

■滞在先

英国ケンブリッジ大学は世界トップ 10 に常にランクインする 800 年の歴史を誇る総合大学である。ロンドンの北 100km に位置するケンブリッジ市はケンブリッジ大学の拠点であり、その人口は 12 万人と決して大きくはないが、大学の名前に惹かれて世界中から人が集まってくる（私もその一人である）特異な場所である。力学の始祖である I. Newton が教鞭を振るった同大学 Trinity カレッジはノーベル賞受賞者 30 名以上を輩出した組織で、その図書館 Wren Library には Newton 直筆の校正書きのある「プリンキピア」に加えて、本人の毛髪や実験用のプリズムが置かれており、ニュートン力学に立脚した機械屋である私はそれを見る度に感銘を受けた。

ケンブリッジ大学の Department of Engineering は 150 年の歴史を誇る世界トップレベルの工学研究教育組織である。ケンブリッジ市中心部から 1km 南方に位置し、4000 名の学生を擁する同大学で最大規模の学科である。学期中はほぼ毎週セミナーがあり、著名な研究者による講演会が開催される。

その中で、燃焼や流体関連の研究室が集まる Hopkinson laboratory に私の世話役である Mastorakos 教授の実験室と居室がある。Mastorakos 教授の専門は燃焼学で、ガスタービンエンジンに関する実験や計算で著名な研究者であり、近年はスワール燃焼器における‘すす’の生成に関する研究を精力的に実施している。

私は Visiting Academics という肩書きでケンブリッジ大学に所属する身分を与えられ、Mastorakos 教授の居室の一角に机を構えた。

■研究内容

私はこれまで常温常圧の空気や水を作動流体とした流体力学に関する研究を行ってきたが、燃焼場のような高温の化学反応を伴う流れに関する経験と知識に乏しいため、燃焼実験を自ら実施するのは安全を考慮して控えることとした。その代わりとして、化学反応を省略して流動のみに着目した実験を行うことを提案した。すなわち、スワール燃焼器における燃料と空気の双方を水で模擬した上で、レイノルズ数（＝長さ×速度／動粘性係数）を同燃焼器に一致させるよう流速を設定することで、力学的に相似な流れ場を実現し、スワール燃焼器内部の気体の流動場を水で再現した。なお、レイノルズ数を一致させて流れ場を再現する実験方法は自動車や航空機の風洞実験などで多く用いられる方法である。水

の動粘性係数は気体のそれより 1 桁小さいので、レイノルズ数を一致させれば必ずと速度を 1 桁小さく設定できる。このことは、より低い時間分解能の測定装置が使用できるので、実験を実施する上で有利となる。

スワール燃焼器における重要な研究課題として、前述のすすの生成が上げられる。すすはナノメータオーダーサイズの炭化水素微粒子であり、未燃焼ガスと共に生成されるもので、ヒトが吸引することで健康被害が生じるだけでなく、燃焼効率の低下に加えて大気汚染や気候変動の原因にもなり得る、厄介な代物である。すすの生成を抑えるには、未燃焼を防ぐことが重要で、そのためには燃料の濃度が高い領域に流体が滞在する時間（レジデンスタイム）を短くする。これを実現するためには流れ場における速度の時空間的分布を詳細に測定する必要がある。私は、流れに微細な粒子を混入してその動きを画像として捉える画像処理流速計の開発と応用を 20 年以上にわたり手がけてきたので、これをツールとして速度場の測定を試みることにした。

期間中に実施した研究は主に打ち合わせや議論、実験装置や解析コードの開発、実験とデータ解析であった。4 月から研究の進め方や実験の具体的方法について検討を行い、7 月には実験装置の図面が完成し、装置の製作を技官に依頼した。10 月には実験装置のタンクとテストセクションが完成した。実験装置の完成に備えて、測定手法である三次元粒子画像追跡法 (3D-PTV) のソフトウェアプログラムの作成を開始した。12 月には実験装置の周辺部分が完成した。レーザーおよびビームエキスパンダを設置し、ボリュームイルミネーションを作成した。クリスマス休暇の後、1 月には実験流路をラボに搬入し、3D-PTV による 3 次元速度分布の測定に成功した。2 月から 3 月にかけて実験を複数回実施し、実験データを取得した。

■講演会参加および来訪者受け入れ

滞在期間中、学内で開催された講演会（11 回）に参加した。また、大学の研究者や民間企業の技術者 10 名の訪問を受け入れ、ケンブリッジ大学における教育や研究の紹介を行った。

■フォーマルディナー

Mastorakos 教授の招待でケンブリッジ大学 Queen's Colledge における formal dinner に参加した（2020 年 3 月）。Mastorakos 教授の学生を含むおよそ 50 名程度と長机で夕食を共にした。ドラの音の合図と共に同 colledge の fellow 教授陣が黒いガウンを着て入場するときは全員が立ち上がり、同 colledge 所属の学生が夕食前の祈りを古英語で捧げる様子は、伝統と格式を重んじる英国ならではの光景であった。

■生田の研究室ゼミについて

生田の研究室の学生とは毎週木曜日と金曜日の 17:00（日本時間）から、テレビ会議ゼミを行った。双方ともパソコンと iPad で Zoom を立ち上げ、タブレットで画面に絵を書くなどして実験の相談を行った。Zoom の活用状況をユビキタス推進室に報告し、2020 年度からの本格運用に向けた情報提供を行った。

以上