

移動で不変なニューラルネットの構築法

5 R-1

渡辺 宏太郎 生天目 章 柏木 英一

防衛大学校 情報工学科

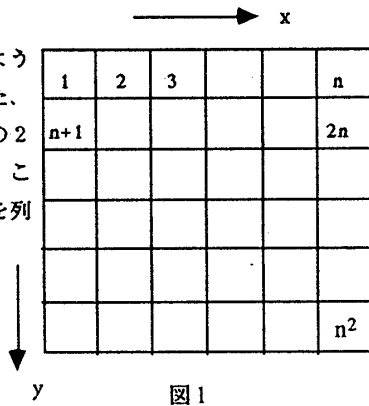
1はじめに

パターン理解においてしばしば次のようなことが問題となる。すなわち、認識対象が平行移動、拡大縮小、回転を受けた場合にも等しく認識せよという問題である。本論文では2値画像が平行移動及び回転を受けた場合でも等しく認識するためのネットワークとしてInvariant netを新しく提案する。

2 Invariant net

各ピクセルに図1のような番号を付ける。また、各ピクセルは0と1の2値をとるものとする。この番号に従って画像を列ベクトル化する。

( $V_p$  とおく。)



\* Invariant net I型

次のような行列  $W_1$   $W_2$  を考える。

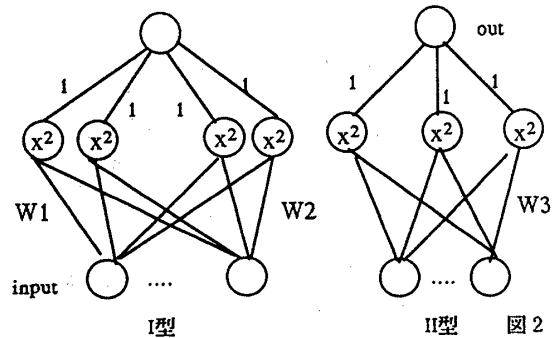
$$W_1(x) = \begin{pmatrix} \cos x & \cos 2x & \dots & \cos n^2 x \\ \sin x & \sin 2x & \dots & \sin n^2 x \end{pmatrix}$$

$$W_2(x) = \begin{pmatrix} \cos(n^2-n+1)x & \cos(n^2-2n+1)x & \dots & \cos x & \dots \\ \sin(n^2-n+1)x & \sin(n^2-2n+1)x & \dots & \sin x & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \cos(n^2-n+2)x & \dots & \cos 2x & \dots & \dots \\ \sin(n^2-n+2)x & \dots & \sin 2x & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \cos n^2 x & \dots & \cos nx & \dots \\ \dots & \sin n^2 x & \dots & \sin nx & \dots \end{pmatrix}$$

定理1  $F(V_p) = \|W_1 V_p\|^2 + \|W_2 V_p\|^2$

は画像が平行移動及び回転(90度、180度、270度)を受けても不変である。

$F(V_p)$ を出力、 $V_p$ を入力とするとこれは図2のようにニューラルネットの構造を持たせることができる。これをInvariant net I型とよぶ。



\* Invariant net II型

次のような行列  $W_3$  を考える。(簡単のため  $n=$ 奇数とする。)

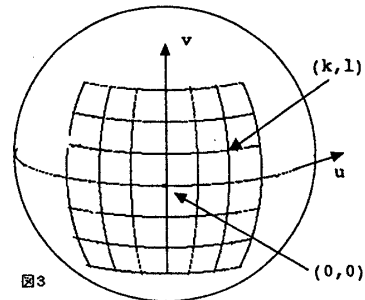
$m = \frac{n-1}{2}$  とおく。

$$W_3 = \begin{pmatrix} \cos \mu & \cos -\mu & \cos \mu & \cos -(m-1)\mu & \dots \\ \cos \mu & \sin -\mu & \cos \mu & \sin -(m-1)\mu & \dots \\ \sin \mu & \dots & \sin \mu & \dots & \dots \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \cos \mu & \cos \mu & \dots & \cos (m-1)\mu & \cos -\mu & \dots \\ \cos \mu & \sin \mu & \dots & \cos (m-1)\mu & \sin -\mu & \dots \\ \sin \mu & \dots & \dots & \sin (m-1)\mu & \dots & \dots \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \cos (m-1)\mu & \cos \mu & \dots & \cos -\mu & \cos -\mu & \dots \\ \cos (m-1)\mu & \sin \mu & \dots & \cos -\mu & \sin -\mu & \dots \\ \sin (m-1)\mu & \dots & \dots & \sin -\mu & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \cos -\mu & \cos \mu & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \cos -\mu & \sin \mu & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}$$

Remark (COSkuCOSlu, COSkuSINU, SINku)なる点は  $S^2$  上の (u,v) 座標系の点 (k,l) であることに注意して下さい。



定理 2

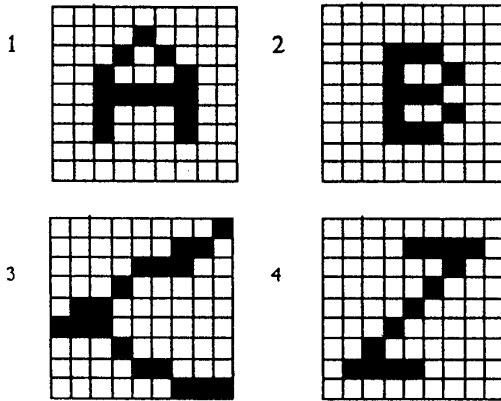
$G(V_p) = \|W_3 V_p\|^2$  は平行移動及び回転を受けてもほとんど変化しない。G(Vp)を出力、

Vpを入力とするとこれは図2のようにニューラルネットの構造を持たせることができる。これをInvariantnet II型とよぶ。

3 シミュレーション

Invariant net II型の性能評価を行った。

テストパターンは



の4種類である。下表の(a,b)でx方向にa,y方向にbの平行移動をあらわす。表中の数值は出力G(Vp)の値である。

A

(0,0)	(1,0)	(1,1)	(0,1)	(-1,1)	(-1,0)	(-1,-1)
163.8	164.4	164.4	164.4	164.4	163.8	164.5
(0,-1)	(1,-1)	(2,0)	(2,1)	(2,2)	(1,2)	(0,2)
164.5	164.5	163.8	164.4	*	*	*
(-1,2)	(-2,2)	(-2,1)	(-2,0)	(-2,-1)	(-2,-2)	(-1,-2)
*	*	164.4	163.8	164.5	166.5	166.5
(0,-2)	(1,-2)	(2,-2)	(2,-1)			
166.5	166.5	166.5	164.5			

表 1

B

(0,0)	(1,0)	(1,1)	(0,1)	(-1,1)	(-1,0)	(-1,-1)
163.8	163.8	164.3	164.3	164.3	163.8	164.3
(0,-1)	(1,-1)	(2,0)	(2,1)	(2,2)	(1,2)	(0,2)
164.3	164.3	163.8	164.3	165.8	165.8	165.8
(-1,2)	(-2,2)	(-2,1)	(-2,0)	(-2,-1)	(-2,-2)	(-1,-2)
165.8	*	*	*	*	*	165.8
(0,-2)	(1,-2)	(2,-2)	(2,-1)			
165.8	165.8	165.8	164.3			

表 2

表1-表4は  $u = \pi/16$  での結果である。

B

(0,0)	(1,0)	(1,1)	(0,1)	(-1,1)	(-1,0)	(-1,-1)
148.2	148.2	148.5	148.5	148.5	148.2	148.5
(0,-1)	(1,-1)	(2,0)	(2,1)	(2,2)	(1,2)	(0,2)
148.5	148.5	148.2	148.5	149.3	149.3	149.3
(-1,2)	(-2,2)	(-2,1)	(-2,0)	(-2,-1)	(-2,-2)	(-1,-2)
149.3	149.3	148.5	148.2	148.5	149.3	149.3
(0,-2)	(1,-2)	(2,-2)	(2,-1)			
149.3	149.3	149.3	148.5			

表 3  
□

(0,0)	(1,0)	(1,1)	(0,1)	(-1,1)	(-1,0)	(-1,-1)
148.2	148.9	148.9	148.9	148.9	148.2	148.6
(0,-1)	(1,-1)	(2,0)	(2,1)	(2,2)	(1,2)	(0,2)
148.6	148.6	148.2	148.9	150.4	150.4	150.4
(-1,2)	(-2,2)	(-2,1)	(-2,0)	(-2,-1)	(-2,-2)	(-1,-2)
150.4	150.4	148.9	148.2	148.6	150.0	150.0
(0,-2)	(1,-2)	(2,-2)	(2,-1)			
150.0	150.0	150.0	148.6			

表 4

4 考察

I型、II型とも紙面の表から見た図形と裏から見た図形を区別しない傾向があるようである。(II型がそのような性質をもつことは明らかに予想される。)

$x = \pi/81$

$u = \pi/16$  での結果は

	3	3を裏から見た図形
I型	281.414	281.44
II型	199.1	199.1
	4	4を裏から見た図形
I型	184.0	190.2
II型	117.6	117.6

参考文献

- 1) 福見 稔、細川 直史、大松 繁：ニューラルネットワークによる位置ずれ、回転に不変なパターン認識システム、電気学会論文誌C,110-C,3,p148-155(1990)
- 2) 福見 稔、細川 直史、大松 繁：シグナム型ニューラルネットワークによる位置ずれ、回転に不変なパターン認識システム、システム制御情報学会論文誌、Vol.3, No.11, p381-388(1990)