腎臓糸球体内の細胞核領域の高精度抽出法

非会員 朱 虹 正 員 張 小 忙
正 員 谷口 慶治 非会員 仲野 豊

(福井大学大学院)

A high precision method for extracting the nuclei in renal glomeruli

Hong ZHU, Non-Member XiaoMang ZHANG, Member

Keiji TANIGUCHI, Member Yutaka NAKANO, Non-Member (Fukui University)

キーワード：フィードバック、動的閾値法、正規分布、近似度、細胞核の面積分布

1. まえがき

腎炎の診断に最も効果的な方法である腎生検を画像処理により行う場合、腎臓糸球体内に存在する細胞核領域をできるだけ正確に抽出しなければならない。この抽出方法として特徴量フィードバックをもつ動的閾値法をすでに提案した [1]。その方法は原画像を空間定数 σ の Gaussian 関数 $G(x,y)$ でぼかしたものを閾値として用い、このときの 2 値化結果 (核領域抽出結果) の平均面積 S_0 が規定値 S_a からの許容誤差内に入るように、 σ を繰り返し調整するものであった [2]。しかし唯一の σ 値を得られないという弱点がある。

ここでは、正規分布との近似度 ρ が評価要素にして、抽出した細胞核の面積分布範囲 ($|S_a - S_0| < \Delta S_a$) を満たす結果の中で最良の結果を求める方法について述べる。

2. 方法と実験結果

細胞核の面積分布条件 $|S_a - S_0| < \Delta S_a$ を満たす抽出結果の中からより厳密な抽出結果を選定するために、他の評価要素を加える。一つの糸球体内には細胞核が約 100 個ぐらいあるので、これらは統計的にある関数で分布するものと考えられる。ここでは、糸球体内の細胞核領域は面積に関し正規分布をなすと仮定し、これに一番近い分布を有する抽出結果を最良の結果とする。

この正規分布からのずれは次式で決められる近似度パラメータ ρ で評価する。

$$\rho = \sum_{i \in \text{size}} |F(\mu, \xi) - f(i)| \quad (1)$$

ここで $f(i)$ は抽出した核領域について計測された面積 i に関する個数分布であり、 $F(\mu, \xi)$ は $f(i)$ から算出された平均値 $\mu (= S_0)$ と標準偏差 ξ の正規分布関数である。すなわち:

$$F(\mu, \xi) = \frac{A}{\sqrt{2\pi}\xi} e^{-\frac{(S-\mu)^2}{2\xi^2}}; \quad \xi > 0 \quad (2)$$

$$A = \sqrt{2\pi} N_\mu \quad (3)$$

ここで、 N_μ は細胞核の平均面積 μ の個数である。

図 1 糸球体の細胞核の抽出結果

Fig.1. Extracted results of the nuclei
in renal glomeruli.

図 1 (b), (c), (d) は図 1(a) の原画像について三つの異なる σ 値を持つ Gaussian 関数 $G(x,y)$ による糸球体の細胞核の抽出結果を示す。

図 2 は図 1 の抽出結果に対する個数分布を示したものである。この図では核が重なったものは除いている。図 1 の (b) の分布は図 2 の f_1 であり, (c) の分布は f_2 であり, (d) の分布は f_3 である。図 2 により, f_2 が正規分布に一番近く最良の抽出結果であることが分かる。

図 2 抽出領域における数 (頻度)-面積関係
Fig.2. Relationship between the size of nuclei in renal glomeruli and frequency distribution displayed by different values of σ .

表 1 異なる σ による核領域の特徴量の抽出結果 ($\Delta S_a = 5$)
Table 1. Results of several feature values of nuclei regions obtained by different σ .

σ	S_o	N_o	$ S_a - S_o $	ρ
4.8	38.40	138	-11.40	— — —
3.1	29.07	141	-2.07	0.361777
3.0	28.17	142	-1.17	0.347167
2.9	27.14	143	-0.14	0.286008
2.8	26.96	143	0.04	0.297371
2.7	25.40	144	1.60	0.298916
1.5	12.49	111	14.51	— — —

表 1 は文献 [1,2] の実験例と同じ原画像を用いて核領域の抽出を行った結果である。ここで N_o は抽出した細胞核の個数である。この方法によると、核の面積の分布をより正確に反映する抽出結果は $\sigma = 2.9$ (文献 [2] では $\sigma = 3.1$) であることが分かる。

3. あとがき

ここでは細胞核領域抽出の最良結果を求める方法を述べた。実験結果より正規分布に近いときに最良の結果が得られることが明らかになった。

(平成 9 年 5 月 14 日受付)

文献

[1] X.M. Zhang, K. Taniguchi and Y. Nakano: "Variable Thresholding and its Application to Extracting Nuclei in Glomeruli", Proceedings of IASTED International Conference on Modelling, Simulation and Identification, 112~115 Wakayama, Japan (1994)
[2] 張 小忙, 谷口 慶治, 仲野 豊: "特徴量フィードバックを持つ動的閾値法による腎臓糸球体内の細胞核領域の抽出", 電気学会論文誌 116-C, 425~431 (1996)

朱 虹

(非会員) 1984 年中国アモイ大学自動制御理論学科卒。1991 年陝西機械学院 (現西安理工大学) 自動制御工程学科大学院修士課程修了。1984 年同学院助手, 1992 年講師。1996 年日本政府国費留学生として来日。現在, 福井大・大学院博士後期課程在学中。医用画像処理の研究に従事。

張 小忙

(正 員) 1983 年中国陝西機械学院 (現西安理工大学) 自動制御工程学科卒。1988 年同学院大学院修士課程修了。1983 年同学院助手, 1988 年講師。1996 年 3 月福井大・大学院博士後期課程修了。博士 (工学)。1996 年 4 月より シャープ (株) IC 開発センタ主任。

谷口 慶治

(正 員) 1953 年大阪歯車工業 (株) 勤務。1957 年 1 級無線技術士合格, 1956 年航空自衛隊勤務 (2 等空尉)。1964 年近畿大・理工 2 部電気卒。同年阪大・電子助手。1973 年福井大・電子・助教授。1976 年同教授。1988 年より情報工学科勤務。1996 年中国西安理工大学名誉教授。現在, 主に生体細胞の画像処理の研究に従事。工博 (大阪大学)。著書: 「画像処理」, 「画像処理工学」など (共著, 共立出版), IEEE Senior Member。

仲野 豊

(非会員) 1975 年福井大・工・電子卒。1977 年同大学院修士課程了。同年 11 月福井大学助手。医用画像処理, パターン認識関連の研究に従事。電子情報通信学会, IEEE 会員。