生物数学におけるセル空間論的接近

九州大学理学部，基礎情報学研究施設　　北 川 敏 男

§ 1. はしがき

本報告の目的は，〔A〕 Information science approach to biomathematics, (I)-(XIV), Research Report (RR) Research Institute of Fundamental Information Science, Kyushu Univ に発表した15編の一連の論文の概要を述べることである。この目的のためには，拙著，〔B〕 Cell space approaches in liomathematics, Biomathematical Science (1973) (in press) が用意され，すでに生物数学へのセル空間論的接近 (I), (II) (1971年12月10日) (非会刊) において報告されている。委しくは，前者を参照していただきたいと思うので，こゝでは，大づかみにその内容を紹介することにすることにとゞめる。

§ 2. 生物数学の方法論

上記〔A〕の一連の論文のうち，第一論文

〔A〕 T.Kitagawa; A contribution to the methodology of biomathe-matics, RR.,No.9, December, 1970; Mathematical Bioscience, 12 (1971), 25-41

においては生物数学の方法論について，卒直に私見を述べた。生物科学との接触において数学が新に開拓すべきものは，5つの特質をもつであろうことを指摘した，(1) discrete, (2) combinatrial, (3) dynamical, (4) evolutionary, (5) design, math., とがそれである。

著者達の「生物数学のへのセル空間論的接近」はこのような生物数学論の一つの具体化であるというのが，私どもの立場である。なお，他のもう一つの具体化は「神経方程式」(neuronic equations) に関する著者達の研究にみられる。この方面の私どもの研究

〔C〕 T.Kitagawa; Dynamical systems and operators associated with a single neuronic eqnation, RR. No.30(1972); Biomathematical Scionce (1974),(in press)に第1報がある。

なお，上記論文 [B] の全文の和訳が共同研究者によってなされている。

〔A_1〕 山口優子： 生物数学への方法論的寄与，講座情報社会科学，第3生命と情論，第Ⅰ分冊 学習研究社（1973年）（近刊）

さらに同講座同巻には生物数学の立場について，私の所見を"解説"の項で述べておいてある。

§3. 局所多数決原理に関する研究

論文（B）の内容のうち，§2〜§3に関する部分は，上記（A）において展開した研究結果を1971年12月までの時点においてとりまとめたものである。

局所多数決原理（principle of local majority）は，セル空間の内に基本セル空間（basic cell space）を定義し，そこで適用されるところの多数決原理である。例えば，単位セルがm行×n列の矩形状に配列されるセル空間において，2×2のセル集合を基本セル空間という。各セルの付値 x_i には0又は1の値が付値されているとする。

$$\begin{array}{|c|c|}\hline x_1 & x_2 \\ \hline x_3 & x_4 \\ \hline\end{array} \xrightarrow{\text{LMT}} \begin{array}{|c|c|}\hline y_1 & y_2 \\ \hline y_3 & y_4 \\ \hline\end{array} \qquad S_x \equiv \sum_{i=1}^{4} x_i$$

$$C(X) = \begin{pmatrix} x_1 & x_2 \\ x_3 & x_4 \end{pmatrix} \qquad C(Y) = \begin{pmatrix} y_1 & y_2 \\ y_3 & y_4 \end{pmatrix}$$

$$\text{LMT}: C(X) \to C(Y)$$

こゝに

$$y_j = \begin{cases} 1 & S_x = 3\ ,4\text{のとき} \\ x_j & S_x = 2\text{のとき} \\ 0 & S_x = 0.1\text{のとき} \end{cases} \qquad (j = 1 \sim 4)$$

基本セルを正三角形，正六角形にとる場合を考える。さて，m x n正方形セル集合上に，各エレメントが1又は0からなる。マトリックスが始めに与えられるとする。これを配置(Configuration)という，こゝには(m－1)×(n－1)個の基本セル空間が存在するが，その各々に上記のLMTを施すとどうなるか。施し方には，parallel と seqnentiel とがありうる。後者については，ある一定の決定論的パターンに従って deter ministic に行う場合と，あるストカスティックな方法で適用される場合とがある。

私達が，主として関心をもつのは，probabilistic scheme に従って，LMTの sequentiel applications を行う場合である。

LMTを無限回適用する場面を想定するのであるが，関心の中心は，任意に与える配置が，いかなるものへ収束するかということである。従って，安定配置 (stable Configuration)，諸配置間の遷移，配置間の系譜(lineage) 等の問題がとりあつかわれている。

単位セルが正方形の場合が，あらゆる問題について検討されているが，単位セルが正三角形の場合は，より複雑な検相を示す。安定配置のすべてを与えるために，決定的部分空間(determinative subspace)の概念が山口によって導入され，このもろもろの様相が，北川及び山口によって示されている。(〔A〕参照)

禁止状態 ϕ の導入によって，セル空間に独立領域の出現すること，さらに禁止状態 ϕ の時間的変化，境界条件と内部変化との関連などが北川によって論ぜられている。

単位セルが正六角形の場合には，荒っぽくいえば，局所決定性が直ちに全領域に波及して，正三角形正四角形を単位セルとする場合にみられるような自然境界がない。

この種の研究において，偏微分方程式の数値解法的な様相が部分的には見られる，ところで決定的部分空間は，生成的なもの(generative) と非生成的なもの(non-generative) がある。いずれにせよ，それらの集合のとり方は，従来の二次元偏微分方程式の初期値ないし境界値の与えられる集合にくらべると自由性が大きいことには注目すべきである。ϕ に関する禁心則の与え方にも多様性がのこされている。

§ 4. 生物数学の情報科学的接近とセル空間論

上記論文（Ｂ）の§４〜§７に関連する部分の概要をこゝに述べる。

§４では，セル空間論的な接近が，いかにしてかつ何故に，生物学的な問題と関連をもちうることになり，そして生物科学の理論的な枠組となりうるかを説明する。このためには，セル空間論の基本的な諸概念に対して所要の解釈（意味づけ）として５解釈を与えている。要約すれば（解釈１）機能論；（解釈２）セル状態１，０は単位体の在，不在としても又（ⅱ）２種の単位体の併存ともみられる；（解釈３）素領域としての単位セル；（解釈４）単位体の認識能力，運動能力と基本セル空間との関係（解釈５）解釈２（ⅰ）例えば単位体の増加，減少，発生，生長，増殖，衰退，死滅，（ⅱ）例えば共存，競争，敵対，捕食，寄生の様相が可能になる。

§５では，上記§４の解釈に依拠しながら，生物数学的諸問題に対して，セル空間論的な接近とみられるべきものの諸例をあげている。こゝでは，他の著者によるもろもろの研究が，セル空間論的な接近のなかに包括されることを指摘するとともにいかに多くの研究発展の方向が残されているかを示す。

§5.1　生長問題

§5.2　形態論へのセル空間的接近

§5.3　生態論へのセル空間的接近

§5.4　異種の単位体の併存，混合及び嵌合

以上の記述において，M．S．Vlam（1962），A.M. Turing（1952）,N.goel，R.D. Campbell，R. Gorden ，R. Rosen，H. Marting，MY′cas（1970)等の研究に referしている。

私はさらに進んで，セル空間場におけるゲーム論に進んで言及している。
これは§5.5で述べられている。その趣意は次の通りである。

（1°）　生存競争の型式化

（2°）　ＬＭＴに機縁をもつある種の碁，称して優碁（YuGo）なるゲームを例として説明する。

（3°）　生存競争に参加する生物については，認識，運動，学習，行動の能力分析とその模型化の必要を論じる。

（4°）　セル空間論に合入するゲーム論的構成において各生物種は，それぞれ特定の

機能をもつ robot として模型化する。称して生物ロボット biorobot というべきものを導入する。

（5°） この biorobot の能力により，彼の利用している局所法則，局所方略がきまる。こゝに新なるゲームの導入が示唆される。

（6°） このように型式化されたゲーム論によって，追求すべきゲームの dynamical behaviours を論じる。

§5 生物数学の一部門としてのセル空間論的接近においては，上述の論文で述べた生物数学の5特質が，セル空間論的な接近において，いかなる形で具体的に発揮されているかを示す。

§6 セル空間場と情報科学的接近においては，

（1°） cellular automation との関連

（2°） 生長問題と形態問題とに対して，二次元文脈依存文法のもつべき関連

（3°） 人工知能論と生物ロボットとの関連

（4°） 神経方程式とセル空間論的接近との関連

（5°） セル organization の問題と abduction process との関連

§6. 結び 1970年4月ごろから着手した私どもの，この方面の研究は，1971年末までは上述のような内容のものである。その後も，少しづつ進展してはいる。私どもの意図するところは，前節のおわりに述べた方向にあるわけであるが，これからはなかなか難路であろう。生物物理学の立場からいえば，物理学を離れ，数学的な型式化を勝手に設定し，その前提のもとに演繹結果を示すだけであって，実験とはどこで結びつくかそれを明かにすることができていないということが，私共の行き方に対する批判となることであろう。筆者もそのことを意識しないわけではない。たゞそれにも拘らず，現在においては，暫くそうした定石的な行き方にとらわれず，自由な発想を展開してみることが，要請されていると，筆者は考えるのである。

おわりに，次の二つの文献をあげておく．

〔D〕 北川敏男：環境と営存圏 講座情報社会科学第10巻，第Ⅰ分冊，環境論，学習研究社（1972），p.131-197.

〔E〕M. Yamaguchi: Some contribution to dyanamical features of biomathematical systems, Theses, Faculty of Science, Kyushu Univ, September, 1972.

反応系における情報分子またはRM（regulatory metabolite）のはたらきと形態形成

青山学院大学理工学部　杉　田　元　宜

生体内の不可逆的な諸過程相互の間には

(1) エネルギー的な相関　　共役や能動輸送など

(2) 物質的な相関　　ある反応の生成物が別の反応の前駆体となるようなもの

(3) 間接的な相関　　ある反応の生成物が他の反応に触媒的にはたらく場合

の 3者が考えられる。反応の flux については de Donder, Jouguet らにより 1926 年頃より

$$\text{flux} = \sigma\,(\exp \mu_{\mathrm{I}}/kT - \exp \mu_{\mathrm{II}}/kT) \qquad (1)$$

という関係が知られている。μ_{I}，μ_{II} はそれぞれ反応系及び生成系の化学ポテンシャルに関する量で，(1)の式の右辺の（　）を ΔVと書くと，これで反応の場にあたる。こういう“場”（強度因子）は拡散その他の空間的な物質移動でもあらわれ，“形態形成の場”となる。この場が形態をつくると，それが今度は新しく場をつくる形勢になり，相互誘導といった形になる。このことは，雪の華のような結晶成長でもみられることである。[1)]

右辺の σ は絞り因子ともいわれ，熱力学の第 2法則によると $\sigma<0$ となることはない。酵素のはたらきは微妙であるが，熱力学に反して $\sigma<0$ となるようなものは知られていない。σ は反応の活性化の自由エネルギーによる量で，このものに影響するような物理