

石井 慶造

東北大学 大学院工学研究科

要約

体の内部の臓器を非侵襲的にその形態を捉えることができるのが X 線 CT である。これに対して臓器の機能を画像化するのが PET (Positron Emission Tomography)⁽¹⁾である。この装置は、薬剤を放射性同位元素で標識して人体に投与し、放射性同位元素からのガンマ線を測定して、生体の機能を画像化するもので、現在、各臓器の機能診断、がんの早期発見・診断、脳機能の診断、薬剤の効能の定量的試験等々に利用されている。ここでは、このポジトロン CT について紹介する。

1. PET の原理

ポジトロンは電子の反粒子と呼ばれるもので、質量が同じであとの物理量は全部反対の量を持つ粒子である。したがって、ポジトロンは電子と反対の電荷(正電荷)を持ち、電子と引き合い一緒になると、エネルギー以外のすべての物理量は消えて、消滅される。そして、そのエネルギーは光(ガンマ線)として放出される。この時、運動量保存法則より、2 つのガンマ線が発生し、それらはまったく正反対の方向に放出される。この一対のガンマ線のエネルギーは、電子の静止質量のエネルギーつまり511keVとなる。図1のように、小さなガンマ線検出器でこの一対のガンマ線を同時測定することによって、2 つの検出器の対向線上にポジトロンがあったことが分る。ポジトロンを放出する放射性同位元素の製造には、主に小型サイクロトロンが使われている。例えば、 $^{18}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$ 反応を用いて、半減期 110 分の ^{18}F を造り、葡萄糖を標識し(FDG と呼ばれる。)、人体に注入すれば、細胞のエネルギー代謝の画像をポジトロンCTで撮ることができる。さらに、時間の関数として画像を撮ることによって、器官の機能を定量的に調べることができる。この診断法を FDGPET という。ポジトロン医学では目的に応じたポジトロン標識薬剤を製造し、

診断に用いる。ポジトロン放射性同位元素での薬剤の合成は、製造者の被曝を考慮して自動合成装置⁽²⁾によって行なわれる。

2. PET の応用

2.1. がん診断

PET の応用の最も代表的なものは癌の早期発見である。癌の診断には、通常 FDG を体内に注射して、数十分後、癌に集積したところを測定する。図 2 は、FDG を投与した後に測定したものであるが、5mm の微小乳癌が強く浮き上がって光って見えるのが分かる。このように、FDGPET は癌の早期発見に非常に有効であり、現在、PET 癌検診が全国で行われている。

2.2. 脳機能診断

団塊の世代の高齢化とともに、本格的な高齢化社会が今始ろうとしている。健康な高齢化社会を築くためには、3 大老人病(癌、認知症、心臓病)の撲滅が必須である。PET は、この 3 大老人病に対して非常に強力な武器である。図3は、FDGPETによるアルツハイマー病患者の脳のブドウ糖代謝画像(左)と正常脳のものとの比較である。アルツハイマー病患者脳はブドウ糖代謝機能が正常脳と比べて衰えていることが良く分かる。アルツハイマー病も早期診断早期発見が重要である。

まとめ

PET の開発は、1970 年代、1980 年代、1990 年代と 10 年ごとに大きな技術革新があった。それは、高分解能化、測定視野の拡大、低コスト化の歴史であった⁽³⁾。今後も、より高空間分解能化が求められ、これまで用いられて来たシンチレータ結晶では 2mm 程度が限界なので、今後は半導体検出器⁽⁴⁾を用いた 1mm を切る PET の開発が進められると思われる。

参考文献

- (1) 石井慶造、伊藤正敏、“3次元ポジトロン CT とその臨床応用への期待”日本原子力学会誌、Vol.40, No.7(1998)p525-p534.
野原功全、山下貴司、村山秀雄、山本幹男、外山比南子、“陽電子計測の科学”日本アイソトープ協会出版、p108-161
- (2) 井戸達雄、岩田錬、実験化学講座 14、核・放射線、第4版、丸善、p518-p537
- (3) R.Nutt, “Molecular Imaging and Biology”, Vol.4, No.1,(2002),p11-p26
- (4) K.L.Giboni, E.Aprile, T.Doke, M.Hirasawa, M.Yamamoto, “Nuclear Instruments and Methods in Physics Research ”A450 (2000)p307-p312.

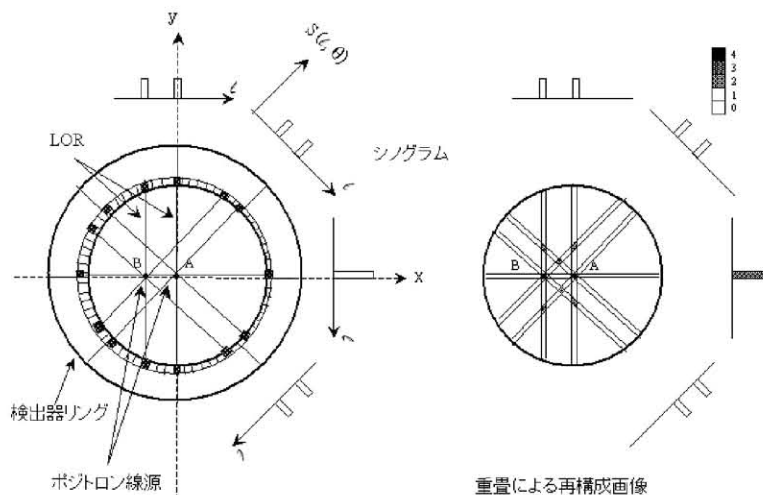


図 1 PET の原理

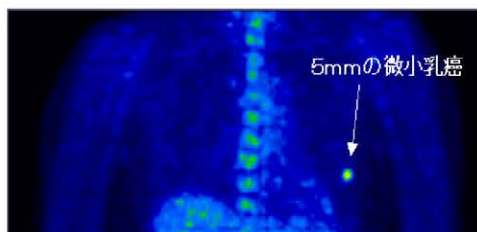


図 2 FDGPET で捉えた 5mm の微小乳がん。(厚地記念クリニック PET 画像診断センター、症例画像、微小乳がん (<http://www3.synapse.ne.jp/pet/index.html>) より出典。)

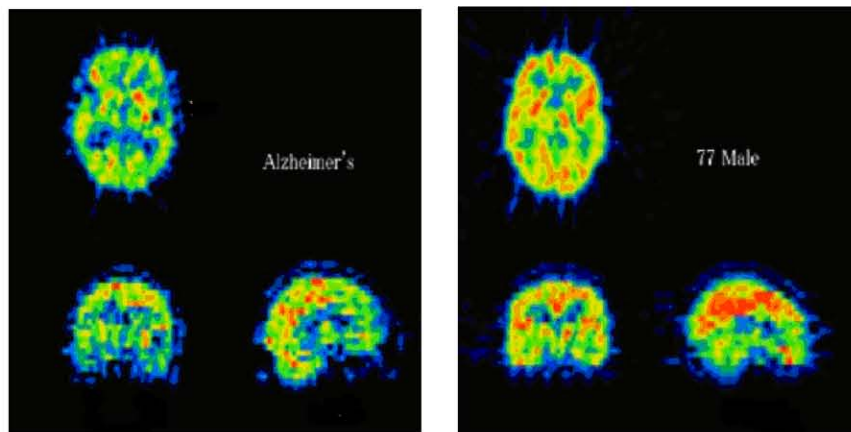


図 3 FDGPET によるアルツハイマー病の診断。右は正常である。
(東北大学サイクロトン RI センター、核医学研究部 伊藤正敏教授より提供)