

PET-CT 画像を用いたがん自動診断システム

- 小さな異常集積の抽出アルゴリズム

金子 つばさ[†] 後藤田 結[†] 中原 理紀[‡] 陣崎 雅弘[‡] 有澤 博^{**}

株式会社 Realmedia Lab.[†] 慶應義塾大学医学部放射線診断科[‡]

横浜市立大学大学院医学研究科放射線医学^{**}

1. はじめに

医療画像である PET(Positron Emission Tomography) と CT(Computer Tomography) を組み合わせた診断は、全身のがんをくまなく精査することができるため、がん検診や再発の検査に利用されている。がんを初期の段階で発見することは重要であるが、小さな集積は数スライスにしか映らないこともあり、PET と CT を合わせて 600 枚以上もあるスライス画像を 1 枚ずつ調べるのは、専門の読影医にとっても負担が大きい。本稿では、コンピュータによる診断支援 (CAD: Computer Aided Diagnosis) の一機能として、PET-CT 画像を用いて、がんを含む小さな異常集積を抽出する方法を検討する。

2. PET 画像とは

PET 画像は、FDG(Fluorodeoxyglucose) と呼ばれる放射性ブドウ糖を体内に注射し、その集積度を撮影したものである。がんは正常の細胞に比べて多く糖を吸収する性質を持つため、周囲に比べて強い集積を持つ箇所はがんの可能性がある。一方で、FDG は脳や膀胱等、生理的に (正常な臓器の活動に伴って) 集積する箇所もある。また、小さな集積に関しては、画像処理の過程で、部分容積効果と呼ばれる、実際の FDG の吸収値よりも低い値が出る現象が起こることが知られている。そのため、画像の診断には専門的知識が必要となる。

3. 小さな異常集積の特徴

小さな異常集積の断面画像を図 1 に、図 1 の十字付近の x 軸の値の分布図を図 2 に示す。観察から、小さな集積は以下の特徴をもつ。

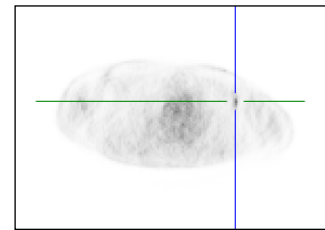


図 1 小さな異常集積の断面画像 (濃いほど値が高い)

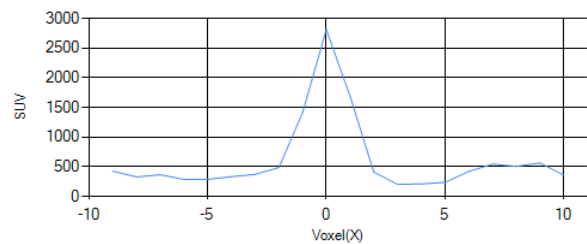


図 2 小さな異常集積の値の分布図 (x 軸)

- ・ 周囲と比較して値(SUV)が高い
- ・ 周囲と比較して値の変動が大きい
- ・ 集積の中心に向かって値が高くなる

また、異常集積と生理的集積との区別には、集積の位置が大きく関係する。例えば、眼球の背部にある外眼筋は、小さく強い集積を持つことが多いが、異常ではない。

これらの特徴を踏まえ、抽出アルゴリズムを検討する。

4. CAD における小さな異常集積の抽出

4-1. 臓器部位の抽出

集積が生理的かどうかの判断に人体の部位情報は有用である。そこで、PET 画像と CT 画像を用いて部位認識を行う。今回抽出する部位は、脳、肺、外眼筋、心臓、腎臓、膀胱、精巣とした。臓器抽出の方法の詳細は本稿では割愛する。

4-2. セル単位のフィルタリング

集積を網羅的に探するため、PET 画像を指定幅 (今回は 15.0mm とし、1 セルあたり $5 \times 5 \times 6$ [voxel] 程度) の立方体に分割し、セルごとにフィルタリング処理を行う。小さい集積の一部

Computer-Automated Diagnosis System using PET-CT images
- An Extracting Algorithm for small abnormal accumulations

[†] Kaneko Tsubasa, Realmedia Lab. Corp.

[†] Gotoda Yui, Realmedia Lab. Corp.

[‡] Nakahara Tadaki, Keio University

[‡] Jinzaki Masahiro, Keio University

^{**} Arisawa Hiroshi, Yokohama City University

を含む場合、セル内に比較的急な傾斜を含むため、以下のセルを残す処理を行う。

- ・ セル内の隣り合う voxel の値の差が一定以上
- ・ セル内の要素のとり値の幅が一定以上

閾値の設定では、セル内の最小値等によって閾値を変更した。理由は、基準となる値によって差分等の値の重みが異なるためである。例えば、1000 にとって差分 500 は大きい、3000 にとっては差分 500 は大した大きさではない。

また、周囲のセルと要素を比較し、類似したセルがある場合は除外する。セル同士の類似度は、ヒストグラムの共通部分と非共通部分を用いて計算した。

4-3. 集積中心への移動

より正確なパラメータを取るため、セルの中心が集積の中心になるように、着目点を移動させる。ただし、異常集積の近くに強い生理的集積がある場合、生理的集積側に移動してしまうと異常集積を見落としてしまうため、生理的集積と判断されている箇所には移動しない。

4-4. 集積単位のフィルタリング

小さな集積が、集積の中心に向かって値が高くなる特徴を用いて、値の分布が放射線状に、中心が高くなるものを残す。

また、セル単位で行ったフィルタリング処理と同様の処理を、閾値を変えて再度実行する。肺に含まれる集積に関しては、他の部位よりも淡い集積が多いため、閾値をゆるめに設定した周囲との比較では、生理的高集積が近くにあることを考慮し、その部分を除いて比較を行う。

4-5. 生理的集積の除外

脳、外眼筋、心臓、腎臓、膀胱、精巣について、それらの領域に含まれる集積を除外する。したがって今回は、これらの領域の異常集積に関しては抽出しない。

5. 実験

全身 PET-CT 画像 15 症例の、読影レポートが指摘している異常集積のうち、小さなもの（概ね PET で 20.0mm 程度未満）29 個について抽出精度を評価した。

5-1. 入力画像

PET-CT 画像は、画像サイズが PET 画像で $128 \times 128 \times 253 \sim 168 \times 168 \times 335$ [voxel]、CT 画像で $512 \times 512 \times 174 \sim 335$ [voxel] のものを使用する。空間解像度は、PET 画像が $4.07 \times 4.07 \times 2.99 \sim$

$5.31 \times 5.31 \times 3.98$ [mm]、CT 画像が $0.98 \times 0.98 \times 3.26 \sim 1.37 \times 1.37 \times 3.98$ [mm] である。

5-2. 実験結果

実験結果を表 1 に示す。なお、システムが大きい異常集積の一部を指摘している場合は、過剰指摘数には含めなかった。

CAD による的中数は、29 個中 24 個で割合は 82.7% 程度、過剰指摘数は、1 症例あたり 4~16 個で、平均は 8.53 個だった。

5-3. 考察

指摘漏れについては、細長い異常集積に対してうまく働いていないものがあつた。理由は、途中まで異常集積の一部を取っているものの、周辺に類似の集合（実際は自分自身の集積）があるという理由で除外されてしまった。また、臓器部位抽出の失敗によって、本来比較から除外されるべき強い生理的集積と近くの異常集積が比較され、類似の集積度合ということで除外されてしまった。周囲とのコントラストが低い場合に抽出できなかった。

過剰指摘については、目で見集積は存在するものの、生理的であるものが多かった。具体的には、尿管、腸、筋肉、乳頭、扁桃腺などの生理的集積があつた。これらを異常集積と区別するためには、より詳細な臓器部位抽出が必要と考えられる。

6. まとめと今後の課題

全身の PET-CT 画像から小さな異常集積を抽出する方法を検討した。改良の余地はあるものの、実験では、小さな異常集積を 82.7% 抽出しつつ過剰指摘数を平均 8.53 個に抑えられた。今後の課題としては、どの処理がどの程度効果的だったかを検証するとともに、過剰指摘を増やさずに指摘漏れの数を減らすことが挙げられる。

謝辞

本研究は、科学研究費補助基盤(B)15H02706 による支援を受けています。また、本稿で使用した PET-CT 画像は、当研究グループ外から倫理規定をクリアした上で提供していただいたものです。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

1. 陣之内正史編：FDG-PET マニュアル 検査と読影のコツ，インナービジョン(2005)
2. 新田修平，本谷秀堅，深見忠典，他：画素値の確率分布に基づく PET/CT 画像中の腫瘍領域の抽出，Medical Imaging Technology 24(5)，409-418，2006

表 1 実験結果

CAD による的中数	24/29
過剰指摘数 (症例あたりの平均)	8.53