

V. 教育リソースの学習指導計画での利用 ～学習プログラムの開発～

教育リソース・デジタルアーカイブを用いた学びの順序性の検討

教授項目の学びの順序性を決める方法は、昔から教師の重要な課題であった。一般的な手法として、教授内容項目の論理的な構造を求め、次にそれを学びの順序を決める方法がよく用いられてきた。たとえば、授業案の作成にあたって、一般的に次のような方法が用いられてきた。

①教授項目の論理的な関係を調べ構造図を作成

②その構造図をもとに、教授の順序で並べる（学習の順序で並べる）

③それに具体的な教材、学習材、素材等を用いて授業案を作成

この学びの順序に並べる方法は、主として、教師の経験に基づいて作成されてきた。しかし、教育リソース・デジタルアーカイブの発展により、教育リソースを用いた系列化処理が進みだした。個別学習の自動化の重要な課題の1つである。（最近では、AI等の新しい処理を用いた学びの順序の研究開発も進みだした。これらのついては教育リソース・デジタルアーカイブⅡで説明する予定である。）

削除

- ・
- ・
- ・

V. 教育リソースの利用について
～教育リソース（資源）の利用の発展～

改ページ

- ・
- ・
- V

改ページ

- ・

V. 教育リソースの利用について
～教育リソース（資源）の利用の発展～教育リソースの収集、保管、流通の目的は、大きく分けて教える観点からの資料、学ぶ観点からの資料。

削除 IV-3-4.教頭だより

書式変更

書式変更

書式変更

表の書式変更

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium

書式変更

書式変更: フォントの色: 自動

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium

書式変更: インデント: 最初の行: 1 字

削除

IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ

V. 教育リソースの学習指導計画での利用

V-1. 教授項目の系列化(学びの順序)

～教育リソースを用いた教授項目の順序～

V-1-1. CMIシステムを用いた教授項目の構造化

V-1-2. 系列化处理

V-1-3. 系列化处理の利用

V-2. 系列化を用いた学習プログラムブック

V-2-1. 学習プログラムの開発

V-2-2. 高等学校物理学学習問題集「プログラム物理」

(学習システム研究会物理班編)について

V-3. CAI用学習ソフトの開発

V-3-1. 教材作成への適用―波動CAI教材の構成―

V-3-2. CAI教材開発

V-4. 知的操作処理を用いたカリキュラム開発と教育リソース

～AI、生成 AI 等の利用に適する教育リソース・デジタルアーカイブ～

IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ

V. 教育リソースの学習指導計画での利用

～学習プログラムの開発～

V-1. 教授項目の系列化(学びの順序)

～教育リソースを用いた教授項目の順序～

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かと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まら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

IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ

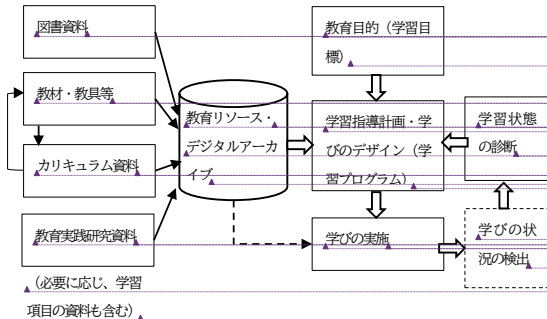
・教材・教具類

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・教具等の学習者が活用する資料等

· 教育實踐研究資料

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V-1 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。

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium, (日) BIZ UD明朝 Medium

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium, (日) BIZ UD明朝 Medium

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium, (日) BIZ UD明朝 Medium

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium, (日) BIZ UD明朝 Medium

書式変更 ☐書式變更 ☐

書式変更

書式変更

書式変更

書式変更

書式變更

書式變更

書式変更 ...

書式変更

書式変更

書式変更

書式変更

書式変更

書式及史

書式及史

書式変更

圖式英文

圖式文法

圖 20 人

書式變更: 中央揃え

IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ

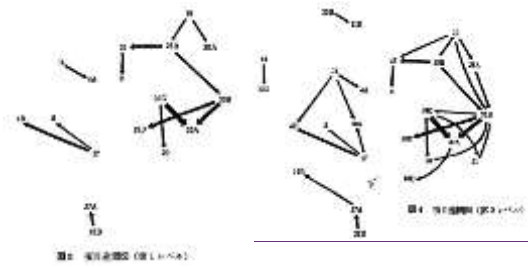
現在、生成 AI、AI、メタバース等の新しい知的操作処理が進みだし、教育リソース・デジタルアーカイブも、これらの処理に対応したデータの管理、メタデータの構成を検討する時期に来ていて、新しい方向性と計画の必要がある。

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。）

V-1-1. CMIシステムを用いた教授項目の構造化

CMI システムの各項目のメタデータには、表題のほかに学習内容等を示す分野、キーワード等が記録されていた。このため、教授項目の構造化、すなわち、教授項目と教授項の関係について、分野による枠組みに対し、各教授項目の学習内容としてキーワードが整備されている。そこで、各項目のキーワードの関係(表題も一部参考)を全ての項目で調べ、さらに項目と項目間の学習反応の関係を同時確率 $P(A, B)$ で調べ、その処理関係から学びの状況をデータ化した。

1つの分野(単元)について、このような処理をして、教授項目の相互の関係の図を CMI システムで構成した。（この関係の強さを線の太さで表示している。）



図V-2 項目連鎖図 (連鎖の強いもの)

書式変更: フォント: (日) BIZ UD明朝 Medium

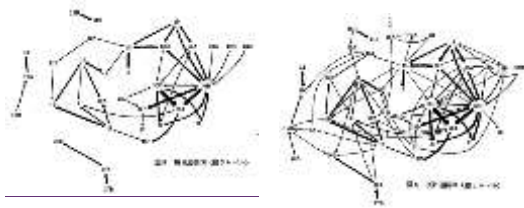
書式変更: フォント: (日) BIZ UD明朝 Medium

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium

書式変更: 中央揃え



図V-3 構造図

このような構造から次のステップとして、どのように、1列に並べるのか課題になった。

V-1-2. 系列化処理(順序性)

教授項目のネットワーク構造ができると、これをいかに学びの順序に並べるかが課題である。この順序は、項目間のネットワーク(構造)から、いかに階層性を見出し、適する順序に並べるかである。そこで、当時、教授内容の系列下を言語化できる知識に限定せず、知的能力や知的技能をもってヒエラルキーを構成しようとした。この考えは、ガニエの教授項目の系列化に学習の得点構造を取り入れようとするものである。そこで、得点構造に基づいて項目を系列化の試行へ発展させた。この方法を、1975年頃から研究を進めた。(成瀬正行、後藤忠彦(1977)“反応構造による教授項目の系列化”日本教育工学雑誌2-4)

CMIで実践した試行としては、教授項目のブロック内で最も基礎性の高い項目を出発点と位置づける。出発点からの順序としては、3項目間A・B・Cについて、寄与率の高い項目を調べ優先し、順序を決めた。

条件寄与率は、 $W(C|AB) = \frac{P(C|AB) - P(C)}{1 - P(C)}$ とした。

出発点(項目)から、内容的に関連のある項目について、三重クロス処理で条件寄与率を求め、最も高い関係のある項目を選び、次々と系列を決めていった。この処理は、大変多くのデータ処理が必要なため、コンピュータ(CMIシステム)で実現可能となった。

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium

書式変更: 中央揃え

書式変更

書式変更

書式変更

IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ

このように教授項目の系列化处理で求めた教授項目の順序に対応し、適する資料を配列し、教育実践に適用した。当時適用した事項としては、①学習指導計画書の作成、②学習プログラムブック、③教材データベースを用いたCAI学習プログラムの作成である。

V-1-3. 系列化处理の利用

(1) 学習指導計画

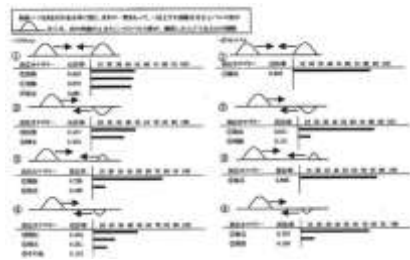
CMIを用いた学習指導計画(授業)の作成は、当時、学習システム研究会の教員の方で各教科、校種で共同開発がなされていた。とくに、高等学校の教員グループでは、開発した学習指導計画、学習プリント、評価問題等を出版し、共同利用がされていた。

学習計画書の作成の基礎資料は、CMIシステムから出力されていた。

① 学習内容についての誤りの傾向(過去の授業での事前・事後の誤り方の傾向)

過去の授業での形成的評価、総括的評価等で収集された学習反応データを分析し、どのような誤り方をするか、また、学習後にどのように誤り方に変化したか等のデータが出力される。たとえば、次の図に示すように、事前と事後の変化を提供し、学習指導計画の基礎資料とした。(図は、岐阜県、愛知県の高校の教師による授業の前後の誤りの変化を示す。授業で完全に全員が正答させることは困難である。その後の補完教材の提供、個人学習材の提供が課題になった。)

・授業の事前、事後の変化



IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ

事前

事後

図V-4 事前・事後の誤りの傾向を知り、学習指導

集団教育（クラス）での補完学習に対し、当時のCAIシステムを用いた試行研究が1979年には始まり、誤りの傾向に対し、ブランチ（枝分かれ）による学習コースを設定し、誤りの補完をしていた。当時（1977年）のCAIは、ディスプレイが利用できなく、動画は16mmで撮影16mmの映写機で個人別に提示していた。このため、教材開発に時間を要し、経済的にも大変であった。

しかし、現在はオーサリングシステム機能をもつe-learningが利用できだし、このような誤りを枝分かれ方式により映像を用いた学習コースも可能になってきている。

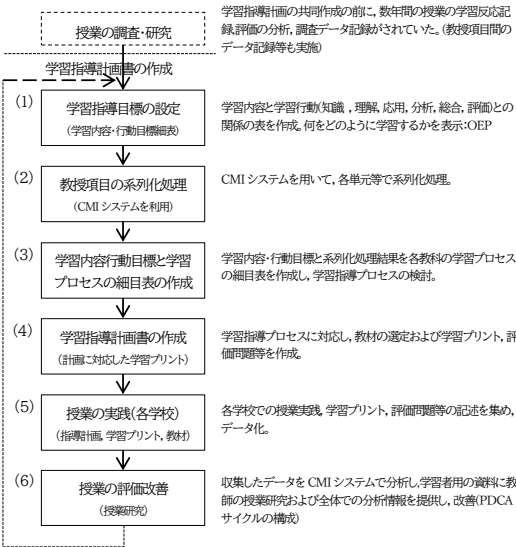
さらにOECDの個別学習の自動化では、学習状況の検出もAI等を用いて教育リソース・デジタルアーカイブを活用した方法も可能となりだし、学びのより柔軟なコースの設定も可能になろうとしている。このような個別学習の自動化が進められ、学習コースが開発（企業、研究所等）されれば教師の働き方改革も含め、新しい展開が可能になる。

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium

書式変更: 中央揃え

IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ

協働研究の手順



図V-5 協働学習の手順例

②構造化、系列化处理の結果の提供

教授項目の順序性を示す資料としては、前節で説明した構造化資料と教授項目の順序(学びの順序)についての処理結果の順序を提供した。

各教科の研究グループ(学習システム研究会)では、出力されたデータを再度研究会で検討され、次に1970年代に各教科の教員による学習指導計画書の作成。

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium

書式変更: 中央揃え

IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ

学習プリントの実施、実習等の実践例を参考として次に説明する。

(1) 学習指導目標の設定～何をどのように学ぶのか～

学習指導要領等を参考にし、学習内容と学習行動目標の細目表を作成していた。

(ブルーム等の学習内容・学習行動目標細目表を参考)

学習内容には、単元の学習内容を記述し、学習行動には、どのような学習行動が可能にするのかを大分類、さらに小分類をして表に記述した。

学習行動目標の分類(タキソノミー)は、1970年代当時は、ブルーム等の知識・理解・応用・分析・総合・評価を事例として用いていた。その後、2001年に認知心理学等を配慮し、想起する・理解する・応用する・分析する・評価する・創造する という改訂タキソノミーが使われている。

ただ、研究グループによっては、知識・理解・応用・分析・総合・評価の表現を教科に適した表現に変えて表示していた。(教員が受け止めやすい表現としていた)

この学習内容・行動目標細目表の学習内容と行動についてどのような学習行動を期待するかをクロス点に○印をつけて、教授項目の設定をしていた。(この学習内容・行動目標の検討が重要になった。現在は2001年に発表された改訂タキソノミーを使っている。)

表V-1 学習内容・行動目標の細目表

行動 内容	知識		理解		応用		分析		総合		評価	

(2) 教授項目の系列化処理・・・学習プロセスを決める

学習内容・行動目標の細目表のクロス点をどのように学びの順序にするかが大きな課題であった。

当時、一般には先生方でこれまでの教師経験から話し合い、順序を決めていた。

IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ

この教師の経験をもとにした話し合いの前に、CMI システムで出力された教授項目の構造化データ、さらに系列化データを提供し、それらをもとに修正を先生方で検討をし、学びの順序(学習プロセス)に並べていく。ときには、再度三重ロウを用いて一部の条件寄与率の処理をして、学習プロセスの検討がされていた。しかし、教師が最終的な学習プロセスの決定をした。

学習内容行動目標と学習プロセスの細目表

学習内容行動目標と学習プロセスの関係を表にして、学習指導計画書の作成の基礎資料を作成する。

表V-2 学習内容・行動目標と学習プロセス

[illegible]

学習の手順で並べる。授業であれば、分節の学習目標を学習のプロセスの各項目に記入し、各学習内容について、どのような学習行動で構成できるか記入する。

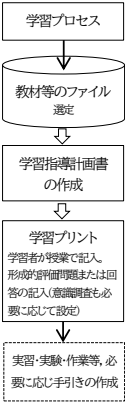
(3) 学習指導計画書の作成(授業案、学習プリント等)

～学習プリント、教材、実習プリント、評価問題の選定・作成～

学習指導計画は、(2)で示した学習プロセスを参考に、教材・資料のファイルから適する教材を選び構成されていた。その方法は、基本的には文部省開催のカリキュラム開発に関する国際セミナー(1974 年)でのアトキン等の方法と同じである。

変更されたフィールド コード

IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ



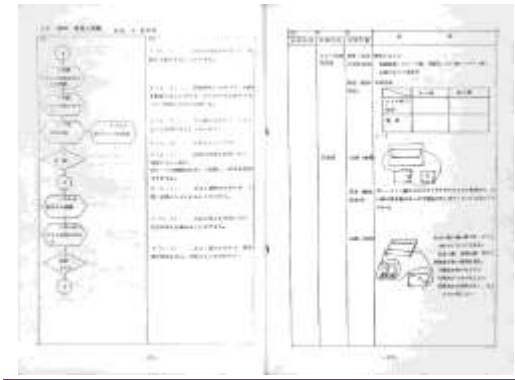
工学的接近	
目 標	<u>「行動的目標を」</u> (behavioral objectives) <u>「特定でであり」</u> (be specific)
教 材	<u>教材のプールからサンプ</u> <u>ルし、計画的に配置せよ。</u> (sampling from material pool and "planned allocation")
教授学 習過程	<u>既定のコースをたどる</u> (predecided)
強調点	<u>教材の精選、配列</u> (design of teaching materials)

文部省開催のカリキュラム開発に関する国際
セミナー（OECD）（1974 年）の報告より

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium

(教材のプールは、後の教育リソースの基礎となった。)

IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ



図V-6 授業案

「参考」授業計画細目表が岩崎潔先生提案で、岐阜大学の教育実習等で利用されていた。教育実習手引きにも入れられていた。

一授業計画細目表（1時間・単元用）岩崎潔一

今日、この授業で何ができ、どのような力がつくのか、事前と事後で教師が分析・評価するときによく使われた。とくに、教育実習生の「手引き」の計画・評価でも使われた。

表V-3 授業計画細目表（1時間・単元用）

IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ

授業計画細目表(1時間・単元用)			年(月 日)		作成者	
1 学習目標	2 学習活動	3 教授活動	4 教材・資料・機器	5 評価	6 処方	
ア1 ア わ か る	ア2	ア3	ア4	ア5	ア6	
イ1 イ で き る	イ2	イ3	イ4	イ5	イ6	
ウ1 ウ 考 え 方	ウ2	ウ3	ウ4	ウ5	ウ6	
エ1 エ 見 方	エ2	エ3	エ4	エ5	エ6	
オ1 オ 学 習 力	オ2	オ3	オ4	オ5	オ6	
〔学習内容・行動〕			〔教材の資料番号記入〕 〔評価問題等の資料番号記入〕 〔処方学習の資料番号記入〕			
			嵯 峨 謙			

変更されたフィールド コード

(4)授業の実践(各学校)

各学校では、学習指導計画書を参考に学習プリント、評価問題等を用いて、実践が進められた。

多くの授業の結果は、評価問題の回答が主であるが、試行研究として、一部の授業ではビデオ等での記録もされていた。

これらのデータは、CMI システムに記録、次の学習指導計画・教材等のカリキュラム開発の基礎データとして分析した。

(5)授業の評価・改善(共同研究)

一般的な授業の評価は、カリキュラム改善のために、学習プリントでの形成評価の回答や意識調査等のデータを収集、CMI システムで分析し、各先生方に分析結果を提供していた。共同の授業・研究の場合は、主に次のような方法で実施された。

授業研究参加者の学習指導案の作成

一般に授業研究の場合、参加は当日の授業案(授業者)を用いて、授業研究が展

IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ

開されていた。しかし、学習システム研究会で共同開発した授業での授業研究では、さらに各参加者が各自で学習指導案を改善し、作成し、実践との違いを評価していた。

授業担当者以外の参加者も、校内研、教科研、共同での学習指導案作成等で全員が学習指導案を作成していた。

また、学習システム研究会の教科研究会等で共同の学習指導案を作るときは、参加する先生全員がこれまでの自分の経験をもとに学習指導案を書かれていた。

(注) 今後、テレビ会議システム等を用いて、学校間の共同研究の在り方を検討すべきである。

(6) 学習システム研究会の当時の授業研究について

・校内研究会の例

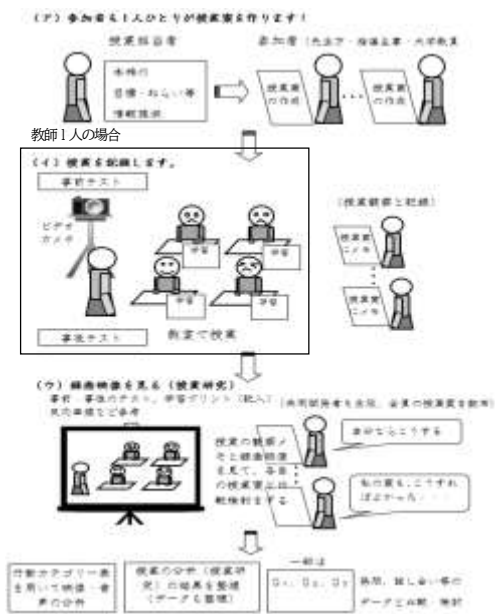
校内研では、授業をする教員と参加する全教員や指導主事等も各自の学習指導案を作り、全員に配布していた。

・各教科の学習指導案の作成

学習システム研究会では、小・中・高等学校の教科の先生が集まり、授業研究、学習指導計画の案、教材開発、誤りの分析、イメージ調査などを実施し、望ましい学習指導案の作成がされていた。そこでは、授業の前に

- ① 学習指導目標の設定
 - ② 単元・各学習内容についての誤りの傾向（誤りのパターン）
 - ③ 利用可能な教材（共同開発しデータベースに保管教材を選択）
 - ④ 授業用の学習プリント（実験・実習の記録等も含む）
 - ⑤ 評価問題（形成的評価等）（授業用の学習プリントの中に入れる）
 - ⑥ ①～⑤の資料を共同で開発し、これを参考に各先生方で学習指導案を作成。
- 授業研究の例（2000年頃の事例）

IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ



図V-7 授業研究の協働作業（分析）（2000年頃の実践例）

参加者は、各自の授業案と授業の実際を比較し、問題点の検討をした。

（単に参加するのではなく、各参加した教員、指導主事等が自分の授業案と実際の授業の関係を責任をもって検討していた。これをもとに、授業案、学習プリント等の共同作成、出版とされていた。授業研究は、主として課題の多い教科内容でなされていた。）

（注）現在は、テレビ会議システム、資料のデジタル化、通信さらにAI、生成AI等が発達して、新しい協働研究の在り方を考える時代になっている。

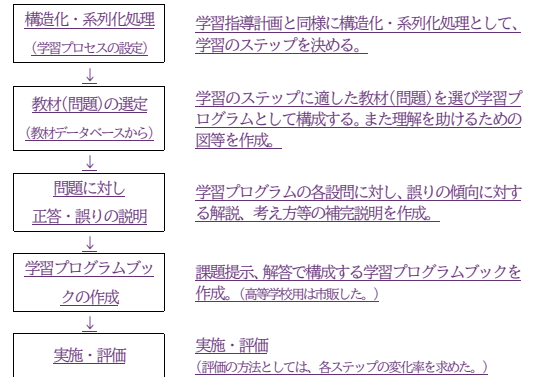
V-2. 系列化を用いた学習プログラムブック

V-2-1. 学習プログラムの開発

学習プログラムブックの開発での教授項目の構造化、さらに系列化処理は、学

IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ

習指導計画の作成と同様であるが、教材データベースから学習プロセスに適する教材を選定するとき、誤りの傾向のデータも合わせて抽出していた。(学習プログラムの各ステップで誤りの傾向に対応した説明を入れるために、教材データベースまたは学習反応ファイルに保管させているデータ分析結果を用いていた。)その方法は次のようであった。



図V-8 構造化・系列化と学習プログラム

(注) このように系列化処理を参考に作られた学習プログラムと系列化を参考にしなかった学習プログラムでは、正答率に違いがあった。

(a)教師が作成した学習プログラム(系列化を参考にしない)

(b)系列化処理を参考に構成した学習プログラム

	(a)	(b)
事前	0.58	0.51
事後	0.74	0.84

系列化処理を用いた学習プログラムが、やや良い傾向であった。そこで、最初の学習プログラムブックは、高校の先生方により、多くの問題、正誤のデータを集め、系列化処理をして、学習のプロセスを決めて、学習プログラムブック

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium

書式変更: 中央揃え

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium

IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ

クを作成された。この学習プログラムは、1977 年から 2013 年の出版まで 38 年間市販された。

今後の学びの順序の課題

学習項目の構造化、系列化処理は、今後、AI、生成 AI 等の新しい知的操作処理を用いた手法に発展すると考えられる。このとき情報基盤になるのは教育リソース・デジタルアーカイブであろう。

たとえば、教育用の AI、生成 AI を用いた処理の開発とそれに適する教育リソース・デジタルアーカイブの開発が進めば、個別学習の自動化に適用できる多様なコースで構成された個別学習用の学習プログラムが開発されると考えられる。

ただ、この開発は、かつての学習プログラムの開発、多くの教師の仕事の負担による開発は困難であり、教員、指導主事、研究者、企業（情報関係、教育関係の企業）との共同開発を進める時代になってきた。

とくに日本のように全国の学校が、学習指導要領を基礎資料として学習指導が進む中央集権的な国では、共同開発による多様な個別学習用の学習プログラムの開発が可能である。多少、違いがあり、共同学習プログラムを開発を、木田宏オールヒストリーの指摘するように中央集権的である。すなわち、19 世紀の中央集権的な教育システムになっていて、学習プログラムの共同開発には都合の良い国でもある。（たとえば、地域により教育内容に違いがある国ではない。）

ぜひ、学習者の多様性に対応できる学びの状況を検出し、学習歴と合わせて AI 等を使い、学習状態に対応した学びを展開できる個別学習の自動化が適用できる学習プログラムを教師、研究者、企業等の共同研究で進め、各教科指導の教師の負担減を図るべきである。

V-2-2. 高等学校物理学習問題集「プログラム物理」(学習システム研究会物理班編)について

系列化処理の結果を参考にして、初版は 1977 年（昭和 52 年）11 月に、PROGRAM 物理 [I] Vol.1, PROGRAM 物理 [1] Vol.2 を発行。その後、

書式変更: フォント: (英) BIZ UDP明朝 Medium

IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ

教育課程の改訂に合わせて内容を更新しつつ発行してきた。

1984 年 7 月 PROGRAM 物理 理科 [I] 物理分野

1985 年 4 月 PROGRAM 物理 (選択物理「上」、「下」)

1994 年 10 月 PROGRAM 物理 IB・上、下

2003 年 1 月 NEW PROGRAM 物理 理総 A

2004 年 1 月 NEW PROGRAM 物理「上」、「中」、「下」

2013 年 11 月新課程 NEW PROGRAM 物理 物理基礎・物理「上」、「下」

「プログラム物理」の特徴は次のようにまとめることができる。

①生徒の学習状況調査に基づいて誤りやすい箇所とその傾向を明確にし、さらに学習内容を生徒による理解の過程を加味して配列したこと。

② ページを使い、1 ページ目に問題文、2 ページ目に解答、解説、補足を配置することで、よく読んで考え、整理し、誤りやすい事項を丁寧に学んでいけること。特に解説や補足では誤りの傾向をとらえて用語、作図、計算、単位などについても説明をしてある。

③単元の前後に前提テスト、完成テストを配置してある。前提テストでは学習前の学習の状況を自分自身で点検し、基礎的な事項を復習できるようにしてある。完成テストでは学習後の成果を点検できるようにしてある。これらにより、段階的に着実に学習内容が定着できるように配慮してある。なおこれらの点検テストの解答にも丁寧な解説や補足が加えてある。

④重要なポイントでの学習問題では、次の表記で自己評価ができるよう、配慮してある。

自分が答を出してから解答を見て、答えが正しかった ◎

自分の答が間違っていたが解答を読んだら理解できた ○

自分の答が間違っており、解答を読んでも理解できない △

⑤取り上げる学習内容やその配列は、教師による学習内容目標の分析に基づいている。

監修：著者（協力者含む）

監修：成瀬正行（岐阜大学）、後藤忠彦（岐阜大学）、北岡武（愛知教育大学）

著者（協力者含む）：稲葉 一、加藤和男、佐藤正明、竹中海治、中島 崇、松野光暢、山口義文、山田 功、山田克美、新田 直、岡崎 久、日下部良文、那須為朋、林 安行、加藤智之、戸田一郎

IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ

PROGRAM 物理は1977年～2015年現在まで（約38年間）利用されていた。



【左】PROGRAM 物理[I]Vol.1 1977年(昭和52年)11月発行
【右】PROGRAM 物理[I]Vol.2 1979年(昭和54年)4月発行



【左】新課程 NEW PROGRAM 物理[上] 2013年(平成25年)11月発行
【右】新課程 NEW PROGRAM 物理[下] 2014年(平成26年)3月発行

NEW PROGRAM 物理 [上] (2004) P21-22 より抜粋

P21 問題

13 図のように、糸につるしたりんごには、3つの力
 $\vec{F}$ と $\vec{F}$ とがはたらいている。

(1) $\vec{F}$ は何が何を引く力か。
 (2) $\vec{F}$ は何が何を引く力か。
 (3) $\vec{F}$ と $\vec{F}$ の大きさはどちらが大きいか。



14 糸につるしたりんごには、図のように斜め下向き
 の 1 と、垂直上向き 2 の2力がは
 たらいている。この2力の大きさは 3 で、力の向き
 は互いに 4 で、一直線上にある。



P22 解答

13 (解答) (1) 地球がりんごを引く力
 (2) 糸がりんごを引く力
 (3) 等しい

【解説】 $\vec{F}$ と $\vec{F}$ はともにりんごにはたらいている。
 りんごにはこの2力がはたらいて静止している。このと
 き、この2力はつりあっているという。 $\vec{F}$ と $\vec{F}$ は夫
 夫が同じで、一直線上にあり、向きが反対である。



14 (解答) (1) 地球がりんごを引く力(重力)
 (2) 糸がりんごを引く力
 (3) 同じ (4) 反対

【解説】 3つの物体に2力がはたらいていても、物体が静止しているとき、この
 2力はつりあっているという。物体にはたらく2力がつりあうとき、2力の大き
 さは等しく、作用線が一致し、向きが逆である。

【注意】 静止している物体にはたらく力がつりあっている場合、物体は静止し続
 ける。運動している物体にはたらく力がつりあっている場合は一定の速度で運動
 し続ける。このことは3章で詳しく学ぶ。

(資料提供: 佐藤 正明)

IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ

V-3. CAI用学習ソフトの開発

基本的には、系列化処理を用いた学習指導計画や学習プログラムの開発方法と同じである。次に開発担当者の報告例を示す。

学習プログラム（CAI用）の作成

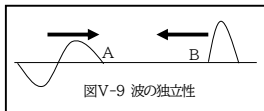
CAIの学習プログラムは、学習プログラムブックのCMIシステムを用いた学習項目の系列化処理を用いて、学習プログラムの学びの順序を決めた。

5大学でCAI学習ソフトを作り、機械振興協会のCAIシステムを使い、高校生に学習させ、その評価の実施が、坂元昂先生を中心に展開された。このとき岐阜の研究グループは、高校の波動のCAI学習プログラムを開発し、提供した。

その方法は、これまでの教育実践の原記録を用いて、学習項目の学びの手順：（系列化）の処理をして、学習プログラムの基本を作成した。当時は映像がコンピュータで使えなかったため、16mmを使い、提示した。16mmフィルムを静止画として使うとき、ランプの光熱でフィルムが変色し、いかに光熱を遮断するかが大変であった。現在は、映像もコンピュータで利用できるようになり、便利になった。

V-3-1. 教材作成への適用—波動CAI教材の構成—

高等学校物理の教材である「波動」単元は、それより前に学習する物体の運動での「粒子性」の概念とは全く異なる「波動性」の概念の理解が重要である。すなわち実態のある物体同士の相互作用のイメージ



図V-9 波の独立性

ではなく、現象の伝搬に注目することが求められる。その最たる現象が「波の独立性」である。具体的には図1に示すように、同じ媒質中を伝搬してきた2種類の波A、Bが出会った後、互いに何の影響もなく進み続けることが波の独立性であるが、生徒の捉え方は様々であり、粒子性に支配された考え方をすることが多い。波の独立性を理解・定着させるための教材は多く考えられているが、学習者の反応データ分析に基づく教材の配列を適用することで高い効果が期待できることがわかった。

IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ

岐阜大学で1970年代に開発されたSIS-TEMⅢと呼ばれた学習情報システムを活用し、教材群と学習反応データを組み合わせて最適な教材と指導の過程を適用して、反応データから見て望ましい教材配列を構成することができた。この結果を用いたCAI教材は、当時の教育研究者からも高く評価された。

V-3-2. CAI教材開発

(1) 「波の独立性」の教材

図1で示した例のように、同一の媒質中を互いに向かい合って進んできた波は、出会ったのちは互いに何の影響もなく進行していく。このことを生徒はなかなか理解しがたく、また学習成果の定着もよくないことが多い。そこで図2に示すような教材を考えたが、1～5の教材をどのように配列するのが望ましいかを学習反応データから決定した。

特にCAI学習のようにプログラム化された教材では教材項目の配列は学習者の理解度や定着の度合いに影響が及ぶことが考えられ、慎重にしなければならぬ。

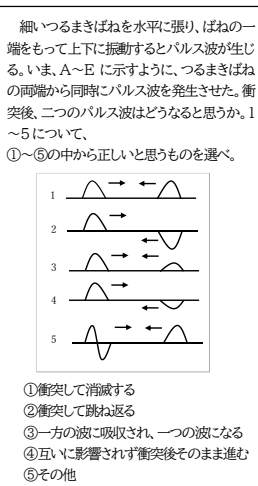
(2) 採用する教材項目の決定

作成した教材項目の中からどの教材を採用するかは、学習反応データの正解率、誤答分析から決定する。

(3) 学習反応データのクロス処理から配列を決定する。

① A、B 2項目の場合の配列順序の決定

学習教材A、B 2項目を比較したとき、どちらの教材から学習させるのが適当かを検討する。

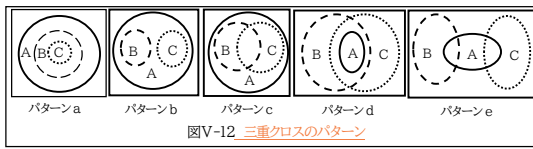


図V-10 波の独立性の学習

図3に示すように、項目Bの正解者がすべて項目Aの正解者の部分集合であれば、項目Aで正解でなければ項目Bで正解にたどりつけない(Aの不正解者からBの正解者は現れない)。すなわち項目Bより以前に項目Aを習得しなければならない。一般的には項目Bの正解者は項目Aで不正解であった者も含まれることもある。このように学習項目の順序を決定するために、項目Aと項目Bの学習者反応のクロス処理が参考になり、特に項目AとBにおける条件確率 $P(A|B)$ (Bでの正解者の、Aでの正解の割合)を考慮する。

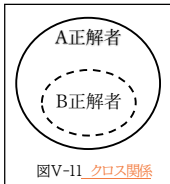
② A、B、C 3項目の場合の配列順序の決定

学習教材の数が増加すると教材配列の組み合わせは複雑になる。3項目の場合には三重クロス処理のデータが活用できる。学習教材A、B、Cがあるとき、それらの階層性を考えるうえで有意な正解者の包含関係は以下のパターンa~eの5通りが基本になる。



この図からそれぞれ学習の進行の経路は次のように考えられる。

パターン	学習の経路	留意点(解題)
a	A→B→C	直線的な過程。ABCの順に学習が成立していく。
b	A→Bまたは A→C	BとCは排他的。B、Cに正解するためにはAで正解する必要があるが、Aで正解してもBCとも正解するとは限らない。
c	A→Bまたは A→C	bに近い。BとCの重なりが大きいとaに近づく。
d	(BかつC)→A	BとCともに正解でないとAで正解できない。Aで正解するためにはBCで正解する必要がある。
e	A→Bまたは A→C	BとCは排他的。bに近いがB、Cで正解するためには必



書式変更: 中央揃え

書式変更

書式変更: 中央揃え

書式変更

書式変更

書式変更

書式変更: フォント: (日) BIZ UD明朝 Medium

書式変更

書式変更

書式変更

書式変更

書式変更

書式変更: フォント: (日) BIZ UD明朝 Medium

書式変更

書式変更

書式変更: フォント: (日) BIZ UD明朝 Medium

書式変更

書式変更

書式変更: フォント: (日) BIZ UD明朝 Medium

書式変更

IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ

	A⇒C	ずしもAが正解である必要はない。
3 項目の教材に対する三重クロスデータの条件確率からどのパターンに該当するかを判定し、教材項目の配列を決定することができる。図2に示した例では、この方法で配列を決定し、高い習得度のCAI教材を作成することができた。		
(佐藤正明)		

- 書式変更: フォント: (日) BIZ UD明朝 Medium
- 書式変更: フォント: (日) BIZ UD明朝 Medium
- 書式変更: フォント: (日) BIZ UD明朝 Medium
- 書式変更: フォント: (日) BIZ UD明朝 Medium

V-4. 知的操作処理を用いたカリキュラム開発と教育リソース
～AI、生成AI等の利用に適する教育リソース・デジタルアーカイブ～
教育リソースを用いた学習プログラムの開発は、すでに多くの実践がされてきた。とくに、CAI等では、教材データベースを用いた学習プログラムの開発もされていた。これらは、今後、個別学習の自動化の学びのデザインの開発に発展すると考えられる。とくに個別学習の自動化では、AI等を用いた学習状況の検出、学習歴等の診断結果による学習のデザインの構成が進みだし、教育リソース・デジタルアーカイブのこの処理に対応した構成ととくにメタデータについての検討が必要である。これらについては、まだ試行研究の状況であり、今後、AI、生成AI等の新しい処理の発展とともに、メタデータの有無、さらには必要な場合にその構成が課題である。
とくに、メタデータの教育的な情報、学習支援に関する情報の必要性の有無および必要な場合の構成の研究が重要になる。
たとえば、
① 学習目標のコード化(分類): 学習指導要領を基礎としての構成
② 学習支援: 教育リソース: 教材、学習材の学習傾向に関する情報
③ 学習レベルに関する情報
④ 利用上の注意事項
等の学びに関する基本的な情報のメタデータとしての管理の検討がされるであろう。
今後、ぜひ教育リソース・デジタルアーカイブやAI、生成AI等を利用した集団および個別学習のカリキュラム、学習プログラムの開発の自動化が進み、教師の仕事を支援する教育システムの開発が望まれる。
(佐藤正明)

IX. 教育リソース・デジタルアーカイブとメタデータ

書式変更

...

書式変更

...

書式変更

...