

JGRFの過去・現在・未来

高知大学理学部 村上英記

JGRF 作業委員会

Past, present, and future of JGRF

Hideki Murakami

Faculty of science, Kochi university

JGRF working group

The Japan Geomagnetic Reference Field (JGRF), which is the regional geomagnetic reference field in and around Japan, is necessary to detect a weak geomagnetic variation associated with earthquake activity and/or volcanic activity. The Geomagnetic Research Group on Earthquake Prediction has reported the variations of the night-time value of the geomagnetic total force obtained by the simple difference method and the weighted difference method until 1996. Now the Geomagnetic Research Group on Earthquake Prediction (JGRF working group) has corrected 1-minute values of the geomagnetic total force to improve the accuracy of the regional geomagnetic reference field. In this report, we report the efforts of the JGRF working group.

1. はじめに

Conductivity Anomaly 研究会では、地震・火山活動に関わる理論的・観測的な全磁力変化について沢山の研究発表がおこなわれてきた。一方、国内の全磁力観測点のデータを「地震予知研究計画・地磁気研究グループ」として国土地理院長の諮問機関である地震予知連絡会へ1996年まで報告をしている。地震予知連絡会への報告を中止した経緯については別途述べるが、この間特に火山噴火予知に全磁力の観測が有効であることなどが広く認識されてきた。

地震や火山などの地殻活動に関連する地磁気の局所的変動を的確に検出するには、周辺地域の標準的変動場を明らかにする必要がある。取り分け地震に関連する磁場変動は、理論的な研究によれば1nT程度であり大きくとも数nT程度なので周辺部の変動を精度良く決定しておく必要がある。このような目的のために、日本とその周辺域に特化した標準磁場モデル(Japan Geomagnetic Reference Field:略称JGRF)の必要性が提唱されてきた。現在、第二期のデータ収集をおこなっている。本報告では、JGRFにいたる経緯と現状そして今後のありようについて簡単に報告する。

2. 過去 - JGRF 以前 -

1980年8月から1996年2月までの期間は、大学及び諸機関[気象庁、国土地理院、海上保安庁水路部(現、海上保安庁海洋情報部)]で個別に観測していた約20数点(第1図)の全磁力データをまとめて地震予知研究計画・地磁気研究グループとして地震予知連絡会に報告をしていた。データの取りまとめ及び解析は気象庁地磁気観測が担当し、気象庁地磁気観測所及び地震予知研究計画・地磁気研究グループの連名で「地磁気永年変化精密観測」というタイトルで報告を

していた。

この報告では、データとしては全磁力夜間値と呼ばれるものを使用しており、全磁力夜間値とは次のように定義されていた。

- ・1980年3月以前は、0時40分から1時20分までの5個の10分ごとの一分値
- ・1980年4月以降は、0時40分から3時00分までの15個の10分ごとの一分値

この全磁力夜間値は、東京大学地震研究所のFTPサーバーから入手することが出来た。これらのデータを使い、処理方法としては次のような方法が使用されていた。

- ・1985年2月までは、気象庁柿岡地磁気観測点を基準とした単純差
- ・1985年8月からは、気象庁柿岡地磁気観測点を基準にした重価差
- ・1991年8月からは、拡張した主成分分析法

それぞれの解析例を第2図から第4図に示す。第2図¹⁾には柿岡を基準とした単純差、第3図¹⁾には柿岡に対する重価差を示す。そして、第4図¹⁾には拡張された主成分分析²⁾により求められた全磁力の局所的な変化を示す。単純差では各観測点での変動が大きく経年変化などが十分に差し引けておらず局所的な変化のみを見いだすのは難しい。重価差の方法では全体としてはかなり改善されているように見えるが、一部にはまだ経年変化が大きく残っている。拡張された主成分分析では、単純差、重価差よりはるかに変動が小さくなっており地域的な磁場変動が取り除かれていることがわかる。なお過去の地震予知連絡会報は、国土地理院の地震予知連絡会会報 (<http://cais.gsi.go.jp/KAIHOU/index.html>) のページで閲覧できる。

1996年2月(地震予知連絡会会報55巻)までこのような様式で、全磁力夜間値の変動を報告してきた。しかし、「当初の目的は地殻起源の長期的な変動の検出に主眼がおかれていたが、最近では短期か長期かのねらいが不鮮明となり、また資料が見にくいなどの指摘があった」³⁾というような点を検討するために夜間値検討グループ(代表:住友則彦 元京都大学教授)によるデータ提示方法などの検討などおこなわれた。しかし、1996年2月の報告をもって一旦中断することとなった。この間、データ処理改善のための提案(拡張された主成分分析²⁾、重回帰分析⁴⁾)もおこなわれた。

この次期の総括として、角村ほか³⁾は1977年から1996年の20年間のべ30地点の全磁力夜間値について見直して次のようなことを指摘している。なお方法としては、各観測点の値からIGRFの値を差し引きDst指数による補正⁵⁾をおこなっている。

1) IGRFで計算された値と観測値の間にはズレがあり、時間的にも変化する。つまりIGRFでは日本列島程度の波長の磁場を完全には表せない。特に1990年頃から全磁力がIGRFに対し増加している(極東異常)。

2) 女満別・上杵臼:1980年代前半に上杵臼において特徴的な変化が見られるが、未解決のままである。

3) 篠坂・俵峰:1990年ごろから増加(篠坂)・減少(俵峰)が見られ、これらが東海地域の地殻変動の異常傾向に同期しているように見える。

4) 西日本:平均的に1990年頃から増加傾向にある。特に日本海側にある宝立での増加傾向が著しい。これは日本海中部に推定される波長1000~2000kmの異常に対応する。

5) 阿蘇山麓と鹿屋の相互差が1980年代広汎より増加傾向にある。これが西日本の増加

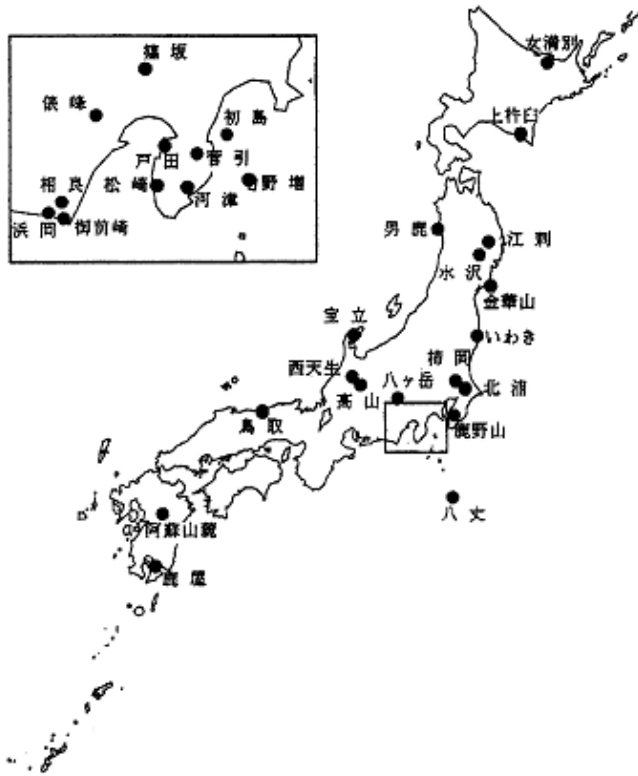


Fig.1 Location map of geomagnetic observation point.

第1図 地震予知連絡会に報告されていた地磁気データの観測点分布¹⁾ 東京大学(八ヶ岳,篠坂,俵峰,初島,菅引,河津,相良,野増,浜岡),東北大学(男鹿,金華山),京都大学防災研究所(西天生,鳥取,宝来),北海道大学(上杵臼),東京工業大学(戸田),名古屋大学(高山),気象庁地磁気観測所(女満別,いわき,柿岡,北浦,松崎,御前崎,阿蘇山麓,鹿屋),国土地理院(水沢,鹿野山,江刺),海上保安庁水路部(八丈)

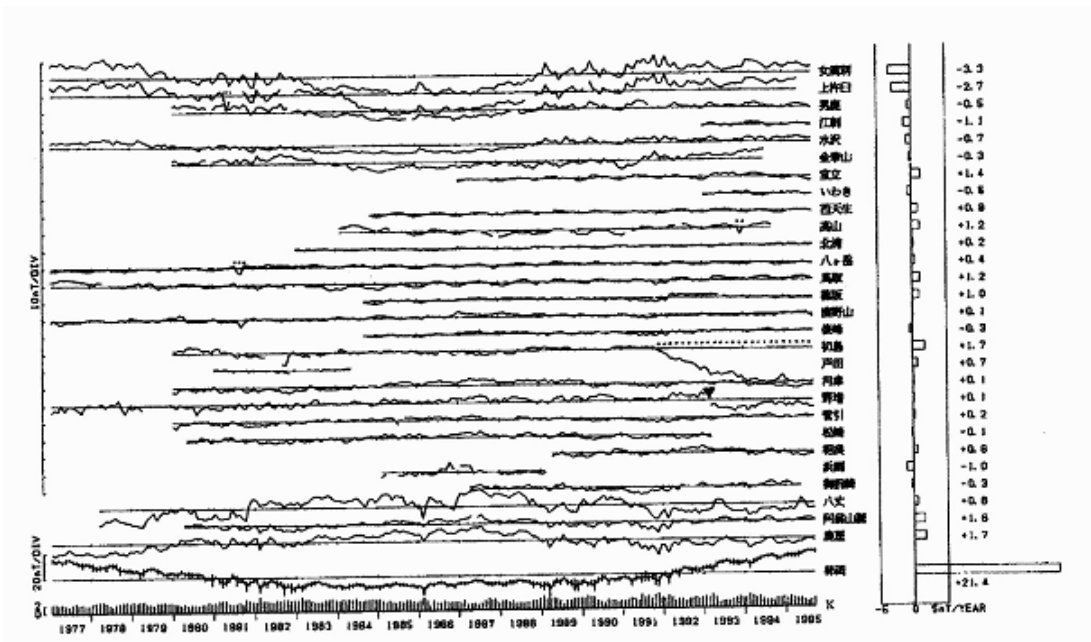


Fig.2 Monthly average of simple difference values of night-time value of total intensity of geomagnetic field.

第2図 地震予知連に報告された全磁力夜間値の柿岡に対する差(単純差)の月平均値¹⁾ 観点毎に観測開始以降の経年変化を除去している。右端は経年変化率を示している。

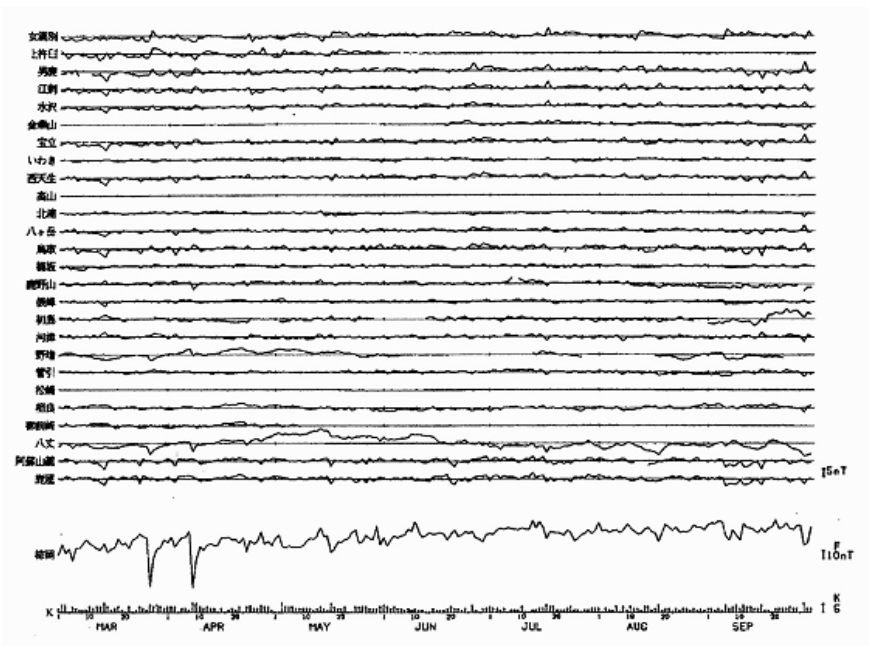


Fig.3 Daily mean of the wighted difference values of the total intensity of geomagnetic filed.

第 3 図 地震予知連絡会に報告された全磁力夜間値日平均値の例¹⁾
 地球外部磁場擾乱を取り除くために柿岡の値に対する重価差を取っている。下端は柿岡の全磁力夜間値の日平均値と夜間K日数を示す。

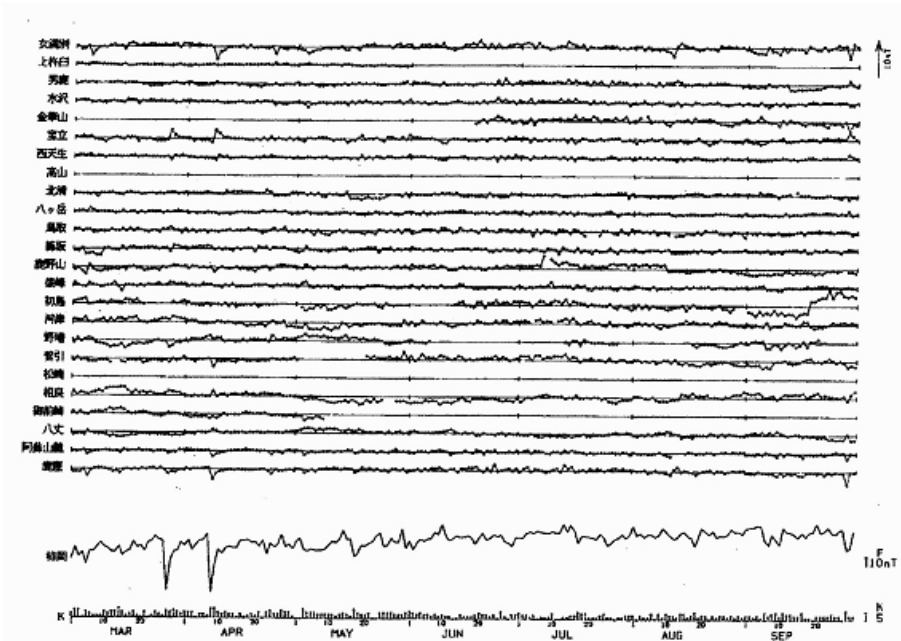


Fig.4 Daily mean of the local geomagnetic variations obtained by the extended principal component method.

第 4 図 地震予知連絡会に報告された主成分分析により推定された全磁力夜間値の局所的な変化の例¹⁾
 推定のための係数は 1990 年 1~6 月のデータに基づいている。下端は柿岡の全磁力夜間値の日平均値と夜間K指数を示す。

と一致するものなのか阿蘇山の活動に関連するものなのか今後の推移を見守る必要がある。

3．現在 - JGRF の現状 -

局所的な異常を検出するために周辺部における標準磁場を精度良く求めるという認識の元に、夜間値ではなく毎分値を収集し解析して標準磁場を作成することを目的に第一期の JGRF 委員会（委員長：住友則彦 元京都大学教授）がスタートした。データ収集は 1999 年におこなわれ、その成果の一部は 2006 年度の CA 研究会のセッション「地域標準磁場（通称、JGRF）- 現状の総括と実行プラン -」にて発表された^{6),7)}。ここでは自然直交関数法（NOC）^{6),7),8)}という新しい手法が導入されている。それは標準磁場モデルを時間関数と空間関数の積和で表現するというものである。

第 5 図⁷⁾に全磁力夜間値の月平均値を使った自然直交関数法の解析例を示す。第 5 図(a)は柿岡との単純差を示した物で第 5 図(b)は自然直交関数法により求めた主要 3 成分を取り除いた残差である。第 6 図⁹⁾は自然直交関数法で求められた主要 3 成分の時間変化を示す。先の角村ほかの総括ならびに第 5 図(a)の単純差と比較すると宝立(HRJ)における 1990 年からの増加はあるものの単純差に見られるほど大きなものではないことがわかる。また 1993 年のステップ状の変化が明瞭になっている。次に、角村ほかが指摘していた西日本の 1990 年からの増加傾向について鳥取(TOT)を見るとむしろ減少傾向になっている。単純差の方法や角村ほかの方法に比べ変動が小さくなっており長周期変動（地域的な経年変化）をうまく取り除けていると考えられる。

第二期の JGRF 作業委員会（委員長：大志万直人 京都大学教授，事務局：村上英記）では、第一期に続き 1999 年から 2005 年までのデータ（全磁力の毎分値，可能なところは磁場三成分）の収集をしている。2007 年末で海上保安庁，国土地理院，気象庁地磁気観測所，東北大学，東京大学よりデータ提供をいただいている。なお，前回同様に気象庁地磁気観測所にデータの取りまとめをお願いしている。本日の講演にてデータ収集の現状や暫定的なデータ解析の結果が報告される^{10),11)}。

4．将来 - 今後の JGRF -

地域的な標準磁場モデルを作成するには、理想的には観測点が均一な密度で多数あることが望ましい。しかし、現実にはそのようにはなっていない。夜間値を地震予知連に報告していた時期と現在を比較すると大学の観測点が減少している。機器の老朽化や観測環境の悪化などが大きな理由であるが、今後増える見通しはあまりない。一方、兵庫県南部地震（1995 年）以降、国土地理院の観測点が増設されているが、観測環境面で注意を要する点も見受けられる。現状の観測点の維持や拡充の根拠として JGRF が有効であることを取り分け他分野の研究者に示す必要がある。そのためには、更に解析方法などの工夫も必要である。多くの方が興味を持って解析に挑戦してくださることを希望する。

なるべく多くの方に興味を持って頂くには、まず誰でもが JGRF を使えることが望ましい。そのために、第二期のデータ収集時に下記のようなアンケートを添付して 2 次データの公開についてデータ提供機関にお伺いをした。

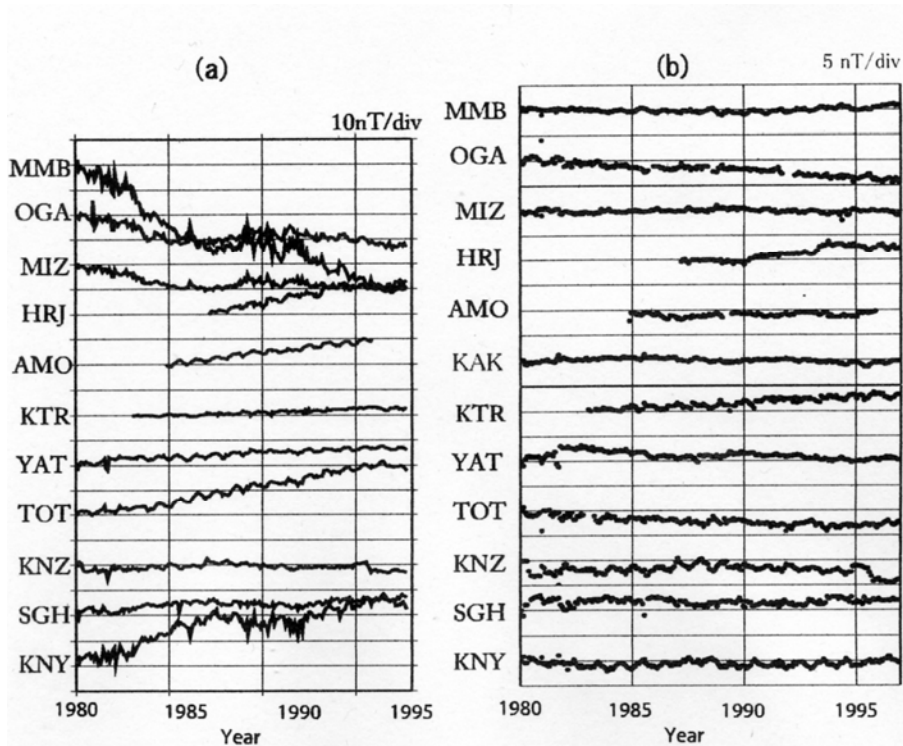


Fig.5 (a) Changes in monthly mean values of the night-time geomagnetic total force during the period from 1980 to 1997 relative to KAK. (b) Residuals after eliminating regional changes represented by major three NOCs.

第5図⁷⁾ (a) 全磁力夜間値の月平均値の柿岡との単純差 (b) 自然直交関数法(NOC)に求められた主要3成分を引いた残差

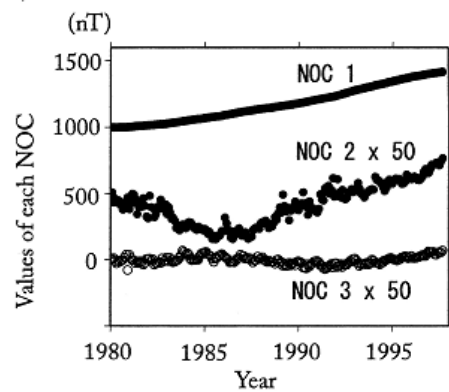


Fig.6 Three major NOCs-temporal function of the model.

第6図⁹⁾ 自然直交関数法による主要3成分

「JGRF 作成後に、今回御提供いただいたデータより作成した 2 次データ（日平均値など）を地震予知計画地磁気研究グループ内で公開することの可否、公開する場合の条件について傾向いてお聞かせ下さい。公開の目的は、より多くの研究者に地磁気永年変化標準磁場の解析手法などを検討していただくことを目的としています。」

これまでにデータ提供をしていただいた大学・期間からは肯定的な回答をいただいている。当面は、グループ内でのさらなる検討をおこなうために公開の準備を進める必要がある。一定程度の検証が行なわれた後には、一般に公開し理解者を増やして行く必要もあるが、公開方法も含め今後の課題である。

解析方法についても、現状では拡張した主成分分析や自然直交関数法など主成分分析を基にした手法を使用しているが、同じ主成分分析でもデータ相互の位相差を表現できる複素 EOF などの検討も考えられる。また、グラフィカルモデリングによる観測点相互の相関を明らかにしておくことも重要と考えられる。限られた観測点分布であるので、様々な解析手法による比較検討が重要と考えられる。JGRF 作業委員会の現状の主たる作業はデータ収集と再配布であるが、是非多くの方の解析への参加を望みます。

謝辞 データの提供をいただきました各大学及び国土地理院、海上保安庁海洋情報部、ならびにデータ提供と取りまとめをしていただきました気象庁地磁気観測所に感謝いたします。

引用文献

- 1)地震予知計画・
- 2)門倉真二，地磁気永年変化観測データの新しい解析法，Conductivity Anomaly 研究会論文集，p.151-158，1990．
- 3)角村悟・石井美樹・栗原隆治・山本哲也・笹井洋一・住友則彦，地磁気全磁力夜間値の永年変化，Conductivity Anomaly 研究会論文集，p.1-8，1998．
- 4)山口 覚・住友則彦，全磁力夜間値観測・解析の現状およびノイズ除去法の提案，Conductivity Anomaly 研究会論文集，159 - 169，1990．
- 5)石井美樹，地磁気永年変化精密観測資料の見直し - IGRF モデルと Dst 指数を用いた補正 - ，地磁気観測所技術報告，第 36 巻 第 3, 4 号（第 103 号），p.1-13，1997．
- 6)白井宏樹・紀小麗・鈴木啓・何金蘭・宇津木充，日本の地磁気測量と磁気モデル，Conductivity Anomaly 研究会論文集，p.30-36，2006．
- 7)山崎健一，地殻活動電磁気学と地磁気モデル，Conductivity Anomaly 研究会論文集 p.25-29，2006．
- 8)藤原智・田辺正・西修二郎・松坂茂・V.P.ゴロブコフ・S.V.フィリポフ，日本および極東地域における全磁力モデルの作成，Conductivity Anomaly 研究会論文集，p.9-16，1998．
- 9)Yamazaki,K. and Oshiman,N., A method for representing a geomagnetic total force field in a small region with special attention to discontinuities of data, Earth Planets Space, 58, p.1519-1523,2006.
- 10)石井美樹，気象庁地磁気観測所における JGRF に関わるデータの一次解析概要，Conductivity Anomaly 研究会，2007．
- 11)山崎健一・上嶋誠，JGRF2007 暫定モデルの概要と適用例，Conductivity Anomaly 研究会，2007．