

氏名：鈴木 康祐

専攻・学年：航空宇宙工学専攻・博士後期課程1回生

派遣国：アメリカ合衆国

派遣先(研究機関名)：カリフォルニア工科大学

受入研究者(職・氏名)：Professor・Tim Colonius

派遣期間：2011年9月19日～2011年10月29日(41日間)

派遣先での研究テーマ：IB-LBMを用いた移動物体流れの数値計算法の開発とその応用

(Development of a numerical method for flows around moving body and its applications)

### 【研究実施概要】

流体力学において、流体中にある物体が流れによって力を受けて運動したり、あるいは運動する物体が流れを誘起したりして、流体と物体とが連成して運動する現象(移動物体流れ)は、科学的に興味深い現象であると同時に、工学的に重要な現象でもある。これまで移動物体流れの理解のために実験的な研究が多くなされてきたが、近年では、計算機の性能向上や数値計算手法の発展をうけて、数値計算を通じた現象理解へのアプローチも期待されている。そうした数値計算手法の中でも、埋め込み境界-格子ボルツマン法(Immersed Boundary-Lattice Boltzmann Method, IB-LBM)という手法が、その効率の良さやアルゴリズムの簡単さから、ここ数年の間で注目されている。私は、IB-LBMを用いた移動物体流れの数値計算法の開発およびその高精度化、さらにその応用を目的として研究を行っている。



カリフォルニア工科大学への派遣期間中において、私はまず、派遣受け入れ先研究室の学生やポスドク、教員を対象に、私のこれまでの研究内容の発表を行った。発表においては、埋め込み境界法における物体が受ける力・トルクの計算方法、境界近傍に滑らかな速度場を用いた高精度IB-LBM、およびIB-LBMの応用例の3点について発表した。受け入れ先研究室も埋め込み境界法を用いた研究を行っており、発表時の質疑応答では多くの鋭い質問や有益なコメントを頂いた。

その後、研究発表でも紹介した、境界近傍に滑らかな速度場を用いた高精度IB-LBMについての研究を続けて行った。これまでは、この方法を、二重円筒間の流れや回転振動する円柱周りの流れ、球の落下問題といった比較的穏やかな流れに対してのみに適用しており、渦の剥離を伴う複雑な移動物体問題には未だ適用しておらず数値計算手法の妥当性検証は十分ではなかった。そのため、派遣期間中においては、高精度IB-LBMを楕円柱の落下問題といった、渦の剥離を伴う移動物体問題に適用しその妥当性を調べた。

### 【研究成果概要】

派遣受け入れ先研究室では、Projection法を用いた埋め込み境界法(Immersed boundary projection method, IBPM)を提案しており、その方法を用いると、従来の埋め込み境界法よりも高い精度が得られることが報告されている。派遣前の計画では、IBPMのどの部分が精度向上につながっているかを学び、私が用いているIB-LBMに応用できるかを検討する予定であった。検討の結果、IBPMは圧力のポアソン方程式を反復計算で解くことを利用しており、一方、IB-LBMではポアソン方程式を解かないことで計算効率を向上させているため、IB-LBMにIBPMの考えを取り入れることは難しいことが分かった。しかしながら、IBPMとは別の考え方で精度を改善する方法(研究実施概要で記述した、「境界近傍に滑らかな速度場を用いた高精度IB-LBM」)について派遣受け入れ先研究室で発表し、議論できたことは、双方に利益のあることであったと考えている。

また、同時に、三次元羽ばたきモデルの揚力発生メカニズムの解明や、揚力が発生するようなパラメータ条件の検討を行う予定であった。しかしながら、その前段階で実施した高精度 IB-LBM を渦の剥離を伴う移動物体問題に適用しその妥当性を調べる過程で、当初予想していた結果と大きく異なる結果が得られ、その原因の究明に時間を取られたため、三次元羽ばたきモデルの計算にまでは着手できなかった。三次元羽ばたきモデルの計算は、派遣受け入れ先研究室も行っている Micor Air Vehicle (MAV)の研究に大きく関わっており、その計算結果について議論することを期待していたため、実施できなくて残念に思っている。また同時に、研究は予想通りにはいかないものだとすることを改めて痛感した。

#### 【外国語のスキルアップ・コミュニケーション能力の向上、海外におけるネットワークづくり】

私は英語が不得手な上、意思表示も積極的にできる性格ではないため、海外における生活全般に不安を抱いていました。しかし、一月ほどの生活を通して、聞いて理解できないことは何度も聞き返すことで、またうまく言いたいことが表現できないときは身振り手振りで補うことで、何とか生活はできるということを実感することができました。また、私は、英語で話しかけること、話しかけられることに躊躇いがありました。英語による会話にある程度慣れることができ、躊躇いも払しょくできたように思います。さらに、英語のリスニング能力、瞬時の作文能力といった、英会話に必要な能力も向上したように思います。しかしながら、まだ日常会話、研究のディスカッション等を十分にできるほどではなく、さらなる努力の必要性を痛感しました。



海外におけるネットワーク作りについては、思ったより派遣先の研究室の先生や学生の皆さんと会話する機会を持つことができず、不完全燃焼の感が強く残ってしまいました。会話の機会を持つことが出来なかった理由としては、1)派遣期間中に MAVに関わる研究(三次元羽ばたきモデルの計算)にまで着手できず、共通の興味に基づく議論が出来なかったこと、2)学生の皆さんは、与えられた個室にいるためかあまり学生部屋に来ることがなかったこと、3)学生部屋に来た時も黙々と作業されていて話しかけ辛かったことも挙げられますが、やはり自分の会話能力に自信がなく話しかけることに尻込みしてしまい、私の方から積極的に話しかけることが出来なかったことが一番大きいように思います。この失敗を深く反省し、今後の経験に生かしたいと思えます。

#### 【派遣の感想】

まず、海外の大学で研究をするという貴重な体験をさせて頂いたことを、派遣プログラムと、この派遣を通してお世話になった全ての方々に深く感謝いたします。

今回の派遣では、研究成果、ネットワーク作りについては不完全燃焼な結果になってしまったと深く反省していますが、それでもなお多くのことを学び、経験できたことはとても有意義であったと思っています。派遣先のカリフォルニア工科大学では、毎日のように何らかのセミナーやコロキウムがあり、それらを聴きに行くのもとても楽しかったです。また、講義も見せて頂きましたが、日本の講義とは異なり、受講者からの質問や講師と受講者の間での議論が頻繁にあり、とても新鮮でした。このように、海外の大学には日本の大学とは異なるところが多くありましたが、研究者の生活は日本でも海外でも本質は変わらないということも感じました。

これら海外の大学における経験だけではなく、見知らぬ土地で、言葉も十全に伝わらないような場合でも、何とか生活できるという実感が得られたのは、自分の人生にとって大きな収穫であったと思います。このおかげで海外での滞在

を、特別大変なこととは感じなくなったように思います。このことは、これから研究者として生活拠点を選ぶ際の選択肢を大きく広げてくれたことと思います。