ教師の感動をもとに作成されることが望ましい。

理想的にはさらに芸術的にも香り高い教材開発を目指したい。

3. 2 市販されるCAIコースウェアについての提案

現在市販されているCAIコースウェアの問題点の一つは、それを利用する教師が手を加えることができないことである。手を加えることができないと言うことは、これを利用する教師の立場にたてばきわめて不便なことである。職業能力開発の分野は、多様なカリキュラムで多様な学習者を対象としている。学習者の年齢もまちまちであるが、その学習履歴もさまざまである。したがって一つの既製のCAIコースウェアが多様な学習者に適合するとはとても考えられない。そこで今後はそれを利用する指導員や場合によっては学習者が手を加え改善することのできるようなCAIコースウェアの開発が期待される。こうした発想のCAIコースウェアは現在のところ全然ないというわけではない。たとえば日本語の漢字を教育するCAIコースウェアで、教師が教えた漢字を選択してコースを編成することのできるものが既に市販されている。こうした発想のCAIコースウェアが今後どんどん開発され市販されることを期待したい。そのためにはまず見本になるようなコースウェアを大学や研究センター等で開発する必要がある。

3. 3 オーサリングシステムに関する研究の必要性

CAIプログラムを作成するオーサーのために、作成を支援するソフトウェアが開発されるようになり、オーサリングシステムとよばれている。文書作成を支援するワープロにも使いやすいもの、非常に使いにくいものがあるように、CAI用のオーサリングシステムにもいろいろある。

しかし問題点はそれ以前の段階にもある。第1にオーサリングシステムの数は極めて少なく、しかも使用できるハードウェアも限定される現状なのである。

CAIの普及という観点からは、まず各種のパーソナルコンピュータに対応できるオーサリングシステムが開発されることが期待される。第2の問題点は、価格が非常に高いことである。現在のところ、1セット20万円程度で、作成したコースウェアを実行するだけのソフトウェアでも2万円程度のものが大部分である。何とかもっと安い価格で利用できるようになって欲しいものである。

オーサリングシステムを使いやすいものにしていくためには、現在のようにどの教科内容のコースウェアを作成する上でも使えるオーサリングシステムと同時に、教科内容に密着した教科専用の教材データベースを取り込んで利用できるオーサリングシステムを開発する必要がでてくるであろう。語学を例にとれば、その国特有の文字や記号が必要になる。そこで教科内容に関係するテキスト、参考書、辞典、図鑑、写真集などのデータベースを開発し、それをオーサリングシステムが利用できるようにしていく必要がある。われわれはビデオディスクを利用したCAIのコースウェアを開発する際にこうした教材データベースの必要性を痛感した。現在市販されているオーサリングシステムに欠けているのはこの教材データベースの部分である。

また、ワープロや表作成や画像作成などの他のソフトウェアで作成されたファイルを、オーサリングシステムでは容易に再利用できることも大切な事項である。ハードウェアがらみの問題になるが、今後はマルチメディア利用を前提にしたオーサリングシステムの必要性が高まると思われる。

3. 4 CAIコースウェアの短所を補う授業のシステム化

現在市販されている大部分のCAIコースウェアの問題点の一つは、指導員の観点から見て適切でない部分がわかっていてもそれに手を加え修正することができないことである。この問題を解決する方法はないものか。

2つの方法が考えられる。第1は、授業をシステム化しCAIコースウェアの欠陥を補うというやり方であり、第2は、CAIコースウェアの開発を指導員自身で行うという方法である。この2つの方法に関して完全習得学習が重要な示唆を与えてくれた。完全習得学習はB.S.ブルーム等が提案した授業システムで落ちこぼれをつくらないこと、すなわちすべての学習者が確実に学習目標に到達することを保証するシステムとして考案された。完全習得学習の重要な特徴の一つは、形成的評価の利用である。従来の方式の授業ではテストは一連の授業の最後に行われるが、完全習得学習では授業の中間段階で形成的評価と称するテストを行い、学習者の目標到達度を診断する。形成的評価以前の授業では、学習内容を精選し最低限必要な学習内容に限定して一斉授業が行われる。形成的評価のあとの授業は大きくは2つのグループに分けられる。第1のグループは形成的評価において学習目標に到達していない学習者のグループで、このグループの学習者に対しては、その不足分を補い学習目標に到達することができるような指導が行われる。一方、形成的評価ですでに目標に到達した第2の学習者のグループに対しては「深化学習」と称して、最初の部分で学習をさらに深める指導がなされる。したがって完全習得学習の授業システムでは、最初の部分の授業の欠陥は、後半の授業において補われるように最初から設計されているのである（注10）。

(a) 授業のシステム化

CAIコースウェアの欠陥を補うには、授業のシステム化のアイデアが不可欠である。指導員は利用しようとするCAIコースウェアをあらかじめよく調べてその短所を明らかにすることである。指導員はまず全体の授業計画を立てその中のどの部分でCAIコースウェアを利用したらよいか検討することが大切である。市販のCAIコースウェアの部分的な利用も考えられよう。ここで完全習得学習のアイデアを活用しCAIコースウ

エアの欠陥を補う時間をあらかじめ用意しておくようにすればよい。この考え方の中で大切なもう一つの点はCAIコースウェアを全体の授業の中であくまで一部分の授業として活用するという発想である。指導員はCAIコースウェアとそれ以外の授業を統合し調和させる重要な責任ある役割を担うことになる。

(b)指導員の開発したCAIコースウェアの利用

第2番目の提案は、CAIコースウェアの開発を指導員自身で行うという方法であるが、その際、教材を精選し最初は短く簡単にできるものを手がけることを提案したい。これはマイクロティーチングの考え方の利用であり、ここではマイクロプログラミングと呼ぶことにしよう。マイクロティーチングは、「小規模授業」ともいえるもので、1963年にアメリカのスタンフォード大学で開発された教授技術の訓練法なのである。当大学では、教育実習生に、5分間の授業、10分間の批評、15分間の休憩、5分間の再授業、10分間の再批評という手順で教授技術の訓練を行なった。最初の5分間の授業は、3人ないし5人という少人数の学生を相手に行い、授業の様子をVTRに記録する。授業後、学生はその授業についての意見などを評価用紙に記入する。10分間の批評の時間には、VTRを再生したり、回収した評価用紙を参考にして改善点を検討する。休憩の時間に教育実習生は授業案を修正して再授業に備えるという方法を用いた。

したがってマイクロティーチングは、クラスの規模、授業内容、授業時間の短縮を行うことができ、短い授業の後、直ちにフィードバックを受けることができる。そこで教育実習生の訓練だけでなく、現職教員の教授技術の再訓練や授業研究の方法としても有効である（注11）。アメリカでは1968年の段階では全教員養成課程の53%がこの方法を取り入れたという。そこでアメリカ国内はいうに及ばず、国外にも広がりを見せ、

日本でも広く利用されている。マイクロティーチングの発想のユニークな点は一人一人の教師の教授能力を短時間にしかも簡単なやり方で改善していく方法を提供したことにある。ここでの提案は、マイクロティーチングの発想を、通常のCAIコースウェアの作成に利用しようとするものである。CAIコースウェアの開発を教師が自分で意欲的にやってみるためには、やはり、作成に成功する経験を積み重ねていくのがよい。そのためにはマイクロティーチングにならって、短いものからはじめ、それを実際の授業に利用し改良していくのが近道ではなかろうか。

3. 5 CAIコースウェアの開発の方向

では、コースウェアはどの方向へ向けて開発していったらよいのか。多様なものを開発していけばよいと思うが、次に4つの方向を提案する。

(1) 案内用コースウェア

自動車を例にとってみよう。自動車でドライブする場合、目的地の選択決定からはじめることが多い。観光が目的であれば、こまかなコースを決定する前に、おおまかにどの観光地を選択するかが問題になる。

そのための案内に相当するのが、案内用コースウェアなのである。職業能力開発では、どんな職業能力を開発することができるのか、それにはどんな訓練施設があり費用や期間はおよそどのくらいか等に関する巨視的情報が学習者の要望に応じていつでも提供できれば望ましいといえよう。また、訓練校の案内用コースウェア、自動車整備科、電気工事科等の科の案内用コースウェア等も必要になる。また教科内容を指導する以前の段階で、その教科全体のイメージを伝える案内用コースウェアを用意できればよい。このような様々の案内用コースウェアを用意し、必要なレベルの情報をいつでも提供できることが望まれる。

(2) 評価診断用コースウェア

ここでの提案は、いつでも学習者の要望に応じて実施できる自己診断

テストをCAIのコースウェアとして用意することである。さきに述べた案内用コースウェアが、目標の選択決定のためのものであるのに対して、評価診断用テストは、目標達成の途中で、絶えず現在の自分の状況をチェックしながら前進するのに役立つためのものである。また、一連の学習の最終段階で、所定の目標を達成したことを確認するための診断テストもこの中に含まれる。診断テストの作成で重要なことは、テスト結果をもとにして、今後どんな学習をしたらよいかについての診断を提供することである。従来、語学やその他の分野で行われてきた検定テストや資格試験は、診断的な情報提供という点では物足りないものが多いのではないか。そこで、職業能力開発の分野では、今後、診断的な情報提供を重視したコースウェアを開発して行くことが望まれる。

(3) 多様な方法で学習できるコースウェア

ドライブの場合でも、いろいろなコースを通して目的地へ行くことが可能なように、学習の場合にもいろいろな学習コースが用意されねばならない。但し、どのコースを通っても最終目標へ到達できることと、学習意欲を持続的に維持できることが保証されねばならない。複数のコースを用意し、コース選択を学習者に委ねる際に留意すべきことは、さきに述べた評価診断用のテストを必ず用意することである。そして学習者が初期の目的を達成するために最低限必要な学習内容をどのコースにも用意しなければならない。職業能力開発という視点からは、多様なコースの中に、フライト・シミュレータのように、シミュレーションにより学習できるものも導入できればと思う。また、海外の職業能力開発に資する意味で、同時に外国語で学習可能なコースウェアを用意する必要性も今後高まるに違いないと思われる。

(4) 指導用コースウェア

CAIのコースウェアの作成は、よいオーサリングシステムを利用すれば、かなり容易になるが、それでよいコースウェアがすぐ開発できるよ

うになるというわけにはいかない。よいコースウェアを開発するためには、学習内容についての専門的知識と同時に、それを指導していく指導方法についての専門的知識が必要になるからである。そこで、指導方法について、コースウェアの作成者に役立つ知識を提供しようとするのが、指導用コースウェアなのである。指導用コースウェアの内容は、主として教育工学的な考え方と技法を紹介すればよい。例えば目標設定や目標分析の技法、評価技法、教授学習理論、モチベーション、教授学習プログラム、CAI&CMI、メディア利用、教授学習過程の設計法などがコースウェアの開発に参考になり役立つと思われる。また既に開発され試用されているコースウェアの紹介もこの中に入れるようにすればよいと思う。

4. 授業用のプログラムの活用

いままでの提案をベースにして、現在取り組んでいるCAIコースウェア開発のための研修について述べよう。これはよいCAIコースウェアを開発する上で、「授業用のプログラム」を活用する提案でもある。ところで、従来のCAIコースウェアは、プログラム学習と同様に、教師の指導なしに、個別で、一定の学習成果を保証するものとして構想されてきた。学習者の道具としてのCAIである。しかし、これでは教師の指導、教師と学習者との対話、学習者相互の交流を授業の中から追い出してしまふことになる。また、実験とか技能教育などはCAIでは手におえないものになるであろう。そこで私は、従来のプログラム学習の考え方を拡張して教師の指導、教師と学習者との対話、学習者相互の交流等を授業の中に取り入れた「授業用のプログラム」の構想を提案し、その開発に取り組んできた。授業用のプログラムは、授業で教師や学習者が使用するプログラムである。そのイメージはプログラム学習のプログラム・ブックや仮説実験授業の授業書に類似している。

4. 1 プログラム学習と仮説実験授業

プログラム学習は、B.F.スキナーによって提唱されたもので、プログラムとティーチングマシンの利用により一定の学習成果を保証する個別学習システムであった。従来のプログラム学習は授業の一部に組み込んで利用することも可能であり、この意味で授業用のプログラムとみなすことも可能である。しかし、プログラム学習は授業を個別学習に限定し、また授業における教師と学習者間のコミュニケーションや教師の役割を著しく狭めるものであった。

一方、仮説実験授業は板倉聖宣氏により提唱された科学教育法であり、授業書の利用によって楽しい授業を保証しようとするものである。仮説実験授業では授業書に基づいて授業が進められるが、授業書は教師の役割を明らかにしており、また授業において学習者の相互交流を可能にするよう構成されている。したがって授業書は一種の授業用のプログラムとみなすことができる。仮説実験授業は1963年発足以来長期間にわたって生徒の興味を喚起するのに成功してきた（注12）。問題点はたとえば、主として科学を中心にした教科内容に限定されること、授業にかなり時間がかかること、授業書を教師が自分で作成するのが困難であることがあげられよう。

プログラム学習と仮説実験授業とは、いろいろな点で異なる授業システムであるが、授業書やプログラムという共有財産の開発利用によって、一定の学習成果を保証しようとしている点では共通している。

4. 2 授業用のプログラムの特徴

授業用のプログラムとして、私が提案しているものも、これら2つの教育方法と同じ路線上にあり、一定の学習成果と学習者の学習意欲を保証することを目指している。これら2つの教育方法に共通する問題点は、よいプログラムや授業書がない分野ではこの授業システムは機能しない

ことである。職業能力開発分野で利用可能な授業書やプログラムは残念ながら現在のところほとんどない。また、よい授業書やプログラムの開発が容易ではないことも共通する問題点といえよう。こうした問題点を克服するために授業用のプログラムでは、次のような特徴をもたせるよう構想した（注13,14）。

- (1) 授業用のプログラムでは、だれでも簡単に作成にあたるように、「プログラム案」の作成および利用を重視する。最終的には、一定の学習成果と学習意欲を保証する共有財産としてのプログラムの開発が目標ではあるが、その前段階として、「プログラム案」の作成と利用を大切にする。
- (2) プログラム案の欠陥によって生ずる問題点を補うために、完全習得学習の授業システムを利用する。簡単に作成したプログラム案は、欠陥も多いかもしれない。しかし、その欠陥を補う時間をあらかじめ用意しておき、それを補うと同時に明らかになった問題点を修正し、よりよい授業用のプログラムになるよう絶えず改善をはかる。
- (3) 授業用のプログラムの作成、利用に際しては、マイクロティーチングと同様、一人一人の教師の教授能力（特にプログラム作成能力）の向上を目指す。つまり、一人一人の教師がプログラムの作成や改良にあたることを重視する。
- (4) プログラム案は、マイクロティーチングに習って、小規模、短時間のものでもよいが、作成、利用、改善を繰り返す中で、一定の成果を保証すると同時に、個性的なよりよいプログラムの開発を目指す。
- (5) 授業用のプログラムは、個別学習用の「学習書」、一斉授業用の「一斉授業プログラム」、教師だけが所持して利用する「教師用プログラム」の3つの種類があり、これらを適宜使い分けるようにする。以上のような特徴のほかに、授業用のプログラム（特に個別学習用の「学習書」）はCAIコースウェアの開発の際のシナリオとしての役割を

果たすことができる。したがって、学習書があれば、改めてシナリオ作成をしなくてもコースウェアの作成ができるのである。一般にCAIコースウェア作成のためのシナリオはそれ以外に利用することはできないが、学習書の場合にはそれを普通の授業に活用できるという利点がある。

4. 3 授業用のプログラムやCAIコースウェアを開発する指導員研修コース

そこで筆者は職業能力開発大学校での指導員研修コースの中に授業用のプログラムの作成法を紹介し実際にその開発に取り組んでもらうコースを開発した。「授業設計と教材開発（教育工学）」がその一つのコースである。すでに研修期間中に開発した授業用のプログラムも多数あり、それを現場に持ちかえって実践した結果を報告したものも多数出てきている。ただし、この研修コースは授業用のプログラムの開発だけでCAIのコースウェアの開発は行っていない。

授業用のプログラムは比較的簡単にできるので、これを利用するとCAIコースウェアの作成も容易になる。そこで職業能力開発大学校での指導員研修「コンピュータの教育訓練への利用」では、最初に授業用のプログラムの作成を行い、これを利用してCAIコースウェアの作成を行うようにした。定員10人約2週間のコースである。この研修の主な内容は、(1)コンピュータの教育訓練への活用（講義）、(2)研修で開発した作品の紹介と実践報告、(3)授業用のプログラムの作成（講義と作成演習）、(4)オーサリングシステムの利用法（講義と演習）、(5)CAIコースウェアの開発（作成演習と評価）である。この研修の内容および方法に関しては改良すべき多くの問題を抱えているが、研修の結果、授業用のプログラム（特に個別学習用の「学習書」）がCAIのコースウェアを作成する上で有効であることが確認できた。また、幸いにも研修生の一人一人がユニークなCAIコースウェアの作成を行うことができるようになってき

ている。

こうした経験から、私は、CAI教材の開発の際にCAIを補助するものとして、授業用のプログラムの開発を同時に進めるのが賢明ではないかと思っている。また、CAIだけで学習できるCAIコースウェアであっても、それを授業用のプログラムに変換して利用したほうがよい場合もある。特に市販のCAIコースウェアの場合には教師が手を加え改良することができないものが大部分である。その場合これを「授業用のプログラム」に変換し、改良していくことは容易であり、教師として教えることに責任と喜びをもてる教材開発につながると思う。

5. おわりに

CAIコースウェアの開発に関わった経験をもとにして、CAIの諸問題について検討した。ここではそれらの問題を4つに分類した。(1)CAIコースウェアの問題、(2)オーサリングシステムの問題、(3)CAIコースウェアの開発に関わる問題、(4)ハードウェアに関する問題である。

効果的なCAI教材の開発と利用のためには、まずこれらの問題を解決しなければならないが、その際解決案を発想する観点がきわめて重要であると考えている。そこでシュタイナー教育からの示唆を手がかりにして指導員の役割と効果的なCAIコースウェアの開発の方向を検討した。従来CAI教材は教師の役割を代行するという側面が強調され、指導員の役割についての考察が抜け落ちやすかった。そこで、本稿では指導員の役割を重視して指導員の道具としてのCAI教材の開発の方向について5つの提案をした。

第1は市販のCAI教材について、利用者特に指導員が手を加え改良することのできるようなCAIコースウェアの開発を提案した。

第2の提案は、指導員の利用を容易にするために、テキスト、参考書、辞典、図鑑、写真集などの教材データベースを取り込んで利用できるオー

サリングシステムの開発と利用である。

第3は、CAIコースウェアの欠陥を補うことができるように授業をシステム化する提案である。ブルームの完全習得学習に習って教材を精選しCAIコースウェアを開発することを提案した。また、指導員の教材開発への意欲を支援するためにマイクロプログラミングの発想を述べた。

第4の提案としては、CAIコースウェアの開発の方向に関して、(1)案内用コースウェア、(2)評価診断用コースウェア、(3)多様な方法で学習できるコースウェア、(4)指導用コースウェアの4つを述べた。

第5は、指導員の役割を重視し学習者相互の交流を可能にする「授業用のプログラム」の利用を提案した。授業用のプログラムはCAIコースウェア作成の前段階のシナリオとしても利用できるし、CAIコースウェアの短所を補完するものとしても利用できる。

この論文作成にあたっては職業能力開発大学校の手塚太郎教授から貴重なご助言をいただいた。記して感謝したい。

注

- (1) 島田昌幸「機械振興協会のCAIシステム」電気学会雑誌、1号、昭和48年
- (2) Shigeru Watanabe, Hoichi Itaya, Masayuki Shimada and Kazuo Yagi, 1972, Computer Assisted Instruction — A system and its assessment in Japan, The first International Conference on Computer Communication, 87, '94.
- (3) H SUMI, H ITAYA, M SHIMADA, K YAGI, A study on Instruction Program for CAI — Problems of Fatigue and Assessment Method in CAI, Aspects of Educational Technology 7th, Pitman Publishing, 1973.
- (4) 島田昌幸、行広泰三、佐々本誠治、本多敏子「ビデオディスクを利

用したCAI一言語教育システムの作成とその評価」職業訓練大学校
 紀要、第15号、B、1986.

- (5) 島田昌幸、沈俊傑「CAI用のコースウェア開発研究」,(未公刊論文)、1992
- (6) 島田昌幸、何光偉「CAIに関する研究及び調査」,(未公刊論文)、1993
- (7) 新妻幹也「TOCSストーリーメーカー」工学社、1993
- (8) 子安美知子著「ミュンヘンの小学生」中公新書、1975
- (9) 新田貴代著「私のヴァルドルフ教育体験」明治図書、1979
- (10) 梶田叡一、植田稔共著「形成的評価による完全習得学習」明治図書、1980
- (11) D.アレン、K.ライアン著、笹本正樹、川合治男共訳「マイクロティーチング」協同出版
- (12) 板倉聖宣著「仮説実験授業のABC」仮説社、1977
- (13) 島田昌幸「学習意欲と授業用のプログラム」職業能力開発大学校指導学科報告シリーズ、No. 6、1986
- (14) 島田昌幸「学習意欲と授業用のプログラム(2)」職業能力開発大学校指導学科報告シリーズ、No.10、1990

(しまだ まさゆき 職業能力開発大学 指導学科)