

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：13201

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K14274

研究課題名(和文)重力偏差計データの有効利用に向けた引力探査の提案とその基礎的研究

研究課題名(英文) Proposal of gravitational exploration for effective use of gravity gradiometer data and its basic research

研究代表者

楠本 成寿 (KUSUMOTO, Shigekazu)

富山大学・大学院理工学研究部(理学)・教授

研究者番号：50338761

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：地下の質量(密度)異常に起因する重力の鉛直成分のみを考慮する重力探査が、これまで良く用いられてきた。本研究では、重力ベクトルの水平成分と鉛直成分を用いて原因物体の位置を推定する逆解析手法を考案し、瀬戸内海から別府湾にかけての地域に適用した。また同時に提案された寄与率についても同地域に適用し、盆地形状の鮮明化をはかった。これらの他、重力偏差を用いた断層傾斜角推定手法の開発を行い、中部九州の構造線やカルデラ構造の断層や構造境界の傾斜角を推定した。いずれも現実的な解を得ることに成功した。

研究成果の概要(英文)：In this study, a new technique for estimating subsurface structure by gravity vectors (g_x , g_y , g_z) was developed and applied to actual data in central Kyushu. The shape of each sedimentary basin was estimated clearly by this technique. In addition, estimation technique of fault dip using gravity gradient tensor was studied. Wall dip of caldera walls, the dip of tectonic lines distributed in the central Kyushu and the source fault dip of the 2016 Kumamoto earthquake were estimated by the method. Results obtained by this technique were harmony with real subsurface structures observed by other techniques and surveys.

研究分野：テクトニクス

キーワード：重力探査 重力偏差 重力偏差テンソル 地下構造 資源探査 堆積盆地 活断層

1. 研究開始当初の背景

油田や鉱山の開発、さらに近年の活断層調査では、地震波探査と並んで重力探査が広く用いられている。重力探査は、広範囲を安価にカバーできるため、構造探査では重宝される。しかしながら、重力探査の基礎式でもある万有引力の法則から分かるように、引力は質量と距離の関数であり、重力は引力の鉛直方向の成分にすぎず、重力異常から地下の質量分布とその構造を同時に決定することは出来ない。これが重力探査の最大の欠点である。

近年、軍事用から転用された重力偏差計を用いた探査が実用化されてきている。これは重力偏差テンソル 9 成分(実際には 6 成分)を用いる探査である。地下の質量異常に起因する引力の微分値を計測するため、重力探査より感度が高く、浅部地下構造の探査に、特に大きな期待が寄せられている。しかしながら、重力偏差計を用いた本格的な構造探査は、実施され始めてからまだ日が浅く、重力偏差テンソルをフルに使った解析手法等の開発が追い付いていないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究では、重力探査で用いられることが無かった g_x 成分や g_y 成分を、 g_z 成分や重力偏差テンソルと共に、「周囲と異なる質量分布による重力場の擾乱を表現する量」と捉え、重力場に擾乱を生じさせる異常源探索を行う新しい探査手法を提案する。

3. 研究の方法

研究は、主に理論的考察と数値実験により行われた。

4. 研究成果

初年度では、まず、重力ベクトルの水平成分と鉛直成分を用いて、原因物体の位置を推定する手法を考案した。幾つかのモデルについて数値計算を行ったところ、引力場を乱す原因物体の位置を正確に推定することが可能であることが示された。この手法は、2 次

元問題解析時と 3 次元問題解析時で解の形が異なり、前者は線形問題として、後者は非線形問題として問題を解くことになることが明らかにされた。また、ある地下構造が地表で観測される重力場にどの程度寄与しているか(最大:1, 最小:0)を定量的に評価できる「寄与率」の提案を行った。

これらの研究の基礎となる、任意形状物体の引力の水平成分を計算する解析解の導出は初年度におこなった。この解は、原因物体を水平薄層の集合体で表現するモデル(例えば、Talwani and Ewing, 1960)に基づいている

(図 1)。Talwani and Ewing (1960)

は、いわゆるタルワニの方法であり、 g_z の計算式が与えられている。本研究による解の導出により、タルワニの方法によって構築したモデルを用いて、 g_z だ

けでなく、 g_x と g_y の計算も行えるようになった。これらの他、重力偏差テンソルを用いた研究のレビューを行い、既存研究で示される手法の評価やそれらを発展させた解析手法(例えば、重力偏差テンソルの固有ベクトルと水平勾配の組み合わせによる、構造傾斜角推定手法等)の提案等も行った。

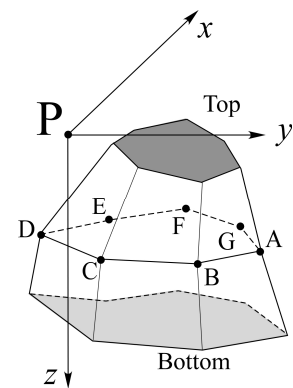


図 1. 地下埋設物体を水平板の積み重ねで構築したモデルを近似するモデル

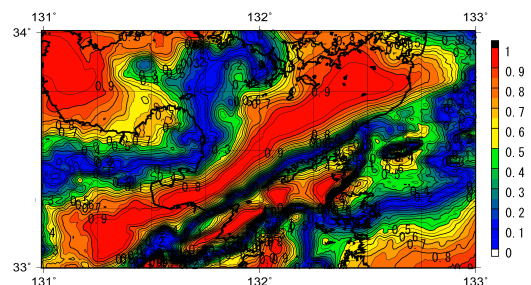


図 2. 瀬戸内海の重力場に適用した寄与率分布

次年度以降は、前年度開発した g_z, g_x, g_y を用いた構造解析手法と、寄与率評価法を瀬戸内海から別府湾にかけての地域に適用し、盆地形状の鮮明化をはかった(図2)。なお、水平成分 g_x, g_y は計測されていないため、重力異常データベースに収録されている重力異常データにフーリエ変換を施すことにより推定した。

重力偏差テンソルを用いた解析では、実フィールドへの適用を多く試みている。重力偏差探査はごく限られた地域でしか行われていないため、 g_x, g_y 同様、既存の重力異常データベースからフーリエ変換を用いて重力偏差テンソルを推定し、解析に用いた。これまで、中部九州の構造線やカルデラ構造の断層や構造境界の傾斜角を推定に適用し、いずれも現実的な解を得ることに成功した。4月14日に発生した熊本地震の震源断層についても既存重力異常データを用いた断層傾斜角推定を行ったところ、GNSS観測結果を説明する断層傾斜角とほぼ同じ断層傾斜角が推定された(図3)。

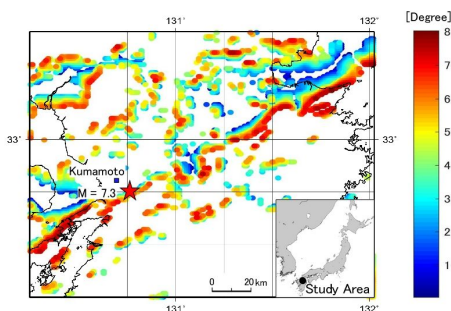


図3. 重力偏差テンソルの固有ベクトル解析により推定された熊本地震の震源断層を含む大分-熊本構造線の断層傾斜角推定結果。

以上のほか、構造解析において重要かつ基礎的事項である、重力偏差データと地下構造の関係、パワースペクトルと構造境界深度の関係についての研究も行い、パワースペクトルから境界平均深度を推定する際には、従来線の線形回帰式が使えないことも示された。

<引用文献>

Talwani, M., and Ewing, M., 1960. Rapid computation of gravitational attraction of three-dimensional bodies of arbitrary shape, *Geophysics*, **25**, 203-225.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 9件)

Kusumoto, S., 2017. Eigenvector of gravity gradient tensor for estimating fault dips considering fault type. *Progress in Earth and Planetary Science*, **4**:15, doi: 10.1186/s40645-017-0130-0. 査読有り

楠本成寿, 2017. 重力異常や重力偏差テンソルを用いた半自動解釈手法の最近の動向, *物理探査ニュース*, **36**, 1-2. 査読無し

Kusumoto, S., Takemura, K., and Itoh Y., 2017. Inconsistent structure and motion of the eastern Median Tectonic Line, southwest Japan, during the Quaternary. *Evolutionary Models of Convergent Margins - Origin of Their Diversity* (Edit. Y. Itoh), InTech, Rijeka DOI: 10.5772/67964. 査読有り

楠本成寿・東中基倫, 2017. 重力偏差テンソルの g_{zz} 成分のパワースペクトルと平均境界層深度の関係, *物理探査*, **70**, 1-11. 査読有り

Kusumoto, S., 2016. Dip distribution of Oita-Kumamoto Tectonic Line located in central Kyushu, Japan, estimated by eigenvectors of gravity gradient tensor. *Earth, Planets and Space*, **68**: 153. doi: 10.1186/s40623-016-0529-7. 査読有り

Kusumoto, S., 2016. Structural analysis of caldera and buried caldera by semi-automatic interpretation techniques using gravity gradient tensor: a case study in central Kyushu Japan. *Updates in Volcanology - From volcano modelling to volcano geology* (Edit. K.

Nemeth), InTech, Rijeka DOI: 10.5772/64557.
査読有り

Kusumoto, S., and T. Nagao, 2016. Relationship between aspect ratio of collapsed caldera and regional stress field – their evaluations using a single small spherical magma chamber model in an anisotropic stress field, *International Journal of Earth Science and Geophysics*, 2: 006. 査読有り

楠本成寿, 2016, 重力勾配テンソルを用いたエッジ強調と半自動解析手法, *物理探査*, 69, 53-64. 査読有り

楠本成寿, 2015, 重力勾配テンソルの固有ベクトルを用いた断層あるいは構造境界の傾斜角の推定, *物理探査*, 68, 277-287. 査読有り

〔学会発表〕(計 7件)

Kusumoto, S., 2017. Fault dip estimation based on gravity gradient tensor on a profile, Japan Geoscience Union.

楠本成寿・茂木透, 2017. 空中重力偏差法データの地熱資源探査への有効活用に向けた既存研究のレビュー, 日本地熱学会.

楠本成寿・盛川仁, 2016. 原因位置推定手法としての引力探査, 日本地球惑星科学連合.

楠本成寿・東中基倫, 2016. 重力偏差テンソルの鉛直勾配成分のパワースペクトルと平均境界深度の関係, 日本地球惑星科学連合.

Sugawara, H., Kusumoto, S., and Komazawa, M., 2016. Estimation of dip angles of faults near the surface in Toyama by eigenvalues and eigenvectors of the gravity gradient tensor, Japan Geoscience Union.

楠本成寿, 2015. 重力異常および重力勾配テンソルを用いた堆積盆地の構造解析, 日本地球惑星科学連合(招待講演)

楠本成寿, 2015. 航空重力偏差探査による重力勾配テンソルを用いたフィルター及び半自動解釈手法, 日本地球惑星科学連合.

〔図書〕(計 2件)

Itoh, Y., Kusumoto, S., and K. Takemura, 2016, Research Frontiers of Sedimentary Basin Interiors: Methodological Review and a Case Study on an Oblique Convergent Margin, Nova Science Pub Inc., 94pp.

Itoh, Y., Kusumoto, S., and Uda, T., 2016, Tanayama Terrace: A Multidisciplinary Study of an Arc-Arc Collision Front, Lambert Academic Publishing, 112pp.

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

楠本 成寿 (KUSUMOTO Shigekazu)
富山大学・大学院理工学研究部・教授
研究者番号: 50338761

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

盛川 仁 (Morikawa Hitoshi)
東京工業大学・大学院総合理工学研究科・教授
研究者番号: 60273463

(4) 研究協力者

()