

SPRESENSE-SENSOR-EVK-701
に内蔵するBM1422AGMV地磁気センサー
による方位計測について

地磁気について

- 地磁気 (geomagnetism) は、地球が持つ磁性 (磁気) 及び、地球により生じる磁場です。
- 地磁気の強さは地球上の場所によって異なり、ほぼ $24 \mu\text{T} \sim 66 \mu\text{T}$ (マイクロテスラ) の範囲です。赤道では弱く、高緯度地域では強い。
- 日本での地磁気の強さも場所によって異なる。2020年において、 $44 \mu\text{T}$ (沖縄本島) $\sim 52 \mu\text{T}$ (北海道北端) であり、東京付近は約 $46.5 \sim 46.8 \mu\text{T}$ です。

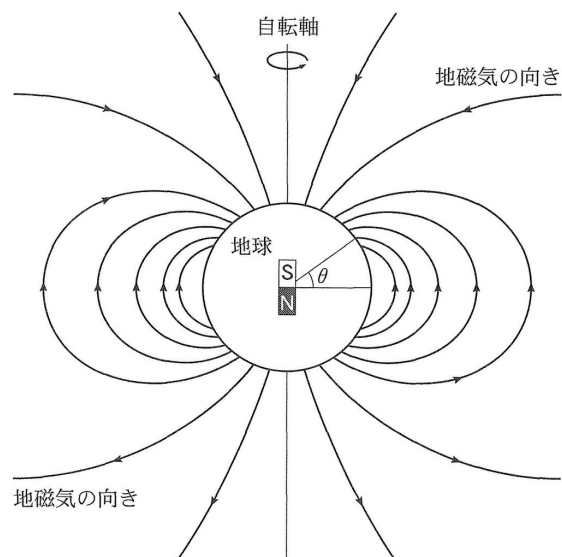
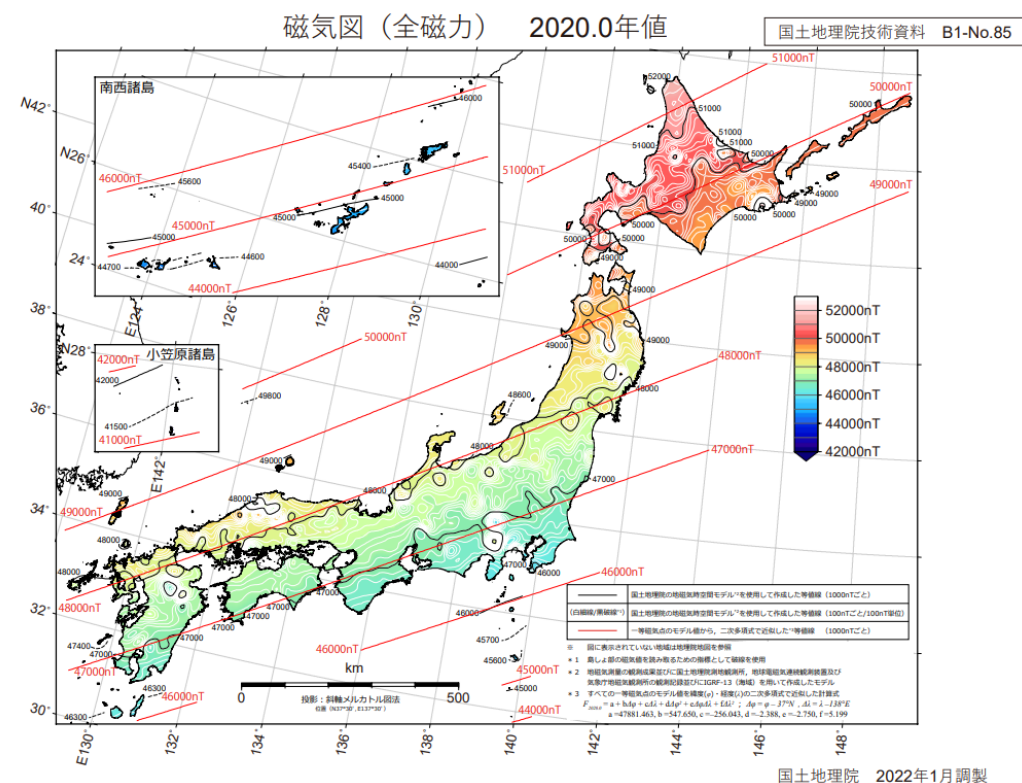


図 1

[Refs]

http://blog.livedoor.jp/ozaki_science/archives/1005242419.html

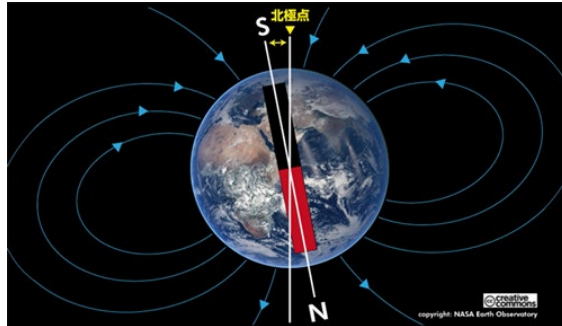


[Refs]

<https://www.gsi.go.jp/common/000236994.pdf>

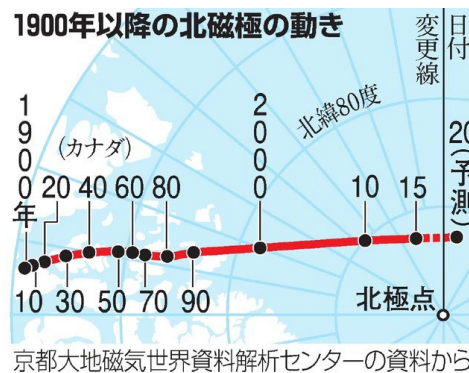
磁気偏角について

- 真北（北極点）と方位磁針が示す磁北（北磁極、地磁気が示す北）のずれのことです。
- 偏角の最も大きい要因は、地球の双極子磁場（地球の中心に仮想的に置かれた一つの棒磁石として）が自転軸に対して傾いていることです。
- 北磁極は常に移動しているため、磁気偏角も常に変化しています。2020年において、日本の磁気偏角は4° ～ 10° であり、東京付近では約7.5° です。



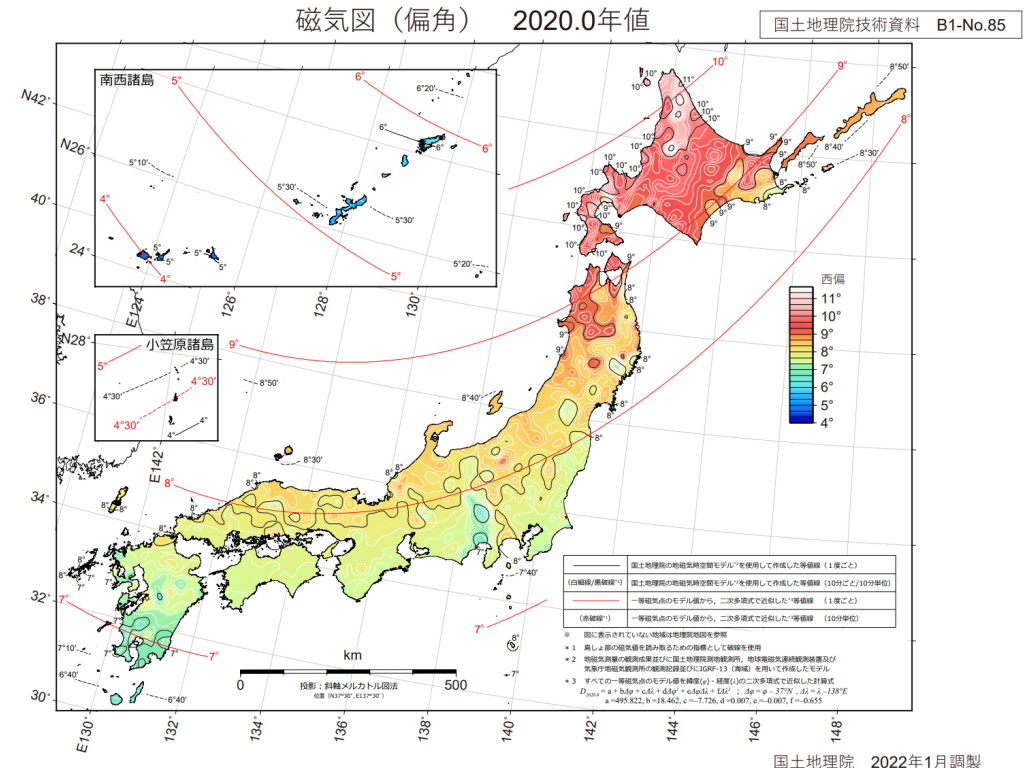
[Refs]

https://www.rohm.co.jp/electronics-basics/sensors/sensor_what2



[Refs]

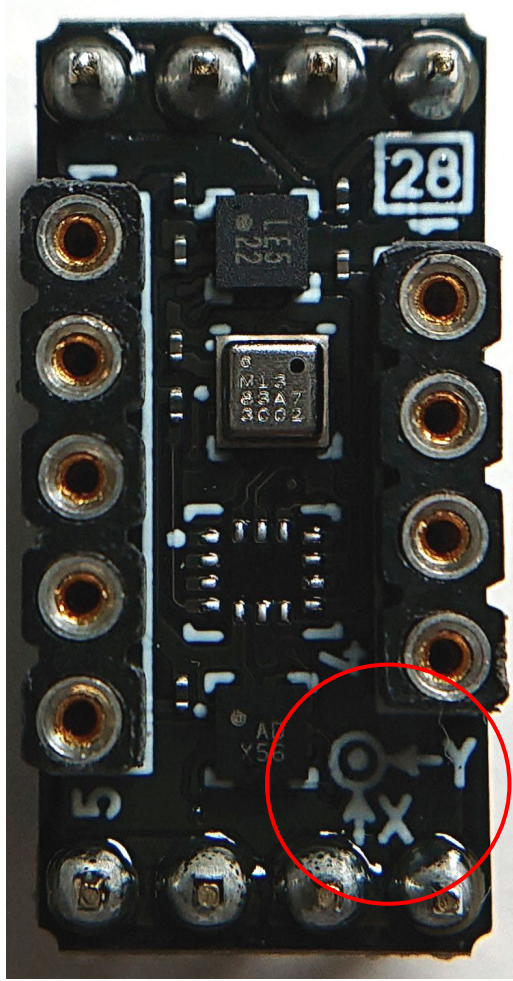
<https://www.asahi.com/articles/ASM5840WDM58ULBJ008.html>



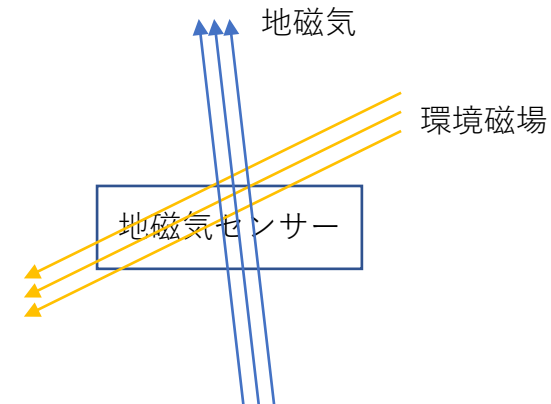
[Refs]

<https://www.gsi.go.jp/common/000236992.pdf>

地磁気センサーについて



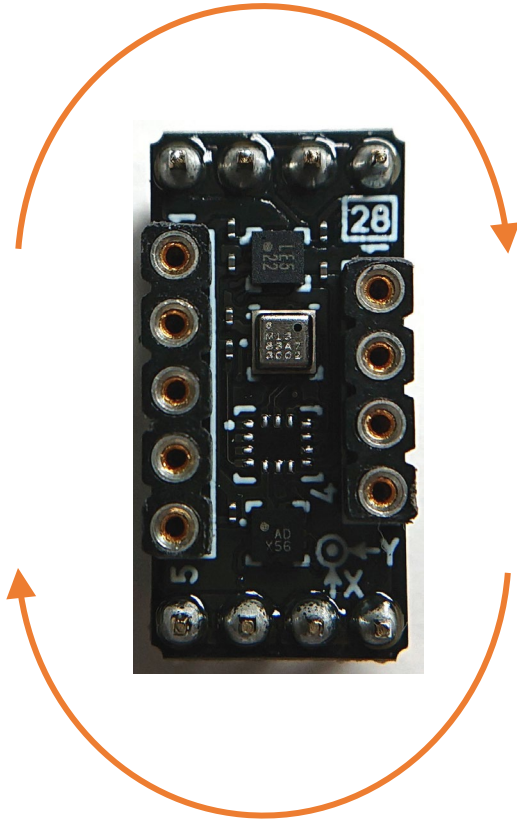
- 地磁気センサーにはXとYの2軸タイプやZを加えた3軸タイプがあり、その方向の磁力の値を計測します。
- BM1422AGMVは3軸タイプですが、本サンプルは2軸（X軸とY軸）の測定に限定します。
- 地磁気センサーが測定する数値は地磁気だけでなく、環境磁場を含めるものであるため、地磁気センサーで方位を計算するには、環境磁場の影響を排除しなければなりません。



[Refs]

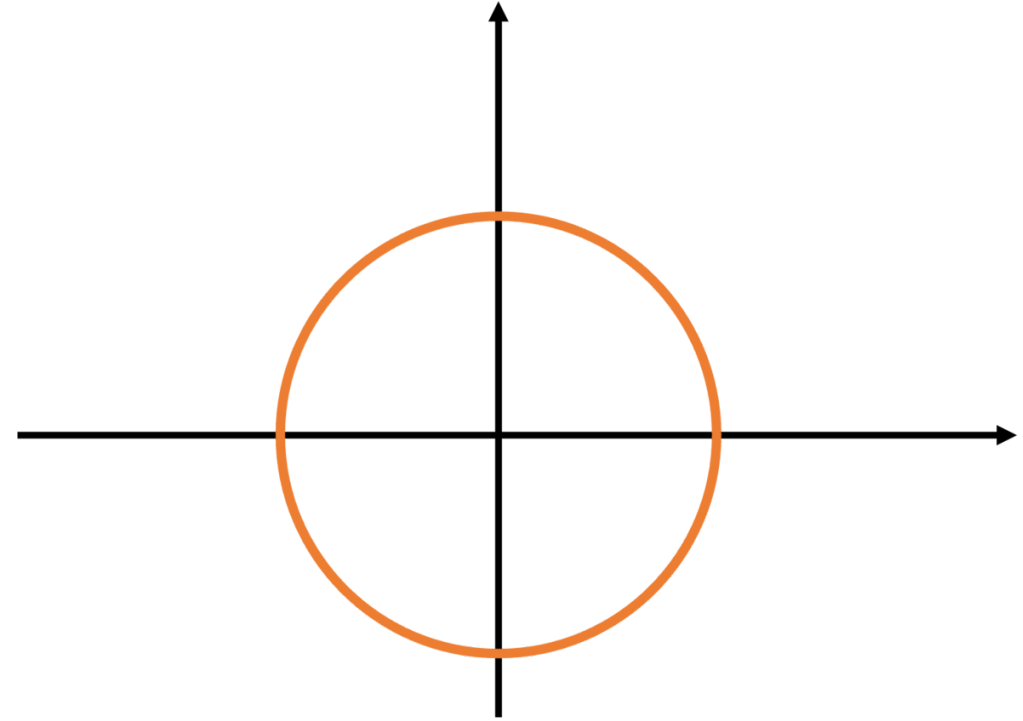
<https://www.chip1stop.com/view/dispDetail/DispDetail?partId=ROHM-0170579&mpn=SPRESENSE-SENSOR-EVK-701&keyword=SPRESENSE-SENSOR-EVK-701>

- 地磁気センサーを水平に回転させると、環境磁場の影響がない理想的な場合、出力分布図の円の中心は0になります。



[Refs]

<https://www.chip1stop.com/view/dispDetail/DispDetail?partId=ROHM-0170579&mpn=SPRESENSE-SENSOR-EVK-701&keyword=SPRESENSE-SENSOR-EVK-701>



理想的な 1 周分の地磁気データ

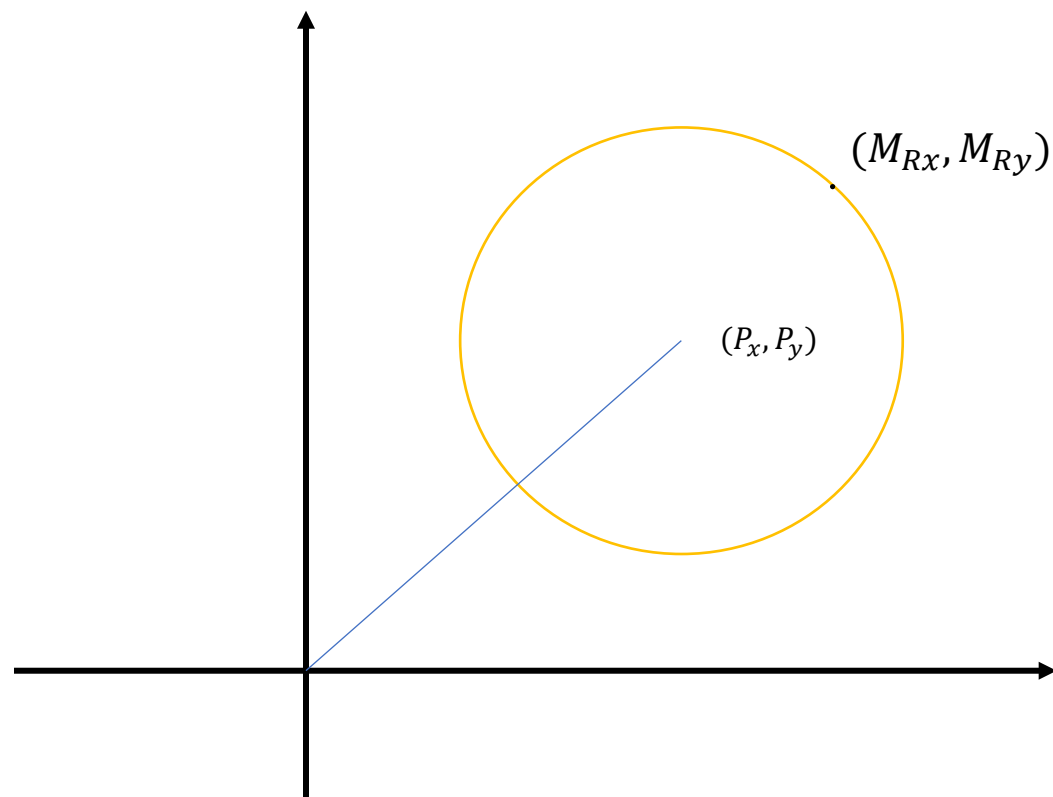
[Refs]

<https://rikei-tawamure.com/entry/2021/09/27/111205>

- しかし実際には環境磁場の影響で中心がズレるので、円の中心 (P_x, P_y) を0へ移動させる調整を行う必要があります。ここで、 (P_x, P_y) は環境磁場の強さを示しています。
- 任意の測定データ (M_{Rx}, M_{Ry}) に対し、環境磁場の影響を取り除くには、次の変換が必要です。

$$\begin{aligned}M_x &= M_{Rx} - P_x \\M_y &= M_{Ry} - P_y\end{aligned}$$

- ここで、 (M_x, M_y) は (M_{Rx}, M_{Ry}) が対応する地磁気の測定値です。



- 地磁気センサで導き出せる北を磁北と呼び（北極点から少しずれていますが）、測定データ(M_{Rx}, M_{Ry})に対し、センサーy軸正方向と磁北方向のなす角度 θ を算出するには次の変換が必要です。（地磁気の強さを M_g とする）

- 環境磁場の影響を取り除く

ここで $M_x = M_{Rx} - P_x$

$M_y = M_{Ry} - P_y$ とする

- 下記式が成り立つ

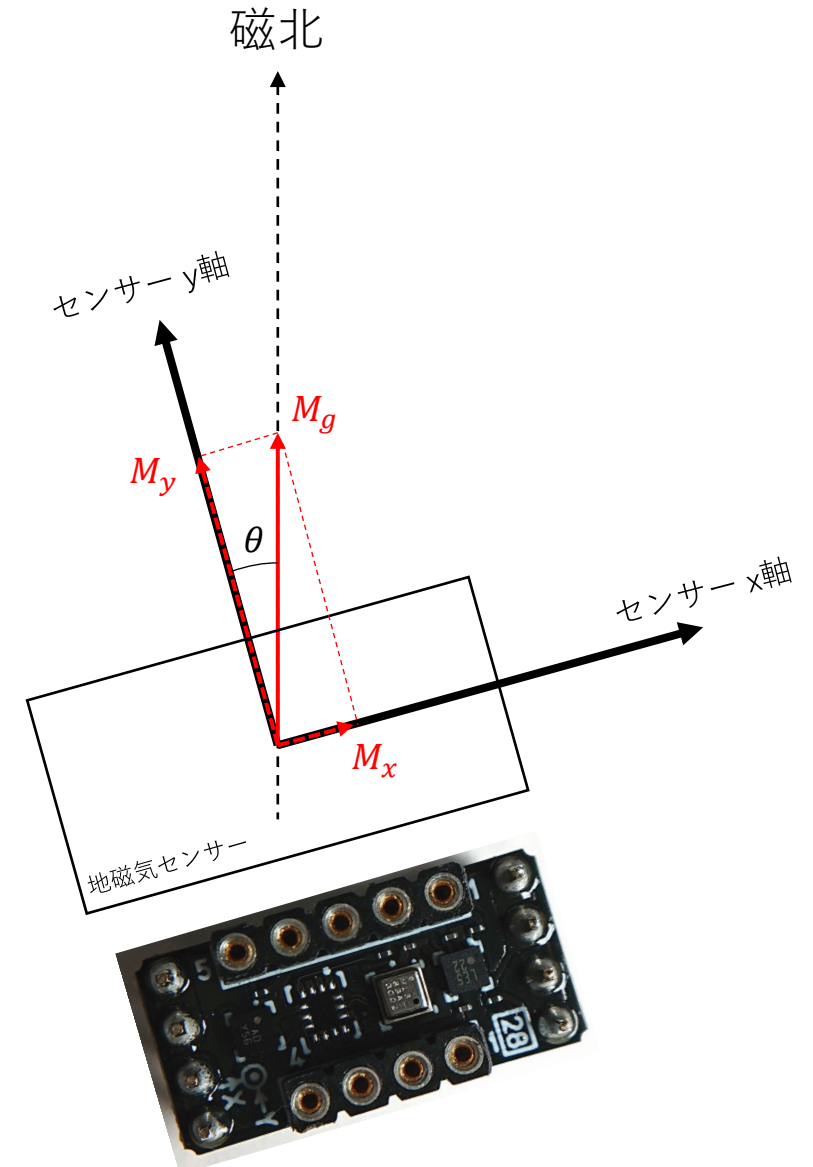
$$\sin\theta = \frac{M_x}{M_g} = \frac{M_{Rx} - P_x}{M_g}, \quad \cos\theta = \frac{M_y}{M_g} = \frac{M_{Ry} - P_y}{M_g}$$

$$\tan\theta = \frac{M_x}{M_y} = \frac{M_{Rx} - P_x}{M_{Ry} - P_y}$$

- すなわち、 $\theta = \arctan \frac{M_{Rx} - P_x}{M_{Ry} - P_y}$ ①

- 上記内容をまとめると、地磁気の大きさによる方位の簡易計算方法は下記の通りです。

- 地磁気センサを水平的に放置し、一周回して測定したx, y方向の値を記録する。
- x, y方向それぞれの最大値、最小値を抽出し、環境磁場 (P_x, P_y) を計算する。
- 測定データ(M_{Rx}, M_{Ry})に対し、環境磁場の影響を取り除き、式①で**センサーy軸正方向と磁北方向のなす角度 θ** を算出する。
- 算出した角度 θ を16方位に当てはめ、該当方位を文字で表示する。



[Refs]

<https://www.chip1stop.com/view/dispDetail/DispDetail?partId=ROHM-0170579&mpn=SPRESENSE-SENSOR-EVK-701&keyword=SPRESENSE-SENSOR-EVK-701>

Arduinoの逆正接関数(arctan)計算について

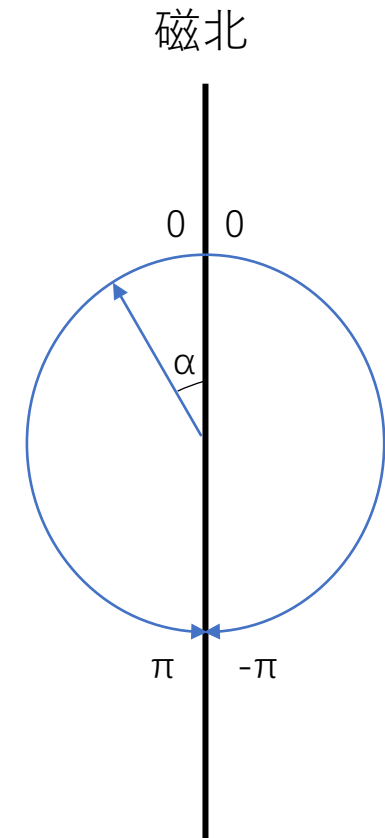
- Arduinoにおいてはarctanの計算方法が2つ提供されています。
 - $\text{atan}(y/x)$ 、値域 $(-\pi/2, \pi/2)$
 - $\text{atan2}(y, x)$ 、値域 $[-\pi, \pi]$

- 角度 α と $\sin\alpha$, $\cos\alpha$, $\tan\alpha$ の符号の変化は次表の通りです。

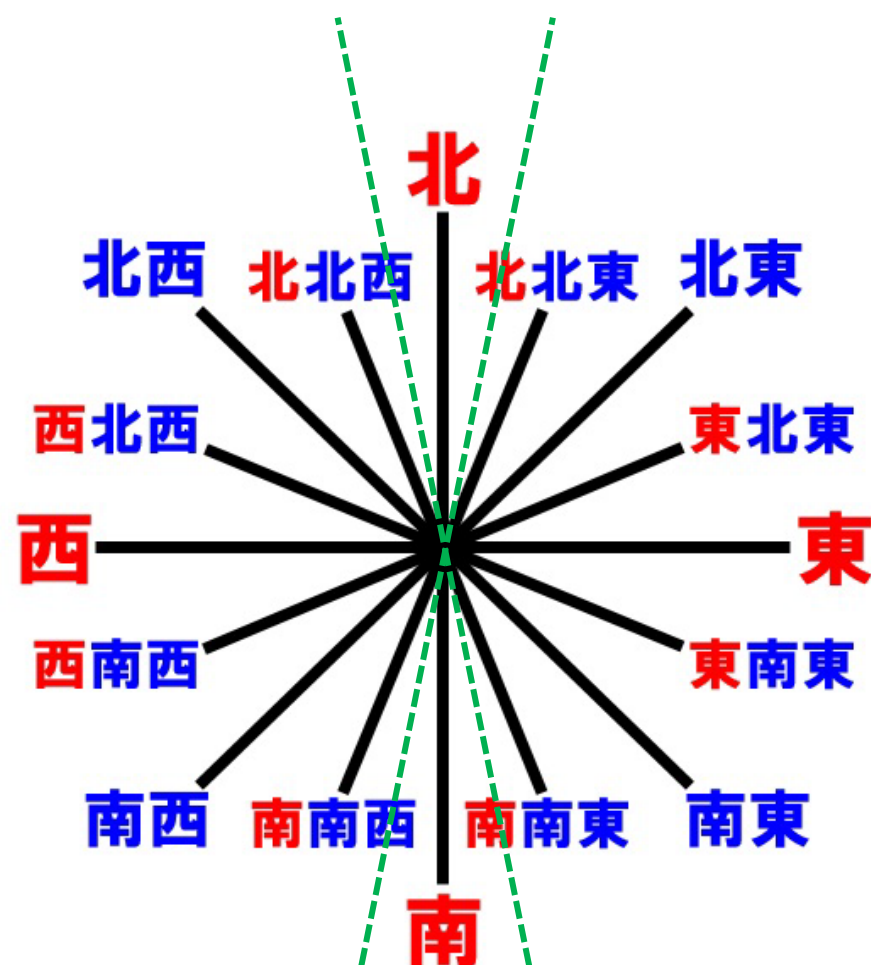
象限	角度	sin	cos	tan
I	$0 < \alpha < \pi/2$	+	+	+
II	$\pi/2 < \alpha < \pi$	+	-	-
III	$-\pi < \alpha < -\pi/2$	-	-	+
IV	$-\pi/2 < \alpha < 0$	-	+	-

- 上表から見ると、 $\tan\alpha$ の数値だけでは、 α はどの象限にあるか判断できません。方位を求めるとき、このような状況は望ましくないため、本サンプルでは $\text{atan2}()$ 関数で方位角を求めることにします。

- 本サンプルで求めた角度 α とその変化は右図に示します。



16方位と角度の対応関係について



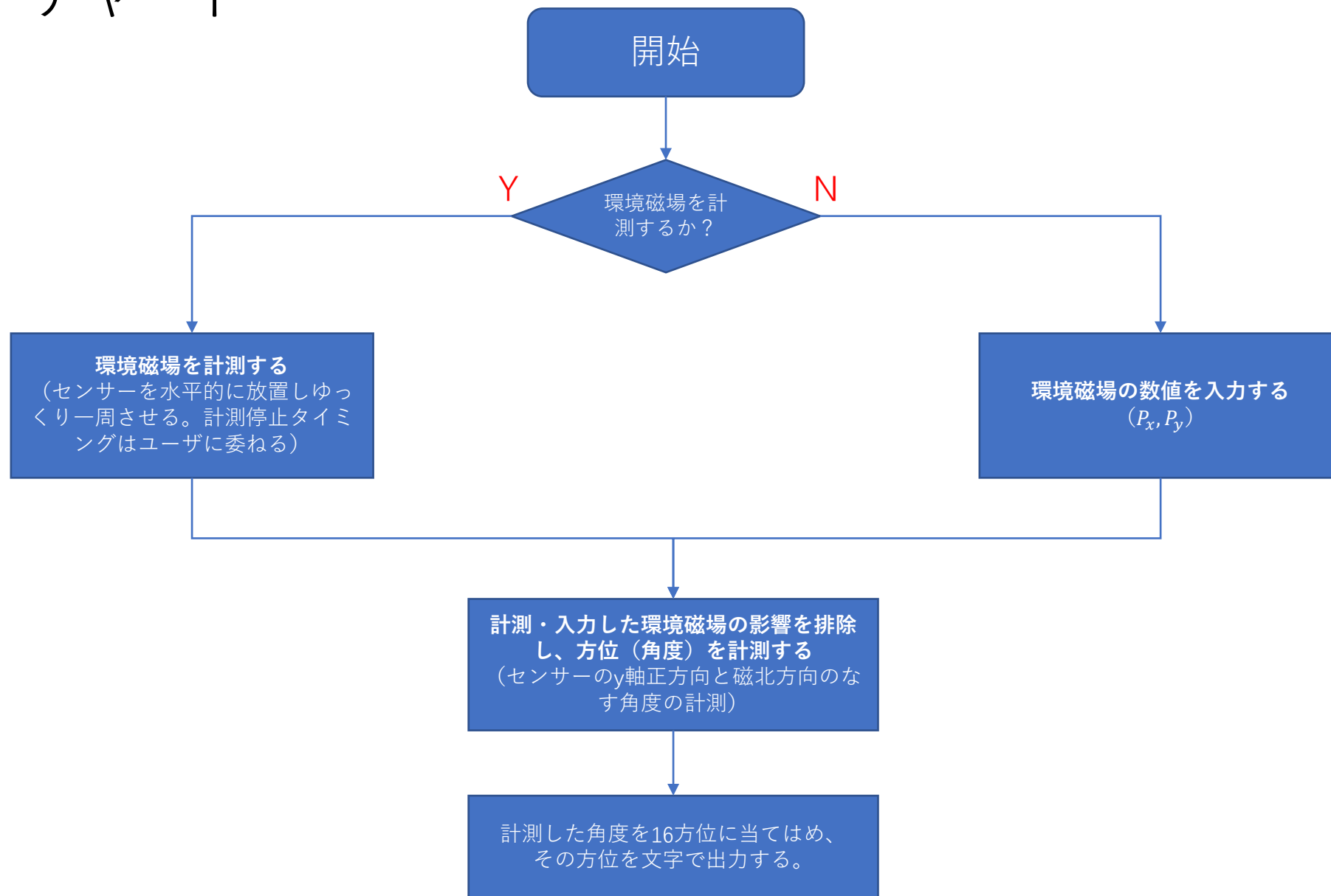
隣り合う方位のなす
角度の二等分線

[Refs]

<https://exam.fukuumedia.com/rika2-44/>

方位	角度（ラジアン/rad）	角度（degree/°）
北	$-\frac{1}{16}\pi < \theta \leq \frac{1}{16}\pi$	$-11.25 < \theta \leq 11.25$
北北西	$\frac{1}{16}\pi < \theta \leq \frac{3}{16}\pi$	$11.25 < \theta \leq 33.75$
北西	$\frac{3}{16}\pi < \theta \leq \frac{5}{16}\pi$	$33.75 < \theta \leq 56.25$
西北西	$\frac{5}{16}\pi < \theta \leq \frac{7}{16}\pi$	$56.25 < \theta \leq 78.75$
西	$\frac{7}{16}\pi < \theta \leq \frac{9}{16}\pi$	$78.75 < \theta \leq 101.25$
西南西	$\frac{9}{16}\pi < \theta \leq \frac{11}{16}\pi$	$101.25 < \theta \leq 123.75$
南西	$\frac{11}{16}\pi < \theta \leq \frac{13}{16}\pi$	$123.75 < \theta \leq 146.25$
南南西	$\frac{13}{16}\pi < \theta \leq \frac{15}{16}\pi$	$146.25 < \theta \leq 168.75$
南	$\theta > \frac{15}{16}\pi$ または $\theta \leq -\frac{15}{16}\pi$	$\theta > 168.75$ または $\theta \leq -168.75$
南南東	$-\frac{15}{16}\pi < \theta \leq -\frac{13}{16}\pi$	$-168.75 < \theta \leq -146.25$
南東	$-\frac{13}{16}\pi < \theta \leq -\frac{11}{16}\pi$	$-146.25 < \theta \leq -123.75$
東南東	$-\frac{11}{16}\pi < \theta \leq -\frac{9}{16}\pi$	$-123.75 < \theta \leq -101.25$
東	$-\frac{9}{16}\pi < \theta \leq -\frac{7}{16}\pi$	$-101.25 < \theta \leq -78.75$
東北東	$-\frac{7}{16}\pi < \theta \leq -\frac{5}{16}\pi$	$-78.75 < \theta \leq -56.25$
北東	$-\frac{5}{16}\pi < \theta \leq -\frac{3}{16}\pi$	$-56.25 < \theta \leq -33.75$
北北東	$-\frac{3}{16}\pi < \theta \leq -\frac{1}{16}\pi$	$-33.75 < \theta \leq -11.25$

フローチャート



実行時ログ（環境磁場を計測する場合）

本サンプルはSPRESENSE-SENSOR-EVK-701に内蔵する地磁気センサーBM1422GMVを利用し、地磁気センサーが測定したx軸とy軸方向の磁場の強さで簡易の方位を計測するサンプルです。サンプルを実行するとき、必ずセンサーを水平的に放置した上で作業を行ってください。

サンプルの実行手順:

1. 環境磁場の計測または入力
2. 環境磁場の計測または入力後、センサーを水平的に回し、方位を計測します

環境磁場を計測しますか？

[y]: Yes

[n]: No

環境磁場を計測します。センサーを水平的に放置し、ゆっくり一周回してください。

中止したい場合は「stop」を入力してください。

環境磁場の計測を停止しました。

Px: -35.60[μT], Py: -33.56[μT]

角度: -104.07°, 方位: 東南東

角度: -103.10°, 方位: 東南東

角度: -95.03°, 方位: 東

角度: -50.74°, 方位: 北東

角度: -46.54°, 方位: 北東

角度: -16.75°, 方位: 北北東

角度: 7.70°, 方位: 北

角度: 27.03°, 方位: 北北西

角度: 38.35°, 方位: 北西

角度: 45.11°, 方位: 北西

角度: 46.03°, 方位: 北西

角度: 41.44°, 方位: 北西

実行時ログ（環境磁場を入力する場合）

本サンプルはSPRESENSE-SENSOR-EVK-701に内蔵する地磁気センサーBM1422GMVを利用し、地磁気センサーが測定したx軸とy軸方向の磁場の強さで簡易の方位を計測するサンプルです。サンプルを実行するとき、必ずセンサーを水平的に放置した上で作業を行ってください。

サンプルの実行手順:

1. 環境磁場の計測または入力
2. 環境磁場の計測または入力後、センサーを水平的に回し、方位を計測します

環境磁場を計測しますか?

[y]: Yes

[n]: No

xy平面の環境磁場の強さを入力してください。（フォーマット: `xx.yy`。x, yは数字で、小数は入力しなくても可）

Px: -36.98[μ T]

Py: -35.60[μ T]

角度: 31.19°,	方位: 北北西
角度: 31.32°,	方位: 北北西
角度: 31.69°,	方位: 北北西
角度: 58.86°,	方位: 西北西
角度: 69.47°,	方位: 西北西
角度: 86.05°,	方位: 西
角度: 95.00°,	方位: 西
角度: 101.51°,	方位: 西南西
角度: 114.80°,	方位: 西南西
角度: 123.83°,	方位: 南西
角度: 130.28°,	方位: 南西
角度: 135.88°,	方位: 南西
角度: 79.19°,	方位: 西

Appendix

- 三軸データを利用する場合の方位計測
- 真北の計測
 - 所在地によって磁気偏角を調査する必要があるため、室外の場合、SpresenseのGNSS機能を利用し便利な磁気偏角を取得する方法が考えられます。