

令和5年度廣川研究助成事業報告 (3)

International Geomechanics Symposium 2023 での 成果発表および情報収集

児玉 匡史¹⁾

1. はじめに

令和5年度第2回廣川研究助成事業により、2023年10月30日から11月2日にかけて、サウジアラビア王国の都市アルコバールにて開催された国際シンポジウム、International Geomechanics Symposium (IGS) 2023に参加しました。シンポジウムでは、大手石油企業や海外の大学に所属する参加者の発表を聴講し、最新の研究動向について理解を深めるとともに、自らも口頭発表を行い、参加者との情報交換を行いました。これらの内容について報告します。

2. 背景

弾性波探査は資源探査などの様々な分野で利用される重要な物理探査技術です。その探査において弾性波速度分布を推定することもあります。弾性波速度は複数の物性値から構成される複合的パラメータです。等方性や均質性、線型性を仮定すると、2種類の弾性定数と密度という物性値で表されます。もしも密度が分かれば、弾性波速度を弾性定数と密度へ分離して解釈することができます。重力探査といった密度推定手法もありますが、弾性波速度を弾性定数と密度とに分離するアプローチは確立されていません。宇宙線ミュオンを利用した密度推定手法も近年利用が進み、物理探査として弾性波との融合利用が期待されます。この融合利用によって弾性定数や密度が明らかになれば、地下の力学的変動評価(ジオメカニクス)への貢献が期待できます。ジオメカニクスは流体圧入に伴う間隙圧変化によって地下の岩盤の変形や破壊を取り扱うことができ、石油天然ガス採掘や二酸化炭素地中貯留などに適用可能です。ジオメカニクスを扱う研究者の前で弾性波とミュオンの融合利用に関して発表を行うことで、物理探査の専門家とは異なる観点からの意見を頂くことができるのではないかと考えました。IGSは世界各国のジオメカニクスの専門

家が一堂に会し、資源・環境など様々なターゲットに対するジオメカニクスの研究発表を行いますので、今回の発表を行う上で適当だと考えました。さらに数多くの発表を通じてジオメカニクス分野の最新の研究動向について理解を深めることも本訪問の目的でした。

3. IGS2023 への参加

IGSは2018年から始まり、今回で5回目の開催を迎えています。前回はUAEのアブダビで開催されました。今回の開催地であるアルコバールはサウジアラビアの東海岸沿いに位置し、東はペルシャ湾に面しています。一年を通じて気温が高く、夏場には40度を超える大変な猛暑が続きます。訪れたのは10月末でしたが、気温は30度を超えていました。しかしながら湿度がそれほど高くないおかげか、比較的過ごしやすく感じました。最寄りのキング・ファハド国際空港からアルコバールまでは幹線道路が通っていますが、その道中では一面に広がる砂漠を眺めることができます。私はここまで広大な砂漠を初めて目にしましたが、その光景に思わず圧倒されました。アルコバール市内に入ると、それまでの見通しの良かった砂漠とは打って変わり、一気に建造物ばかりが目につくようになります。が、歩行者を見かけることはほとんどなく、街中は車の往来が非常に激しかったため、まさに車社会といった印象でした。本シンポジウムの会場(写真1)となった5つ星ホテルであるグランドハイアットアルコバールには、計26か国から300人余りの参加者が集いました。4日間にわたり、全185件の口頭・ポスター発表が行われました。各セッションのテーマは、地熱等の新エネルギーおよび石油資源などに関するジオメカニクス、二酸化炭素地中貯留・利用(CCUS)、水圧破碎法、機械学習/AIなど多岐にわたっていました。特にCCUSのセッションでは合計で26件もの口頭発表が行われ、本シンポジウムでもとても関心の高いテーマであることが伺えました。口頭発表会場を出ると、

1) 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門

キーワード：廣川研究助成事業、物理探査、ミュオン、弾性波、ジオメカニクス



写真1 会場入り口



写真2 講演ホール内壇上

壁際に民間企業や公益法人などによる展示ブースが立ち並んでおり、各組織の活動紹介や測定機器の展示などが行われていました。また通路中央のテーブルには美味しそうなサンドイッチやマフィンなどの軽食が常時陳列されておりましたので、つつい手を伸ばしてしまいました。

初日はゲストスピーカーによる講演、2日目以降に参加者による口頭・ポスター発表が行われました(写真2)。3つの発表会場にて、質疑応答も含めて20分の口頭発表が同時進行で行われました。こちらはこれまでに参加した国内学会と同様だったのですが、ポスター発表は私が知る様式とは大きく異なり、通路に設置された幅50cm、高さ2m程度のタッチパネルが利用されました。まるでスクリーンが小さくなった口頭発表のようでしたが、発表者がポスターを持参する手間がなくなる点において、特に海外で開催される学会では便利なシステムだと感じました。

発表についてはいずれも興味深い内容ばかりで、非常に勉強になりました。CCUSに関して数多くの発表があったのですが、その中でも二酸化炭素地中貯留サイトにおける干渉合成開口レーダ(InSAR)観測結果に関する発表は非常に興味深く感じました。発表ではサイトによって地表変動が発生する場合とそうでない場合とを紹介し、興味深い点として変動と浸透率との関連を指摘していました。発表後の質疑応答では、会場からはっきりなしに手が上がり非常に白熱した議論が繰り広げられました。時間が経過しているにもかかわらず、その勢いは留まる気配がなく、ついには司会進行役の方までも議論に参加する事態となってしまいました。ここまで多くの関心を集め、議論を巻き起こした発表は他には見られなかったもので、その意味でも非常に示唆的な発表だったのではないかと思います。

私自身は宇宙線ミュオンと弾性波の融合探査について、密度と弾性波速度の相関関係を利用した逆解析手法の数値実験に関して口頭発表を行いました(写真3)。発表後には、アメリカの非営利組織 Society of Petrophysicists and Well Log Analysts (SPWLA) 会長のジェニファー・マーケット氏から今後の展望に関して質疑を頂き、現在取り組んでいる室内実験も含めて今後の展望を説明しました。この時は色々と議論する時間がなかったのですが、のちに再び同氏と話す機会があり、改めて室内実験に関して説明できました。また宇宙線ミュオンの屋外測定の話にもなったのですが、ジェニファー氏はミュオグラフィを利用したプロジェクトに携わっていたようで、そのために興味を持って頂けたのだと後から納得しました。そのプロジェクトでは鉱物資源をターゲットとしていたようですが、密度コントラストが大きいほどミュオンの観測個数の変動も大きく



写真3 筆者の口頭発表
(IGS2023公式HP ; <https://www.igsevent.org/> 閲覧日: 2023年12月22日)

なるはずですので、流体などに比べると金属は有望なターゲットではないかと興味深く聞いていました。のちに調べてみたところ実際に小型検出器を坑井に挿入し、密度分布推定結果から鉱物の存在を示唆する高密度域の推定までがなされており、今後も動向を注視すべきだと感じました。

IGS2023 においては、東京大学新領域創成科学研究科の松島 潤先生も口頭発表を行っておられました。その発表は、宇宙線ミュオンと超音波の測定データから対象物体の弾性定数推定を行ったラボ実験に関するものでした。この室内実験には私も参加しており、共著者にも含まれています。発表後の質疑応答では複数の参加者から質問を頂きました。その中にはフィールド測定に関する質問もあり、実際にどのようなジオメトリで観測を行うか、実験室と屋外との測定環境の違いにどう対応するかといったことは考えていかなければならない課題だと思いました。

3 日目の夜には The King Abdulaziz Center for World Culture (Ithra) と呼ばれる文化センターの見学会に参加しました(写真 4)。Ithra はアラビア語で「豊かにするもの」という意味で、高さ 90 m の巨大モニュメントを擁する広大な敷地の中には、ミュージアム、ライブラリー、エネルギー館など多くの施設があります。特に印象的だったのがエネルギー館です。そこでは開発に使われるドリルビットや処理過程の原油、タンカーの模型、旧式の四輪車等々、興味深い展示品を目にすることができ、技術の進化を視覚的に体験することができました。帰り際に同じグループで見学していたマレーシアの国営石油企業ペトロナスの参加者と少し話すことができましたが、私の発表を聞いて宇宙線ミュオンを用いた物理探査技術に興味を抱いてもらえたようでした。その方が翌日の CCUS セッションにてジオメカニクスの観点からのリスク評価について口頭発表を行っていましたが、宇宙線ミュオンを利用することで岩盤の力学特性を評価できれば貢献できるのではと思いました。

また今回のシンポジウムには、日本から東京大学や石油資源開発株式会社の先生方も参加しており、食事の席や講演会場などでお話する機会がありました。ジオメカニクスや物理探査に関して自分が知らない話題が会話に上るので、非常に興味深く勉強になりました。本シンポジウムでの私自身の発表内容や宇宙線ミュオンを用いたジオメカニクス分野への今後の貢献についてもお話をすることができ、非常に貴重な機会だったと感じています。



写真 4 Ithra の外観

4. おわりに

IGS2023 に参加し、ジオメカニクス分野の最新の研究動向について情報収集を行い、複数の参加者と直接対話を行うことができ、自身の口頭発表に関して有益なコメントを頂くことができました。特に SPWLA 会長との対話では宇宙線ミュオンのフィールド測定に関する貴重な話も聞くことができ、大変有意義な機会だったと感じています。今後は本訪問で得た知識や考え方を活かして、資源、環境分野等での実利用を見据えた宇宙線ミュオンおよび弾性波の融合利用について検討を進めていきたいと思えます。

5. 謝辞

今回の訪問に際しまして廣川研究助成の支援を頂きました。助成事業を通じて大変貴重な機会を与えてくださった旧地質調査所 OB である廣川 治氏とそのご親族の方々に謝意を表します。

KODAMA Masashi (2024) Report of the Hirokawa Research Fund in the 2023 fiscal year: Oral presentation and information gathering at International Geomechanics Symposium 2023.

(受付：2024 年 1 月 19 日)