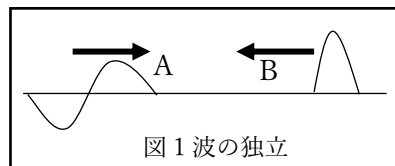


## CMI システムの教材作成への適用 (3) —波動 CAI 教材の構成—

佐藤 正明 (NPO 法人 日本アーカイブ協会)

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。



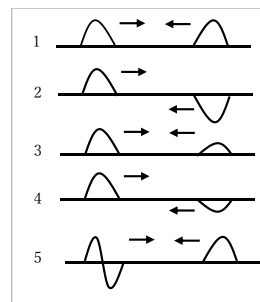
岐阜大学で1970年代に開発されたSIS-TEMIIIと呼ばれた学習情報システムを活用し、教材群と学習反応データを組み合わせて最適な教材と指導の過程を適用して、反応データから見て望ましい教材配列を構成することができた。この結果を用いたCAI教材は、当時の教育研究者からも高く評価された。

### (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、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

細いつるまきばねを水平に張り、ばねの一端をもって上下に振動するとパルス波が生じる。いま、A~Eに示すように、つるまきばねの両端から同時にパルス波を発生させた。衝突後、二つのパルス波はどうなると思うか。1~5について、①~⑤の中から正しいと思うものを選び。



- ① 衝突して消滅する
- ② 衝突して跳ね返る
- ③ 一方の波に吸収され、一つの波になる
- ④ 互いに影響されず衝突後そのまま進む
- ⑤ その他

図2 波の独立性の学習項目

えられ、慎重にしなければならない。

(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,B2 項目の場合の配列順序の決定

学習教材 A,B 二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

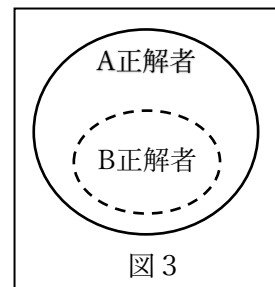


図3

$P(A|B)$  (Bでの正解者の、Aでの正解の割合)を考慮する。

② A,B,C3 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。

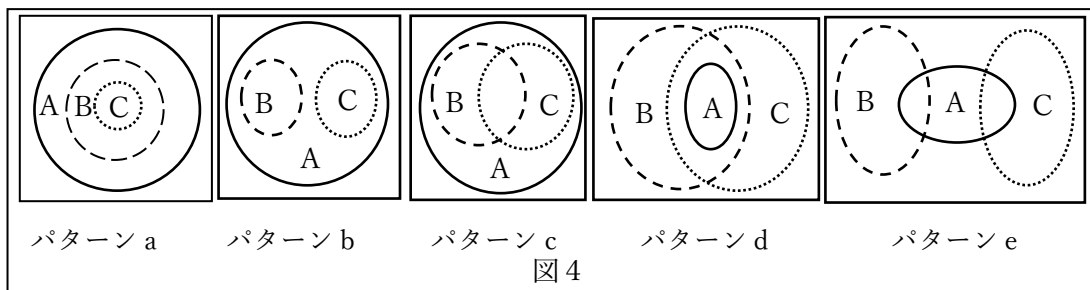


図4

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 (解釈)
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。