

# コネクショニストモデル

## 認知心理学概論II 楠見

1. コネクショニストモデル研究史
2. コネクショニストモデルの利点
3. シンボルモデルとコネクショニストモデルの融合
4. まとめ:統合モデルへの道

1

### 1.コネクショニストモデル研究史

神経系をモデルにして、ユニット(神経細胞)間の結合強度の連続的变化に基づいて認知過程をモデル化

- 1940年代** 生物学者McCulloch & 数学者Pitts  
 神経細胞の振る舞いをする単純な素子による脳の機械を構想  
 Hebb(1949) 細胞集成体を仮定し、ニューロンの興奮で入力を与えたシナプスの結合は強くなり刺激を伝えやすくする (シナプス強化の法則)
- 1950年代末** パーセプトロン(Rosenblatt, 1961)
- 1960-80年代** シンボルモデルの隆盛
- 1980年代後半以降** 認知科学において、脳科学、計算論、コンピュータ科学の影響 直列シンボル処理モデル(コンピュータ)の限界
- ・複雑な処理はステップ数が膨大に
  - ・明示的な規則化、記号化、論理化しにくい情報やプロセス
  - ・学習、発達研究におけるモデル化や理論形成に影響
- 1986** PDPモデル (Rumelhart & McClelland) 誤差逆伝搬

2

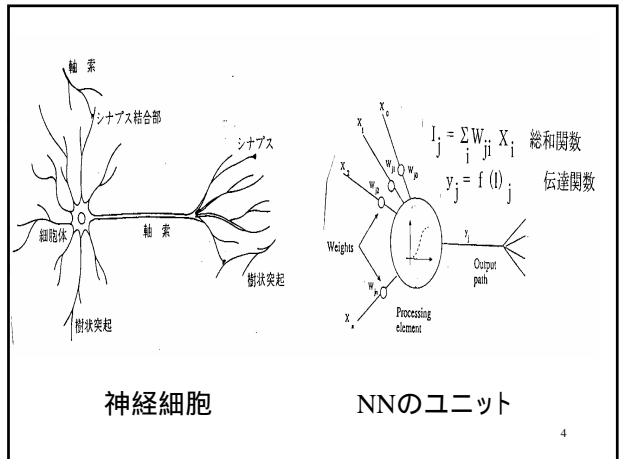
## 2. コネクショニストモデルがシンボルモデルよりも優れた点(1)

### (1)神経科学的な基盤

脳の情報処理を単純化して模倣

- a)神経細胞に相当するユニットを回路網状に接続して情報処理
- b)興奮性結合と抑制性の結合
  - > 各神経細胞は近接した膨大な数の神経細胞と結合
- c)結合強度に分散記憶
  - > 部分破壊に関して頑健

3



神経細胞

NNのユニット

4

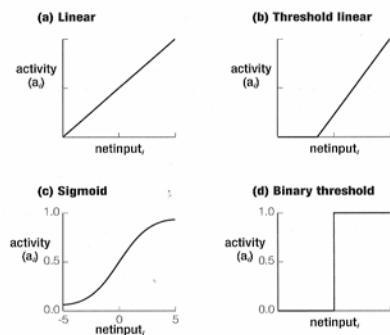


Figure 1.4 A variety of possible activation functions relating the net input to a neuron to the resulting activity level.

NNの活性化関数の種類(Elman, J.L. et al 1998)

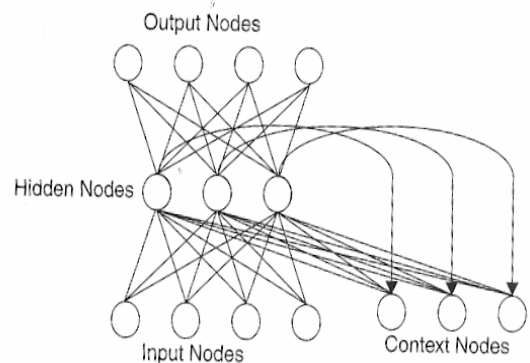


FIGURE 8.1 A simple recurrent network. (Elman, J.L. et al 1998)

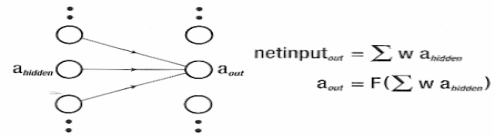
### 脳の学習アルゴリズム

小脳 = 教師付き学習: 下オリーブ核からの誤差信号  
 大脳基底核 = 強化学習: 中脳ドーパミン細胞から報酬信号  
 大脳皮質 = 教師なし学習: 入出力信号の統計的性質

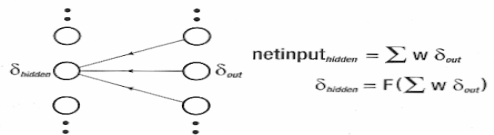
### 誤差逆伝搬 (Back Propagation)

(Elman, J.L. et al 1998)

#### (a) Forward propagation of activity

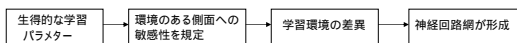


#### (b) Backward propagation of error



### コネクショニストモデルがシンボルモデルよりも優れた点(2)

遺伝と環境の相互構成的過程や個人差を説明



遺伝的制約(Elman et al,1996)

アーキテクチャの制約

- ・ ユニットレベル - 神経細胞反応特性, 伝達物質
- ・ 局所レベル - 神経細胞のタイプ, 層の数, 密度
- ・ 大域レベル - 領域結合, 下位システムへの入出力

時間的制約 - 細胞分裂, 減衰, 臨界期

### コネクショニストモデルがシンボルモデルよりも優れた点(3)

発達 の 諸側面 (U字型曲線, 臨界期, レイネンス, 障害等) に 関する説明やシミュレーション可能

- 環境は訓練セット,
- 表現型はネットワークの結合強度として表現

非連続的な段階移行をシステムの創発特性として表現

同化=その段階のネットワークの反応パターンと

合致する場合

調節=入力によって結合が連続的に変化する場合

-> 段階的移行

自己組織化 - 結合強度の変化に基づいて, システムとして調和のとれた高次の行動を支える内的表現を創出

### コネクショニストモデルがシンボルモデルよりも優れた点(4)

- ・ 進化的コネクショニストモデル  
= 自然淘汰に基づいて, 生殖, 世代によって学習効率上がる過程を説明
- ・ 最適なNNの構造を遺伝的アルゴリズムで決めて, NNの学習をおこなう方法  
結合強度を遺伝子表現 -> 乱数により多数生成 -> GA(学習データを適用して, 出力層誤差を適合度) -> 適者生存

### コネクショニストモデルがシンボルモデルよりも優れた点(5)

処理, 学習・発達, 表象を一般的メカニズムで説明

- ・ 実時間で動作
- ・ 柔軟性, 合目的
- ・ 環境との相互作用や経験からの学習
- ・ 個体発生, 系統発生を説明

3. シンボルモデルとコネクショニストモデルの融合：  
ハイブリッドモデルの提唱

- eliminated connectionist model = シンボルの操作や規則といった説明を排除して、ニューラルネットに基づいて、理論を構築
- シミュレーションと観察・実験事実とのズレ，説明範囲の限界(e.g., Marcus, 1998)。
- 現実的なモデル = コネクショニストモデルとシンボルモデルと融合したハイブリッドモデル  
記号的知識表象とコネクショニスト的な制約充足のメカニズムで、シンボルを扱うシンボリックコネクショニストモデル(Hummel & Holyoak, 1997)。

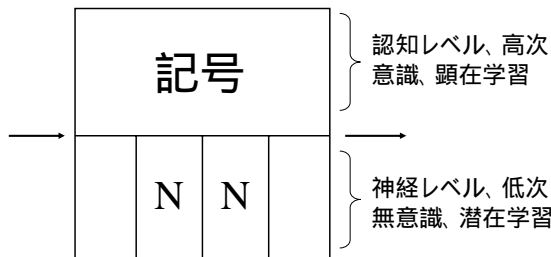
13

2つのモデルの相補的特徴(楠見,2000)

	シンボル	コネクション
神経系	×	
遺伝	×	
個人差		
学習		
臨界期	×	
柔軟性		
進化	×	
構造的知識		
	巨視的	微視的

14

ハイブリットモデル(楠見,2000)



15

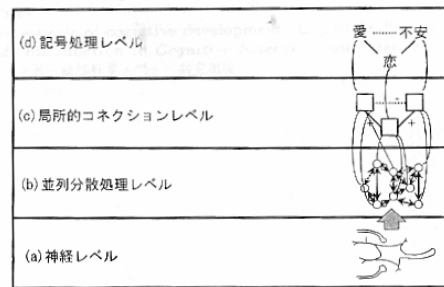


図 I-2-8 4層ハイブリッドコネクショニストモデル

(楠見,2000) 10

シンボリック・コネクショニストモデル

1. シンボリックな知識表象とその処理を支える多重制約充足メカニズムを実現 (Holyoak)
2. 自己組織化：結合強度の変化に基づいて、システムとして調和のとれた高次認知過程を支える内的表現の創発をモデル化
3. 知識の形成、構造、利用を類似性と近接性の原理で一貫して説明、モデル化
4. 類似性と近接性を原理とした統計学習，多変量解析との相性のよさ

17

4.まとめ:統合モデルへの道

- (1)シンボリックな知識表象とそれを支えるニューラルネット機構
- (2)心理学的，神経科学的な基盤
- (3)知覚・運動的な発達から、認知発達さらに、感情的、社会的発達を扱うことができる
- (4)心理実験とコンピュータシミュレーションを組み合わせることによって、理工学的研究とも連携可能な、**脳や心に関する統合理論構築のためのツール**

18