

第9回数値流体力学シンポジウムに参加して*

木村 智博**

1. 序

学会誌のシンポジウム報告というと、大抵は国際会議が取り上げられている。しかし、国内でのシンポジウムにも示唆に富むものも少なくなく、今回取り上げたのもそうした理由からである。気象観測網の整備、数値予報の進展、気象予報士制度の導入などを反映して、より正確で、きめ細かな予報が要求される。そうした要求に答える意味でも、この数値流体力学に精通した研究者、技術者が輩出することが望まれる。

2. 概要

「第9回数値流体力学シンポジウム」は、昨年12月20日から22日に中央大学理工学部校舎で行われ、400人近い参加を得た。数値流体力学（以下“Computational Fluid Dynamics” CFD と略）という性格上、参加者のバックグラウンド、研究発表は、土木、機械、航空、ガスタービンなどの工学系の色彩が濃かった。一般講演241件のうち気象に関連したものは15件程度で、少し寂しく感じた。

この数値流体力学シンポジウムはセッション毎に分かれて発表された。気象学、特に大気擾乱に関連するものとしては、「渦法」「格子形成」「計算法・パソコン利用法」「浮力流れ」「乱流遷移」や、複雑な地形を考慮の上、メッシュを任意に設定出来る「有限要素法」、大気中の水蒸気を視野に入れた「混相流」などがあった。いずれも大気モデリングの分野では関連性の深い領域だが、発表は機械工学、ガスタービン、量子力学で扱う分子運動の解析が主であった。

昨今の地球温暖化の解明並びに対策を施す観点から、大気の状態、エルニーニョなどの現象を詳細に観

測する必要がある一方、温暖化の機構そのものの解明も望まれる。CFDでは、スーパーコンピュータを駆使して大気の大規模な構造、境界層の熱収支を観測、実験、モデリングをそれぞれの手法で行い、解明をしようとしている。気象観測、予報で大切になって来るのが「粗度」と「地形」であるが、CFDでは渦、気体、液体の流れそのものを解析の対象にするので、なお一層の精緻さが要求される。このシンポジウムでも「環境・気象」が設けられたので傍聴した。

3. 研究発表

先ず目を引いたのが、大阪大学工学部の近藤、山口、呉氏らの「BFCを用いた大気境界層の数値モデル」だった。BFC (Boundary Fitting Curvilinear Coordinate) モデルの有効性を CMG (Coarse Mesh Grid) モデルと、その2倍の格子網で分割した FMG (Fine Mesh Grid) モデルの比較から検証している。BFCモデルは計算領域が大阪湾を含む100 km×100 kmで、水平方向の座標軸は海岸線に沿った曲線座標に地形(標高)の要素を加えたものである。風速、風系などの観測結果から、BFCモデルは他の2つの解析法と比較して、計算精度の点で有効である、と主張している。

また、東京大学生産技術研究所の村上周三教授らの「都市気候モデルによる関東地方の流れ場・温度場の数値解析(その1)」では、関東地方の夏季の局地風を、現状の土地利用を考慮した場合と、都心まで全て緑地と仮定した場合とで比較検討している。それによると、土地利用を考慮した場合は海風の発生時の風速分布、地表面温度分布に関して観測データとよく一致する、と主張している。

さらに、地形の影響を考慮した海風の流れ場解析に関して、東京大学工学部の河原能久教授らは、「都市の後背地の地形が海風に及ぼす影響」を発表。地表面の熱的・力学的性状の変化に伴う蒸発散量の減少、人工

* Reporting on “9th Symposium on Computational Fluid Dynamics”.

** Tomohiro Kimura, 朝日新聞社東京本社編集業務部.

© 1996 日本気象学会

排熱の増大、汚染物質の増加の一方、臨海部に都市が多い事実から海陸風の影響、地形的には平野の背後が山になっている形態などが、都市部の気象に影響を及ぼす。こうした認識に立脚して、臨海部の都市を対象に背後地の地形が海風の内陸部への侵入に及ぼす影響と都市の気温の変化の解析結果を報告した。

計算領域は水平方向 100 km、鉛直方向 3 km、水平格子間隔は 1 km、鉛直格子間隔は最下層で 40 m と設定した。地表面温度は時間とともに正弦的に変化させ、一般風は割愛した。解析ケースは、①臨海部に都市が存在。②は①のケースの内陸部に山を設定、山の表面は草地とした。③都市の内陸部に台地を設定し、その台地の表面はすべて草地とした。

結果として、①は周囲の草地よりも都市の気温が高くなる。周辺部から都市に向かうヒートアイランド循環が生じる。海岸線付近では海風と都市への収束流が重なり風速が強まっており、時間とともに海風と都市への収束流が強まる。海岸線よりも内陸側の境界での上昇流が強い。

②は斜面上昇風と海風が時間の経過に伴い発達する。斜面風が強いため、顕著なヒートアイランド循環は認められなかった。③は台地があるため海から台地までの大きな循環が形成され、海からの風が台地上まで侵入している。ただ、都市が存在するので台地上まで侵入する規模が小さくなっている。

「環境・気象」セッションで前述したような大気循環、都市気候の話題は期待した程多くなく、むしろ河川工学、土木で頻繁に出てくる水理学の発表が多かった印象である。ただ、気象学で扱う大気・海洋結合モデルや洪水などにも多少関連性があり、大気環境、降水過程でのモデリングの考え方に示唆を与える内容で、1 つ視野が広がったように感じた。

「環境・気象」セッション以外で出た話題として、「浮力流れ」セッションで取り上げられた、計算流体研究所の土屋敏明氏らの「大きな温度差を伴う自然対流の数値解析」、名古屋大学大学院生の樽原崇伴氏らの「非構造格子を用いた 3 次元自然対流の計算」などは、内容的には電子回路や密閉された容器内でのシミュレーションであったが、熱力学の方程式、気体の状態方程式の概念を含んだものだったので、大気物理学にも応用出来るものと思われる。

同じ「浮力流れ」セッションで、東京大学大学院工学研究科航空工学専攻の富田浩文氏らの「鉛直シアア中の Rayleigh-Bénard 型対流の非定常数値実験」

も注目された。薄い流体層の下面から一様に加熱すると、熱対流が生じる。Bénard が実験、Rayleigh が理論付けしたことは有名だが、発表では水平の流体層に鉛直シアアの有無による比較を試みている。レイノルズ数を増加させると擾乱は発達し、流れそのものが振動する。鉛直シアアの増加に伴い、大気の振動が抑制される、としている。過度方程式を基に解析する際にも示唆に富んだ内容だった。

4. 今後求められる日本気象学会員と CFD との交流

数値予報の進展の中、流体力学に精通した会員が増えることが望まれよう。流れそのものを解析する日本流体力学会の学会誌「ながれ」には、会員の投稿が割りと多いのに対して、コンピュータ解析に力点を置いた CFD 方面ではあまり投稿されていない印象を受ける。

3 日間の会期中、2 日目に懇親会が催され、出席した。自分の視野を広げる意味で、時間が許す限りにおいて、他のシンポジウムでもなるべく参加するようにしている。北海道大学の水田洋先生との話で、研究領域である水流に話題が及び、「海と河口の境界での塩分の移動について解析している」「農作物への塩害防止に役立てたい」と言っていた。更に一步踏み込むと、水流の動きだけでなく、農作物への塩風害も考えられ、風系と CFD の関連性も出てくる。毎年開催されている日本風工学会大会では、「地形と風」の観点で CFD 絡みで研究発表されているようである。

塩風害に限定すれば、大気の流れ、湿度、浮遊粒子の相互の動きを考慮に入れた「混相流」の観点が大切になってくる。

昨今のように学問領域が細分化してくるに伴い隣接する領域が見えにくくなっていく。また、人間活動が活発化・高度化するに従い幅広い視野が求められる。前述の水田先生のような防災技術の観点も然りである。

5. 結語

今後は、CFD を始め、流体力学、水理・水文学、風工学などの研究者との交流促進が必要と痛感した。日本工学会は技術開発、科学技術発展の観点から土木、建築、化学、電気、機械学会などをまとめており、会員同士の交流も盛んと聞く。日本気象学会も予報技術の高度化、防災、アメニティーの重要性を受けて、

今まで以上に農業気象を始め、衛生工学、上記工学分野などとの緊密な連携が求められよう。他学会との交流を深化させてほしい。

今日の観測技術は、リモートセンシングやGIS（地理情報システム）が不可欠である。1993年の花巻空港での航空機墜落は乱流（ウィンドシアー）が要因の一つと言われ、流体力学の知識が必要になってくる。雪崩予報については雪氷学とも関連する。土砂災害については気象学、土木、土質工学が関係する。このような状況から、異分野に目を向ける時代と痛感している。

幅広くなれば浅くなってしまう、という批判もあると思われるが、報道に身を置く立場として、一つの専門領域だけでは解決困難な局面もままあるように感じる。私としては、興味深いものがあれば、今後とも報告していく考えである。なお、今回のシンポジウムの主催学会である日本数値流体力学会の連絡先を記す。

東京農工大学工学部 機械システム工学科

東野文男研究室 気付 日本数値流体力学会

Tel 0423-88-7074