

ニューラルネット PDP¹

Parallel Distributed Processing

神経細胞の働きを図 1 のようにモデル化したものを考え、ニューロンあるいはユニットと呼びます。

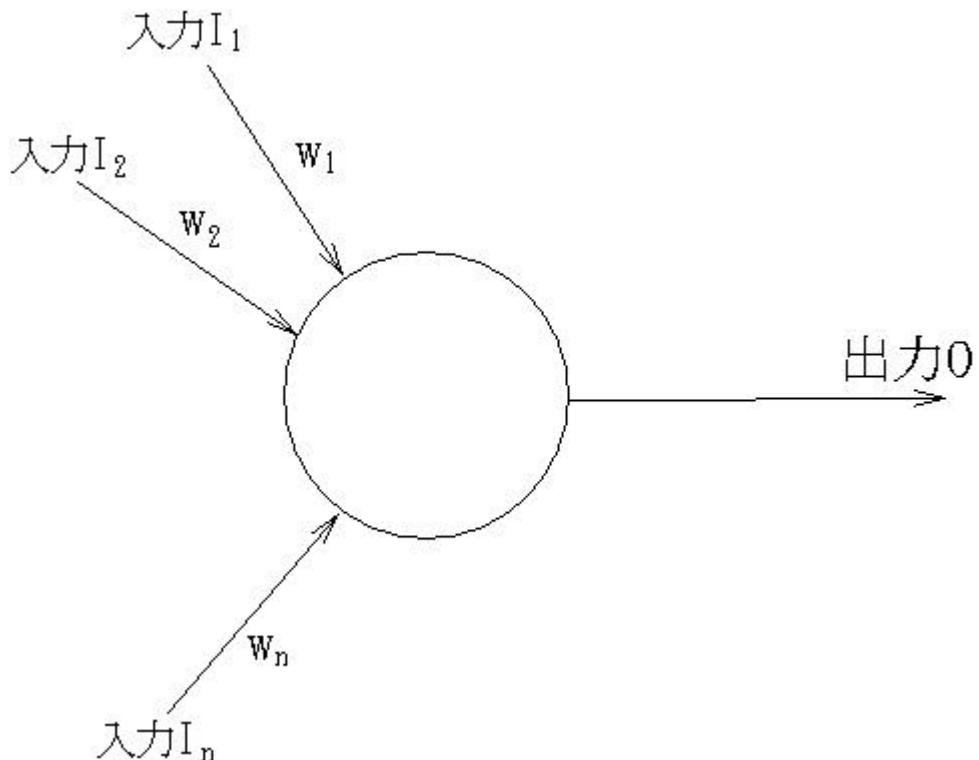


図 1 ニューロン（ユニット）のモデル

ここでのニューロンあるいはユニットという言葉は、生体内の神経細胞そのものではなく、図 1 で表わされるモデルに対して用います。このニューロンあるいはユニットは、単一の神経細胞のモデルである必要はなく、機能的に 1 つにまとめて扱うことができるものを表わしていると考えます。

ニューロンは、いくつかの入力を受けて、それらの重み付き和の値に応じて出力が決まります。

入力、および出力は、0 以上 1 以下の値であるとします。0 に近いほどニューロンの活動レベルは低く、1 に近いほど活動レベルは高いことを表わします。

1 つのニューロン j への入力が b 個あるとき、それらを I_1, \dots, I_b で表わし、それらに対

¹ この解説は、岡本安晴「Delphi でエンジョイプログラミング：心と行動の科学がわかる心理学シミュレーション」C Q 出版社、1999（絶版）の原稿をもとに作成しました。

する重みを w_1, \dots, w_b で表わすと、ニューロン j への入力の重み付き和 net_j は次式で与えられます。

$$net_j = \sum_{i=1}^b w_i I_i$$

入力の重み付き和 net_j に対するニューロン j の出力を与える関数 $f_j(net_j)$ を次のようにおきます。

$$f_j(net_j) = \frac{1}{1 + e^{-(net_j + q_j)}}$$

q_j はニューロン j の閾値に対応するものです。

関数

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

は、図 2 のような形のものです。

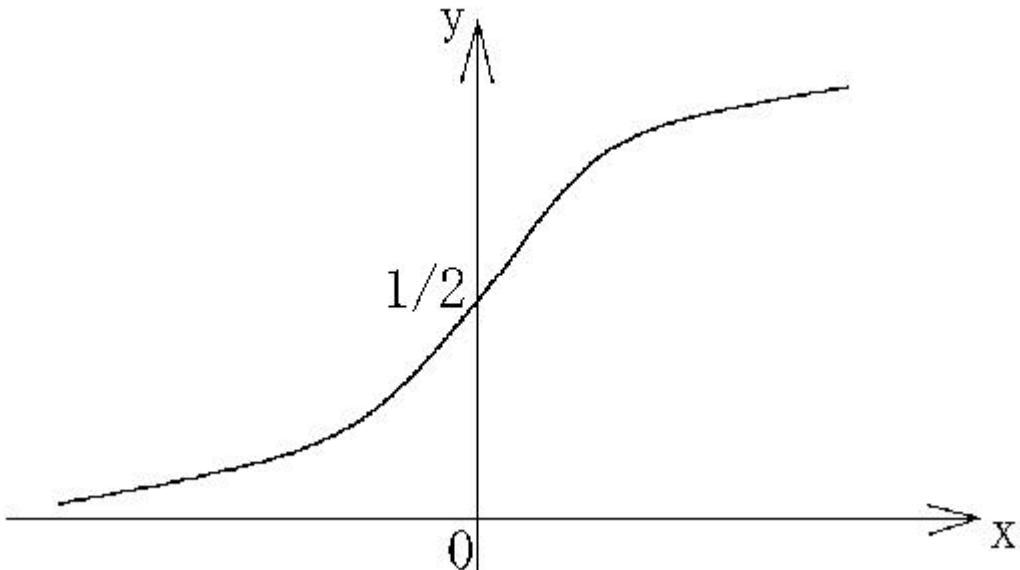


図 2 関数 $y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$

Rumelhart ら (1986) のニューラルネット PDP (Parallel Distributed Processing) モデルでは、刺激の入力のためのニューロンの集まり（入力層）と、それらに対する反応を表わすニューロンの集まり（出力層）の 2 つの層の間に、1 つ以上のニューロンの集まり（中間層）を置きます。図 3 は、中間層が 1 層の場合のモデルです。

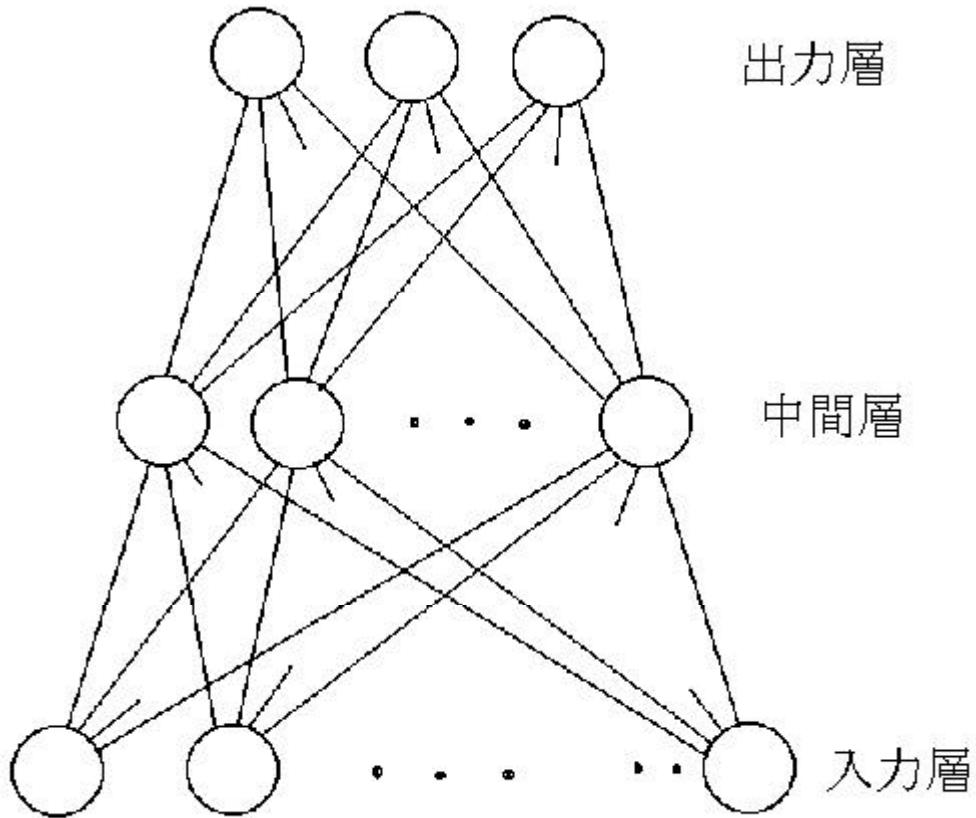


図3 PDP モデルの例

入力層に刺激パターンを与えたとき、出力層からの反応が、予め正しい反応パターンとして設定されているものになるように、重み w_i を変化させます。PDP モデルでは、このための方法として誤差逆伝播法と呼ばれている次のような方法が用いられています。

刺激パターン p を入力層に与えたときの出力層のユニット j の出力を o_{pj} で表わします。このパターン p に対して出力ユニット j が出力するべき反応量を t_{pj} で表わします。この t_{pj} は、ニューラルネットに、入力パターン p に対する反応パターンとして学習させる出力なので、教師信号と呼ばれています。

ニューラルネットの学習は、誤差量として与えられる次の目的関数

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_j (t_{pj} - o_{pj})^2 \quad (1)$$

が最小になるように、ニューロン i から j への重み w_{ji} などを変えていくことによって行われます。 E_p の添え字 p は、パターン p に対する誤差量であることを表わします。

上の P D P モデルのプログラム例が PPDP.dpr です。
プログラムを実行すると図 4 のフォームが表示されます。

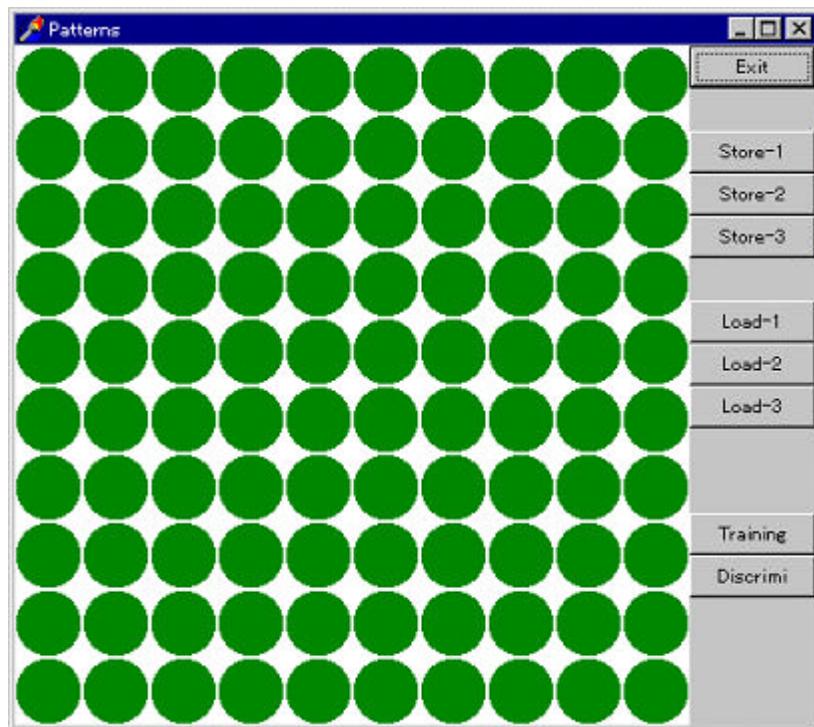


図 4 プログラムの実行開始時に表示されるフォーム

フォームの小円を左ボタンでクリックする、あるいは、左ボタンを押したまま小円の上でマウスの矢印を動かすと、その小円の色が赤に変わります。右ボタンによるクリック、あるいは右ボタンを押した状態でのマウスの移動のときは、緑色に変わります。

学習用の弁別パターンは、例えば図 5 ~ 7 のように設定してから、Store-1 をクリックすると Pattern1 に、Store-2 をクリックすると Pattern2 に、Store-3 をクリックすると Pattern3 に格納されます。赤い小円が 1、緑の小円が 0 として格納されます。入力層に与えられたパターンは、入力層の赤の小円に対応する部位のニューロンが刺激されて興奮していると解釈します。

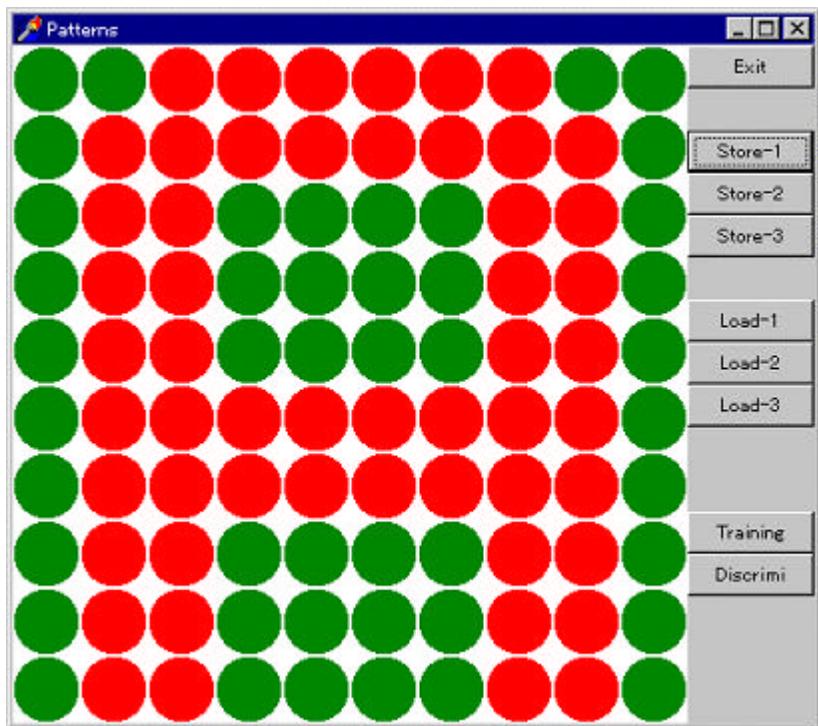


図5 パターン1の設定。設定後、Store-1ボタンを押す。

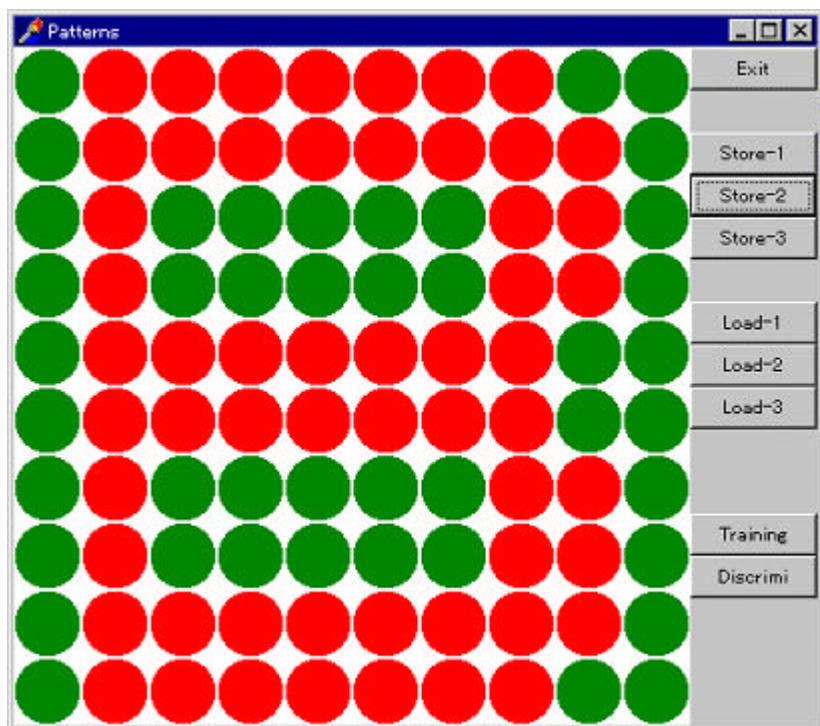


図6 パターン2の設定。設定後、Store-2ボタンを押す。

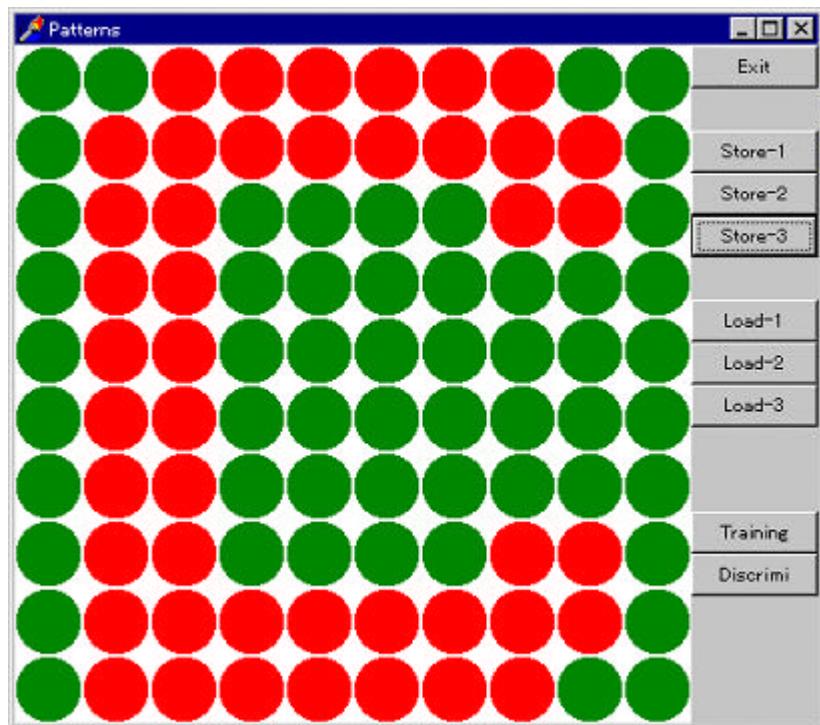


図7 パターン3の設定。設定後、Store-3ボタンを押す

Pattern1 ~ Pattern3 に設定されているパターンは、Load-1 ~ Load-3 ボタンのクリックによって表示して確認することができます。

3つの弁別パターンの設定後、Training ボタンをクリックすると、図8のようなフォームが表示されます。



図8 Training ボタンのクリックで表示されるフォーム

Start ボタンをクリックすると学習が始まります。

学習は、3つの刺激パターンの学習、および、それに続く弁別テストとその成績の表示の繰り返しによって行われています。学習されるべき入力パターンとして与えられている3つのパターンそれぞれについての20回分の正答率が、フォームの上部に表示されます(図9)。

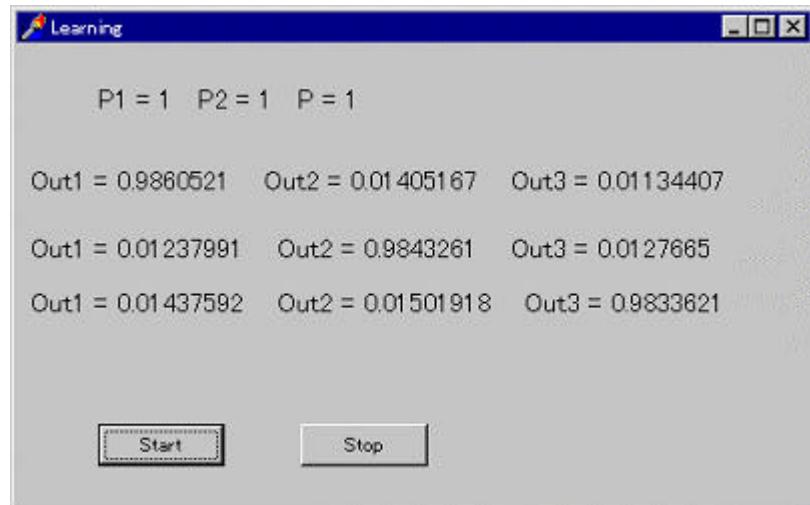


図9 学習中のフォーム

その下に、 3×3 の形式で出力ユニットの値が表示されます。 i 行目の j 列目の値は、パターン i に対する j 番目の出力ユニットの値です。対角線上の値が 1 に近く、それ以外の値は 0 に近くなるまで学習を進めます。十分に 1、あるいは 0 に近くなったところで、Stop ボタンをクリックして学習を止めます。

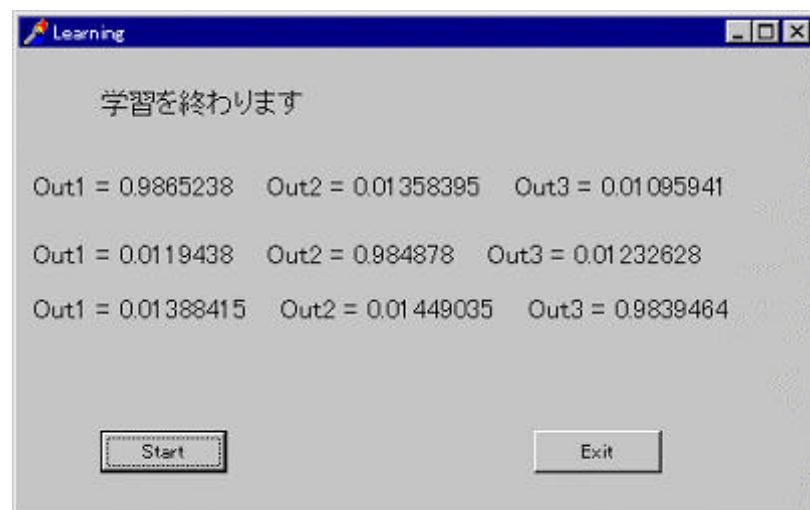


図10 学習の終了

図10は、対角線上の値が 0.98 以上、それ以外の値が 0.02 以下になったところで Stop ボタンをクリックしたものです。Exit ボタンのクリックでメインフォームに戻ります(図11)。

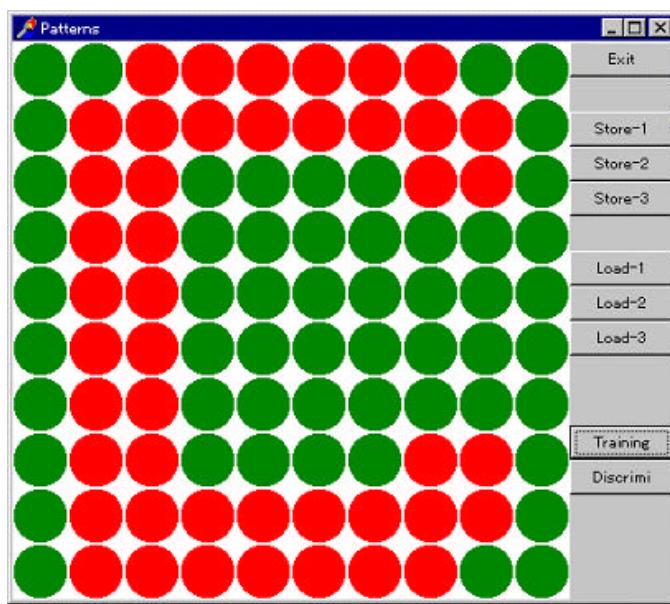


図 1 1 メインフォームに戻る

図 1 1 のフォームの Discrimi ボタンをクリックすると、弁別テスト用のフォーム FDiscrimi が生成・表示されます（図 1 2）。

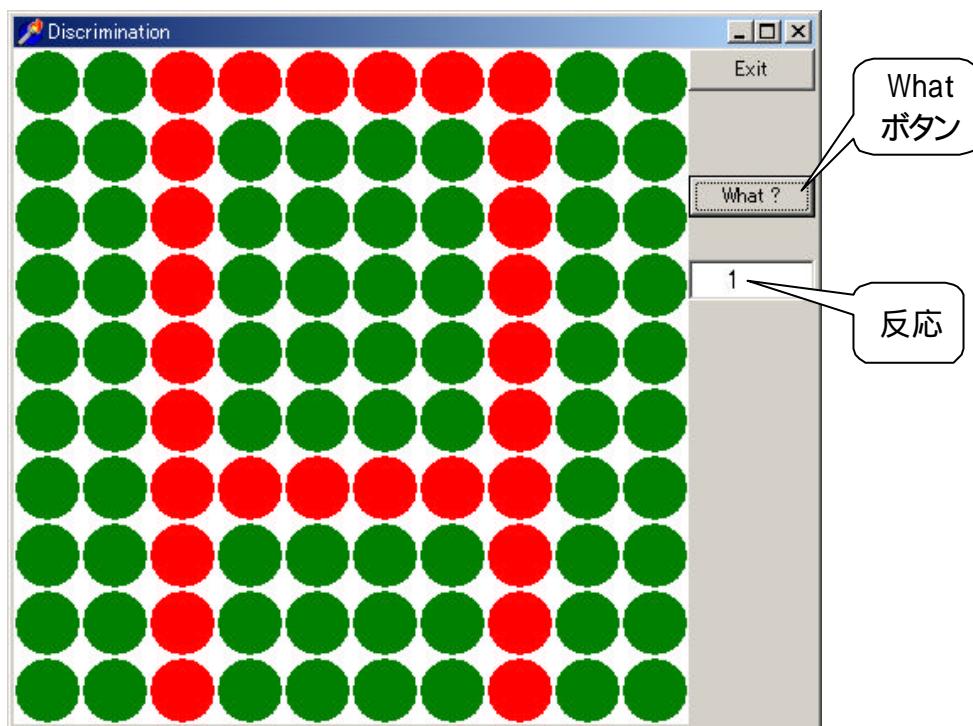


図 1 2 パターンに対する弁別反応。パターンを設定して、
「What ?」ボタンを押す。

弁別テスト用パターンを適当に設定して、「What?」ボタンをクリックすると、手続き WButtonClick が呼び出され、設定されたパターンに対する出力の一一番大きい出力ユニットの番号が、弁別反応として Edit コンポーネントに表示されます。

弁別テスト用パターンの設定は、学習用パターンの設定と同じ方法で行います。弁別テスト用パターンは、学習パターンと全く同じものでなくても、それに近いものであれば、その近い学習パターンに対する反応が、弁別テスト用パターンに対する反応として Edit コンポーネントに表示されることが多いと思います。いろいろ試してみて下さい。

図 1 2 のフォームで Exit ボタンをクリックすると、図 1 3 のメインフォームに戻ります。このフォームの Exit ボタンのクリックで、プログラムは終了します。

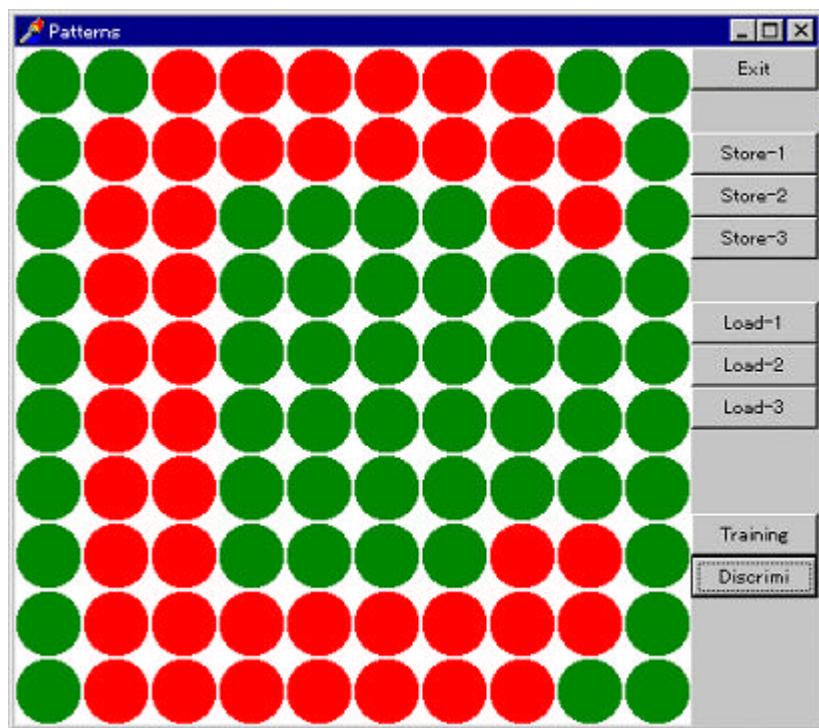


図 1 3 メインフォームの Exit ボタンのクリックでプログラムは終了する。

参 考 文 献

- (1)Rumelhart,D.E., McClelland,J.L. and the PDP Research Group (1986) *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition.* Vol.1,2. The MIT Press.
- (2)豊田秀樹 (1996) 非線形多変量解析： ニューラルネットによるアプローチ . 朝倉書店