

## ホップフィールドニューラルネットワーク による巡回セールスマン問題

### ◆巡回セールスマン問題(TSP)とは

N個ある都市全てを最小コストで訪問する経路を求める問題であり、一つの都市は1回のみ訪問する。

1

### ◆TSPの問題設定

都市数:  $N(=4$ で説明する)

都市名: A, B, C, D

都市間距離(旅費):  $d_{XY}, X, Y = A, B, C, D$

### ◆ニューラルネットワークの構成

訪問順	1	2	3	4	(ニューロンの記号)
都	○	○	○	○	A1 A2 A3 A4
市	○	○	○	○	B1 B2 B3 B4
名	○	○	○	○	C1 C2 C3 C4
	○	○	○	○	D1 D2 D3 D4

ニューロンの状態=1または0

ニューロン $X_n$ の状態=1 → 都市Xをn番目に訪問することを意味する。

2

### 「全ての都市を1回のみ訪問する」

#### ◆ネットワークの状態

- ①全ての行において状態=1となるニューロンは1個のみ。
- ②全ての列において状態=1となるニューロンは1個のみ。
- ③ネットワーク全体では状態=1となるニューロンはN個。

#### ◆結合重みに対する条件

- ①同じ行にあるニューロンは相互に抑制する。  
負の結合重みで結合する( $-\alpha$ ).
- ②同じ列にあるニューロンは相互に抑制する。  
負の結合重みで結合する( $-\beta$ ).
- ③正のバイアスを加える。  
①, ②は抑制のみであるから, 状態=1となるニューロンの数が零になる可能性があるため, 全ての結合重み(自己ループは除く)に正の値を加える( $+\delta$ ).

3

### 「最小コストで訪問する」

#### ◆都市間移動の制約条件

都市間の距離(旅費)が大きいほど, 移動困難とする。

#### ◆結合重みに対する条件

都市Xをn番目に訪問し, 都市Yをn+1番目に訪問する場合を考える( $X \neq Y$ ).  
ニューロン $X_n$ と $Y_{n+1}$ を結合重みで結ぶ(対称結合).  
重みを $-\gamma d_{XY}$ とする。(  $d_{XY}$  = 都市X, Y間の距離(旅費) )

この結合重みにより, もし,  $d_{XY}$  が大きいとニューロン $X_n$ の状態=1となったとき, ニューロン $Y_{n+1}$ は活性化しにくくなる. 逆に $d_{XY}$ が小さいときはニューロン $Y_{n+1}$ は活性化しやすくなる。

4

### ◆結合重みの設計(まとめ)

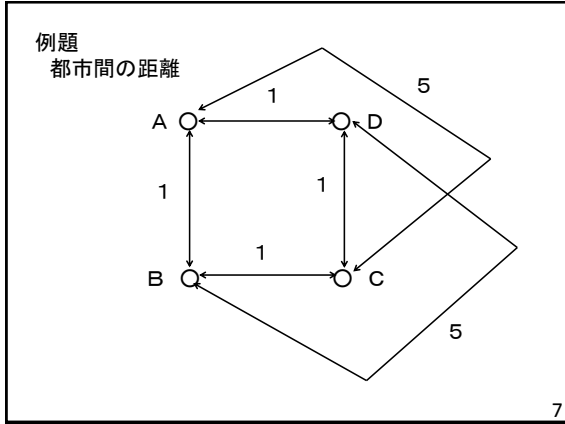
	ニューラルネットワーク			
● $X_m$ と $X_n(m \neq n)$ の結合重み	A1	A2	A3	A4
$-\alpha$	B1	B2	B3	B4
● $X_n$ と $Y_n(X \neq Y)$ の結合重み	C1	C2	C3	C4
$-\beta$	D1	D2	D3	D4
● $X_n$ と $Y_{n+1}(X \neq Y)$ の結合重み				
$-\gamma d_{XY}$				
( $X1$ と $Y4$ の結合重みも含まれる)				
●バイアス				
全ての結合重み(自己ループ除く)に正数を加算				
$\delta$				

5

### Excelによるシミュレーション

- 都市数=4
- 都市間の距離(旅費) ユーザが決める
- 結合重みに対するスケール係数 ユーザが決める  
( $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ )
- ニューラルネットワークの初期状態 ユーザが決める
- ニューロン数=4×4=16個
- 結合重み: 自動生成
- 1ラウンド: 16個のニューロンの状態遷移
- 状態変化させるニューロンの順番(収束結果に影響)  
A1→A2→A3→A4→B1→B2→B3→B4→  
C1→C2→C3→C4→D1→D2→D3→D4(固定)
- 4ラウンドまでシミュレーション
- エネルギー関数を表示

6



スケーリング係数  
 $\alpha = 8, \beta = 8, \gamma = 1, \delta = 3$

シミュレーション結果(1) 成功例

8

シミュレーション結果(1-続き)

9

シミュレーション結果(2) 不成功例

10

演習問題

巡回セールスマン問題についてExcelのプログラムを用いて以下の問に答えよ。

- 都市数=4 (A, B, C, D)として都市間距離を決めよ。図(スライド参照)と行列(プログラム参照)で示せ。
- スケーリング係数( $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ )を求めよ。スライドの例題における「結合重みの分布」や「平均」を参考にする。
- 初期状態を変えてプログラムを実行し、成功例(3例)と不成功例(3例)を求めて図(本スライド参考)で示せ。
- ホップフィールドネットワークで巡回セールスマン問題を解く際の問題点(難しさ)について考察せよ。

11