

表1. 神経再生過程における神経軸索の空間パターンの推移

	集塊型	ランダム型	規則型	計
再生 8 週	4	5	1	10
再生 12 週	0	5	5	10
再生 20 週	0	2	8	10
正 常	0	0	10	10

4. 結 果

体重 250~300 g の雄のラットの右腓骨神経を一度切断し、再びこれを顕微鏡下で元の場所に縫合し、術後 4 週間毎に 20 週までの再生神経および正常の組織写真を得た。この組織写真(倍率 6300 倍)での神経の中心点の座標をディジタイザーで計測した。このうち術後 8 週, 12 週, 20 週および正常の各切片について、各写真標本ごとに空間パターン解析を行い、空間パターン分類を行った。これらの結果を表 1 に示す。

5. 考 察

- 1) 表 1 の結果から神経の再生過程では軸索の空間パターンが集塊型→ランダム型→規則型と推移することが示唆される。またこのことから、再生神経の空間パターンが再生過程を特徴づけできると考えられる。
- 2) この解析はランダム型を中心にして分類が行われたが、神経軸索のランダムパターンは集塊型(再生の初期)から規則型(正常パターン)への移行で再生の可能性を示す重要なパターンと思われる。

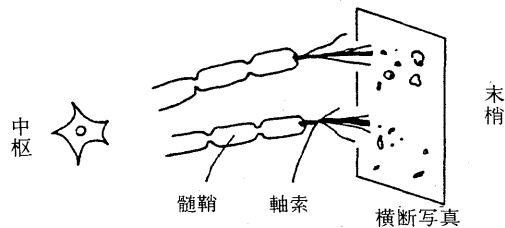


図1. 末梢神経の再生

非均質な場に於ける点配置の相互作用の尤度による推定

統計数理研究所 尾 形 良 彦

1. 報 告 要 旨

点配置が空間的に一様でない時に、そのトレンド場と点間の相互作用を同時に推定する為に尤度を与え、その近似法を示唆した。

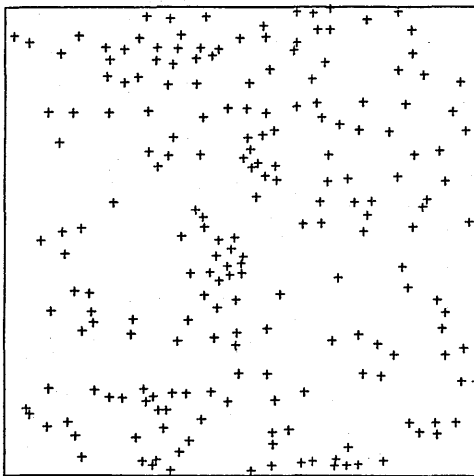


図 1.

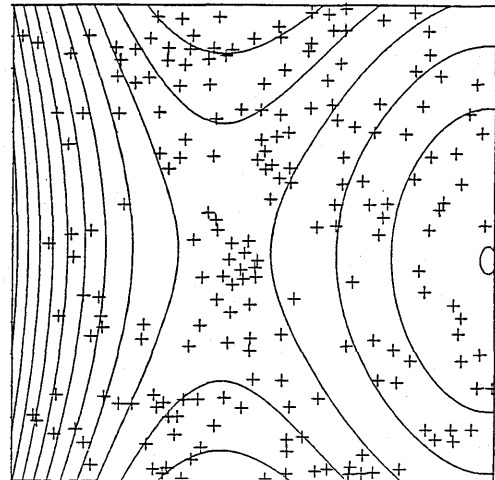


図 2.

2. 尤 度

図 1 は我々が度たび引用する沼田 (1964) によって調査された日本黒松の配置図である。従来は、このパターンを空間的に一様と見做して点間の相互作用を調べたのであるが果たして一様であるのかどうか興味あるところである。非一様性があるとすれば、それは土地の肥沃度などの環境要因について場所によって有意差があることを示すからである。場所の座標を $X = (x, y)$ としたとき場のポテンシャルエネルギー $\phi(X)$ を定義して多項式 $\phi(X) = a_{10}x + a_{01}y + a_{20}x^2 + a_{11}xy + a_{02}y^2 + \dots$ によって近似する。

黒松どうしの相互作用が環境の影響のもとでも、あるのかどうか興味のあるところである。従来の一様性を仮定した場合は相互作用は反撥型で、 $\phi(r) = (\sigma/r)^2$ が良いものであった。但し r は点の間の距離である。

さて一般に点配置 $\{X_i = (x_i, y_i) \in V; i = 1, 2, \dots, N\}$ の全エネルギーは

$$U = \sum_{i=1}^N \phi(X_i) + \sum_{i < j}^N \sum \phi(r_{ij}), \quad r_{ij} = \|X_j - X_i\|,$$

であるから、領域 V に於けるギブスカルノニカル分布の定義から、対数尤度は

$$\log L = -U - \log Z_N, \quad \text{但し } Z_N = \int \dots \int_V n e^{-U} dX_1 \dots dX_N,$$

与えられる。特に点の間に相互作用が無ければ、上記に於いて $\phi(r) \equiv 0$ であるから

$$\log L = - \sum_{i=1}^N \phi(X_i) - N \log \int_V e^{-\phi(x)} dx$$

となり

$$f(X) = e^{-\phi(X)} / \int_V e^{-\phi(x)} dx$$

とおけば

$$\log L = - \sum_{i=1}^N \log f(X_i)$$

となり通常の V 上の密度分布関数 $f(X)$ についての独立同分布の対数尤度となる。

さて相互作用が存在するときには対数尤度の一般的な計算は、ほぼ不可能であることは $\Psi(X) \equiv 0$ の時でさえ明らかであった。その為に Z_N の近似をしなければならない。良く使われる二次クラスター展開までの近似に限ると

$$Z_N \cong \Psi^N \left[1 + \frac{N(N-1)}{2\Psi^2} a(\phi) \int_V e^{2\phi(X)} dX \right]$$

が得られる。但し

$$\Psi = \int_V e^{-\phi(X)} dX, \quad a(\phi) = \int_V \{e^{\phi(X)} - 1\} dX$$

となる。特に $\phi(X) \equiv 0$ ならば Ogata and Tanemura (1981) の近似に同等である。近似対数尤度を

$$\log L = - \sum_{i=1}^N \phi(X_i) - \sum_{i < j}^N \phi(r_{ij}) - N \log \Psi - \frac{N(N-1)}{2\Psi^2} a(\phi) \int_V e^{2\phi(X)} dX$$

で定義し、この近似が、所与のデータにつき有効であったか否かを、推定されたポテンシャル $\hat{\phi}$, $\hat{\phi}$ をつかったシミュレーションで Fisher-socre 統計量時系列をつかって検証することになる。

図1の沼田の黒松データは、トレンド場・相互作用とも有意に存在し、その AIC は、トレンド場だけまたは相互作用のみの AIC の和よりも小さい。相互作用は $\Phi(r) = (\sigma/r)^{12}$ で与えられて、場のポテンシャルエネルギーの等高線は図2で与えられた。

三角格子反強磁性の縮重した基底状態のセルオートマトン

筑波大学物理工学系 小 川 泰・中 島 幸 久

最近, cellular automata への関心が世界的に昂まっている。¹⁾ 有名な Conway の life game²⁾ のように、自由度をもつ格子に簡単な局所的・微視的な運動法則を与えた cellular automata は、自然界に見られるさまざまな現象に酷似した現象を導きうる。生命現象のような複雑な現象の基礎的な理解に手掛りを与え、基礎科学の機能を拡大する上で、今後重要な役割を演じるであろう。life game のように決定論的なもの、確率論的なもの、別の観点からは、保存則の有無など、いろいろな模型がありうる。決定保存系は、いわば格子上での分子動力学的なものであって極めて興味深い、具体的に模型を作ることが困難である。

この分野で従来気づかれていないもう一つの要素は frustration の概念である。物性物理学では最近、不規則系磁性体におけるスピン・グラスの問題³⁾ や、非晶質の構造などに関連して、この概念がかなり重要視されている。二つの立場しかありえない場合に、対等なる人が互いに反抗しあおうとすれば、どの2人かは同じ立場にならざるをえない。このような状況を frustration と呼んでいる。不規則系である必要はなく、典型的な frustrate 系は三角格子上の反強磁性 Ising 模型である。最低エネルギーに相当する基底状態は無数にあり、格子点数 N に対して、 $1.38^N (N \rightarrow \infty)$ 重に縮重していることが知られている。⁴⁾