

## 微分地球物理学：地殻ダイナミクスへの情報幾何学の応用

理学研究科地学専攻 平野 光浩

地球物理学を含む自然現象は、複雑な構成要素とそれらの相互作用によって支配されている。この複雑な自然現象を理解するためのツールとして、3つの幾何学的量(捩率、曲率、非計量)が備わった微分幾何学(アフィン幾何学)がある。その微分幾何学を地球物理学的現象に応用する「微分地球物理学(Differential geophysics)」は、現象のより良い理解を提供してきた。本研究では、情報幾何学を含む、アフィン幾何学に基づいた微分地球物理学の観点から、以下の地球物理学的現象を理解する研究を行った。

東北日本弧の短波ブーグ異常と活断層分布に特徴的な関係が指摘されていた。そこで、新しく作成した短波ブーグ異常図を基に、活断層が負や窪んだ領域に分布していることを発見した[1]。そして、微分幾何学に根ざした連続転位分布論に基づき、300 万年前からの断層運動によって蓄積された地殻の体積歪が、最大で-10 mGal 前後程度の負の異常を引き起こしている可能性を指摘した[1]。

重力異常と磁気異常の関係式であるポアソン関係は、非計量が伴うワイル幾何学上の関係と指摘されていた。しかし、ワイル幾何学の非計量の数理物理学的意味は不明であった。そこで、報告されているワイル幾何の性質を基に、ワイル幾何学における非計量は、余分な結合場による膨張収縮率と結論付けた[2]。そして、この概念に基づき、ポアソン関係は仮想時空の膨張と収縮を介した関係として解釈した。

時間的べき乗則を生み出す動的な入出力関係が提案されていた。非計量が伴う情報幾何学の議論から、(i)応答時間分布の入出力関係は、情報量の非加法性の変化が伴う統計多様体構造の共形変化として表現され、(ii) べき指数が、確率パラメータの情報量密度を規定する非計量の大きさとリンクすることを指摘した[3]。そして、べき指数は、統計多様体上の情報量密度の変化と情報量の非加法性を反映すると指摘した[3]。

応答時間分布は、粘弾・破壊現象に関する様々なべき乗則につながる。これらの指数の性質の考察から、応答時間分布のべき指数は、材料の均一性に依存し、応答時間分布の統計多様体におけるパラメータの情報量密度と情報量の非加法性を反映することを指摘した[4]。さらに、応答時間分布の情報幾何学から破壊現象を理解する方法を提案した[4]。

以上を通じて、アフィン幾何学に基づいた微分地球物理学の観点から地球物理学的現象の概観を与えた。そして、微分地球物理学の枠組みを拡大し、地球物理学的現象に情報幾何学を応用する微分情報地球物理学(Differential-information geophysics)を提唱した。

関連文献：[1] Hirano, H., Nagahama, H. & Muto, J., *Terra Nova*, 34(1), 47-53, 2022. [2] Hirano, H., & Nagahama, H., *IJGMMP*, 19(10), 2250153, 2022. [3] Hirano, H., & Nagahama, H., *Physica A*, 625, 129, 2023. [4] Hirano, M. & Nagahama, H., *Physica D*, under review.