



数学

山本 昌宏（数理科学研究科数理科学専攻 教授，数学科 兼任）

アインシュタインに「先生の研究室はどのようなものですか」とある人が質問したところ、彼は胸ポケットにさしてあったペンを示し、ここです、と答えたという話がある。数学の現場も似ている。数値実験以外は実験が少ないという数学の性格もある。大規模なハードウェアに依存することもほとんどない。したがってどこでもが数学の研究現場になりうる。真っ暗闇でも頭の中であれこれ論理の筋道を考えている。考えを書き留めるために明かりがあったほうがよいが。これが第一の意味での「現場」である（「現場」らしくないが）。

第一の意味の現場からの成果は数学の専門書のようにかっちりと表現されていないことが多く、作曲家のスケッチや見取り図のようなもので、第三者（数学的な素養が仮定されるが）が誤解なく理解できるような表現に鍛えあげることが必要である。そこで第一の意味での現場で得られた着想はある段階で同僚や院生などに聞いてもらい、議論をして客観的な表現に昇華させていく。そのさいに間違いや一人よがりの表現などが訂正されたり、結果の一層の飛躍につながることもある。そのような第二の意味での現場は、黒板と机のある部屋である。東野圭吾の連作推理小説「ガリレオ」の物理学者・湯川学准教授は何か思いつくと道路でも窓ガラスでも何やら書き始めるが、数学者は黒板である（ホワイトボードでもない）。何か思いつくと誰かと黒板で議論したくなるので、数学科にはやたらと黒板がある。壁に計算を書かれないようにする対策がもしれない。

数学には一人で考えを積み重ねる孤独な現場があるいっぽうで、同僚らと議論する場が重要である。そのためには黒板と机があり誰でもが自由に出入りできる



■ 数理科学研究科コモンルーム

談話室が大事である（図：数理科学研究科コモンルーム）。数学はひとたび証明されれば絶対変更されない真理であるので過去の先人との対話のため紙媒体の本が充実した図書室も重要である。

それと数学者はコーヒーを好む傾向があるようでそのような場所でのコーヒータイムが意義深い。実際、数学者とは1杯のコーヒーを1つの定理に変換する機械のことでありという言い回しもある。海外の研究所には談話室にエスプレッソマシーンが置いてあることが多く誠にうれしい。そこでの議論は単なるおしゃべりのようにもみえるが、研究自体と関係がなさそうな会話にも研究のヒントが隠れている。数学者によっては孤独な作業とことんやり、完成間際になって初めて同僚と議論する場合もあるが、孤独な作業と議論（時には激しい論争）からなるサイクルは同じである。数学者はテニスなどで気分転換をする人も多いが（筆者はしない）テニスコートでも結構議論しているのかもしれない。音楽や楽器演奏を嗜む数学者（筆者がそう、ただし聴く、観るだけ）もけっこういる。

以上が数学の現場として、ごく古典的なものである。環境の変化も重要で、海外の研究機関に滞在したり、自分が出かけるかわりに海外から研究者を招聘して議論することで劇的に研究が進展することもある。国際会議も意外性のある研究者との遭遇というか出会い頭の議論で思わぬ成果が生まれることがある。数学は紙と鉛筆だけでできるチープな学問という誤解があるが、上記の目的のためには図書や旅費など一定の資金は常に必要で、研究成果をめぐる収支効率は良い（と評価できる）。

数学の研究はまったく自由であり、取り扱う領域も大きな広がりがある、そこで研究の現場も上に述べたようなオーソドックスなものだけではなく、最近では多様化している。たとえば筆者のグループは、高炉内の状態推定やマーケティング戦略の数理論などに関する実用手法の開発などに関して産学連携の数学をここ10年来、新日鐵（現・新日鐵住金株式会社）や、花王株式会社と進めているが、その場合の数学の研究現場はそれぞれの業種の産業界でもあり、数学自体の探求とともに実用化・経済効果を目指すこととなる。



エアロゾル・雲航空機観測

小池 真（地球惑星科学専攻 准教授）

好きな場所で、好きな時間（タイミング）に大気の観測ができる。この点において、航空機に測定器を搭載して実施する航空機観測は、とても有利な観測手段である。さらに言えば、気温や二酸化炭素濃度など、大気中の物理量や化学組成の高度分布を測定するのは、航空機観測を除くと容易ではない。地上や人工衛星からの電磁波を使った大気の遠隔観測（リモートセンシング）は、得られる情報が限られている。このため、天気予報に必要な気温の高度分布も、温度計を搭載した小型気球を世界各地で毎日上げることによって基本的に得られている。気球では限られたデータしか得られないが、その点、航空機は外気を機内に引き込んでハイテクの分析装置で測定するなど、その場の大気の詳細な情報を得ることができる。私たちはこのような航空機観測の特徴を生かして、大気中に浮遊する微粒子（エアロゾル）と、そのエアロゾルを核として生成する雲の測定を東シナ海や西太平洋で展開している。

しかし好きな場所・時間に実施できるがゆえに、その選択・決断という悩ましい点もある。航空機観測は毎日できるわ

けではなく、また同時に多地点でできるわけでもない。しかも期待通りの自然現象が必ずしもおこるとは限らない。限られた時間（予算！）の中で、的確に場所・高度・時刻を選ぶことは必ずしも容易ではない。最近では化学天気予報とよばれる、大気中の物質場の予測に基づいて航空機観測を実施している。これは天気予報と同様に、たとえばアジア大陸から輸送されてくる汚染大気の場合や濃度を予測し、その場所を目掛けて観測機を飛ばすものである。観測の現場（理学の現場）ではそのような日々のモデル計算予測に基づき、フライト前日の午後3時くらいまでには具体的な飛行計画を決定し、航空局（各空港の管制官）や自衛隊との調整をする。当日の朝には最新のモデル予測や衛星雲画像を見て、観測場所や高度を微修正する。最終的には航空機搭乗中の研究者がリアルタイムでデータや窓の外の雲の様子を見て、その場でパイロットと相談しながら場所・高度を決定して測定を実施する。観測エリアでは、1分単位で状況を判断しながら高度を変えたり、雲に突入したりもす

る。着陸後はすぐに（1時間程度以内に）、取ったばかりのデータをざっと解析し、測定器の正常動作を確認するとともに、成果を整理しその後の計画に反映させていく。計画の立案から機上までの何段階かのこれらの判断において、頼りとするのは研究者としての直感である。そのよ

うにして予想通りの、あるいは予想もしなかった面白い現象の観測に成功した時の充実感は大きい。やはり自然現象は美しいと感じる瞬間である。

エアロゾルは、化学組成や大きさに応じて太陽放射を散乱・吸収することにより、地球が受け取る放射量（放射収支）に影響を与え、気候変動を引き起こす要因となっている。またエアロゾルにより、雲粒の大きさや、水・氷の相に変化が起るため、放射とともに降水過程にも影響する。アジアは世界的に見てもエアロゾル量が多いホットスポットであり、その場所で何がおきているのか、雲・降水過程にどのような影響を与えているのか、世界の研究者が注目している。エアロゾルは気体成分と異なり、大きさや化学組成などきわめて多様性に富んでおり、次々と新しい測定技術が開発されてきている。航空機観測はそのような世界最先端の測定器を搭載できるため、研究の進展速度が速いことも特徴である。われわれは同じ地球惑星科学専攻の近藤豊教授・茂木信宏特任助教や、東京大学先端科学技術研究センターの竹川暢之准教授、さらには国内外の研究者と連携を取りながら、世界最先端の測定器を駆使した観測を展開している。その結果は、間もなく公表される気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第5次報告書でも取り上げられる予定である。

残念ながら日本には大気・地球観測専用の航空機がない。このため観測のたびに民間の航空機を借り上げ、改造をほどこして使用している。アジアの大気環境の継続的な監視と、そこで起きているさまざまな現象の解明のために、そしてさらに若い人たちが新たなサイエンスを展開できるために、地球観測専用の航空機の導入と利用体制の確立が望まれる。



2009年と2013年の観測で使用した航空機。機内には世界最先端の測定機器がずらりと並び、パイロット2名と研究者2名を乗せて、未知の現象の解明に挑む。