

落雷に伴う磁場の異常変化に関する調査

—— 草津白根山での観測例 ——

山崎明(気象研究所), 白土正明, 大和田毅, 徳本哲男(地磁気観測所),
源泰拓(気象庁海洋気象部)

An investigation on the anomalous variations of magnetic field caused by thunderbolts:
An example of observation in Kusatsu-Shirane Volcano

Akira Yamazaki(Meteorological Research Institute), Shiomei Shirato, Takeshi Oowada,
Tetsuo Tokumoto(Kakioka Magnetic Observatory),
Yasuhiro Minamoto(Japan Meteorological Agency)

1. はじめに

落雷に伴う磁場の異常変化はあまり知られていないもののまれに起こる現象である。一例を挙げれば、東京大学八ヶ岳地磁気観測所では1981年7月に観測所の近くで落雷があり、全磁力地点差に約20nTのギャップが発生した(歌田・小山, 1982)。しかもこのギャップは単純ではなく、ギャップ発生後数ヶ月間ギャップが戻るセンスに異常変化を起こしている。

落雷に伴い磁場がギャップする機構として、落雷の大電流が瞬間的な強磁場を発生させ、周囲の岩石・土壌が帯磁するためであると考えられている。最大級の雷では瞬間的に数十kAの電流が発生するといわれており(北川・他, 1996)、落雷地点では非常に強い磁場が一瞬ではあるが発生する。酒井・他(1993)は落雷地点の土壌の帯磁強度を調べ、落雷時の磁場強度を80mTと推定している。

落雷で獲得された磁化は不安定な等温残留磁化(IRM)であり、時間の経過と共にその磁化を失う性質がある。このため、周囲の磁場はギャップが戻るセンスに異常変化を起こすことになる。この戻るセンスの磁場の異常変化を歌田・小山(1982)に従い余効変動と呼ぶことにする。

落雷に伴う磁場の異常変化については、調査するきっかけが落雷という偶発性に左右されており、調査例は極端に少ない。ギャップと余効変動を起こすことは知られているが、ギャップの空間的広がりや余効変動の継続時間などあまりよくわかっていない。発生は稀ではあるが、地磁気観測所のように地球磁場の永年変化を精密に観測するという立場からすれば、非常に厄介な問題と言える。

草津白根山の全磁力を連続観測しているP点では1998年と1999年に2度の落雷によるギャップが発生した。それを機会に若干の補足的観測を実施し余効変動の性質について調べた。本報告ではこれらの観測結果を紹介し、落雷に伴う磁場の異常変化について考察する。

2. P点で発生した全磁力のギャップと余効変動

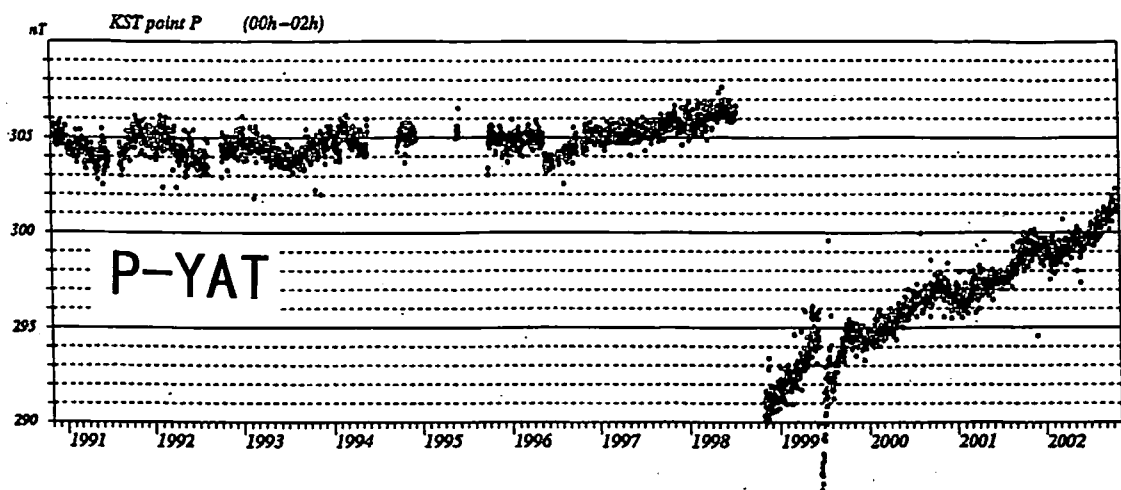
草津白根山の全磁力連続観測点のP点は1990年11月に山頂レストハウスの東側に設置された(山崎・他, 1992)。第1図に測点配置を示す。プロトン磁力計本体部は東京工業大学草津白根火山観測所の山頂中継室内にあり、センサーはそこから東側に約70m離れた地点に設置されている。第2図に示すように、観測開始以来1997年までは概ね良好な観測が続けられた。

1998年7月にデータ収録装置が故障し欠測となった。同年10月に復旧させたところ、約15nT全磁力が小さくなっていることがわかった。この時点ではまだギャップの原因は不明であったが、その後+1.0nT/month程度の割合で全磁力が異常に増加していることがわかり、落雷の可能性が疑われた。

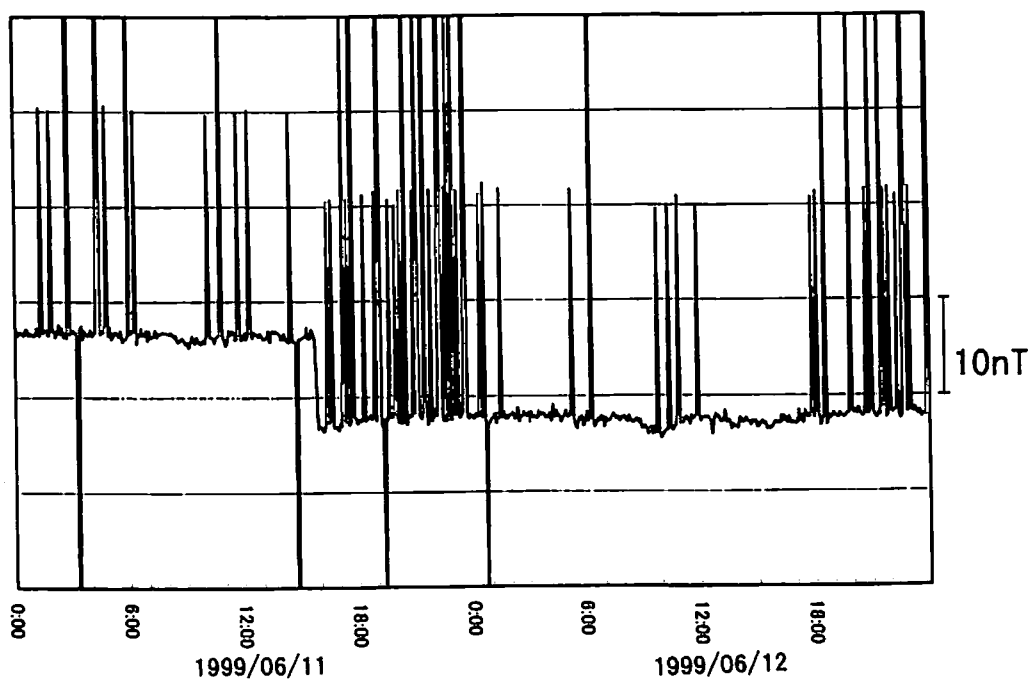


第1図 草津白根山全磁力観測点の配置図

- 全磁力連続観測点 (P, Q, R)
- 全磁力繰り返し観測点 (1~17)



第2図 P点の全磁力経年変化(基準点：八ヶ岳地球電磁気観測所(YAT))
P点のセンサー高は2.4m



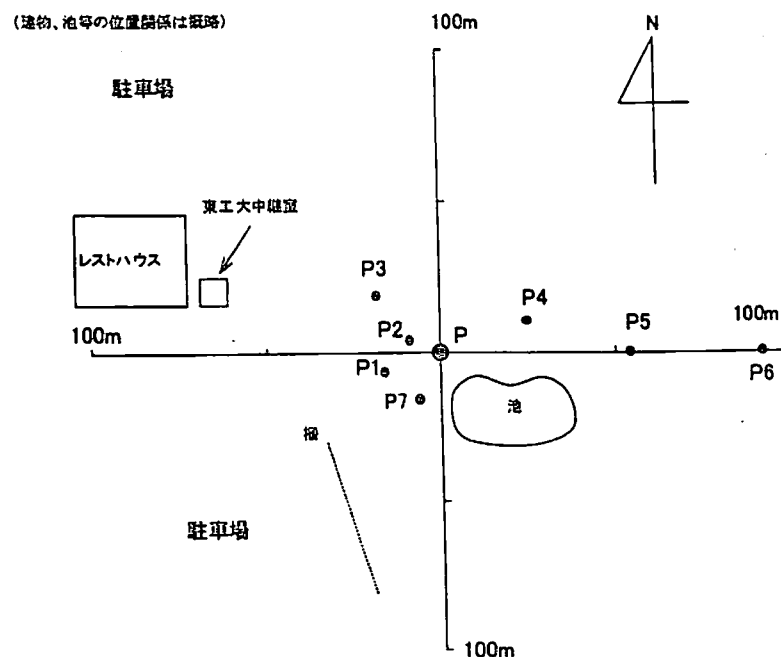
第3図 落雷発生時のP点の全磁力変化(基準点：Q点)

1999年6月11日15時40分(LT)に2度目のギャップが発生した。この時のギャップ量は約-10nTであった。この時刻に雷の発生があったかどうかをレストハウス内の草津町役場分室に問い合わせたところ、近くに落雷があり停電が発生していたという情報が得られた。第3図にギャップ発生前後のP点の5分値(Q点基準)を示す。約-10nTのギャップが瞬間的に発生していることがわかる。なお、図にはデータのとびが数多く見られるが、これはP点のプロトン磁力計のカウントミスによるものである。

2度のギャップが生じた原因として、磁力計の何らかの異常である可能性も否定できなかった。これを確認するため、P点磁力計と携帯用磁力計の器差を測定したところ、器差に異常はなく磁力計自体は正常であることが確認できた。また、センサーの周囲には人工物や地形の変化などギャップの原因となるような変化は認められなかった。結局、1度目および2度目のギャップでも余効変動が認められること、また2度目のギャップでは落雷の発生を確認できていることから、ギャップの原因は落雷による土壌の帯磁であろうと判断した。

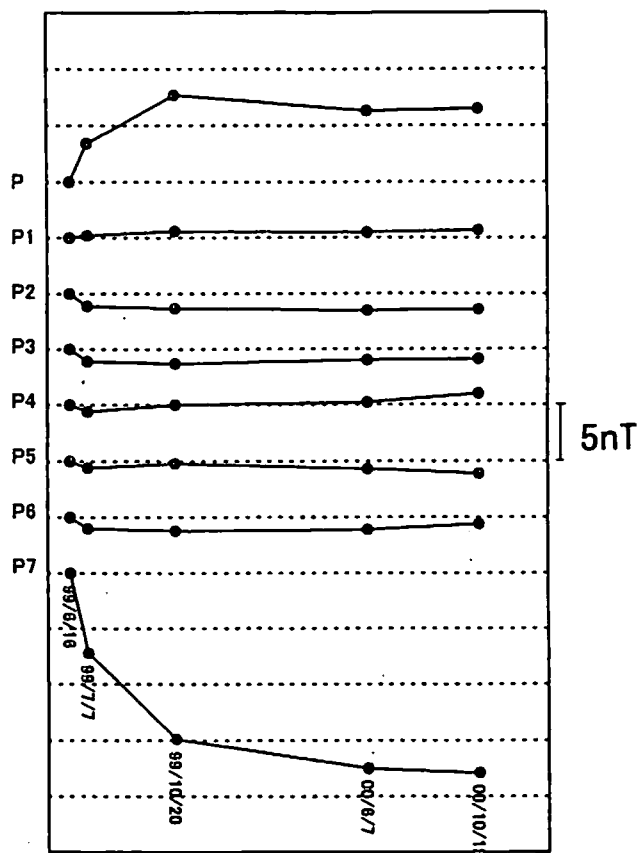
3. P点付近での繰り返し磁気測量

余効変動の空間的拡がりや時間的経過を把握するため、2度目のギャップが起こった5日後の1999年6月16日、P点付近の7地点に全磁力繰り返し観測点を設置した(第4図)。繰り返し観測は携帯用プロトン磁力計(G856 ジオメトリックス社)を用い、測点高は2.0mとした。観測点の設置後、2000年10月までに5回の繰り返し観測を行った(第5図)。



第4図 P点センサー周辺の全磁力繰り返し観測点配置図 (P1～P7 測点高：2.0m)

観測の結果、余効変動を起こしているのはP点とP7点だけであり、その他の測点では有意な変化は発生していないことがわかった。P7点の余効変動はP点とは逆センスであり大きさはP点の約2倍であるが、両地点とも余効変動ははじめ急激で次第に緩やかになっており、その時間的経過はよく似ている。すなわち、両地点の余効変動は2度目の落雷で生じた異常磁化の消失過程を反映していると考えられる。



第5図 P点センサー周辺の全磁力繰り返し観測結果（基準点：Q点）

4. 落雷によるギャップの発生頻度

岩石磁気の研究者はサンプリングに際し尾根筋や小高い地形、巨岩付近を避けるという。これは落雷によって異常帯磁した岩石が尾根筋などにしばしば見られるという経験から来ているものであろう。こうした地点を避けるのは全磁力の測点を選定する際にも共通している。ところが、草津白根山のP点付近は比較的平坦であり、一見雷が落ちやすそうな地形には見えない。ではP点で十年程度の時間内に2度落雷があり磁場がギャップを起こしたのは極めて稀なケースなのであろうか。

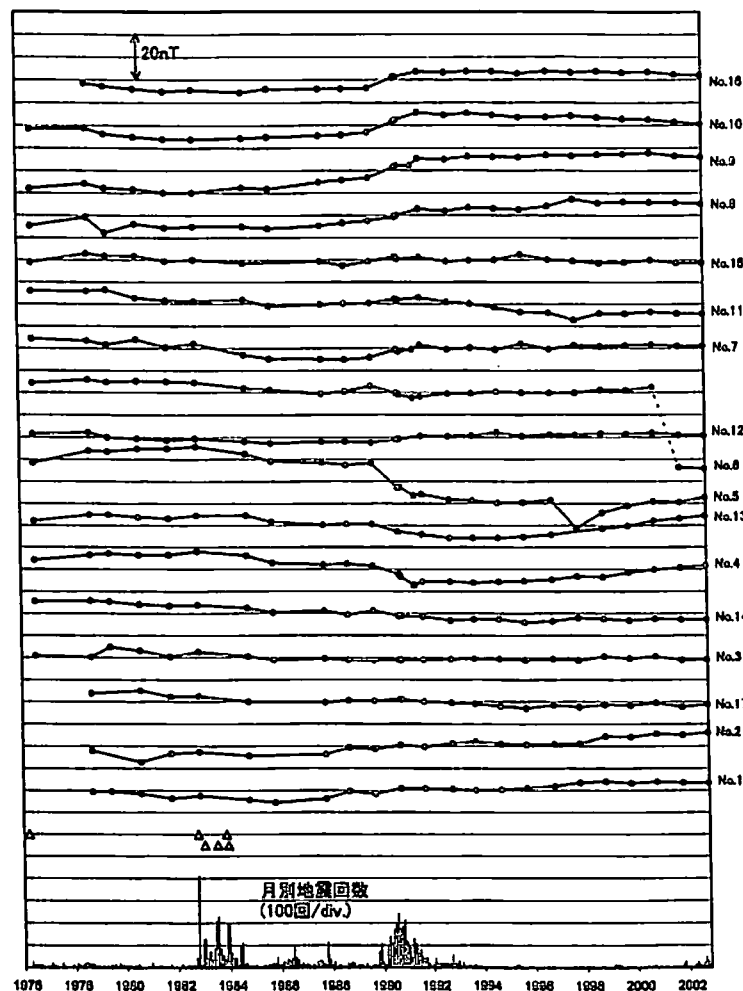
地磁気観測所では1976年より草津白根山の17測点において毎年1回の繰り返し磁気測量を実施している(第6図)。この観測を行った25年間の間にいくつかの測点においてギャップが発生したが、これらのギャップの原因は多くが人工的な理由によるもので適当な補正値を求めギャップ補正を行っており、第6図上ではギャップは見えない。No. 5測点では、1997年に-10nT程度のギャップが発生し、その後数年間ギャップが戻るセンスに異常変化を起こしている。このケースではギャップ補正値は決まらず、補正は行っていない。No. 5測点のこの異常な変化は、測点周囲に原因となるような変化が認められないこと、ギャップ発生後に数年間余効変動を起こしていることから、落雷によるものであろうと思わ

れる。

しかしながら、No. 5 測点のようにはっきりと落雷と思われる変化をした測点は他には見当たらず、落雷による異常変化の発生頻度はあまり高くないことがわかる。P 点での 2 度の落雷はやはり極めて稀な現象であろうと考えられる。

5. まとめ

P 点で発生した 2 度のギャップとその後の余効変動は、落雷地点など正確なことは分かっていないものの、いくつかの状況から考えて落雷で発生したものと判断される。1 度目では落雷後約 3 ヶ月間の欠測を伴っており、正確なギャップ量は不明であるが、20nT を上回る大きさであり落雷の規模も 2 度目よりずっと大きかったのではないかと推察される。



第 6 図 草津白根山全磁力繰り返し観測結果(1976-2002)

基準点は八ヶ岳地球電磁気観測所。測点高は 1.4m。△は噴火を示す。

1 度目と 2 度目のギャップでは余効変動の時間経過に大きな違いが認められる。1 度目では落雷から 4 年半たった現在でも余効変動が継続しているが、2 度目の落雷ではおよそ半年でギャップは元のレベルまで戻り余効変動は終息した。こうした違いは I RM の消失過程の違いを反映したものであろうが、落雷によってもしくは帯磁した土壌によって消失時間に大きな違いのあることがわかった。

P 点周辺での繰り返し観測結果は 2 度目の落雷の余効変動を観察したものと考えられる。この観測で、余効変動を起こしているのは P 点と P7 点だけであり、意外なことに P 点のすぐそばの P2 点や P1 点では余効変動が及んでいないことがわかった。これは、落雷で帯磁した土壌は例えば半径 2 m の球状の領域といったように塊状にあるのではなく、落雷電流の経路に沿ったごく狭い範囲におそらく線状に分布していることによるのであろう。

全磁力の繰り返し観測を長年行っていると原因がよくわからない異常な変化に遭遇することが時々ある。これらの異常変化の多くは人工的な原因もしくは地形変化などによるものであろうが、中には落雷が原因であることもあると思われる。落雷が原因である場合、余効変動のため同一地点での観測が半年から数年程度できなくなり、非常に厄介である。火山における全磁力観測は、最近気象庁の火山監視・情報センターにも業務的観測として取り入れられるなど、各火山でさかんに行われつつある。こうした観測にあたっては落雷の危険性が存在することを考慮し、近くに補助的な測点を設けておくとうまいと思われる。

参考文献

- 北川信一郎・河崎善一郎・三浦和彦・道本光一郎，大気電気学，東海大学出版会，1996。
酒井英雄・小林剛・加藤隆史・広岡公夫・澤田豊明・中山武・鷺見武富，雷と大地の電磁気現象－誘導地電位の卓越方向と落雷に伴う残留磁化－，C A 研究会論文集，135-141, 1993。
歌田久司・小山茂，落雷に伴う八ヶ岳地磁気観測所の全磁力変化(1981 年 7 月)，C A 研究会論文集，181-186, 1982。
山崎明・中禮正明・仲谷清・角村悟・中島新三郎・下田正人，草津白根山における全磁力変化(1989-1992)，C A 研究会論文集，273-278, 1992。