

II 分子イメージングの最新動向

1. 核医学における分子イメージングの最新動向
4) 解析技術の現状と展望

渡部 浩司 東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター放射線管理研究部

しばしば言われるように、分子イメージングに利用されるイメージングモダリティの中で、PET, SPECTなどの核医学イメージングは、高い感度、高い定量性を持つ。その一方で、ほかのモダリティに比べ、画像上に雑音成分が多く含まれており、また空間分解能がそれほど高くない。このような特徴を持つ核医学イメージングに対して、2000年代前半に分子イメージングが広く普及する以前から、さまざまな解析技術が開発されてきた。現在においても、核医学の臨床現場で使われている技術を、そのまま分子イメージング分野に応用するケースが多く見られる。それは、臨床用の核医学 (PET および SPECT) 装置と動物用の核医学装置では基本的な原理は変わらず、臨床用の装置で利用している解析技術がそのまま、動物データにも利用できるためである。一方、臨床実験と動物実験とでは、①対象物の大きさ、②体内の構造、③体内における薬物動態、④実験手技などにおいて相違点があり、臨床画像で用いている方法論を直接利用できないこともある。そのため、動物データを扱う解析者は、利用する解析技術の前提条件や、その意図を理解しておくことが重要である。

本稿では、誌幅の都合により、マウス、ラットなどの小動物イメージングに限定して、核医学を利用した分子イメージングにおける解析技術の最近の動向を概観したい。「解析技術」と言っても、その使われ方は多岐にわたるため、ここでは核医学イメージングが得意とする定量性という観点に立って解説する。

画像レジストレーション

臨床核医学イメージングでは、被検者の動きを補正するための画像補正技術が多数開発されてきた。小動物の場合、麻酔下で撮像することがほとんどのため、動き補正は必要ないが、麻酔は神経活動に影響を与えるため¹⁾、脳機能の定量評価において考慮する必要がある。Mizumaらは、マウス頭部に固定具を着けることにより、無麻酔下でのPET撮像が可能なシステムを構築した²⁾。麻酔下といえども、心臓の動きや呼吸による胸部の動きは避けられない。対象物が小さい分、わずかな動きが画像劣化につながる。近年の商用の小動物用核医学装置は、心臓同期や呼吸同期のシステムを備えており、MRIやX線CT画像で行う心臓の運動評価と同様な解析が可能である。さらに、核医学イメージングでは、心臓の運動機能評価と生理機能評価を同時にできるという利点がある³⁾。

現在、臨床機では、PETとX線CT装置を組み合わせた、PET/CT装置が広く普及しており、同様に、SPECT/CT装置も広まりつつある。臨床機の場合、X線CTはPET画像に解剖学的な情報を付加するという役割のほかに、X線CT画像から光子の減弱マップを得て、減弱補正や散乱線補正に利用するという役目がある。一方、小動物イメージングでもX線CT装置と組み合わせた複合機が各メーカーから販売されているが、対象物が小さいため、特にPETに利用する高エネルギーの光子では光子減

弱の影響は限定的で⁴⁾、むしろ解剖学的な情報の付加に重点が置かれている。その点では、X線CTよりも軟組織の描出能に長けたMRIが有利であり、臨床機同様、MRI装置と組み合わせた小動物用複合機がすでに複数メーカーから販売されており、国内においてもYamamotoらがPETとMRIを同時に収集できる装置を開発した⁵⁾。

ヒトの核医学脳画像では、標準MRI脳画像にレジストレーションを行い、自動的に脳の各部位 (region of interest : ROI) の定量値を得たり、複数の標準化された画像からstatistical parametric mapping (SPM) などを用いた統計解析を行うことがしばしば行われる。小動物においても、同様な手法で脳のテンプレート画像にレジストレーションし、統計解析や自動的にROI設定を行うことが可能である。ただし、もともと、このような解析を行うソフトウェアはヒトの脳をターゲットとして開発されたものであり、注意して使う必要がある。ヒトの脳に比べ、小動物の脳は構造が単純なため個体差は少ないが、その一方で、種類や月齢によっても大きく脳の形が異なり⁶⁾、得られた結果の精査が必要である。一方、全身の臓器に対しては、Digimouseと呼ばれるマウスの全身の三次元デジタルファントムが配布されており⁷⁾、このDigimouseに対して個々のデータを非線形画像レジストレーションし、自動的に臓器のROIを取得することが可能である⁸⁾。また、このDigimouseによって臓器がすでにラベルされているため、その情報から撮像前に撮像範囲を決定する