

# Neuroidal Net

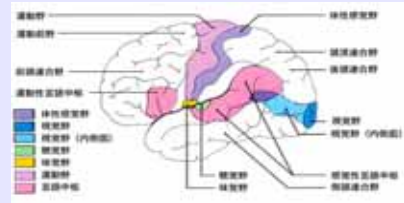
~ニューロイダルネット~

情報通信工学科

西野研究室

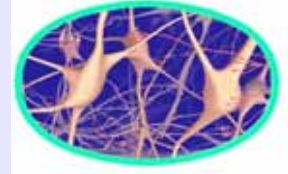
<http://www.tnlab.ice.uec.ac.jp>

## 脳の仕組み



西野研究室ではコンピュータサイエンスの見地から脳機能の解明を試んでいます。

人間の脳は100億ないし140億あるといわれているニューロン(神経細胞)がありなす巨大なシステムで様々な情報処理を巧みにを行っています。



・ニューロンのネットワーク



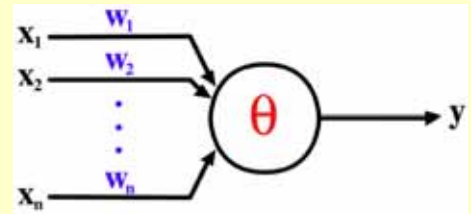
ニューロンは左図のような構造をしていて、シナプスと呼ばれる接続部で他のニューロンと接続しています。すべてのニューロンはそれぞれしきい値と呼ばれる値を持っており、他の1つ以上のニューロンからの刺激の総和がしきい値を超えたとき、そのニューロンは興奮(発火とも言う)状態になります。このようにして次々に刺激が伝わっていきます。

## しきい値回路

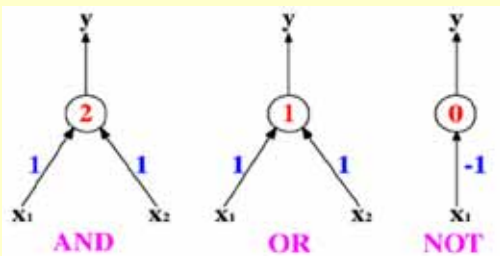
McCullochとW.Pittsはニューロンをモデル化したものとして、右図のような「しきい値論理素子」を考案しました。

この素子は次のように動作します。

まずそれぞれの入力( $x_i$ )に対して、重み付け( $w_i$ )を掛ける)がなされ、その総和が素子ごとに定められたしきい値( $\theta$ )以上になった時、出力( $y$ )として1が得られ、それ以外(総和がしきい値に満たなかった場合)のときには値は0になります。



ここで各入力と出力はブール値(0か1)となります。



また、このしきい値論理素子を複数結合させた回路がしきい値回路になります。通常のブール回路で行える計算は、しきい値回路でも計算できます。しかもブール回路で構成するよりも浅い回路を構成できる可能性があります。

全てのブール回路は、AND、OR、NOTの組み合わせで表現できると言われていいます。しきい値論理素子を用いて構成した、AND、OR、NOTの計算をする回路が左図の回路です。

このしきい値回路を拡張し、計算だけでなく学習もできるようにしたのがニューロイダルネットです。

## ニューロイダルネット

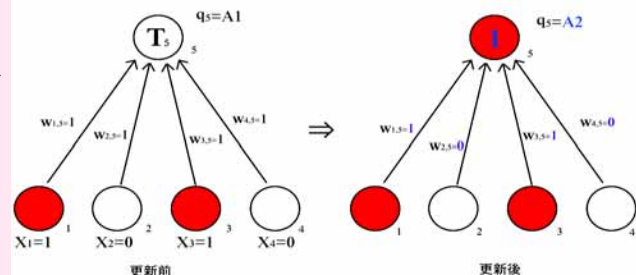
脳をある種の回路と考えた時、この回路がどのようなものであるかを理解することは非常に難しくなります。そこで柔軟性をもち、かつプログラム可能なモデルとしてL.G.Valiantはニューロイダルネット(Neuroidal Net)を定義しました。

この回路を構成するひとつひとつのノードをニューロイドと呼びます。ニューロイドは、しきい値論理素子に「状態」と「タイミング」の2つの機能を組み込んだものです。

ニューロイドを定義するために必要な要素は次の5つです。

- G :  $G = (V, G)$  で表される有向グラフ
- W : グラフの辺を持つ重みの集合
- X :  $(q, T)$  で表されるモードの集合
  - q は状態の集合, T はしきい値の集合
  - : モード更新関数 Xの更新のための条件式
  - : 重み更新関数 辺の重みの更新のための関数

右図はニューロイダルネットの例です。



このニューロイダルネットは次の更新関数を適用すると図のように変化します。  
 $\{q_i=A2, T_i := \min[wi], \text{ if } f_i=0 \text{ then } w_{ji}:=0\}$

上の更新関数は、モード更新関数と重み更新関数を一緒に書いたもので、状態A1にあるニューロイドを状態A2に変化させ、そのしきい値を現在の重みの中で最小の重みの値に更新し、発火していないニューロイドから来ている辺の重みは0にせよという規則です。

更新によってニューロイド5はニューロイド1とニューロイド3のORの概念を学習しました。また、しきい値の更新を最小の重みではなく発火している重みの総和にすれば、ANDの概念を学習させることができます。

# 脳機能の解明

～ 研究内容の紹介～

情報通信工学科

西野研究室

<http://www.tnlab.ice.uec.ac.jp>

## 脳の機能

人間は、普段特に意識することなく脳機能（記憶、学習、推論等）を用いているが、その機能が脳内のどのような情報システムによって実現されているのかはほとんど解明されていません。

脳は複雑なネットワークを形成しており、大規模な並列分散情報処理をしていると考えられています。

脳機能の解明に対する工学的なアプローチとして、人間の脳の数学的モデルを用いて脳の活動をモデル化し、人間の情報処理を行っていると考えられています。

人間の脳は自律的に動作します。

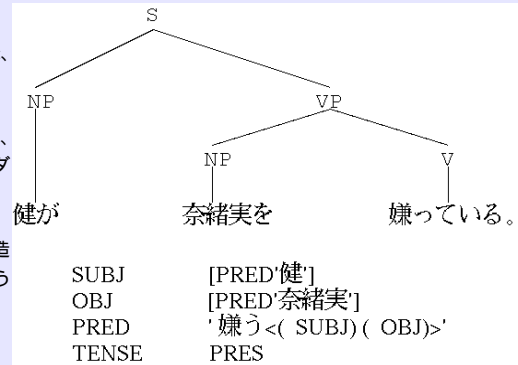
そこで、機械学習を基に自律的に動作する学習方式を考察し、人間の脳が実際に行っているのと類似の情報処理の仕組みについて、研究を行っています。

## 語彙機能文法

人間の幼児は、誰からも教えられことなく母国語を習得することができます。その際、正しい語順、文の構造、文法、および適切な語句を獲得しなければなりません。

当研究室では、幼児の言語獲得、特に文の木構造の習得がどのように行われているかを、J. BresnanとR. M. Kaplanによって導入された語彙機能文法の枠組みのもとにニューロイダルネットワークを用いて、それに対応するモデルを構成しています。

語彙機能文法とは、文の木構造を記述するc-構造と文の機能的構造を記述するf-構造の2つを用います。「健が奈緒美を嫌っている」という文のc-構造とf-構造は以下のようになっています。



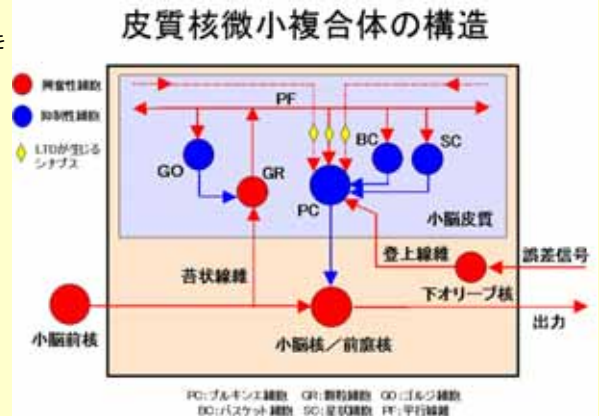
## 小脳の学習機能

当研究室では微小複合体のシミュレータを作成し、小脳の学習機能についての研究を行っています。

従来、運動制御を行う部位であると考えられてきた小脳ですが、最近では思考活動にも大きく関わるようになってきました。

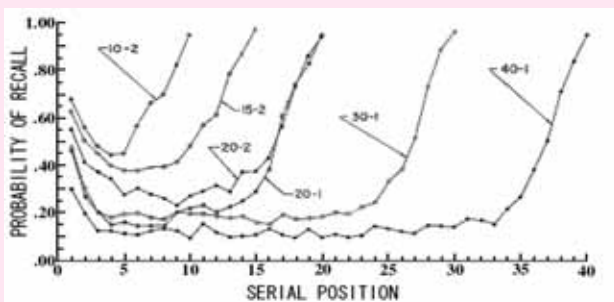
それでは小脳はどのようにして多様な処理を学習しているのでしょうか。

規則正しい構造を持ち、5種類の神経細胞が存在する小脳皮質は、小脳核や下オリーブ核といった神経細胞群と結びつき、皮質核微小複合体と呼ばれる構造を形成しています。小脳皮質のプルキンエ細胞のシナプスでは、平行繊維からの入力とエラー信号の相互作用によって長期抑圧（LTD）が生じます。



## 短期記憶メカニズム のモデル化

例えば、30個、30種類の記憶項目を1つ1つ被験者に提示した後、自由な順番で、できるだけ多くを思い出してもらおう実験があります。この実験から、短期記憶に関する様々な特徴の存在がわかっています。



最初の数項目の成績がよい。（初頭効果）  
最後の数項目の成績がよい。（親近効果）  
中間の項目の成績がほぼ一定である。  
提示する項目数が増えると、初頭効果と中間の項目の再生率が下がる。

このような短期記憶の特徴を実現している脳内のメカニズムは、どのようなになっているのでしょうか？

本研究では人に対する実験データとモデルの振るまいを比較、検討することによって、短期記憶メカニズムのモデル化を目指しています。