

---

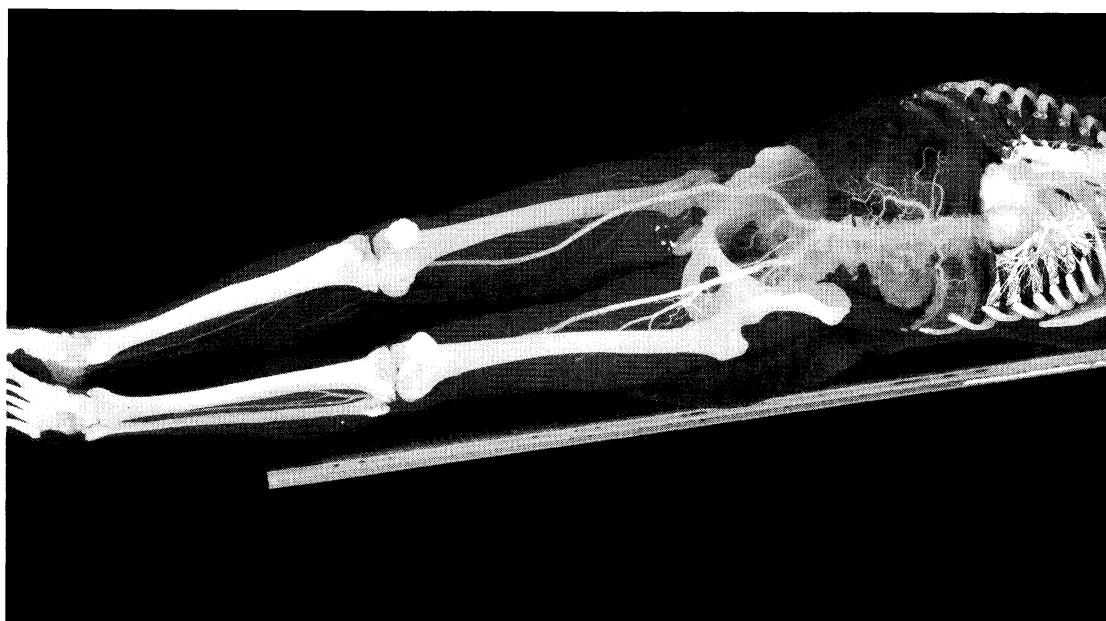
近年の医療画像診断の進歩  
3次元から4次元へ、  
形態画像から機能画像へ

千葉大学医学部附属病院放射線科  
植田 琢也

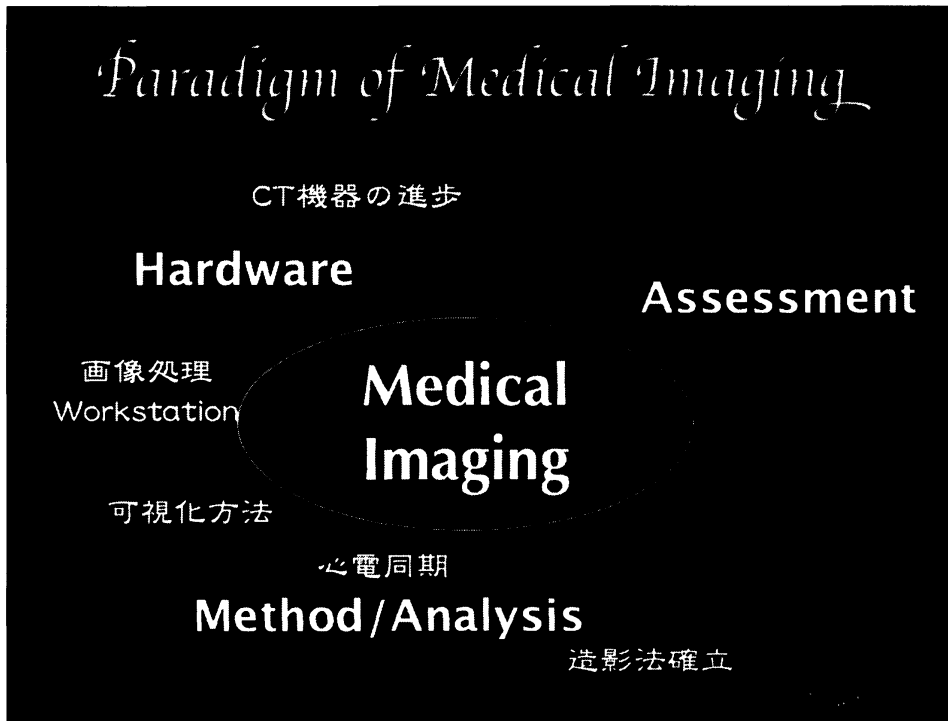
諸分野との協働による数理科学のフロンティア

November 19, 2010

---



## はじめに



近年の画像診断の発展を支える要因は、大きく3つに分けられます。その主役はまぎれもなく、画像撮影装置 (Hardware) の進歩である事は間違いはありません。しかしながら、Hardwareのみの発展に加えて、撮影方法(Method)の円熟、新たな解析方法 (Analysis) の確立があり、統合した情報としての土台が整った事で、医療画像は劇的な進歩を遂げました。数学的手法は主にこの新たな解析方法の発展に、今後多くの貢献をもたらしてくれる事が期待されています。

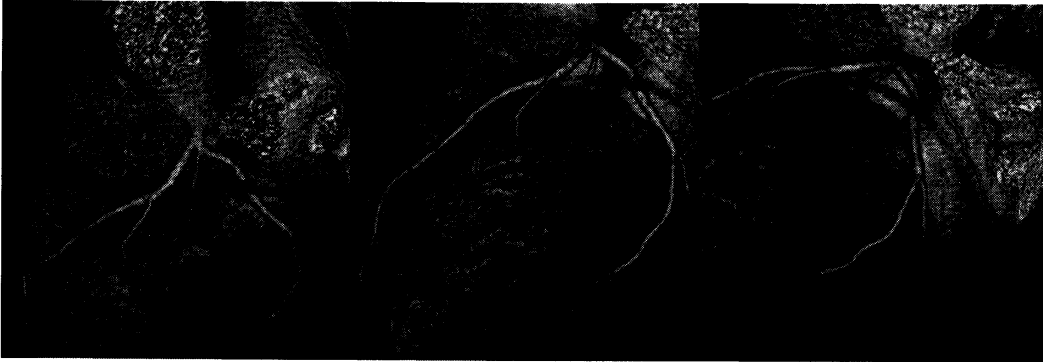
Radiologyという学問は、画像を評価し、それらに病態という意味を与える診断を下す学問です。このように医療画像が劇的に進歩した現在ですら、画像所見に意味を与えるのは、人の役割と考えます。しかしながら、ずばりとあたる名診断医と凡庸な診断医の間には、何かしらそのノウハウ・ロジックに差がある事は間違いなく、名診断医が無意識に行っている理を抽出する事ができれば、診断の自動化・コンピュータ化の糸口が見えてくると思われます。これら総合評価の過程を、すべてを数理的手法で置き換えるのは、遠い道のりですが、ヒトのもつ統合機能の偉大さを認識し、数理解析の限界を知る事で、両方の利点をハイブリットとしたシステムを構築できるのではないかと感じています。

---

## 画像診断の進歩

---

### Hardwareの進歩

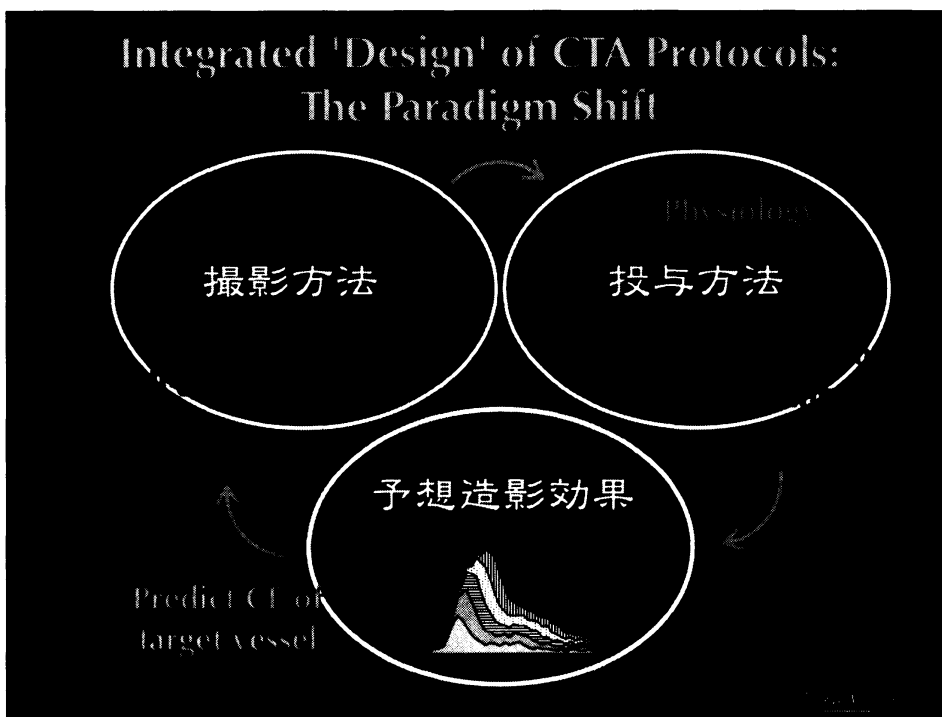


CTは1960年代にDr. HounsfieldとEMI社により開発されました。それまでのレントゲンという透過画像から、生体の断層像を撮影できるようになったという進歩は、医療画像診断に革命的な変化をもたらしました。

以後、基本的な概念は変わらず、CTは高速化の流れをくむ事になります。1990年代のヘリカルCTの発明、2000年代の多列型CTの流れにより、体軸方向の時間分解能（広範囲を短時間で撮像できる能力）は劇的に進歩し、当初は40秒かかっていた腹部全体の撮影が1秒にて撮影できるようになりました。これによって、CT画像は単なる断層画像から、ボリュームデータへと真価を遂げました。

また、他方ではスライス時間分解能（一枚の画像を素早く撮れる能力）も劇的に進化し、当初2000 msec/1スライスから、現在では75 msec/1スライスのスライス時間分解能が得られるようになりました。これによって、常に拍動運動している心臓の画像をストップモーションでとらえることが可能になりました。

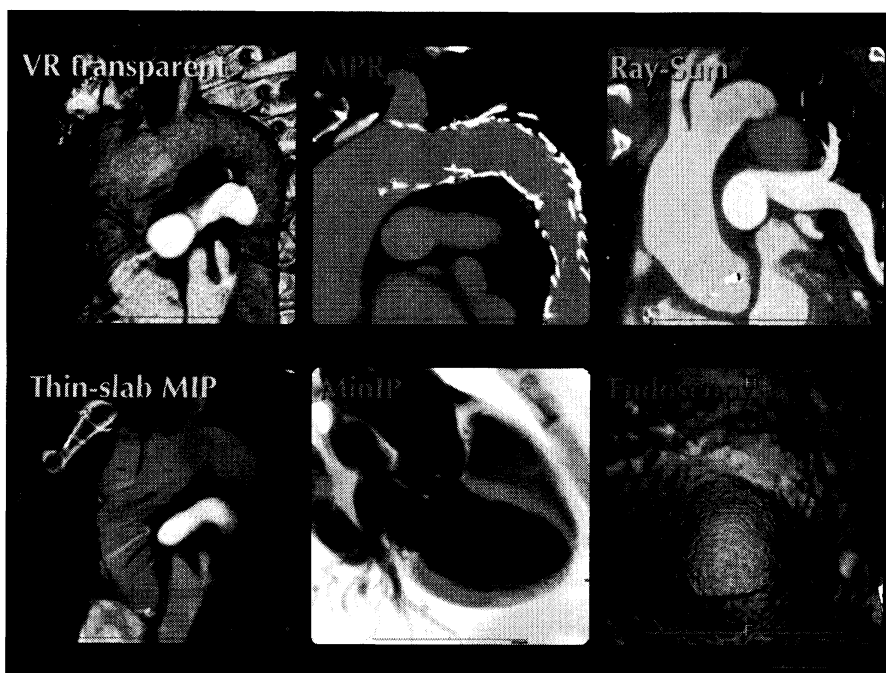
## Methodの進歩



撮影方法についても工夫がされており、心臓の動きに同期を行い撮影を行う心臓同期のテクニックによって、心臓の拍動運動を動的にとらえる事が可能になりました。

また当初は経験的なカンに頼っていた造影剤の投与方法については、理論的な整備がされており、入力応答の概念を導入する事で、造影剤の投影方法とそれによって得られる画質とを、理論上推察する事が可能になり最適化についての知見が高まっています。近年では、これらの理論と経験とを統合して自動的に最適な造影剤投与方法を決定するプログラムの開発も行われています。

## 可視化方法の進歩



断層画像からボリュームデータへの移行に伴って、得られた画像データの可視化方法にも進歩が見られています。現在では様々な手法の可視化方法が考案されており、目的とする評価に応じての可視化方法についての検討も行われています。新たな可視化方法の考案は、新たな病態をとらえる可能性を広げ、これによって病態を理解する可能性にも広がりが見られます。

---

## ヒトによる画像評価と自動化

---

### 画像評価

得られた画像が以下に高度になると、視覚より得られた情報に意味づけを行うのは、ヒトの役割であると考えます。

コンピュータ診断法についての研究が行われてすでに20年ほどの期間が経過しておりますが未だに臨床応用に足りるComputer-assisted diagnosis (CAD) の機械は登場しておりません。

## Mammography

- 全体の形状は？
- 辺縁部の正常は？
- 石灰化は？
- 濃度は？
- 厚さは？
- 硬そうか？
- 周辺部との関連？
- 経時的な変化？
- 患者の年齢は？

CADの導入が積極的に行われている分野には乳腺のマンモグラフィーの分野があります。マンモグラフィーは医用画像としては比較的単純であり、密度に関連した濃度情報と形態情報からなりますので、比較的アルゴリズムの確立が容易であるように思われますが、実際はそう容易な事ではありません。

単純に考えれば、形状のパラメーターとしては、全体の形状・辺縁の正常・石灰化の状況と分布・腫瘍の濃度情報などがあげられます。しかし、我々診断医は、日常の診断に際して単なる平面の画像データを用いて「この腫瘍は厚い」（平面から立体的な厚み）、「この腫瘍は固そうだ」（画像から高度）、「回りを圧排しながら増大している」（病変の増大という動

き) という言葉を用いる事もあります。よって単なる静的な形状情報から、何らかの動的で物理的な正常を「推察する」という過程が加わっていることに間違いは無いようです。

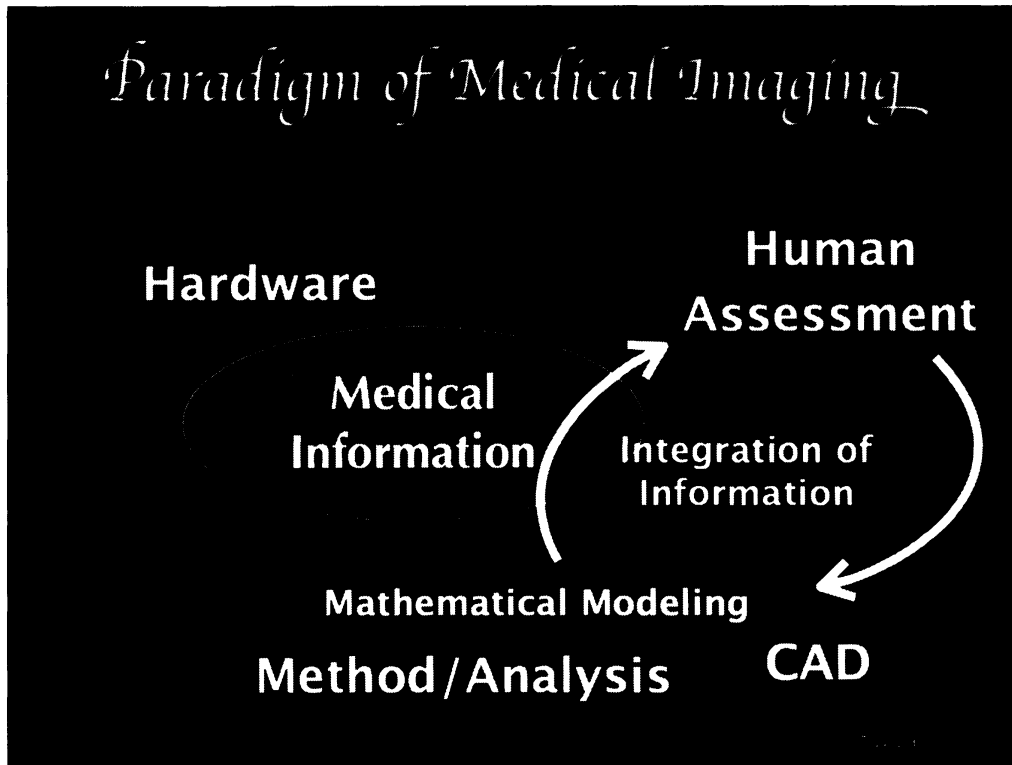
私が数学に求めるのは、あらかじめ評価のアルゴリズムを断定するのではなく、我々が無意識に行っているこのような評価の過程から、何らかのアルゴリズムを抽出することです。

全てを理算化しようとする流れが強いように思われますが、少なくとも現状では、ある限定的な部分のみを自動化し、要所要所には何らかのヒトの感覚を用いるという形が、現時点では現実的なシステムであると感じています。

---

## 数理と医学のコラボレーション

---



最も初期的なコラボレーションは、現在数学にある物理量計算のアルゴリズムを画像にも応用する事です。

我々のグループでも、患者の予後を予想するために統計学的な判別分析の方法を導入したり、血流の長期的な影響を調べるために血行動態のシミュレーションを行ってきました。

これらに加えて、ヒトが視覚情報に意味づけを行い、判断するさいのアルゴリズムを何らかの数理的な表現として置き換える事が可能であれば、我々が医療画像を診断する際の、有力なサポートツールとなってくれと考えます。