

隕石孔(?)の磁気探査

中塚 正・牧野 雅彦・森尻 理恵
(地質調査所)

Geomagnetic and Topographic Survey of a Meteorite (?) Crater

Tadashi NAKATSUKA, Masahiko MAKINO and Rie MORIJIRI
(Geological Survey of Japan)

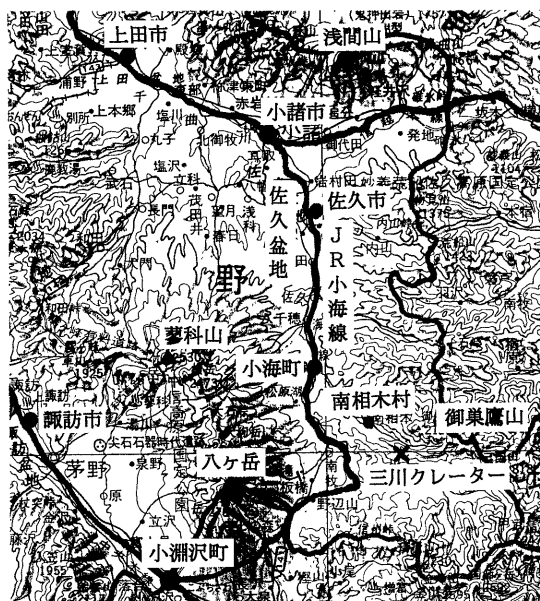
Abstract : A ground pit called "Mikawa Crater" was found in 1984 in the eastern part of Minami-Aiki Village, Nagano Prefecture, and the possibility has been pointed out that the pit was generated by an iron meteorite fall. We made a geomagnetic and topographic survey of the area of 50m×50m in and around the crater. The result showed the close relation of magnetic anomalies with the topography and magnetic susceptibilities. But, the clear evidence of the existence of iron meteorite was not obtained.

1. はじめに

長野県南佐久郡南相木村においては、1984年に直径約18m、深さ約5mのくぼ地が発見され、その形状から、隕石孔である可能性が指摘された。このくぼ地は同村三川足の久保地籍(35°59.8'N, 138°35.6'E)(第1図)に所在し、三川クレーターと呼ばれる。隕石孔である場合には、一般に石質隕石は空中でこわれやすいため、隕鉄の落下跡である可能性が強いといわれるが、残存する隕鉄の大きさと深さおよびクレーターの大きさの関係は、明かになっていない。

このクレーターでは、隕鉄孔である可能性の検証をめざして、概略の磁気測量(東京大学地震研究所八ヶ岳地磁気観測所 小山 茂氏による)と2次にわたる土壌内に含まれる磁性粒の化学分析(地質調査所 田中剛氏による)などが行われたが、これまでのところ、決定的な証拠は示されていない。磁気測量の結果は基本的に、表土層の磁化によるくぼ地地形の影響を示すものとなっている。

従って、今回の調査では、表層地形の効果を除去してなお、有意な磁気異常が残るかを明らかにし、ひいては隕鉄の所在位置を明らかにできることを目標として、クレーターを中心に 50m×50m の範囲を対象に、地形測量と帯磁率測定を含む精密磁気探査を実施することとした。なお、この調査の時点では、前記の化学分析用の磁性粒試料採取のため、クレーターの一部は、パワーショベルによって変形され、クレータ



第1図 調査位置

ー中心部底から掘り出された土砂が一部に堆積されていた。

調査の実施にあたっては、東京工業大学の高塚秀治先生および南相木村の依田吉郎総務課長をはじめとする村役場の方々の御支援・御協力をいただいた。

2. 調査の内容とその結果

(1) 磁場測定(全磁力)

中央部の 20m×20m の範囲は 1m間隔、周辺部は

2m間隔でプロトン磁力計 (EG&G GeoMetrics G856) による測定を行った。同時に、調査区域の東方50m程度のところに設定した固定観測点と同機種のプロトン磁力計を設置して、磁力値の連続観測 (10秒ごとサンプリング) を行い、各測点に対する日変化補正データとした。なお、急斜面で測点の位置決め・磁力計センサーの支持が困難であった数点は、欠測扱いとした。
 [＜各測点での磁力測定値＞ - ＜同時刻の固定観測点での磁力値＞] を図化したものが第2図 (磁気異常図) である。

(2) レベル測量

起伏の多い部分は 1m間隔、その他は 5m間隔で箱尺とオートレベルを用いた高低測量を行った。基準標高点としては、区域内の適当な立木にビニルテープを水平に巻いて、その上辺の高さを 相対標高の 0cm とした。測量精度の確認までは行っていないが、たぶん誤差は最大でも 5cm未満であると思われる。なお、急斜面で測点の位置決め・箱尺の支持が困難であった数点および作業上の手抜で測量しなかった数点については、補間・外挿して標高を決定した。その結果を図化したものが第3図 (地形標高図) である。

(3) 帯磁率測定

帯磁率測定では、とくに網目状の測点配置による測定は行わなかった。実際の測定は、クレーターの内側と若干のその周辺について行った。以下に測定結果の特徴について述べる。なお、ここでは簡略のため帯磁

率を $\alpha = (10^{-3} / 4\pi) \text{ S I}$ を単位として示す。

- ・土壌に含まれる礫は、帯磁率が非常に低い値を示し、 0.03α 以下とみられた。
- ・全般に、土壌は相対的に高い帯磁率を示し、平均的には 0.2α 程度であった。
- ・土壌の帯磁率は、 $0.1\alpha \sim 0.6\alpha$ 程度の範囲にバラつくが、クレーターの底近くや最近まで地表下数10cm以深にあったと見られるクレーター壁面が高く、ごく表層の土砂やそれが崩落したとみられる位置で低い傾向があった。
- ・さらに、クレーターの北東寄りでは 0.5α 以上の高い帯磁率が測定された。

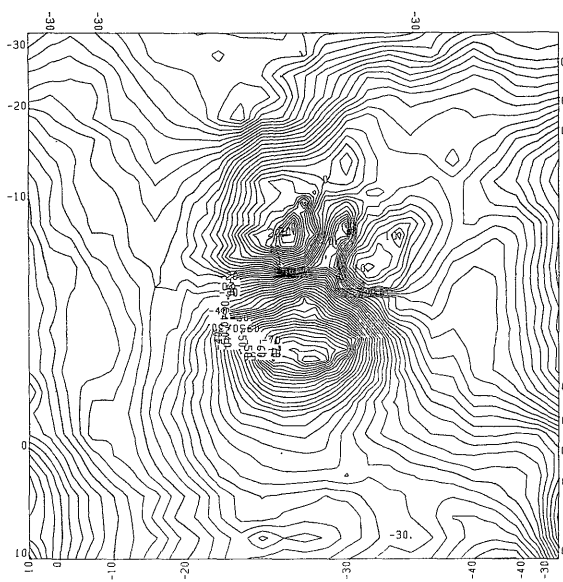
(4) その他

以上の磁気探査関係の測定のほかに、電磁探査装置による若干の見掛け抵抗測定と、クレーター内の土壌と礫の数個のサンプリングを行った。電磁探査装置 (Geonics EM31) による測定では、測点数も少なく、クレーターによる地形の落込みの影響以外の特徴的な変化は捉えていない。また、土壌・礫のサンプルについては未処理である。

3. 解析処理

(1) 地形の凹凸による磁気異常

第3図に示される地形をその外側 5mまで外挿し、60m×60m の範囲について地形を角柱の集合で近似し、それが地球磁場方向に一樣に磁化しているときに



期待される磁気異常を計算した。設定した角柱の水平断面は、全般的には1m×1mであるが、クレーターの位置とその北北東側の 25m×35m の範囲では 0.5m×0.5m とした。また、地形効果をこの範囲で切断することによる磁気異常の変形を緩和するため、地形の起伏がない場合に同一範囲で切断したときに現われる磁気異常パターンを差引くこととした。ここでは、見掛帯磁率が 0.3α ($\alpha=(10^{-3}/4\pi)\text{SI}$) のときの地形による磁気異常（地形効果）を第4図に示す。

(2) 平均的な地層の見掛帯磁率の推定

第4図には、第2図の磁気異常の特徴がよく現われおり、磁気異常の大半が地形の効果であることを示している。一方、前述のように帯磁率測定からは帯磁率分布を得るに至っていないので、ここで平均的な地層の帯磁率を推定する。

この解析は、地形効果による磁気異常とそれ以外の原因による磁気異常との間に相関がないという仮定のもとに、第2図と第4図との相関関係から見掛帯磁率を求めるもので、その結果は、 0.47α となった。

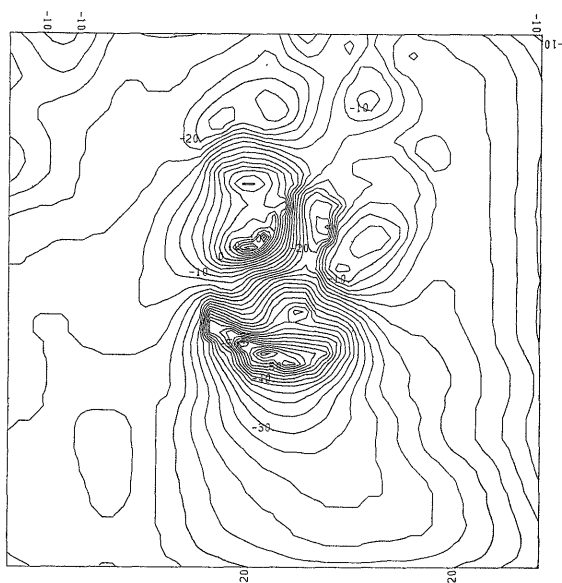
この見掛帯磁率のときの地形効果を第2図の磁気異常から差し引いた残差（直流分も除去）を第5図に示す。

4. 考 察

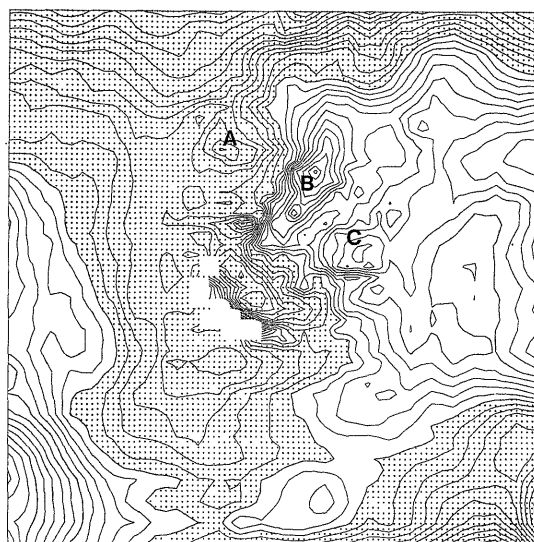
推定された見掛帯磁率は、実測の帯磁率に比して倍程度に大きい。それは、残留磁化の影響であるかも知れないが、表土層の残留磁化が誘導磁化と同程度に大きいことは一般的でない。むしろ、帯磁率測定で示唆されたように、表土層といえども、そのごく表面と数10cm以深とで帯磁率が異なり、表面で計った帯磁率よりも実体の見掛帯磁率は高いことを示していると考えた方が妥当であろう。

第5図にみられるパターンのうち、大きな傾向を示すものは、大局的な地形の凹凸が考慮されておらず、より深部の地下の地質構造の影響も重畳していると考えられ、今回の調査においては有意とはいえない。また、区域の縁辺部の多少の変化も地形のモデル化における不十分さの結果と考えられる。さらに、第2図で磁気異常変化の激しい位置に対応して、第5図に短波長の不規則な変動が示されているものは、主として、地形を角柱の集合に近似する際に地形に相対的な測点位置の誤差を生ずることに起因すると考えられる。

従って、第5図から有意なものとして読取れる残差磁気異常は、図中にA・B・Cと示したものの程度とみ



第4図 地面の見掛帯磁率を $0.3 \times 10^{-3} / 4\pi$ (SI) としたときの地形効果（コンター間隔：2nT）

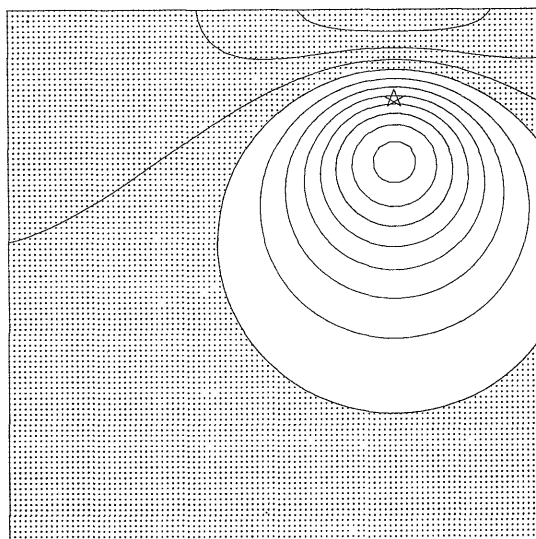


第5図 地形効果を除去した残差磁気異常（コンター間隔：2nT、影をつけた部分は負）

るのが適当である。

Aは、パワーショベルで掘出された土砂（たぶんクレーター周辺部を削ったもの）が高さ 2mあまりの小山として柔らかく堆積されているところに相当し、その部分の見掛帯磁率が、平均的な地層の見掛帯磁率の 0.47α よりも小さいために、主として負の磁気異常として残ったものとみられる。

Bは、パワーショベルでもとの地形を削った位置で



第6図 深さ15mの球状ダイポール
のつくる磁気異常パターン

あり、パワーショベルがクレーターへ接近するための通路となった位置に相当する。クレーター周辺の土壌は、全般的には非常に柔らかく圧密を受けていないが、重機パワーショベルの通路は、当然相当な圧密を受けており、それが原因で見掛帯磁率が高くなっている可能性がある。圧密の効果は、その鉛直方向の様子が明確でないため、見積めることは簡単ではない。このため、この通路位置での帯磁率測定結果は比較的高い値を示しているが、Bの正の残差磁気異常をすべて説明できるか否かは明確でない。

Cは、クレーターの底から掘出された土砂の堆積部の近くであるが、その堆積位置とは正確には対応せず、クレーターの北東側で高い帯磁率の値が検出されたこ

とに符合するとみられる。さらに、BとCおよびその北東側を含む区域は、残差磁気異常の比較的高い領域をなしており、この帯磁率の高い地層部分が北東側へある程度広がりをもつことを予想させる。

このクレーター北東側では、地形に人工的な改変が加えられた影響もあって残差磁気異常が複雑であり、その中に隕鉄の存在の影響が埋没している可能性がないわけではない。地下に埋もれた隕鉄がどのような残留磁化を獲得するかが明かでないので、大きさの規定は困難であるが、深さ15mの位置に地球磁場方向に磁化したものがあつたとき第6図に示されるような磁気異常パターンが期待される。従って、クレーターの北東側約20m付近の深さ15m以深に何らかの相対的に磁性の強い物質が存在する可能性は十分あるが、それが隕鉄である可能性に言及することは難しい。

5. ま と め

三川クレーターの精密地上磁気探査の結果、

- ① 磁気異常の大半は、地形の凹凸によるものであること、
- ② 一様磁化の表土層による地形効果以外に、磁化のラテラルな強弱の影響があること、
- ③ 磁化の強弱は、全般的にはパワーショベルによる人工的な改変の結果であること、
- ④ クレーターの北東側では、もとの地層の見掛帯磁率が高くなっていること、
- ⑤ クレーターの北東側約20m付近の深さ15m以深には、相対的に磁性の強い物質が存在する可能性は否定されないことが明らかになった。