

シンポジウム報告

国際雪氷学会シンポジウム “International Symposium on Dynamics in Glaciology” 報告

北海道大学低温科学研究所 杉山 慎

巨大な会場、広い範囲にわたる研究分野、いくつも同時に進められるセッション、そんな学会が増える中で、IGS (International Glaciological Society) のシンポジウムはいつもこじんまりとしていて、興味を共にする研究者だけが集まってくる。2008 年 8 月にアイルランドのリメリック (Limerick) で開催された「International Symposium on Dynamics in Glaciology」も、氷河氷床の動的な変化と力学的挙動にテーマを絞った 100 人規模の国際学会である。テーマは絞られていても、氷河学の基礎を成す「Glacier Dynamics」が扱うトピックは幅広い。グリーンランド・南極氷床から山岳氷河、野外観測から流動理論まで、バランス良く構成された 5 日間のプログラムからそのいくつかを紹介したい。

(1) グリーンランド氷床

現在その挙動が最も注目されている氷河といわれれば、少なからぬ人がグリーンランド氷床を挙げるのではないかと。特に近年観測された、表面融

解や氷床表面湖の排水に起因する流動速度の増加は、氷床動力学に新しい課題を与えている。本学会でも、この現象をはじめて発見した Zwally らによって、より詳細な氷床流動変化が紹介された。また末端の急激な後退と氷厚減少が話題になっている氷流 Jacobshavn Isbrae からは末端付近での観測報告が 2 件あり (Lüthi and others, Amundson and others)、過去に測定されていない流動速度の季節変化が紹介された。これらの成果は、グリーンランド氷床が気候変動に対して、これまで考えられていたよりも敏感に反応する可能性を示すものである。氷床モデルの分野でも、グリーンランドに関する発表が目立った。Zwinger らは、ストークス方程式を近似なしで解いて氷河流動を計算する、いわゆる full-Stokes model をグリーンランド氷床全域に初めて適用した結果を報告した。また気候や流動に関する無数のパラメータの変化が氷床に何をもたらすかを、制御理論 (control theory) と氷床モデルの結合によって効率よく導く、興味深い試みが紹介された (Bugnion and Heimbach)。

(2) 南極氷床

グリーンランドと比較して発表件数は少なかったが、主に南極沿岸部での流動変化に関する興味深い発表が行われた。2002 年に Larsen B 棚氷が崩壊した南極半島の沿岸では、氷河流動速度の加速が報告されている。Shuman らは人工衛星と航空機に搭載された高度計によって、この地域の氷河において著しい氷厚減少が起きていることを明らかにした。このような棚氷の崩壊に起因した内陸氷河の変動は、数値モデルによる研究も実施さ



写真 1 発表会場の様子 (成瀬廉二撮影)

れ始めている (Campbell and others). グリーンランドに続いて, 南極の沿岸部でも氷床に大きな変化が起きている可能性が強く, 氷床-棚氷-海洋の相互作用に関して, より広範囲での観測と新しい数値モデルの開発が必要である. 西南極の Ice Stream B では, 潮汐と連動した氷流の加速が GPS によって見事に観測された (Winberry and others). 広範囲に設置された複数の GPS は, ある地点から波紋のように広がる流動加速の波を示している. 同時に実施された地震波観測もこの現象を捉えており, 過去に蓄積された地震計データによって, Ice Stream B の流動変化が過去数 10 年にわたって復元できる可能性が示された.

(3) 数値モデリング

氷河氷床の流動モデルに関しては, 全ての応力項を考慮した full-Stokes model が広く使われ始めている印象を受けた. そのような手法が有効になる一例として, 氷床の接地線付近の数値実験が挙げられる. Durand らは有限要素法を用いた full-Stokes model で, 接地線の変動シミュレーションを行い, 数値分解能が結果に与える影響を考察した. 接地線近傍における氷床の振る舞いは, 南極やグリーンランドの沿岸部で観測されている急激な変化を理解するために重要な課題であり, 数値計算においても最も力が入れている分野といえよう. 世界各地で様々な数値モデルが開発された結果, それらの結果を同じ条件で比較しようという試みも盛んである. 本学会でも, ローレンタイド氷床の周期的な変動を再現するモデルの比較 (Calov and Greve), および高次の応力項を取り入れた氷床モデルの比較 (Olivier and others) が紹介された.

(4) 山岳氷河

過去に氷河動力学に関する数々の知見を生み出してきた山岳氷河での研究活動も, もちろん盛んに続けられている. スイスのゴルナー氷河からは, 氷河湖の排水が流動場に与える影響 (Riesen and others), 極めてユニークな氷河横断方向への流動変化 (Sugiyama and others) などが報告され, 氷河流動の理解が未だ完全でないことを印象づけた. またローヌ氷河にて再現された過去 100 年にわ

たる流動速度場の変化は (Nishimura and others), 観測の歴史が長い山岳氷河ならではの知見を提供するものである. ヒマラヤの氷河に関しても, 合成開口レーダを用いた流動速度の測定 (Luke Copland and others), 日本の研究者にも馴染みの深い AX010 氷河や Urumqi No. 1 氷河の変動モデリングなどが紹介された (Adhikari and Huybrechts, Zhongqin and others). スバルバルのサージ氷河に関する発表もいくつか見受けられたが (Benn and others, Sund and others), その動力学的機構を解明しようという試みは現在あまり行われていないようである.

(5) 氷河湖

初日最初の講演となった Clarke による Vostok 湖に関する数値実験は, 本シンポジウムで最も聴衆を惹きつけた発表のひとつであろう. 水の密度が極小値を示す温度の圧力依存性に着目した数値実験は, 南極氷床の厚い氷の下に存在する湖に特有な水循環および融解再凍結機構を明確に示すことに成功している. 事象をコントロールする物理現象を理解することの重要性和, 現象を数値計算によって定量的に追究することの有用性を, 再認識させられた. 氷河湖の決壊現象に関しては, パタゴニアの Moreno 氷河で最近起きた氷河せき止め湖の決壊について報告があり, 観測と数値計算によって決壊メカニズムの推定が行われた (Naruse and others). 氷河湖とその決壊現象は氷河学における古典的な課題のひとつであるが, 近年南極の氷床底で見出された湖水の移動現象を踏まえて, 今後新しい切り口での取り組みが期待されている.

(6) 氷河底面プロセス

底面すべり, 堆積物の変形, 氷河地形, 氷床底湖. 本シンポジウムの講演の多くが氷河底面プロセスと関係していることに驚かされる. 長く氷河学の重要なトピックでありながら, 未解決の問題が多く残されている分野である. 氷底堆積物に関する実験的な研究で先導的な役割を果たしている Iverson からは, 堆積物の力学的挙動を解明するための新しい実験装置について紹介があった. 氷河学における室内実験の手法は, 氷の物性や微視



写真 2 エクスカーションで訪れたドラムリンの上に集う参加者 (成瀬廉二撮影)

的な挙動に関する分野を除いて未開拓の分野であり、今後に大きな可能性を秘めているのではない。バレンツ海で得られた豊富な海底地形と地震波のデータを基にして、スカンジナビア氷床の変動を詳細に再現した研究も非常に興味深い (Andreassen and others)。巨大な氷床がその底面に残した爪あとが、これほど鮮明に残されている事に驚かされた。

5 日間にわたる学会の中日にはエクスカーションが準備された。アイルランドには現在氷河が存在しないが、氷期に氷床で覆われていたことを示す氷底地形が残されている。参加者はバス 3 台に分乗して、今は牛がゆったりと牧草を食むドラムリンやモレーンを訪れた。大会主催者のひとりである応用数学者 Andrew Fowler の解説のもと、

100 名近い参加者が牛に威嚇されながら移動するさまは何ともユーモラスである。バスの旅はアイルランド西部のカルスト地形、西海岸へと続き、地元のアイリッシュ・パブで夕食。ギネスビールを堪能して街に戻ったのは 22:00 過ぎであった。

今回アイルランドまで足を運んだ参加者にとって幸運だったのは、雪氷学への著しい貢献者に IGS から与えられる、Seligman Crystal の授賞式と記念講演がプログラムに含められていたことだ。2005 年の Richard Alley に続く受賞者は Ronnie Thompson。山岳氷河における氷コア掘削と、コア解析による中緯度域の古環境復元のパイオニアである。5 大陸 15 ケ国にまたがる 50 回以上の高地エクスペディション、200 編以上に及ぶ成果論文の出版。これだけでも彼の講演を心から楽しみにしていた参加者の気持ちがわかるであろう。失敗に終わった南米アンデスでの最初の掘削から語り始めた 1 時間の講演は、その期待を裏切らないものであった。講演後のスタンディングオベーションに続いて、今回出席した過去の受賞者 (Hans Röthlisberger, Garry Clarke, Kolumban Hutter) が演台に上がり、会場は大きな拍手に包まれた。

以上の報告中で引用した発表タイトル、学会に関するその他の情報は、以下の web サイトを参照して欲しい。

<http://www.macsi.ie/igs/Home.html>

(2008 年 9 月 22 日受付)

電波雪氷学とその応用に関する国際シンポジウム出席報告

国立極地研究所 藤田 秀二
ワシントン大学 松岡 健一

International Glaciological Society (IGS) 主催の標記の会合が、本年の 6 月 9 日～13 日にスベ

インのマドリッドで開催された。会合の概要や、発表された研究の動向、参加しての印象などをこ