4章 CMI システムの開発(1970 年～)

教育実践資料の収集・記録とそのデジタル化の準備ができ、入力可能になったのが、一般的に 1970 年頃であり、当時のカナ・英数字しか使用できないコンピュータであった。このため、教材、学習材、素材、学習指導計画等は、表題をカナ文字で入力し、案内情報（メタデータ）を教材項目（情報）として入力し、実物は外部管理していた。

学習反応データや、行動カテゴリーの評価データ等は、直接入力が可能になり、各種のデータ解析が可能になった。

このような資料管理の状態で、教育実践研究のための分析・解析やさらに、教授項目の系列化処理等が進められた。

その結果、授業改善の他に学習指導計画の基礎資料の作成、提供や、学習プログラムブックの作成支援、CAI 学習プログラムの開発に役立てられた。

教育実践研究資料のコンピュータを用いたデータ管理の初期

4. CMI システムの開発(1970 年～)

教育リソース情報のデジタル化と利活用

4―1. 教育実践資料情報のデジタル管理

4―2. CMI の構成

4―3. コンピュータを用いた記録・分析結果の活用

4. CMI システムの開発(1970 年～)
教育リソース情報のデジタル化と利活用
4―1. 教育実践資料情報のデジタル管理
（1）CMI システム（Computer-managed instruction）

1970 年頃のコンピュータは、英数字・カナ文字しか利用できなく、教材、学習材、学習指導計画、教育実践資料等は、表題をカナ文字で記録し、残りは主として外部資料管理システムで保管していた。ただ、メタデータや学習反応（数値データ）等は、カナ、英数字を用いて保管していた。

（2）何をコンピュータで記録・管理・分析

1960 年代に、教育実践資料とその学習反応データが岐阜県、愛知県の教員の協力で約2,000 時間が集まり、計測用学習フローチャートを用いて、授業のプロセスでの分節等の分類、学習形態での発問、説明、実習等のカテゴリーでの学習反応分析(集団反応曲線を用いて)データが紙カードで、表題、案内情報(メタデータ)と学習反応データが記録・保管されていた。

また、1970 年代になると、ビデオカメラで映像記録が汎化し、授業記録も可能になり、行動カテゴリーを用いた評価データの記録、レスポンスアナライザーの個人反応データの記録が可能になり、これらのコンピュータ入力処理・記録・分析が必要となってきた。

そこで、これらのデータの入力・管理と分析のために、文部省を始め、多くの関係者の協力で 1971 年にコンピュータを設置した。

ただ、当時のコンピュータは、英数字・カナ文字の処理(1byte 系)で日本語(漢字)データの管理は困難であった。記録容量が少なくＭＴ(磁気テープ)で、多くの記憶は困難であった。また、計算速度も遅く、現在のパソコン以下の機能であった。

（3）教育資料項目と学習データの記録(Item Library と Data pool)

教材、授業案(計画)、学習プリント、評価問題等の日本語(漢字)の記録は困難であり、これらの情報は、現在のメタデータに対応する表題、キーワード、分類、教育目標、学習指導、学年、教科等がカナ・英数字で記録した。数値データの入力、処理は可能であり、データ解析が進められた。(初期は、アセンブリ言語であり、その後フォートラン等の汎用言語が利用できるようになった。)

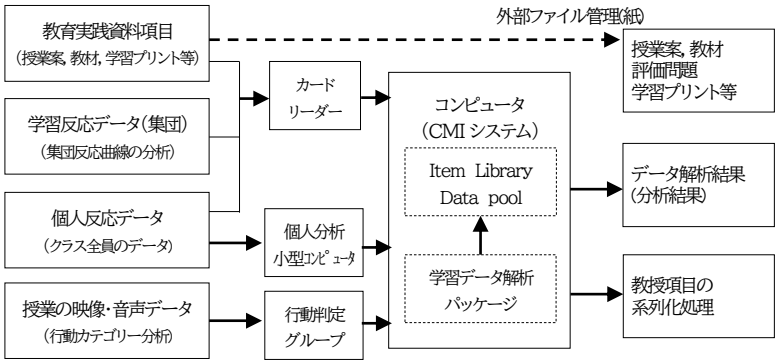


図 4-1 教育実践資料の管理･分析用の CMI システム(1972 年)

① 教育実践資料項目 … Item Library に保管

授業案、教材、学習プリント、評価問題等の項目(メタデータに対応)

・表題　　・教材　　・学年　　・レベル

・教育目標(教育内容、行動、ブルームのタキソノミー参考)　・キーワード

・学習指導目標コード(学習指導要領のコード化：番号)

・その他、教材の特色、利用上の注意、データ解析結果から得られ、それを支援情報として紙テープで入力した。

② 学習反応データ(集団)… Data　pool に保管

集団反応曲線と音声(言語活動)から得られた授業形態別の分析結果をマークカードで入力

③ 個人反応データ… (Data　pool)

a.テスト結果、学習プリント等の反応データのカテゴリーをマークカードで入力

b.レスポンスアナライザーの個人反応データは、個人反応分析装置(小型コンピュータ)で処理入力

図 4-2　個別データ出力例

分 析 装 置

図 4-3　授業分析装置

④ 授業行動カテゴリー

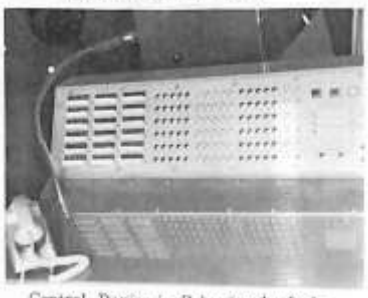
OSIA の行動カテゴリーを参考に行動カテゴリーを作成し、授業の映像を指導主事等の教員がテレビの映像を見て評価し、ブースのコードキーを打ち、コンピュータに入力。

電子計算機を導入し、授業分析でこれまで紙に書いていた行動カテゴリーをテレビに提示された映像を見てキーボードを押し、判断し、直接入力できる装置を開発した。

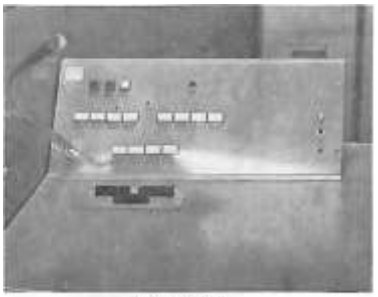
Behavior Analysis Room

←教室の様子をビデオで再現し，
授業分析（行動分析）を進めていた。

行動カテゴリーの判断し，該当番号のスイッチを押し，入力した。↓



Control. Device in Behavior Analysis



Judge Booth

図 4-4　行動分析装置

このように、授業分析での行動分析は、教室で撮影した授業の様子を、行動分析装置で写真のように行動カテゴリーが位置づけられたスイッチを評価者が押してデータ化していた。（授業行動カテゴリーは、OSIA を参考に行動カテゴリーを構成し、分析した。）

⑤ 外部ファイルの紙資料管理

CMI(コンピュータ)では、当時、日本語(漢字)処理が困難なため、外部に紙ファイルを設置し、保管していた。(教材の番号を押せば、必要な資料が取り出せる装置を設置していた。)

現在は、教材、学習プリント、評価問題等がデータ処理システムの内部のデジタルファイルで管理されている。

図 4-5 番号を押すと資料が取り出せる

4―2. CMI の構成

(1) CMI システムの構成について

教科内容に関する項目と教授能力に関する項目の視点で教育リソース情報の管理と教師のための学習支援用の処理結果が出力された。その構成は図のようであった。

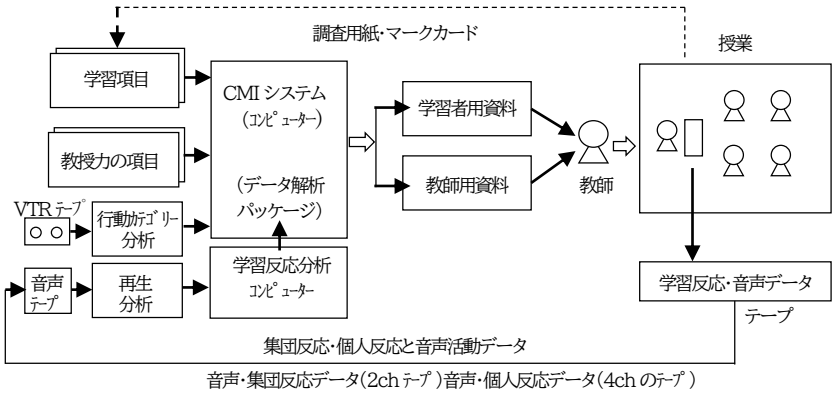


図 4-6 CMI システム(1972 年)の構成

CMI システムの初期は、次の頁に示すように、レスポンスアナライザーの集団・個人の反応をデータ化または直接入力し、解析処理を可能にした。また、1970 年代には、ビデオ記録が可能になり、その映像画像を用いて、指導主事等が OSIA 等の行動カテゴリーを用いて、該当するキーを押し、そのデータを入力し、分析処理をしていた。

また、テスト調査等の結果は、マークカードに記入して、入力し、解析処理をした。

その出力としては、データ解析結果として研究用と教師用資料、教師に提供した学習者用資料を作成した。

なお、この CMI システムは 1975 年から小学校用に設計・開発を進め、1978 年、岐阜県川島小学校に設置された。

研究用 CMI システムの処理構成を次に示す。(1972 年当時の CMI システム)

（2）CMI システムの処理体系(SIS-TEM Ⅲ)

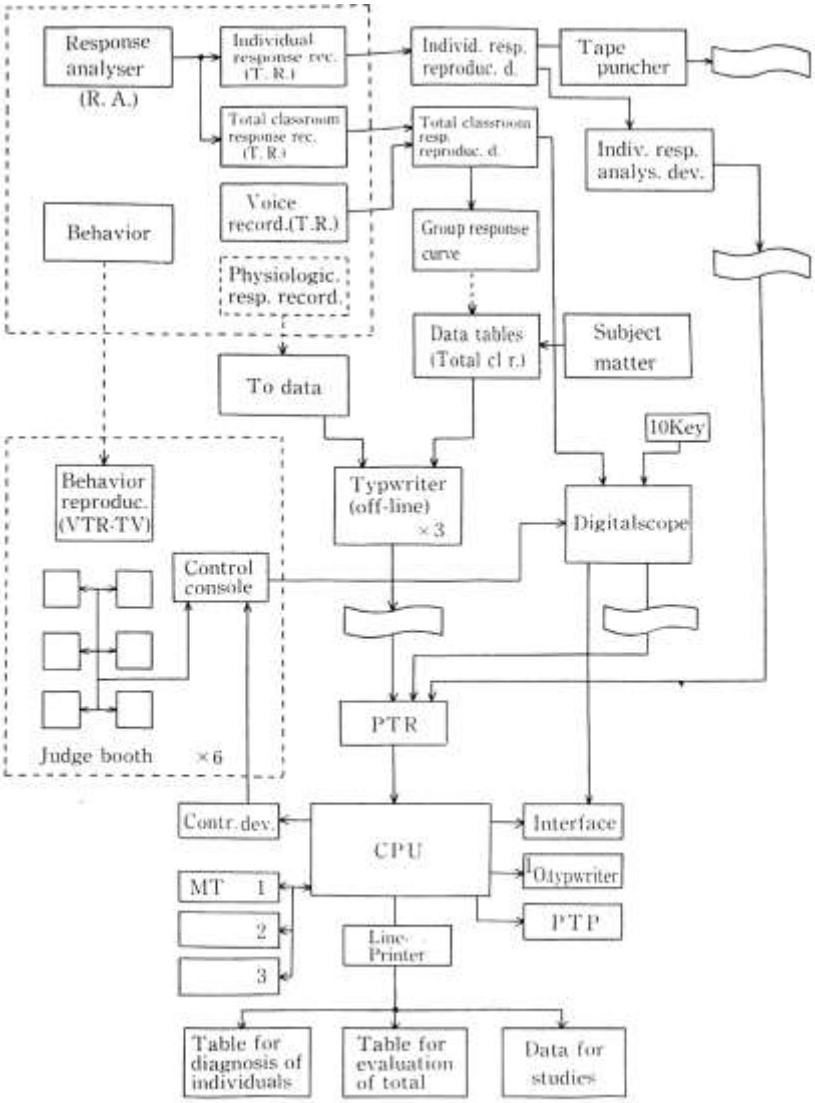


Fig. 2 Blockdiagram of CMI System

図 4-7 研究用 CMI システム

成瀬弘、森幸雄、後藤忠彦、成瀬正行(1972)“CMI システムについて”岐阜大学教育学部研究報告 第 5 巻 第 1 号 p.13

コンピューターが整備され、本格的にデータ収集が始まると、この処理系の全体構成が課題になった。この処理系の課題は、他の分野でも統計処理のプログラムパッケージとして構成されるようになり、新しい CMI としての処理系が各大学で要望されるようになった。

そこで、京都教育大学と岐阜大学が連携して共通化の研究を進めた。その結果が岐阜では SIS-TEM Ⅰ、Ⅱ、Ⅲと進み、Ⅲで一つの体系が整備された。その全体システムは次の図のように構成されていた。

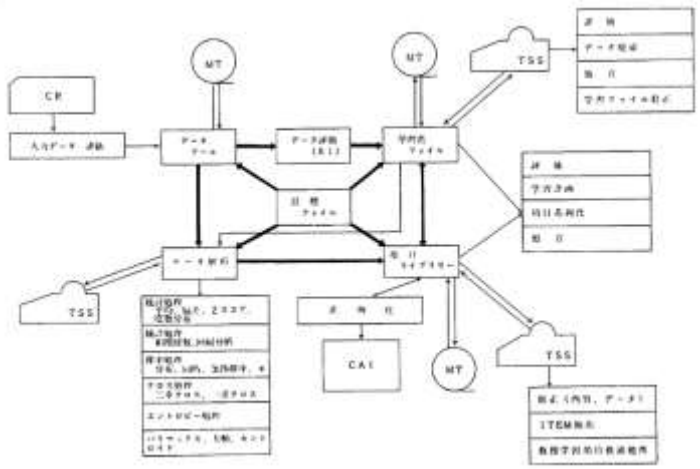


図 4-8　SIS-TEMⅡの構成

(a)　データ解析処理

最も一般的に使用されている（0，1）データについて次のように解析プログラムパッケージを用意した。

＜多項目処理＞	＜二重クロス＞	＜三重クロス＞
・正答率	・同時分布	・同時分布
・同時分布	・同時確率	・同時確率
・同時確率	・φ係数（最大値・最小値）	・確率ヒストグラム
・φ係数（最大値・最小値）	・条件確率	・エントロピー
・条件確率	・χ^2 値	・条件確率
・正答者・誤答者の流れ		

図 4-9　SIS-TEM の構成

Goto,“SIS-TEMⅢ-A Computer-Based Educational Systems”Edu. Technol.Res 4-1･2 P47-60(1980.11)　　（後藤忠彦）

4―3. コンピュータを用いた記録･分析結果の活用

共同研究の構成は、学習状況の検出（計測・記録）、診断（評価分析）、授業改善（教師の授業改善・計画、学習指導力の育成等）での総合的な教育資料の利用であった。

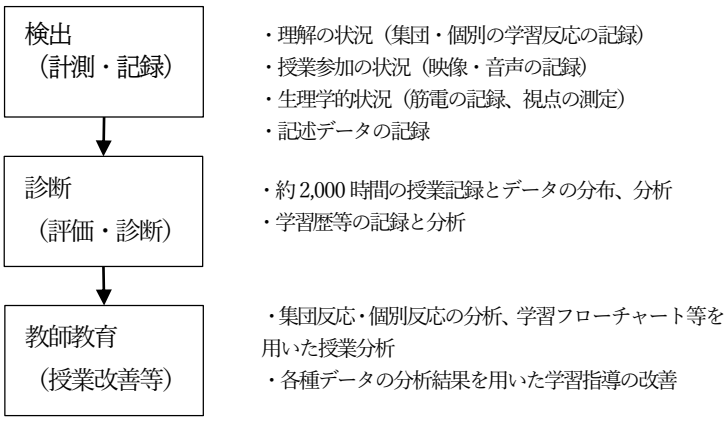


図 4-10　教育実践の検出・診断・改善

このように、1970 年までの教育実践の研究は、授業に関する各種資料のデータ化、分析が進み、その結果を用いた教師教育等に利用した。

(1)CMI システムの利用

教育実践の各種資料のデジタルデータ化の準備をもとに、1970 年からコンピュータ（英数字、カナ文字の利用）によるデータ記録・管理が可能になり、CMI システムとして教育資料項目と学習データで構成されるデータベースを用いて、主として次のような利用がされた。

① 各種データ分析
分析結果を用いた学習指導の改善（教師教育での利用）
② 教授・学習プロセスの分析と学習指導計画書の作成
レスポンスアナライザーによる理解の状況の記録・管理、行動分析による学習者の参加の状況分析、テスト結果等による評価等を用いた教師の授業改善
③ 形成的評価の研究
教授・学習のプロセスでの形成的評価、CAI システムを用いた評価による分析結果を用いた形成的評価の研究
④ 教授項目の学習反応を用いた系列化処理（学びの手順）
CMI システムによる教授項目と学習反応データを用いたダニエル等の階層性を参考にし、教授項目の系列化処理が進められた。
その結果を用いて
(a) 学習指導計画書の作成
(b) 学習プログラム・ブックの開発
(c) CAI 学習プログラムの開発
等に利用された。

（2）教育リソースを用いた学習指導計画

教授項目の構造化は、古くから実践されていて、授業案の作成には、教授項目の関係（構造化）がまず検討され、それを授業の順序にいかに並べるかが大きな課題であった。各学校の授業研究会でも、教授項目の順序（学びの手順）は、この内容を前に学習させるとよかった、また悪かったなどの意見がよく出る。このことは、昔も、今も変わることなく、授業案の計画で、最初に問題になる。（たとえば、先生方は頭の中（記憶）にあるデータベース（教育リソース）を用いて教科内容の理論的な順序や先生の経験（教育的）などから、教える内容（教授項目）の構造を考えられ、次にその教える順序を経験や教材・教具等や教育理論も合わせて、その順序を考えられる。）

この教授項目の構造化とその学びの順序は、CMI システムの開発でも教授項目の内容、学習反応等のデータベースを用いて教授項目の教える順序が決められないかが大きな課題となっていた。その後、教育情報処理システムや e-learning さらに個別学習の

自動化でも学習項目の構造化、その系列化（学びの順序）をいかに求めるかが、現在も大きな課題である。

教育リソース・デジタルアーカイブの構成

現在、生成 AI、AI、メタバース等の新しい知的操作処理が可能な多様なデータ処理システムが開発されだし、教育リソース・デジタルアーカイブの構成も再検討すべき時期になってきている。これまでは、主として次のような資料群（デジタルコンテンツ）で構成されている。（次に、学習システム研究会、岐阜女子大学等での保管例を示す。具体的な事例は、第Ⅰ章、第Ⅱ章を参照）

・図書・資料

教育実践にかかわる図書・資料・教科書等のデジタル保管

・カリキュラム関係

授業案（学習指導計画書等）、学習プログラム、学習プリント、教科書等のデータ分析資料、学習指導方法等の狭い意味でのカリキュラム資料

・教材・教具類

教材・学習材・素材（地域等の静止画・動画含む）、評価資料（テストも含む）、実験・実習資料・教具等の学習者が利活用する資料等

・教育実践研究資料

教授・学習研究資料、教材研究資料、学習指導方法関連資料等の教育実践にかかわる研究資料

尚、各資料（デジタルコンテンツ）は必要に応じて、学びの正答・誤答、誤りの傾向（カテゴリー分析等）、クロスデータ（項目間の学びの状態のデータ）の学習傾向、および学習傾向の文章表現など、学習支援情報を含め保管していた。今後、これらの学習傾向に関するデータをどのように取り扱うかが課題である。

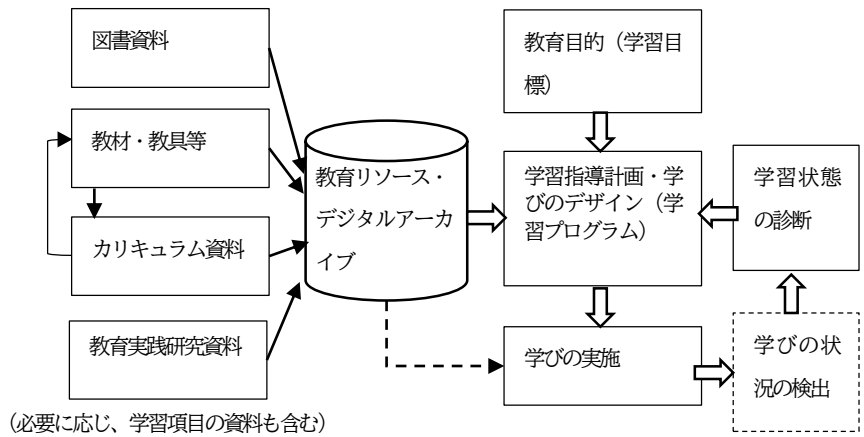


図 4-11　教育リソース・デジタルアーカイブと学習指導計画

このような、教育実践資料（原記録）のデジタル保管の研究が 1960 年代からなされてきた。（教育リソース・デジタルアーカイブと Web で得られる多量なデジタルコンテンツとの関係を今後どのように取り扱うかが課題である。）

実際の利活用では、教育リソースとして総合的に管理されたデータを利用目的に応じて仕分けし（分数）利用していた。

現在、生成 AI、AI、メタバース等の新しい知的操作処理が進みだし、教育リソース・デジタルアーカイブも、これらの処理に対応したデータの管理、メタデータの構成を検討する時期に来ていて、新しい方向性と計画の必要がある。

次に、教育リソース（教材、学習材等のデータベース）を用いた構造化さらに系列化の処理の発展について簡単に説明する。（尚、この系列化は、今後、個別学習の自動化での行動に関する研究で重要になり、また、現在 AI、生成 AI 等の利用した系列化の研究も進もうとしている。）

（3）CMI システムを用いた教育実践例

系列化処理：学びの順序性

教材 Library を用いて、学習内容の理論的構造から学習項目間の構造化を行った。さらに、それを学習の順序に並べるために学習反応の関係から系列化処理で順序性を求めた。（これに CMI システムを用いて実施し、学習プログラム等の開発をした。）

CMI システムを用いた教育実践例としては、各種のデータ処理を用いた授業の分析・改善の他に、教授項目の系列化処理の実験で、学習指導計画、学習プログラムブック、教材データベースを用いた CAI 学習プログラムの開発等があった。

① 学習指導計画書の作成
系列化処理で得られた学習項目の順序をもとに、関連教材を選択し、学びの計画を立てていた。

② 学習プログラムブックの開発
学習項目の系列化（順序）を求め、学習項目に対応する学習材を選定し、その解答、解説等をつけた学習プログラムブックを開発した。これを市販し、約 30 年以上利用していた。（高等学校の物理等）

③ CAI 学習プログラムの開発
系列化処理で、学びのステップの学習項目から学習材を選び、CAI 学習ソフトを構成した。とくに波動（高校）は、4 大学の実践でも良い評価を得られた。（坂元昂（1978）、CAIの学習評価、機械振興協会）

これらについては、個別学習の自動化の講座、参考資料等も参照。