

# 地中レーダによる溶岩チューブの探査：電磁波伝搬速度を考慮した空洞の確実な検出と測量との対比による妥当性の確認

## Mapping lava tubes by Ground Penetrating Radar: a cavity detection using the velocity analysis and its validation from survey data

# 宮本 英昭[1]; 春山 純一[2]; 小林 敬生[3]; 茂木 勝郎[4]; 西堀 俊幸[5]; 鈴木 敬一[6]; 升元 一彦[7]; 岡田 達明[2]; 六川 修一[8]; 徳永 朋祥[8]

# Hideaki Miyamoto[1]; Jun'ichi Haruyama[2]; Takao Kobayashi[3]; Katsuro Mugi[4]; Toshiyuki Nishibori[5]; Keiichi Suzuki[6]; Kazuhiko Masumoto[7]; Tatsuaki Okada[2]; Shuichi Rokugawa[8]; Tomochika Tokunaga[8]

[1] 東大・工・地球システム; [2] JAXA/宇宙研; [3] JST; [4] 東大・工・地球システム; [5] 宇宙機構; [6] 川崎地質(株); [7] 鹿島技術研究所・土木・岩盤トンネルGr.; [8] 東大・工・地球システム

[1] Geosystem Engineering, Univ. Tokyo; [2] ISAS/JAXA; [3] JST; [4] Geosystem Engineering, Tokyo Univ; [5] JAXA; [6] KGE; [7] Kajima Technical Research Institute; [8] Dept. Geosystem Eng., Univ. Tokyo

溶岩チューブの内部では、溶岩がほとんど冷却されずに長い距離を流れる事が可能になる。そのため長い期間流動を続ける溶岩流においては、溶岩チューブの存在が流動に大きく影響する。溶岩チューブは地球上の多くの火山、特にパホイホイ溶岩流で数多く見つかっているが、その構造や形成過程は必ずしも良くわかっていない。講演者らは、溶岩チューブの構造を正確に把握するために、地中レーダ法が有効である事を確かめたので、ここに報告する。

溶岩チューブの形成は、パホイホイ溶岩の膨張構造（インフレーション）と関連して、溶岩流の流動と密接に関わっていると考えられている。一般に溶岩チューブは、溶岩流内部の動力学的特性から定義されるので、必ずしも空洞を伴わない。しかし本講演においては、空洞として存在する溶岩チューブのみを考慮する。講演者らは、月や火星など地球外の天体においても、空洞を伴う溶岩チューブが多数存在していると考えており、火山工学的な見地だけでなく比較惑星学的な興味からも、溶岩チューブの構造を把握するための一般的手法を開発しようとしている。

電磁波の伝搬は、物質の誘電率によって大きく左右されるので、ある均質な媒体（ここでは玄武岩質溶岩流）に空洞（溶岩チューブ）が存在すれば、電磁波の伝搬に著しい影響を与える。すなわち電磁波を用いた探査手法は、空洞を持つ溶岩チューブを探査する上で、大変都合が良い。そこで今回、2種類の異なるレーダシステム（ステップ周波数レーダと、一般的なパルス型地中レーダ）を用いて、実際の溶岩チューブを対象とした野外計測を実施した。対象として、富士山青木が原溶岩流の溶岩チューブ（西湖蝙蝠穴）を選んだが、これは内部構造が精密に測量されている事と、村道の下部を通る為に道路上から計測を行えるという利点を考慮したためである。計測はパルスレーダで約100測線、ステップ周波数レーダで約10測線行った。

送受信アンテナの間隔を一定にした測定（プロファイル測定）を行うと、空洞に特徴的な上に凸の双曲線形反射パターンが得られる場合がある。地中レーダを用いた一般的な空洞探査と同様に、この反射パターンに注目する事で、溶岩チューブのある場所が、ある程度特定できる（これについては、既にMiyamoto et al., 2003などで報告した）。しかしながら、こうして得られたデータにマイグレーション処理など、物理探査工学的な処理を施したとしても、これが空洞からの反射波であるか、またはその他誘電率の異なる内部構造を見ているのかを区別する事は、大変困難であった。

今回の計測では、プロファイル測定に加えてワイドアングル計測（CMP計測）を行う事で、この問題点を解決する事を目指した。ワイドアングル計測自体は物理探査工学では一般的な手法であり、反射面までの平均電磁波伝搬速度や、反射波の零点走時から反射面の深度が求まる事が知られている。講演者らはこうした情報に加えて、チューブ内壁からの反射波と見られる反射面が、光速に等しい速度を持つ伝搬を示す反射面に連続するという、特徴的なパターンを得る事に成功した。電磁波が光速で伝わる状況は、空洞以外にあり得ないことから、ここで得られた特徴的なパターンは、空洞が地下に存在する決定的な証拠であると考えられる。

これらの計測から推測された溶岩チューブの位置・規模・深度は、測量で示されている値と全て調和的であった。このことから講演者らは、上記の手法をさらに発展させることで、地中に潜む溶岩チューブの存在と、その構造を確実に知る為の一般的手法が開発できると考えている。