

活動報告：AI を用いた探査データ解釈の研究および教育・所内活動

磯 真一郎

深田地質研究所

1. 活動の概要

深田地質研究所では、地質学・地球物理学を基盤とする総合的な地球科学の研究を軸に、環境や防災など社会と密接に関わる課題に取り組み、その成果を広く社会に還元することを目的としている。報告者は、機械学習および統計的手法を用いた探査データの解釈に関する基礎的研究を主要課題として研究を進めており、特に当研究所のミッションの中核である「複合的な地球システムの理解」を、これらの研究開発を通じて推進している。

社会の持続的発展に資する研究として、地中レーダ（Ground Penetrating Radar; GPR）を題材に、地下構造を教師なし機械学習（AI）により解析する一連の技術的研究を実施した。あわせて、「複合的な地球システムの理解」における AI と協働する解釈のあり方やその可能性、すなわち AI による解析が地球科学的推論の補助となり得る可能性についても検討を行った。

さらに、研究成果の普及活動および研究支援を含むバックオフィス業務についても、あわせて報告する。

2. 活動報告

2.1 研究活動 地中レーダ（GPR）データを対象に、AI を活用した探査データの解析

2.1.1 研究背景と目的

老朽化した社会基盤の維持管理において、地中空洞や埋設構造物の検知は重要な課題となっている。地中レーダ（GPR）は非破壊的な探査手法として広く用いられているが、その解釈は依然として熟練技術者による目視判断に依存しており、膨大なデータの処理に多大な労力と時間を要する。

報告者はこれまで、GPR データを対象として深層学習による自動分類（Ishitsuka et al., 2018; Iso et al., 2019）や、可視化および3次元解釈支援ツールの開発（Iso, 2023; 2024）を進め、AI による地下構造の解釈支援技術の体系化を試みてきた。これらの研究では、教師あり学習による反射イベントの分類や、地中構造の可視化手法の有効性を確認した一方で、学習データのラベル付けの際に必要な専門的知識への依存といった課題も明らかになった。

本研究活動（Iso, 2024; Iso, 2025）は、これらの成果を踏まえ、教師なし学習（Unsupervised Learning）の枠組みを活用して、より自律的で汎用的な異常検出手法の確立を目指すものである。具体的には、畳み込みオートエンコーダ（Convolutional Autoencoder; CAE）を用い、背景パターンを自己再構成する過程から異常を抽出する手法を検討した。これは、ラベル付け作業に必要な専門知識の必要性とその人的労力の軽減に加えて、従来の前処理（マイグレーションや誘電率推定）に伴う計算コストを省力化する解析枠組みを目指す試みである。

2.1.2 研究方法

CAEは入力されたGPR断面(B スキャン画像)を自己再構成し、その再構成誤差から異常領域を検出するネットワーク構造である。本研究では、異常を含まないGPRデータを訓練用データとして使用し、再構成誤差の空間分布を解析することで、通常パターンからの逸脱を異常として抽出する。

2024年度より、CAEの層構造の簡素化(layer reduction)に焦点を当て、AIのモデル構築の指針とするため、ネットワークの層数が検出性能に与える影響を系統的に評価する検証を行っている。具体的には、VGG系列のエンコーダ構造を基礎に、VGG19(深層)からVGG8(浅層)まで段階的に層数を削減した統一設計を構築し、それぞれの再構成性能を比較した。

訓練データには、道路調査により取得したGPR断面のうち異常を含まない区間を用いた。異常を含むデータは推論用として別途使用し、入力画像と再構成画像との差分を可視化することで異常候補領域を推定した。これにより、モデル深度と再構成の安定性、誤検出傾向の関係を評価した。

2.1.3 結果と考察

CAEを用いた教師なし学習により、ラベルデータを用いずにGPR断面中の反射異常を抽出できることを確認した。浅層構造(VGG8相当)でも主要な反射パターンを再現でき、埋設物を示唆する強い反射領域を強調する傾向が見られた。一方で、微弱な反射やノイズ成分を含む領域では、再構成誤差が不安定となり、過検出や誤検出が発生する場合もあった。

これらの結果は、CAEの層深度が異常検出の感度および汎化性能に影響することを示唆してお

り、浅層モデルは計算量を大幅に削減できる一方で、複雑な反射環境下での安定性に課題が残ることを明らかにした。

また、本研究では、地質・物理的な理解を前提にしつつ、マイグレーション等の高コストな前処理を省略し、統計的構造の逸脱を異常と定義する方法論を提示した。この枠組みは、データ駆動的解析と専門的知見との接続を図るものであり、地質学的推論における「解釈支援の新たな形式」として位置づけられる。

2.1.4 まとめと今後の展開

本研究は、現地調査や物理探査で得られたデータを対象に、その背後にある地質構造を技術的に解析する開発を通して、地球科学における普遍的な解釈手法の研究を行うものである。昨年度は、GPRデータ解析におけるCAEモデルの設計指針を検討し、層数の削減が異常検出性能に与える影響を系統的に評価した。結果として、浅層モデルであっても一定の異常検出能力を保持できることが示され、軽量かつ実用的な現場適用モデルの実現に向けた可能性が確認された。

次年度以降は、より具体的な学習モデル設計指針の解明を進めるとともに、観測条件の差異や環境ノイズの影響に対応する新たな教師なし学習手法の検討を行い、CAEモデルの再構成精度の向上と異常検出の安定化を図る予定である。

また、AIによる解析結果を地質学的推論に再統合するための方法論を整理し、2025年度中に関連論文を投稿する計画である。

さらに、研究基盤の強化を目的として高度GPUサーバの導入を申請中であり、関連研究者との連携のもとで運用体制を検討している。これにより、AIモデルの学習および解析処理の効率化を推進し、2025年度も引き続き研究基盤の高

度化と解釈支援機能の発展を進める予定である。これらの取組を通じて、AIによる自動解析と人間の専門的判断とを補完的に組み合わせる「協働的解釈支援」による「複合的な地球科学システムのより深い理解」の実現を目指す。

2.1.5 関連発表・活動（予定を含む）

- ・国際学会：Iso, S., 2025, Design Guidelines for CAE Models in GPR Anomaly Detection, EAGE Near Surface Geoscience Conference and Exhibition 2025, Naples.
- ・国内学会（発表）：磯 真一郎（2024）「生成モデルによる地中レーダ反射体検知手法について」, 物理探査学会 2024 年度秋季講演会.
- ・国内学会：磯 真一郎（2025）「CAEを用いた地中レーダ異常検知の設計指針に関する検討」, 物理探査学会 2025 年度秋季講演会（2025 年 11 月）.
- ・今後の展開（1）：GPR-CAEによる異常検知モデルの設計指針に関する成果をもとに、論文投稿を予定している（2025 年度予定）.
- ・今後の展開（2）：AIを活用した地球科学データの解釈支援および仮説形成過程に関する基礎的検討を進め、関連論文を投稿予定（2025 年度予定）

2.2 普及活動

深田地質研究所全体として行う一般向けの普及活動に加え、報告者は（公社）物理探査学会の普及・教育業務の一環であるキャンパスビジットとして、教育機関への講義活動を実施している。

2024 年度は、香川大学創造工学部において「物理探査の基礎技術とその応用」をテーマとした講義を担当し、電気探査、重力・磁気探査、電磁探査、弾性波探査、特に検層および地中レーダ（GPR）

など、主要な物理探査手法の原理と応用例を紹介した。講義では、資源・エネルギー分野における探査技術の発展や、土木・防災・インフラ維持管理など社会基盤分野への展開を取り上げ、国内外の事例を交えながら「統合物理探査」の考え方を解説した。また、物理探査サービス産業の市場動向や、近年注目される CCS（Carbon Capture and Storage）や洋上風力発電など新たな応用領域にも触れ、探査技術が社会的課題の解決に果たす役割について紹介した。

さらに、AIおよび機械学習を用いた地中レーダ解析の例として、深層学習による反射イベントの自動分類やクラスタリング手法を取り上げ、従来の物理モデルに基づく解析との補完関係を示した。学生には、地球科学におけるデータサイエンスの位置づけと今後の可能性を理解してもらうことを目的とし、技術的背景だけでなく産業的・社会的視点を含めた講義内容とした。

これらの活動は、次世代の技術者・研究者の育成に資するとともに、地球物理学と情報科学を結ぶ教育的実践として有意義な機会となった。

- ・教育活動：香川大学講義（2024 年 12 月）「物理探査学会 2024 年度キャンパスビジット 香川大学（第 2 回）」

2.3 その他（バックオフィス業務）

研究活動と並行して、業務環境の整備およびガバナンス関連の業務を担当した。これらの活動は、研究所の運営基盤を支えるものであり、研究の信頼性確保と組織の透明性向上に資する取組として実施したものである。

2.3.1 研究倫理責任者（研究倫理教育の管理、指導）

研究倫理責任者として、研究活動における研

究倫理の確保および意識向上のため、日本学術振興会が提供する研究倫理 e-Learning 教材「事例で学ぶ／考える研究倫理 — 誠実な科学者の心得 —」について、研究員のみならず総務部事務職を含む全役職員が受講できる体制を整備した。併せて、受講状況を定期的に把握・共有することにより、所内における研究倫理意識の継続的な啓発に努めた。

また、同法人が主催する管理者向け研究倫理啓発セミナーにも参加し、近年の研究倫理を巡る課題や対応動向について、他研究機関との情報共有および知識の更新を行った。

これらの取組の結果、本年度においては対象となる全役職員が、所定の研究倫理トレーニングを修了した。

2.3.2 競争的研究費に関する機関の自己評価・点検（研究活動基盤の整備・運営）

本研究所では、競争的研究費を用いた研究活動の適正な実施および研究公正の確保の観点から、国の研究ガイドラインに基づく機関としての自己評価・点検を、毎年度、継続的に実施している。

本自己評価・点検は、国の研究ガイドラインに基づき、研究機関としての体制整備状況について、関係規程、過去の実施記録および運用実態等を確認し、必要事項について診断・精査を行ったうえで、所定の様式に沿って整理し、所管府省へ報告するための制度上の手続である。是正措置や改善指示を行うことを目的としたものではなく、また、内部監査部門が行う規程遵守状況の検証や指摘を伴う第三者的統制活動とも性格を異にする。

2024年度に引き続き、2025年度においても、研究活動を支える制度的基盤の維持・確認を図るため、同一の国の研究ガイドライン体系に基づく2種類のチェックリストについて、内容の確認お

よび精査を行ったうえで自己評価・点検作業を実施した。いずれの報告についても、所定の期限内に作成・提出を行い、正式に受理された。

以下に、その概要を示す。

1. 研究活動における不正行為への対応等に関する取組状況チェックリスト

(ri2025checklist.xlsx)

本チェックリストは、「研究活動における不正行為への対応等に関するガイドライン」に基づき、研究不正行為（捏造・改ざん・盗用）を防止するための体制整備状況について、研究機関としての取組状況を点検・整理することを目的とするものである。

本研究所では、過去に実施してきた研究倫理教育・倫理トレーニング、ならびに研究者・職員間での情報共有の実施記録を参照し、研究倫理教育の実施状況、研究データ管理に関する周知状況、相談・通報体制の整備状況等について、ガイドラインの要件に照らして内容確認および精査を行ったうえで、該当チェックリストを作成した。

該当チェックリストは、府省共通研究開発管理システム（e-Rad）を通じて、文部科学省宛に提出することが求められており、本研究所においては、2025年9月30日付で受理された。

2. 公的研究費の管理・監査に関する体制整備等自己評価チェックリスト

(iu2025checklist.xlsx)

チェックリストは、「研究機関における公的研究費の管理・監査のガイドライン（実施基準）」に基づく「体制整備等自己評価チェックリスト」であり、公的研究費の管理・監査体制、不正使用防止体制、内部統制の整備状況等について、研究機関として点検・整理を行うための機関向け様式である。

本研究所では、研究費の管理・執行に関する

責任体制について、深田地質研究所の関係規程類、内規、業務分掌文書等を確認するとともに、研究費管理に係る文書体系および運用上の整理状況を参照し、ガイドラインに基づく要件への適合状況について診断・精査を行ったうえで、本チェックリストを作成した。

該当チェックリストは、申請・受諾する競争的研究費の配分元府省等に応じて提出する運用としており、文部科学省所管の競争的研究費については文部科学省宛に、内閣府が競争的研究費制度全体の統括を担う枠組みに基づくものについては、e-Rad 上の指定に従い内閣府宛に、それぞれ提出している。

これら二つの自己評価・点検は、いずれも国の研究ガイドラインに基づくものであるが、対象とする不正の種類（公的研究費の不正使用／研究活動における不正行為）および点検の観点が異なるものである。本研究では、これらを毎年度実施することにより、研究活動を支える基盤的体制について実施記録や規程類に基づく診断・確認を行い、その結果を所管府省に対して適切に報告している。

なお、本業務における点検作業は、指定された様式に従って事実関係を確認・整理し、必要事項について精査のうえ提出することを職務範囲とするものであり、点検結果に基づく評価や是正の判断・指示については、研究機関としての意思決定事項として執行部の責務に属する。

2.3.3 内部監査（内部監査部門）

内部監査部門として、2024 年度の公的資金を対象とした内部監査を、2024 年 10 月および 2025 年 5 月に実施した。本監査は、科研費を原資とする研究課題 6 件を対象とし、交付決定内容と実際の執行状況との整合性、経費区分ごとの使

用実態、証憑書類の全数確認等を行うものである。

当期のいずれの課題においても、不適切な支出や手続上の重大な不備は認められず、関係規程および外部資金取扱要領に沿って適正に執行されていることを確認し、所定の報告を完了した。

また、文部科学省の指針に基づき、内部監査手順を明確化するための改正を行った。

2025 年度上期については、同様の体制のもと、引き続き科研費を原資とする研究課題 6 件を対象とした内部監査を実施中である。

2.3.4 深田賞関連業務

深田賞の記念式典の実施にあたり、運営・広報・式典調整を担当した。候補者推薦から理事会承認、当日の運営・記録・広報対応まで、一連の実務を遂行した。また、2025 年度より顕彰選考の運営にも従事している。

2.3.5 規程ワーキンググループ（WG）活動

2024 年度は WG のメンバーとして、所内の就業関連規程の見直し作業に関与した。年度内は、現行規程の整理と課題抽出を行い、翌年度に改訂作業を引き継ぐ形とした。その後、2025 年度に入り、法令対応を含む制度面の見直しが必要となったため、主査として WG 活動を主導し、特に育児・介護休業規程および専門型裁量労働制の法令適合性を確認しながら、外部社労士との協働体制を整備した。これにより、法改正に対応した運用方針の明確化と、今後の制度改訂に向けた基盤づくりを進めている。

これらの業務を通じて、研究所の内部統制および研究環境整備に継続的に貢献した。

これら一連の取り組みを通じて、研究・教育・運営の各面から、深田地質研究所のミッションである「複合的な地球システムの理解」に資する研

磯 真一郎

究環境の発展に貢献した。