

Google Earth による地磁気の可視化 教育・アウトリーチへの利用

Visualization of geomagnetic field with Google Earth: use in education and outreach

* 畠山 唯達

岡山理科大学 情報処理センター

Tadahiro Hatakeyama

Information Processing Center, Okayama University of Science,
Okayama 700-0005, Japan

1 はじめに

3年ほど前より、Google Earth^[1]を用いて地球磁場(地磁気)を可視化するプロジェクトを立ち上げ取り組んでいる^{[2][3][4]}。Google Earthは身近な地図や地形を3次元地球上に投影するだけでなく、「自分の気に入った地点にマークをつける機能」や「時間軸を入れる機能」、「画像等の外部ファイルを取り込んだりHTMLへのリンクをする機能」など、さまざまな付加的機能がある。このような機能を用いると、Google Earthを表現の道具としての利用範囲が大きく広がる。実際、地球科学や地理学の分野ではGoogle Earthをスクリーンとして利用する分野がたくさんある。技術的には、それぞれの分野のデータやデータへのリンクを含むKML(Keyhole Markup Language)ファイルを作成し、それを公開することで、研究者や一般の人がGoogle Earthの地球上にそれをプロットして理解する・楽しむという方法をとっている。中でも本プロジェクトでは、特に磁力線という地球の外側にも展開する量をGoogle Earth上に3D的に投影することで、地磁気を専門としない研究者・学生だけでなく、一般の人や小中高校生にも地磁気のイメージを直感的にとらえてもらうことを主眼としている。

これまで、地磁気およびその変化変動を表す磁力線についてのKMLファイルを作成し、公開してきた。本稿では、これまでに行ってきた地磁気変動可視化についての実践の取り組みのうち、特に教育・アウトリーチ活動で行ってきたことを紹介し、今後の活動についての展望を示したい。

2 新規に公開したKMLファイル

これまで2年間の報告で、(a)2005年現在の地球磁場、(b)過去1世紀間(AD 1900-2005)の地磁気変動モデル(IGRF)、(c)日本における過去2000年間の地磁気方位の変化モデル、(d)400年前～現在の地球磁場モデル、(e)7000年前～現在の地球磁場モデル、(f)地磁気逆転途中の地球磁場モデル、という地磁気の様子や変動を表すKMLを紹介してきた。この1年で新規に公開したKMLは以下の1つであるが、ほかに過去3000年の地磁気変動モデル^[5]や地磁気逆転を含むダイナモ計算^[6]、新たな日本における古地磁気データモデル^[7]などの公開を予定している。

*hatake@center.ous.ac.jp

2.1 地球ダイナモシミュレーションモデル

地球磁場は主に液体金属で構成される外核 (Outer Core) で電磁流体力学的に生成されている。これを解いて地球磁場を再現するためには、流体力学の方程式、電磁気学の式、熱移動の式、構成方程式、物性の式 (状態方程式)、等をまとめて解いて時間発展しなくてはならない。近年になって、スーパーコンピュータを利用して、これらの式をすべて考慮して解く3次元数値地球ダイナモモデルの構築ができるようになってきた (たとえば [8], [9])。

今回は時間発展のガウス係数を得ることができたモデルについて、約8千年分の地磁気の時間発展を KML ファイルにした。櫻庭ら [10] によるこのダイナモモデルでは、軸対称双極子成分 (g_1^0) が非常に強く安定した双極性地球磁場が生成されている。また、この時間中に地磁気逆転などの大きな変化はおきていない。昨年度 KML ファイルを公開した、実際の古地磁気データ・考古地磁気データから求められた過去7000年の地磁気変動モデル [11][12] と比較しても、非常に安定したものであることがわかる。

ここでは、このダイナモシミュレーションモデルをもとに地球磁場の磁力線と伏角、偏角等観測成分を計算し、KML ファイルを作成した。(図1)

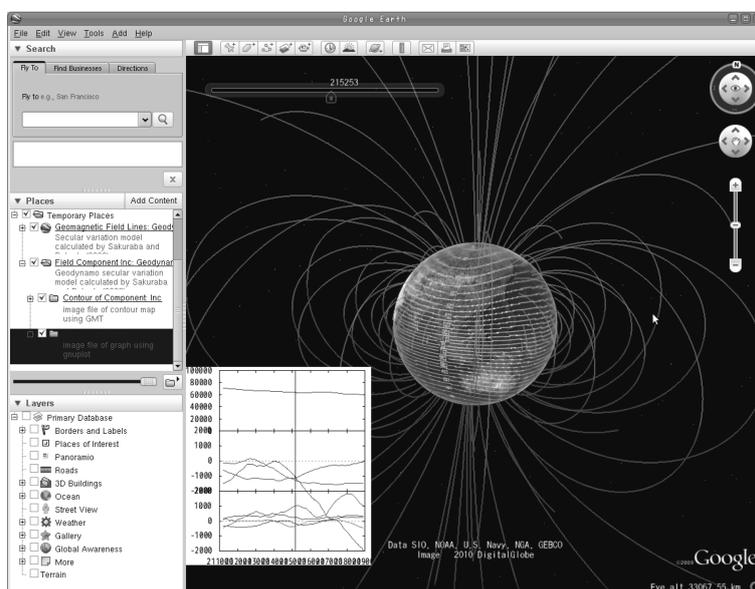


図1: 地球ダイナモのシミュレーション結果 (Sakuraba and Roberts, 2009) における、磁力線と地表での磁場方位成分。この図では、磁力線と伏角 (I) を同時に表示している。左下の窓には、ガウス係数の低次の項 ($\ell = 1, 2$) の変化を示している。

3 地磁気の教育・アウトリーチへの利用

これまで開発した各種 KML ファイルをただホームページに置くだけでは、地磁気科学の普及にはつながらない。そこで、開発と並行して下記のような活動をしているので紹介したい。

3.1 mini Dagik Earth の作成

Dagik Earth とは、京都大学が中心として進めている Dagik Project で考えられた Google Earth の画面を半球面に投影して手軽に地球らしく見せる仕組みである [13]。半球のサイズは多きものでは数メートルほどあるが、ここでは mini として半径 10cm 程度の半球を貼り付けたスクリーンを作成する。利点としては折り畳みができるようにして、手軽にデモンストレーションができることである (図2)。投影には

LEDを光源とするミニプロジェクターを用い、ノートPCの外部出力に接続する。また、ノートPC本体の画面では前回の報告^[3]で紹介した、立体視メガネの動画を繰り返し上映することで、2種類のデモを同時に行うことができる。(図2)

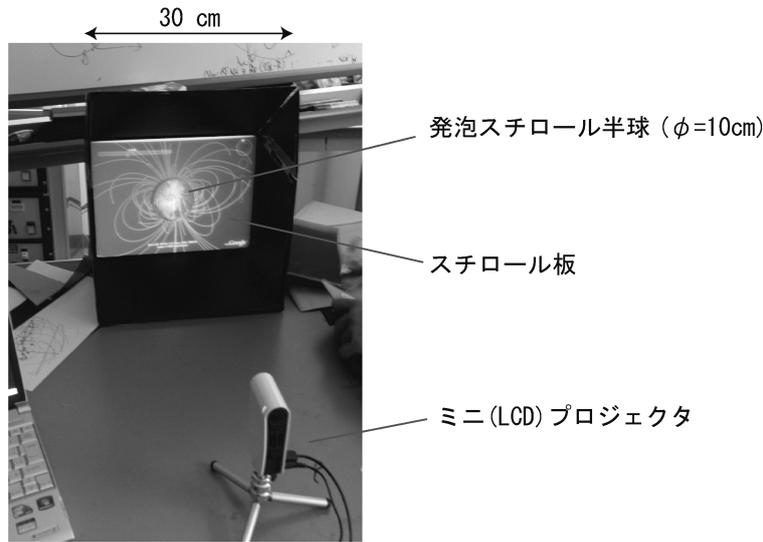


図2: mini Dagik Earth mini Dagik Earth を用いた投影の例。

3.2 教育用解説ホームページの作成

2007年4月の公開時から、KMLへのリンクを置いてごく簡単な使い方の解説を載せたホームページを公開していた。しかし、地磁気そのものやその特徴は学校でほとんど教わらず、あまり知られていない事象であるため、ホームページにおける丁寧な解説が必須であることがわかった(Wikipediaにも地磁気関係用語の丁寧な解説が足りない)。そこで、本年からホームページをリニューアルし、デザインから見直して解説を充実していくことにした。現在までに、地磁気、古地磁気や地磁気成因、変動などの解説をし、関連するKMLファイルや使用法動画の動画を一緒に紹介している。(図3)

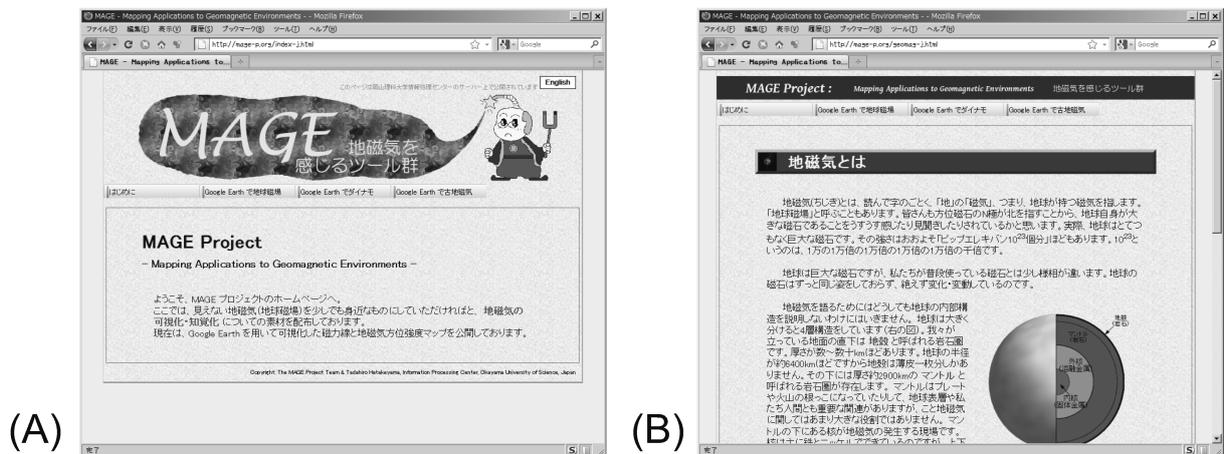


図3: 新しいホームページ^[4]の表紙(A)と地磁気に関する解説のページ(B)。

3.3 教育・アウトリーチ活動での使用事例

「地磁気」についての教材として、これまで作成した KML ファイルや mini Dagik Earth, ホームページを活用して数回の講義・講演を行った。2010 年度以降もチャンスがあれば、各所で続けていくつもりである。

- 2009 年 9 月 「古地磁気・岩石磁気夏の学校」にて分野の学生(学部学生、大学院生)向けに紹介と実演(@長野県伊那市)
- 2009 年 10 月 学内講義「地球型惑星の歴史と物質科学」にて画像を紹介
- 2009 年 12 月 (独)産業技術総合研究所で講演と実演、可視化について多分野の研究者と意見交換
- 2010 年 2 月 (独)科学技術振興機構「サイエンスパートナーシッププログラム」にて岡山県内の高校生十数名に対する講演で紹介(@岡山理大)
- 2010 年 2 月上の一環で、岡山県内高校教員向け講演で紹介と mini Dagik Earth 実演(@岡山朝日高)
- 他に学会・研究集会での発表が数回ある

また、他の複数の大学で、学部学生に対する講義(教養・専門)で使用しているとのこと報告を頂いている。国内外の小～大学教育関係者にもさらに宣伝していく必要がある。

4 まとめと今後

Google Earth を用いた地磁気の 3 次元可視化と教育への活用について報告した。利用者からのフィードバックを頂いて、より一層の改良や開発を続ける必要がある。

特に今後すべきことはいくつかある。1つは映像の 3 次元化である。これまでも既存の立体視の方法を使った 3D 感の表現などをしてきた。昨今巷では 3D テレビが普及の兆しを見せているほか、携帯ゲーム機にも 3D 機能が搭載される可能性などが報じられている。磁力線は 3 次元化して見ることで理解が深まるものだと考えているので、新技術を使った表現法についても開発をしていきたい。また、教育用のソフトウェアとしての親切がまだまだ足りない(KML ファイル内でのコメントがすべて英文、etc.)。小学生にもわかりやすい各種説明を増やしていく必要がある。

2 節で挙げたような新しい KML ファイルの作成も行いたい。また、そろそろ IGRF も次回のものが発表されるのでそちらの更新もしたいと考えている。昨年の報告書で予定していると記述した事項でまだできていないものもあるので、それらについても今後実行していきたいと考えている。

謝辞

Google Earth は Google Inc. の登録標章です。本稿で紹介する KML ファイルを含め、Google Earth の画像等をホームページや印刷物に使うときは、Google 社の許諾をお取り下さい。Dagik Project の皆様には Dagik Earth の使い方をはじめ、ご助言等いただき、大変感謝しております。

References and Notes

- [1] Google Earth
<http://earth.google.com/>

- [2] 畠山 唯達, Google Earth を利用した地磁気・古地磁気・岩石磁気データの可視化, 岡山理科大学情報処理センター研究報告, **29**, 31–38, 2008.
- [3] 畠山 唯達, Google Earth を利用した地磁気変動モデルの可視化, 岡山理科大学情報処理センター研究報告, **30**, 19–26, 2009.
- [4] MAGE (Mapping Applications to Geomagnetic Environments)
<http://mage-p.org/>
- [5] Korte, M., F. Donadoni and C. G. Constable, Geomagnetic field for 0.3 ka: 2. A new series of time-varying global models, *Geochem. Geophys. Geosys.*, **10**, Q06008, doi:10.1029/2008GC002297, 2009.
- [6] Glatzmaier, G. A., R. S. Coe, L. Hongre and P. H. Roberts, The role of the Earth ' s mantle in controlling the frequency of geomagnetic reversals, *Nature*, **401**, 885–890, 1999.
- [7] 山本真央, 日本における過去 2000 年間の地磁気永年変化曲線の復元, 岡山理科大学総合情報学部生物地球システム学科卒業論文, pp, 2010.
- [8] Glatzmaier, G. A., and P. H. Roberts, A three-dimensional self-consistent computer simulation of a geomagnetic field reversal, *Nature*, **377**, 203–209, 1995.
- [9] Kageyama, A., T. Sato and the Complexity Simulation Group, Computer simulation of a magnetohydrodynamic dynamo. II, *Phys. Plasmas.*, **2**, 1421–1431, 1995.
- [10] Sakuraba, A. and P. H. Roberts, Generation of a strong magnetic field using uniform heat flux at the surface of the core, *Nature Geoscience*, DOI: 10.1038/NGEO643, 2009.
- [11] Korte M. and C. G. Constable, Continuous geomagnetic field models for the past 7 millennia: 2. CALS7K., *Geochem., Geophys., Geosys.*, **6**, Q02H16:doi:10.1029/2004GC000801, 2005.
- [12] <http://mage-p.org/gmf-7ky-j.html>
- [13] Dagik (DATA-showcase system for Geoscience In Kml) in Kyoto University
<http://dagik.org/earth/>