3V-03

変換構造説の2値行列パターンへの拡張

Extension of Transformational Structure Theory to a Binary Matrix Pattern

芝田　安裕　岡野　大[1]　緒方　秀教[1]　天野　要[1]　小西　敏雄[2]
Y. Shibata　D. Okano　H. Ogata　K. Amano　T. Konishi
(愛媛大学大学院理工学研究科　愛媛大学工学部情報工学科[1]　松山東雲女子大学[2])

1　はじめに

パターン認知は人間の持つ最も基本的な情報処理の機能であると考えることができる．

類似性判断や良さ判断のようなパターンに関する異質な認知判断を統一的に説明しようとする学説に変換構造説[1, 2]がある．天野・今井ら[3, 4]は，線形2値パターンを対象に，パターン刺激の変換構造と認知判断の数理を考察し，変換構造説の再定式化を行った．線形2値パターンに関しては，提案された数理モデルの妥当性もある程度は検証されている[5]．しかし，2値行列パターンに関する研究はまだ行なわれていない．

本研究では，変換構造説に基づくパターン認知の数理モデルを2値行列パターンの場合に拡張し，簡単な実験でその妥当性を検証する．ここでは類似性判断に記述を限定する．

パターン対のタイプ	変換構造	類似度
○●　○● ●○　●○	I	6.7
○●　●○ ●○　○●	D v P v R	5.0
○○　●○ ●○　○○	D v P	4.4
●●　●○ ○○　●○	D	4.0
○○　●● ●○　○●	R	4.5
○○　●○ ●○　●●	PR v RD	3.2
○●　○○ ●○　○○	E	1.7

図 1: パターン刺激対の変換構造と類似度の評定値

2　類似性判断の変換構造説

認知的変換と変換構造　認知課題，ここではパターン刺激対の類似性判断，に直接関係する変換を認知的変換と呼ぶ．線形2値パターンの場合には，認知的変換として，恒等変換群 I, 鏡映変換群 M, 位相変換群 P, 反転変換群 R の4種の変換群が重要であった．図1のような要素数が $n \times n$ 型の2値行列パターンの場合には，次の4種の変換群が重要であると考えることができる．

- 恒等変換群 $I = \{e\}$: e は恒等変換である．
- 4次の2面体群 $D = D_4 = \{e, c_1, c_2, c_3, m_v, m_h, m_{rl}, m_{lr}\}$: c_1, c_2, c_3 はそれぞれ 90°, 180°, 270° の反時計回りの回転変換で, m_v, m_h, m_{rl}, m_{lr} は垂直軸, 水平軸, 右上から左下への軸, 左上から右下への軸を対称軸とする鏡映変換である．
- 並進変換群 $P = P_h \times P_v = \{e, p_{h1}, ..., p_{hn-1}\} \times \{e, p_{v1}, ..., p_{vn-1}\}$: パターン刺激の要素の位相を列または行を単位として水平軸または垂直軸の方向にある要素数ずつ移動させる．はみ出した要素は他端に順次付け加える．
- 反転変換群 $R = \{e, r\}$: r は全ての要素の色を反転する．

これらの変換群は互いに可換で，積も変換群を構成する．変換群によるパターン対の相互変換可能性は同値関係である．このように，線形2値パターンの M, P, R に対して D, P, R を対応させることによって，$n \times n$ 型の2値行列パターンの場合への自然な拡張が可能である．

これらの認知的変換による相互変換可能性によってパターン刺激対の関係構造を定義し，これをパターン刺激間変換構造と呼ぶ．今，変換群 D, P, R

による相互変換可能性とは恒等変換 e 以外の要素による相互変換可能性のことであると定義する．このとき，個々のパターン刺激対の変換構造は，

恒等変換構造	I,
単一変換構造	D, P, R,
積変換構造	DP, PR, RD, DPR,
多重変換構造	D∨P, P∨R, R∨D, D∨P∨R, D∨PR, P∨RD, R∨DP, DP∨PR, PR∨RD, RD∨DP, DP∨PR∨RD,
空変換構造	E

のように20分類される．ただし，積変換群による相互変換可能性には因子の変換群では変換不可能であることが含意されている．恒等変換構造 I を持つパターン刺激対は同一で，類似度の尺度の上限を与える．

順序整合性の仮説と順序保存の仮説　以上のような変換構造の定義に基づき，類似度の順序を次のように予測する．

順序整合性の仮説

$$S(\mathrm{T}_i), S(\mathrm{T}_j) \leq S(\mathrm{T}_i \vee \mathrm{T}_j) \tag{1}$$

$$S(\mathrm{T}_i\mathrm{T}_k \vee \mathrm{T}_j\mathrm{T}_k) \leq S(\mathrm{T}_k) \tag{2}$$

順序保存の仮説

$$\begin{aligned} S(\mathrm{T}_i) \quad &\mathrm{R}_1 \quad S(\mathrm{T}_j) \\ S(\mathrm{T}_i \vee \mathrm{T}_k) \quad &\mathrm{R}_2 \quad S(\mathrm{T}_j \vee \mathrm{T}_k) \\ S(\mathrm{T}_i\mathrm{T}_k) \quad &\mathrm{R}_3 \quad S(\mathrm{T}_j\mathrm{T}_k) \end{aligned} \tag{3}$$

$\mathrm{T}_i, \mathrm{T}_j, \mathrm{T}_k$ は任意の変換構造で，$S(\mathrm{T})$ は変換構造 T を持つパターン刺激対の類似度である．$S(\mathrm{T}_i), S(\mathrm{T}_j), S(\mathrm{T}_k)$ の間の順序を予測することはできないが，順序関係 $\mathrm{R}_1, \mathrm{R}_2, \mathrm{R}_3$ は等しい．

以上の仮説から，20分類された変換構造を持つパターン刺激対の類似度の順序関係を図2のようなハッセ図で表現することができる．なお，アルファベットの小文字で記してある変換構造は 2×2 型のパターン刺激対では現れない構造である．

同様に，認知的変換に対するパターンの不変性によってパターン刺激内変換構造を定義し，良さ判断の変換構造説を構成することができる．

3　実験と考察

パターン刺激対46組を選び，1点から7点の7段階評定で，愛媛大学農学部1回生43名を被験者とした実験を行った．図2の括弧内の数値が評定値で，検証が可能な全ての変換構造について順序予測が支持されている．

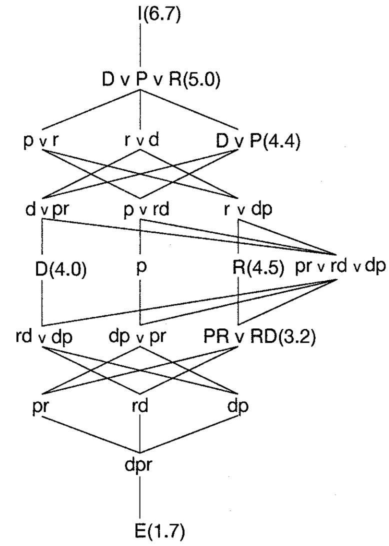

図 2: 2値行列パターンの類似度を予測するハッセ図 (括弧内は図1の評定値)

4　おわりに

変換構造説に基づく類似性判断と良さ判断の数理モデルを線形2値パターンから正方2値行列パターンへと拡張し，実験的にその妥当性を検証した．今後，要素数を増やした実験を行う予定である．

参考文献

[1] 今井四郎: パターン認知の変換構造説，日本心理学界心理学モノグラフ，No. 17，東京大学出版会，東京 (1986).

[2] Imai, S.: Fundamentals of cognitive judgments of pattern, Cognition, Information Processing, and Psychophysics: Basic Issues (edited by Geissler, H.-G., Link, S.W. and Townsend, J.T.), Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, pp. 225–265 (1992).

[3] 天野 要，白垣育久，久保田亮，村田健史: 変換構造説に基づくパターン認知の数理モデル，愛媛大学工学部紀要，Vol. 16, pp. 559–569 (1997).

[4] 今井四郎，天野 要: 変換と写像の概念に基づくパターン認知論，応用数理，Vol. 8, No. 1, pp. 30–45 (1998).

[5] 天野 要，芝田安裕，岡野 大，緒方秀教，小西敏雄，今井四郎: パターン認知の変換構造説，情報処理学会第61回全国大会，3V–02 (2000).