

骨年齢診断支援システムのための手部 X 線画像の特徴量抽出による形状定量評価

Quantitative Shape Evaluation of Image Feature Extraction for a Hand Part

X-ray Photogram Skeletal Age Diagnosis Support System.

○赤崎信治<sup>1</sup>, 俵紀行<sup>2</sup>, 塚本新<sup>3</sup>, 伊藤彰義<sup>3</sup>

\*Shinji Akazaki<sup>1</sup>, Noriyuki Tawara<sup>2</sup>, Arata Tsukamoto<sup>3</sup>, Akiyoshi Itoh<sup>3</sup>

Abstract: Skeletal age is one of the methods to find some hopeful players. Skeletal age is the age of a bone as determined by the extent of bone development. Skeletal age is determined by scoring based on the feature of bone shape from a hand part X-ray photogram. Commonly, Tanner-Whitehouse2-RUS(TW2-RUS) method is used to calculating skeletal age. We evaluated the middle phalanx of the third finger by the calculating of TW2-RUS method. We assumed luminosity value the difference of bone region and interosseous space region to feature. We confirmed a recognition rate of 87.3% by utilizing of this feature. This estimation was supposed that the recognition rate is increased by adding feature of distance between the diaphysis and the epiphysis. As a result, the recognition increased at 96.83%.

1. はじめに

骨年齢は小児医学分野の成長診断において、重要な診断指標として用いられている。骨年齢は、発育・発達の程度を的確に表し、現段階でどのような成熟の段階にあるかを評価することができる。また、競技スポーツにおける有望選手発掘、成長ホルモン分泌不全症の薬投与時期の決定の指標として応用できる。

骨年齢の判断方法としては左手部 X 線画像を用い、日本人の成長特性に標準化された Tanner-Whitehouse2-RUS 法 (TW2-RUS 法) による評価が代表的である。しかし、TW2-RUS 法による骨年齢の判読は難易度が高く複雑で、正確な判読には判読者の熟練を要する。それに伴い、判定工程も複雑で時間がかかることから判読者に負担を強いるため、判読の誤りを助長する。そこで、画像処理を用いることで、判別のプロセスでの高速化、自動認識の判別率向上を目的とし、判読者の負担を軽減するために、支援診断システムを検討する。本報告では、判読の難易度が高い「癒合開始」の判別、及び、偽癒合の有無の判別を検討した。そこで、撮影条件による誤差の影響が最も少ない第 3 中節骨を対象画像とした。骨幹端の間隙の経路探索を基点とした手法、及び、骨幹端の頂点距離を特徴量とした手法を用い、成熟段階 G と成熟段階 H の定量評価を行い、その解析結果を判読者に提示することで判読効率の向上を図り、その支援診断システムを提案した。

2. TW2-RUS 法による骨年齢の判読部位

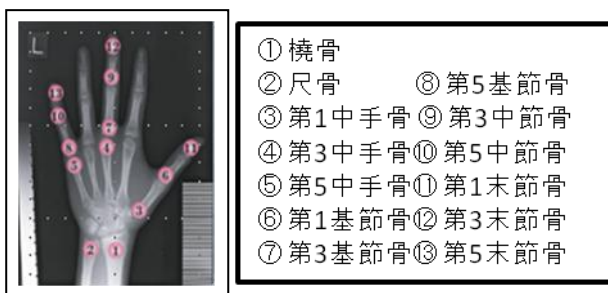


Fig.1 Left hand radiography image and 13 places of evaluation a region

TW2-RUS 法は、手骨の各部 13 箇所をそれぞれ 8~9 の成熟段階に分類し、13 箇所の合計年齢から骨年齢を算出する手法である。Fig.1 に左手部 X 線写真における評価部位 13 箇所を示す。本報告では第 3 中節骨の検討を行った。

3. 癒合・偽癒合

骨の成長過程の中で、癒合・偽癒合という現象があり、成熟評価の指標として用いられている。

癒合とは Fig.2 のように成長の過程で骨幹骨と骨端骨が化石化する現象である。癒合の判別では間隙領域に注目し、骨幹端の間隙が部分的に消失した時を「癒合開始」とする。

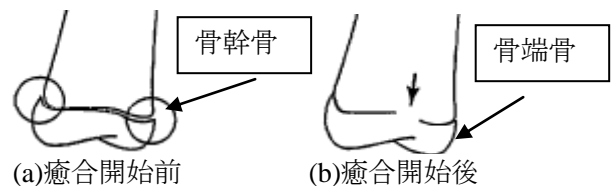
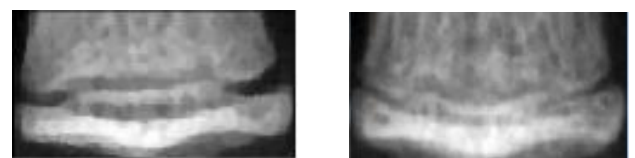


Fig.2 Agglutination

癒合が開始していれば成熟段階 H と判断され、開始していなければ成熟段階 G となる。癒合開始の基準が容易に判定できない場合が多いため、判別精度を劣化させる要因になっている。判読精度の劣化を防ぐため、骨幹端の間隙領域が消失しているかを判別する手法の検討をする。高い輝度値をもつ骨領域と、低い輝度値をもつ間隙領域の輝度値の差に着目した。



(a) Fake agglutination image (b) Agglutination image  
Fig.3 Fake agglutination image and agglutination image

また、Fig.3 (a) の原画像のように X 線写真撮影時に

放射線が斜めに透過されるため、骨端骨と骨幹骨が重なって写る偽癒合という現象がある。偽癒合は化骨化していないにもかかわらず、癒合と誤判別されてしまうことがある。そこで、偽癒合の判別も検討する。偽癒合している場合は、骨端骨頂点と骨幹骨頂点の 2 点間距離が長くなるという特徴がある。本来、低輝度値をもつ間隙領域が、骨が重なることで高輝度値となる為、消失してみえる。偽癒合は判別精度の劣化を促している。そこで第 3 中節骨における間隙領域の特徴量を抽出し、癒合開始の判断と偽癒合の有無の判別を提案した。

#### 4. 評価対象

骨成熟評価の専門家により判読が行われた手部 X 線画像 63 症例を対象とし、成熟段階の自動判別を行った。これらは成熟段階 G が 39 症例、成熟段階 H が 24 症例である。これらの画像から第 3 基節骨を抽出し、成熟段階 G と成熟段階 H を判別する。

#### 5. IS 法のコストによる癒合判別の評価

癒合、または偽癒合していなければ間隙領域の輝度値が低くなる。そこで、間隙領域の特徴を抽出するために経路探索法である Intelligent Scissors 法(IS 法)を使用した。IS 法はユーザが決めた候補点間をコストに沿って間隙領域を抽出することを目的とし、局所コスト評価による経路探索法である。このとき、各画素における重みづけをコストと定義する。今回、コストには輝度値を使う。間隙領域は低輝度値のためコストが低くなる。IS 法で用いる各画素点でのコストの重みづけを示すローカルコストと呼ぶ。画素(i,j)のローカルコストを式(1)に示す。

$$c(i, j) = w_v \cdot c_v(i, j) + w_g \cdot c_g(i, j) \quad (1)$$

ここで  $c_v, c_g$  は画素特徴量であり、 $w_v, w_g$  はこれらの重み係数である。 $c_v$  は対象領域の j 軸方向の輝度値の変化に注目した特徴であり、極大点間の画素に与えられる。 $c_g$  は強度勾配コストであり、値が高くなるほど経路探索において選ばれにくいコストである。

また、癒合において部分的に間隙領域が消失した症例を判別するため、最大正規化コストを提案する。最大正規化コストとは抽出した経路内の数経路長(本検討では 5 pixel)とする。そのため、局所的にコストの値を抽出することができる。最大正規化コストを式(2)に示す。

$$C_N(p) = \frac{c(p-1) + c(p-2) + \dots + c(p-m+1)}{b(p-1) + b(p-2) + \dots + b(p-m+1)} \quad (2)$$

P は注目画素であり、C(p)は画素間のローカルコストを表し、b(p)は画素間の距離であり、m はコスト計算区長である。候補点間の経路の累積コストが最も低い値の経路の最大正規化コストの値を特徴量として用い、第 3 中節骨の癒合開始の評価を行った。結果を Fig.4 に示す。

Fig.4 の結果にマハラノビスの距離を用いた判別分析を適用することにより、87.3%の認識率が報告されている<sup>[3]</sup>。成熟段階 G と成熟段階 H の分布が数症例重複している。この特徴量だけでは成熟段階を完全に分離できない結果となった。従って、成熟段階 G と成熟

段階 H の重複する領域の検討をする。

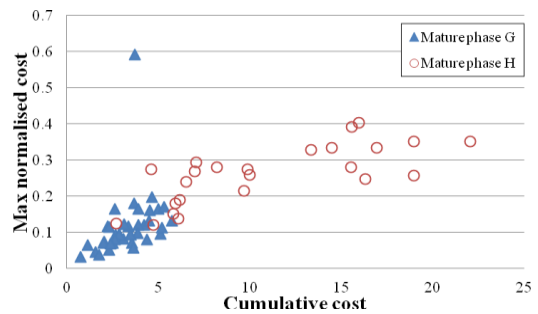


Fig.4 Cost scatter diagram

#### 6. 偽癒合判別のための特徴量抽出

Fig.4 において、成熟段階 G と成熟段階 H の分布が重複している理由として癒合、偽癒合が判別されていないことが考えられる。偽癒合している症例では、骨端骨・骨幹骨の両端部の間隙領域内の距離が長くなるため、Fig.5 の画像の候補点間の直線の特徴量として用い、第 3 中節骨の偽癒合判別の評価を行った。この画像の候補点は骨端骨頂点と骨幹骨頂点としている。また、本手法では各候補点を手動で取る。この候補点間距離をユークリッド距離として求める。線の長さの単位は[pixel]である。候補点間距離が 20pixel を超えた場合、偽癒合と判別する。癒合していて骨端骨頂点と骨幹骨頂点が化骨化している場合は測定不可になり成熟段階 H と判別した。

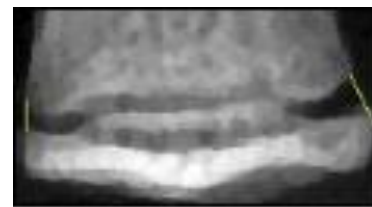


Fig.5 Euclid distance between top of diaphysis and epiphysis

偽癒合の有無の判別を行った結果、誤判別が減少し、成熟段階 H の 2 症例を除いて 96.83%の認識率を達成した。

#### 7.まとめ

本研究では第 3 中節骨の癒合開始の定量評価について検討を行った。本手法では間隙領域に着目し、経路抽出を行った。また、骨幹端の頂点距離に注目し、偽癒合の判別を行った。その結果、96.83%の認識率を達成し、偽癒合を判別することの重要性を示した。

また、骨幹端の間隙領域、頂点距離に注目するのは他の評価部位における癒合の判定基準でも同じである。従って、本手法は他の部位への応用も期待できる。

#### 8.参考文献

- [1]村田光範, 松尾宣武, 田中敏章ほか:「骨成熟段階評価マニュアル」, HBJ 出版局, 1997
- [2]俵紀行, 川原貴, 村田光範:「フィルムレスを用いた骨成熟評価法(TW2-RUS 法)の試み」, 日本骨形態計測学会誌, vol16, pp.7-12, 2006
- [3]朝倉健太:「骨年齢診断支援システムのための手部 X 線画像の特徴量抽出による指骨形状定量評価」, 修士論文, 2012