

## 8. 核医学画像のradiomics

平田 健司/志賀

哲 北海道大学大学院医学研究院核医学教室

### Radiomicsと特徴量

radiomicsは、多モダリティからなる医用画像の全画素を最大限に利用して臨床に役立つ情報を得ることをめざす。医用画像は、現在ほぼすべてデジタル画像であり、画像は有限個のピクセルから構成される。また、各画素値もコンピュータが扱える離散値として与えられる。画素値のままでは解析には用いにくいいため、画素値を集約していくつかの特徴量を算出し、その上で病名を診断したり予後を予測したりする。

ここで特徴量という言葉を使ったが、わかりやすい例として、人間の特徴量を考えるなら、年齢、性別、身長、体重、血液型、年収、趣味……などが人間の特徴量と言える。ある人間を特徴づける量であれば、連続値でもカテゴリ値でも特徴量である。

radiomicsでは、画像の特徴量を数十種類、場合によっては数百種類も計算して、これを診断や予後予測に用いる。一般的なPET画像の1断面のマトリックス数は、128×128や168×168などであるから、2万～3万個の画素が含まれる。これらの画素値に四則演算などさまざまな演算を行うことによって算出される特徴量の種類は、理論的には画素数よりもはるかに多い。それを数十～数百種類に集約するには、選択基準が必要になる。一般的なradiomicsの研究では、radiomicsという語が一般的になる以前から行われてきたテキスト解析の

手法から計算式を得ていることが多い。一方、テキスト解析に基づくことなく、特徴量の計算式の設計自体をコンピュータに任せてしまうのが、いわゆるAI研究であり、特にディープラーニングあるいは畳み込みニューラルネットワーク(convolutional neural network)と言われる技術が用いられる。今回はradiomics、なかでも腫瘍を対象とした研究に焦点を当てて概説する。

### 生物学に基づく特徴量の設計

想定しうる膨大な数の特徴量を網羅的に計算するのではなく、何らかの理論に基づいて有用性があると考えられる特徴量のみを計算するのがradiomicsであるわけだが、その中心となるテキスト解析は腫瘍の不均一性に注目することで発達してきた。筆者らは日々画像診断を行っているが、腫瘍の画像はしばしば不均一なものとして現れ、しかも不均一性が臨床的有用性のある何らかの情報を持っているように思われる。画像診断医であれば、読影レポートに「不均一」であることを記載することは少なくないだろう。

それでは、腫瘍の不均一性は生物学的にはどのように説明されるであろうか。腫瘍細胞は遺伝子修復機構が障害されているため、増殖に伴って遺伝子の変異を蓄積しやすい。また、正常細胞に比べて、変異しても生存に影響のない遺伝子(いわゆる中立遺伝子)が多いことも

遺伝子変異を蓄積しやすい要因となる。1つの腫瘍塊の中でも部位によって異なる遺伝子配列を有することが知られている<sup>1)</sup>。遺伝子の差異が、形態画像や機能画像に現れることは直感的に受け入れやすい。もう一つの理由として挙げたいのは、単位体積あたりの細胞成分の割合が部位によって異なる可能性である。腫瘍が増殖すると、血流不足、酸素不足により一部が壊死を起こす。viableな腫瘍組織と壊死組織とが混在すると、不均一な画像を呈する。また、壊死に至らなくても、間質(細胞外マトリックス)の多寡も画像不均一性に影響するであろう。見方を少し変えると、遺伝的に多型性の強い腫瘍は、特定の化学療法に対して耐性を持つ細胞群が存在する確率が高い。また、壊死が多く低酸素の強い腫瘍は、低酸素誘導因子1(HIF-1)などの増殖因子の発現が促進されることで悪性度を増す。こうした理由で、画像で見られる不均一性と生物学的な性質とは密接な関係があることが予想される。

radiomics解析は、超音波やMRIといった形態画像での研究から始まった。PETに持ち込まれたのは2009年と言われる<sup>2)</sup>。PETやSPECTには、形態画像と異なり生物学的情報が含まれており、腫瘍細胞の活動の不均一性を見ることができることは大きな利点である。

### Radiomics解析の流れ

radiomics解析の最初のステップとし