

IGRF-11の経年変化モデルの評価とその結果による広域磁気異常の年度化成法

植田義夫 COSMOGRAV (株)

Evaluation of secular variation models of IGRF-11 and its application to the epoch reduction of magnetic anomalies.

Yoshio UEDA (Cosmograv, co. Ltd) yueda558@hotmail.co.jp

Abstract

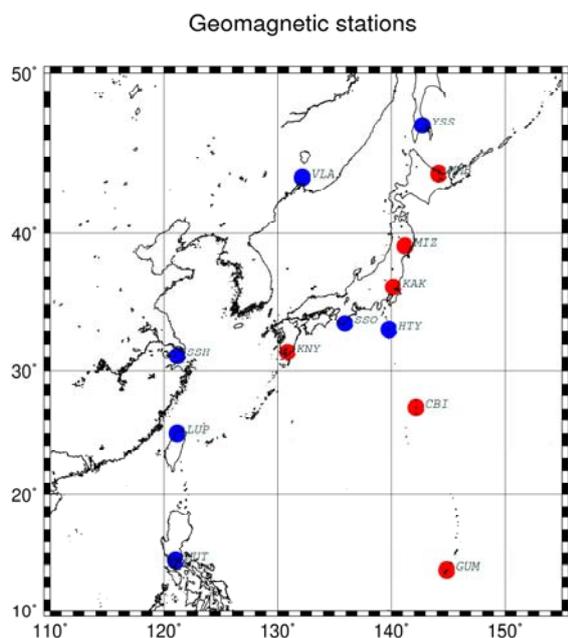
Secular variations of magnetic total forces at the magnetic stations in the eastern Asian region were compared with those calculated by IGRF-11 model. The magnetic anomalies at the stations calculated by subtracting IGRF-11 values from observed total forces are ranging from several tens nT to about 100nT from the 1960's to 2010.0 year. This fact means that the magnetic anomaly should be defined with the epoch reduction year. Annual variations of magnetic anomalies are caused by an insufficiency of secular model of IGRF-11, and whose main reason may be attributable to the induced secular variation by the sun spot activities. Annual variations of magnetic anomalies amounting several tens nT suggest that the epoch reduction should be conducted for compilation of wide magnetic anomaly map including source data whose survey date span more than 20years. A new method for the epoch reduction is proposed as follows: in the first step, annual variations of magnetic anomalies at magnetic stations are approximated by Fourier expansions, then, the correction values for conversion from anomalies at observed date to those at the epoch date were calculated. A horizontal distribution of the correction values obtained at several magnetic stations were approximated by the polynomials of latitude and longitude. The correction value at an arbitrary position is interpolated using the polynomials. The wide magnetic anomaly maps covering the Hokkaido region was compiled by using this epoch reduction method.

1. はじめに

全磁力磁気異常とは観測された全磁力成分から地球の核に起因する標準磁場の全磁力を除去したものと定義される。この標準磁場としては2009年にIAGAによりIGRF-11を用いることが勧告されている(IAGA-working group V, 2010, Finlay et al., 2010)。今回、このIGRF-11の全磁力値の経年変化モデルについて、東アジア付近での地磁気観測所での観測結果との比較を行い、経年変化モデルの評価を行った。また、この評価結果をもとに、磁気異常の年度化成方法の提案、並びにそれによる、2000.0年度に化成した北海道周辺海域の広域磁気異常図について紹介する。

2. 東アジア周辺でのIGRF-11モデルの評価

IGRF-11モデルの東アジアでの評価を行うため、東アジアに分布する地磁気観測所での全磁力観測値とモデル値の比較を行った。比較を行った観測所の分布は第1図に示した13ヶ所の観測所である。この中で赤色で示したのは2010年末で運用されている観測所、青色は閉鎖もしくはデータ報告がなされていない観測所である。

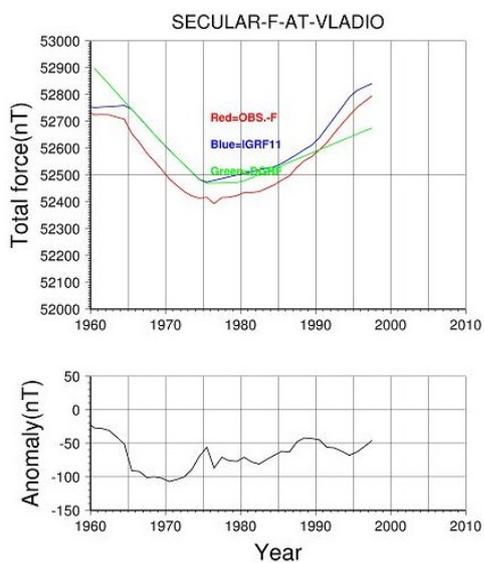


第 1 図

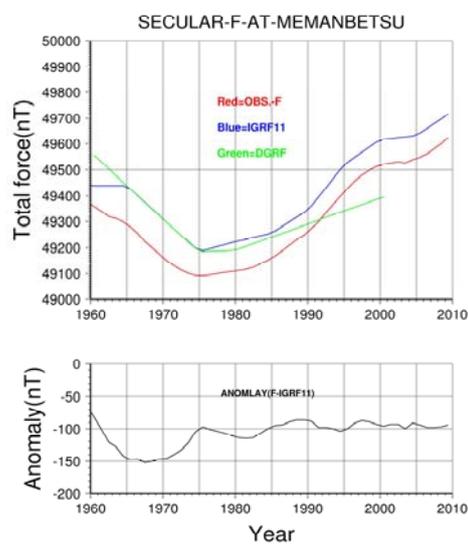
Fig.1 Geomagnetic stations used for evaluation of IGRG-11

Stations in operation are shown by red circles, and those in close by blue ones.

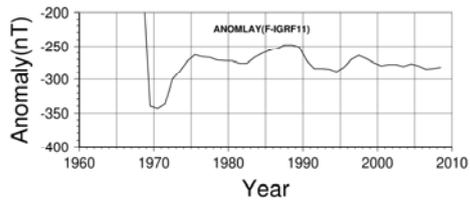
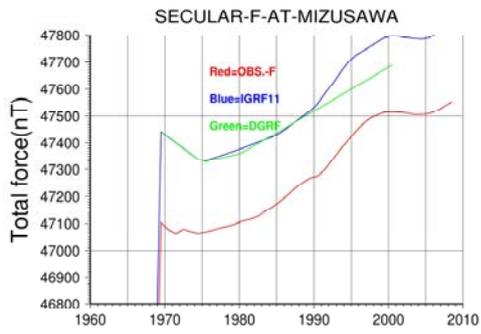
第 2 図にはには、主要な観測所での全磁力値観測値、IGRF-11 モデルの全磁力値およびその差として定義される全磁力異常値を示した。また、参考として DGRF モデルの全磁力値を参考として示した。



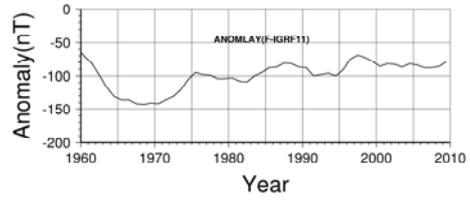
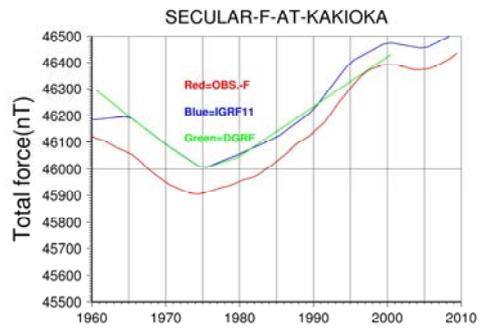
(a) Vladivostok



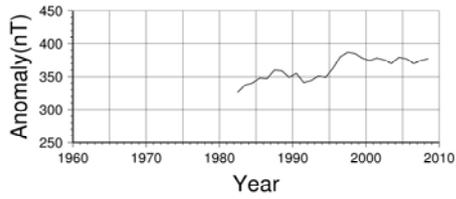
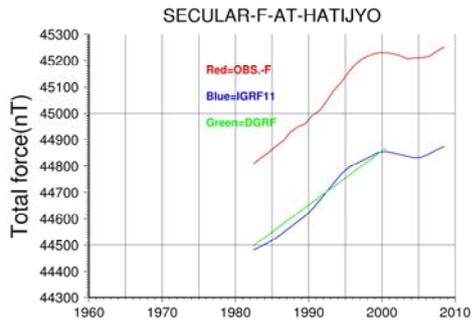
(b) Memambetsu



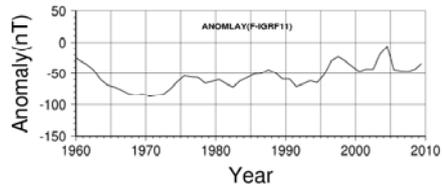
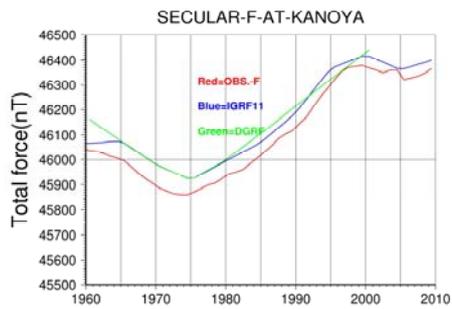
(c)



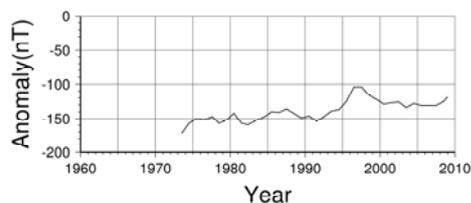
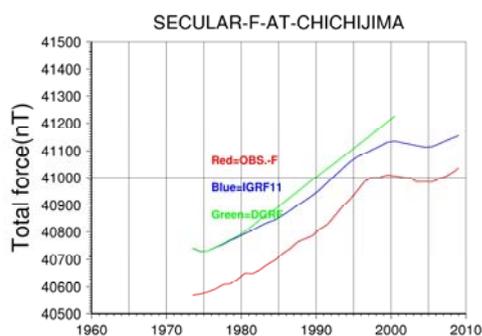
(d)



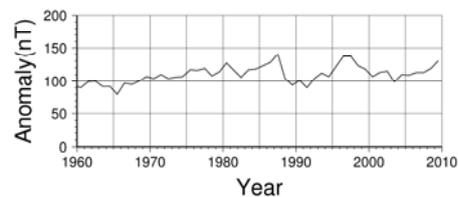
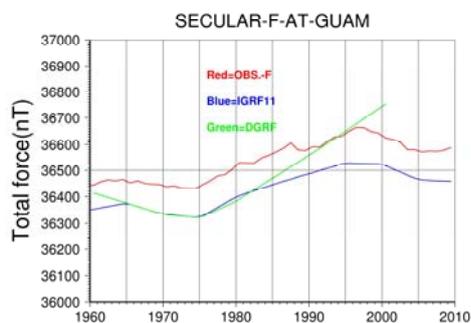
(e) Hatijyo



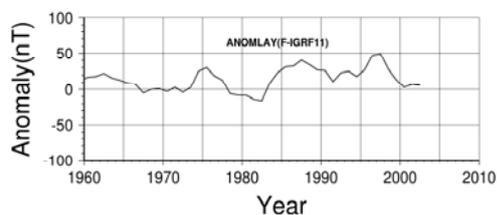
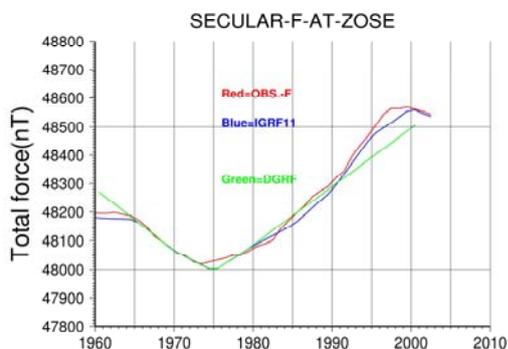
(f) Kanoya



(g) Chichijima



(h) Guam



(i) Zose

第2図

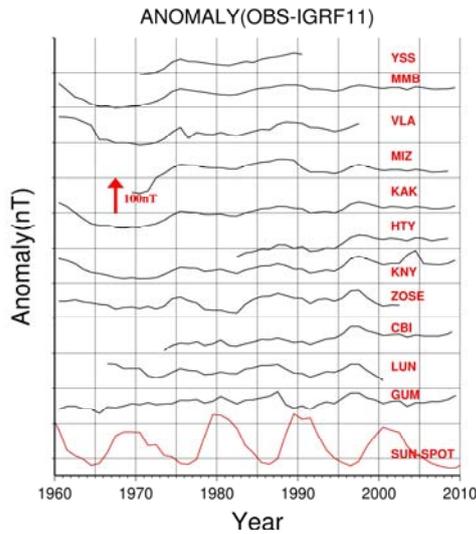
Fig.2

Secular variations of total force of magnetic field observed at magnetic stations (red) and calculated values of IGRF-11 (blue) and DGRF model (green) are shown for 9 stations in the upper column, and magnetic anomalies of total force calculated by IGRF-11 model are shown in the lower column, respectively.

ここに示した観測所での比較結果から、観測所での磁気異常の変動は大きいところで 100nT (Mizusawa)、小さいところでも 50nT (Guam) に及ぶことが認められる。なお、水沢では 1970.0 年を挟んで観測点の移動があったようで、この影響は今回の比較結果の考察対象から除いた。

第3図には IGRF-11 に基づく各観測所の全磁力異常の年変動と黒点数の変動を参考として

示した。



第 3 図

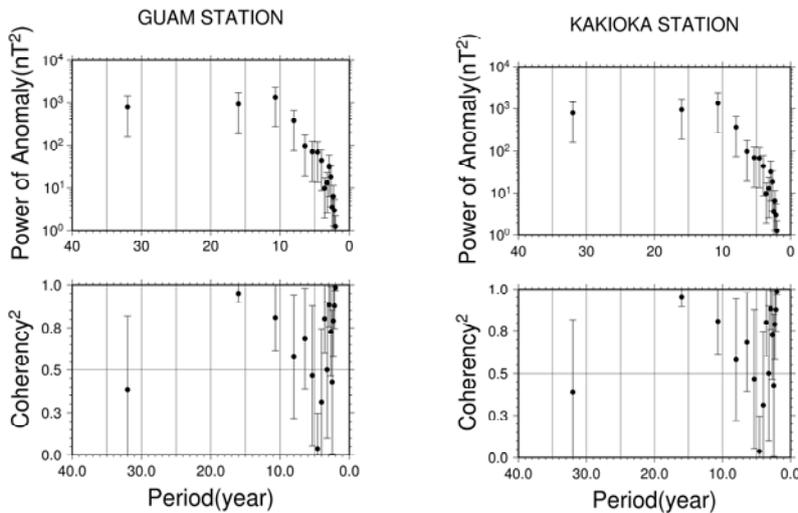
Fig.3

Annual variation of total intensity magnetic anomalies at the magnetic stations and sunspot numbers are plotted by a red line.

3 地磁気経年変動の原因に関する考察

第 3 図に示した磁気異常の年変動は、観測点固有のピエゾ磁気効果などのテクトニックな影響も考えられるが、全体的に見れば(1) 1970 年を挟む減少期、(2) 1975 年付近での曲率変化、(3) 1985 年から 1990 年に見られるやや上に突の湾形変化、(4) 1992-1993 年に見られるやや下向きの減少期、(5) 1995 年から 2000 年に見られる上に突の湾形変化、など、共通に認められる現象が存在する。また、磁気異常のピークの出現時期は、1975 年付近、1986 年から 1988 年、1997 年付近で、黒点周期である 11 年周期に近い変化を示しているようである。

そこで、比較的長期間の観測データの利用できる Kakioka、Guam の観測所において、磁気異常のパワースペクトル、及び黒点数とのコヒーレンスを求めた。その結果を第 4 図に示す。



第 4 図

Fig.4 Power spectrum of magnetic anomalies are plotted in the upper column. Coherence between magnetic anomalies and sunspot numbers are shown in the lower column, respectively.

ここに示した結果から、磁気異常にも、11 年周期付近で顕著なピークを示すこと、その周期では黒点数との相関は 0.8 以上の高い値を示すことが認められる。また、30 年以上の周期成

分ではパワースペクトル強度は 11 年周期成分と同程度であるが、コヒーレンスは 0.4 程度でしかないことがわかる。ここには載せていないが、他の観測所の結果 (Kanoya, Zose)でもほぼ同様の結果が得られている。このことから、地磁気経年変動には、核に起因する成分 (周期 30 年超) とともに、黒点数に相関する成分が存在することが推察される。

4 磁気異常の年度化成法の提案

第 3 図 に示したように、観測所における磁気異常は IGRF-11 モデルを用いたとしても、その値は数十 nT に及ぶ年変化を示すことがわかる。このことから、磁気異常を正確に定義するためには、基準となる年度に化成する必要がある、特に、広域の磁気異常図を作成する際には、その処理が不可欠である。例えば、海域で実施される地磁気測量のデータを用いて、日本近海の磁気異常図を作成しようとする、観測データには最近のものから過去 20 年以上の時期に観測されたものまでが含まれる。このため、観測された全磁力を単に IGRF-11 モデルから差し引いて磁気異常を計算すると、IGRF モデルによる経年変化の近似誤差によるギャップが生じることになり、不自然なコンター図となる。そこで、ある化成年度を指定し、IGRF モデルと実際の経年変化との差を何らかの形で補正することが必要になる。ここでは、日本近海の広域磁気異常図を作成する場合を想定して、日本周辺の 12 箇所の観測所での磁気異常の年変動曲線を用いて補正する方法を提案する。具体的な処理の流れは、第 5 図に示す。

Step-1: Define a epoch date of magnetic anomalies at first, next, calculate magnetic anomalies of total force at magnetic stations. The annual variation of magnetic anomalies are then, approximated by Fourier expansion series.

Step-2: To convert sea surface magnetic anomalies observed at arbitrary date and place to those at the epoch date, the correction values of magnetic anomaly at the magnetic stations (difference of magnetic anomalies at the epoch date and those at the arbitrary date at magnetic stations) are calculated using the Fourier series obtained in the first step.

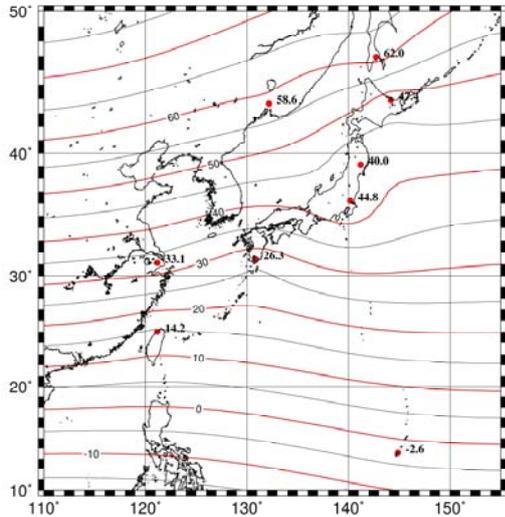
Step-3: The correction values of magnetic anomalies at magnetic stations are approximated by the polynomials of latitude and longitude, then, calculate the correction value at the observation point from the polynomials.

第 5 図

Fig.5 Flow chart of annual reduction of magnetic anomalies calculated by IGRF-11 model.

第 6 図には化成年度を 1990.0 年とし、観測年が 1972.5 年である場合の磁気異常の経年変化補正値の分布を示したものである。この図で顕著なことは、日本周辺では高緯度側ほど補正値が高く、特に北海道沖のオホーツク海域では補正値が 50~60nT に及ぶことである。オホーツク海や日本海では IGRF モデルを用いると、負異常が卓越することが指摘されていたが、今回の補正値の分布では、このような負異常域は補正されることが推察される。

ANOMALY CORRECTION VALUES (1972.5 TO 1990.0)



第 6 図

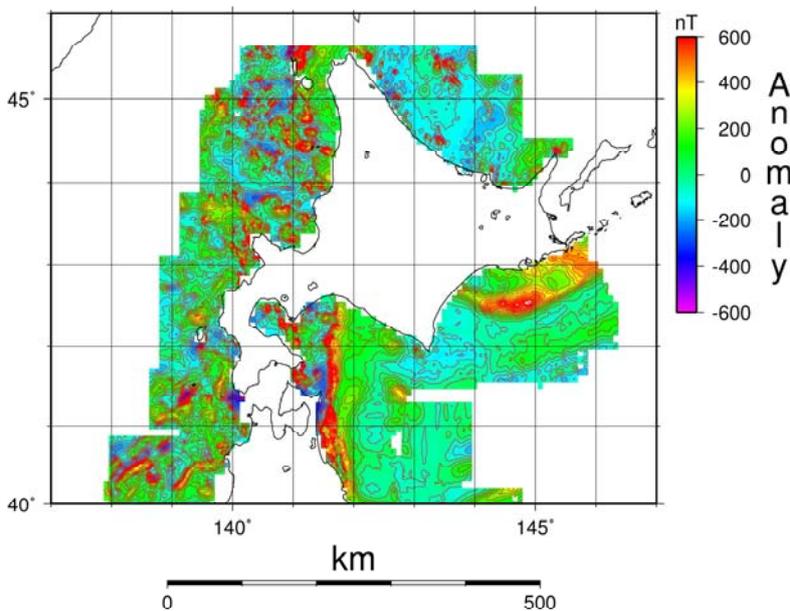
Fig.6

Contour map of the anomaly correction value to convert anomalies at 1972.5 to those at 1990.0 year.

5. IGRF-11 に準拠した 2000.0 年の日本周辺海域の広域磁気異常図の作成

日本周辺海域の地磁気異常図は日本列島の地殻や火山の深部構造さらには、テクトニクス
の解明にとって重要な情報である。今回は 4 章で示した磁気異常の年度化成方法を用いて
IGRF-11 に準拠した 2000.0 年の日本周辺海域の広域磁気異常図を作成した。日本周辺海域の海
域での地磁気観測は、海洋情報部、東大海洋研究所、JAMSTEC、旧地質調査所などの機関、大
学などで実施されてきた。これらの測量成果は 20 年から 30 年の期間に及ぶため、広域の地磁
気異常図を作成する際にはどうしても年度化成を行う必要がある。ここでは時期的な区切りと
して 2000.0 年を化成年度とし、その年度における広域磁気異常図を作成した。その結果を第 7
図に示す。

MGDC77-JHDMAG-2000



第 7 図

Fig.7

Regional magnetic anomaly of total force around Hokkaido at the epoch 2000.0 based on IGRF-11 model.

この図によれば、オホーツク海域の負異常域は従来のものと比べ、その振幅は減少しているが、相対的には依然として負異常が卓越することを示しており、この原因については地殻の磁化構造との関連が原因と推察される。

6 結論

- (1) IGRF-11 の地磁気全磁力の経年変化モデルについて、日本とその周辺の 12 箇所の地磁気観測所での全磁力の経年変化観測結果との比較を行った。その結果、1960 年代半ばから 2010 年間で、各観測所では 50nT~100nT におよぶ変動が認められた。このことは、地磁気異常が観測年により変動することを示唆する。
- (2) このような IGRF-11 の経年変化モデルと実際の観測データとの誤差 (= 地磁気異常の年変動) は、太陽黒点数の変化とよい相関を示すことが確認された。
- (3) このような、IGRF-11 の経年変化モデルの限界から、広域の地磁気異常図を作成するには、化成年度を指定し、磁気異常の年度化成処理が必要である。ここでは、その方法として、観測所での補正值から任意の場所、時期に観測された磁気異常を年度化成する方法を提案した。また、その方法で作成した 2000.0 年における北海道周辺海域の全磁力異常図を示した。

7 参考文献

- Ueda, Y., A regional magnetic field model around Japan at the epoch 1980.0 and its comparison with world magnetic field models MGST(4/81) and IGRF1980, JGG, **36**, 471, 1984.
- Finlay, C. C. et al., Evaluation of candidate geomagnetic field models for IGRF-11, EPS, **62**, 787-804, 2010.
- IGA-working group V, International Geomagnetic Reference Field : the eleventh generation, Geophys. J., Int., **183**, 1216-1230, 2010.