パターン情報処理における心理物理の数学的取り扱い

鈴木昇一・大槻善樹

A New Mathematical Treatment for Psycho-Physical Process in the Field of Pattern-Processing Technique

Shoichi SUZUKI and Zenju OTSUKI

There is very little investigation on the feature-extracting process of an input pattern by a pattern-information processing system that holds possession of a state of mind. All such systems are expected to extract a set of features from the input pattern depending on the psychological states in the possession of the systems. The paper is provided so as to allow the system to take such a psychological state in with the help of a new field operator in a quantum theory of information proposed by S. Suzuki. An introduction of a coherent psychological state and the field operator into the system permits the feature-extracting process to be a psycho-physical process occurred to the system. That is, it can be demonstrated that the set of features extracted from the input pattern can be described in terms of related psycho-physical quantities.

1. まえがき

我々がもの (*pattern*) を認識 (*recognition*) したり，連想 (*association*) したりするとき，脳はどういう働きをしているのであろうか．多くのすぐれた研究者が，この問題に取り組み，解明しようと努力してきた．そのメカニズムを基礎に論じない心理学の立場からも明快な説明が得られることさえ多くはないが，生化学の立場で神経の化学的変化を問題にすれば，その働きに結びつけて説明することは現状では全く至難の技とされている．

いずれにしても、脳内部での情報処理のメカニズム，カラクリを，その感覚的受容の過程から，認名，認識，理解，記憶，言語表現，推理，予測，連想などの高次の過程まで一貫して，情報の変換の流れを追って，実験的事実に基づいて詳細に説明できれば，高度な機

能を持ったパターン情報処理システムを構成する上において，大いに参考となることは指摘するまでもない．

本論文では，その前段階として，生化学ならびに生理的基盤でなしに，心理物理的に対象なる情報パターンφを処理するシステム(パターン情報処理システム）を構成するのに必要とされる基礎的な研究がなされている．

まず，情報の量子論[9]（*quantum theory of information*）を基に，パターン情報処理システム（*pattern_information processing system*）の外にある処理対象としてのパターンφが，システム内でどれ位精確に捕捉され得るかその限界を示す構造パターン(*structural pattern*) $\mathfrak{Z}(\varphi)$をまず，説明する．また，パターン情報処理システムが自己組織化された程度を反映した形式で，処理対象パターンφの構造を表示できる，φの構造モデル(*structural model*) $\mathfrak{Y}(\varphi)$も説明される．

．構造パターン$\mathfrak{Z}(\varphi)$は，2値量be(φ)の組$\vec{\mathrm{b}}(\varphi)=\{\mathrm{b}_l(\varphi);l\epsilon E\}$などを使い，$\varphi$を最良近似するパターンであり，$\varphi$から特徴量$\mathfrak{F}_l(\varphi)$の組$\vec{\mathfrak{F}}(\varphi)=\{\mathfrak{F}_l(\varphi);l\epsilon L\}$を抽出する以前の段階で構成され得るものである．しかしながら，φに対応して，システム内部に自己組織化的に確保・表現されるモデルである構造モデル$\mathfrak{Y}(\varphi)$は，少なくとも，特徴量の組$\vec{\mathfrak{F}}(\varphi)$が抽出された後始めて考えられ得るものである。

次に，前論文[1]と異なる場のoperator $\mathfrak{S}(\varphi)$が提唱され，コヒーレント心理状態[1](付録を参照)Θをもつパターン情報処理システムが対象φをどのように心理物理的に表象するかを示す心理物理場情報パターン$\tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta$が計算される．

その後，心理状態Θの下での，φの構造モデル$\mathfrak{Y}(\tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta)$が構成され得るために必要な特徴量の組$\vec{\mathfrak{F}}(\tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta)=\{\mathfrak{F}_l(\tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta):l\epsilon L\}$が求められる．

また，コヒーレント心理状態Θの下で，処理対象φから抽出される第$l\epsilon L$番目の心理物理量$f_l(\mathrm{H})(\varphi)_\Theta$を定義すると，$\mathfrak{F}_l(\tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta)$はこの心理物理量$f_l(\mathrm{H})(\varphi)_\Theta$の組で表現され得ることなども示される．

いずれにしても，コヒーレント心理状態Θ内には，振幅変調パラメータ列$\vec{\mathrm{m}}$ phase変調パラメータ列$\vec{\mathrm{b}}$が含まれているので，$\mathfrak{F}_l(\tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)(\varphi)_\Theta)$，$\mathfrak{Y}(\tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta)$
がどのように心理的に変調されているかが理解できるようになっだいる．　て

2．構造パターン(個々のパターンに関する最良近似モデル)

処理対象としての情報パターンφは内積，ノルムを各々，（ ， ），$\|\cdot\|=\sqrt{(\cdot,\cdot)}$とする可分な*Hilbert*空間$\mathfrak{H}$とする．ある一つの自己共役作用素Hを選び，Hの関数としての射影作用素$\theta_l(\mathrm{H})$の系

$$\vec{\theta}(\mathrm{H})=\{\theta_l(\mathrm{H});l\epsilon L\},\quad ここに$$

$$\theta_l(\mathrm{H})\fallingdotseq 0,\ \mathrm{I}\,(恒等作用素),\ \forall l$$

を導入する．$\theta_l(\mathrm{H})$が射影作用素であることから，

$$\theta_l(\mathrm{H})\cdot\theta_l(\mathrm{H})=\theta_l(\mathrm{H})\quad (巾等性)\quad(2.1)$$

$$(\theta_l(\mathrm{H})\varphi,\ \eta)=(\varphi,\ \theta_l(\mathrm{H})\eta),$$

$$\forall\varphi,\ \forall\eta\epsilon\mathfrak{H}\quad (対称性)\quad (2.2)$$

が成り立っている．また，$\theta_k(\mathrm{H})$，$\theta_l(\mathrm{H})$の間には，

$$\theta_k(\mathrm{H})\cdot\theta_l(\mathrm{H})=0\quad (k\fallingdotseq l)$$

$$(直交性)\quad (2.3)$$

$$\sum_{l\epsilon L}\theta_l(\mathrm{H})=\mathrm{I}\,(恒等作用素)$$

$$(単位\mathrm{I}の射影分解)\quad (2.4)$$

が成り立つように，各$\theta l(\mathrm{H})$が選ばれていると要請しておく。　θ_l

なお，Hのスペクトル系を$\sigma(\mathrm{H})$とすれば，

$$\mathrm{S}=\cup_{l\epsilon L}\mathrm{S}_l\subset\sigma(\mathrm{H}),\ \mathrm{S}_l\fallingdotseq\phi\,(空集合)$$

$$\mathrm{S}_k\cap\mathrm{S}_l=\phi\ (k\fallingdotseq l)$$

として，実変数λのBorel可測関数$\theta_l(\lambda)$を

$$\theta_l(\lambda)=1\quad if\quad \lambda\epsilon\mathrm{S}_l,\ =0\quad if\quad \lambda\notin\mathrm{S}_l$$

と選べば，4式（2．1）～（2．4）が成り立つ．

さて，処理対象なるパターン φ は，カテゴリ（類，クラス）の有限集合

$\mathfrak{C} = \{\mathfrak{C}_j ; j\epsilon J\}$

のいずれかの元に帰属しているとする．ここに，$\mathfrak{C}_j$ は第 $j\epsilon J$ 番目のカテゴリである．$\mathfrak{C}_j$ の生起確率を p_j とし，

$$0 < p_j, \ \sum_{j\epsilon J} p_j = 1 \qquad (2.5)$$

が成り立っているとする．$\mathfrak{C}_j$ のもつ諸性質を典型的に代表しているパターンを $\omega_j \epsilon \mathfrak{H}$ と選ぶ．この ω_j を $\mathfrak{C}_j$ の代表パターンという．このとき，ω_j のノルム規格化パターン $\omega_j \| \omega_j \|^{-1}$ に生起確率 p_j をかけ，$j\epsilon J$ に関して総和して得られるパターン

$$\xi \triangleq \sum_{j\epsilon J} p_j \cdot \omega_j \| \omega_j \|^{-1} \qquad (2.6)$$

を，カテゴリ集合 $\mathfrak{C}$ 上の平均化パターという．ξ は各カテゴリ $\mathfrak{C}_j$ の諸性質をその生起確立 p_j を重みとして，平均的に備えているパターンと考えられる．

本論に入ろう．$a_l = 0$ or 1 として，ベクトル $\vec{a} = \{a_l ; l\epsilon L\}$ を導入し，ノルム規格化パターン $\varphi \| \varphi \|^{-1}$，すなわち

$$\sum_{l\epsilon L} \theta_l(\mathrm{H}) \ \varphi \| \varphi \|^{-1} \qquad (2.7)$$

を，今一つのパターン

$$\sum_{l\epsilon L} a_l \cdot \theta_l(\mathrm{H}) \ \xi \| \xi \|^{-1} \qquad (2.8)$$

で，その差のノルム距離が極小となるように，各 a_l を決定した場合，このようなパターンを $\mathfrak{Z}(\varphi)$ と書き，φ の構造パターン（*structural pattern*）という．

この $\mathfrak{Z}(\varphi)$ は次の定理2．1で決定される．ここで，一変数 u の関数

$\mathrm{Y}(u) = 0 \quad if \quad u < 0, \ = 1 \quad if \quad u \geqq 0$

を導入しておく．

［定理2．1］（構造パターン定理）

$\vec{a} = \{a_l ; l\epsilon L\}$，$a_l = 0$ or 1 として

$$inf_{\vec{a}} \| \sum_{l\epsilon L} \theta_l(\mathrm{H}) \ \varphi \| \varphi \|^{-1} - \sum_{l\epsilon L} a_l \cdot \theta_l(\mathrm{H}) \ \xi \| \xi \|^{-1} \| = \| \sum_{l\epsilon L} \theta_l(\mathrm{H}) \ \varphi \| \varphi \|^{-1} - \mathfrak{Z}(\varphi) \| \qquad (2.9)$$

を満たすパターン（つまり，個々のパターン φ の構造に関する最良近似モデル）$\mathfrak{Z}(\varphi)$ は

$$\mathfrak{Z}(\varphi) = \sum_{l\epsilon L} b_l(\varphi) \cdot \theta_l(\mathrm{H}) \ \xi \| \xi \|^{-1} \qquad (2.10)$$

ここに，

$$b_l(\varphi) = 1 - \mathrm{Y}(\| \theta_l(\mathrm{H}) [\varphi \| \varphi \|^{-1} - \xi \| \xi \|^{-1}] \|^2 - \| \theta_l(\mathrm{H}) \ \varphi \| \varphi \|^{-1} \|^2) \qquad (2.11)$$

と与えられる．

（証明）　まず，

$$\begin{aligned}
&\| \sum_{l\epsilon L} \theta_l(\mathrm{H}) \ \varphi \| \varphi \|^{-1} - \sum_{l\epsilon L} a_l \cdot \theta_l(\mathrm{H}) \ \xi \| \xi \|^{-1} \|^2 \\
&= \| \sum_{l\epsilon L} \theta_l(\mathrm{H}) [\varphi \| \varphi \|^{-1} - a_l \xi \| \xi \|^{-1}] \|^2 \\
&= (\sum_{k\epsilon L} \theta_k(\mathrm{H}) [\varphi \| \varphi \|^{-1} - a_k \xi \| \xi \|^{-1}], \ \sum_{l\epsilon L} \theta_l(\mathrm{H}) [\varphi \| \varphi \|^{-1} - a_l \xi \| \xi \|^{-1}]) \\
&= \sum_{k\epsilon L} \sum_{l\epsilon L} (\theta_k(\mathrm{H}) [\varphi \| \varphi \|^{-1} - a_k \xi \| \xi \|^{-1}], \ \theta_l(\mathrm{H}) [\varphi \| \varphi \|^{-1} - a_l \xi \| \xi \|^{-1}])
\end{aligned}$$

であるが，ここで，2式（2．2），（2．3）を適用すれば，

$$= \sum_{l\epsilon L} \| \theta_l(\mathrm{H}) [\varphi \| \varphi \|^{-1} - a_l \xi \| \xi \|^{-1}] \|^2$$

と変形される．よって，

$$\mathrm{norm}(a_l) \triangleq \| \theta_l(\mathrm{H}) [\varphi \| \varphi \|^{-1} - a_l \cdot \xi \| \xi \|^{-1}] \|$$

とおけば，

$$b_l(\varphi) = \begin{cases} 0 & if \ norm(0)^2 \leqq norm(1)^2 \\ 1 & if \ norm(0)^2 > norm(1)^2 \end{cases}$$

と与えられることがわかる．上式を書き直したものが式（2．11）である．　　（証終）

構造パターン $\mathfrak{Z}(\varphi)$ は，処理対象 $\sum_{l\epsilon L} \theta_l(\mathrm{H}) \ \varphi \| \varphi \|^{-1}$ を近似するパターン

$\sum_{l\epsilon L} a_l \cdot \theta_l(\mathrm{H}) \ \xi \| \xi \|^{-1} \ (a_l = 0 \text{ or } 1)$

の内で，最良のものであることに，注意しておく．

3．構造モデル(適応モデル)

自己共役作用素 H の関数 $f(\mathrm{H})$ を導入する．$f(\mathrm{H})$ は正値自己共役作用素であるように，実変数 λ の Borel 可測関数 $f(\lambda)$ を選ぶ．具体的には，H のスペクトル系を $\sigma(\mathrm{H})$ として，

$f(\lambda) \geqq 0, \ \forall \lambda \epsilon \sigma(\mathrm{H})$

が成り立つように選べばよい．次に，$f_l(\mathrm{H})$ を

$f_l(\mathrm{H}) \triangleq f(\mathrm{H}) \cdot \theta_l(\mathrm{H})$

と定義しよう．

一般に，加法的作用素 A の定義域 $\mathfrak{D}(\mathrm{A})$ は，

$\mathfrak{D}(\mathrm{A}) \triangleq \{\eta; \| f(\mathrm{H})\ \eta\| < +\infty,\ \eta \epsilon \mathfrak{H}\}$

であるとされ，$f(\mathrm{H})$ は $\theta_l(\mathrm{H})$ と可換なので*

$\varphi \epsilon \mathfrak{D}(f(\mathrm{H}))$ ならば，$\theta_l(\mathrm{H})\varphi \epsilon \mathfrak{D}(f(\mathrm{H}))$

かつ $f(\mathrm{H})\,\theta_l(\mathrm{H})\varphi = \theta_l(\mathrm{H})\,f(\mathrm{H})\,\theta_l(\mathrm{H})\varphi = \theta_l(\mathrm{H})f(\mathrm{H})\varphi$

が成り立つ．よって，

$f(\mathrm{H})\varphi = \sum_{l \epsilon L} f_l(\mathrm{H})\varphi$

を使えば，$\varphi \epsilon \mathfrak{D}(f(\mathrm{H}))$ であれば，

$\| f(\mathrm{H})\varphi \|^2$

$= (f(\mathrm{H})\varphi,\ f(\mathrm{H})\varphi)$

$= \sum_{k \epsilon L} \sum_{l \epsilon L} (f_k(\mathrm{H})\varphi,\ f_l(\mathrm{H})\varphi)$

$= \sum_{k \epsilon L} \sum_{l \epsilon L} (\theta_k(\mathrm{H})f(\mathrm{H})\varphi,\ \theta_l(\mathrm{H})f(\mathrm{H})\varphi)$

であるが，2式(2．2)，(2．3)から

$= \sum_{l \epsilon L} (\theta_l(\mathrm{H})f(\mathrm{H})\varphi,\ \theta_l(\mathrm{H})f(\mathrm{H})\varphi)$

$= \sum_{l \epsilon L} \| f_l(\mathrm{H})\,\varphi \|^2 < +\infty$

を得る．いいかえれば，

$\varphi \epsilon \mathfrak{D}(f(\mathrm{H})) \rightarrow \| f(\mathrm{H})\,\varphi \|^2$

$= \sum_{l \epsilon L} \| f_l(\mathrm{H})\,\varphi \|^2 < +\infty$

$\rightarrow \varphi \epsilon \mathfrak{D}(f_l(\mathrm{H})),\ \forall l \epsilon L$

がいえる．また，各 $f_l(\mathrm{H})$ も正値自己共役作用素である．

正値自己共役作用素 $f_l(\mathrm{H})$ の集まり

$\vec{f}(\mathrm{H}) = \{ f_l(\mathrm{H});\ l \epsilon L \}$

を空間回路の組というが，第 $l \epsilon L$ 番目の空間回路 $f_l(\mathrm{H})$ を用いて，φ から抽出される特徴量とは，

$\mathfrak{F}_l(\varphi) \triangleq (f_l(\mathrm{H})\,\varphi \| \varphi \|^{-1},\ \varphi \| \varphi \|^{-1})$

のことであるとされる．$\mathfrak{F}_l(\varphi)$ はノルム規格化入力パターン $\varphi \| \varphi \|^{-1}$ と，空間回路 $f_l(\mathrm{H})$ からのその出力パターン $f_l(\mathrm{H})\,\varphi \| \varphi \|^{-1}$ との内積であるとされている．

U を H と可換なウニタリ作用素(座標変換に相当)とすれば，$f_l(\mathrm{H})$ は U と可変であるから，

$\varphi \epsilon \mathfrak{D}(f_l(\mathrm{H})) \rightarrow \mathrm{U}\varphi \epsilon \mathfrak{D}(f_l(\mathrm{H}))$ かつ $f_l(\mathrm{H})\mathrm{U}\varphi = \mathrm{U} f_l(\mathrm{H})\varphi$

が成り立ち，

$\varphi \epsilon \mathfrak{D}(f_l(\mathrm{H})) \rightarrow \mathfrak{F}_l(\mathrm{U}\varphi) = (f_l(\mathrm{H})\,\mathrm{U}\varphi \| \mathrm{U}\varphi \|^{-1},\ \mathrm{U}\varphi \| \mathrm{U}\varphi \|^{-1})$

$= (\mathrm{U} f_l(\mathrm{H})\,\varphi \| \varphi \|^{-1},\ \mathrm{U}\varphi \| \varphi \|^{-1})$

$= (f_l(\mathrm{H})\,\varphi \| \varphi \|^{-1},\ \varphi \| \varphi \|^{-1})$

$= \mathfrak{F}_l(\varphi)$

が成り立つ．いいかえれば，H と可換なウニタリ作用素Uによる変換を受けたパターン $\eta = \mathrm{U}\varphi$ は，もとのパターン φ と同じ特徴量を持っている：

$$\mathfrak{F}_l(\mathrm{U}\varphi) = \mathfrak{F}_l(\varphi),\ \forall \varphi \epsilon \mathfrak{D}(f(\mathrm{H}))。 \tag{3．1}$$

さて，$\mathfrak{C}_j$ の代表パターン ω_j は $\omega_j \epsilon \mathfrak{D}(f(\mathrm{H}))$ であるとすれば，カテゴリ集合 $\mathfrak{C}$ 上の平均化パターン ξ に対し，

$$\xi \epsilon \mathfrak{D}(f(\mathrm{H})) \tag{3．2}$$

も得る．ξ に対しては，条件

$$\theta_l(\mathrm{H})\ \xi \neq 0,\ \forall l \epsilon L \tag{3．3}$$

の成立も要請しておく．

今，

$$0 < \mathrm{e}_l \leqq \mathfrak{F}_l(\xi \| \xi \|^{-1}) \tag{3．4}$$

を満たす正実数 e_l を選んでおく．

$\mathrm{X}_l(\varphi) \triangleq \mathrm{Y}(\mathfrak{F}_l(\varphi) - \mathrm{e}_l)$

を，$f_l(\mathrm{H})$ と e_l とを用いて，φ から抽出される第 $l \epsilon L$ 番目の2値化特徴量という。

$\vec{\mathfrak{F}}(\varphi) = \{ \mathfrak{F}_l(\varphi);\ l \epsilon L \}$

$\vec{\mathrm{X}}(\varphi) = \{ \mathrm{X}_l(\varphi);\ l \epsilon L \}$

を各々，φ から抽出された特徴量の組，2値化特徴量の組という．$\vec{\mathfrak{F}}(\varphi)$，$\vec{\mathrm{X}}(\varphi)$ は，式(3．1)の意味するところにより，不変量である．

閾値 e_l の組と呼ばれる $\vec{\mathrm{e}} = \{\mathrm{e}_l;\ l \epsilon L\}$ は，同じカテゴリ $\mathfrak{C}_j$ に帰属するパターン φ に対し，可能な限り

$\mathrm{b}_l(\omega_j) = \mathrm{X}_l(\varphi),\ \forall l \epsilon L\quad l \epsilon L$

となるように，各 $\mathfrak{C}_j$ にわたって自己組織化

---

* 必らずしも有界でない加法的作用素Aが有界加法的作用素Bと可換であるとは，
$\varphi \epsilon \mathfrak{D}(\mathrm{A})$ ならば，$\mathrm{B}\varphi \epsilon \mathfrak{D}(\mathrm{A})$ かつ $\mathrm{AB}\varphi = \mathrm{BA}\varphi$
が成り立つことを意味する．

(適応化)することによって得られる.

このとき，次の2定理3．1，3．2が成り立つ.

〔定理3．1〕　条件式(3．2)の下で，各a_lを複素数として，パターン

$\eta = \sum_{l \in L} a_l \cdot \theta_l(H)\xi \| \xi \|^{-1}$

に関し，等式

$\| f(H)\eta \|^2$

$= \sum_{l \in L} | a_l |^2 \cdot \| f(H)\theta_l(H)\xi \| \xi \|^{-1} \|^2$

が成り立ち，よって，

$\sup_{l \in L} | a_l |^2 < +\infty$ であれば，

$\| f(H)\eta \|^2$

$\leqq [\sup_{l \in L} | a_l |^2] \cdot \| f(H)\xi \| \xi \|^{-1} \|^2$

$< +\infty$

がいえ，結局

$\eta \in \mathfrak{D}(f(H))$.

〔定理3．2〕(構造モデル定理)

$X_l(\mathfrak{Y}(\varphi)) = X_l(\varphi),\ \forall l \in L,\ \forall \varphi \in \mathfrak{D}(f(H))$

を満たすパターン　$\mathfrak{Y}(\varphi)$を3条件式(3．2)，(3．3)，(3．4)の下で，

$\sum_{l \in L} a_l \cdot \theta_l(H)\xi \| \xi \|^{-1} \in \mathfrak{D}(f(H))$，ここに

$a_l = 0$ or 1　の形式で求めると

$\mathfrak{Y}(\varphi) = \sum_{l \in L} X_l(\varphi) \cdot \theta_l(H)\xi \| \xi \|^{-1}$

$\in \mathfrak{D}(f(H))$

である.　　　　　　　　　(定理3．2終)

定理3．2での$\mathfrak{Y}(\varphi)$をφの構造モデル(*structural model*)という．閾値の組$\vec{e}$に関し適応(自己組織化)の効果が取り入れられ，しかも$\vec{X}(\mathfrak{Y}(\varphi)) = \vec{X}(\varphi)$

が成立するという意味で，

処理対象パターンφと同じ2値化特徴量の組　$\vec{X}(\varphi)$　をもつパターンηの集合に関する適応モデル

が　$\mathfrak{Y}(\varphi)$　であると考えられる.

処理対象φと，φの構造パターン$\mathfrak{Z}(\varphi)$，構造モデル$\mathfrak{Y}(\varphi)$との間の近似の良好性を指摘する次の定理3．3は定理2．1から明らかである.

〔定理3．3〕(構造近似定理)

$\vec{a} = \{ a_l ; l \in L \}$ ($a_l = 0$ or 1)とすれば，

$\inf_{\vec{a}} \| \sum_{l \in L} \theta_l(H)\varphi \| \varphi \|^{-1} - \sum_{l \in L} a_l \cdot \theta_l(H)\xi \| \xi \|^{-1} \|$

$= \| \sum_{l \in L} \theta_l(H)\varphi \| \varphi \|^{-1} - \mathfrak{Z}(\varphi) \|$

$\leqq \| \sum_{l \in L} \theta_l(H)\varphi \| \varphi \|^{-1} - \mathfrak{Y}(\varphi) \|$

$\forall \varphi \in \mathfrak{D}(f(H))$.　　　　(定理3．3終)

4．場のoperatorとコヒーレント心理状態*

処理対象パターン　$\varphi \in \mathfrak{D} \subset \mathfrak{H}$　の構造パターン　$\mathfrak{Z}(\varphi)$　に対しては，定理3．1より

$\mathfrak{Z}(\varphi) \in \mathfrak{D}$

である．この$\mathfrak{Z}(\varphi) \in \mathfrak{D}$に対応して，Fock 空間$\mathfrak{H}^{(F)}$での場のoperator (*field operator*)

$$\mathfrak{S}(\varphi) \triangleq \sum_{l \in L} b_l(\varphi) \cdot \theta_l(H)\xi \| \xi \|^{-1} \cdot A_l \qquad (4．1)$$

を導入する.**

この$\mathfrak{S}(\varphi)$は，処理対象パターンの，心理物理情報場でのoperator (による) 表現と考えられ，$\mathfrak{S}(\varphi)$を$\mathfrak{H}$の元とみるときは消滅作用素 (*destruction operator*) と呼ばれる各A_lは定数とみなされ，また，$\mathfrak{S}(\varphi)$を$\mathfrak{H}^{(F)}$での作用素 (*operator*) とみているときは各$b_l(\varphi) \cdot \theta_l(H)\xi \| \xi \|^{-1}$は定数とみなされる.

場のoperator $\mathfrak{S}(\varphi)$の，非負パラメータ列$\{ m_l \}_{l \in L}$と実数パラメータ列$\{ b_l \}_{l \in L}$をもつコヒーレント心理状態(付録を参照)

$\Theta \in \mathfrak{H}^{(F)}$

の下での期待値(operator $\mathfrak{S}(\varphi)$を用いて，状態Θから抽出される特徴量)

$$\tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta \triangleq \langle \mathfrak{S}(\varphi)\Theta,\ \Theta \rangle / \langle \Theta,\ \Theta \rangle \qquad (4．2)$$

を計算すれば，

$\tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta \triangleq \sum_{l \in L} b_l(\varphi) \cdot \theta_l(H)\xi \| \xi \|^{-1} \cdot \langle A_l\Theta,\ \Theta \rangle / \langle \Theta,\ \Theta \rangle$

が得られる．ここに，$\langle \cdot\ ,\ \cdot \rangle$は$\mathfrak{H}^{(F)}$での内積である.

処理対象パターンφの心理物理場情報パターン (*information pattern on a psycho-physical*

*　以後，$\mathfrak{D}(f(H))$を簡単に$\mathfrak{D}$と書く。

**　Fock 空間$\mathfrak{H}^{(F)}$その他については付録を参照.

field）と呼ばれる，この$\widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta$は具体的には，公式

$$A_l\Theta = \sqrt{m_l}\, e^{+ib_l}\Theta,\quad <\Theta,\ \Theta> = 1 \qquad (4.\ 3)$$

を適用して，計算すれば，

$$\widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta = \sum_{l\in L} b_l(\varphi)\cdot\sqrt{m_l}\, e^{+ib_l}\cdot\theta_l(H)\,\xi\|\xi\|^{-1} \qquad (4.\ 4)$$

を得て，φの構造パターン　$\mathfrak{Z}(\varphi)$　の各素波動　$b_l(\varphi)\cdot\theta_l(H)\xi\|\xi\|^{-1}$において，各振幅が$\sqrt{m_l}$倍され，各phaseが$b_l$だけ進んだ波動になっていることが知れる．

なお，定理3．1を適用すれば，次の事実の成立もわかる．

〔定理4．1〕（心理物理場情報パターンをもたらす写像$\widetilde{\mathfrak{S}}(\cdot)_\Theta$の値域定理）

$\sup_{l\in L} m_l < +\infty$　であれば

$\varphi\in\mathfrak{H} \rightarrow \widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta \in\mathfrak{D}$.

5．心理物理場情報パターンから抽出される特徴量

以後，正値自己共役作用素（自己共役作用素Hの関数）　$f(H)$　を

$$f(H) = \sum_{l\in L}\nu_l\cdot\theta_l(H) \quad (\nu_l \geqq 0,\ \forall l\in L)$$

と選んで，コヒーレント心理状態Θの下でのパターンφの表現である式（4．4）

$$\widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta = \sum_{l\in L} b_l(\varphi)\cdot\sqrt{m_l}\cdot e^{+ib_l}\cdot\theta_l(H)\,\xi\|\xi\|^{-1}$$

から抽出される，第$l\in L$番目の特徴量

$$\mathfrak{F}_l(\widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta)$$

を計算してみよう．

まず，2式（2．1），（2．3）から

$$f_l(H) = f(H)\cdot\theta_l(H) = \nu_l\cdot\theta_l(H) \qquad (5.\ 1)$$

がわかる．式（2．4）も適用して，

$$\mathfrak{F}(\varphi) = (f_l(H)\varphi,\ \varphi)/(\varphi,\ \varphi)$$
$$= \nu_l(\theta_l(H)\varphi,\ \varphi)/\sum_{k\in L}(\theta_k(H)\varphi,\ \varphi)$$

となるが，2式（2．1），（2．2）を適用して，

$$(\theta_l(H)\varphi,\ \varphi) = (\theta_l(H)\cdot\theta_l(H)\varphi,\ \varphi)$$
$$= (\theta_l(H)\varphi,\ \theta_l(H)\varphi)$$
$$= \|\theta_l(H)\varphi\|^2,\quad \forall l\in L$$

が得られるので，結局

$$\mathfrak{F}_l(\varphi) = \nu_l\cdot\|\theta_l(H)\varphi\|^2 / \sum_{k\in L}\|\theta_k(H)\varphi\|^2,\quad \forall\varphi\in\mathfrak{D},\ \forall l\in L \qquad (5.\ 2)$$

と表わされる．

〔定理5．1〕（コヒーレント心理物理場情報パターンから抽出される特徴量）

$\sup_{l\in L} m_l < +\infty$　であれば，

$$\mathfrak{F}_l(\widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta)$$
$$= b_l(\varphi)\cdot m_l\cdot\mathfrak{F}_l(\xi\|\xi\|^{-1})$$
$$/\sum_{k\in L}(1/\nu_k)\cdot b_k(\varphi)\cdot m_k\cdot\mathfrak{F}_k(\xi\|\xi\|^{-1}),\quad \forall\varphi\in\mathfrak{D},\ \forall l\in L. \qquad (5.\ 3)$$

（証明）　式（4．4）に作用素$\theta_l(H)$を施こし，2式（2．1），（2．3）を適用すれば，

$$\theta_l(H)\cdot\widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta$$
$$= b_l(\varphi)\cdot\sqrt{m_l}\, e^{+ib_l}\cdot\theta_l(H)\,\xi\|\xi\|^{-1},\quad l\in L$$

を得る．よって，式（5．1），式（2．1），式（2．2）を適用して，

$$(f_l(H)\widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta,\ \widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta)$$
$$= \nu_l(\theta_l(H)\widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta,\ \widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta)$$
$$= \nu_l(\theta_l(H)\widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta,\ \theta_l(H)\widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta)$$
$$= \nu_l\cdot b_l(\varphi)\, m_l(\theta_l(H)\xi\|\xi\|^{-1},\ \xi\|\xi\|^{-1})$$
$$= b_l(\varphi)\, m_l(\nu_l\cdot\theta_l(H)\xi\|\xi\|^{-1},\ \xi\|\xi\|^{-1})$$
$$= b_l(\varphi)\cdot m_l\cdot\mathfrak{F}_l(\xi)$$
$$= b_l(\varphi)\cdot m_l\cdot\mathfrak{F}_l(\xi\|\xi\|^{-1}) \quad (*1)$$

が得られる．また，

$$(\widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta,\ \widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta)$$
$$= \sum_{k\in L}(\theta_k(H)\widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta,\ \widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta)$$
$$= \sum_{k\in L}(\theta_k(H)\widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta,\ \theta_k(H)\widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta)$$
$$= \sum_{k\in L} b_k(\varphi)\cdot m_k(\theta_k(H)\xi\|\xi\|^{-1},\ \xi\|\xi\|^{-1})$$
$$= \sum_{k\in L} b_k(\varphi)\cdot m_k\cdot(1/\nu_k)\,(\nu_k\cdot\theta_k(H)\xi\|\xi\|^{-1},\ \xi\|\xi\|^{-1})$$
$$= \sum_{k\in L} b_k(\varphi)\cdot m_k\cdot(1/\nu_k)\cdot\mathfrak{F}_k(\xi)$$
$$= \sum_{k\in L} b_k(\varphi)\, m_k(1/\nu_k)\,\mathfrak{F}_k(\xi\|\xi\|^{-1}) \qquad (*2)$$

も得られる．故に，式（$*1$），式（$*2$）を代入すれば，所要の表現

$$\mathfrak{F}_l(\widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta)$$
$$= (f_l(H)\widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta,\ \widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta)/(\widetilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta,$$

$\tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta$
$= b_l(\varphi)\cdot m_l\cdot \mathfrak{F}_l(\xi\|\xi\|^{-1})$
$/\sum_{k\in L}(1/\nu_k)\cdot b_k(\varphi)\cdot m_k\cdot\mathfrak{F}_k(\xi\|\xi\|^{-1})$
が得られる．（証終）

さて，処理対象パターン φ に対応する構造モデル

$$\mathfrak{Y}(\varphi)=\sum_{l\in L}Y(\mathfrak{F}_l(\varphi)-e_l)\cdot\theta_l(H)\,\xi\|\xi\|^{-1} \qquad (5.4)$$

は，式（5．2）を代入すると具体的に求められるが，この構造モデル $\mathfrak{Y}(\varphi)$ に対応して，コヒーレント心理状態Θをもつパターン情報処理システムにおいては，φ に対応して，その構造モデル

$$\mathfrak{Y}(\tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta)=\sum_{l\in L}Y(\mathfrak{F}_l(\tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta)-e_l)\cdot\theta_l(H)\,\xi\|\xi\|^{-1} \qquad (5.5)$$

が確保される．この構造モデル $\mathfrak{Y}(\tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta)$は，式（5．3）より具体的に計算され得るものである．

$$\varphi\to\mathfrak{F}_l(\varphi),\ l\in L\to\mathfrak{Y}(\varphi) \qquad (5.6)$$

という情報処理過程が，コヒーレント心理状態Θをもつパターン情報処理システムにおいては，

$$\varphi\to\mathfrak{Z}(\varphi)\to\tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta \to\mathfrak{F}_l(\tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta) \to\mathfrak{Y}(\tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta) \qquad (5.7)$$

に置き換えられるとみてよいのである．

6．コヒーレント心理状態の下で抽出される心理物理量

パターン情報処理システムが式（5．6）のごとく，パターン φ を処理する場合，

$\vec{\mathfrak{F}}(\varphi)=\{\mathfrak{F}_l(\varphi);l\in L\}$

は，パターン φ から，

$\vec{f}(H)=\{f_l(H);l\in L\}$

を用いて抽出される特徴量であり，これはパターン情報処理システムがいかなる心理状態にあるかどうかに無関係な量であり，単なる"物理量（*physical quantity*）"であると考えられる．

今，コヒーレント心理状態Θを持つパターン情報処理システムがパターン φ を式(5・7)のごとく処理する場合を考えよう．

このとき

$$\hat{f_l}(H)(\varphi)\triangleq(f_l(H)\mathfrak{S}(\varphi),\ \mathfrak{S}(\varphi)) \qquad (6.1)$$

は，φ から抽出される，第 $l\in L$ 番目の心理物理量（*psycho-physical quantity*）の operator 表現し（$f_l(H)$を用いて，$\mathfrak{S}(\varphi)$ から抽出される，第 $l\in L$ 番目の特徴量の operator 表現）と呼ばれる．そして，この作用素 $\hat{f_l}(H)(\varphi)$ を，コヒーレント心理状態Θに関し期待値をとって得られる量

$$\tilde{f_l}(H)(\varphi)_\Theta\triangleq<\hat{f_l}(H)(\varphi)\Theta,\ \Theta>/<\Theta,\ \Theta\ \Theta> \qquad (6.2)$$

を，コヒーレント心理状態Θの下で得られる，パターン φ の，第 $l\in L$ 番目の心理物理量（$\hat{f_l}(H)(\varphi)$ を用いて，Θから抽出して得られる特徴量）という．

A_l^+ は消滅作用素（*destruction operator*）A_l の共役作用素であり，生成作用素（*creation operator*）と呼ばれているものであるが，$\mathfrak{H}^{(F)}$ 上の作用素

$$N_l\triangleq A_l^+\cdot A_l \qquad (6.3)$$

は，固有値として，非負整数 $n_l(=0,1,2,\cdots)$ を持ち，固有値方程式

$$N_l\cdot\Psi_{\vec{n}}=n_l\cdot\Psi_{\vec{n}} \qquad (6.4)$$

を満たし，個数 operator（*number operator*）と呼ばれている．

以上の準備の下で，式（6．1），式（6．2）を具体的に計算すれば，次の定理 6．1 のようになる．

〔定理6．1〕（心理物理量の表現定理）

(i) $\hat{f_l}(H)(\varphi)=b_l(\varphi)\cdot\mathfrak{F}_l(\xi\|\xi\|^{-1})(N_l+1),\ \forall l\in L,\ \forall\varphi\in\mathfrak{D}$

(ii) $\tilde{f_l}(H)(\varphi)_\Theta=b_l(\varphi)\cdot\mathfrak{F}_l(\xi\|\xi\|^{-1})(m_l+1),\ \forall l\in L,\ \forall\varphi\in\mathfrak{D}$

（証明）　式（4．1）の $\mathfrak{S}(\varphi)$ に射影作用素 $\theta_l(H)$ を施こすと，式（2．1），式（2．3）を適用すれば，

$\theta_l(\mathrm{H})\mathfrak{S}(\varphi)=\mathrm{b}_l(\varphi)\cdot\theta_l(\mathrm{H})\xi\|\xi\|^{-1}\cdot\mathrm{A}_l,$
$l\epsilon L$

が成り立つ．よって，式（5．1），式（2．1），式（2．2）を使って，

$$
\begin{aligned}
&\widehat{f_l}(\mathrm{H})(\varphi)\\
&=(f_l(\mathrm{H})\mathfrak{S}(\varphi),\ \mathfrak{S}(\varphi))\\
&=\nu_l\cdot(\theta_l(\mathrm{H})\mathfrak{S}(\varphi),\ \mathfrak{S}(\varphi))\\
&=\nu_l\cdot(\theta_l(\mathrm{H})\mathfrak{S}(\varphi),\ \theta_l(\mathrm{H})\mathfrak{S}(\varphi))\\
&=\nu_l\cdot\mathrm{b}_l(\varphi)(\theta_l(\mathrm{H})\xi\|\xi\|^{-1}\mathrm{A}_l,\ \theta_l(\mathrm{H})\mathfrak{S}(\varphi))\\
&=\nu_l\cdot\mathrm{b}_l(\varphi)(\theta_l(\mathrm{H})\xi\|\xi\|^{-1}\mathrm{A}_l,\ \theta_l(\mathrm{H})\xi\|\xi\|^{-1}\mathrm{A}_l)
\end{aligned}
$$

と変形されるが，

$(\varphi\mathrm{A}_k,\ \eta\mathrm{A}_l)=(\varphi,\ \eta)\mathrm{A}_k\mathrm{A}_l^{+},\ \forall\varphi,\ \forall\eta\epsilon\mathfrak{H}$

を適用すれば，

$$
\begin{aligned}
&\widehat{f_l}(\mathrm{H})(\varphi)\\
&=\nu_l\cdot\mathrm{b}_l(\varphi)(\theta_l(\mathrm{H})\xi\|\xi\|^{-1},\ \xi\|\xi\|^{-1})\mathrm{A}_l\mathrm{A}_l^{+}\\
&=\mathrm{b}_l(\varphi)(\nu_l\cdot\theta_l(\mathrm{H})\xi\|\xi\|^{-1},\ \xi\|\xi\|^{-1})\mathrm{A}_l\mathrm{A}_l^{+}\\
&=\mathrm{b}_l(\varphi)\cdot\mathfrak{F}_l(\xi)\cdot\mathrm{A}_l\mathrm{A}_l^{+}\\
&=\mathrm{b}_l(\varphi)\cdot\mathfrak{F}_l(\xi\|\xi\|^{-1})\cdot\mathrm{A}_l\mathrm{A}_l^{+}
\end{aligned}
$$

が得られる．ここで，付録の式（A．4），式（A．8）より

$\mathrm{A}_l\mathrm{A}_l^{+}+1=\mathrm{A}_l^{+}\mathrm{A}_l+1=\mathrm{N}_l+1$

が成り立つから，これを上式に代入すれば，

$$
\begin{aligned}
&\widehat{f_l}(\mathrm{H})(\varphi)\\
&=\mathrm{b}_l(\varphi)\cdot\mathfrak{F}_l(\xi\|\xi\|^{-1})(\mathrm{N}_l+1)
\end{aligned}
$$

を得て，(i)が示された．

(ii)を示そう．まず，

$$
\begin{aligned}
&<\mathrm{N}_l\Theta,\ \Theta>/<\Theta,\ \Theta>\\
&=<\mathrm{A}_l^{+}\mathrm{A}_l\Theta,\ \Theta>/<\Theta,\ \Theta>\\
&=<\mathrm{A}_l\Theta,\ \mathrm{A}_l\Theta>/<\Theta,\ \Theta>
\end{aligned}
$$

であるが，式（4．3）を上式に代入すれば

$$
\begin{aligned}
&<\mathrm{N}_l\Theta,\ \Theta>/<\Theta,\ \Theta>\\
&=\mathrm{m}_l,\ \forall l\epsilon L
\end{aligned}
$$

を得る．よって，式(i)にこれを代入して，

$$
\begin{aligned}
&\widetilde{f_l}(\mathrm{H})(\varphi)_\Theta\\
&=<\widehat{f_l}(\mathrm{H})(\varphi)\Theta,\ \Theta>/<\Theta,\ \Theta>\\
&=\mathrm{b}_l(\varphi)\cdot\mathfrak{F}_l(\xi\|\xi\|^{-1})<(\mathrm{N}_l+1)\Theta,\ \Theta>/<\Theta,\ \Theta>\\
&=\mathrm{b}_l(\varphi)\cdot\mathfrak{F}_l(\xi\|\xi\|^{-1})\cdot(\mathrm{m}_l+1),\ \forall l\epsilon L
\end{aligned}
$$

が得られた．（証終）

さて，定理6．1の(ii)より，

$$
\begin{aligned}
&\widetilde{f_l}(\mathrm{H})(\varphi)_\Theta-\mathrm{b}_l(\varphi)\cdot\mathfrak{F}_l(\xi\|\xi\|^{-1})\\
&=\mathrm{b}_l(\varphi)\cdot\mathrm{m}_l\cdot\mathfrak{F}_l(\xi\|\xi\|^{-1}),\ \forall l\epsilon L
\end{aligned}
\tag{6．5}
$$

が得られ，これを定理5．1の公式に代入すれば，

$\sup_{l\epsilon L}\mathrm{m}_l<+\infty$　であれば，

$$
\begin{aligned}
&\mathfrak{F}_l(\tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta)\\
&=[\widetilde{f_l}(\mathrm{H})(\varphi)_\Theta-\mathrm{b}_l(\varphi)\cdot\mathfrak{F}_l(\xi\|\xi\|^{-1})]\\
&\quad/\textstyle\sum_{k\epsilon L}(1/\nu_k)[\widetilde{f_k}(\mathrm{H})(\varphi)_\Theta-\mathrm{b}_k(\varphi)\cdot\mathfrak{F}_k(\xi\|\xi\|^{-1})],\ \forall l\epsilon L,\ \forall\varphi\epsilon\mathfrak{D}
\end{aligned}
\tag{6．6}
$$

を得て，コヒーレント心理状態Θの下で心理物理場情報パターン$\tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta$から抽出される特徴量　$\mathfrak{F}_l(\tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta)$　は，コヒーレント心理状態Θの下で処理対象パターンφから抽出される心理物理量　$\widetilde{f_k}(\mathrm{H})(\varphi)_\Theta$　の組

$\widetilde{f_k}(\mathrm{H})(\varphi)_\Theta,\ k\epsilon L$

で表現され得ることがわかる．これが本論文での主要な結論の一つである．

なお，定理6．1のii，および式(6．5)，式（6．6）内の

$\mathrm{b}_l(\varphi)\cdot\mathfrak{F}_l(\xi\|\xi\|^{-1})$

は，心理物理量　$\widetilde{f_l}(\mathrm{H})(\varphi)_\Theta$の零点心理物理量（*zero-point physical quantity*）と呼ばれてよいだろう．式（6．6）の$\mathfrak{F}_l(\tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta)$内では，零点心理物理量を必らず差し引いたものが使われていることに注意しておこう．

7．む　す　び

我々の脳が現実を分析するときは，そのモデルを構築し，このモデルを基盤として分析せざるを得ないことは確かである．現実の模型（モデル）をつくり，分析しようという明白な意思の下に行なわれる，意識的な「モデル（による）思考」が，コヒーレント心理状態Θの下での，パターンφの情報処理過程

$$\varphi \rightarrow \mathfrak{Z}(\varphi) \rightarrow \mathfrak{F}_l(\mathfrak{Z}(\varphi)),\ l\epsilon L \rightarrow \mathfrak{Y}(\mathfrak{Z}(\varphi)) \rightarrow \tilde{\mathfrak{S}}(\mathfrak{Y}(\mathfrak{Z}(\varphi)))_\Theta \rightarrow \mathfrak{F}_l(\tilde{\mathfrak{S}}(\mathfrak{Y}(\mathfrak{Z}(\varphi)))_\Theta),\ l\epsilon L \rightarrow \mathfrak{Y}(\tilde{\mathfrak{S}}(\mathfrak{Y}(\mathfrak{Z}(\varphi)))_\Theta) \qquad (7.\ 1)$$

であると考えられるのである。

本論文では，式（5．7）で示される「パターン情報処理における心理物理過程」を構成するために，心理物理量 $\tilde{f}_l(\mathrm{H})(\varphi)_\Theta$ の組を介して，式（6．6）のごとく，特徴量 $\mathfrak{F}_l(\tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta)$ の表現が求められたが，実は

$$\mathrm{X}_l(\mathfrak{Z}(\varphi)) = \mathrm{b}_l(\varphi),\ \forall l\epsilon L,\ \forall\varphi\epsilon\mathfrak{D} \qquad (7.\ 2)$$

が成立することが証明されるので，

$$\mathfrak{Y}(\mathfrak{Z}(\varphi)) = \mathfrak{Z}(\varphi),\ \mathrm{A}\varphi\epsilon\mathfrak{D}$$

を得，式（7．1）は

$$\varphi(\rightarrow \mathfrak{Z}(\varphi) \rightarrow \mathfrak{F}_l(\mathfrak{Z}(\varphi)),\ l\epsilon L) \rightarrow \mathfrak{Y}(\mathfrak{Z}(\varphi)) = \mathfrak{Z}(\varphi) \rightarrow \tilde{\mathfrak{S}}(\mathfrak{Z}(\varphi))_\Theta \rightarrow \mathfrak{F}_l(\tilde{\mathfrak{S}}(\mathfrak{Z}(\varphi))_\Theta),\ l\epsilon L \rightarrow \mathfrak{Y}(\tilde{\mathfrak{S}}(\mathfrak{Z}(\varphi))_\Theta) \qquad (7.\ 3)$$

と書き直される．この式（7．3）が本来ならば，式（5．7）に取って代わるものであることを指摘し，* 本論文を終えよう．

文　献

（1）鈴木昇一，柴山秀雄，大本修：“コヒーレント心理状態での認識対象の表現とその応用，”芝浦工業大学研究報告理工系編，Vol.24, No.1，1980年3月，p.p.139～146

（2）M.A.アービッブ：“脳（思考と行動の源をさぐる）”，金子隆芳訳，サイエンス社，1978年6月

（3）樋渡涓二：“生体情報工学”，コロナ社，1971年6月

（4）K. Steinbuch：“オートマトンと人間《情報－制御－認識－学習－意識－サイバネティクス》”，コロナ社，1976年5月

（5）白井良明：“コンピュータビジョン”，昭晃堂，1980年4月

（6）土井康弘，安藤繁：“画像処理論”，昭晃堂，1980年6月

（7）安居院猛，中嶋正之：“コンピュータ音声処理”，産報出版株式会社，1980年6月

（8）中田和男編：“パターン認識とその応用”コロナ社，1978年10月

（9）鈴木昇一：“認識工学（上）”，柏書房（1975年2月）

（10）鈴木昇一：“測度的不変量検出形認識系の構成理論”，電子通信学会論文誌（D），Vol.55－D，No.8，1972年8月，p.p.531～538

（11）鈴木昇一：“手書き漢字の側抑制効果的分解とその計算機シミュレーション，”情報処理学会誌，Vol.15，No.12，1974年12月，p.p 927～934

（12）鈴木昇一：“画像情報量とその手書き漢字への応用”，画像電子学会誌，Vol.4，No.1，1975年4月，p.p.4～12

（13）鈴木昇一：“特徴量としての測度的ウニタリ不変量の完全な集合の一構成，”電子通信学会論文誌（D），Vol.J59－D，No.9，1976年9月，p.p.678～680

（14）鈴木昇一：“構造化情報パターンの4性質，”電子通信学会論文誌（D），Vol.J59－D, No.12，1976年12月，p.p.937～938

（15）鈴木昇一：“パターン認識における構造化モデルの4性質とその応用，”電子通信学会論文誌（D），Vol.J60－D，No.9，1977年9月，p.p.710～717

（16）鈴木昇一：“規格化特徴量の集合の完結構造モデルによる一意的決定，”電子通信学会論文誌（D），Vol. J60－D，No.10，1977年10月，p.p.898～899

（17）鈴木昇一：“抽出された特徴による手書き漢字構造の再生”，情報処理学会誌，Vol.18，No.11，1977年11月，p.p.1115～1122

（18）奥野治雄，鈴木昇一：“‘黒’，‘白’成分を分離した文字評価関数による文字認識の研究”，工学院大学研究報告，No.20，1966年10月，p.p. 91～98

（19）奥野治雄，鈴木昇一：“パターン認識系の識別空間に関する考察”，工学院大学研究報告，No.24，1968年5月，p.p.103～110

（20）奥野治雄，鈴木昇一，桂井浩，斎藤静昭：

* $\mathrm{b}_l(\mathfrak{Z}(\varphi)) = \mathrm{b}_l(\varphi),\ \forall l\epsilon L$ が必らずしも成立しないので，$\mathfrak{Z}(\mathfrak{Z}(\varphi)) = \mathfrak{Z}(\varphi)$ も必らずしも成立しない．それで，$\mathfrak{S}(\mathfrak{Z}(\varphi)) = \mathfrak{S}(\varphi)$ も必らずしも成立しない．結局 $\tilde{\mathfrak{S}}(\mathfrak{Z}(\varphi))_\Theta = \tilde{\mathfrak{S}}(\varphi)_\Theta$ も必らずしも成立しないことに注意しておく．

"手書き数字認識に関する研究", 工学院大学研究報告, No.25, 1968年11月, p.p.50～55
(21) 鈴木昇一: "平均類似度の概念に基づく位相不変的特徴抽出・識別法", 芝浦工業大学研究報告, N.18, 1974年2月, p.p.95～101
(22) 鈴木昇一: "認識システムの集まりとその情報処理機能", 芝浦工業大学研究報告, No.18, 1974年2月, p.p.132～141
(23) 鈴木昇一: "平均特徴情報量諸定理", 芝浦工業大学研究報告, No.19, 1975年2月, p.p.327～340
(24) 鈴木昇一, 斎藤静昭, 奥野治雄, 太田芳雄: "画像の復元とその計算機シミュレーション", 工学院大学研究報告, No.39, 1976年1月, p.p.198～206
(25) 鈴木昇一: "phase情報限定可能定理詳論", 芝浦工業大学工学部研究報告, No.20, 1976年2月, p.p.180～196
(26) 鈴木昇一, 太田芳雄, 奥野治雄, 斎藤静昭: "刺激閾値塊, 類別重み塊に関する自己組織化アルゴリズム", 芝浦工業大学工学部研究報告, No.20, 1976年2月, p.p.197～208
(27) 鈴木昇一, 太田芳雄, 斎藤静昭, 奥野治雄: "感覚空間回路の設計と作用素に対するラプラス変換法", 工学院大学研究報告, No.40, 1976年6月, p.p.122～134
(28) 鈴木昇一: "認識主体の集合のなすハウスドルフ位相群", 芝浦工業大学工学部研究報告, Vol.21, 1977年2月, p.p.112～136
(29) 鈴木昇一: "認識の主要な局面と認識諸定理", 芝浦工業大学研究報告理工系編, Vol.22, No.1, 1978年3月, p.p.79～99
(30) 鈴木昇一, 柴山秀雄, 古田晋吾: "移動的ウニタリ座標変換群の下で不変な簡易化構造モデルの標準形", 芝浦工業大学研究報告理工系編, Vol.22, No.2, 1978年9月, p.p.29～38
(31) 鈴木昇一, 柴山秀雄, 古田晋吾, 高橋静昭, 奥野治雄: "完結構造モデルに用いた位相不変想起認識の理論", 芝浦工業大学研究報告理工系編, Vol.23, No.1, 1979年3月, p.p.87～96
(32) 鈴木昇一, 柴山秀雄, 福永一保, 古田晋吾: "認識の量子論と画像の微分エントロピー", 芝浦工業大学研究報告理工系編, Vol.23, No.1, 1979年3月, p.p.117～125
(33) 鈴木昇一, 柴山秀雄, 古田晋吾, 大槻善樹: "標本化音声信号から抽出される測度的不変量", 芝浦工業大学研究報告理工系編, Vol.23, No.2, 1979年9月, p.p.67～75
(34) 鈴木昇一, 柴山秀雄, 福永一保, 古田晋吾: "発見的探索形位相不変認識システム", 芝浦工業大学研究報告理工系編, Vol.23, No.2, 1979年9月, p.p.76～83
(35) 鈴木昇一, 柴山秀雄, 古田晋吾, 大槻善樹, 高橋静昭, 奥野治雄: "パターン認識における位相不変的簡易化構造モデルの理論", 芝浦工業大学研究報告理工系編, Vol.24, No.1, 1980年3月, p.p.131～138
(36) 鈴木昇一, 柴山秀雄, 福永一保, 大本修, 古田晋吾: "作用素に対するフーリエ変換法による側抑制特性の設計", 芝浦工業大学研究報告理工系編, Vol.24, No.1, 1980年3月, p.p.147～155
(37) 鈴木昇一: "線形連想形記憶器内の荷重係数の解析的決定", 電子通信学会技術研究報告〔パターン認識と学習〕, Vol.80, No.77, PRL80－18, 1980年7月, p.p.9～16

付録(コヒーレント心理状態[1])

Fock 空間$\mathfrak{H}^{(F)}$の内積 $\langle\Phi, \Psi\rangle$ として

$$\langle\Phi, \Psi\rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} d\mathrm{X}_1 \int_{-\infty}^{+\infty} d\mathrm{X}_2 \cdots \int_{-\infty}^{+\infty} d\mathrm{X}_l \cdots \Phi(\mathrm{X}_l ; l \in L) \cdot \overline{\Psi(\mathrm{X}_l ; l \in L)} \quad (\mathrm{A} \cdot 1)$$

を採用しよう. 上式において, X_l は第 $l \in L$ 番目の座標軸にあたり, $\overline{\Psi(\mathrm{X}_l ; l \in L)}$ は座標軸 X_l, $l \in L$ の関数 $\Psi(\mathrm{X}_l ; l \in L) \in \mathfrak{H}^{(F)}$ の複素共役である.

$i \triangleq \sqrt{-1}$, $\mathrm{P}_l \triangleq i^{-1}\partial / \partial \mathrm{X}_l$ として

$$\mathrm{A}_l \triangleq (\mathrm{X}_l + i\mathrm{P}_l) / \sqrt{2} \quad (\mathrm{A} \cdot 2)$$

と定義される, $\mathfrak{H}^{(F)}$ での operator A_l をとろう. X_l, P_l はともに, $\mathfrak{H}^{(F)}$ での自己共役作用素なので, A_l の共役作用素 A_l^+ は

$$\mathrm{A}_l^+ = (\mathrm{X}_l - i\mathrm{P}_l) / \sqrt{2} \quad (\mathrm{A} \cdot 3)$$

と表わされる.

$\delta_{kl} = 1 \quad if \quad k = l, \; = 0 \quad if \quad k \neq l.$

$[\mathrm{A}, \mathrm{B}] \triangleq \mathrm{A} \cdot \mathrm{B} - \mathrm{B} \cdot \mathrm{A}$

として,

$$[\mathrm{A}_k, \mathrm{A}_l^+] = \delta_{kl} \quad (\mathrm{A} \cdot 4)$$

$$[\mathrm{A}_k, \mathrm{A}_l] = [\mathrm{A}_k^+, \mathrm{A}_l^+] = 0 \quad (\mathrm{A} \cdot 5)$$

が成立しているので, $\{\mathrm{A}_l\}_{l \in L}$ は場の量子論でいう, $\mathfrak{H}^{(F)}$ の消作用素 (*destruction operator*) の系と呼ばれているものの一種であることがわかる。また, A_l^+ の方は生成作用素 (*creation operator*) と呼ばれるものになっている.

まず, 各 n_l を非負整数として, 1変数関数

$$\Psi_0^{(l)}(X_l) \triangleq \pi^{-1\ 4} \cdot \exp[-2^{-1} \cdot X_l^2]$$

$$\Psi_{n_l}^{(l)}(X_l) \triangleq [n_l!]^{-1/2} \cdot (A_l^+)^{n_l} \Psi_0^{(l)}(X_l) \qquad (A \cdot 6)$$

を導入し*, $\vec{n} = \{n_l\}_{l \in L}$ として，各 $\Psi_{n_l}^{(l)}$ の総積として定義される多変数関数

$$\Psi_{\vec{n}}(X_l;\, l \in L) \triangleq \Pi_{l \in L} \Psi_{n_l}^{(l)}(X_l) \qquad (A \cdot 7)$$

の系 $\{\Psi_{\vec{n}}\}_{\vec{n}}$ を構成すれば，この $\{\Psi_{\vec{n}}\}$ は $\mathfrak{H}^{(F)}$ での完全正規直交系であり，さらに，個数 operator(*number operator*) と呼ばれている

$$N_l \triangleq A_l^{\dagger} \cdot A_l \qquad (A \cdot 8)$$

に関し，固有値方程式

$$N_l \cdot \Psi_{n_l}^{(l)} = n_l \cdot \Psi_{n_l}^{(l)}$$

$$N_l \cdot \Psi_{\vec{n}} = n_l \cdot \Psi_{\vec{n}} \qquad (A \cdot 9)$$

が成立し，N_l の固有ベクトル系であることが知られている．

いま，非負数 m_l を選び，非負数

$$w_{n_l} \triangleq (m_l)^{n_l} \cdot e^{-m_l} / n_l! \qquad (A \cdot 10)$$

を定義し，また，実数 b_l を選び，1変数関数

$$\Theta^{(l)}(X_l) \triangleq \sum_{n_l=0}^{+\infty} e^{+ib_l n_l} \sqrt{w_{n_l}}\, \Psi_{n_l}^{(l)}(X_l) \qquad (A \cdot 11)$$

を定義する．各 $\Theta^{(l)}$ の総積として定義される

$$\Theta(X_l;\, l \in L) = \Pi_{l \in L} \Theta^{(l)}(X_l) \qquad (A \cdot 12)$$

を考えよう．この Θ は，

非負数列 $\vec{m} = \{m_l\}_{l \in L}$，実数列 $\vec{b} = \{b_l\}_{l \in L}$，完全正規直交系 $\{\Psi_{\vec{n}}\}_{\vec{n}}$ の三者から構成されている．

（物理学における）場の量子論では，消滅作用素 A_l の規格化固有ベクトルを，コヒーレント状態というが，Θ に関し，二つの等式

$$A_l \Theta = \sqrt{m_l} \cdot e^{+ib_l} \Theta, \quad \langle \Theta, \Theta \rangle = 1 \qquad (A \cdot 13)$$

が成り立ち，まさに，Θ はコヒーレント状態と呼ばれてよい。

情報の量子論[9]では，式 (A・12)で定義されているこの Θ を，

振幅変調パラメータ列 $\vec{m}$，phase 変調パラメータ列 $\vec{b}$

をもつ，コヒーレント心理状態（*coherent psychological state*）と呼んでいる．

* $\Psi_{n_l}^{(l)}(X_l)$ は，実は，変数 X_l の，第 n_l 次のエルミット関数であることが証明される．

（1980年９月22日受付）

情報研究第１号に掲載された「パターン情報処理における心理物理の数学的取り扱い」における誤りを下記正誤表によって訂正いたします．

正　誤　表

	誤	正
18頁右６行目	程から，認名，	程から，認知，
19頁左11行目	テム（*pattern_information*	テム（*pattern - information*
19頁左20行目	………２値量 $be(\varphi)$……	………２値量 $b_l(\varphi)$……
19頁右10行目	解できるようになったいる．　て	解できるようになっている．
19頁右32行目	と要請しておく．θ_l	と要請しておく．
20頁右21行目	$\Vert \xi \Vert^{-1} \Vert$	$\Vert \xi \Vert^{-1}] \Vert$
21頁右39行目	$b_l(\omega_j) = X_l(\varphi),\ \forall l \in L \quad l \in L$	$b_l(\omega_j) = X_l(\varphi),\ \forall\, l \in L$
24頁右11行目	………この作用素 $\widehat{f_l}(H)$	………この作用素 $\widehat{f_l}(H)$
24頁右15行目	$\Theta \quad \Theta>$	$\Theta>$
27頁右38行目	$[A, B] \triangleq A \cdot B - B \cdot A$	$[A, B] \triangleq A \cdot B - B \cdot A$
27頁右43行目	の消作用素……	の消滅作用素……
28頁左15行目	$w_{n_l} \triangleq (m_l)^{n_l} \cdot e^{-m_l}/n_l!$	$w_{n_l} \triangleq (m_l)^{n_l} \cdot e^{-m_l}/n_l!$