

垂直方向に撮影したスギの樹冠であり、図2はこうして得られた樹冠投影図をVoronoi多角形と重ね合わせたものである。スギの樹冠も、動物のなわばり同様、近似的にVoronoi多角形とみなすことができることがわかるであろう。

参 考 文 献

- 1) Hasegawa, M. and Tanemura, M. (1976). *Ann. Inst. Statist. Math.*, **28B**, 509-519.
- 2) 長谷川政美・種村正美 (1977). 応用統計学, **5(2)**, 47-61.
- 3) 長谷川政美・種村正美 (1977). 北方林業, **29(5)**, 115-119.
- 4) Hasegawa, M. and Tanemura, M. (1978). *Proc. Internatl. Symp. on Math. Topics in Biology, Kyoto*, pp. 39-48.
- 5) Tanemura, M. and Hasegawa, M. (1980). *J. Theoret. Biol.* **82**, 477-496.
- 6) Hasegawa, M. and Tanemura, M. (1980). In *Recent Developments in Statistical Inference and Data Analysis* (ed. K. Matsusita). North-Holland, Amsterdam, pp. 73-78.
- 7) 長谷川政美・種村正美 (1981). 日本物理学会誌, **36(5)**, 382-385.
- 8) 長谷川政美 (1981). 物性研究, **36(1)**, A59-A64.
- 9) Hasegawa, M., Tanemura, M. and Takiguchi, S. (1981). *Internatl. Roundtable Congress, The 50th Anniversary of Japan Statist. Soc.*, pp. 146-161.

神経軸索の空間パターンについて

川崎医科大学 有 田 清 三 郎

1. はじめに

我々はラットによる末梢神経の再生過程を研究する中で、神経切断縫合後の再生神経の横断写真(約3000枚)をコマ落しの要領で観察していると、正常では規則型の空間配置を呈している軸索が、再生の初期、中期、後期にかけて集塊型、ランダム型、規則型と、時間の経過とともに変化していることが推察された。

我々はこの軸索の空間配置の変移が従来の数量的指標(再生神経の個数、径など)とは別の、神経再生過程を特徴づける新しい指標となりうるのではないかと考え、ラットの腓骨神経における再生軸索のパターン解析を行った。

2. 神経再生過程

神経線維は切断などによる損傷およびその修復としての縫合によって、縫合部中枢側で多数の無髄線維が出芽し、縫合部の中枢から末梢へ進み、時間経過とともに再生線維は増殖、分岐、消滅、有髄化の過程をたどる。

末梢神経の再生メカニズム解明のための形態学的な研究としてHolmes and Young (1942年), Sanders and Young (1946年), 野村 (1970年)等は家兎の脛骨神経による神経切断再縫合、神経移植の実験を行い、再生軸索数、再生軸索径についての検討を行った。しかしながら、神経の再生過程は障害の度合い、手術の良否、個体の再生能力等の諸因子が複雑に絡み合い、再生メカニズムは未だ不明の点が多い。

3. 空間パターン解析

個体の空間配置は一般に空間パターン (Spatial pattern) と呼ばれている。空間パターン解析はそもそも空間分布のランダム性の検定のために導入されたもので、解析法は大別して区画法と距離法がある。区画法は計測領域を多数の区画に分け、区画内の個数によって個体の空間分布を解析する方法である。これに対して距離法は平面上にランダムに散布した点と個体との距離と、個体間の距離を比較する方法である。

これらの解析は樹木の分布、動物の生息分布等に適用され、また解析法についても種々の改良が試みられ (Ripley, Diggle 等)、最近開発された手法に面積比法 (Mase) やポテンシャル関数法 (Ogata and Tanemura) 等がある。またこれとは別のポロノア図形からのアプローチ (Hasegawa and Tanemura, Toriwaki 等) もある。

3-1 距離法による空間パターン解析

本稿では神経軸索を点で代表させ、距離法による空間パターン解析を適用した。この解析はランダム分布の検定量に基づいて空間パターンを、① 規則型、② ランダム型、③ 集塊型の3つのカテゴリーに分類する。距離法による空間パターン解析では多くの指標があるが、ここでは Hopkins and Skellam の指標 A を用いた。

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n r_i^2}{\sum_{j=1}^n r_j'^2}$$

ここに r_i は神経軸索間の距離を、 r_j' はランダム点と神経軸索との距離を表わす (距離は最近接距離とした)。神経線維がランダムに分布しているならば $A=1$ 、集塊型ならば $A>1$ 、規則型ならば $A<1$ となる。 A の期待値が1とどのくらい有意な差があるかを調べるため、新しい検定統計量 $x = A/(A+1)$ を導入する。この変量 x の統計的性質について次の定理が知られている (たとえば Pielou (1964))。

[定理] n が十分大きいとき、変量 x の分布は

$$\text{平均 } E(x) = \frac{1}{2}, \text{ 分散 } V(x) = \frac{1}{4(2n+1)}$$

の正規分布で近似できる。

3-2 空間パターンの分類

この定理を利用すると、空間パターンについての規則型、ランダム型、集塊型の判定基準は次のようになる。有意水準 $\alpha=0.05$ で神経軸索の空間パターンは変量 x と軸索数 n によって次のように分類される。

- (i) $x < \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{2n+1}}$ ならば規則型
- (ii) $\frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{2n+1}} \leq x \leq \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{2n+1}}$ ならばランダム型
- (iii) $x > \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{2n+1}}$ ならば集塊型

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。

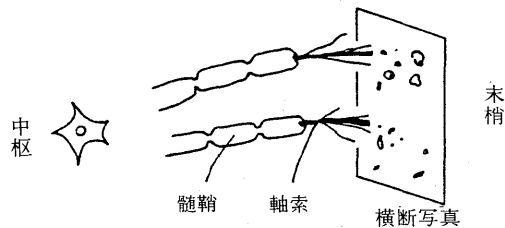


図1. 末梢神経の再生

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。