HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	北海道大学岩盤力学研究室の紹介
Author(s)	藤井, 義明; 児玉, 淳一; 福田, 大祐
Citation	岩の力学ニュース, (114), 24-25
Issue Date	2015-02
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58030
Type	article
File Information	JCRM,114,24-25.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北海道大学岩盤力学研究室の紹介

藤井義明・児玉淳一・福田大祐

1. はじめに

私どもの研究室は、大正 13 年に創設された鉱山学科鉱山学第一講座（道家欽教授→熊沢良雄教授）を前身とし、昭和 48 年に資源開発工学科岩石力学講座に改組（木下重教教授→石島洋二教授）、平成 9 年からの社会基盤工学専攻地盤工学講座岩盤力学分野（石島洋二教授→藤井）を経て、平成 17 年に環境循環システム部門地圏循環工学講座岩盤力学研究室となり現在に至ります。

現在のスタッフは、藤井義明教授、児玉淳一准教授、福田大祐助教、菅原隆之技術職員、学生はドクター3 名、マスター8 名、4 年生 5 名、そのうちスリランカ、インドネシア・中国各 1 です。

2. 研究テーマの変遷

岩石力学講座の研究対象は、主に北海道の炭鉱における、深部化に伴う坑道変形・山はね・ガス突出といった地圧現象で、石炭産業のピークが過ぎた後も、藤井が修士を修了する昭和 61 年くらいまでは盛んに研究が行われていました。

その後、国内炭鉱の閉山が相次ぎましたが、現在でも国内唯一の坑内掘り炭鉱である釧路コールマインにおいて種々の研究を行っております。

もちろん岩石の物性に関する基礎的な研究は創設当時から現在まで絶えることなく連綿と行っておりますが、石炭産業のピークが過ぎた後にテーマが増えてきたのはトンネル・地層処分関係です。

豊浜トンネルの岩盤斜面崩壊をきっかけに、岩盤斜面安定性についての研究を開始し、また、最近では、石灰石鉱山の露天採掘、石炭の地下ガス化、シェールガス、地震予知などにも対象を広げております。

3. 現在の研究テーマ

現在の研究テーマを分類してみると、表－1 のようになります。これらのうちいくつかについて以下に簡単に説明します。

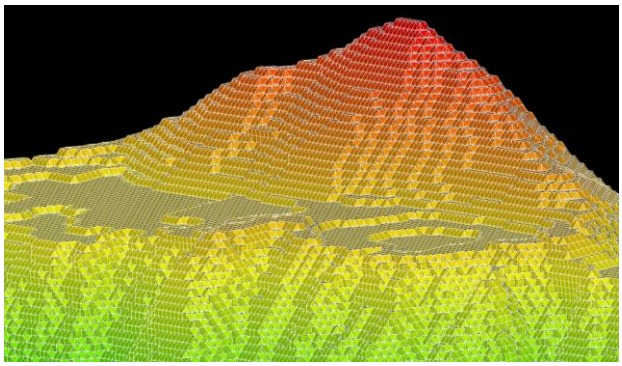
3. 1 露天掘り鉱山における残壁の安定性評価

露天掘り石灰石鉱山の中には，採掘により形成される岩盤斜面（残壁）の高さが終掘時に 400 m 以上になるものがあると予想されています。このため、このような長大残壁の安定性の確保は，露天掘り鉱山において最重要課題の一つとなっています。

残壁の安定性評価において重要な点は「採掘により残壁が変形しうる」ということです。また，この変形は広域応力や地盤のヤング率，ポアソン比に依存します。このため，私たちの研究室では，数値解析により採掘に伴う残壁の変形挙動の特徴を解明するとともに，採掘による変形を利用し，逆解析により広域応力と地盤のヤング率，ポアソン比を推定する方法の開発を進めています（図－1）。現在，大規模な石灰鉱山では，残壁の動態監視のために GPS や APS などを用いた変位・変形計測が行われていますが，これらの計測結果と数値解析で予測した採掘による変位・変形を逐次比較することにより，残壁の異常の早期検出が可能になると考えています。

表－1 現在の研究テーマ

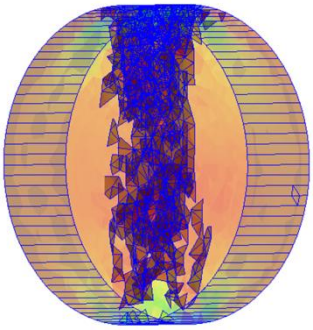
基礎研究
岩石の変形・破壊・長期強度に及ぼす諸条件の影響
含水、凍結、凍結融解
変形・破壊時の岩石の浸透率変化
高速制御破砕（岩石を思い通りに壊す技術、etc。）
応用研究
石炭の浅部採掘
岩盤斜面
露天鉱山残壁
トンネルの変状
石炭地下ガス化
シェールガス
月齢に基づく巨大地震予知
新しい実験手法の開発
岩盤応力測定、多段階三軸、、、
新しい観察手法の開発
μCT 画像を用いた材料の変形計測
その他
21 世紀には地球温暖化は進行していない！
人類が 20 億年生き延びるために何をすべきか？



図－1 ベンチカット工法により形成される石灰石鉱山の複雑な幾何形状を表現した解析モデル

3. 2 高速制御破砕（岩石を思い通りに壊す技術を目指して）

発破（爆薬の爆轟）等により岩石に高速な外力が加わる場合、3 次元的に複雑かつ高速な破壊が生じることはよく知られていますが、その破壊機構に関して得られている知見は未だ十分ではありません。岩石の高速破壊過程を検証する場合、実験・理論解析・数値シミュレーションによるアプローチが考えられます。実験は不可欠である一方で、再現性のある結果を得るためには多大な時間・コストを要しますし、理論解析では岩石の不均一性の考慮や複雑な亀裂進展の分析は困難です。そこで、現在は、3 次元高速破壊シミュレーターの開発に取り組んでいます。一例として、Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB)による動的 Brazilian Test を模擬した破壊解析の様子を示します（図－２）。



図－２ 動的 Brazilian test の破壊プロセス解析の一例

3. 3 月齢に基づく巨大地震予知

私どもは、沈み込み帯毎に巨大地震が発生する危険な月齢があることを発見しました。そして、危険な月齢に前兆現象があった場合に十分注意することで、巨大地震の被害を大幅に減らすことができると考えています。

たとえば、日本海溝における危険な月齢は大潮（新月・満月）の 3.6～7.7 日後になります。2011 東北地方太平洋沖地震の場合（図－３）、48 時間前に M_W 7.2、29 時間前に M_W 6.6 の前震が生じてそれぞれ津波注意報が発令されましたが数時間後に解除され人々は戻りました。小規模な前震は引き続き発生し、最後の有感地震が発生した 7 時間後の危険な月齢範囲中に M_W 9.0 の本震が生じ、約 2 万人の死者・行方不明者となりました。

もしか人々が、日本海溝の危険な月齢を知っており、有感地震終了後 1 日でも避難を続けていれば、死者・行方不明者数は劇的に減少できたと思われます。

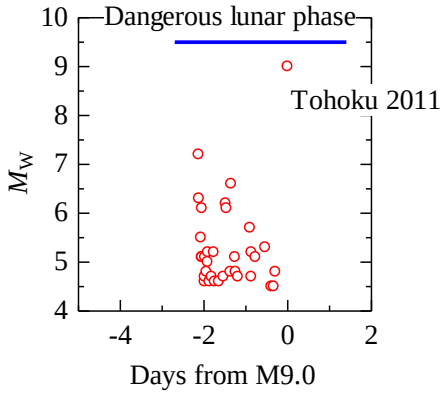
4. 今後の展開

4. 1 藤井教授

何もしなければ 1000 年に一度日本人が 2 万人死亡・行方不明になるわけですから、過去に行われた野島断層の注水試験の結果なども勉強して、小規模な人工地震等でエネルギーを徐々に解放し、巨大地震の発生を止める技術を開発します。

アメリカのイエローストーンは約 60 万年ごとに破局噴火し、最後が 60 万年前ですからいつ噴火してもおかしくなく、噴火すれば北半球の人類は絶滅します。そこで、小規模な人口噴火やマグマ発電等でエネルギーを徐々に解放し、破局噴火を止める技術を開発します。

カーボンナノチューブの発明により、30 年後に実現すると考えられている宇宙エレベーターから太陽に核廃棄物を投棄する技術などにも貢献できればと考えています。



図－３ 2011 東北地方太平洋沖地震とその前震

4. 2 児玉准教授

露天掘り石灰石鉱山における残壁の崩壊事例に基づくと，崩壊前に残壁は非弾性的な変形挙動を示し，崩壊に近づくにつれ，変形速度は次第に増加していきます。したがって，もし残壁に異常な変形挙動が検出された場合には，変形速度を監視することが肝要であり，変形速度を低下させるための有効な対策工の施工が必要になります。

今後は，残壁の状況に応じた適切な対策工選定ツールの開発を目指し，まず，非弾性的な残壁の変形挙動のメカニズムを科学的に解明し，それに立脚した合理的な数値モデルの開発に取り組みます。次に，採掘計画の変更，アンカーボルトの打設，抑え盛り土の施工などの具体的な対策を想定し，これらの対策が残壁の非弾性的な変形に与える効果を明らかにしていきたいと考えています。

4. 3 福田助教

図－２に示した 3 次元高速破壊シミュレーター(亀裂進展を再現するための Remeshing アルゴリズムを組み合わせた FEM ベース)は現在も開発段階ですが、こうしたツールを用いれば、これまで 2 次元（平面ひずみ条件）的にモデル化していた破壊問題をより厳密に取り扱えます。さらに、例えば、ベンチ発破における根切りの問題やデッキチャージ（分散装薬）を用いた発破問題などは 3 次元破壊シミュレーターでなければ現実的な破壊解析はできません。また、発破の場合、形成亀裂中の高速ガス流動という難題も加わります。今後はこうした解析を可能とするために、粒子法や DEM 等の数値手法を連成カップリングさせ、現実的な破壊解析シミュレーターを開発したいと考えています。