

資 料

多面体地球儀の作成

京都大学防災研究所* 山田 真澄

Making a Polyhedral Globe

Masumi YAMADA

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Gokasho, Uji, 611-0011, Japan

(Received November 5, 2019; Accepted January 24, 2020; published online on February 19, 2020)

§1. はじめに

本稿では地球物理学のアウトリーチ教材の作成を目的として、ペーパークラフトの地球儀を作成する方法を紹介する。紙を用いて球体の地球儀を作成するには、いくつかの方法がある。よく知られているのは、多角形（主に菱形）を繋げて作った部品を複数使って、互い違いに編み込むことにより、多面体を作成する方法である [例えば、ヴァルサー (2002)]. 塚本 (2009a-d, 2010a, b) は、組みひも多面体と称して、紙ひものような材料を編み合わせて星形や球形の多面体を作成し、その作り方や型紙を紹介している。遠藤・別宮 (2000) は、組みひも多面体の菱形三十面体を利用して地球儀を作成した。組みひも多面体でなく、通常の多面体の展開図を利用した地球儀は、林 (2013) や Pedzich (2016), Tatham (2017) が存在する。

山田・後藤 (2013) は、菱形三十面体をはじめとして、菱形十二面体、菱形九十面体の3種類のペーパークラフト地球儀を作成した (Photo 1)。これらの多面体は球体に近く、面がすべて菱形で構成されていて制作が比較的容易である。また、向かいあった辺同士が全て平行になっている多角形のみで構成されており、ゾーン多面体と呼ばれている。山田・後藤 (2013) のペーパークラフト地球儀の表面には地震の震源分布が描画されており、世界の地震活動やプレート境界が球面として理解できるようになっている。

球体の地球を多面体の表面に投影するためには、多面体の頂点の緯度経度の座標が必要となる。この頂点の座

標および、地図を簡単に作成できる方法があれば、他の地図データをプロットして、新たなペーパークラフト地球儀を作成することが可能である。そこで、本稿では地球物理学のアウトリーチ教材の作成を目的として、菱形十二面体、菱形三十面体、菱形九十面体の3種類の多面体の頂点の緯度経度の計算方法と、ペーパークラフトの型紙の作り方について紹介する。なお、座標はすべて球面座標で、経度、緯度（本稿では地心緯度を用いる）の順に表記し、単位は度である。計算結果の経度が -180° から 180° に収まらない場合は、適宜 360° を加減して一般的な値に読み替える。

§2. 菱形十二面体の頂点の座標

菱形十二面体は、ゾーン多面体の一種で、その中でも、構成面が全て合同な菱形をしている（等面菱形多面体と呼ばれる）。正六面体（立方体）または正八面体の各面の中心を持ち上げ、隣り合う三角形同士が同一平面上となるようにした形となっている (Fig. 1, Photo 1)。菱形の長い対角線の長さ: 短い対角線の長さ: 辺の長さの比は、 $\sqrt{2} : 1 : \sqrt{3}$ となる (Fig. 2 (a))。 $1 : \sqrt{2}$ は白銀比と呼ばれ、紙の縦横比などに使われる馴染みの深い比率である [塚本 (2012)]。

菱形十二面体の頂点は、正八面体 (Fig. 1 (a)) と正六面体 (Fig. 1 (b)) の頂点によって構成される。正八面体の6個の頂点 ($A_1 - A_6$) が半径 r の球に内接しているとすると、正六面体の8個の頂点 ($B_1 - B_8$) は、半径 $\sqrt{3}/2r$ の球に内接している。

この多面体の頂点の位置を求める。まず、北極点および南極点に、正八面体の頂点がくるようにする。する

* 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所

と、 A_1-A_6 の頂点は北極点 $A_1:(0, 90)$, 南極点 $A_6:(0, -90)$, および赤道上的の4点, $A_2:(\theta, 0)$, $A_3:(90+\theta, 0)$, $A_4:(180+\theta, 0)$, $A_5:(270+\theta, 0)$ に来る.

B_1-B_8 の頂点は, 経度は A_2-A_5 の頂点の間, 緯度は $\arctan(1/\sqrt{2})=35.26^\circ$ となる (Fig. 3 (b)). 従って, $B_1, B_5:(45+\theta, \pm 35.26)$, $B_2, B_6:(135+\theta, \pm 35.26)$, $B_3, B_7:(225+\theta, \pm 35.26)$, $B_4, B_8:(315+\theta, \pm 35.26)$ となる.

菱形十二面体の頂点の緯度経度を Table 1 にまとめて示す. なお, θ は任意の角度であるが, 日本を菱形の面の中心に持ってくるには, $\theta=45^\circ$ を使用すると良い.

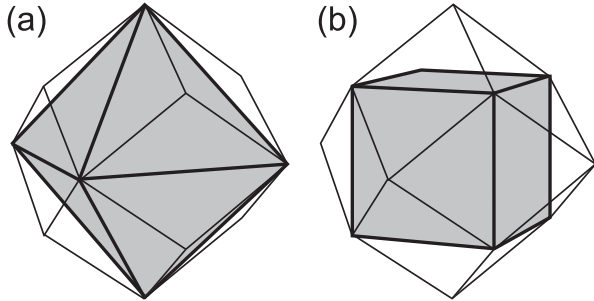


Fig. 1. (a) Regular octahedron and (b) regular hexahedron in the rhombic dodecahedron.

§3. 菱形三十面体の頂点の座標

菱形三十面体は, 等面菱形多面体の一種で, 正十二面体または正二十面体の各面の中心を持ち上げ, 隣り合う三角形同士が同一平面上となるようにした形である (Fig. 4, Photo 1). 菱形の長い対角線の長さ: 短い対角線の長さ: 辺の長さの比は, $\phi:1:\sqrt{1+\phi^2}$ となる (Fig. 2

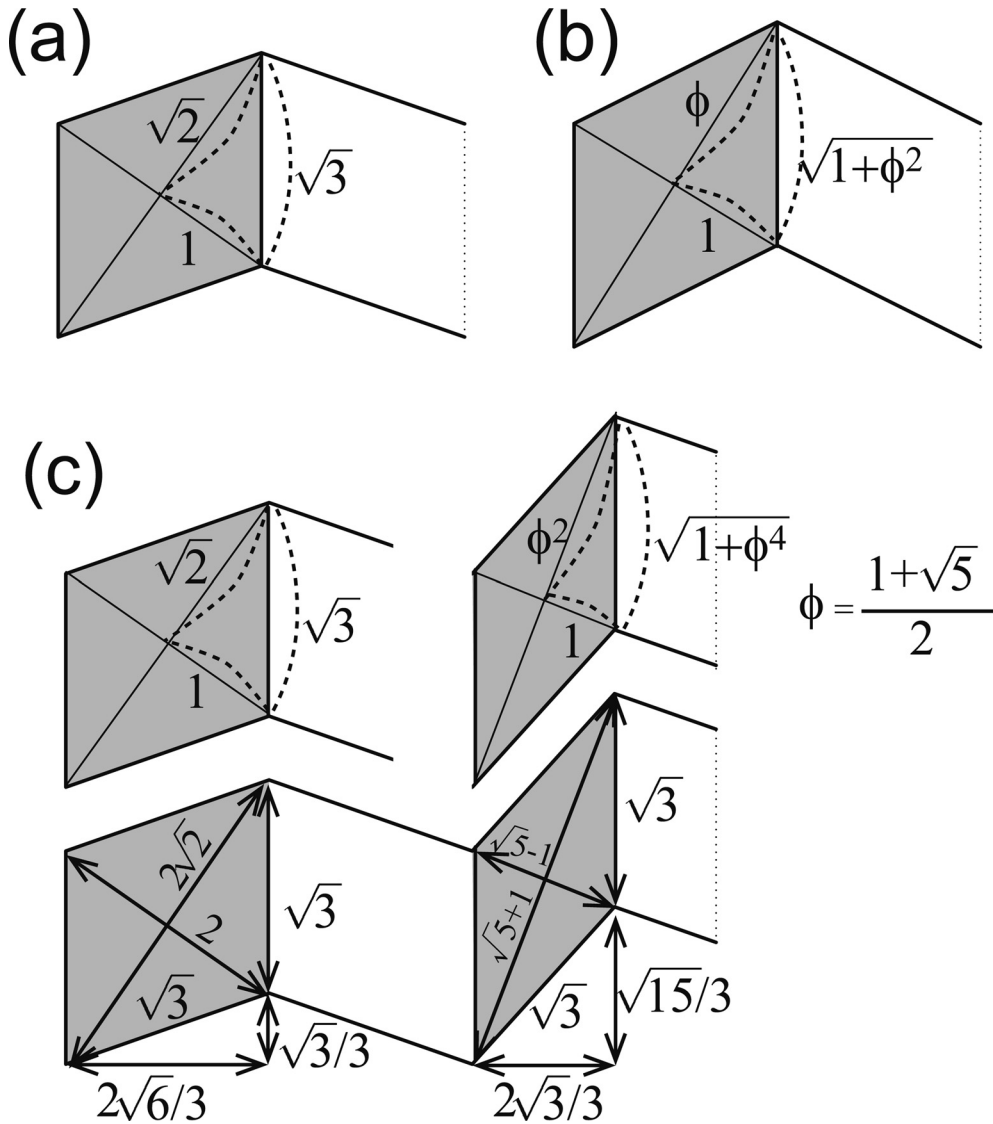


Fig. 2. Scale of the rhombus for (a) rhombic dodecahedron, (b) rhombic triacontahedron, and (c) rhombic enneacanthahedron.

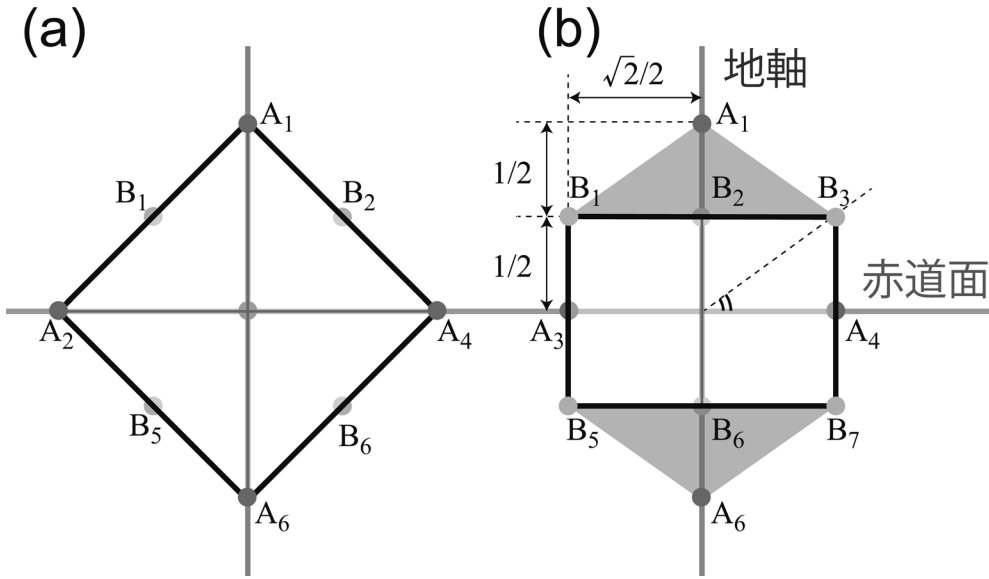


Fig. 3. Vertical section of the rhombic dodecahedron (a) at the vertex of the regular octahedron and (b) at the vertex of the regular hexahedron.

Table 1. Coordinates of the rhombic dodecahedron.

Vertices	Lat.	Lon. ($n=0, 1, 2, 3$)
A_1	90	0
B_{1-4}	35.26	$90n+45+\theta$
A_{2-5}	0	$90n+\theta$
B_{5-8}	-35.26	$90n+45+\theta$
A_6	-90	0

(b). ここで、 $\phi=(1+\sqrt{5})/2$ (黄金比) であり、上の比率は、1.618:1:0.951 となる [塚本 (2012)].

菱形三十面体の頂点は、正二十面体 (Fig. 4 (a)) と正十二面体 (Fig. 4 (b)) の頂点によって構成される。正二十面体の 12 個の頂点 (A_1-A_{12}) が半径 r の球に内接しているとすると、正十二面体の 20 個の頂点は、半径 $\sqrt{6}r/\sqrt{5+\sqrt{5}} (=0.91r)$ の球に内接している [大矢建正のページ (2019)].

まずは正二十面体の頂点の座標を求める。北極点および南極点は、正二十面体の頂点が来るものとする。すると、 A_1-A_{12} の頂点は北極点 $A_1: (0, 90)$ 、南極点 $A_{12}: (0, -90)$ 、北半球の 5 点 (A_2-A_6)、南半球の 5 点 (A_7-A_{11}) に来ることになる。

正二十面体を真北から見ると、正五角形となる。正五角形の中心から各頂点までの距離を 1 とすると、正五角形の中心から底辺までの距離は $\cos 36^\circ=(1+\sqrt{5})/4$ 、正五角形の辺の長さ (つまり、正二十面体の辺の長さ) は、 $2\sin 36^\circ=\sqrt{10-2\sqrt{5}}/2$ である。Fig. 5 (a) の A_2 の緯度を求めるため、 A_2 から最も近い南半球の頂点、 A_7 と A_{11}

の中点を Y とする。 A_2 から地軸までの距離は 1 であり、 Y と地軸の距離は $\cos 36^\circ$ 、 A_2Y の長さは、正三角形の頂点から底辺までの距離なので、 $\sqrt{3}\sin 36^\circ$ となる。三平方の定理を適用して A_2 と赤道面の距離を求めると $1/2$ となり、 A_2 の緯度は $\arctan (1/2)=26.57^\circ$ となる。

経度は 360° を 10 等分して互い違いに配置すればよい。従って、北半球の頂点の経度は、 $A_2-A_6: 72n+\theta$ ($n=0, 1, 2, 3, 4$)、南半球の経度は、 $A_7-A_{11}: 72n+36+\theta$ ($n=0, 1, 2, 3, 4$) となる。

次に正十二面体の頂点の座標を求める。正二十面体の頂点を北極点と南極点に配置したので、正十二面体の上下の面は水平となる。頂点は 4 つの緯度に分布することになり、最も北極に近い 5 点 (B_1-B_5)、赤道寄りの北半球の 5 点 (B_6-B_{10})、赤道寄りの南半球の 5 点 ($B_{11}-B_{15}$)、最も南極に近い 5 点 ($B_{16}-B_{20}$) となる。正十二面体の中心と、頂点 B_1, B_6 を通るような鉛直断面は Fig. 5 (b) のように表される。

この断面図から、 B_1 と B_6 の緯度を求める。 B_1 から地軸までの距離 (正五角形の頂点から中心までの距離) を 1 とすると、赤道面から B_1 までの鉛直距離は $(\sqrt{5}+3)/4$ となる (頂点の高さの求め方は、大矢建正のページ (2019) を参照)。 B_1 の緯度は $\arctan ((\sqrt{5}+3)/4)=52.62^\circ$ となる。次に、 B_6 の緯度を求める。Fig. 5 (b) より OB_1 と OB_6 の長さは等しく、 $\sqrt{30+6\sqrt{5}}/4$ である。赤道面から B_6 までの鉛直距離は $(\sqrt{5}-1)/4$ なので、 B_6 の緯度は $\arcsin ((\sqrt{5}-1)/\sqrt{30+6\sqrt{5}})=10.81^\circ$ となる。

正二十面体の頂点の経度は、 B_1-B_5 と B_6-B_{10} は A_7-A_{11} と等しく、 $B_{11}-B_{15}$ と $B_{16}-B_{20}$ は A_2-A_6 と等



Photo 1. Papercraft globes.

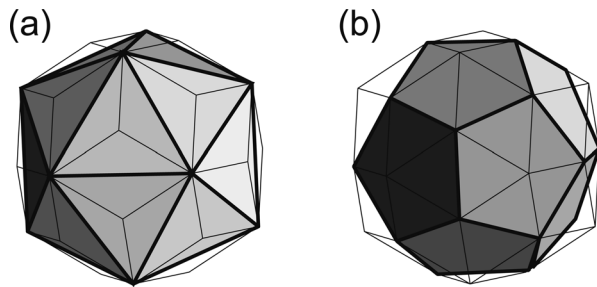


Fig. 4. (a) Regular icosahedron and (b) regular dodecahedron in the rhombic triacontahedron.

しい。菱形三十面体の頂点の緯度経度を Table 2 にまとめて示す。この多面体の場合は、日本を菱形の面の中央に配置するためには、 $\theta=27^\circ$ を使用すると良い。

§4. 菱形九十面体の頂点の座標

菱形九十面体は、等面菱形多面体ではなく、異なる二種類の菱形を組み合わせてできるゾーン多面体である。太い菱形の対角線の比率は $1:\sqrt{2}$ (菱形十二面体の構成面と相似)、細い菱形の対角線の比率は $1:(3+\sqrt{5})/2$ (黄金比の二乗) となっている (Fig. 2 (c)) [塚本 (2012)]。

菱形九十面体の頂点は、北半球だけで 46 個存在し緯度は 8 通りである。北から順に、緯度 A, B, C, D, E, F, G, H と呼ぶことにする (Fig. 6)。このうち、(1) 緯度 C, G は菱形三十面体に含まれる正十二面体の頂点 (20 点)、(2) 緯度 A, F は菱形三十面体に含まれる正二十面体の頂点を中心方向に動かした点 (12 点)、(3) 緯度 B, D, E, H は菱形三十面体の各面に新たにとった 2 点 ($2 \times 30=60$ 点) である。Fig. 7 に菱形三十面体の頂点 (灰色丸印) と菱形九十面体の頂点 (黒色丸印) の関係を示

す。(3) の菱形三十面体の面上の点は、Fig. 7 で $B_1, B_2, D_1, D_2, E_1, E_2$ で示される点である。 B_1 は、菱形三十面体の菱形の長い方の対角線上で、かつ影を付けた四角形 $A_1B_1C_2B_2$ が菱形となるような点である。 A_1 は $B_1C_2B_2$ と同一平面上にあり、かつ菱形三十面体の頂点よりも少し中心に動かした点である。

それぞれの緯度に存在する頂点の緯度と経度の求め方を説明する。南半球も同様に計算できるので、ここでは北半球のみを説明する。

4.1 緯度 A

緯度 A に存在する頂点は 1 つだけであり、北極点 (0, 90) である。

4.2 緯度 C と緯度 G

緯度 C と緯度 G に存在する頂点は 5 つずつで、正十二面体の頂点の位置と同じである。従って、緯度 C は 52.62° 、緯度 G は 10.81° となる。経度は $72n+36+\theta$ ($n=0, 1, 2, 3, 4$) となる。

4.3 緯度 B と緯度 D と緯度 F

緯度 B と緯度 D と緯度 F に存在する頂点の緯度を求める。各頂点は、同じ経度に並んでいるので、菱形九十面体の中心と頂点を通るような断面を Fig. 8 に示す。断面の位置は Fig. 6 にグレーで示している。Fig. 2 (c) に示された菱形の対角線の長さより、 $GC:CA:AB:BD:DF$ の比率は、 $(\sqrt{5}+1):2\sqrt{2}:\sqrt{3}:(\sqrt{5}-1):\sqrt{3}$ となる。Fig. 8 に示すように、正十二面体の断面の C から地軸までの距離を 1 とすると、 GC の長さは $2\sin 36^\circ$ となる。 $x=2\sin 36^\circ/(\sqrt{5}+1)$ とおけば、 GC, CA, AB, BD, DF の長さは、 $(\sqrt{5}+1)x, 2\sqrt{2}x, \sqrt{3}x, (\sqrt{5}-1)x, \sqrt{3}x$ で示される。

まず、Fig. 8 に示されている θ_1 と θ_2 を求める。 BD の

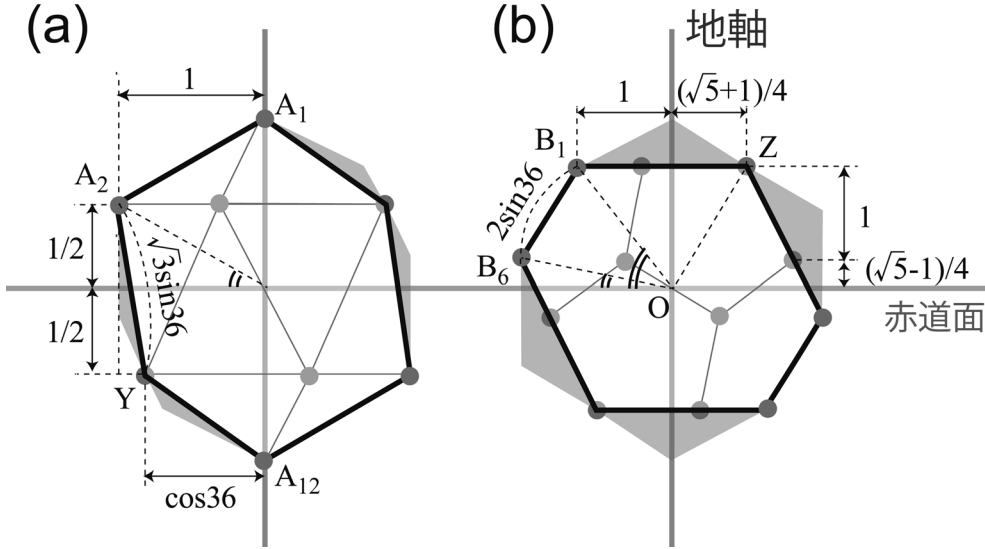


Fig. 5. Vertical section of the rhombic triacontahedron (a) at the vertex of the regular icosahedron and (b) at the vertex of the regular dodecahedron.

Table 2. Coordinates of the rhombic triacontahedron.

Vertices	Lat.	Lon. ($n=0, 1, 2, 3, 4$)
A_1	90	0
B_{1-5}	52.62	$72n+36+\theta$
A_{2-6}	26.57	$72n+\theta$
B_{6-10}	10.81	$72n+36+\theta$
B_{11-15}	-10.81	$72n+\theta$
A_{7-11}	-26.57	$72n+36+\theta$
B_{16-20}	-52.62	$72n+\theta$
A_{12}	-90	0

中点を Z とすると、点 Z は緯度 C の隣り合う頂点を結んだ中点と等しく、 OZ は BD と垂直に交わる。Fig. 8 より OZ の長さは $\sqrt{5+2\sqrt{5}}/2$ である。また、 $OB=OD$ である。 $\angle BOZ$ は $\arctan(BD/(2OZ))$ 、 $\angle AOZ$ は、 $\arctan((1+\sqrt{5})/(3+\sqrt{5}))$ である。 $\theta_1 = \angle AOZ - \angle BOZ$ 、 $\theta_2 = 2\angle BOZ$ によって、緯度 B と緯度 D が求められる。 AB の長さ DF の長さは等しく $OA=OF$ 、 $OB=OD$ なので、 $\angle AOB = \angle DOF$ となり、緯度 F も求められる。

以上の計算式を解くと、緯度 B は 66.58° 、緯度 D は 49.98° 、緯度 F は 26.57° となる。経度は $72n + \theta$ ($n=0, 1, 2, 3, 4$) となる。

4.4 緯度 E

緯度 E の座標は、経度も緯度も単純ではない。まず経度から求める。緯度 E のレベルで等緯度線に沿って地球を輪切りにしたと考える。その断面は、Fig. 9 (a) のようになり、 E_1E_2 の長さは細い菱形の長い方の対角線と

等しく $(\sqrt{5}+1)x$ 、 E_2E_3 の長さは細い菱形の短い方の対角線と等しく $(\sqrt{5}-1)x$ である。従って、 PE_2 を斜辺とする 2 つの直角三角形を考えると、 $\sin \theta_1 : \sin \theta_2 = (\sqrt{5}+1) : (\sqrt{5}-1)$ となる。 $\theta_1 + \theta_2 = 36^\circ$ なので、加法定理を使うと、 $\sin \theta_2 = \sin(36^\circ - \theta_1) = \sin 36^\circ \cos \theta_1 - \cos 36^\circ \sin \theta_1 = (\sqrt{5}-1)/(\sqrt{5}+1) \sin \theta_1$ である。これを θ_1 について解くと、 $\theta_1 = 26.27^\circ$ となる。従って、経度は $72n + \theta \pm 26.27^\circ$ ($n=0, 1, 2, 3, 4$) となる。

次に、緯度を求める。Fig. 9 (b) より、緯度は $\arccos(PE_1/OE_1)$ である。 PE_1 の長さは、Fig. 9 (a) より $E_1E_2/(2\sin \theta_1)$ 、 OE_1 の長さは、Fig. 6 から分かるように Fig. 8 の OB と等しく、 $OB = \sqrt{OZ^2 + BZ^2}$ である。以上を解くと、緯度 E は 31.35° となる。

4.5 緯度 H

緯度 H の座標の求め方は、緯度 E と同様である。Fig. 9 (c) の H_1H_2 の長さは、太い菱形の短い方の対角線と等しく、 $2x$ である。 H_2H_3 の長さは、緯度 D の等緯度線と輪切りにした時に現れる五角形の辺の長さと同じで、 $OD \times 2\sin 36^\circ \cos 49.98^\circ$ となる。この 2 つの長さを利用して緯度 E と同様に解くと、 $\theta_1 = 13.61^\circ$ となる。従って、経度は $72n + \theta \pm 13.61^\circ$ ($n=0, 1, 2, 3, 4$) となる。

緯度の求め方も、緯度 E の場合と同様である (Fig. 9 (d))。緯度 H は 7.05° となる。

4.6 菱形九十面体のまとめ

菱形九十面体の頂点の緯度経度を Table 3 にまとめて示す。なお、日本を菱形の面の中央に配置するために、 $\theta = 55^\circ$ を使用すると良い。

菱形九十面体の頂点は 3 種類の外接球上に存在する。

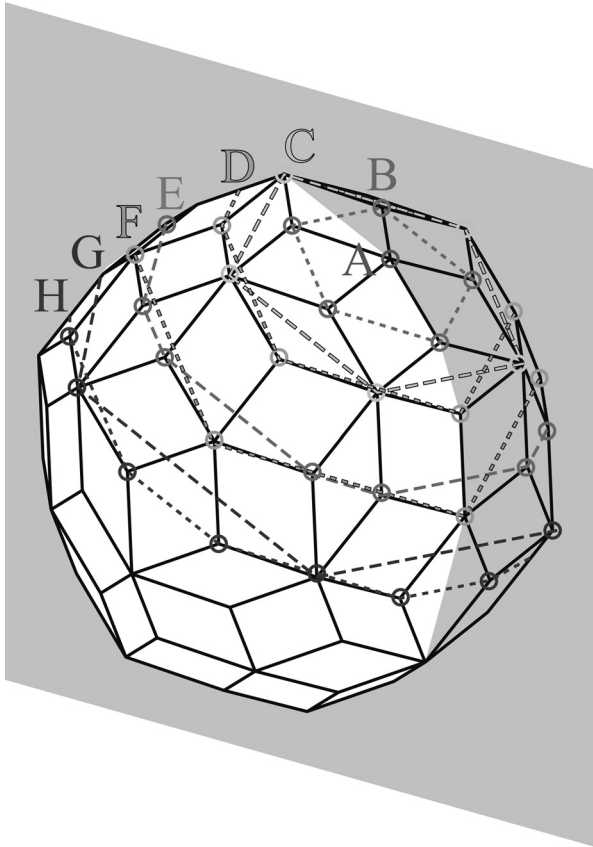


Fig. 6. Rhombic enneacontahedron and vertices at each latitude.

Fig. 8 のように頂点 C から地軸までの距離を 1 とおくと、それぞれの外接球の半径は以下のように求められる。(1) 緯度 C, G: Fig. 8 より, $OC = \sqrt{30+6\sqrt{5}}/4 = 1.647$ 。(2) 緯度 A, F: Fig. 8 より, $OA = OB \cos \theta_1 + \sqrt{AB^2 - (OB \sin \theta_1)^2} = 1.545$ 。(3) 緯度 B, D, E, H: 緯度 E の算出で求めた通り, $OB = \sqrt{OZ^2 + BZ^2} = 1.555$ 。外接球の半径の比率は, (1): (2): (3) = 1: 0.938: 0.944 となる。

このように、菱形九十面体の頂点は単一の外接球上に存在するわけではないが、計算の簡略化のため、頂点の緯度経度を求めた後は、単一の外接球に接していると仮定して投影を行う。

§5. 型紙の作成

菱形十二面体、菱形三十面体、菱形九十面体のすべての頂点の緯度経度が求められたので、これを元に菱形の地図を作成する。作図には Generic Mapping Tool (GMT) (Wessel and Smith, 1991) バージョン 5 を用いた。各多面体の頂点は、1つの外接球に接している訳ではなく、わずかに中心までの半径が異なる。そこで、ひずみの影響が小さくなるように、心射図法を用いた。心射図法は地球の表面に光源を置き、地球の表面を裏側から平面に

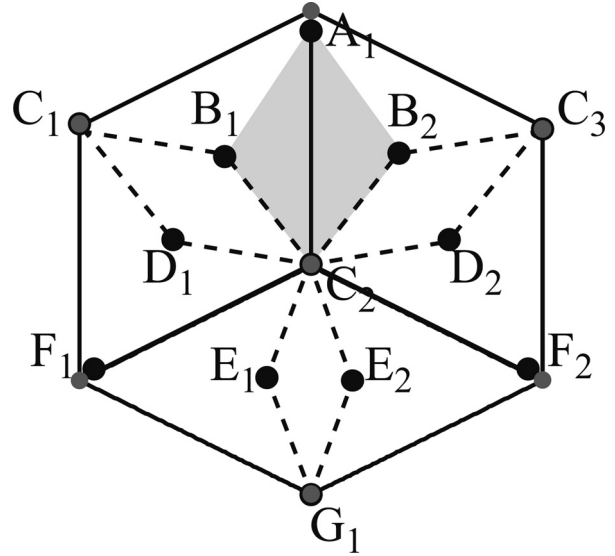


Fig. 7. Relationship between the vertices of the rhombic enneacontahedron (black circles) and rhombic triacontahedron (gray circles).

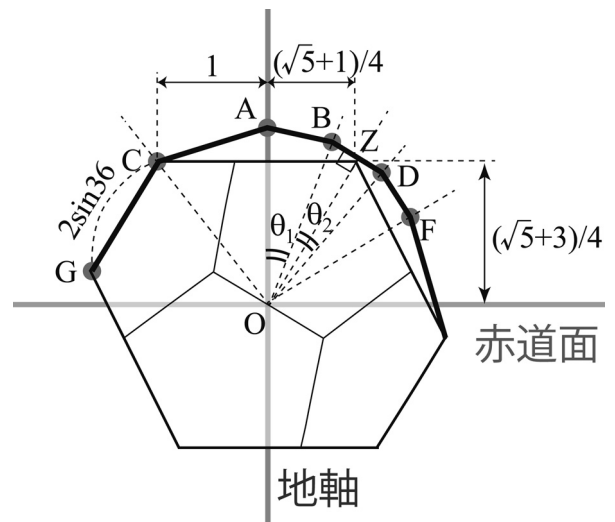


Fig. 8. Vertical section of the rhombic enneacontahedron.

投影させる図法である。投影させる領域が広いときは端の方でひずみが大きくなるが、1つ1つの菱形の領域が非常に狭いため、投影によるひずみは十分小さいと考えられる。投影中心は菱形の対角線を構成する2つの頂点の経度・緯度の平均値を使用した。

地図の描画に使用した GMT スクリプトを紹介する。それぞれの多面体毎に、以下のファイルが用意されている。ファイル名の**の中には、12, 30, 90のいずれかの数字が入る。

1. 地図を描画する GMT スクリプト (テキスト形式,

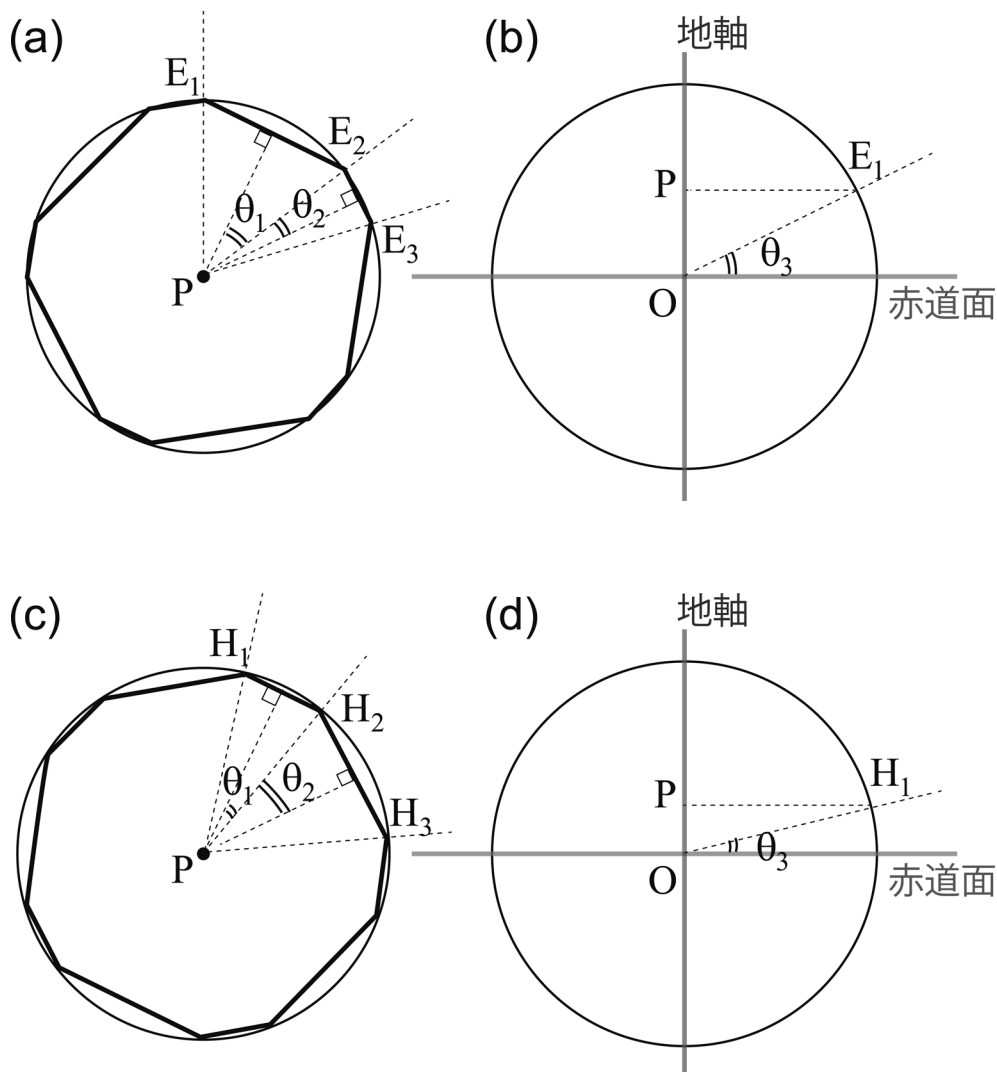


Fig. 9. (a) Horizontal section at the latitude E and (b) vertical section. (c) Horizontal section at the latitude H and (d) vertical section.

ファイル名：map**.tcsh)

2. 図面を描画する GMT スクリプト (テキスト形式, ファイル名：pattern**.tcsh)
3. 頂点の緯度経度の座標テーブル (テキスト形式, ファイル名：in_xy**.txt)
4. map**.tcsh の出力画像 (PS 形式, ファイル名：out_map**.ps)
5. pattern**.tcsh の出力画像 (png 形式, ファイル名：out_pattern**.png)
6. 多面体の型紙 (PDF 形式, ファイル名：frame**.pdf)
7. 番号が書いてある型紙 (png 画像, ファイル名：number**.png)

これらのファイルは、本稿の電子付録として提供されている。また、ペーパークラフト地球儀のウェブサイトからもダウンロード可能である [京都大学防災研究所地

震防災研究部門 (2013)]. GMT スクリプトは、tcsh を使って書かれており、一部 awk も利用している。(2) のスクリプトは ImageMagick も使用している。スクリプトの中に、「plot data (if any)」と書かれている部分があるので、ここに任意のデータをプロットする GMT コマンドを挿入する。頂点の緯度経度の座標テーブルは、左から投影中心の経度・緯度、頂点1の経度・緯度、頂点2の経度・緯度、頂点3の経度・緯度、頂点4の経度・緯度、頂点1の経度・緯度の順に書かれている。

ペーパークラフト地球儀を作成する場合には、2種類の方法がある。解像度を気にしない場合には、(2) のスクリプトを使用すると A4 サイズの PNG 形式の型紙が作成できる。この場合は、地図を回転したりトリミングしたりする必要はなく、印刷して青線で切り取りそのまま組み立てることができる。

Table 3. Coordinates of the rhombic enneacantha-hedron.

Vertices	Lat.	Lon. ($n=0, 1, 2, 3, 4$)
A_1	90	0
B_{1-5}	66.58	$72n+\theta$
C_{1-5}	52.62	$72n+36+\theta$
D_{1-5}	49.98	$72n+\theta$
E_{1-10}	31.35	$72n+\theta\pm 26.27$
F_{1-5}	26.57	$72n+\theta$
G_{1-5}	10.81	$72n+36+\theta$
H_{1-10}	7.05	$72n+\theta\pm 13.61$
H_{11-20}	-7.05	$72n+36+\theta\pm 13.61$
G_{6-10}	-10.81	$72n+\theta$
F_{6-10}	-26.57	$72n+36+\theta$
E_{11-20}	-31.35	$72n+36+\theta\pm 26.27$
D_{6-10}	-49.98	$72n+36+\theta$
C_{6-10}	-52.62	$72n+\theta$
B_{6-10}	-66.58	$72n+36+\theta$
A_2	-90	0

PS形式で印刷したりトムソン加工をする場合には、(1)のスク립トを使用する。まず任意のデータをプロットしたPS形式の地図を作成する。出力される地図には番号と菱形の枠が書かれている。地図を菱形でトリミングし、番号が書いてある型紙(7)を参考にして回転させる。その後、多面体の型紙(6)上に配置する。場所を間違えると地球儀が完成しないので、地図を配置した後に一度組み立てて確認し、向きに誤りがないかチェックすると良い。

§6. ペーパークラフトの活用例

本稿で作成したペーパークラフト地球儀に地震の震源分布をプロットしたものをホームページ上で公開している[京都大学防災研究所地震防災研究部門(2013)]。地震の震源分布が球体に描画されており、世界の地震活動やプレート境界が球面として理解できるようになっている。また、解説用のスライドやガイドブックも併せて掲載されているので、授業やアウトリーチ活動の教材の一環として利用することも可能である。筆者らはこれまでに中学の地理授業で使用したり、防災に関する講演会や大学のオープンキャンパスで使用した。ペーパークラフトを学生に組み立てさせた後(30分程度)、スライドを利用して地震活動やテクトニクスの解説を行った。

ペーパークラフト地球儀は、これまで(2020年1月)に国内から250件、海外から50件程度のダウンロードがあった。国内の利用対象は小学生27%、中学生26%と合わせて半数以上を占め、その次に社会人22%、高校

生18%という内訳であった。また、使用目的は教育が60%と最も多く、次が趣味で29%、防災啓発活動が12%であった。かなり専門的な内容にも関わらず、小中学生が利用対象となっており、授業の教材として使われていると考えられる。自由回答欄には、算数、理科、地学、社会、地理の授業で使用するというコメントもあった。

海外からのダウンロードは件数は少ないものの、利用対象者は概ね日本国内と同じで、小中高生で7割を占めており、授業に使うという使用目的が多かった。ダウンロードが複数あった国はアメリカ、台湾、スペイン、タイ、韓国と地震国が多かった。他にアジアから中国、香港、フィリピン、シンガポール、イラン、キルギスタン、トルクメニスタンから1件ずつダウンロードがあった。その他は、オーストラリア、フランス、ドイツ、ブラジル、アルゼンチンから1件ずつダウンロードがあった。

§7. まとめ

本稿では、組みひも多面体の型紙とGMTスク립トを利用した、多面体地球儀の作成方法を紹介した。組みひも多面体の作り方自体は広く知られているが、地図を投影するためには各構成面の緯度経度が必要となり、その計算は面倒である。本稿で提供するスク립トと緯度経度データを使用することにより、任意のデータを地球上に投影し、ペーパークラフトを作成することが可能である。今後、様々なデータを描画したペーパークラフト地球儀が作成され、アウトリーチ活動に利用されることを期待する。

謝 辞

京都大学人間・環境学研究科(当時)の塚本靖之氏には多面体の型紙を提供して頂いたり、アドバイスをいただいたりして大変お世話になりました。また京都大学防災研究所の後藤浩之先生にはペーパークラフト地球儀の作成に多大なご協力をいただきました。編集者および2名の査読者には大変有益なコメントをいただきました。査読者の1名には、ImageMagickを使用する効率的なスク립トをご紹介いただきました。記して謝意を表します。

文 献

ヴァルサー, 2002, 黄金分割, 蟹江幸博訳, 日本評論社.
Wessel, P. and W. H. F. Smith, 1991, Free soft-ware helps map and display data, *EOS Trans.*, AGU, 72, 441.
遠藤裕・別宮利昭, 2000, 木の結晶・紙の地球 ガジェットボックス, エクスプランテ.
大矢建正のページ(数学, 数楽 & プログラム), 2019, 正多面体, <<http://ooya-takemasa.thick.jp/Suugaku/>

- Seitamentai.pdf>, (参照 2019-10-31).
- 京都大学防災研究所地震防災研究部門, 2013, 切って編んで学ぶ ペーパークラフト地球儀<<http://www.eqh.dpri.kyoto-u.ac.jp/src/paper/index.htm>>, (参照 2019-10-31).
- Tatham, S., 2017, Printing Pictures on the Surface of Polyhedra, Generating a polyhedral globe, <<https://www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/polypics/globe.html>>, (参照 2019-10-31).
- 塚本靖之, 2009a, plaited polyhedra (編まれた多面体) No.1, 京都大学メールマガジン Vol.35 2009年5月22日 <http://www.kyoto-u.ac.jp/m_magazine/back_n/vol_35.htm>, (参照 2019-10-31).
- 塚本靖之, 2009b, plaited polyhedra (編まれた多面体) No.2, 京都大学メールマガジン Vol.37 2009年7月24日 <http://www.kyoto-u.ac.jp/m_magazine/back_n/vol_37.htm>, (参照 2019-10-31).
- 塚本靖之, 2009c, plaited polyhedra (編まれた多面体) No.3, 京都大学メールマガジン Vol.39 2009年9月25日 <http://www.kyoto-u.ac.jp/m_magazine/back_n/vol_39.htm>, (参照 2019-10-31).
- 塚本靖之, 2009d, plaited polyhedra (編まれた多面体) No.4, 京都大学メールマガジン Vol.41 2009年11月20日 <http://www.kyoto-u.ac.jp/m_magazine/back_n/vol_41.htm>, (参照 2019-10-31).
- 塚本靖之, 2010a, plaited polyhedra (編まれた多面体) No.5, 京都大学メールマガジン Vol.43 2010年1月22日 <http://www.kyoto-u.ac.jp/m_magazine/back_n/vol_43.htm>, (参照 2019-10-31).
- 塚本靖之, 2010b, plaited polyhedra (編まれた多面体) No.6, 京都大学メールマガジン Vol.45 2010年3月26日 <http://www.kyoto-u.ac.jp/m_magazine/back_n/vol_45.htm>, (参照 2019-10-31).
- 塚本靖之, 2012, 非連結な実現空間を持つ有向マトロイド, 第9回 城崎新人セミナー, 兵庫県豊岡市.
- 林圭祐, 2013, 球面の正多面体への投影, 大阪工業大学 情報科学部 情報システム学科 卒業研究, <https://www.oit.ac.jp/is/shinkai/seminar/thesis/2013hayashi/2013_Bthesis_hayashi.pdf>, (参照 2019-10-31).
- Pedzich, P., 2016, Image of the World on polyhedral maps and globes, Polish Cartographical Review, 48, 4, pp. 197-210.
- 山田真澄・後藤浩之, 2013, 地震学の魅力を伝えるアウトリーチコンテンツの作成, 日本地震学会秋季大会, P1-35, 神奈川県横浜市.