



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 (2015年3月31日発行, No.150) 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., 2015)、KIR (Oct. – Dec., 2014)
- (2) Kp index : (<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/kp/index-j.html>)
(Mar. – Apr. 2015)

2. AE 指数、Dst 指数と ASY/SYM 指数

2014年12月-2015年3月のAE指数暫定値が公開されました。

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

また、3月17日の磁気嵐に関連して特にご要望の多い2015年3月のDst指数暫定値が1-2月分に先駆けて公開されました。

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

さらに、2015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. 「Gauss ほどの程度外部磁場の寄与があると考えていたのか？」

歴史に凝り出すのは歳をとった証拠かもしれない。

とは言え、表題に掲げた問題は、以前からずっと気になっていた。それには、Gaussが1839年に公表した "Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus" を読めばよいのだし、その写しも随分前に東大のS君から入手していた。しかし、私の錆び付いたドイツ語ではとても、と尻込みしたまま歳月だけが過ぎてしまった。

ところが、このドイツ語原本の新しい英訳 (Glassmeier and Tsurutani, 2014) が昨年出た事を知り、この訳本と原本を併読すれば或は長年の疑問が氷解するかもしれないと思い、筆を取る事にした。

本題に入る前に、本稿で取り上げる資料を概略説明しておこう。

まず、Gauss 自身の手になる "*Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus*" だが、これは Gauss が設立した磁気協会 (magnetischen Vereins) が 1838 年に行った観測 (Beobachtungen) の結果の一部として刊行されたものである。このゲッティンゲン磁気協会は、世界各地で同じ規格の装置を用いて地磁気観測を実施する為に 1836 年に Gauss とその協力者であったウェーバーにより設立され計六巻の年報を出版している、言わば、一年延長付きの科研費「国際学術調査」の様なものであった。Gauss は不世出の数学者であったが、科学を裏打ちしているのは信頼できる実験結果や観測事実であり、正確な観測事実すなわち良いデータを得るにはお金が掛かる事も良く理解していた。また、この協会の設立には、アレクサンダー・フォン・フンボルトによる示唆が強く影響している。フンボルト自身が行った南米探検の際、地磁気の強さが赤道に近づくにつれ減少する事を、方位磁石の針の振動周期の変化によりフンボルトは見出していた。Gauss は、地球磁場の緯度変化を標準的な観測装置で定量化し実証する必要性を感じていた、と考えられる。さて、前述した私が持っている "*Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus*" の写しだが、終わりの方の頁に「北海道帝国大学蔵書」の印があるから、S 君が学生の頃北大でコピーしたものなのだろう。後述する Glassmeier and Tsurutani (2014) に登場する原本の付表とこの写しの付表は体裁が異なるので、私が持っている写しは原本の写しというより、原本出版後に編まれた何らかの古いドイツ語集録に収録されていたものの写しであろう。京大の蔵書検索ツールである KULINE で検索しても 1839 年の年報は出てこないの、原本は京大の蔵書には無い様である。ただし、原本の PDF は、現在では Google Books*1 から容易にダウンロードでき、その出典はバイエルン州立図書館 (*5 も参照の事) の所蔵原本である。

"*Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus*" の古い和訳 (ガウス, 1914) も存在する。これは光学研究者の山田幸五郎氏が翻訳し長岡半太郎が校閲したもので、1914 年に丸善から出版されている。こちらは、国立国会図書館の近代デジタルライブラリー*2 からダウンロードできる。

"*Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus*" の英訳初出は早く、原本出版直後と言ってもよい 1841 年である (Gauss, 1841)。訳者は Elizabeth Juliana Sabine という人で、校閲者はイギリスの天文学者ジョン・ハーシェル (天王星の発見者であるウィリアム・ハーシェルの息子)。Elizabeth の夫はアイルランドの天文学者エドワード・サビンで、地磁気変動と太陽活動度の相関を初めて指摘した人であり、ゲッティンゲン磁気協会への地磁気データ提供者でもあった。Elizabeth は当時かなり有名な女性であり、Gauss やフンボルトとも直接面識があった。特にフンボルトからは、彼の名著「コスモス」第二巻の英訳に対する感謝の印として、フンボルト自身が受賞したコスモス・メダルを贈られている。"*Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus*" の初期の英訳も、Google Books*3 から入手できる。

"*Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus*" の二番目の英訳が、去年オープン・アクセス誌*4 から出版された Glassmeier and Tsurutani (2014) である。驚いた事に、この有名な論文の英訳は二百年近く出ていなかった様なのである。Glassmeier and Tsurutani (2014) では、最初の英訳の誤りを正すと共に、原本出版後に Gauss 自身が行った訂正やその後の研究者による註なども含まれている。

前置きが長くなった。本題に戻ろう。

簡単に言えば、Gauss は外部起源磁場の影響は無視してよいと考えていた、と言える。全四十一節からなる "*Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus*" の第一節で Gauss は、

... Zweifelhaft ist allerdings, ob die regelmässigen und unregelmässigen stündlichen Aenderungen in jener Kraft nicht ihre nächsten Ursachen ausserhalb des Erdkörpers haben mögen, ...

[GT] ... It may indeed be questioned whether the causes of regular or irregular hourly changes of the force under discussion may be assumed to be external relative to the Earth ...

[山長] ... 此力に於ける規則正しき及び不規則なる毎時の變化は其最近の原因を地球の外部に有せざるやは勿論疑はしきことなり ...

と述べ、

...deren Sitz wir in der Erde selbst annehmen ...

[GT] ...We assume the source of this principal force is within the Earth itself ...

[山長] ... 其原因が單に地球にのみ存すと假定せらる ...

としている。実際、第十七節で定義されている地磁気ポテンシャルの級数展開には、 $r^{-(n+1)}$ に比例した項しか登場しない。尚、文中の[GT]と[山長]は、それぞれ英語新訳（Glassmeier and Tsurutani, 2014）と和訳（ガウス、1914）からの引用を示す。

この仮定に基づき Gauss は四次迄の球面調和関数展開を行い、計 24 個の内部ガウス係数を "*Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus*" の第二十六節で報告している。その内、軸双極子項の大きさは 925.782 となっているが、この値はフンボルト単位（1 フンボルト=34.9412nT）で与えられているから SI 単位系では 32347.9nT となり、当時の観測精度と地磁気永年変化を考慮すれば驚くほど正確な値である。

しかし、Gauss もウェーバーも、オーロラやフンボルトが発見した磁気嵐の存在、また、オーロラの発生と短周期地磁気変化の相関（Celsius, 1733*⁵）について知っていたらしく、第三十六節以降で外部磁場変化の影響について議論している。第三十七節では地球を取り囲む外部電流系が存在する空間を S と定義し、第三十九節で S を流れる電流系が地磁気ポテンシャルに及ぼす影響は r^n の級数で表せると述べる一方、（第二十六節で示した様に）これまでの観測結果は地球内部の寄与でほぼ説明できるので結果として第一節でおこなった仮定は正しかった、としている。最終節では、内外分離をするには地磁気水平成分だけでなく鉛直分力も必要である事、短周期磁場変化の中には外部起源のものが含まれている可能性があるが、それについては今後の観測結果や研究を待ちたい事などを述べて、この名高い論文を締め括っている。当時は電離圏や磁気圏の存在が全く知られていなかった事を思えば、蓋し絶妙な結論である。

本稿の執筆を思い立つに至った最初の疑問について整理してみれば、

「Gauss は最初から外部起源磁場の影響を考慮して球面調和関数を行った訳ではなかったが、当時得られていた地磁気の観測データを説明するには四次迄の内部ガウス係数だけで十分である事を示した上で、外部起源磁場を考慮したかったら r^n の項を加えてその係数を決定すればよい、それにはもっとデータが必要だ」

と考えていた、という事になるだろう。

最後に Gauss の生涯を簡単に振り返っておくと、1777 年にブラウンシュヴァイクで生まれ、1855 年にゲッティンゲンで亡くなっている。フランス革命が勃発した時は 12 歳、ナポレオンがアウエルシュタット会戦でプロイセンに大勝した時は 29 歳だった。この戦いで Gauss は支持者であったフェルディナンド公爵を亡くし、公爵に約束されていた天文台の設立が水泡に帰している。しかしその翌年には、ハノーヴァー公の庇護の下ゲッティンゲン大学天文学教授兼同大天文台長に就任し、以後四十年間その職にあった。1831 年以降はウェーバーを共同研究者として地磁気の研究に力を尽くし、1839 年 62 歳の時に本稿で紹介した "*Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus*" を著して、世界で初めて地球磁場の球面調和関数展開を行っている。

私の歳で老け込んでいると、きっと Gauss 先生に叱られるに違いない。

*1

https://books.google.co.jp/books?id=TYI5AAAACAAJ&pg=PP5&dq=Allgemeine+Theorie+des+Erdmagnetismus&hl=ja&sa=X&ei=vN1UVaTTNMa5mwXpjoGwBg&redir_esc=y#v=onepage&q=Allgemeine%20Theorie%20des%20Erdmagnetismus&f=false

*2 <http://kindai.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/950351>

*3

<https://books.google.co.jp/books?id=Nn9HAQAAMAAJ&pg=PR5&dq=taylor+memoirs+gauss&hl=ja&sa=X&ei=TLxXVbXRGYbamAXPhIGYCA&ved=0CEAQ6AEwBQ#v=onepage&q=taylor%20memoirs%20gauss&f=false>

*4 <http://www.hist-geo-space-sci.net/5/11/2014/hgss-5-11-2014.pdf>

*5 http://reader.digitale-sammlungen.de/de/fs1/object/display/bsb10826914_00005.html

(バイエルン州立図書館のデジタル図書事業の一環で利用できるようになったラテン語文書)
[これらのリンクへアクセスする際は、地磁気センターHP 掲載の本稿電子版をご利用下さい。]

参考文献

- Celsius, A., CCCXVI *observationes de Lumine Boreali*, ab a. MDCCXVI at a. MDCCXXXII partim a *de*, partim ab aliis in Svecia habitas?, *Norimbergae*, 1733.
- Gauss, C. F.: Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus, in: Re-sultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1838, edited by: Gauss, C. F. and Weber, W., 1–57, Weidmannsche Buchhandlung, Leipzig, 1839.
- Gauss, C. F.: General Theory of Terrestrial Magnetism, Scientific Memoirs Selected from the Transactions of Foreign Academies of Science and Learned Societies and from Foreign Journals, 2, 184–251, 1841.
- ガウス, C. F.: 「地球磁気総論 (1839)」, 山田幸五郎 訳, 長岡半太郎 校閲, 『東北帝国大学編 科学名著集』第4冊, 丸善, 77-184 頁, 1914.
- Glassmeier, K.-H. and B. T. Tsurutani, Carl Friedrich Gauss – General Theory of Terrestrial Magnetism – a revised translation of the German text. *Hist. Geo Space Sci.*, 5, 11–62, doi:10.5194/hgss-5-11-2014, 2014.

(藤 浩明)

4. 小田木洋子研究支援推進員が文部科学大臣表彰を受賞

青少年をはじめ広く国民の科学技術に関する関心および理解の増進等に寄与し、または地域において科学技術に関する知識の普及啓発等に寄与する活動を行ったとして、文部科学省「平成27年度科学技術分野の文部科学大臣表彰」(理解増進部門)を「デジタル立体地球儀を用いた地球惑星科学の理解増進」(ダジック・アース プロジェクト)の開発メンバーの一員として、当センター小田木洋子(研究支援推進員)が受賞しました。

写真は、4月15日の式に臨んだ、左から津川卓也(情報通信研究機構)、小田木洋子、市川浩樹(愛媛大学)の各氏。この他、受賞者は本プロジェクトリーダーの齊藤昭則(京都大学)、西憲敬(福岡大学)の計5名。



5. 文部科学大臣表彰を受賞して –4次元デジタル地球儀 ダジック・アースとは–

前項の通りダジック・アースの活動が認められ、この度、科学技術賞に選ばれました。この受賞は、学校ー博物館ー研究機関の多くの人々の協力で活用されてきたおかげです。ユーザーと教育の実践、展示実施、観測などによるデータの提供やソフトウェア開発など、様々な人が携わってきたからこそこの受賞です。感謝いたします。

私が当センターHP で提供中の Google Earth 「世界各地の地磁気観測所やデータ収集」を作ったりポリゴンを張り付けたりして遊んでいたそんな頃、理学研究科地球惑星科学専攻・齊藤昭則准教授が衛星観測データを Google Earth で表示するデータを作成。それを「球体に地球を投影したら面白いのでは?」「白の球体?」と、たまたま手近にあった白いバランスボールに映してみたのがプロジェクトの始まりで、2007年2月のことでした（現在は独自ソフトウェアを使っています）。私の担当は、球スクリーンなどのハードウェア開発と、コンテンツや配布ツールのデザイン製作です。

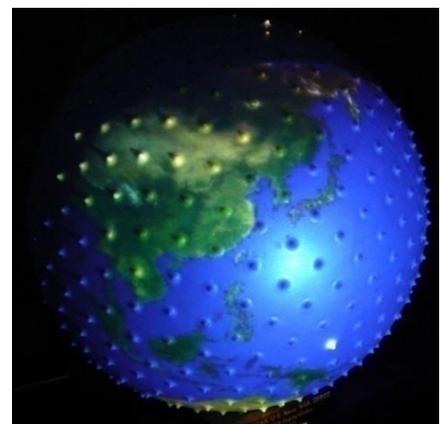
ダジック・アースは地球の全球データなどを球面スクリーンにプロジェクター投影する仕組みです。よく似た形のものとしては、お台場・科学未来館の Geo-Cosmos、米国・NOAA の Science On a Sphere や、触れる地球があります。これらは高額なシステムなので科学館等の特別な場所で展示利用されています。一方、ダジック・アースは特別な場所ではなく、いつでも誰でも学校や家庭でも広く使っていただく事を目指しています。例えば学校では、既にパソコンやプロジェクターは授業で多く利用されています。これにあとダジック・アースのソフトと球スクリーンさえ準備すれば、本来の形のままの立体で、時間変化は任意に、グルグル自由に動かせるデジタル地球儀が使えるわけです。

スクリーンは前述のバランスボール以外に、発泡スチロール半球、風船式スクリーン（直径 1m や 1.3m 半球、全球 2m や 4m、最大サイズは 8m）、リアプロジェクション用のアクリルや PP 樹脂スクリーンを作り、これらの貸出も行っています。球スクリーンは特別な物である必要はなく、映像投影できる球状のものでさえあれば何でも良く、運動会の玉転がしの白玉、100円均一ショップの白丸提灯、24本骨傘、NICT・太陽電波観測施設の直径 16m レドームがスクリーンとして使われました。また先日は、誰でも身近な材料で格安にと、紙コップとティッシュペーパーで作る半球スクリーンの作り方を web で公開しました。なお現在、教育目的の利用に限定しユーザー登録していただければ、導入ツールとして 60cm ビニール風船スクリーンなどの無償提供も行っています。

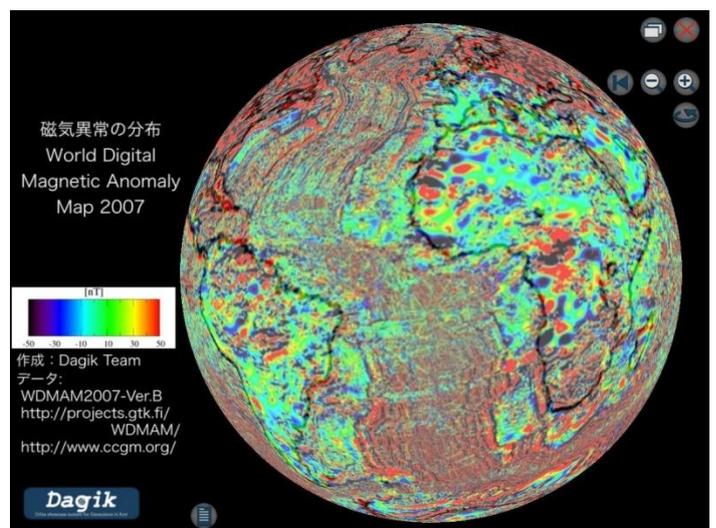
コンテンツは、最近の雲と雨の分布、各季節の雲の動き、海水の塩分、オゾン量の変化、風、森林分布、地表海底面の高低、大陸移動、プレート境界、1900～2014年の地震分布、東



<DVD とリアプロジェクション卓上タイプと楢>



<白いバランスボールのダジック・アース>



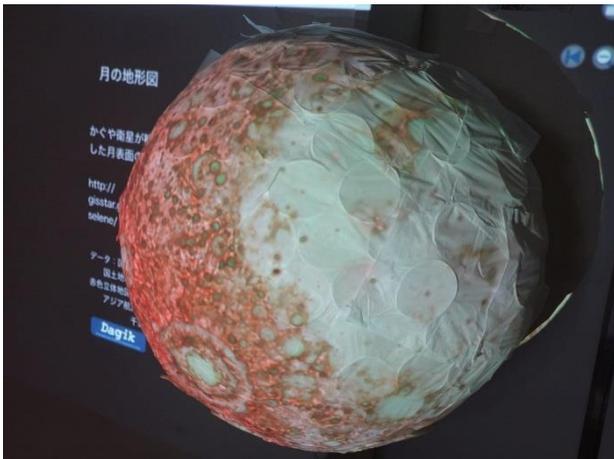
<コンテンツ「地磁気異常の分布」>

日本太平洋沖地震による津波伝播、重力変化、月と惑星、月の地形図、星座、オーロラ、地球磁場の強さの変化、太陽などで、DVD や web で提供しています。

これらコンテンツは科学館展示や学校の授業で"大人"が使うだけでなく、地域のより小さな子ども向け勉強会やオープンスクールの発表ツールとして、中学生高校生が自分たちだけで使いこなしているとの報告も受けています。パッケージ化されたコンテンツだけでなく自ら作ることもできるので、地球科学だけにとどまらず、スコット隊・アムンゼン隊・白瀬隊が挑んだ南極到達レースや（これが実に面白い）、情報科の高校生による「幼稚園児に"うける"デジタルコンテンツ作成課題」に使われるなど、こちらの想像を超えるコンテンツ作成事例もありました。JAXA の web では、ダジック・アース用にデータ出力のサービス"C3(Cross-Cutting Comparisons) "も始まっています。



<導入ツール 60cm ビニール風船スクリーンをドアに吊し投影>



<表面にティッシュペーパーを貼り完成したスクリーンに、月の赤色立体地図を投影>



<紙コップのホッチキス留めでできた半球ドームの土台>

とにかく一度、球スクリーンに映して見て下さい。とても簡単で単純な仕組みにも関わらず、目前に現れる「本当に地球に見える球」を楽しんでいただけたと思います。

ダジック・アース <http://earth.dagik.org>

(小田木 洋子)