



地磁気世界資料解析センター News

1. 新着地磁気データ

前回ニュース (2013年3月29日発行, No.138) 以降入手、または、当センターで入力したデータのうち、オンラインデータ以外の主なものは以下のとおりです。

オンライン利用データの詳細は (<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/catmap/index-j.html>) を、観測所名の省略記号等については、観測所カタログ (<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/catmap/obs-j.html>) をご参照ください。

また、先週の新着オンライン利用可データは、(<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/wdc/onnew/onnew-j.html>) で御覧になれ、ほぼ2ヶ月前までさかのぼることもできます。

Newly Arrived Data

- (1) Annual Reports and etc. (off-line)
NGK (Mar. - Apr., 2013)
- (2) Kp index : (<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/kp/index-j.html>)
Mar. - Apr., 2013

2. AE 指数と ASY/SYM 指数

2012年12月-2013年4月のAE指数暫定値を算出し、ホームページに載せました。

http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/ae_provisional/index-j.html

また、2013年3月-4月のASY/SYM指数を算出し、ホームページに載せました。

<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/aeasy/index-j.html>

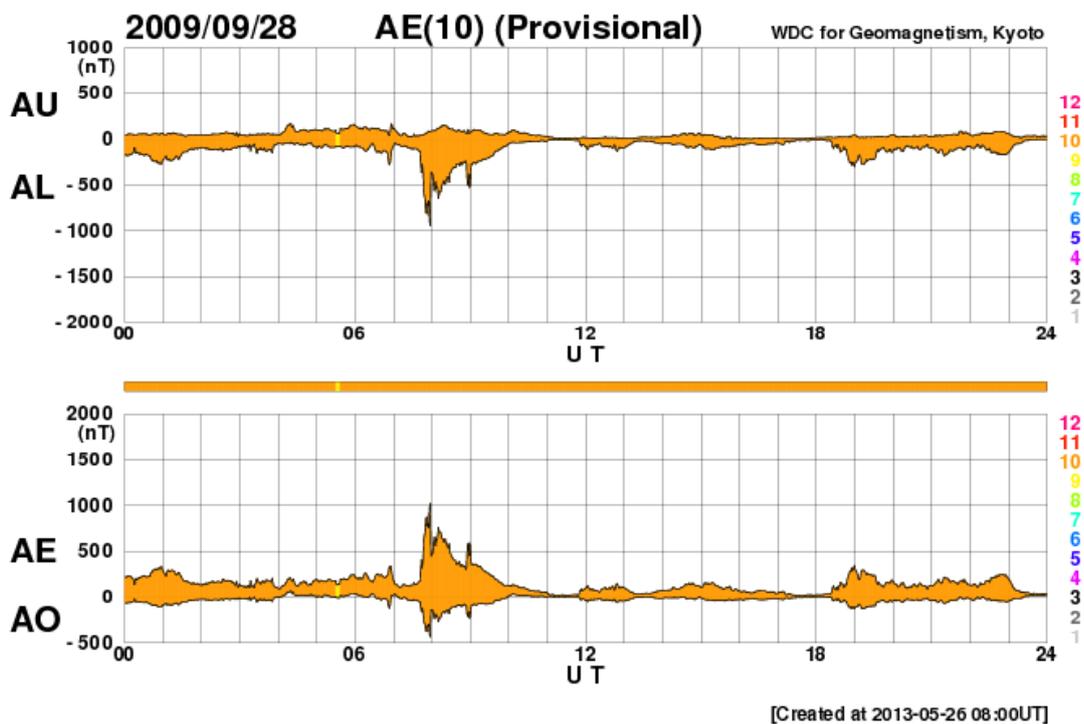
3. 2009年確定値サービス開始と Provisional AE 指数再算出のお知らせ

2009年の1分値・1時間値デジタルデータにつきましては、当センターに個別に報告のあった観測所からのデータのみをサービスしていましたが、この度、INTERMAGNET 経由で104か所のデータを受け取りましたので、同様にご利用いただけるようになりました。データサービスのWebアドレスは以下の通りです。

<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/caplot/index-j.html>

また、この確定値データを利用して、2009年のProvisional AE指数の再算出を行いました。以前に該当データのプロットおよびデータを取得された方は再取得をお願いいたします。データサービスのWebアドレスは以下の通りです。

http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/ae_provisional/index-j.html



<2009年9月28日の Provisional AE 指数>

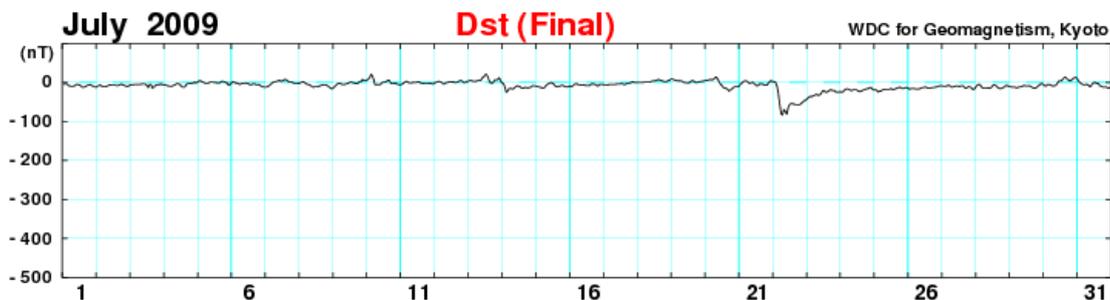
4. 2009年 Final Dst 指数算出のお知らせ

INTERMAGNET から観測所の確定値が届きましたので、2009年の Final Dst 指数を算出・公開しました。

http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_final/index.html (英語)

http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_final/index-j.html (日本語)

Final Dst 指数は、各観測所(Kakioka [JMA, Japan], Honolulu, San Juan [USGS, USA], Hermanus [RSA, South Africa])および INTERMAGNET の協力により算出されています。関係各者に深く感謝いたします。



<2009年7月の Final Dst 指数>

(能勢 正仁)

5. 柿岡の過去記録から数値化した毎分値データの公開 気象庁地磁気観測所 増子徳道

気象庁地磁気観測所と地磁気世界資料解析センターでは世界に先駆けて過去の地磁気変化を印画紙記録から数値データとして再現する作業を行っています。平成 25 年 4 月 1 日現在、柿岡の 1964 年～1975 年のデジタル化毎分値データを公開しており、地磁気観測所及び地磁気センターの WEB サイト（※それぞれ以下の URL）からアクセス可能です。

※地磁気観測所： http://www.kakioka-jma.go.jp/metadata/geomagnetic/geomag_kak

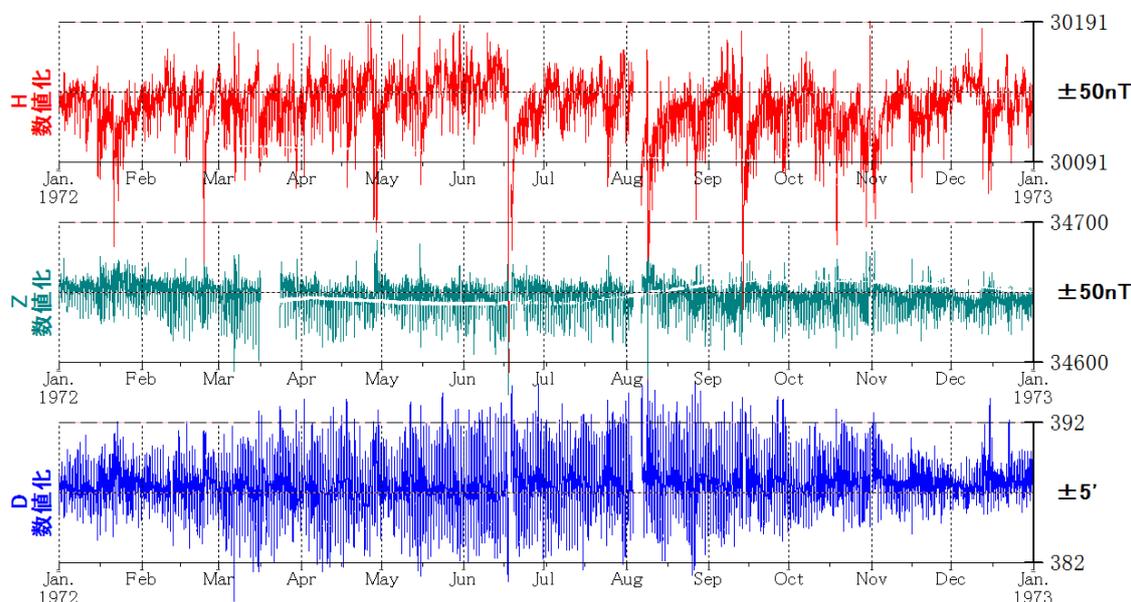
※地磁気センター： <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/caplot/index-j.html>

現在地磁気センターに収集されている世界中の地磁気データの中で最も古い毎分値データですので、過去の地磁気変化について新たな知見を与えるものと期待されます。是非ご利用下さい。今後も更に過去に遡って数値データ化を進め、順次公開していく予定です。

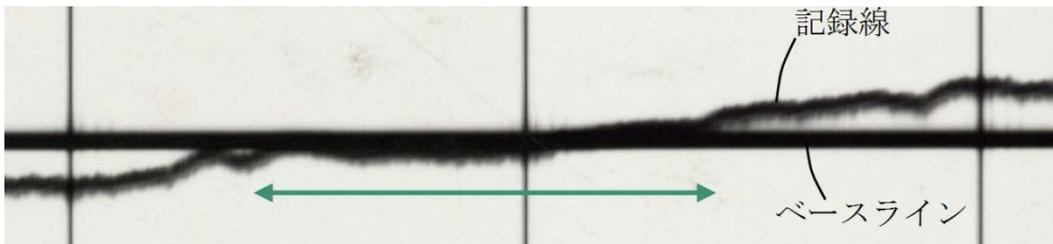
印画紙記録から再現した毎分値データの読み取り精度の高さは、一時並行して観測が行われていたデジタル収録磁力計との比較によって確認しており、十分な読み取り精度が得られていないと判断されるデータは欠測としています。たとえば、振幅の基準となるベースラインと記録線が交差して記録線の中心位置が不明瞭になる場合にはその時間帯を欠測として扱っており（図 2）、図 1 の Z 成分に筋状の欠測として現れているのはこのケースに当たります。そのほか、大きなノイズを含んでいる場合、主測器の保守や調整が行われていた場合、複雑な変動があつて正確に自動読み取りできない場合、変換係数等に精査を要する場合などに欠測として扱っている場合があります。なおこれらの欠測はプログラムのバージョンアップや副測器記録の使用、係数等の精査などにより今後補われる可能性があります。

このデータ作成は、平成 24 年度科学研究費助成事業（科学研究費補助金(研究成果公開促進費)）(課題番号 248032)による研究助成を受けています。

1972. Jan. 1/ 00:00 ~ 1972. Dec. 31/ 23:59



<図 1：印画紙記録から再現した 1972 年 1 月～12 月の地磁気変化 3 成分（H,Z,D）Z 成分に見られる 3 月後半の空白は主測器の調整中の期間、同じく 3 月以降の筋状の空白は記録線とベースラインが重なっているため欠測としたもの>



＜図 2： 記録線の中心位置が不明瞭のため欠測として扱うケース
 振幅の基準となるベースラインと記録線が交差して記録線の中心位置が不明瞭になる場合はその時刻（図中の矢印で示す範囲）を欠測として扱っている＞

（増子徳道 — 気象庁地磁気観測所）

6. 地磁気擾乱指数予測の ISO 規格策定について

ISO(International Organization for Standardization: 国際標準化機構)は、広範な工業分野の国際規格を策定するための組織で、産業活動に関連する様々な規格も策定しています。その中には宇宙環境に関連する一連の規格があり、ISO/TC (Technical Committee: 技術委員会) 20 (Aircraft and space vehicles)/SC(Subcommittee)14 (Space Systems and Operations), 国際宇宙規格 WG (Working Group)4 :Space Environment (Natural and Artificial) 環境分科会で議論されています。最近、当地磁気センターと JAXA の宇宙環境モニター関係者が中心となって提案した地磁気指数予測方法に関する ISO 規格「**ISO 16698:2013 Space environment (natural and artificial) -- Methods for estimation of future geomagnetic activity**」が策定され公表されましたので、ご報告いたします。

「地磁気指数予測方法に関する ISO 規格」などと申しますと、太陽地球系物理学あるいは超高層物理学を多少ともかじったことのある方は、地磁気擾乱指数を用いてその大きさや発生を表現することの多い「磁気嵐」や「サブストーム」の原因およびプロセスがまだ完全には理解できていないのに、このような国際規格が存在しうるのかという疑問を持たれるかもしれません。「磁気嵐」や「サブストーム」という地磁気擾乱は非線形なプロセスを含み、どの程度まで予測可能かは、擾乱の時間スケールにも依存し、かつ、決定要因となる太陽活動、あるいは太陽風のパラメーターも、予測の対象とする現象により異なります。また、ドイツで算出しています「Kp」指数や、当センターで算出しています「Dst」、「AE」、「ASY/SYM」指数など、世界中でよく利用されている地磁気指数自体には様々な地磁気擾乱の効果が混ざっています。これまで多くの研究者により、これら地磁気指数の予測方法に関する論文が多数公表されていますが、上記のような事情から、決定版というものは未だ存在しません。

一方、人工衛星の運用を日々業務とする人達にとって、地磁気擾乱(指数)の実況あるいは予測は、帯電や高エネルギー粒子による電子回路の故障による被害を最小にするために、さらに低高度の大気密度変化で落下予測などに必要とされていますが、地磁気擾乱は大抵の場合、その人達にとっては専門外であるため、提案されている様々な予測手法のどれを使うべきかを調べることはささ易ではなく、国際的に認知された規格の必要性を感じておられるようです。そこで、私どもと JAXA の宇宙環境グループが共同して地磁気擾乱指数を予測する方法についての ISO 国際規格作成の提案をし、約 4 年間、技術委員会で議論が重ねられてきました。その結果、最近関係国の投票により策定されましたのでここに紹介させていただきます。

残念ながら ISO 規格の copyright は ISO にあり、ISO という民間の非政府組織を維持・運営するため、

http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=57451

から有料(108 スイスフラン-約 11,500 円)でダウンロードするようになっていて、ここには掲載できませんが、規格は次のような構成になっています。

Foreword

Introduction

- 1 Scope
- 2 Terms and definitions
 - 2.1 Geomagnetic field variations
 - 2.2 Quiet level and disturbance fields
 - 2.3 K index (Local 3-hour range index)
 - 2.4 Kp, Σ Kp, ap, and Ap indices (Planetary indices)
 - 2.4.1 Kp index (Planetary 3-hour range index)
 - 2.4.2 Σ Kp index (Planetary daily range index)
 - 2.4.3 ap index (Planetary 3-hour equivalent amplitude index)
 - 2.4.4 Ap index (Planetary daily equivalent amplitude index)
 - 2.5 aa index (Antipodal amplitude index)
 - 2.6 Dst index (Storm time disturbance index)
 - 2.7 ASY and SYM indices (Mid-latitude disturbance indices)
 - 2.8 AU, AL, AE, and AO indices (Auroral electrojet indices)
 - 2.9 Some remarks: Time lag in the derivation and temporal resolution (sampling)
- 3 Symbols and abbreviated terms
- 4 Classification of Prediction
 - 4.1 Short-term prediction
 - 4.2 Middle-term prediction
 - 4.3 Long-term prediction
- 5. Types of prediction method
 - 5.1 Prediction based on statistical model
 - 5.1.1 Prediction filter
 - 5.1.2 Neural network model
 - 5.1.3 Regression analysis
 - 5.2 Prediction based on physical principle
- 6 Evaluation of prediction efficiency
 - 6.1 Definition of prediction error
 - 6.2 Methods of evaluation
- 7 Compliance criteria
 - 7.1 Rationale
 - 7.2 Reporting
 - 7.3 Documenting
 - 7.4 Publishing
 - 7.5 Archiving
- Annex A
- Annex B
- Annex C

Bibliography

見ていただくとわかりますように、規格とは申しませんが、特定の方法を規格にしているわけではなく、各種地磁気指数の定義と既存の予測方法の分類、予測方法を評価・公表するプロセスを規定しているだけの

ものです。規格として承認されるまでにはいくつかの段階があり、また、各々で、論文で言うと査読のプロセスを経て国際的なコンセンサスを得た上で最終的に投票があるため、このようなものでも提案から策定までに約4年ほどかかりました。今後も現在の規格には載せられなかった新たな手法も開発されるでしょうから、近い将来(3年後、以下5年おき)改訂されると予想されます。私共は、今回策定された規格が実際に使われるとともに、今後の予測手法の開発にも役立つことを期待しています。

この他、Space environment (natural and artificial)の規格としては、

Process for determining solar irradiances

をはじめ、多数あり、ごく最近では、

Earth's internal magnetic reference field models

が策定直前です。それらのリストは、例えば、

http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=46484&published=on
から検索できます。

学術の世界と実社会を結びつけるという意味でも ISO の活動は重要であり、太陽地球系物理学や地球内部電磁気学分野の方々にも、このような世界が存在することを認識していただけると幸甚です。

(家森 俊彦)

7. 「平山論文 (1934) の英訳 3」

2012年9月のセンターニュースで告知した通り、先月に引き続き平山(1934)の英訳を連載する。今月は、第三節「理論的計算」を訳出する。

地電流及び地磁気変化の間の関係に就いて

平 山 操

3. 理論的計算

地電位差の記象紙を見るに、東西分力の比較的長い週期の變化殊に日變化に於ては、同時に地磁氣の鉛直分力及び偏角の變化も見られるが、短い週期の變化にては水平分力の變化のみで他の要素の變化は顯著でないことが多い。依つて地電位差の東西分力の變化は地磁氣の南北分力(地理學上の北と磁力の指す北とが一致するものとする。)即ち水平分力の變化のみによって誘起される⁽¹⁾ものとして計算し、其の結果と比較的短い週期(八十分以下)の場合に適用して見た。

On the Relations between the Variations of Earth
Potential Gradient and Terrestrial Magnetism.

By M. HIRAYAMA.

3. Theoretical Calculation

The chart records of the geoelectric potential difference showed that its east-west component was mostly accompanied by simultaneous short-period variations of the horizontal geomagnetic component with negligible variations in other geomagnetic components, while the declination and the downward geomagnetic component also varied simultaneously at longer periods especially for daily variations. I, therefore, proceeded to my calculation by assuming the east-west geoelectric component being induced solely by those of the northward geomagnetic component (here I also assumed that the geographical north and the geomagnetic north were identical.). I applied the results of my calculation to relatively short periods (shorter than 80 minutes).

(1) 寺田博士は地磁氣の短週期變化に於ける南北分力と鉛直分力の比及び位相差を説明するに際しこれ等の變化は地中の電流に依るものとして計算されてゐる。

T. Terada: Journ. Coll. Sci. Tokyo Imp. Univ. Vol. XXXVII, Art. 9.

(1) Dr. Terada calculated the amplitude ratios and phase differences between the northward and downward components of the short-period geomagnetic variations assuming them being induced in the Earth.

T. Terada: Journ. Coll. Sci. Tokyo Imp. Univ. Vol. XXXVII, Art. 9.

先づ地表面を無限に広い平面と考へ、 x 軸を北に、 y 軸を西に、 z 軸を鉛直下方にとり z の負側は眞空で、正側は一樣な傳導率に、誘磁率 μ をもつ導體であると假定し、更に電氣力 E は x 軸に無關係、磁力 H は y, z 軸に無關係であるとする。すると $E_x = 0, H_y = H_z = 0$ と考へたから、maxwell の基本方程式は次のやうになる。但し E 及び H の x, y, z 成分を夫々 E_x, E_y, E_z 及び H_x, H_y, H_z とする。

$$\mu \frac{\partial H_x}{\partial t} = \frac{\partial E_y}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial y} \dots\dots\dots(1)$$

$$4\pi\kappa E_y = \frac{\partial H_x}{\partial z}, \quad 4\pi\kappa E_z = -\frac{\partial H_x}{\partial y} \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z} = 0 \dots\dots\dots(3)$$

(1), (2) より

$$4\pi\kappa\mu \frac{\partial H_x}{\partial t} = \frac{\partial^2 H_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2} \dots\dots\dots(4)$$

今 $H_x \propto e^{-pt+i(my+qt)+\alpha z}$ とすると

$$\alpha^2 = m^2 - 4\pi\kappa\mu(p - iq) \dots\dots\dots(5)$$

$\alpha = -(\alpha' + i\beta')$ とおくと α', β' は夫々

$$\alpha' = \sqrt{\frac{1}{2} \left\{ \sqrt{(m^2 - 4\pi\kappa\mu p)^2 + 16\pi^2\kappa^2\mu^2 q^2} + (m^2 - 4\pi\kappa\mu p) \right\}} \dots\dots\dots(6)$$

$$\beta' = \sqrt{\frac{1}{2} \left\{ \sqrt{(m^2 - 4\pi\kappa\mu p)^2 + 16\pi^2\kappa^2\mu^2 q^2} - (m^2 - 4\pi\kappa\mu p) \right\}}$$

となる。依つて(2)より

$$E_y = -\frac{\alpha' + i\beta'}{4\pi\kappa} e^{-(pt+\alpha'z)+l(my-\beta'z+qt)}$$

$$E_z = -\frac{im}{4\pi\kappa} e^{-(pt+\alpha'z)+l(my-\beta'z+qt)}$$

或は實數部分をとり

$$\begin{cases} H_x = e^{-(pt+\alpha'z)} \cos(my - \beta'z + qt) \\ E_y = -\frac{C}{4\pi\kappa} e^{-(pt+\alpha'z)} \cos(my - \beta'z + qt + \sigma) \dots\dots\dots(7) \\ E_z = \frac{m}{4\pi\kappa} e^{-(pt+\alpha'z)} \sin(my - \beta'z + qt) \end{cases}$$

但し

First, suppose the ground surface to be an infinitely large plane, and take x -, y - and z -axis to the northward, westward and downward directions, respectively. Also assume that the upper half-space ($z < 0$) is occupied by vacuum, while the lower ($z > 0$) is a uniform conductor with a permeability of μ . I further assume that the electric field, E , is independent of x , whereas the magnetic field, H , is independent of both y and z . It follows that $E_x = 0, H_y = H_z = 0$, which gives the following Maxwell equations;

$$\mu \frac{\partial H_x}{\partial t} = \frac{\partial E_y}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial y} \dots\dots\dots(1)$$

$$4\pi\kappa E_y = \frac{\partial H_x}{\partial z}, \quad 4\pi\kappa E_z = -\frac{\partial H_x}{\partial y} \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z} = 0 \dots\dots\dots(3)$$

where E_x, E_y, E_z and H_x, H_y, H_z are the x -, y - and z -component of E and H , respectively. Eqs. (1) and (2) are combined to give:

$$4\pi\kappa\mu \frac{\partial H_x}{\partial t} = \frac{\partial^2 H_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2} \dots\dots\dots(4)$$

Suppose $H_x \propto e^{-pt+i(my+qt)+\alpha z}$, then it is readily shown:

$$\alpha^2 = m^2 - 4\pi\kappa\mu(p - iq) \dots\dots\dots(5)$$

If we write $\alpha = -(\alpha' + i\beta')$, α' and β' are respectively given by:

$$\alpha' = \sqrt{\frac{1}{2} \left\{ \sqrt{(m^2 - 4\pi\kappa\mu p)^2 + 16\pi^2\kappa^2\mu^2 q^2} + (m^2 - 4\pi\kappa\mu p) \right\}} \dots\dots\dots(6)$$

$$\beta' = \sqrt{\frac{1}{2} \left\{ \sqrt{(m^2 - 4\pi\kappa\mu p)^2 + 16\pi^2\kappa^2\mu^2 q^2} - (m^2 - 4\pi\kappa\mu p) \right\}}$$

It follows from Eq. (2) that;

$$E_y = -\frac{\alpha' + i\beta'}{4\pi\kappa} e^{-(pt+\alpha'z)+l(my-\beta'z+qt)}$$

$$E_z = -\frac{im}{4\pi\kappa} e^{-(pt+\alpha'z)+l(my-\beta'z+qt)}$$

or by taking the real parts of E and H ;

$$\begin{cases} H_x = e^{-(pt+\alpha'z)} \cos(my - \beta'z + qt) \\ E_y = -\frac{C}{4\pi\kappa} e^{-(pt+\alpha'z)} \cos(my - \beta'z + qt + \sigma) \dots\dots\dots(7) \\ E_z = \frac{m}{4\pi\kappa} e^{-(pt+\alpha'z)} \sin(my - \beta'z + qt) \end{cases}$$

with

$$C^2 = \alpha'^2 + \beta'^2 = \sqrt{(m^2 - 4\pi\kappa\mu p)^2 + 16\pi^2\kappa^2\mu^2q^2} \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$\tan \sigma = \beta'/\alpha' = \sqrt{\frac{\sqrt{(m^2 - 4\pi\kappa\mu p)^2 + 16\pi^2\kappa^2\mu^2q^2} - (m^2 - 4\pi\kappa\mu p)}{\sqrt{(m^2 - 4\pi\kappa\mu p)^2 + 16\pi^2\kappa^2\mu^2q^2} + (m^2 - 4\pi\kappa\mu p)}}$$

故に振幅の比は

$$\frac{E_y}{H_x} = \frac{C}{4\pi\kappa} = \frac{1}{4\pi\kappa} \sqrt{(m^2 - 4\pi\kappa\mu p)^2 + 16\pi^2\kappa^2\mu^2q^2} \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$\frac{E_z}{H_x} = \frac{m}{4\pi\kappa}$$

簡単に減衰しない場合 ($p = 0$) を考へれば

$$\frac{E_y}{H_x} = \frac{1}{4\pi\kappa} \sqrt{m^4 + 16\pi^2\kappa^2\mu^2q^2} \quad \dots\dots\dots(10)$$

今誘磁率 $\mu = 1$ とし、 κ の値としては地表近くでは $10^{-13} - 10^{-14}$ (emu)の間にて變化すると云ふ W. J. Rooney 及び O. H. Gish⁽¹⁾の測定の結果を採用し 5×10^{-14} emu と考へる。

S. E. Forbush の record より地電位差の鉛直分力の振幅 (E_z) と地磁氣の水平分力の振幅 (H_x) との比を求めると、大略 8×10^{-10} mu/km/ γ 程度⁽²⁾である。依つて(9)式より波長 $\lambda (= 2\pi/m)$ は 1.3×10^4 軒となる。 m がこの程度であるとすると、週期の餘り大きくない範圍では m^4 は $16\pi^2\kappa^2\mu^2q^2$ に比して省略することが出来る。又他方に於て $m = 0$ とす

ると(10)式より $\frac{E_y}{H_x} \propto T^{-\frac{1}{2}}$ となり、實際の曲線を

表はす $\frac{E_y}{H_x} \propto T^{-0.4}$ に近いものとなる。この點より

考へても $16\pi^2\kappa^2\mu^2q^2$ が主項で m^4 が補正項である

と想像される。依つて(10)式を用ひ $\frac{E_y}{H_x} \propto \sqrt{\frac{\mu q}{4\pi\kappa}}$

より振幅の比を計算すると次の通りである。

$$C^2 = \alpha'^2 + \beta'^2 = \sqrt{(m^2 - 4\pi\kappa\mu p)^2 + 16\pi^2\kappa^2\mu^2q^2} \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$\tan \sigma = \beta'/\alpha' = \sqrt{\frac{\sqrt{(m^2 - 4\pi\kappa\mu p)^2 + 16\pi^2\kappa^2\mu^2q^2} - (m^2 - 4\pi\kappa\mu p)}{\sqrt{(m^2 - 4\pi\kappa\mu p)^2 + 16\pi^2\kappa^2\mu^2q^2} + (m^2 - 4\pi\kappa\mu p)}}$$

Hence, the amplitude ratios are given by:

$$\frac{E_y}{H_x} = \frac{C}{4\pi\kappa} = \frac{1}{4\pi\kappa} \sqrt{(m^2 - 4\pi\kappa\mu p)^2 + 16\pi^2\kappa^2\mu^2q^2} \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$\frac{E_z}{H_x} = \frac{m}{4\pi\kappa}$$

If we consider the case of very weak decay ($p = 0$), the former ratio becomes:

$$\frac{E_y}{H_x} = \frac{1}{4\pi\kappa} \sqrt{m^4 + 16\pi^2\kappa^2\mu^2q^2} \quad \dots\dots\dots(10)$$

Now I assume $\mu = 1$, and consider $\kappa = 5 \times 10^{-14}$ emu adopting the results of measurements by W. J. Rooney and O. H. Gish⁽¹⁾ who claimed that κ varied between 10^{-13} and 10^{-14} (emu) in the vicinity of the Earth's surface.

According to the record by S. E. Forbush, the ratio of the downward geoelectric component (E_z) to the northward geomagnetic component (H_x) is approximately 8×10^{-10} mV/km/ γ . It follows from Eq. (9) that the wavelength $\lambda (= 2\pi/m)$ becomes 1.3×10^4 km. If m is thus small, m^4 is negligible compared with $16\pi^2\kappa^2\mu^2q^2$ so far as the period in concern is not very long. On the other hand, if

$m = 0$, Eq. (10) is reduced to $\frac{E_y}{H_x} \propto T^{-\frac{1}{2}}$, which is

close to the observed curve of $\frac{E_y}{H_x} \propto T^{-0.4}$. This

also supports that $16\pi^2\kappa^2\mu^2q^2$ is the leading term while m^4 is the correcting term. Hence, using

$\frac{E_y}{H_x} \propto \sqrt{\frac{\mu q}{4\pi\kappa}}$ derived from Eq. (10), the amplitude

ratio is calculated as follows:

(1) W. J. Rooney and O. H. Gish: Earth-resistivity survey at Huancayo. Revu. Terr. Mag. 35, 61-72 (1930).

(2) この値は僅かの data と而も rough を読みとりから出したもので、非常に不確實ではあるが、大體の order を知るには差支へないと思ふ。

(1) W. J. Rooney and O. H. Gish: Earth-resistivity survey at Huancayo. Revu. Terr. Mag. 35, 61-72 (1930).

(2) This value is based on not only few data but also rough reading, and thus very uncertain. However, it is considered to be enough for rough order estimation.

$\frac{E_y}{H_x} \left(\frac{\text{mV}}{\text{km/nT}} \right)$	T(分)						
	10	20	30	40	50	60	80
	1.29	0.91	0.75	0.66	0.59	0.54	0.47

この値を実際の値と比較し(10)式の展開式

$$\frac{E_y}{H_x} = \sqrt{\frac{\mu q}{4\pi\kappa}} \left(1 + \frac{1}{4} \frac{m^4}{16\pi^2\kappa^2\mu^2q^2} \right)$$

より左邊 $\frac{E_y}{H_x}$ は實測値を, $\sqrt{\frac{\mu q}{4\pi\kappa}}$ は上の計算値を

用ひてλの値を求めると次の如くである。

λ(軒)	T(分)						
	10	20	30	40	50	60	80
	1.3	1.4	1.4	1.7	1.7	1.7	1.9

この値は寺田博士が地磁氣の短週期變化に於ける南北分力と鉛直分力との比より求められた1200軒に甚だ近いものである。

今波長を1600軒と假定し、(10)式より E_y/H_x を計算して實測の結果と比較して見るに次に示せる如く甚だよく一致して居る。

$\frac{E_y}{H_x} \left(\frac{\text{mV}}{\text{km/nT}} \right)$	T(分)							
	5	10	20	30	40	50	60	80
計 算	1.82	1.31	0.96	0.83	0.76	0.72	0.70	0.67
實 測	1.80	1.34	0.98	0.86	0.77	0.72	0.69	0.64

この様に比較的短い週期の變化にありては兩者の關係は略々(10)式にて満足されるであらうと考へられるが、日變化の如き長い週期の變化にありては、基本方程式に更に H_y, H_z の項を加へ、且つ地球を球と看做さねばならぬと思はれる。

出典：平山 操 (1934), 地電流及び地磁氣變化の間の關係に就いて, 氣象集誌, 第2輯, 第12卷, 第1号, 16-22頁。

(藤 浩明)

$\frac{E_y}{H_x} \left(\frac{\text{mV}}{\text{km/nT}} \right)$	T(分)						
	10	20	30	40	50	60	80
	1.29	0.91	0.75	0.66	0.59	0.54	0.47

*This tabulates periods in minute (the upper row) and the ratios E_y/H_x in mV/km/nT. No captions were given in the original text.

To compare the tabulated values with the observation, I derived the following values for λ using the expanded form of Eq. (10);

$$\frac{E_y}{H_x} = \sqrt{\frac{\mu q}{4\pi\kappa}} \left(1 + \frac{1}{4} \frac{m^4}{16\pi^2\kappa^2\mu^2q^2} \right)$$

by substituting the observed values for $\frac{E_y}{H_x}$ on

L.H.S. and the calculated values above for $\sqrt{\frac{\mu q}{4\pi\kappa}}$.

λ(軒)	T(分)						
	10	20	30	40	50	60	80
	1.3	1.4	1.4	1.7	1.7	1.7	1.9

*This table shows periods in minute (the upper row) and the wavelengths in 10^3km . No captions were given in the original text.

These values are very close to the value of 1200km which Dr. Terada calculated from the ratio of the northward to downward components of the short-period geomagnetic variations.

Now assuming the wavelength to be 1600km, comparison of the observation with E_y/H_x calculated from Eq. (10) gives very good agreement as follows:

$\frac{E_y}{H_x} \left(\frac{\text{mV}}{\text{km/nT}} \right)$	T(分)							
	5	10	20	30	40	50	60	80
計 算	1.82	1.31	0.96	0.83	0.76	0.72	0.70	0.67
實 測	1.80	1.34	0.98	0.86	0.77	0.72	0.69	0.64

*This compares the calculated (the middle row) and observed (the bottom row) ratios E_y/H_x in mV/km/nT. The upper row shows periods in minute. No captions were given in the original text.

The relation between the two, therefore, can be approximated by Eq. (10) in the case of relatively short-period variations. However, as for long-period variations such as daily variations, H_y and H_z terms should be further added to the fundamental equation, whereas the Earth should be treated as a sphere at the same time.

8. タイ・ピマーイ大気観測所保守旅行

タイ東部のピマーイにはチュラロンコーン大学と我が国のいくつかの大气・超高層観測グループ(東京大学、千葉大学、JAMSTEC および当地磁気センター)が共同で維持・観測に使用しています。ピマーイ大気観測所があります。地磁気センターでは2004年の開所直後からここで地磁気観測を始め、2004年12月26日に発生したスマトラ沖地震に伴う地磁気脈動現象を捉えることができました。2008年からは微気圧観測も実施しています。ただ、熱帯の厳しい環境下にある無人観測所であるため、しばしば装置が故障してきました。

今回は、2-3年前からフラックスゲート型磁力計の不具合が徐々に拡大し、ついに3成分のうちの1成分しか測定できなくなっていましたので、その置き換えと、約1ヶ月前に発生した暴風の影響で停止した別のグループの装置を再起動するため、3月26日閑空発30日帰国という駆け足旅行で観測所の保守作業に行きました。参加者は、タイ側は、チュラロンコーン大学の橋爪道郎先生とレンタカーのドライバー、日本からは京都大学理学研究科(中西邦仁君)および工学研究科(Kornyanat Watthanasangmechai:ニックネームはクッカイさん)の大学院学生2名と当センターの能勢正仁、家森俊彦の6名でした(写真1)。

9年前に観測所が開設されたときは何もない更地でしたが、時々草木は除去してもらってはいたものの、十年近く経過すると、写真2のように木が生い茂り、時々天測が必要な地磁気絶対観測にも支障がでるのは、熱帯の植生のすごさです。植物だけではなく、いかにも熱帯らしく、センサー小屋や観測母屋の引き出しの中には、長さが20cm以上ある大きなトカゲ(ヤモリの仲間)が棲みついていた(写真3)。ただしこの動物のお陰か、いつもはものすごい数のアリだらけのセンサー小屋の中に今回アリの姿はありませんでしたので、こわごわこの大きなヤモリを追い出した後は、センサーの設置が楽でした。

今回は、フラックスゲート型力計を置き換えるとともに、降雨と微気圧変動の関係を調べるために、Vaisala社製のWeather Stationを新たに設置し、降雨や風向、風速、気温も毎秒値として記録するようにしました(写真4)。観測所は、タイ東部の田舎にありますが、橋爪先生たちのご努力によりこの3月から光回線が開通し、高速にデータを転送できる環境が整いましたので、今後もこの観測所を維持・活用したいと考えています。



<写真1: 観測所の母屋と日本から参加した4名>



<写真2: 磁力計ケーブル敷設。
作業肉厚の塩ビパイプに通す>



<写真3: 大きなヤモリ>



<写真4: 観測所屋上に設置した Weather Station (左下)と、屋上から眺めた磁力計ケーブル等を通した塩ビパイプ。最初は何もない更地であったが、今は木が生い茂り、木立の中にセンサー小屋や地磁気絶対観測用のピラーがかくれている。>

(家森 俊彦)