

# ニューラルネット PDP<sup>1</sup>

## 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。

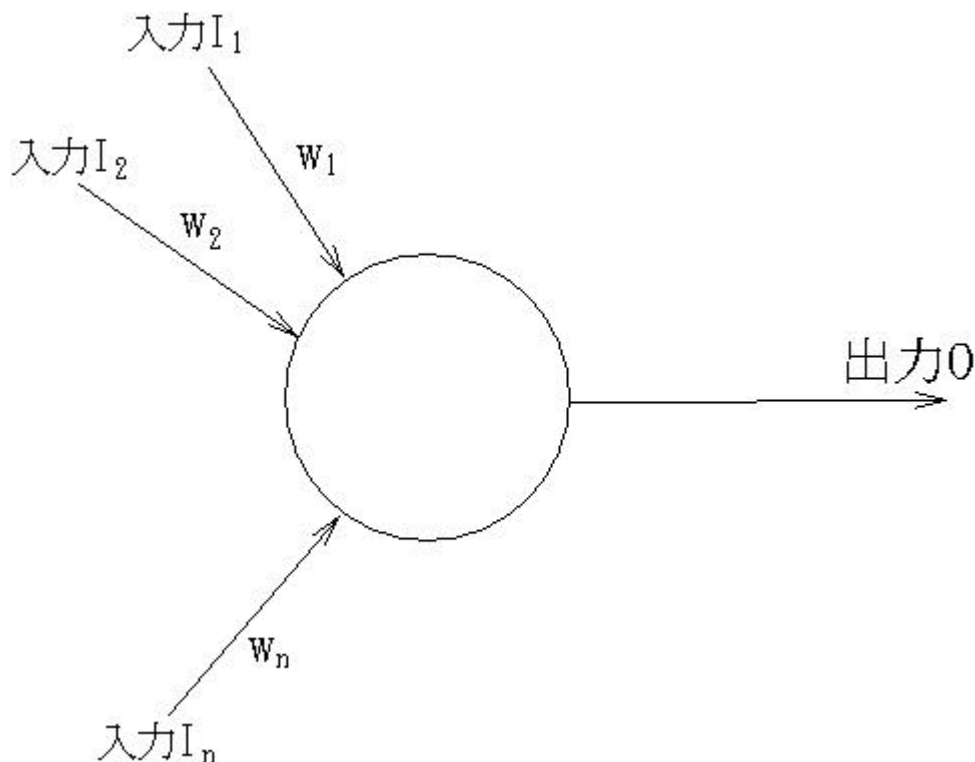


図1 ニューロン（ユニット）のモデル

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

<sup>1</sup> 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  $w_1$ 、...、 $w_b$  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。

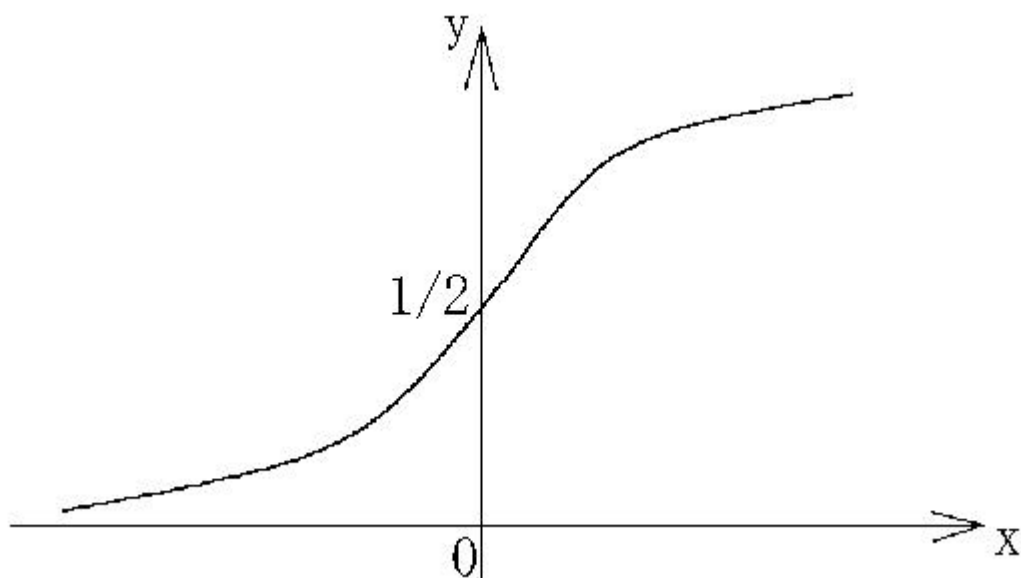


図 2 関数  $y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$

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。

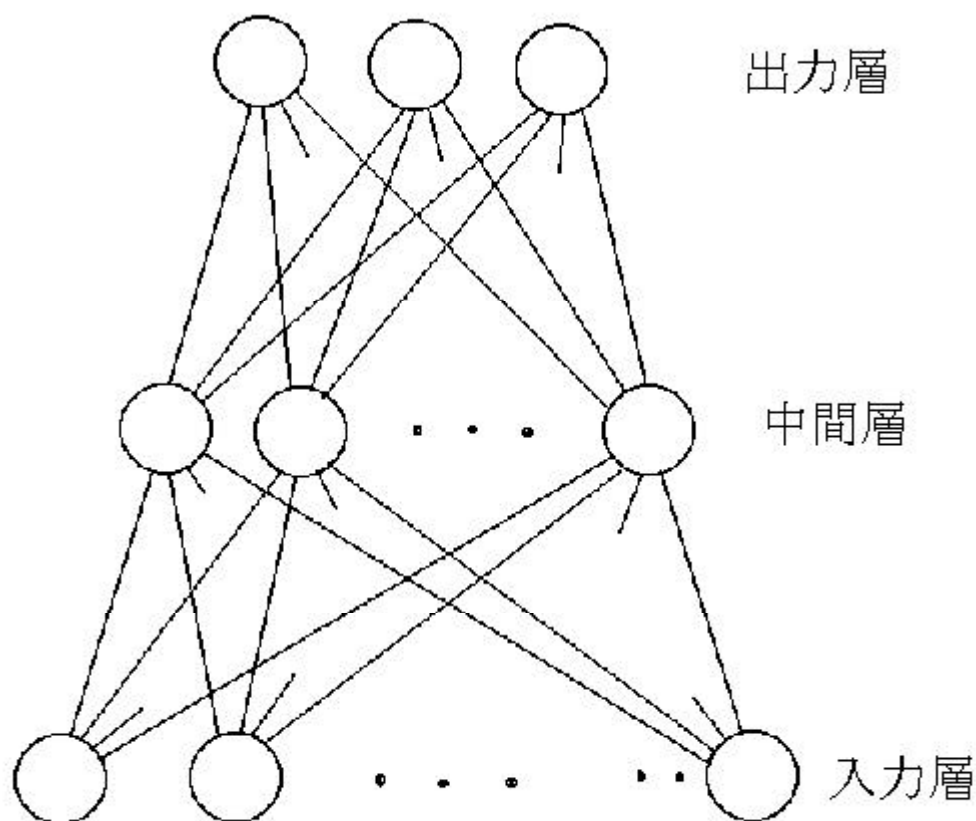


図3 PDPモデルの例

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PDP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。

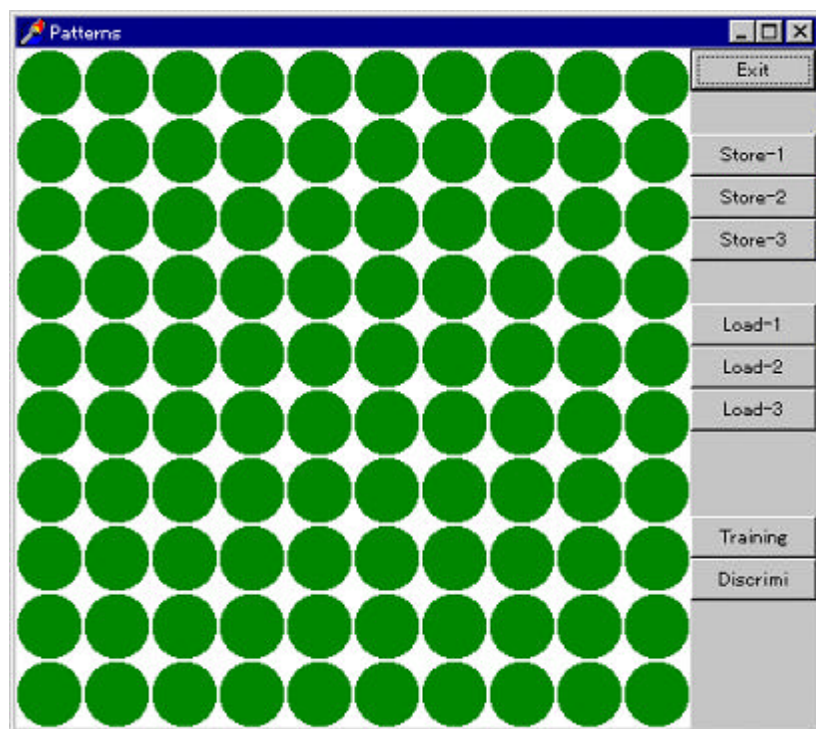


図4 プログラムの実行開始時に表示されるフォーム

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。

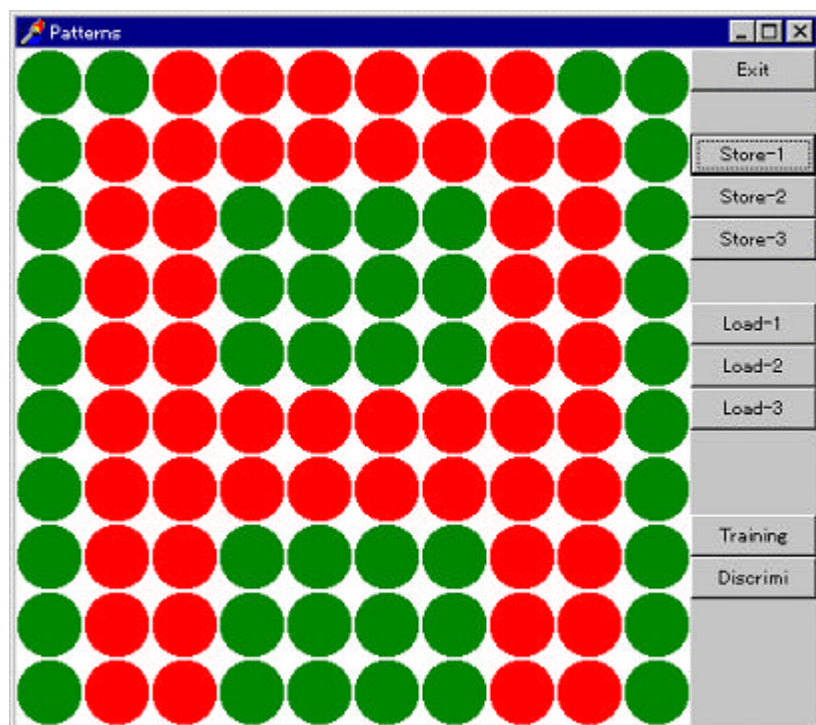


図5 パターン1の設定。設定後、Store-1 ボタンを押す。

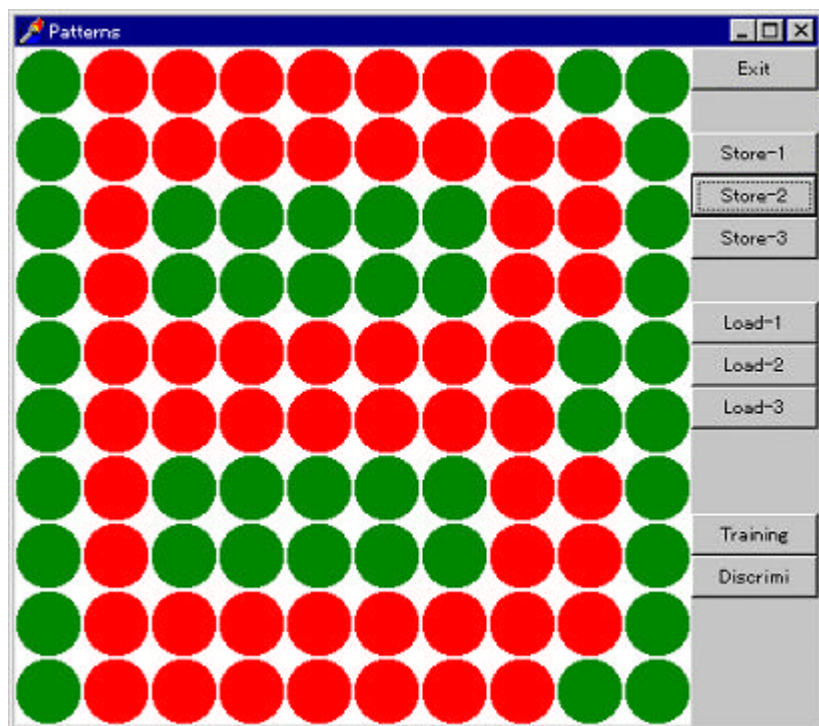


図6 パターン2の設定。設定後、Store-2 ボタンを押す。

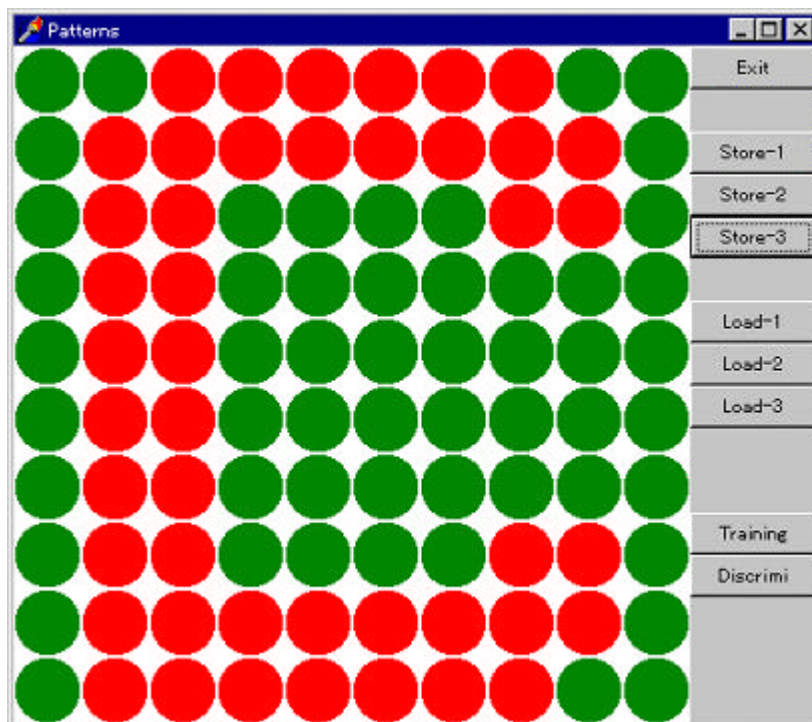


図7 パターン3の設定。設定後、Store-3 ボタンを押す

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)。

Learning

P1 = 1 P2 = 1 P3 = 1

Out1 = 0.9860521 Out2 = 0.01405167 Out3 = 0.01134407

Out1 = 0.01237991 Out2 = 0.9843261 Out3 = 0.0127665

Out1 = 0.01437592 Out2 = 0.01501918 Out3 = 0.9833621

Start Stop

図9 学習中のフォーム

その下に、 $3 \times 3$ 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に近づいたところで、Stopボタンをクリックして学習を止めます。

Learning

学習を終わります

Out1 = 0.9865238 Out2 = 0.01358395 Out3 = 0.01095941

Out1 = 0.0119438 Out2 = 0.984878 Out3 = 0.01232628

Out1 = 0.01388415 Out2 = 0.01449035 Out3 = 0.9839464

Start Exit

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)。



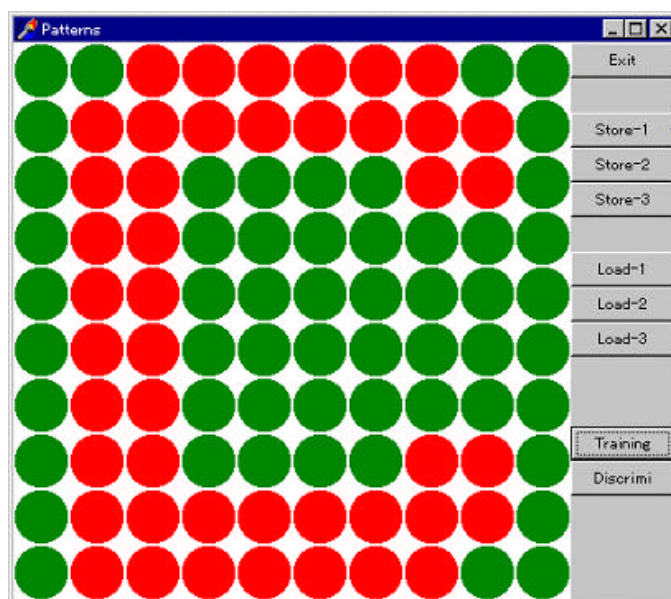


図 1 1 メインフォームに戻る

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 )。

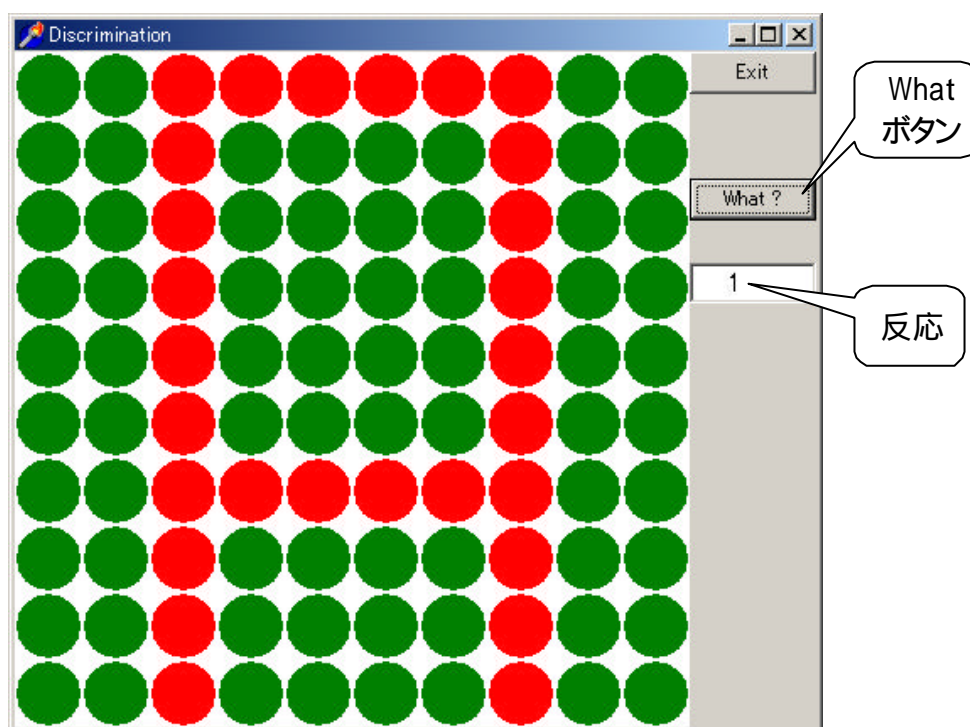


図 1 2 パターンに対する弁別反応。パターンを設定して、「What ?」ボタンを押す。



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ください。

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。

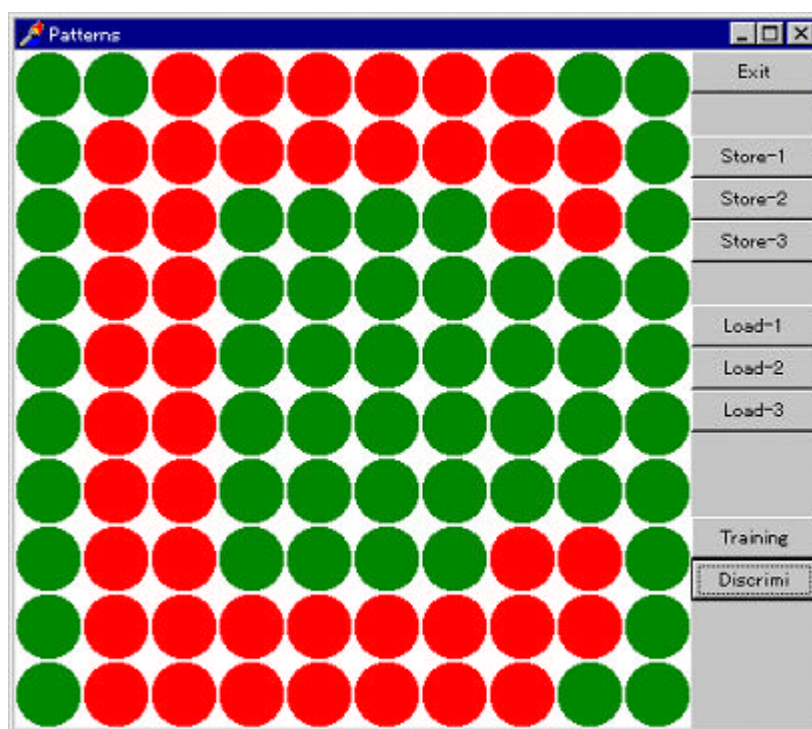


図 1 3 メインフォームの Exit ボタンのクリックでプログラムは終了する。

## 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