

平成30年6月15日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05275

研究課題名(和文) 多面的アプローチによる地球浅部の温度不均質構造解明に関する研究

研究課題名(英文) A multidisciplinary approach to assessing the heterogeneity in the lithospheric thermal structure

研究代表者

田中 明子 (Tanaka, Akiko)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・研究グループ長

研究者番号：40357455

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：地殻熱物性に関わるデータベースのプロトタイプを作成した。既存のものに比べ、地殻熱流量と地温勾配値のデータ数は日本列島周辺域では2割程度増加し、従来系統的にデータベース化されていない熱伝導率についても収集されている。一方、地球熱構造に敏感な地球物理量と考えられている磁気異常データを用いて磁化層厚のグローバルな分布を求め、それが広域的な温度構造の指標として有用なことを明らかにした。これらを相補的に利用することにより、地球浅部の温度不均質構造の理解が進んだ。

研究成果の概要(英文)：Surface heat flow provides important constraint to improve our understanding of the thermal evolution and structure of the Earth. However, the number of heat flow data is limited and spatially very inhomogeneous. To provide an attempt at a higher resolution map of heat flow, heat flow and thermal conductivities are measured and compiled. The planned database will serve as a home to data relevant to thermal studies. Meanwhile, there exist many indicators that are proxies for quantifying the thermal structure. One of the promising indicators is the centroid of magnetic layer, Z_0 , based on spectrum analysis of magnetic anomaly data. Global distribution of Z_0 is closely related to reasonable average thermal regime and its correspondence with tectonic regime indicates that Z_0 is useful to delineate regional crustal thermal structure. It is expected that Z_0 combined with multidisciplinary data should help to infer geophysical and geological information in less explored regions.

研究分野：固体地球物理学

キーワード：地下温度構造 地殻熱流量 熱伝導率 温度プロファイル 磁化層

1. 研究開始当初の背景

地球は、それ自体が巨大な熱機関としてふるまい、地球磁場・マントル対流・プレートテクトニクスを駆動し、地形やその変形を規定し、地震や火山活動などを起こしている。また、地球を構成している岩石の物性値は温度に依存しているので、地下で起きる現象の多くが温度構造と密接に関係している。地球の一様ではない内部熱構造は、現在の地球の状態を知ることだけではなく、形成過程・進化・ダイナミクスなどを研究する上でも重要である。しかし、地球内部構造の中でもっともよくわかっていない情報が、熱に関わるものであるというのが現状である。地球内部温度構造を、様々なデータを通じ、より良く理解することを試みるために、唯一の直接的な観測量である地殻熱流量値の拡充を行う。これまでに、地殻表層の温度構造を示すデータの一つである坑井の温度データによる地温勾配値のコンパイル [田中・他, 2004] がなされているが、データベースとしてアップデートされていない。さらに、これとは相補的な役割をになう、広域的な地球内部温度構造に密接に関連する磁化層の定量的な検証を試み、地球内部温度構造の不均質性を明らかにすることを目指す。

2. 研究の目的

系統的に取り扱われる機会の少ない熱伝導率の測定や既存データの活用を通じ、地球熱学の基礎的なデータである地殻熱流量値の拡充に努める。一方、それらでは捉えることのできない広域的な地球内部温度構造に敏感な指標として磁化層を用い、従来には無い多様なデータに基づく地球浅部の温度構造を、高分解能かつグローバルに捉えることを目的とする。

3. 研究の方法

地球浅部の温度不均質構造の解明に向けて、アーカイブされている試料を用いて熱伝導率を測定し、既存データのコンパイルにより、地殻熱流量データを拡充する。さらに、これらのデータベース化を行う。一方、空間的に不均質に分布している地殻熱流量データのみでは捉えることのできない広域的な地球内部温度構造に敏感な指標として、磁気異常データを用いた磁化層の深さ分布を見積もるために、解析手法の開発を行う。

4. 研究成果

(1) 地殻熱流量データの拡充およびそのデータベース化

熱構造を規定する基礎的なデータである地殻熱流量データは、データの分布に空間的な偏りがあり、またその分布密度も十分ではないことが多い。これらの欠点を補うためには、新たにデータを取得すれば良いが、さまざまな理由により容易ではない。地殻熱流量を得るためには、熱伝導率と温度勾配値が必要で

ある。温度勾配値に比べ、熱伝導率の測定例は限られており、中でも陸上における測定例は多くはない。そこで、これらのデータを増加させるために、様々な機関においてアーカイブされているコア試料を利用し熱伝導率を測定した。熱伝導率の測定には、一定の時間試料に熱流を与え、その間の温度上昇から熱伝導率を求める非定常細線加熱法を用いた迅速熱伝導率計、および、レーザー熱源と赤外線温度センサーを移動させ、熱伝導率を光学走査測定する Thermal conductivity scanning を用いた。それぞれの機器において、測定原理から生じる精度・特性や、測定の際に必要な試料の条件やその準備などが異なる。これらの機器による特性を補正するための校正方法を精査し、信頼性の高い熱伝導率を求めることができた。その結果を図1に示す。

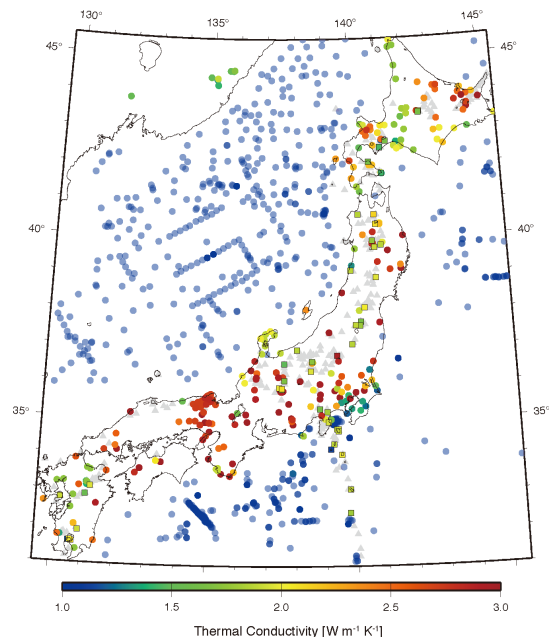


図1 熱伝導率の分布 (四角が本研究で新たに測定された値)

地殻熱流量に関しては、これまで系統的にまとめられていない資料や文献調査を通じ、データのアップデートを行った結果、2004年に公開されている日本列島及びその周辺域の地殻熱流量データベース [田中・他, 2004] より、15%程度データを増やすことができた。その結果を図2に示す。今後、測定した熱伝導率も利用し、データを整備し、順次データベースとして公開する予定である。

(2) 広域的な温度構造の指標 - 磁性体のセントロイド深度 (中心深度) 分布 -

地殻熱流量のように地表付近における観測や測定による値のみでは捉えることのできない、熱構造の概要を捉える方法として、磁気異常データのスペクトル解析をもとに行うキュリー点深度解析法 [例えば、Spector

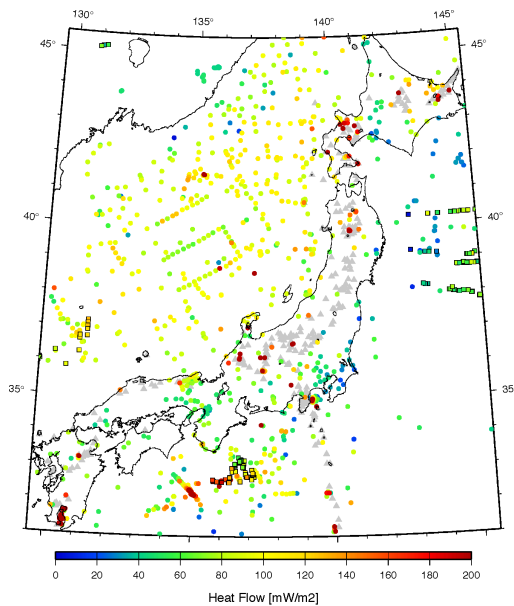


図2 地殻熱流量の分布 (四角が本研究で新たに収集された値)

and Grant (1970)] がある。これは、空間領域の磁気異常を周波数領域に展開することにより、磁性体の深度をを求める解析法である。精度や分解能などの点で問題を持つが、この方法は比較的広範囲の平均的な温度構造を反映すると考えられ、さまざまな地域の地下の熱構造をとらえるために用いられてきている。しかし、物性値を考慮して定量的に議論された例は少なく、地球科学的な解釈も多くはない。グローバルに均質な熱構造を反映する指標として利用するために、

<http://www.wdmam.org/> にて公開されている磁気異常データ WDMAM v.2 [Dyment *et al.*, 2016] を用いた解析を行った。このデータの特徴を考慮し、Tanaka [2007] によるデータ解析方法を改良し、その適用範囲や解析範囲を検討した。その結果、全球の磁性体のセントロイド深度 (中心深度) 分布を求めることができた。このセントロイド深度やその場の温度の値が持つ意味を、地殻構造モデル CRUST 1.0

[<https://igppweb.ucsd.edu/~gabi/crust1.html>] などとの比較を通じ、定量的に検証・評価することに成功した [Tanaka, 2017]。

これらを相補的に利用することにより、地球浅部の温度不均質構造の理解が進んだ。

< 引用文献 >

Dyment, J., Choi, Y., Hamoudi, M., Lesur, V., and Thebault, E., Global equivalent magnetization of the oceanic lithosphere, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 430, 54-65, 2015.
doi:10.1016/j.epsl.2015.08.002.

Spector, A., and Grant, F. S., Statistical models for interpreting aeromagnetic data, *Geophysics*, 35, 293-302, 1970.

田中 明子, 山野 誠, 矢野 雄策, 笹田 政克, 日本列島及びその周辺域の地温勾配及び地殻熱流量データベース, 数値地質図 DGM P-5, 産業技術総合研究所 地質調査総合センター, 2004.

Tanaka, A., Magnetic and Seismic Constraints on the Crustal Thermal Structure Beneath the Kamchatka Peninsula, in *Volcanism and Tectonics of the Kamchatka Peninsula and Adjacent Arcs*, *Geophys. Monogr. Ser.*, Vol. 172, edited by Eichelberger, J. et al., AGU Washington, D. C., 100-105, 2007.

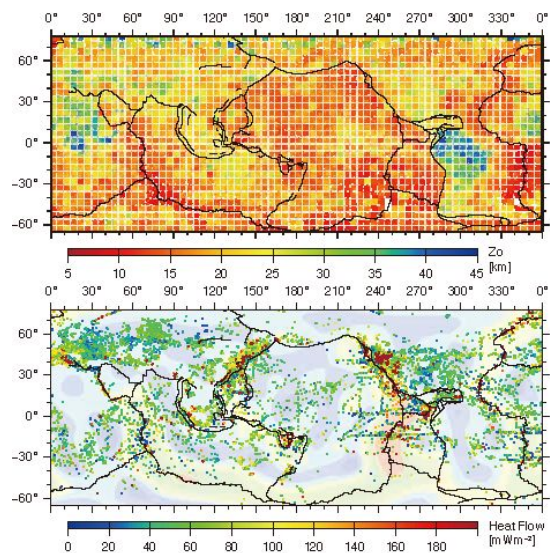


図3 (上)磁化層のセントロイド深度分布 (下)12次までの球面調和関数による地殻熱流量と観測点の分布 [after Tanaka, 2017]

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計1件)

Tanaka, A., Global centroid distribution of magnetized layer from World Digital Magnetic Anomaly Map. *Tectonics*, 36, 3248-3253, 2017.

<https://doi.org/10.1002/2017TC004770>
査読有

[学会発表] (計9件)

Tanaka, A., An assessment of thermal regime in and around Japan, EGU General Assembly 2016, 2016/4/22, Vienna

田中 明子, 山野 誠, A review of thermal state of the shallow part of

the Earth's lithosphere: What we know and do not yet know , JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017/05/21, 千葉
田中 明子, 後藤 秀作, 山野 誠, 地殻熱流量データの活用に向けて - 熱伝導率 データの拡充 -, 日本地震学会 2017 年度秋季大会, 2017/10/27, 鹿児島
Tanaka, A., Data for Regional Heat flow Studies in and around Japan and its relationship to seismogenic layer , American Geophysical Union, 2017 Fall Meeting, 2017/12/15, New Orleans

6 . 研究組織

(1)研究代表者

田中 明子 (TANAKA, Akiko)
国立研究開発法人 産業技術総合研究所・活断層・火山研究部門・研究グループ長
研究者番号：40357455

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

なし