

拡大内視鏡画像による pit pattern 解析による病状推定のための基礎検討

弘田昌士[†] 玉木徹[†] 金田和文[†] 吉田 成人[‡] 田中 信治[‡]

[†] 広島大学大学院 情報工学専攻 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1

[‡] 広島大学病院 〒734-8551 広島県広島市南区霞 1-2-3

あらまし 医療の分野において、大腸の拡大内視鏡を用いた病状レベル推定を行うシステムが要望されている。大腸管腔内への腺管の開口部の形態を pit pattern と呼び、これは内視鏡診断の際に組織診断を推定する基準とされている。そこで本論文では pit pattern を画像から抽出し、その特徴量を算出することで病状レベルの推定を行う手法について述べる。大腸観察の際には病変部を染色し pit pattern を強調する。そこで、画像中の色エッジを抽出し、watershed 法を用いて領域分割を行い pit pattern を抽出する。各 pit pattern の特徴量を算出し、病状レベルとの相関について検討する。

キーワード 大腸拡大内視鏡, pit pattern, watershed 法, 医用画像処理

A consideration for condition analysis with pit pattern of endoscope image

Masaki HIROTA[†] Toru TAMAKI[†] Kazuhumi KANEDA[†] Shigeto YOSIDA[‡] and Shinji TANAKA[‡]

[†] Graduate School of Engineering, Hiroshima University

1-4-1 Kagamiyama, Hiagasihiroshima-shi, Hiroshima 739-8527 Japan

[‡] Hiroshima University Hospital 1-2-3 Kasumi, Minami-ku, Hiroshima-shi, Hiroshima 734-8551 Japan

Abstract Diagnosis system of condition level with an endoscope of large intestines is demanded in the field of medical treatment. The form of opening of duct of the gland in a large intestines lumen is called pit pattern, and this is used for an organizational diagnosis with an endoscope. In this paper we consider a method for analysing pit pattern from endoscope image. Pit pattern is extracted by color edge of image, and watershed segmentation. Feature of the extracted pits are examined to find correlation between the condition level and the features.

Keyword large intestines endoscope, pit pattern, watershed method, medical image analysis

1. まえがき

平成 17 年人口動態調査書[1]によると、大腸癌による死亡者数は 4 万人となっており、肺癌 6 万人、胃癌 5 万人に続いて癌による死亡者数の第 3 位となっている。しかし、大腸、癌検査等の臨床上大きな意義を持つ内視鏡検査機器の設置状況は、一般診療所において 6.2% となっており、一般病院の 59.4% に比べて非常に少ない。この理由は、専門医の不足により一般診療所においては内視鏡検査を行うことが難しいということが挙げられる。また、現在の内視鏡検査においては、従来の内視鏡に替って、病変部を 70~100 倍程度に拡大して撮影することができる拡大内視鏡が用いられているが[2]、拡大撮影された画像の診断は熟練を必要とする。そこで、専門医ではなくとも内視鏡検査を可能とするため、内視鏡画像より大腸癌の診断を支援するシステムが望まれている。

大腸の内視鏡診断学の分野は、pit pattern と組織診断の対応関係を検討することで発展してきた[2]。pit と

は大腸管腔内への腺管の開口部のことであり、その形態を pit pattern という。pit pattern は図 1 に示す I~V の 5 つの型に分類されており、病変部の pit pattern と組織診断を対応づける、明快な診断学が確立されている。したがって、pit pattern の型の判別ができれば腫瘍・非腫瘍の判別や腫瘍の質的・量的診断が可能とされている。また、内視鏡診断において pit pattern の観察を行う際には、通常観察のみでは診断しづらい微細な病変を観察するために色素を直接吹き付ける病変部の染色が行われている。図 2 で示している画像は染色済み的大腸壁であり、染色の結果このように pit と周囲の間で色のコントラストがつけられる。このように pit pattern は実際に診断を行う際にも用いられることから、病状レベル推定を行うにあたって有用な情報であると考えられる。

これまでに行われている pit pattern のフラクタル次元と病状レベルとの対比を行った研究[3]がなされているが、画像からの pit pattern 抽出は手動である。

I		楕円形の正常腺管pit
II		星芒状pit
III _s		I型よりも小さい管状～楕円形pit
III _L		I型よりも大きい管状～楕円形pit
IV		溝紋様、樹枝様、脳回転状pit
V _i		II、III _s 、III _L 、IV型pitの開口部 大きさや配列の不整なpit
V _N		pitが減少～消失し無構造所見の 出現を伴う状態

図1: pit pattern 分類[2]

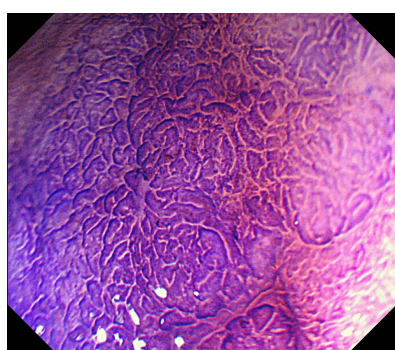


図2: 拡大内視鏡画像

本論文では pit pattern 解析による自動病状レベル推定を目指し、その基礎検討として pit pattern 抽出と特徴量の検討を行う。pit pattern 解析のためには、まず画像から pit pattern を自動抽出する必要がある。前述したように、pit pattern を観察する際は染色によって周囲とのコントラストがつけられている。そのため、pit とそれ以外の部位との色の差が著しいことから、色エッジにより pit pattern の輪郭を強調し、watershed 法を用いた領域分割により pit 領域を抽出する。領域の各 pit の主軸長や面積といった特徴量を算出し、型との相関を学習する。

以下、2 では拡大内視鏡画像からの pit pattern 抽出について述べる。また、3 では pit pattern の特徴量算出と型との相関について示す。最後に 4 において本論文のまとめと今後の課題について述べる。

2. pit pattern の型ごとの特徴

図1に示すように型とその特徴が分類されているが、その特徴は定性的なものであり、システム上で型分類を行うためには定量的な基準が必要である。

II 型の場合 I 型の pit 形状が多少崩れた形状と考えられるため、円形度がより低く pit 面積がより大きい

型と考えられる。同様に III 型は、III_s 型であれば面積が I 型より大きく、III_L 型であれば小さい。また、管状ということから主軸方向に長い特徴がある。IV 型は樹枝状ということから、細線化処理を行った後の分岐点の有無、主軸長に対して周囲長が長い。V_i は輪郭が不整されている。これは、pit 輪郭が滑らかでなく、ギザギザしている事を示しており、pit の幅の平均、分散で定義できると思われる。

本論文では、まず pit の大きさに着目し、主軸長、面積、円形度、周囲長について検討を行う。

3. watershed 法を用いた pit pattern 抽出

3.1 色エッジの抽出

まえがきで述べた様に大腸観察時には病変部が染色されるため、pit とその周囲の間では色差が著しい。そこで、この特徴を利用して、まず色エッジ[4]を抽出し、pit の輪郭を強調する。

色エッジの抽出のために、まず画像を RGB から L*a*b へ変換する。そして、図3に示す縦、横、斜め方向の計4つのロビンソンオペレータを適用する。

これらのフィルタを L*, a*, b* 成分のそれぞれに適用した値を ΔL , Δa , Δb とし、次式によりエッジの大きさを求める。

$$\Delta Lab(x) = \sqrt{(\Delta L(x))^2 + (\Delta a(x))^2 + (\Delta b(x))^2} \quad (1)$$

4 つのフィルタのうち最も大きい ΔLab の値をその画素の色エッジの値とする。

3.2 watershed 法

色エッジから pit の輪郭部を抽出したいが、色エッジの強さが pit 輪郭部において一様ではない為に単純な 2 値化処理では難しい。しかし、原画像において pit 輪郭部(図2における管状模様とその周囲との境界部)に顕著な色変化が見られることから、色エッジは pit 輪郭部において極値を示すと考えられる。そこで、輝度変化の極値を抽出する watershed 法を用いて pit 輪郭部を抽出する。しかし、watershed 法のみでは過分割状態となり満足のいく pit pattern の抽出が行えない。そこで、watershed 法と併用して領域統合を行う。

具体的なアルゴリズムを、図4に示す。watershed 法の進行過程において常に各 water 領域における平均 L*a*b*値を計算しておく。そして、二つの water 領域が重なった時にそれぞれの water 領域の平均 L*a*b*値より式(1)を用いて色差を算出する。この色差が閾値以下であった時には watershed を作成しない、つまり領域統合を行う。この処理を行うことで領域の過分割を防ぐ。

1/4	2/4	1/4	1/4	0	-1/4	2/4	1/4	0	0	1/4	2/4
0	0	0	2/4	0	-2/4	1/4	0	-1/4	-1/4	0	1/4
-1/4	-2/4	-1/4	1/4	0	-1/4	0	-1/4	-2/4	-2/4	-1/4	0

図 3：ロビンソンオペレータ

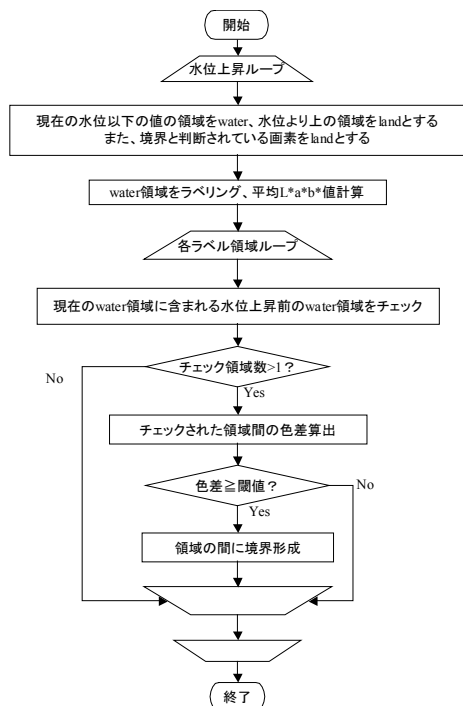


図 4：領域統合フローチャート

3.3 領域分割結果

3.1 節で述べた色エッジの算出を図 5 左列の画像に対して行った。各画像の型は上から順に III_L, III_L, IV, V_i となっており、画像サイズは 250×220pixel である。このサイズは図 2 で示すような画像全体を 4×4 に分割した 16 分の 1 のサイズであり、実寸は約 1 mm×1 mm である。適用結果については図 5 中列に示している。

図 5 中列の画像に対して領域統合を含む watershed 法を適用した結果を、図 5 右列に示している。この結果では、領域統合は行っても一つの pit が複数に分割される、また、pit 以外の領域も抽出されるといった問題がある。現段階ではこれらの問題に対処できていないので、全ての領域の特徴量と型との相関を検討する。また、医師に手動で pit を選出してもらい、その領域の特徴量と型との検討も行う。詳しくは 4.2, 4.3 節で述べる。

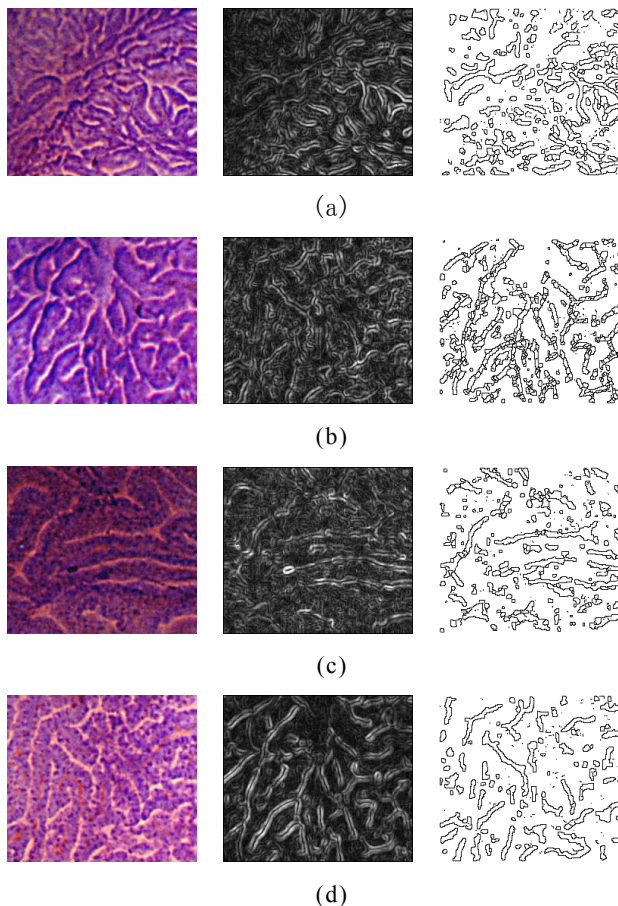


図 5：左:原画像 中:色エッジ抽出結果 右:領域分割結果
(a) III_L (b) III_L (c) IV (d) V_i

4. pit pattern の特徴量算出

4.1 特徴量

3 節で述べた手法により抽出された各領域について特徴量を算出し、型との比較を行う。

図 1 に示しているように pit の分類基準は定性的であるので、まず pit の大きさについて検討する。その為 pit pattern より算出した特徴量は、面積、主軸長、周囲長、円形度の 4 種類であり、定義は次のとおりである。

面積： 領域を構成する画素数 S

主軸長：以下の式で算出する主軸角 θ 方向における領域の最大長 D 。ただし、 i は領域に含まれる画素を表し、 x'_{max} は x' の最大値、 x'_{min} は最小値を表す。

$$D = x'_{max} - x'_{min} \quad (2)$$

$$x' = x(i) \cos(-\theta) - y(i) \sin(-\theta)$$

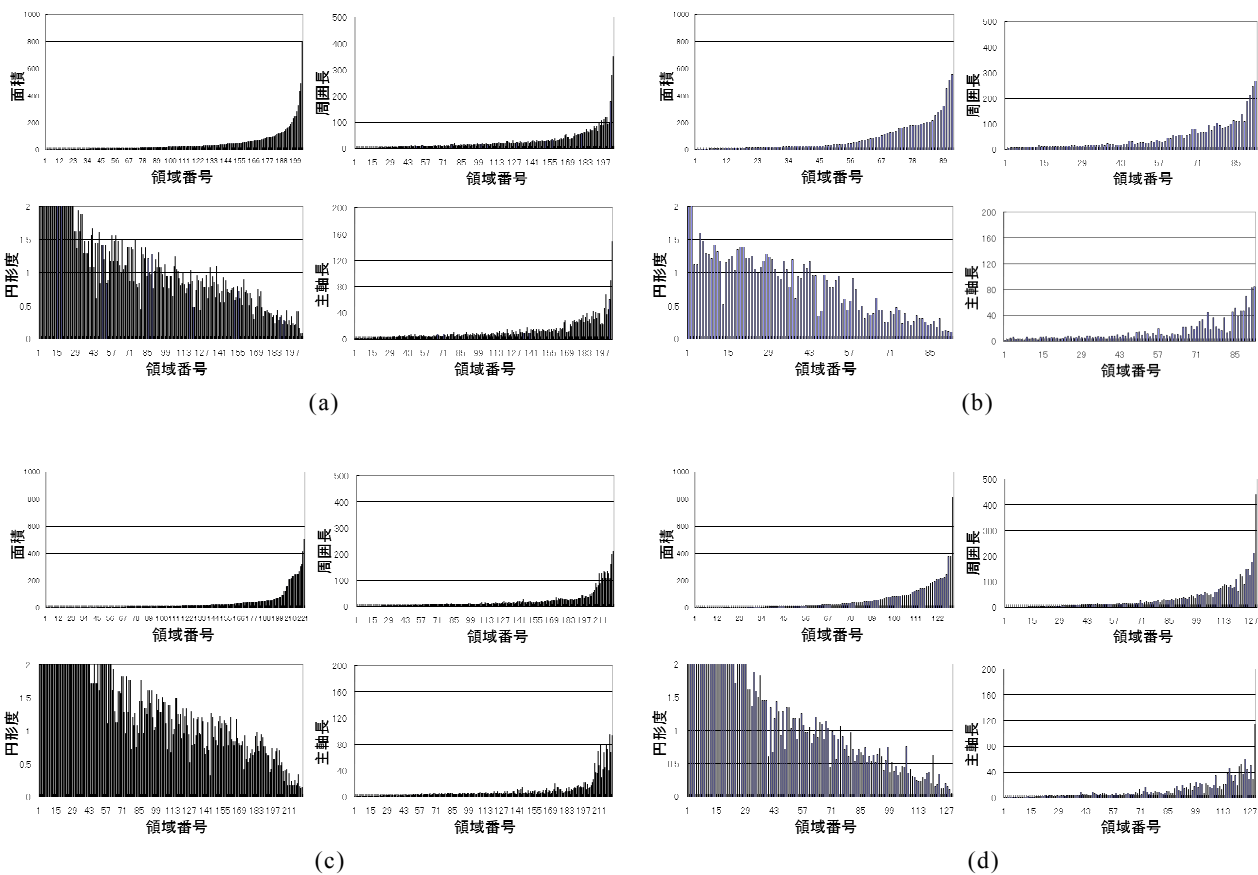


図 6 : 4 種の特徴量
(a) III_L (b) III_L (c) IV (d) V_i

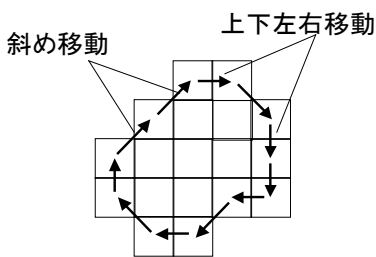


図 7 : 8 方向輪郭追跡

周囲長：領域外周部の任意の画素より 8 方向の輪郭追跡を行い (図 7)，始点に戻ってくるまでの上下左右の追跡移動数を T_1 ，斜め方向の移動数を T_2 としたとき次式で計算される値 L

$$L = T_1 + \sqrt{2}T_2 \quad (3)$$

円形度：次式によって得られる値 C

$$C = \frac{4\pi S}{L^2} \quad (4)$$

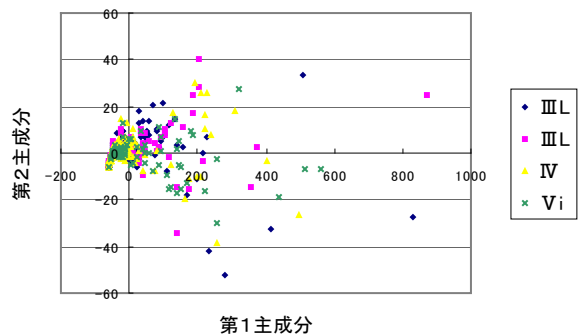


図 8 : 主成分分析結果

4.2 抽出された全ての pit についての検討

前節で述べた特徴量を，図 5 右列に示す 4 枚の領域分割結果における各領域について算出した．その結果を図 6 に示す．各グラフの横軸は領域を区別するラベルになっており，面積の大きさによって昇順にソートされている．

この結果について型との相関を検討する．特徴量算出の対象とした図 5 右列の領域分割結果には多くの微小領域が含まれている．これらの微小領域は pit では

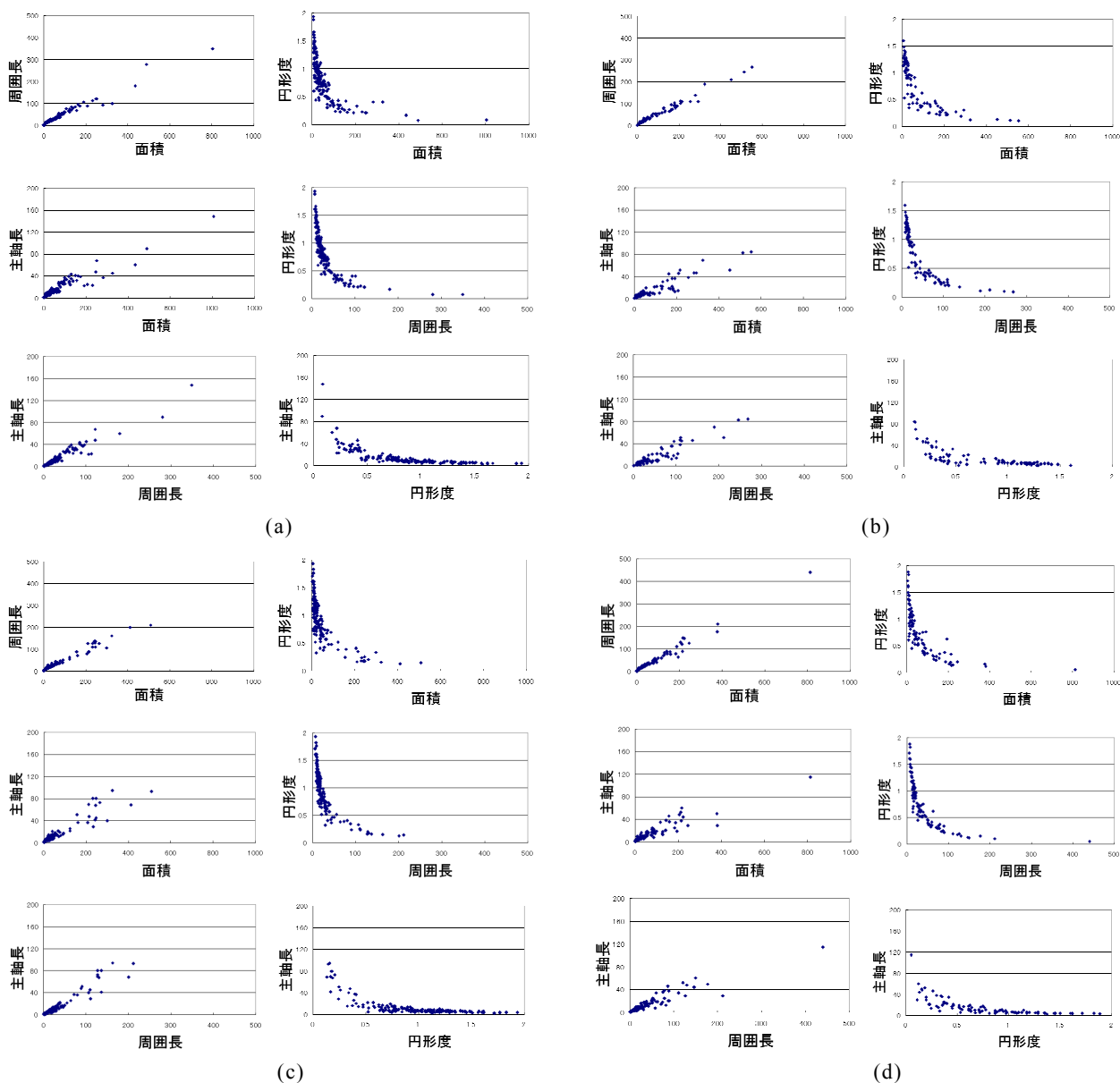


図 9：特微量相関

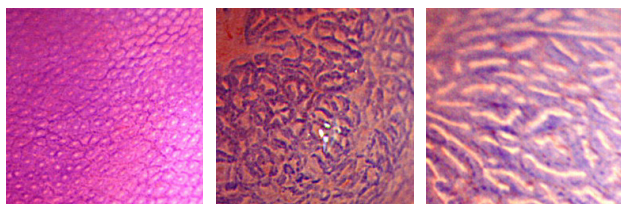
(a) III_L (b) III_L (c) IV (d) V_i

なく、それ以外の領域の色むら等が抽出された結果だと考えられる。そこで、これらの微小領域は除き、ある程度の面積を持った領域からの特微量算出結果について検討を行う。

図 6 では型との関係が見えづらいため、4 つの特微量から 2 つを選出し 2 軸プロットを行った。その結果を図 9 に示している。まず、面積と主軸長の相関を見たとき、200 以上の面積を持つ領域の場合、IV 型は III_L 型よりも主軸長が長いものが多い。分類として IV 型は III_L 型よりも pit が長いはずである為、その特徴が表れていると考えられる。次に、周囲長について検討する。主軸長と同様にある程度の面積を持つ領域に注目

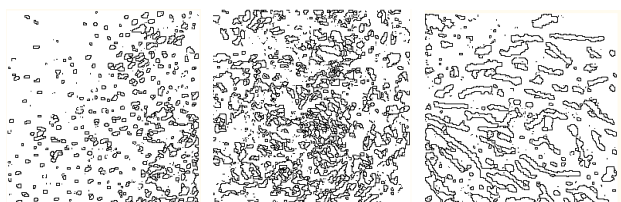
すると、型の違いによる差は見られない。主軸長には差があったことから、IV 型と III_L 型との間に pit の幅の違いがあるのではないかと考えられる。また、pit pattern の抽出結果が良好であったかどうかということも影響していると考えられる。もう一つの特微量である円形度についても、型による差は見えない。

また、図 6 に示す 4 種類の特微量全てを用いて主成分分析を行った結果を図 8 に示している。図 8 の横軸は第 1 主成分、縦軸は第 2 主成分を表しており、データ点を第 1、第 2 主成分による平面へ投影した結果を示している。この結果、もしデータ点が型に応じたクラスターを形作ることがあれば、パターン認識により特



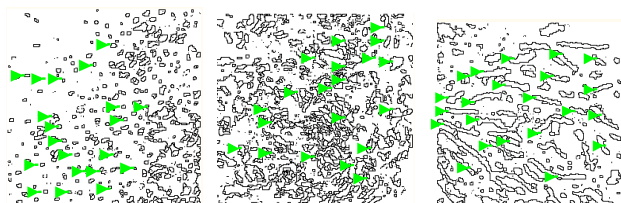
(a) (b) (c)

図 10：対象画像 (a) I (b) II (c) III_L



(a) (b) (c)

図 11：領域分割結果 (a) I (b) II (c) III_L



(a) (b) (c)

図 12：選出された領域 (a) I (b) II (c) III_L

微量を用いた病状レベル推定が出来ると考えた。しかし、実際には図 8 で示されている様に型に関係なく全てのデータ点が混在している。この結果から、今回算出した 4 種の特徴量のみを用いた病状レベル推定は難しいと考えられる。

4.3 手動で選択した pit についての検討

4.2 節では、抽出された全ての領域について特徴量を算出したがその中には pit 以外の領域も多数含まれている。ここでは、医師が pit だと判断して選出した領域についてのみ算出した特徴量について述べる。

対象とした画像は図 10 に示す 3 枚の画像であり、これらから pit pattern 抽出処理を行った結果を図 11 に示す。この抽出結果より pit と判断した領域をそれぞれ 20 点ほど選出し (図 12)、その特徴量について検討を行う。

3 枚の各画像より選出された領域の特徴量を、横軸に面積、縦軸に主軸長として同一面上にプロットした結果を図 13 に示す。この結果より、pit 領域が選出されれば I 型は主軸長と面積共に低く、II 型は I 型よりも主軸長と面積共に高いといった傾向が見られる。この様に、pit 選出を医師が行った場合には、よりはっきりと型ごとの特徴が表れるのではないかと考えられる。

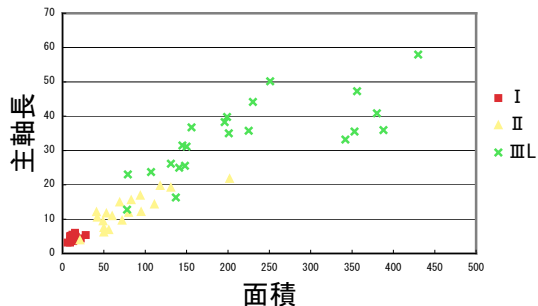


図 13：型ごとの特徴

しかし、今後は形状が似ている III 型と V 型の分類についても検討を行う必要がある。

5. むすび

拡大内視鏡画像を用いた病状レベル推定手法について検討を行った。今回の検討は、拡大内視鏡画像より pit pattern を抽出し、その特徴量と型との相関を観るといった方法で行った。今回の結果より、現在の段階では病状レベル推定は難しいと考えられる。

今回の検討について今後改善すべき点は 3 つある。まず、pit pattern の抽出を行う際、画像によっては良好な結果が得られず抽出ができていない。その為、算出した特徴量もその影響を受け、pit pattern の特徴量として考えられるデータではなく、値もある。この抽出手法をどう改善するのが今後の課題となる。

2 つ目の改善すべき点として、pit pattern がある程度抽出されている画像であっても pit 以外の領域も同時に存在している事がある。このために、これらの領域によって算出した特徴量に不要なデータが発生し、pit pattern の特徴量と型との相関を調査する上での障害となっている。この pit ではない領域をどのように除去するのが今後の課題となる。

最後に、算出した特徴量の種類が不十分である事が挙げられる。これについては、今後さらに多くの特徴量を求め、主成分分析等によって型との相関を調査していく。

文 献

- [1]厚生労働省大臣官房統計情報部,人口動態統計,(上中下 3 冊),下巻,財団法人厚生統計協会,2007.
- [2]田中信治 編,大腸 EMR・ESD の基本手技,メジカルビュー社,2006.
- [3]味岡洋一,林俊壺,渡辺英伸,本間照,西倉健,橋立英樹,“大腸腫瘍のミクロとマクロにおける新しい知見 - pit pattern のフラクタル解析と組織所見との対比”,胃と腸,vol.34, No.13, pp.1599-1606, 1996.
- [4]趙延軍,長谷山美紀,北島秀夫,“色エッジ及び並列実行の領域統合を用いた Watershed 画像領域分割法の改善”,電子情報通信学会論文誌, Vol.J89-D, No.4, pp.836-849, 2006.