

2012年12月11日

異なる分野との連携研究の現状と 将来を担う世代への情報発信

さががけ「臨床医療診断の現場と協働する数理科学」2007~2011

CREST 「放射線医学と数理科学の協働による高度臨床診断の実現」2010~2016



水藤 寛

岡山大学大学院・環境生命科学研究科

環境理工学部環境数理学科

& JST CREST

数理科学者と臨床医
の密接な連携と
フィードバックの
積み重ねによる
真の協働の実現へ

病態機序の解明

「どうしてこの病気はこのような
進行するのか？影響している
のはどんな因子か？」

- 大動脈の形状と病態の因果関係
- 大動脈解離の連成メカニズム
- 精巧なポンプとしての心臓機能

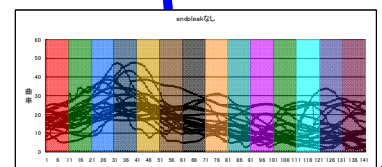


- 可視化
- 数値解析学
- 微分幾何学
- 力学系
- 計算機科学
- 乳腺外科
- 実解析学
- 放射線科

統計的推測

「このデータは信じていいのか？ど
う解釈したらいいのか？」

- 統計的のクラスタリングとEndoleakリスクとの関連情報の提示
- 判別モデルによるリスク予測
- 統計的感度分析によるリスク予測の信頼性・妥当性に関する検証



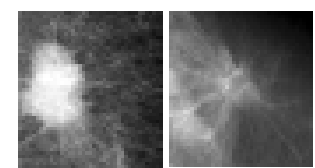
- 多変量解析
- 計算機統計学
- 統計数学

- 放射線科
- 空間統計学
- パラメトリック解析
- 数理統計学

画像診断支援

「この白黒画像から、熟練医はどうして
診断がつけられるのだろうか？」

- 画像診断の現場に蓄積されている経験・知識・技能の数理科学的ツール化と言語化による支援
- 機械学習による模倣とそこからアルゴリズム抽出
- テキストマイニングによるカルテの実質的データベース化



- トポロジー
- 機械学習
- 最適化

臨床医学に対する数学からの貢献の形

- 高精度化／高解像度化
- 個別化 (Patient-specific simulation)
- 高精度予測



- 抽象化
- 一般化
- 機序の把握

連携の穴場

- 臨床医学と数学は相性が良い。分野的に近すぎず、抽象化(本質的な部分だけを取り出そうとする営み)を重視するところが共通点。
- あまり近いと利害関係があったりする。ある程度遠い分野の方が逆に連携しやすい場合も。
- 数学は数学らしい貢献の形を。

連携するときに変なこと

- 言葉の違い、文化の違い
- 研究を進める上での時間感覚の違い
- 成果の評価に対する時間軸の問題
- 過剰な期待?

臨床医学における幾何学的基本概念の活用

臨床医療の現場と数理科学との密接な協働によって実現可能となった。



個人差の大きい臓器形状(胸部大動脈の例)

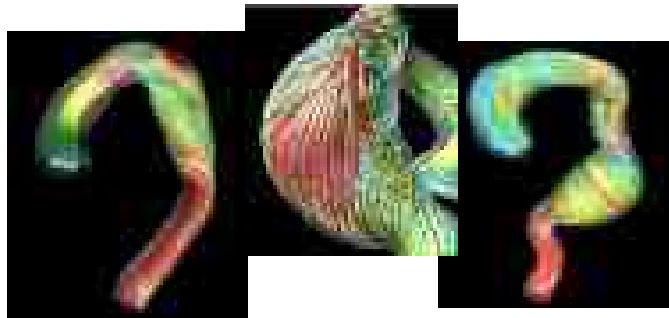
- 従来は医師により主観的に評価されており、複雑な形状の定性・定量的な評価が困難であった。
- 個人差が大きく、形状を表すデータ量も膨大。
- 予後の違いにつながる形状の違いの表現方法がわからない。
- これまでは、単純に半径と中心軸の曲率分布で表現していた。

- 幾何学の分野には、空間曲線や空間曲面を表現し、その性質を調べる概念とツールが多数準備されている。



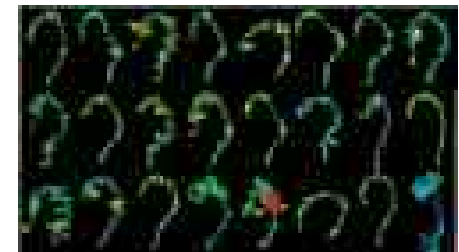
$$\frac{d}{ds} \begin{pmatrix} r \\ n \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & C_s & 0 \\ -C_s & 0 & T_s \\ 0 & -T_s & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ n \\ b \end{pmatrix}$$

- それらを活用すれば、本質的な形状の違いを少ない数のパラメータで表現できる。



- 医師が経験に基づいて用いている言葉を、数学的に厳密な表現で再構成することで、**普遍性**を確保する。
- ひとつのプロセスを、数学と医学の両方の言葉で語る。

- ガウス曲率
- 平均曲率
- 振率
- ...



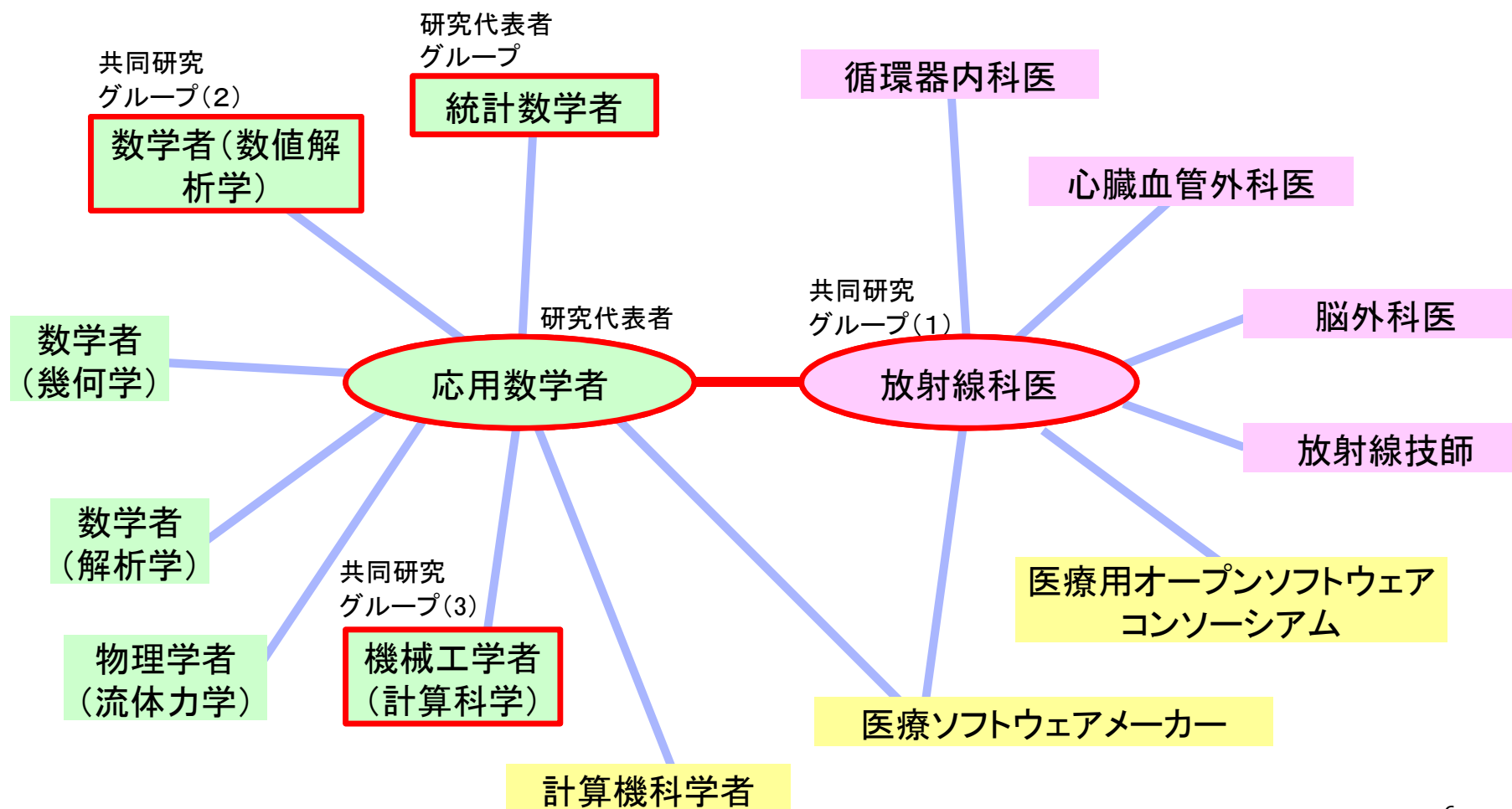
- このような幾何学と臨床医学の協働の営みにより、臨床現場の複雑なデータから、適度に抽象化したわかりやすい論理構造を抽出することが実現しつつある。

- 医療現場への大きな貢献

臨床医療との協働の現状と問題点

- 興味を持った医師から、次々と問題が提案されるが、対応しきれない。
- 数学に対する「過大な期待」に満ちた提案から、よく考えられた現実的な提案、数学的な面白さが内在していることを予感させるような提案まで、千差万別。
- 時間的にできそうもありませんと断るには忍びないが、「分野的に関係のありそうな人を紹介して終わり」では済みそうもない。2段階程度の通訳が有効。

我々のCRESTチームと研究者ネットワーク



諸分野との連携を進める上で必要な環境整備

- 当事者の熱意と努力は当然必要。
- 異分野の考え方に触れるのは、それ自体が楽しい。
- しかし、大学業務や毎日の診療(医師の場合)との両立は非常な負担
- 医学との連携研究の場合は、「滞在型研究施設」は実現困難
- ある曜日を、日常業務から離れて連携研究にあてることのできるような環境整備がされたら急速に連携研究が進歩すると思われる。
 - ex. "Friday Institute"
- 連携研究の後ろに、それを支える数学・数理科学者ネットワークが存在することが重要。(たとえばJST数学領域の存在によって、それが可能になった。)
- 応用数学者だけでは真の協働は実現不可能。幅広い純粋数学者との連携が欠かせない。それによって常に最先端の数学・数理科学を提供することが可能になる。
- 連携することが数学界での評価につながるような仕組みが必要

数学キャラバン

- 岡山では第0回を含めて実質的に4回開催
- 講演者も楽しい
- 高校生からの非常に前向きな反応
- 高校生が「数学者」を身近に感じる機会
- 数学の嫌いな高校生 & 数学が好きな高校生



参加者アンケートより

- 数学は学校で習うとき、どこにどう活用されているのかがよくわかりませんでした。数学があらゆる分野に活用されていることを知り、とても面白いなと思いました。今回のことで自分の身の回りのあんなことやこんなことにも数学が関連しているのかなと思うと、とても興味があるので、機会があればまたこのような講演に参加したいと思います。
- 数学は、日頃使うことのない計算ばかりだと思っていたが、病気(ウイルス)の進化の予想や、体の構造など、自分たちとよくかかわっているようなことでも使われていると知って、数学について、少し前向きな思いを持ちました。
- 実際には見えないものを、数学を使って見えるようになるのはすごいと思った。
- 自分が学習してきたことがどのように応用され、社会で広がっているのかということを知って、より熱心に学習していきたいという意欲がわいた。
- 数学というものがここまで多様な利用法があり、自分たちの生活に生かして行けるとは知らなかった。講演を聞いて驚かされることがとてもたくさんあった。また数理モデルを用いて実際の現象を数学的に表すことでいろいろな姿が見えてくるというのがとても不思議だった。数学の持っている可能性を生かしてこれからの社会に役立てて行って欲しいと思った。
- 高校の教員をやっています。「数学を何のために学習するのか？」という質問をよくうけます。実生活に広く活用されている事例はありがたかったです。
- 複雑な血流をコンピュータで解析すれば回転や及ぼす力が簡単に分かれると聞いて、今までよく分からなかった線形代数の重要性が実感できた。
- 僕は今勉強している数学がとても好きで、これを将来の仕事にしたいと思っていましたが、こんな好きなことだけやっているといいのだろうかと不安でした。でも、今日の講演会を聞いて、数学は社会とちゃんとつながっているということを知り、安心しました。今日参加してよかったです。



数学キャラバンの効果

- 数学が現実の生活に深く関わっているということを知り
- 純粋数学の重要性を再認識
- 「何の役に立つかわからないからやる気がしない」高校生への動機付け
- 「楽しいことだけやっていると不安になる真面目な高校生の安心
- 「数学者」が身近に感じられる。
- 進路選択への指針



JSTからの支援

- 講師の旅費、広報、会場などについてJSTから多大な支援を受けている。
- JST数学領域の研究者ネットワークがなければ、とうてい実現できなかった。

数学キャラバンの運営上、工夫が必要な点

- 講演者の確保 ← 研究者ネットワークがあれば比較的簡単
- テーマの選択 ← 幅の広さの確保
- 内容の程度の検討(全部理解してもらわない。「その向こうにもっとすごいものがありそう」と感じさせることが大事)
- 日程の検討(高校生は模試などで結構忙しい。高校教員との連携が必要)
- 県教育委員会への後援申請(高校教員への配慮)



継続のための問題点と必要な方策

- このような活動に使える資金があまりない(知らないだけ?)
- 絶対数を増やしたい。
- 年に1回大規模なものを大きな町で→小規模な講演会をあちこちの小さな町で
- 研究者の評価につなげる