

Ⅱ 振り分け機能をもたせた

ティーチングマシンについて

三 橋 一 夫

はじめに

本校では、集団用ティーチングマシンとして、回答器と回答表示操作卓よりなるHM-101Cと、これに連動してプログラムの自動進行を可能にするHM-301C（何れも日立製作所製）を設置利用してきた。しかしこの装置では、集団教育の場における学習者ひとりひとりの理解の状況や集団全体の傾向を適確に把握し記録することはできるが、それは画一的な一斉授業という形に変更をもたらすものではなかった。したがって自動進行にした場合、理解が不十分であった生徒への指導は別に時間をとって行わざるを得なかった。

こうした点を考慮して、生徒個々の理解度に十分対応する学習指導を目的としたものにC. A. I.

(Computer assisted instruction)があるが、これは1人の学習者が1台のディスプレイ装置とキーボードを独占して機械と対話しながら学習を進めていくものであり、現実問題としても予算面から制約されてしまうし、学習者ごとに進度が異ってくるのでつきつめて考えると現行の学年進行制をつきくずすことにもなりかねないと思われる。即ち当面の我が国では、C. A. I.を学校教育に全面的に取り入れるというよりは、理解の遅れた生徒への基礎的知識の整理・補習などの面への部分的な利用からスタートするのではなかろうか。

そこでクラス単位の一斉授業の形は維持しながら、生徒の理解に応じて少しでもきめの細かな指導ができるような教育システムを考えてみた。

1. 基本的考え方

その具体的方向として、必要な場面で理解度により二つにグループわけし、それぞれの学習者の理解に応じた指導をすることが可能な振り分け機能を組みこんだシステムを、日立製作所小金井分室と共同して設計した。

即ち一斉授業の形で開始された学習活動のある段階に設問を入れることにより個々の生徒の理解度を調べ、正答のボタンを押した生徒をAグループとして、更に新しい問題や発展させた補足説明をモニターテレビとイヤホンを通じて行ない、誤答及び解答不能な生徒はBグループとして別のテレビを見ることを指示しイヤホンにも別の音声を通してその問題のヒント・

解法・基礎的事項の説明を加え完全な理解へ導くように配慮するわけである。こうしてグループ別に学習を進行させたあと、再び同一内容の一斉授業をしたい場合には、振り分け解除の指示をカードリーダーに与え、これをくりかえし実施できるように設計した。

以上の授業の経過は第1図のように、各生徒について正答・誤答の種類・属したグループの記録をし、またその時間内の全設問に対する採点結果を問題毎の加重をつけた合計値としてタイプアウトできるようにソフトウェアを作成した。

2. システムの構成

この教育システムの構成は第2図に示すとうりであり、既に設置してあったHM-101CとHM-301CにミニコンピューターHITAC-10を結合装置を介して結合し、システムカードの制御信号によって、振り分けを含む授業進行をコントロールできるようにした。

3. 構成器機の機能

(1) HM-101C

回答表示操作卓は回答表示ランプ群・欠席者設定スイッチ・回答率メーター・回答め切スイッチよりなり、更にHITAC-10とオフラインにして手動式で使用する場合は正答設定スイッチ・記録開始スイッチ・回答開始スイッチ・集団反応記録機を利用できるようになっている。

回答器は各机毎に備えられた、生徒用5釘折一、1釘リセット方式で回答め切機構とフィードバックランプ付きのものである。

(2) HM-301C

HM-101Cと連動させプログラムを自動進行させるためのオプションで、制御器・表示操作卓・オートスライド・TVカメラ・モニターTV・テープデッキ・イヤホンなどより構成されている。

(3) 結合装置 (CE)

HM-101C・HM-301C・HITAC-10・システムコントローラーの間に介在して信号受授のタイミング管理やレベル変換などを行なう。

(4) システムコントローラー

システムカードの制御情報をCEを通して計算機に送出する入力機器で、システム全体のコントロールや学習進行の管理を行なう。

システムカードは第3図に示したものであり、所定の欄をせん孔することにより、スライドA（振り分け中は2台のAグループ向けモニターテレビへ提示し、解除の場合は4台のテレビへ提示する）・B（振り分け中は2台のBグループ向けテレビへ提示し、解除の場合は使用しない）の歩進と画面の切りかえ、設問がある場合にはその正答、振り分けの有無、正答に対する配点、フレームエンドなどの情報をあらわすものである。

(5) HITAC-10 (CLIプログラムによる)

生徒の回答結果をとりこみ、問題番号・正答・回答結果・正答者数をプリントアウトする。またシステムカードの内容および生徒の回答結果は記録エリアに格納する。振り分けの指定がある問題で誤答をした者は次のフレームからBグループにセットされ、

音声とスライドによる提示は2グループに分かれる。また振り分け解除の指定があれば、全員Aグループにセットされ次のフレームからは同一の学習プログラムに戻る。学習が終了すると学習結果の処理を行ない、今までの各個人の合計点・クラスの平均点をプリントする。

以上の処理のしかたは、現在用意してあるコントロールプログラムを用いた場合であるが、このプログラムを変更することにより、授業の内容や目的に応じて変化させることが可能である。

4. 振り分け機能を用いた授業例

高校1年生の生物の授業で振り分けを利用した例として、染色体地図をテーマとしたものを取りあげて、第4図に示してみた。

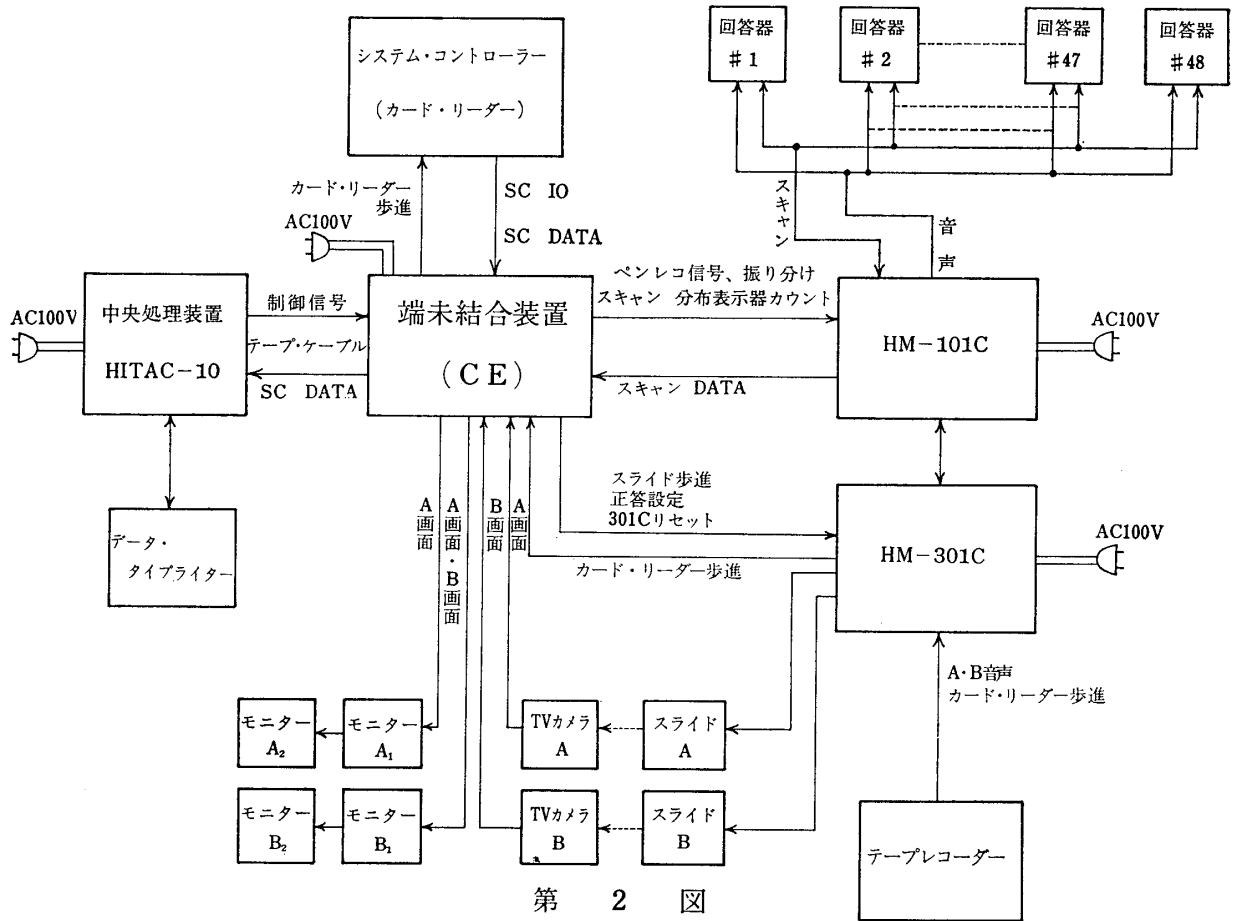
COMPUTER LED INSTRUCTION

NO	A	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	S
1	2	3@-543@13@	-543@13@-5	43@1-@-543	@13@-543@1	3@-543@1	12
2	3	@2-54@21@2	-54@21@2-5	4@21-2-54@	21@2-54@21	@2-54@21	11
3	A2	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	0
	B1	2-54 2@ 2	-54 2@ 2-5	4 2@-2-54	2@ 2-54 2@	2-54 2@	6
4	A5	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	0
	B2	@-54 @1 @	-54 @1 @-5	4 @1-@-54	@1 @-54 @1	@-54 @1	12
5	A4	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	0
	B1	2-54 2@ 2	-54 2@ 2-5	4 2@-2-54	2@ 2-54 2@	2-54 2@	6
6	3	@2-54@21@2	-54@21@2-5	4@21-2-54@	21@2-54@21	@2-54@21	11
7	0	32-5432132	-5432132-5	4321-2-543	2132-54321	32-54321	0
8	1	32-5432@32	-5432@32-5	432@-2-543	2@32-5432@	32-5432@	6
9	3	@2-54@21@2	-54@21@2-5	4@21-2-54@	21@2-54@21	@2-54@21	11
10	A1	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	0
	B5	2-@4 21 2	-@4 21 2-@	4 21-2-@4	21 2-@4 21	2-@4 21	6

NO	TOTAL
1	11
2	0
3	0
4	0
5	0
6	11
7	0
8	5
MEAN	= 3.1

第 1 図

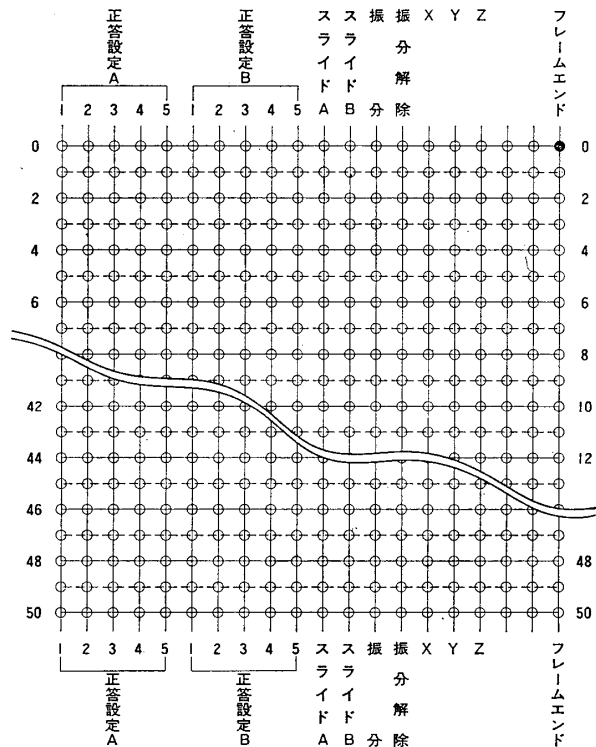
振り分け機能をもたせたティーチングマシンについて



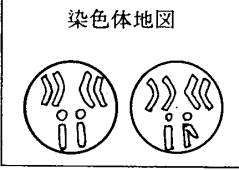
第 2 図

システムカード

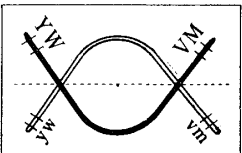
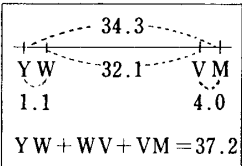
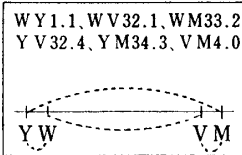
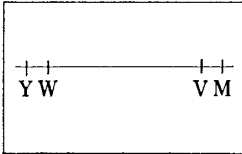
プログラムNo.		作成年月日	
教科名		作成者	
クラス			
関連教材No.			



第 3 図

染色体地図																																																									
映像 (スライド)		音声 (テープ)		システム カード																																																					
A	B	A	B																																																						
<p>染色体地図</p>  <table border="1" data-bbox="231 728 470 884"> <tr> <td>WY</td> <td>WV</td> <td>WM</td> </tr> <tr> <td>1.1</td> <td>32.1</td> <td>33.2 %</td> </tr> <tr> <td>++</td> <td></td> <td>++</td> </tr> <tr> <td>WY</td> <td></td> <td>VM</td> </tr> </table> <table border="1" data-bbox="231 1489 470 1680"> <tr> <td>WY</td> <td>WV</td> <td>WM</td> </tr> <tr> <td>1.1</td> <td>32.1</td> <td>33.2</td> </tr> <tr> <td>WY</td> <td></td> <td>VM</td> </tr> <tr> <td></td> <td>YV</td> <td>YM</td> </tr> <tr> <td></td> <td>31.0</td> <td>32.1</td> </tr> </table>	WY	WV	WM	1.1	32.1	33.2 %	++		++	WY		VM	WY	WV	WM	1.1	32.1	33.2	WY		VM		YV	YM		31.0	32.1	<table border="1" data-bbox="510 996 758 1164"> <tr> <td>WY</td> <td>WV</td> <td>WM</td> </tr> <tr> <td>1.1</td> <td>32.1</td> <td>33.2%</td> </tr> <tr> <td>I</td> <td>WY</td> <td>VM</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>YW</td> <td>VM</td> </tr> </table> <table border="1" data-bbox="510 1489 758 1680"> <tr> <td>WY</td> <td>WV</td> <td>WM</td> </tr> <tr> <td>1.1</td> <td>32.1</td> <td>33.2</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>V</td> <td>WY</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>M</td> <td>WY</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>V</td> </tr> </table>	WY	WV	WM	1.1	32.1	33.2%	I	WY	VM	II	YW	VM	WY	WV	WM	1.1	32.1	33.2	III	V	WY	IV	M	WY			V	<p>(歩進 信号)</p> <p>前の時間にベートソンとバネットのスイトビーの交雑実験を勉強し、連鎖と乗りかえということに染色体とむすびつけて考えました。このときの遺伝子BとLとの間の乗りかえ率は$\frac{1}{2}$でしたが、アメリカの遺伝学者モルガンたちは、キイロショウジョウバエをつかって、互に連鎖しているいくつかの遺伝子について、その乗りかえ率を調べました。</p> <p>(歩進 信号)</p> <p>表はその一例を示したものです。この数字からこれら四つの遺伝子の染色体上における位置を推定できると考えられますが、それは下図のような順序で並んでいるものとしてよいでしょうか。よいと思う人は1のボタンを、必ずしもそうではないと思う人は3のボタンを押しなさい。</p> <p>(歩進 信号)</p> <p>そうです。これだけではもう少しよく考えてもらいなさい。たしかにB画面のIのような配列も考えられますが、IIのような配列も考えられるのではないのでしょうか。これらの乗りかえ率だけから考えるのだったら、まだ他の順序もありうるでしょう。他の場合をノートに記してもらいなさい。</p> <p>(歩進 信号)</p> <p>このような配列だとすると、A画面のようにYV間の乗りかえ率は31.0、YM間の乗りかえ率は32.1が予想されることとなります。実際はどうでしょうか。モルガンが調べたこれら</p>	<p>スライド A</p> <p>スライド A</p> <p>スライド B</p> <p>スライド B</p> <p>振分け</p> <p>スライド B</p> <p>スライド A</p> <p>スライド B</p> <p>正答設定 3</p>
WY	WV	WM																																																							
1.1	32.1	33.2 %																																																							
++		++																																																							
WY		VM																																																							
WY	WV	WM																																																							
1.1	32.1	33.2																																																							
WY		VM																																																							
	YV	YM																																																							
	31.0	32.1																																																							
WY	WV	WM																																																							
1.1	32.1	33.2%																																																							
I	WY	VM																																																							
II	YW	VM																																																							
WY	WV	WM																																																							
1.1	32.1	33.2																																																							
III	V	WY																																																							
IV	M	WY																																																							
		V																																																							

WY	WV	WM
1.1	32.1	33.2
YV	YM	VM
32.4	34.3	4.0



四つの遺伝子間の乗りかえ率をすべての場合について画面にだしましょう。

(歩進信号)

これがW、Y、V、Mの相互間のすべての場合の乗りかえ率です。

こんどは、これら四つの遺伝子の染色体上の位置を決定することができるでしょうか。ノートに大体のようすを書いてごらん下さい。

(歩進信号)

できましたか。画面の図と合わせて下さい。もちろん位置の関係を示せばよいのですから左右逆でもかまいません。

このような関係がノートに書けた人は1のボタンを、書けなかった人は3のボタンを押しなさい。

(歩進信号)

できた人はA画面の点線のようにノートの図に乗りかえ率をあらわす数字を書き入れてごらん下さい。

乗りかえ率が遺伝子間の距離をあらわすとした場合、書き入れた数字を検討してなにかおかしなことに気がつきませんか。

(歩進信号)

このように乗りかえ率が遺伝子間の距離をあらわすと考えるわけですが、乗りかえ率をそのまま距離とすると、数字がくいちがうことがあります。画面で示すように、YとMを直接はかると34.3ですが、三つに分けてはかると37.2となります。なぜこのようなことがおこるのでしょうか。またYM間の距離として、どちらの数字をつかったらよいでしょうか。

(歩進信号)

今までは交叉・乗りかえが一ヶ所でおこるとして考えてきましたが、画面のように二ヶ所で交叉・乗りかえがおこったらどうなるでしょうか。この

子間の乗りかえ率をすべての場合について画面にだしましょう。

(歩進信号)

これがW、Y、V、Mの相互間のすべての場合の乗りかえ率です。

こんどは、これら四つの遺伝子の染色体上の位置を決定することができるでしょうか。ノートに大体のようすを書いてごらん下さい。

(歩進信号)

できましたか。画面の図と合わせて下さい。もちろん位置の関係を示せばよいのですから左右逆でもかまいません。

このような関係がノートに書けた人は1のボタンを、書けなかった人は3のボタンを押しなさい。

(歩進信号)

できた人はA画面の点線のようにノートの図に乗りかえ率をあらわす数字を書き入れてごらん下さい。

乗りかえ率が遺伝子間の距離をあらわすとした場合、書き入れた数字を検討してなにかおかしなことに気がつきませんか。

(歩進信号)

このように乗りかえ率が遺伝子間の距離をあらわすと考えるわけですが、乗りかえ率をそのまま距離とすると、数字がくいちがうことがあります。画面で示すように、YとMを直接はかると34.3ですが、三つに分けてはかると37.2となります。なぜこのようなことがおこるのでしょうか。またYM間の距離として、どちらの数字をつかったらよいでしょうか。

(歩進信号)

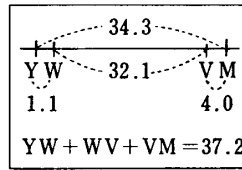
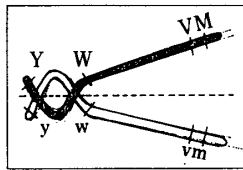
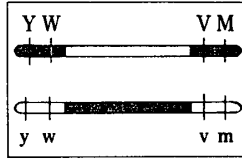
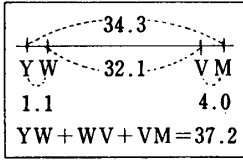
今までは交叉・乗りかえが一ヶ所でおこるとして考えてきましたが、画面のように二ヶ所で交叉・乗りかえがおこったらどうなるでしょうか。この

振り分け解除
スライドA

正答設定1
振り分け
スライドA・B

振り分け解除
スライドA

スライドA



乗リかえ率	0.0、5.1、10.0
モルガン単位	0.0、5.1、10.3
	20.0、30.0、40.0、50.0
	21.7、34.7、52.2、∞

結果 Y M 間の距離に対し、乗リかえ率を小さくすると思う人はボタン 1 を、大きくすると思う人はボタン 3 を、乗リかえ率には無関係であると思う人はボタン 5 を押しなさい。

(歩進 信号)

そうです。それでは A 画面の Y M 間の距離として、直接の乗リかえ率 34.3 と、分かつての乗リかえ率 37.2 とどちらの数字を用いた方がより正しく距離でしょうか。34.3 を用いた方がよいと思う人は 1 のボタンを、37.2 を用いた方がよいと思う人は 3 のボタンを押しなさい。

B 画面の図をごらん下さい。二ヶ所で交叉して乗リかえをおこすと、その両外側にある遺伝子は表面的に乗リかえをしなかったこととなります。このような二重交叉は遺伝子間の距離が遠い程よくおこることになります。そこで遠く離れた遺伝子間の乗リかえ率は、それらの距離より大きくなると思う人は 1 のボタンを小さくなると思う人は 3 のボタンを押しなさい。

(歩進 信号)

37.2 を用いた方がいいですね。それは距離が遠い遺伝子間では前に見たように二重交叉がおこる機会が多いのですが、近くの遺伝子間、たとえば A 画面の Y.W 間でこのような二重交叉がおこることは極めて少いと考えられるからです。

遠い遺伝子間の乗リかえ率は二重交叉によって割り引かれていますから、遺伝子間の本当の距離より小さな値になってきます。そこで B 画面の場合直接の乗リかえ率 34.3 より、分かつた値である 37.2 の方が本当の距離に近い数だといえます。

(歩進 信号)

このように乗リかえ率が小さな場合はそのまま遺伝子間の距離として用いられますが乗リかえ率が大きくなるに従って二重交叉の分をうわのせして距離としなければなりません。画面では乗リかえ率を距離に読みかえるモルガンの換算表を示しています。

表で乗リかえ率 50% のところが距離 ∞ となっていますがこれはどんなことを意味するのでしょうか。

正答設定 1
振り分け
スライド A・B

正答設定 A ↓ 3
B ↓ 3
スライド A・B

振り分け解除
スライド A

50.0% → ∞

1. 染色体の両端にある。
2. 非常に近くにある。
3. 染色体の中央にある。
4. 別々の染色体にある。
5. 染色体にのっていない。

AABB — aabb

x — AaBb

AABB — aabb

aabb — AaBb

AaBb Aabb aaBb aabb

(): (): (): ()

AABB — aabb

AaBb

配偶子

AB Ab aB ab

(): (): (): ()

I (X)

断髮 (bb)	細眼 (B)	又状剛毛 (f)	ざくろ色眼 (g)	小翅 (m)	朱色眼 (v)	きり翅 (ct)	ルビィ色眼 (rb)	白眼 (w)	黄体色 (y)
0.0	1.5	7.5	20.0	33.0	36.1	44.4	56.7	75.7	85.6

(歩進信号)

乗りがえ率50%の二つの遺伝子の染色体上における位置の関係を考えてごらん下さい。

画面の指示を見て、あなたの考えと一致するボタンを押して下さい。

(歩進信号)

乗りがえ率(%) = $\frac{\text{乗りがえした配偶子数}}{\text{全配偶子数}} \times 100$

(歩進信号)

乗りがえ率はB画面に示す式であらわれますから、乗りがえ率50%ということは具体的にどうなるのでしょうか。

次のB画面で考えてみましょう。

(歩進信号)

A画面に示すように劣性ホモのaabbをかけあわせるのが一番わかりやすいのです。このときAとBの乗りがえ率が50%だったら()の中は1:1:1:1になりますね。これはAとBが独立しているということです。

(歩進信号)

このようにして、モルガンはキイロショウジョウバエの四つの連鎖群についてくわしく研究し、染色体地図をつくりました。その図が教科書()頁にありますから見て、今日の勉強をまとめておいて下さい。

(歩進信号)

乗りがえ率はB画面に示す式であらわれますから、乗りがえ率50%ということは具体的にどうなるのでしょうか。

次のB画面で考えてみましょう。

(歩進信号)

AとBが50%の乗りがえ率ということは()の中が1:1:1:1になるわけです。そうすると全配偶子4のうちAbとaBの2が乗りがえたわけで50%です。これはもう連鎖でなく独立になりますね。

スライドA

正答設定4

振り分け

スライドA・B

スライドB

スライドA

振り分け解除

スライドA

第4図