

微動・重力探査による鳥取県智頭地域の地盤構造推定および民泊家屋の微動観測

Determination of Subsurface Structure by Microtremor and Gravity Survey, and Microtremor Observation of Vacation Rental Houses in Chizu Area, Tottori Prefecture

野口 竜也 (鳥取大学)・五島 達也 (元鳥取大学)・津吉 祐典 (元鳥取大学)
池上 柊真 (元鳥取大学)・香川 敬生 (鳥取大学)

1. はじめに

本研究の対象とする智頭町とその周辺地域は鳥取県の東南に位置し、中国山地の中山間地域であり、林業が盛んな地域である。この地域の大半は花崗岩もしくは三郡変成岩による山地が占めており、市街地を含む居住地域は狭い谷底平野となっている。また智頭町では、南海トラフの巨大地震の発生時に町外で被災する可能性が高い世帯を対象に被災した場合には一定期間、生活支援を約束する「疎開保険」という事業を行っている。この地域で地震動評価を行うことは、地域住民の地震防災に役立つのと同時に、地震災害の被災者に対する疎開先としての適合性や保険の付加価値を付けることに繋がる可能性がある。

本研究では、地震動評価を行うための地盤構造に関する情報を得るために微動および重力観測を実施し地盤構造を推定した。また、疎開先の民泊家屋について微動観測を実施し各家屋の振動特性を把握した。

2. 微動探査について

2.1 観測および解析

観測については、以下の通りである。まず、3成分加速度計 JU210 を用いて、単点 3 成分観測を実施した。2014 年度には智頭地区市街地では 20m 間隔、同地区市街地近傍の谷筋を 50m 間隔、対象地域全域

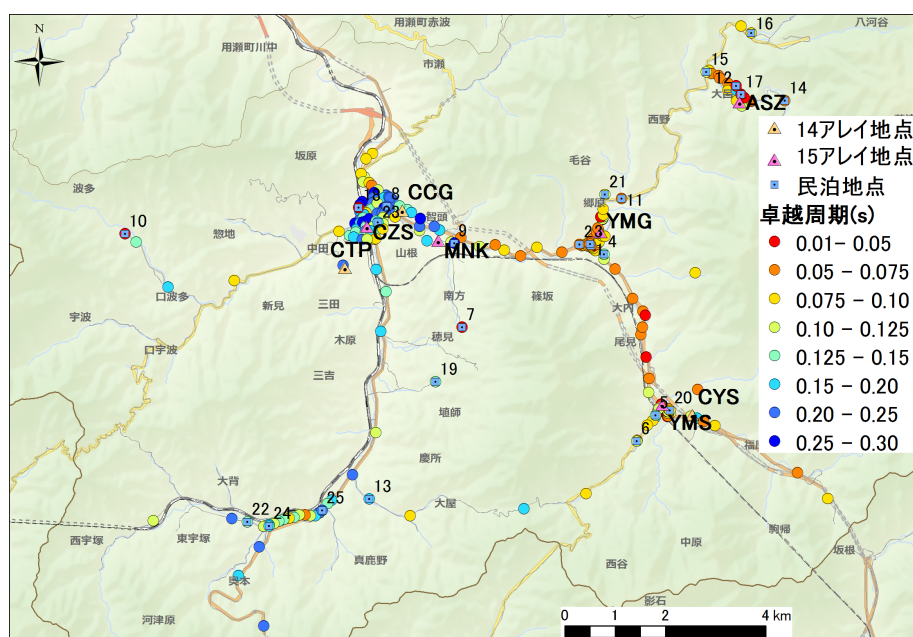


図1 微動 H/V の卓越周期分布 (全域)

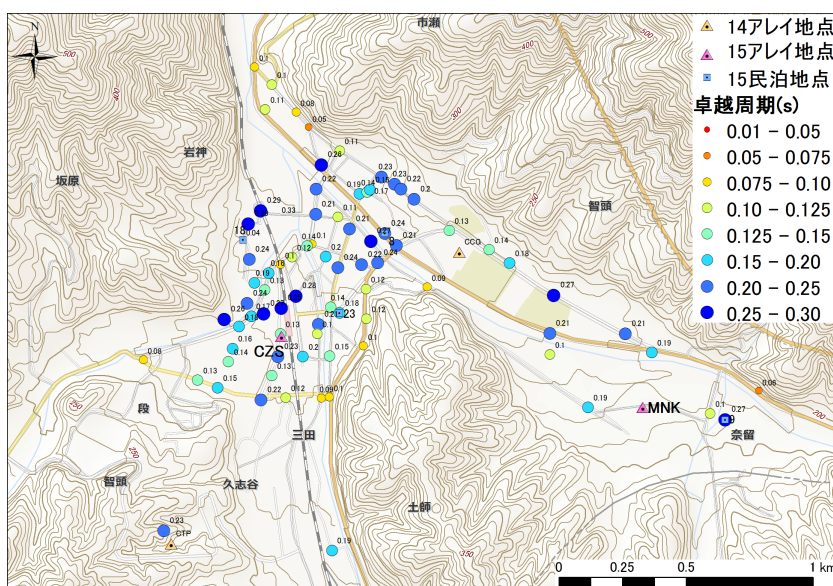


図2 微動 H/V の卓越周期分布 (智頭地区)

を 1km 間隔で 137 点, 2015 年度には山間部の谷筋を 1km 間隔で 137 点, 2015 年度には山間部の谷筋 (山形, 山郷, 芦津, 那岐地区) を 50~100m 間隔の計 72 点で観測を行った。単点観測の測定時間は 7~10 分間とした。

次に, 速度計 4 台を正三角形と重心配置するアレイ観測を実施した。2014 年度には智頭町町民グラウンド (CCG), 智頭テクノパーク (CTP), 山郷小学校跡地 (CYS) の 3 地点, 2015 年度には山形 (YMG), 山郷 (YMS), 智頭 (CZS), 南方 (MNK), 芦津 (ASZ) の 5 地点で実施した。なお, CTP は道路建設の残土による埋め立て地である。

解析について, 3 成分単点観測記録からは水平動と上下動のスペクトル比 (H/V) を求め, 卓越周期を読み取った。アレイ観測記録からは, SPAC 法を読み取った。アレイ観測記録からは, SPAC 法¹⁾, CCA 法²⁾, nc-CCA 法²⁾, V 法³⁾ により位相速度分散曲線を求め, フォワードモデリングにより S 波速度構造を推定した。

2.2 微動探査の結果

H/V の卓越周期は, 全域 (図 1) では 0.05~0.4s であり, 市街地 (図 2) が 0.2~0.3s, 山間部では西側

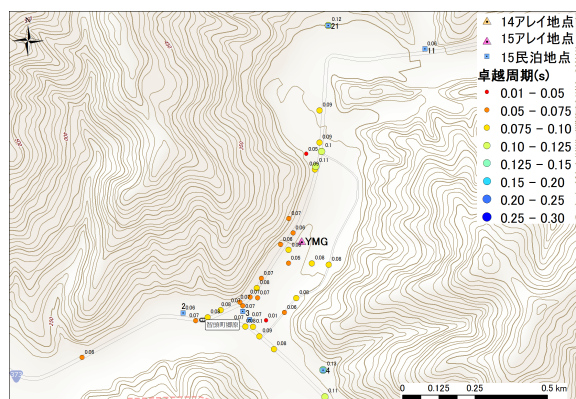


図3 微動 H/V の卓越周期分布 (山形地区)

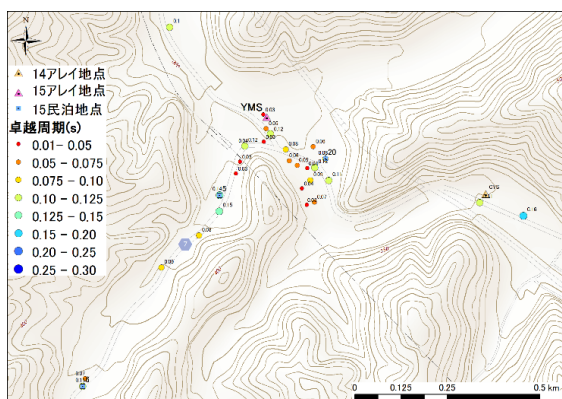


図4 微動 H/V の卓越周期分布 (山郷地区)

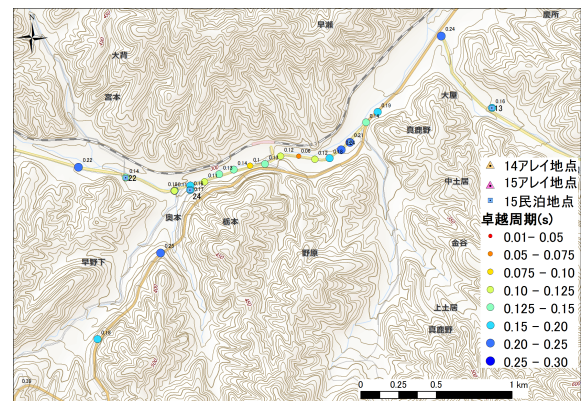
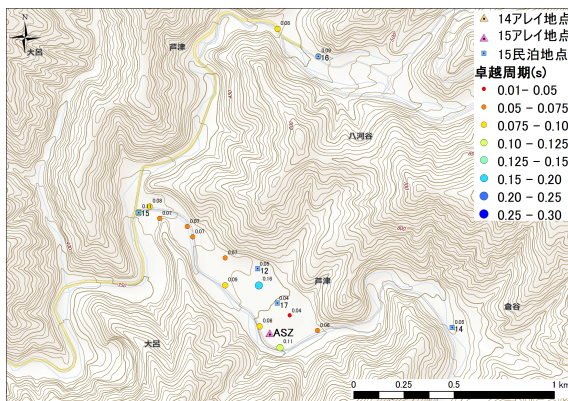


図5 微動 H/V の卓越周期分布 (芦津地区) 図6 微動 H/V の卓越周期分布 (那岐地区)
 の谷筋で最大 0.30s まで、東側の谷筋では 0.15s までで、東側の方が長い傾向がある。特に市街地については、後述の S 波速度 ($V_s=200\text{m/s}$) を参考に 1/4 波長則で表層厚に換算すると最大で約 20m である。
 山形地区 (図 3)、山郷地区 (図 4) では 0.1s 以下、芦津地区 (図 5)、那岐地区 (図 6) では 0.2s 以下である。S 波速度構造モデル (図 7) より、堆積層の S 速度は $100\text{m/s}\sim 400\text{m/s}$ で、その層厚は市街地の CCG、埋め立て地の CTP で約 20m、山間部の CYC で約 5m、CZS が約 20m、ASZ で約 3m である。

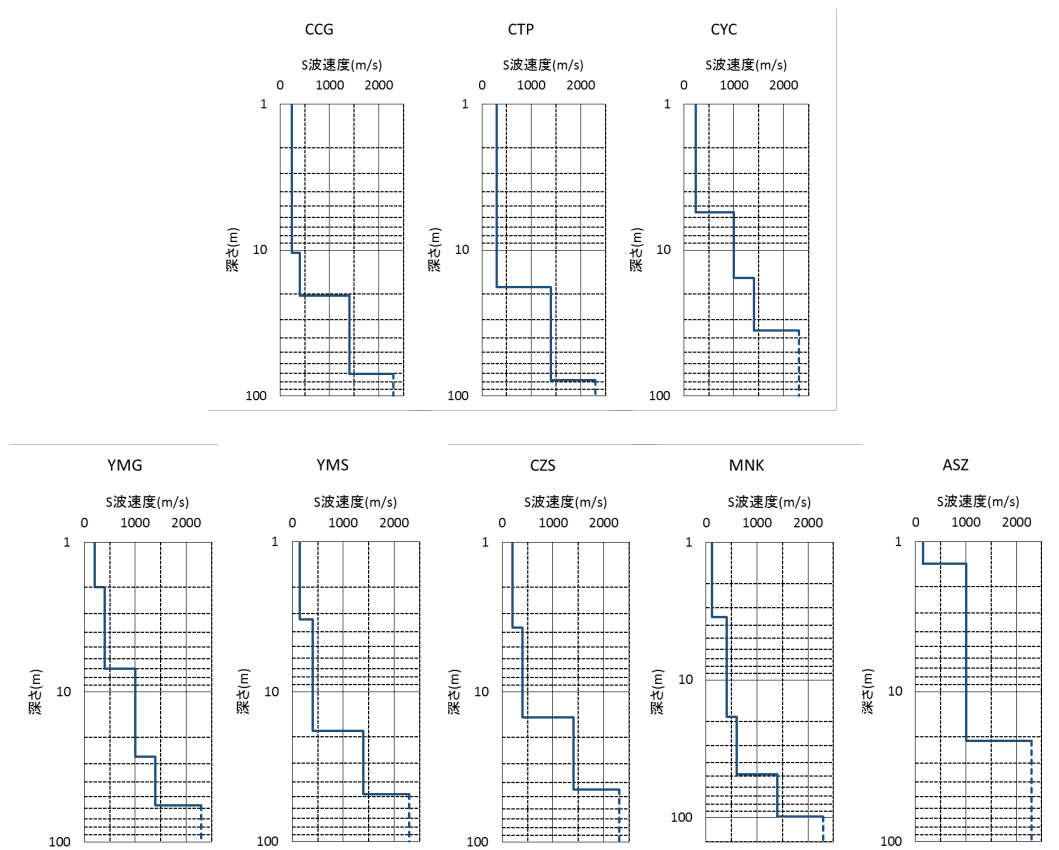


図7 S 波速度構造モデル

3. 重力探査について

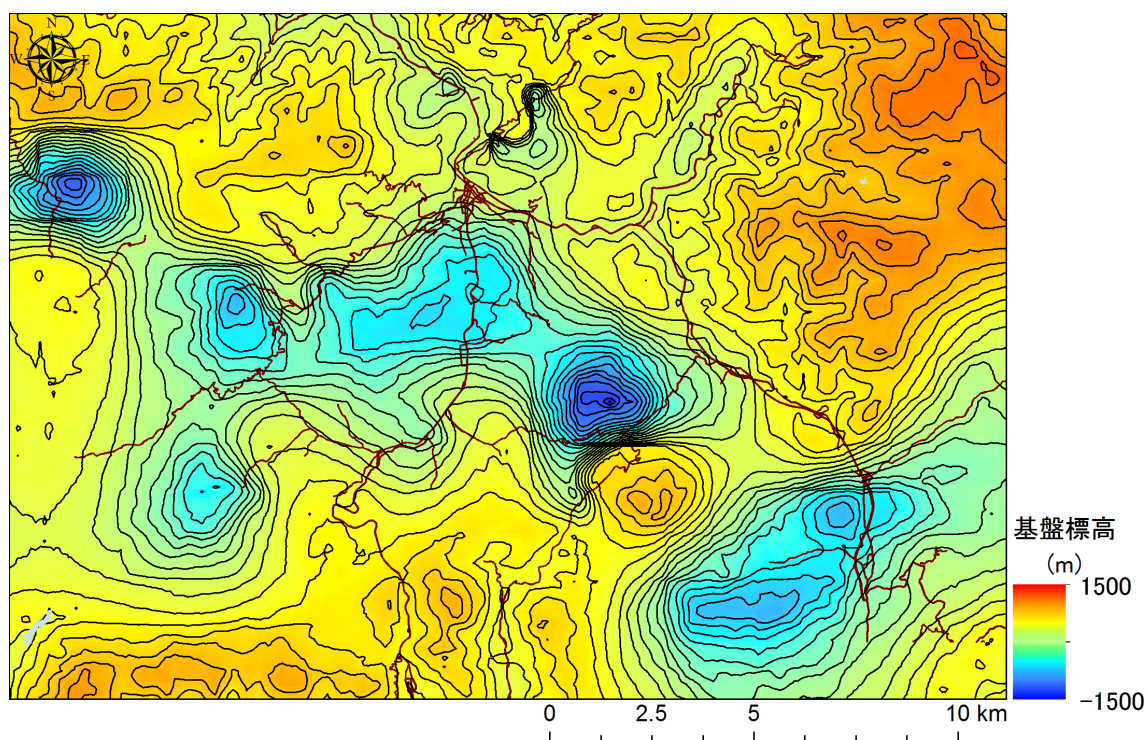


図8 重力解析による基盤標高分布図

3.1 観測および解析

重力観測にはラコスト・ロンバーグ重力計 (G-1034)、観測点の測量には VRS-GPS もしくはディファレンシャル GPS を使用し、76 点の観測を実施した。今回観測したデータと重力データベース^{4,5)} から解析範囲を切り出したデータを含めて解析を行った。各種補正を施した後、地下構造解析に必要なブーゲー（重力）異常を求めた。

重力異常分布は、高異常域が三郡変成岩、低異常域が花崗岩地域と位置が対応しており、このことを踏まえ、両地域が分布する地点で密度推定を行った。その結果、花崗岩が 2.58g/cm^3 、三郡変成岩が 2.72g/cm^3 と推定できた。そこで、三郡変成岩を基盤とみなし、表層の密度を 2.58g/cm^3 、基盤の密度を 2.72g/cm^3 の 2 層モデルを仮定して 2 次元および 3 次元基盤構造解析⁶⁾ を行った。なお、2 次元解析では断面の両端に基盤が露頭するように拘束条件を与えている。また、3 次元構造解析では 50~3000m のバンドパスフィルタ処理を施し、2 次元解析による基盤露頭点の 6 点を拘束点として与えた。

3.2 重力探査の結果

2 次元および 3 次元解析の結果として基盤断面図 (図 8) を示す。図より 8 地表標高に応じて基盤が深くなっており、山体が低密度であることを示している。3 次元解析の結果として基盤標高分布 (図 9) を示す (図 8 の断面位置も示す)。図 9 より、すり鉢状の基盤の落ち込みが随所で見られ、これらの地域は花崗岩が分布する地域に対応していることから、花崗岩の山体の地層の厚さに対応していると考えられる。微動探査では数 m~20m 程度の堆積層、重力探査ではその下位の基盤岩層の構造を反映した推定結果となっている。

4. 民泊家屋の振動特性

民泊家屋 25 戸について、GPL6A3P を 2 台用いて地盤上と家屋の 1 階か 2 階の床上で建屋方向に水平動を合わせて微動の同時観測を実施した。解析としては、地盤上 HG・床上 HF の短辺・長辺方向の水

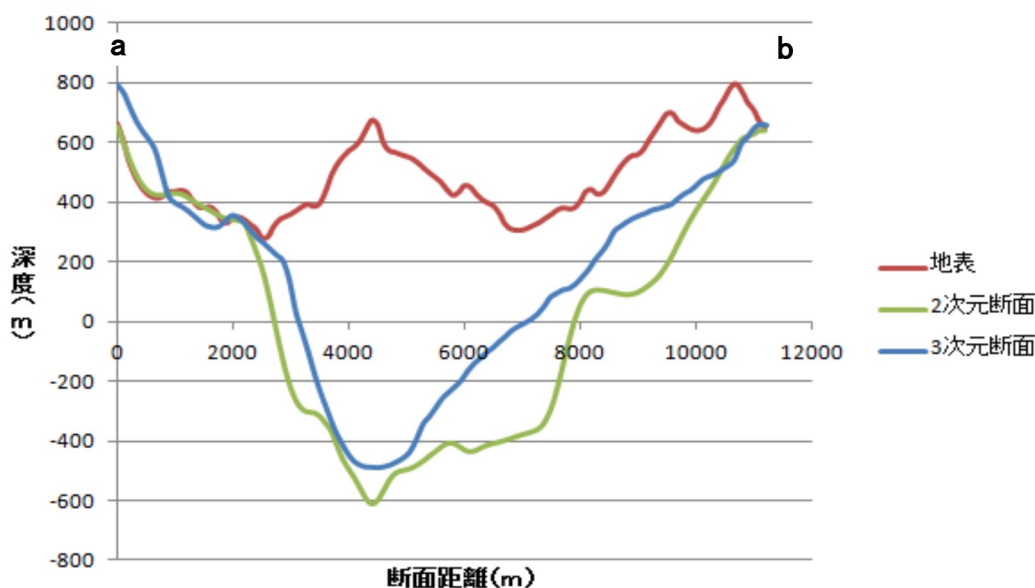


図9 重力解析による基盤断面図

平動のスペクトル比 (HF/ HG) を求め、ピークの卓越周期とその倍率を調べた (表1)。HF/ HG の卓越周期は 0.04~0.37 秒であり、短辺方向と長辺方向で差異がある家屋がいくつかあるが、おおむね方向での差はみられなかった。ピークの倍率については、20 以上 (黄色セル) となる地点が半数に及ぶことがわかった。地盤上の H/V の卓越周期に近い値を示す地点が数点 (赤字) あり、これらの地点では地震時に共振する可能性が高いと考えられる。

表1 民泊家屋の HF/ HG の卓越周期

| 観測点 No. | 短辺方向 | | 長辺方向 | | 地盤 卓越周期 (s) | 観測点 No. | 短辺方向 | | 長辺方向 | | 地盤 卓越周期 (s) |
|------------|----------|----|----------|----|----------------|------------|----------|----|----------|----|----------------|
| | 卓越周期 (s) | 倍率 | 卓越周期 (s) | 倍率 | | | 卓越周期 (s) | 倍率 | 卓越周期 (s) | 倍率 | |
| 1 | 0.25 | 45 | 0.25 | 30 | 0.07 | 14 | 0.20 | 18 | 0.09 | 18 | 0.05 |
| 2 | 0.23 | 10 | 0.27 | 11 | 0.06 | 15 | 0.21 | 5 | 0.10 | 3 | 0.11 |
| 3 | 0.19 | 29 | 0.19 | 19 | 0.07 | 16 | 0.20 | 24 | 0.23 | 18 | 0.09 |
| 4 | 0.03 | 11 | 0.02 | 12 | 0.13 | 17 | 0.08 | 15 | 0.24 | 7 | 0.04 |
| 5 | 0.21 | 38 | 0.22 | 52 | 0.14 | 18 | 0.15 | 5 | 0.16 | 6 | 0.04 |
| 6 | 0.37 | 68 | 0.26 | 44 | 0.11 | 19 | 0.26 | 15 | 0.26 | 10 | 0.13 |
| 7 | 0.24 | 67 | 0.29 | 67 | 0.04 | 20 | 0.03 | 2 | 0.03 | 2 | 0.08 |
| 8 | 0.04 | 11 | 0.16 | 19 | 0.24 | 21 | 0.24 | 23 | 0.25 | 16 | 0.12 |
| 9 | 0.24 | 34 | 0.24 | 51 | 0.27 | 22 | 0.24 | 10 | 0.24 | 6 | 0.14 |
| 10 | 0.26 | 7 | 0.23 | 9 | 0.03 | 23 | 0.32 | 38 | 0.32 | 22 | 0.18 |
| 11 | 0.22 | 20 | 0.22 | 12 | 0.07 | 24 | 0.23 | 17 | 0.26 | 9 | 0.16 |
| 12 | 0.30 | 9 | 0.25 | 6 | 0.05 | 25 | 0.30 | 40 | 0.31 | 52 | 0.21 |
| 13 | 0.31 | 75 | 0.28 | 35 | 0.16 | | | | | | |

5. まとめ

- 1) 微動 H/V の卓越周期は最大で 0.3 秒 (層厚に換算して最大で約 20m) で市街地、山間部の西側で長く、山間部の東側では短くなる傾向が見られた。
- 2) 微動アレイ観測を実施した 8 地点で S 波速度構造モデルを推定した。堆積層の S 波速度は 240~400m/s であり、その層厚は約 3~20m であった。

- 3) 重力解析により 2 層モデルによる密度構造を推定した。すり鉢状の基盤の落ち込みがみられ、これらは花崗岩の山体の厚さを示していると考えられる。
- 4) 民泊家屋での微動観測により、民泊家屋の固有周期は 0.1~0.3s であり、建屋の方向による差は小さかった。また数地点で地盤の卓越周期に近く地震時に共振する可能性が示唆された。

参考文献

1. Aki, K. : Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors, Bull.Earthq.Res.Inst. 35, pp.415-456, 1957.
2. Cho, I., T. Tada and Y. Shinozaki : Centerless circular array method: Inferring phase velocities of Rayleigh waves in broad wavelength ranges using microtremor records, J.Geophys.Res., 111, B09315, 2006.
3. Tada, T., I. Cho, and Y. Shinozaki : Beyond the SPAC method: exploiting the wealth of circular-array methods for microtremor exploration, Bull.Seism.Soc.Am., 97, pp.2080-2095, 2007.
4. 駒澤正夫 : 日本重力異常グリッドデータベース, 日本重力 CD-ROM 第 2 版, 数値地質図 P-2, 地質調査総合センター, 2002.
5. The Gravity Research Group in Southwest Japan: Gravity Database of Southwest Japan (CD-ROM), Bull.Nagoya University Museum, Special Rept. , No.9, 2001.
6. Komazawa, M. : Gravimetric Analysis of Volcano and its Interpretation, J.Geod.Soc.Japan, Vol.41-1, 17-45, 1995.