

## FIDAP でコーネル大生 設計プロジェクトを推進

コーネル大学生物環境工学科Ashim K. Datta教授

ニューヨーク州イサカのコーネル大学生物環境工学科では、3,4年生を対象にFIDAPを使ってバイオメディカル分野のシミュレーションに取り組む授業を6年前から実施しています。授業では、FIDAPで使用されている有限要素法を含む方程式の解法を習得します。学生は、学校が準備した講義の手引きと練習問題でFIDAPの使い方を学びます。数年前からはCFDの知識を持つ大学院生が助手として指導に加わり、FIDAPの使い方を教えたり、解析プロジェクトごとの細かな設定を手伝うなど、重要な役割を果たしています。さらに授業が進むと、バイオメディカルや食品加工分野の文献から厳選された数値解析の事例を検討します。

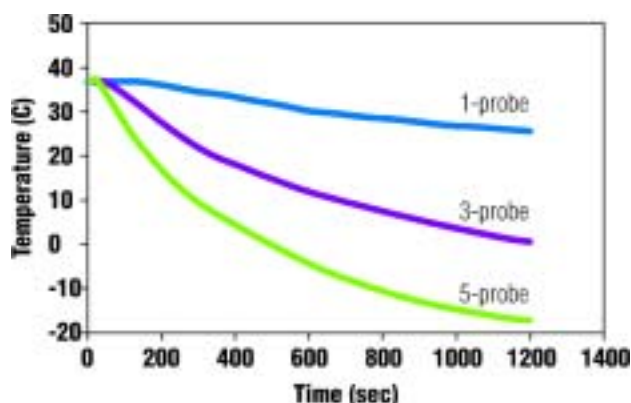


図 2: 前立腺腫瘍の冷凍における温度の時間変化 (プローブ数 1 本, 3 本, 5 本の場合)

その後はチームに分かれ、それぞれ実習プロジェクトに取り組みます。プロジェクトのテーマはバイオメディカルの分野から選択します。学生は、この選択の過程が授業で最もやりがいのあるものの1つだと言います。FIDAPによるシミュレーションには、4台ある学部のマシン(Intel社製)のうちの1台を利用しています。以前はCornell Theory Centerのスーパーコンピューターも使われていました。

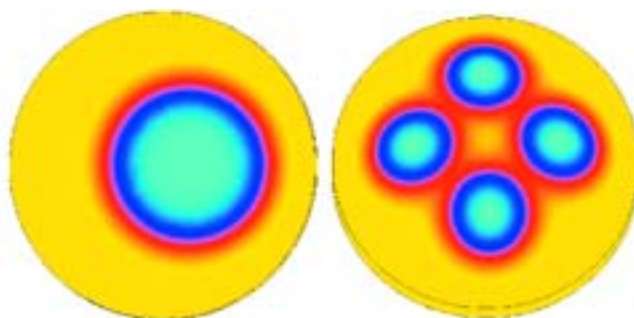


図 1: レーザー手術中の角膜表面の温度分布。中心を外した単一レーザー光線による近視手術(上)と複数レーザー光線による遠視手術(下)

シミュレーション対象には、ここ数年、さまざまな事例が使用されています。たとえば、レーザーを使用した近視または遠視の矯正手術における角膜の熱伝達に関する研究があります(図1)。この研究では、単一のレーザー光線を使用した場合と、複数の光線による場合とが比較されました。学生チームは、シミュレーションによってレーザー光線の形状を最適化し、その結果得られる温度分布をわかりやすい画像にすることに成功しました。温度分布をよく把握すれば、実際の手術における失敗の危険性を最小限に抑えることができます。たとえば、複数の位置にレーザー光線を照射すれば、手術を担当する医師は熱流束をより自由にコントロールでき、手術全体の時間を短縮できます。

別の例<sup>2</sup>として、冷凍外科手術で前立腺の腫瘍を破壊する際の温度分布に関する研究があります(図2)。前立腺の冷凍外科手術は、放射線手術や摘出手術と比較して副作用が少ないとされ、失血量が少ない、切開量が少ない、回復が早いといった利点があります。手術では、腫瘍の周囲にある正常な組織の損傷を最小限に抑える必要があります。この研究で、学生たちは腫瘍全体を1つのプローブで凍結させることが実用

的といえないことを発見しました。

腫瘍は熱を通しにくい性質があるため、破壊にも時間がかかります。結果、周囲の正常な組織の多くも破壊されてしまいます。複数のプローブを使えば、腫瘍をより均一に冷凍することができるため、正常な組織が破壊される範囲を減らせるのです。この研究ではまた、寒剤の温度が低いほど冷凍する場所を限定でき、好ましい結果につながることもわかりました。

3つめの例としては、ドリルで歯を削る際の非定常熱伝達の研究<sup>3</sup>が挙げられます(図3)。ここでは、3段階のドリル回転速度に対応する熱的境界条件が、摩擦による効果の関数として個別に計算されました。歯に対する冷却水の影響は、この境界条件に修正を加える形で考慮されています。FIDAPで、ドリルが歯を掘り進む状態を再現(移動境界モデルを使用)しながら、その間の非定常温度分布が計算されました。その結果、ドリルの回転は速いほど良いことがわかりました。治療時間を短縮することで歯根への熱伝達が減り、痛みが生じる可能性を減らせるためです。

この授業を通じて、学生はシミュレーションに基づく技術開発の一端に触れ、シミュレーションが設計工程

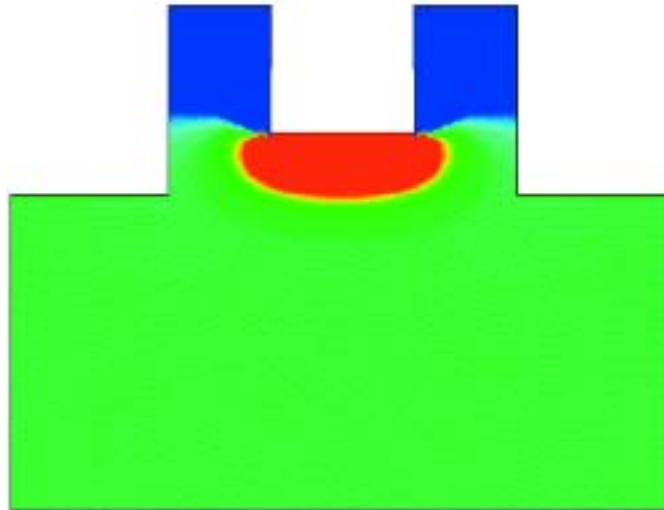


図3 :高速ドリル使用時の歯の温度分布

の短縮にいかに関与するか、自分の目で確かめることができます。また、詳細な計算によって、バイオメディカル分野のプロセスに関する理解を他の方法では得られないレベルまで深めることができます。さらに実習プロジェクトでは、境界条件や収束レベルといった入力値や解析パラ

メータがCFDの解析結果に及ぼす影響について学びます。授業を修了しただけではCFDや数値解析法のエキスパートになったとは言えませんが、この経験が卒業後の進路選択において貴重な役割を果たすことは間違いありません。

#### 参考文献

- 1 Chih Hao Chen, Diana Chen, Kim Foo Chow, JenYee Hui, and Darrick Lo
- 2 Brian Chow, Ingar Lau, Mike Neidrauer, and JenniferPark
- 3 Julian Mintseris, Yuri Bunimovich, Vivek Mohan, and Becky Kim

詳細は、以下をご覧ください。

[http://courseinfo.cit.cornell.edu/courses/aben453/  
course documents section for further information](http://courseinfo.cit.cornell.edu/courses/aben453/course_documents_section_for_further_information)