

総 説

画像診断の進歩 - X線から光まで -

原 田 雅 史

徳島大学医学部保健学科診療放射線技術学講座

(平成15年3月10日受付)

(平成15年3月17日受理)

はじめに

放射線診断学は20世紀にはいり急速に発展してきた領域で特に1970年から最近までの変化が著しい。CTやMRI、超音波検査の登場は記憶に新しいが、最近では光やPET (positron emission tomography) の臨床応用がはかれるようになってきている。本稿ではこれまでの画像診断の歴史を振り返るとともに、最近の新しいモダリティによる機能検査を中心に紹介し、これからの画像診断の可能性について考察を行った。

1. 画像診断の歴史

放射線医学の歴史は放射線同位元素とX線の発見からはじまったといえる。表1に画像診断の発展について簡単にまとめた。1990年代以降はコンピュータの応用により様々な解析が可能となり、CT、MRIの高速化と相まって画像診断の手法が発展してきた。

画像診断のはじまりとして歴史に足跡を残したWilhelm Conrad RöntgenがX線を発見したのは1895年で彼が50歳のころである。彼はその功績により1901年第一回のノーベル物理学賞を受賞している。X線が発見されてからわずか100年足らずであるが、その間の画像診断と科学の進歩にはすばらしいものがあると思われる。

表1 画像診断の歴史

- ・1892年キュリー夫人によるラジウム発見
- ・1895年レントゲン博士によるX線の発見
- ・1952年エガス・モニス血管を体外から描出することに成功
- ・1960年代超音波検査の試み
- ・1970年代臨床用CTの開発
- ・1980年代臨床用MRIの開発

昨年(2002年)は2名の日本人がノーベル賞を受賞され、久しぶりに明るいニュースとなったことは記憶に新しい。受賞者の一人はノーベル物理学賞の小柴昌俊氏であり、もう一人はノーベル化学賞の田中耕一氏である。小柴氏は地下天文台カミオカンデによるニュートリノの観察での成果による受賞で、田中氏はレーザー化飛行時間型質量分析法の開発によつての受賞であった。しかし、今回の二人の受賞で注目されたことは、各人の研究成果のみならず、これまでの日本の受賞者にはあまりなかった、企業との関わりが深かったことにもある。小柴氏の研究には浜松ホトニクス社による光電子増倍管の技術力が深く関係しており、田中氏の研究そのものが島津製作所の研究開発によるものであった。ところで、この2社はいずれも医療、特に画像診断の分野にも非常になじみ深い企業であることも、興味深いと思われる。浜松ホトニクスはテレビの父高柳氏と関係の深い会社であり、この会社で作る光電子増倍管は各種医療機器のセンサーとして使用されている。核医学でのSPECTのガンマカメラに用いられる光電子増倍管もその一つである。島津製作所の医療との関係はさらに古く、1896年レントゲン博士のX線発見の翌年に既に日本で初めてX線の撮影に成功し、1909年に国産初の医療用レントゲン装置の製品化をおこなっている。そしてこの2社は、新たな画像診断機器として近赤外線を用いた光計測による装置を開発中である。この2社のほか、日本では日立製作所も開発を行っており、今後の新しい画像診断装置として普及する可能性を秘めていると思われる。

この総説ではこの近赤外線を使用した新しい脳機能評価についてまず解説し、最近のMRI・CTを用いた新しい画像評価法について紹介する。

2. 近赤外線による脳機能評価

1) 近赤外線による生体計測の原理

近赤外線の周波数によって、オキシヘモグロビンとデオキシヘモグロビンにおける吸収値が異なることを利用して酸素濃度や血液量の測定を行う方法である。また ICG 等の色素を注入することによりトレーサーとしての測定も可能である。最近ではある蛋白に色素を標識し、その色素の動態を観察することにより蛋白の分布や代謝の評価も可能となると考えられている¹⁾。

図1に装置と光源の配置の例を示す。このように頭蓋外から頭部を覆うように光源を配置し、脳表の血液量や酸素濃度を評価することができる。

2) 近赤外線による脳機能評価例

図2に正常者における右手指運動やしりとりによる評価例を示す。右手運動により左頭頂部でのオキシヘモグロビンの上昇が最も目立って見え、しりとりにより血液量の変化が前頭葉の前側に偏位している様子が観察できる。図3にはアルツハイマー病によるしりとりによる変化を示すが、明らかにオキシヘモグロビンの変化部位が広範化していることが観察できる。これと同様の結果は functional MRI でも得られており²⁾、アルツハイマー病における脳機能の変化に関係する所見と考えられた。

このように近赤外線を用いた機能評価は侵襲なく繰り返しベッドサイドで可能であり、今後臨床現場においても有用な方法となると期待される。

3. MRI を用いた脳機能評価

MRI はこの十年で臨床に不可欠な装置となり身近な検査方法となったが、この MRI 装置でも脳機能評価が可能である。図4にその原理について簡単なシェーマで示した。賦活により脳血流と酸素需要能は上昇するが脳血流の増加の方が多いためにデオキシヘモグロビンが相対的に低下することが信号変化の原因と考えられており、このため BOLD (blood oxygen level dependent) 法と呼ばれている³⁾。これによりアルツハイマーや自閉症等の機能的な疾患において賦活部位が正常と異なることが報告されている。今後さらに再現性や個人差等の検討が必要ではあるが、X線の被曝を伴わず精密な形態画像も同時に得られることから、臨床的にも応用範囲が広い機能検査となると考えている。

4. その他の画像を用いた機能評価

MRI や CT を用いた機能評価として血流情報を取得することができるようになってきた。この方法は Gd-DTPA を急速静注し、一回循環時に信号強度が変化するが、この変化した面積が血液量 (CBV) に相当することから血流量 (CBF) や通過時間 (MTT) の情報もあわせて解析するものである。例えば図5に MRI による髄膜腫の血流評価を示す。腫瘤部においては脳血流量 (CBF) が高く、平均通過時間 (MTT) が延長していることが観察できる。このように腫瘤の血液循環情報が静注するだけで得られるという利点があり、特に腫瘤においては

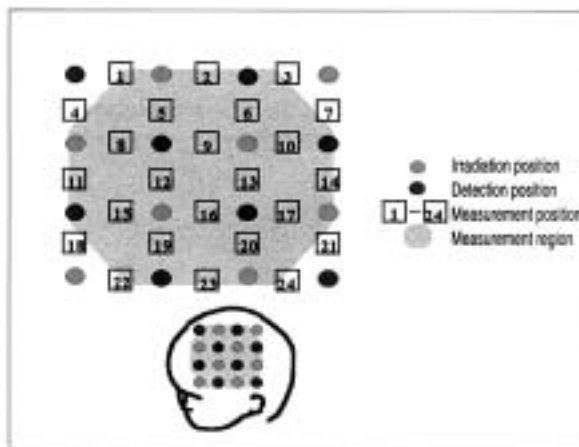
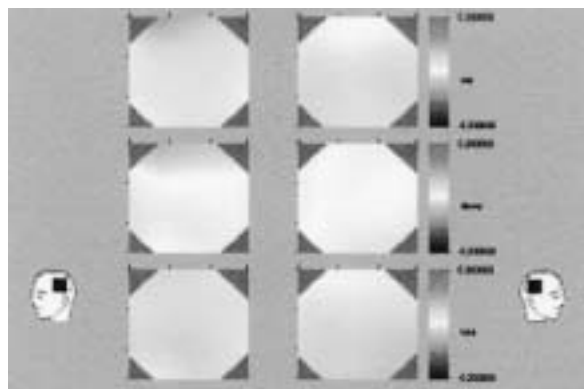


図1 プロローベと配置

右手指運動



しりとり

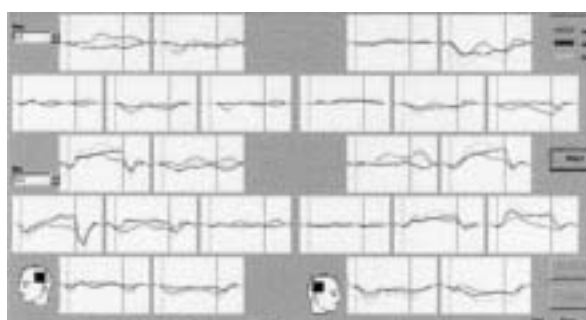
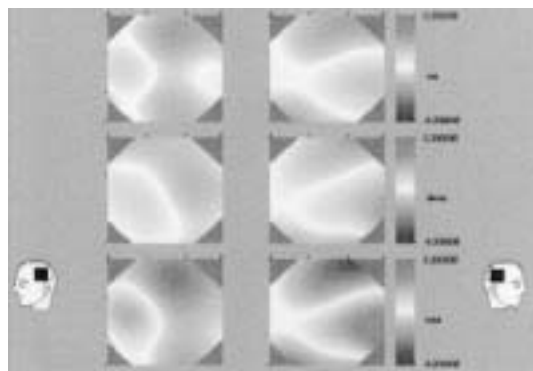
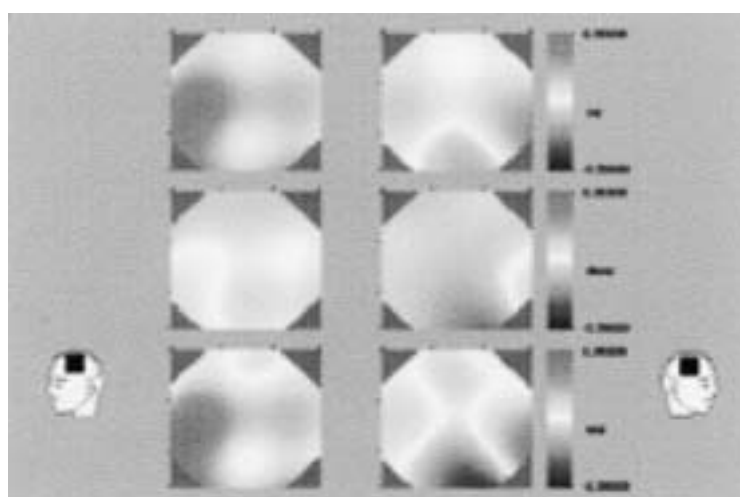


図2 Optical Topography による観察
- 正常例 -

しりとり



Oxy

Deoxy

Total

左半球

右半球

図3 アルツハイマー病との比較

BOLD 効果

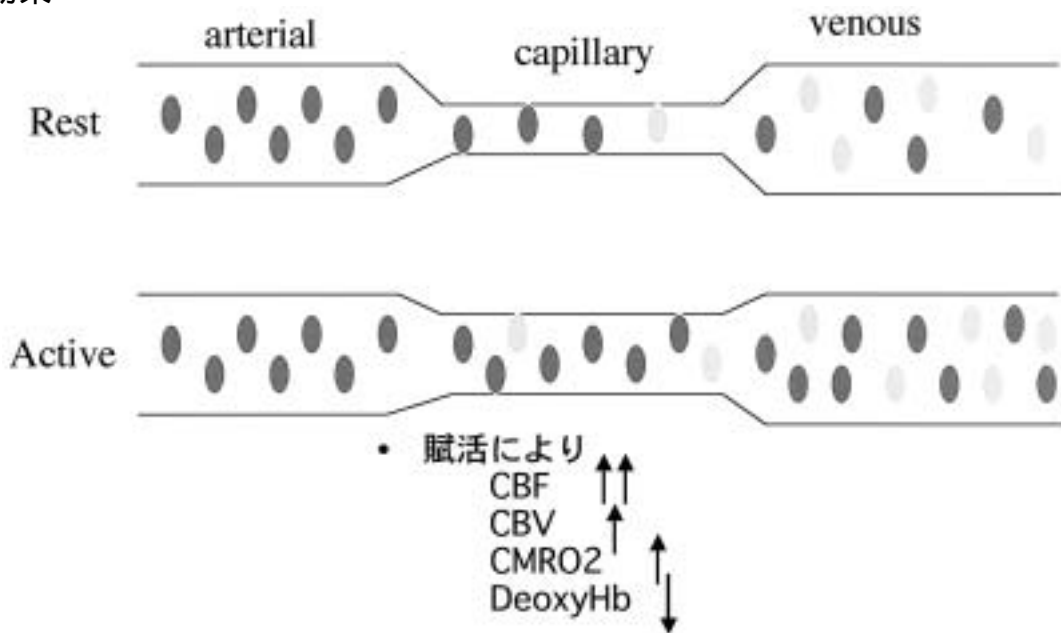


図4 functional MRI (fMRI) の原理

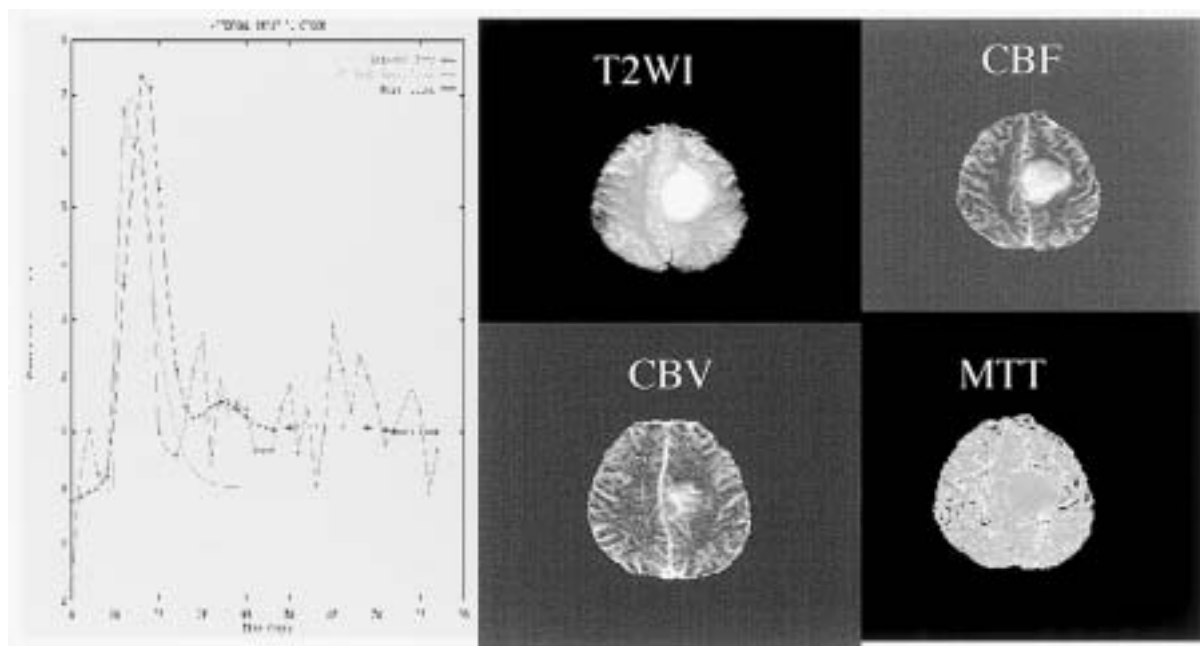


図5 MRI による血流解析

造影検査が必須であるから，注入時に dynamic scan を行うだけで血流情報を追加できることは臨床的価値が高いと考えられる。

このような血流情報は脳以外にも心筋や肝臓等においても評価することが可能になっている。図6に心筋血流

の解析の一例を示す。心筋においてはこのように Bull's eye 表示による表現も可能であり，今後有用性や精度については慎重に検討する必要があるが，SPECT による心筋シンチと相補的に使用できると期待される。MRI や CT の高速化がはかられていることから，今このよう

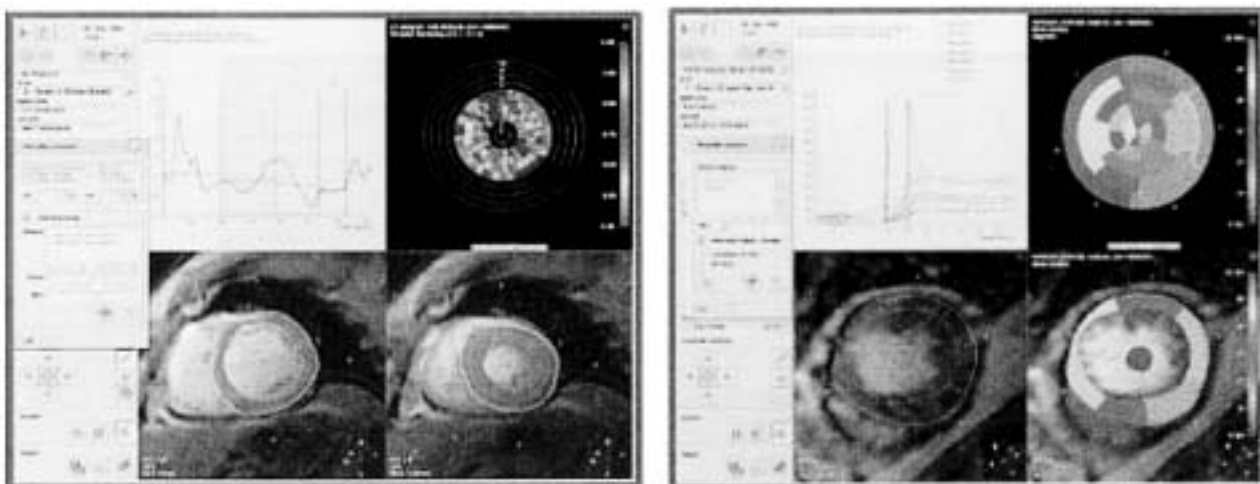


図6 心筋灌流の評価
造影剤投与後の心筋血流の評価が可能である。

に動きの速い臓器についても血流や動態の評価が可能となると思われる。

5. 今後の画像診断の方向性

従来からある測定方法の開発としては、さらに高速にそして精細に描出できるように発展し、これまでになかった近赤外線等のモダリティーは新しいパラメーターとして新たな種類の情報を供給する方向に開発されていくと考えられる。そしてこれからの画像診断は形態と機能を分離することなく、融合した形で表現されていくと思われる。また、機能評価に関しても、近い将来においては遺伝子やプロテオームの情報を反映する内容を含むものになると予想される。光を用いた蛋白のトレーサー技術など既にその方向性を予見させる技術が報告されており¹⁾、将来的には遺伝子治療や病態の遺伝子解析の結果を評価する画像診断となることが考えられる。

6. おわりに

この原稿は第226回徳島医学会で発表した内容をもとに執筆させていただいた。発表の当日の朝に米国のスペースシャトル・コロンビア号の事故が生々しく報道された。高度な科学技術の結集であるスペースシャトルの

2度目の大きな事故であり、私も少なからずショックを受けた。科学技術は人類に多大な利益をもたらすが、その反面危険性や弊害も裏腹に増加していくもののように思われた。画像診断の領域も科学技術の進歩により近年非常に発展・向上がはかられてきた。しかし、その反面新たな危険性や弊害が増加しうる可能性も否定できない。医療や医学も自然科学を対象とする以上、常に技術に対する謙虚さと自然に対する尊敬の念をわすれないように、新たな領域に挑戦したいと私は考えている。

文 献

- 1) Mahmood, U., Tung, C.H., Tang, Y., Weissleder, R.: Reasibility of *in vivo* multichannel optical imaging of gene expression: experimental study in mice. *Radiology* 224 : 446 451 2002
- 2) Bookheimer, S.Y., Strojwas, M.H., Cohen, M.S., Saunders, A.M., *et al.* : Patterns of brain activation in people at risk for Alzheimer's disease. *N. Engl. J. Med.*, 343 : 450 456 2000
- 3) Ogawa, S., Lee, T.M., Nayak, A.G, Glynn, P.: Oxygenation-sensitive contrast in magnetic resonance imaging of rodent brain at high magnetic fields. *Magn. Reson. Med.*, 14 : 68 78 ,1990

Progress of diagnostic imaging from X-ray to optical imaging

Masafumi Harada

Department of Radiologic Technology, School of Health Sciences, University of Tokushima, Tokushima, Japan

SUMMARY

In this review, recent progress of diagnostic imaging was introduced. X-ray was found about 100 years ago and imaging technology was developed rapidly. The imaging speed and the detail expression are still progress on MRI and CT. Recently the functional information can be served in addition to the morphologic data. Furthermore the technology of optical imaging is now available in the clinical setting, which will give us new information about hemodynamic change and function. The development of diagnostic imaging will be moved to functional information and the fusion technique of functional information and morphologic data in the near future.

Key words : diagnostic imaging, NIRS, function, MRI, CT