

# 生活環境と重力探査

牧野 雅彦<sup>1)</sup>・村田 泰章<sup>2)</sup>

## 1. はじめに

「何をしているのですか?」

と、通り掛かりの人によく声を掛けられます。

第1図のように地面にしゃがみこんで、得体の知れない小箱を覗きながらダイヤルを黙々と回している人物を見かけたら、誰でも好奇心からこのように問い掛けたくなることでしょう。私達はこの小箱を持って、通行人の多い繁華街からヒグマが出没する夕張岳まで、日本全国どこへでも調査に出掛けています。さて、私達は何をしているのでしょうか?

「ちょっと、重力の測定をしています。」

と、最近はこのように答えるようにしています。ほとんど御迷惑をかけることは無いという意味で、「ちょっと」という言葉を使います。重力の測定作業はほんの5分もあれば終了してしまうからです。

そして、必ず次のような質問が矢のごとく飛んで来ます。

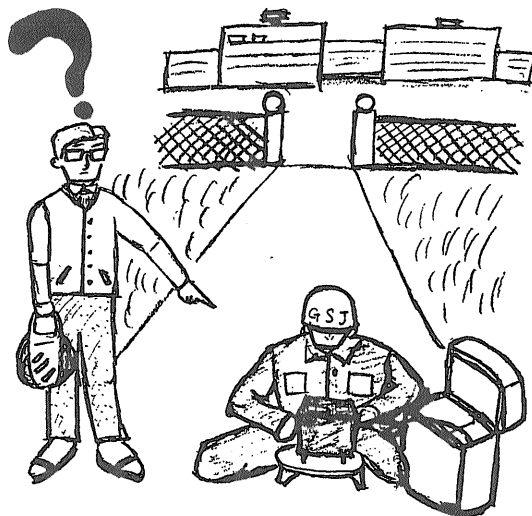
「何のために?」

この問い掛けから哲学的な問答やNHKに対する愚痴に発展することがあります。そこで、この特集号では最近の重力調査中のエピソードを含めながら、生活環境にとっての重力探査の目標について考えてみたいと思います。

## 2. ゲームの中の物理探査

人気のゲームソフト「ファイナルファンタジーVII」の中に物理探査が出てきます。主人公のクラウド達が仲間のエアリスを追って、森の中を通り抜けるのに必要なキーアイテムを見つけるのに物理探査が

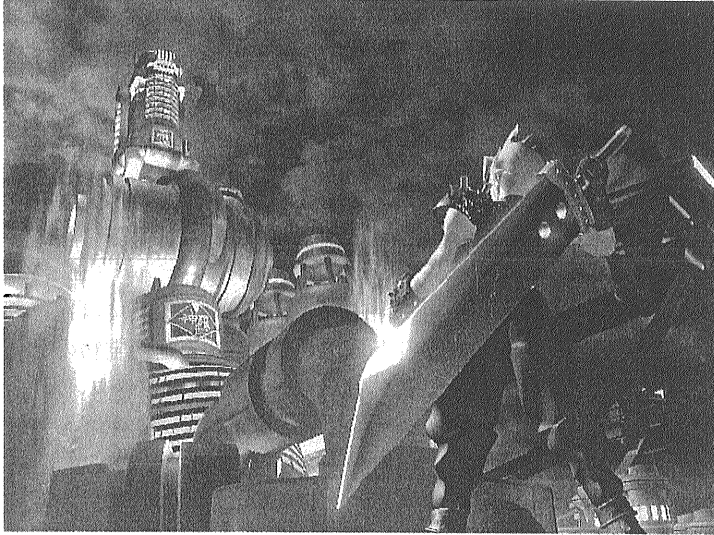
使われます。ボーンピレッジという場所では遺跡の発掘調査が行われており、主人公達が宝物の発掘を依頼します。プレイヤーはスタッフ達をコントローラーで適当な所に配置し終えてから、火薬を発破して地震波の解析から宝物の場所を推定します。その場所はコミカルな動きをするスタッフの視線の交点付近とされています。もし、スタッフの配置が悪いと交点の位置精度が不確かになり、宝物が発見されずもう一度お金を出してやり直します。



第1図 重力調査の風景。ケースから重力計を取り出し、測定用プレートの上に乗せ、水準計を見て鉛直に重力計を設置する。それから、アイピースを覗き込みながらダイヤルを回転する。習熟すれば5分程度で一連の測定が終了できるが、地面の微動が大きい所では測定時間が長くなる。測定にはかなりの精神的集中力が必要で、人がそばで見ていると緊張して測定時間が長くなる。

1) 地質調査所 環境地質部  
2) 地質調査所 地質情報センター

キーワード: 重力, 物理探査, 都市地質, 伏在構造



第2図

人気テレビゲームソフト「ファイナルファンタジーⅦ」[©1997スクウェア(画面写真は開発中の物です.)]. このゲームの中に、物理探査のミニゲームが登場する。重要なキーアイテムが発見できないと先に進むことができない。

ゲームの中での物理探査の目的は、地中に埋もれている「キーアイテムを見つけるため」と単純明解です。単純なミニゲームですが、物理探査全般に共通する教訓を含んでおり興味深いものです。たとえば、スタッフの配置の問題は調査測線・測点の配置方法に、スタッフ1人につき100ギル取られるのは調査経費に、交点の選択は得られたデータの解釈に相当します。

私達が行っている重力探査も物理探査の一種で、地中に埋もれているキーアイテムを発見することを目的としています。具体的には、このキーアイテムが何なのか大きな問題です。

### 3. 神戸での重力探査

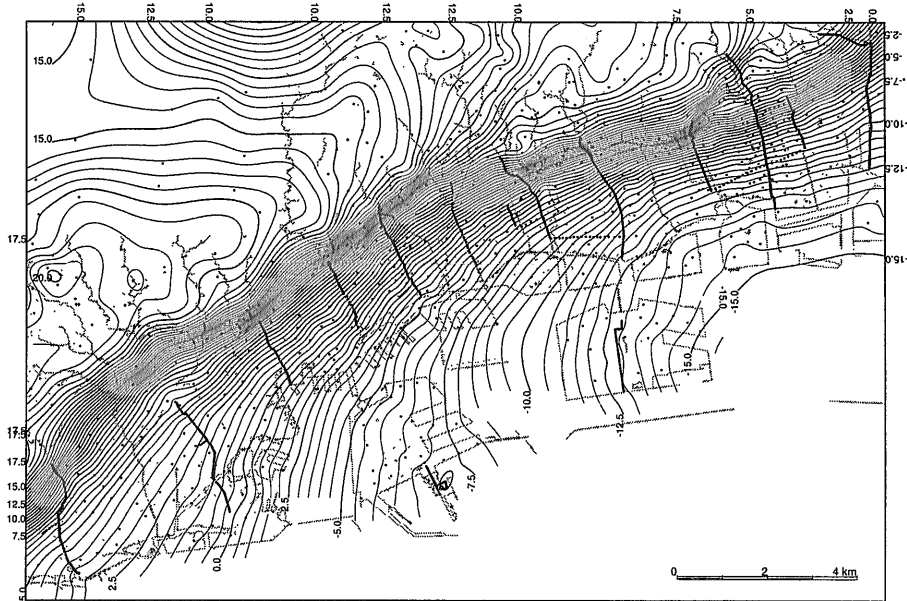
1995年兵庫県南部地震では六甲山地と大阪湾に挟まれた狭い帯状の地域で大きな被害が発生しました(第3図)。その被害地域の地下にどのような地質構造があるのだろうかと考え、精密重力調査を始めました。約2,000点の重力測定を新たに行いました。第4図のブーゲー異常図(村田ほか, 1996)は、地形補正を実施した後の結果で、六甲山地の南側に等重力線が密になった所が東西に延びていることがわかります。このことから、神戸の被害地域の北端に沿って、地下に重力基盤の大きな崖が伏在していると推定できます。その崖の落差は基盤と被覆層の密度差にも依存しますが、約1.0～1.5kmと推定されています(牧野ほか, 1996)。

この重力調査は、主として震災直後の1995年2月と3月の寒い季節に行いました。阪神タイガーズの応援歌で有名な「六甲おろし」によって、底冷えのする神戸の街で第1図のように地面にしゃがみこみながら、夢中になって重力調査を行いました。長い出張の後半では、疲労のために流感に倒れましたが、がんばって何とか当初の計画通りに調査をすることができました。

「何をしているのですか?」と通行人によく聞かれました。倒壊した家屋の解体工事、電気・水道・ガスの復旧工事、援助物資の輸送、仮設住宅の建設工事、主要道路の大渋滞、ボランティア活動など



第3図 1995年兵庫県南部地震による被害[撮影:中日本航空(株)]. 水準測量を伴う重力調査を被害地域を中心として実施した。



第4図 神戸地域のブーゲー異常図(密度 $2.4 \text{ g/cm}^3$ )。コンター間隔は $0.5 \text{ mGal}$ 。村田ほか(1996)より引用。小さい丸印は重力の測点を示す。

など、たいへんな状況でした。そのような喧騒の中で、重力計を持って歩いて移動したり、すわったりしながら、黙々と重力測定を繰り返しているために、周囲とは不釣り合いで目立ってしまったと思います。

「重力を測定して、地下の構造を調べています。」

と、しばしば答えました。それからいろいろと熱心な質問を受けたり、地震の時の揺れのひどさの話の聞いたりしました。自宅が全壊したという老紳士には30分程度も話かけられてしまったことがありました。その老紳士は駅の近くのコンビニまで買物に行った帰りがけに、また話かけられて、重力測定の進捗スピードについて耳の痛い厳しい指摘を受けました。また、別の人のたちからは、「がんばりや」と温かい缶コーヒーをもらったり、励まされたりしました。目的が「被害地域の地下構造調査」とわかりやすいために、暖かい応援を受けたのだと思います。重力の調査期間中、「自分達は当座の何の役にも立たないのだから」と自戒しながら、投げかけられた質問には誠意を持って答えようと心掛けました。その質問の中で答えるのがむずかしいものが幾つかありました。

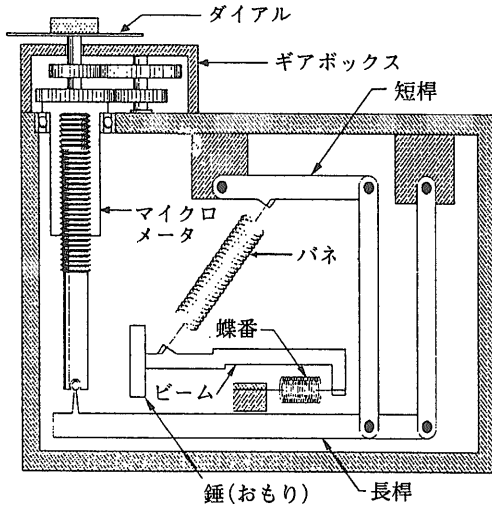
#### 4. 重力計の中身

最も難しい質問は、重力計の中身についてです。空港の手荷物検査で使うX線装置を使えば、その中身を見ることができますが、野外にて口頭でわかりやすく説明するのは大変です。

さて、第5図にLaCoste & Rombergの重力計の概観図を示します。この重力計は重力の微小な変化にも高い感度で検知できるように設計されています。錘(おもり)のついたビームがバネによって吊り下げられています。バネは水平から約 $45^\circ$ の角度です。箱の上面についているダイヤルを回転すると、ギアボックスを経てマイクロメータが上下し、一連のレバーを通してバネの上端の位置が上下します。錘に掛かる重力とバネの張力のトルクが平衡するまで、ダイヤルを回転します。平衡状態になったダイヤルの値を重力の相対的読み取り値とします。読み取り値は、校正表に従って重力値(mGal)に変換されます。

ひとことと言ってしまおうと、標準の錘の重さを高精度に測定する器械です。

重力計の感度は約 $0.01 \text{ mGal}$ です。これに対して地球表面上の重力は約 $980 \text{ Gal}$ ですから、相対的な



第5図 重力計の概観図。LaCoste & Romberg (1992) のマニュアルより引用。重力計はバッテリーに接続されたヒーターにより、約50度の温度に保たれており、野外使用での温度変化の影響が無いように設計されている。

感度を見積もると、 $0.01 / (980 \times 103) \approx 10^{-8}$  となります。つまり、地表の重力の約1億分の1の微小な変化を検知できる精密器械であると言えます。その取り扱いには衝撃を与えないように注意する必要があります。

### 5. 生活環境調査のための重力探査

二番目に難しい質問は、「重力探査から何がわかるのですか?」です。地下構造がわかるという簡単な答えではなかなか満足されなくて、「岩石の密度差で地球重力の微小変化が起きるとはとても考えられない」、「地形の影響は?」など連鎖的な質問が続きます。

さて、生活環境にとっての重力探査のキーアイテムは重力異常の急傾斜帯の検出です。神戸地域での地震の被害地域と重力異常の急傾斜帯との間に相関が見られるように、従来から断層構造と重力異常の急傾斜については高い関心が払われてきました。このような重力異常の急傾斜帯は神戸地域だけでなく、大阪市街地の上町断層に沿っても存在します。広域重力探査から作成されたブーゲー異常図を眺めると、このような急傾斜帯は日本全国の平野部と山地・丘陵部の境界付近に存在するこ

とがわかってきました。

重力異常の急傾斜帯の検出精度を高めるには、その周辺における重力測定の測点配置を多くして、測点密度を高める必要があります。私達の研究グループは、仙台地域と山形地域をモデルフィールドとして選択して、測点密度の高い重力探査を実施してきました。まだ、調査の途中ですが、都市地域において、平坦な平野の中にも大きな急傾斜を伴う局所的ブーゲー異常が存在することが明らかになってきました。この調査結果については、できるだけ早い機会に公表したいと考えています。

### 6. おわりに

今世紀最大と言われるヘール・ポップ彗星が素晴らしい天空ショーを私達に見せてくれました。このような彗星の発見者の大部分がプロ顔負けのアマチュア天文家であるそうです。宇宙は広大で少数の専門家の目の数では不足なのかもしれません。

地下構造も宇宙に負けず劣らず広大であると思います。目で見ることが出来ないの、宇宙よりもっと未知な部分が多いでしょう。私達は重力計という望遠鏡を持って都市地域周辺の地下を覗いている訳ですが、やはり目の数がどうしても不足しています。重力異常の急傾斜帯にも、宇宙の星と同じように1等星の明るさを持ったものから2等星、3等星のように明るさの異なるものがあるからです。1等星だけを見ている宇宙の構造がわかる訳でもないように、彗星の発見のように暗い小さな星に重要なキーアイテムが隠されている場合も考えられます。天文の世界のように、地下構造を覗く目を少しでも増やせていけたらいいなと考えています。

#### 参考文献

- LaCoste & Romberg (1992): Instruction Manual, Model G and D gravity meters.
- 牧野雅彦・村田泰章・遠藤秀典・渡辺和明・渡辺史郎・卜部厚志 (1996): 神戸市・芦屋市・西宮市における精密重力探査 (2) - 基盤構造 - 地質調査所, vol.47, p.133-164.
- 村田泰章・牧野雅彦・遠藤秀典・渡辺和明・渡辺史郎・卜部厚志 (1996): 神戸市・芦屋市・西宮市における精密重力探査 (1) - 重力異常と伏在断層 - 地質調査所, vol.47, p.109-132.

MAKINO Masahiko and MURATA Yasuaki (1997): Gravity survey for the living environment.

<受付: 1997年4月18日>