

有限要素法シミュレーションを用いた物理実験の導入教育

Introductory Education of Physics Experiment Using FEM Simulation

千葉大教育 °加藤徹也

Faculty of Education, Chiba Univ.¹, °Tetsuya Kato

E-mail: tkato@faculty.chiba-u.jp

教員養成における大学学部2年次、あるいは高大連携講座参加の高校生を対象とし、有限要素法シミュレーションソフトウェア COMSOL Multiphysics® を用いた物理教育や物理実験の導入教育を行った。この研究の目的は、物理実験の実施時に、その背景に必要な学生の知識が十分ではない（実験に必要な大学1年程度の理工系一般の物理の知識が期待できない）状況で、いかにコンパクトにその実験の意図するところを理解させるかにある。一般社会で様々なシミュレーション結果がカラフルに表示されており、自分の手元で起こる物理現象に対応するような具体的資料や、自ら条件を変化させて結果の変化を観察するのは学生・生徒にとって物理現象への興味を深める契機となると考えている。

例えば高校教科書にも一部取り上げられている実験に、2次元導電シート内に定常電流場を生成し、様々な位置で電位を測定し、等電位のマップを作成するものがある。有限要素法ソフトウェアでは物理問題設定（2次元定常電流場等）、境界条件設定（導電シート形状や電極位置と形状等）を設定し、空間を細分化して物理問題の偏微分方程式に基づく連立方程式を解き、その解を物理量に帰着させて、同値域のカラーコード化やコンターマップ、力線・流線あるいはベクトル分布図を作成する。それらの各段階を自在に操作することは極めて専門的なので、

- (1) 物体（境界）形状を数段階変化させた条件のもとでの解を示す図の変化を観察させる
- (2) 計算変数を選んでそれだけを操作するアプリケーションに加工し、サーバ上での計算をブラウザ経由で操作する（COMSOL Server® を利用）

というふたつの方策で学生・生徒に体験させることにした。

前者は学部の物理実験「等電位線の測定」（受講 45 名）で、その実験で行う内容に興味を持たせるために実験授業時に組み合わせた。実験では電極表面あるいは導電シートの縁がそれぞれ等電位面あるいは電流線になることを意識させることが重要で、それらに注目させるため、意図的に「導体壁」「絶縁壁」を挿入し、その周りの電流線や等電位線の計算結果を観察させ、体験的に物理法則を理解させることを試みた。後者は「科学とシミュレーション」と題した高大連携講座（参加 30 名）のなかで、PC 上で数本の直線電流（画面に垂直）が作る面内の磁場分布についてのアプリ操作を行うだけとした。次年度はサーバ過負荷の課題を解消しながら、渦電流による電磁ブレーキなどの他の物理問題について、実験と組み合わせる予定である。シミュレーション学生・生徒は「よくわからない部分はあったが知らないことを知って楽しめた」「これから理解していきたい」「高度で実践的なシミュレーションをしたい」などの前向きな感想が多く寄せられた。