

室戸岬沖、釧路・十勝沖システム中継器型海底地震計の
 3成分（上下、南北、東西）値の算出方法について

室戸岬沖、釧路・十勝沖「海底地震総合観測システム」の中継器型（インライン型）海底地震計について、生データ3成分（X,Y,Z成分）から、上下、南北、東西の3成分データを算出するための関係式を以下に示す。

海底地震計の生データ低感度3成分を、それぞれ x , y , z とする。

当該地震計は加速度計であるため、生データの各成分について、任意の時間の平均値をとることにより、重力加速度の各成分が得られる^(注1)。

この各成分を、それぞれ g_x , g_y , g_z とし、重力加速度の絶対値を g とする。

$$\text{即ち、 } g = \sqrt{g_x^2 + g_y^2 + g_z^2}。$$

また、地震計のX軸の正の向きの方角（北から時計回り）を α とする。

上下、南北、東西の3成分をそれぞれ、 u , n , e （それぞれ、上、北、東が正）とすると、 x , y , z から下記の関係式で算出される。

なお、釧路・十勝沖システムと室戸岬沖システムでは、生データの座標系が右手系と左手系で異なっているため、関係式を個別に示す。

(1) 釧路・十勝沖システムの場合

$$\begin{pmatrix} u \\ n \\ e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{g_x}{g} & -\frac{g_y}{g} & -\frac{g_z}{g} \\ \frac{\sqrt{g_y^2 + g_z^2}}{g} \cos \alpha & -\frac{g_x g_y \cos \alpha + g g_z \sin \alpha}{g \sqrt{g_y^2 + g_z^2}} & -\frac{g_x g_z \cos \alpha + g g_y \sin \alpha}{g \sqrt{g_y^2 + g_z^2}} \\ \frac{\sqrt{g_y^2 + g_z^2}}{g} \sin \alpha & \frac{g g_z \cos \alpha - g_x g_y \sin \alpha}{g \sqrt{g_y^2 + g_z^2}} & -\frac{g g_y \cos \alpha + g_x g_z \sin \alpha}{g \sqrt{g_y^2 + g_z^2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

ここで、X軸の方角 α (度)は、次のとおり。(2008年8月現在)

OBS1 (M.KOB1): 63.82

OBS2 (M.KOB2): 350.69

OBS3 (M.KOB1): 302.53

なお、 u に g を加えることにより、上下動成分から重力加速度分のオフセットが除去される。

また、高感度3成分についても同様。但し、高感度3成分の生データは、直流成分

^{注1} 平均化により得られる重力加速度にも、平均化時間に依存した時間変動がある。従って、平均化時間は目的に応じて設定する必要がある。

が除去されているので、 g_x , g_y , g_z は低感度 3 成分により得た値を用いること。

(2) 室戸岬沖システムの場合

$$\begin{pmatrix} u \\ n \\ e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{g_x}{g} & -\frac{g_y}{g} & -\frac{g_z}{g} \\ \frac{\sqrt{g_y^2 + g_z^2}}{g} \cos \alpha & \frac{-g_x g_y \cos \alpha - g g_z \sin \alpha}{g \sqrt{g_y^2 + g_z^2}} & \frac{-g_x g_z \cos \alpha - g g_y \sin \alpha}{g \sqrt{g_y^2 + g_z^2}} \\ \frac{\sqrt{g_y^2 + g_z^2}}{g} \sin \alpha & \frac{-g g_z \cos \alpha - g_x g_y \sin \alpha}{g \sqrt{g_y^2 + g_z^2}} & + \frac{g g_y \cos \alpha - g_x g_z \sin \alpha}{g \sqrt{g_y^2 + g_z^2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

ここで、X軸の方位角 α (度) は、次のとおり。(2008 年 8 月現在)

OBS1 (M.MOB1) : 130.0

OBS2 (M.MOB2) : 137.64

釧路・十勝沖システムと同様、 u に g を加えることにより、上下動成分から重力加速度分のオフセットが除去される。

また、釧路・十勝沖システムと同様、高感度 3 成分については直流成分が除去されているので、 g_x , g_y , g_z は低感度 3 成分により得た値を用いること。

以下に WIN チャネル番号と各成分との対応を示す。(n, e, u は、修正後の対応予定。記載順に注意。)

システム	感度	観測点	x	y	z	n	e	u
釧路・十勝沖システム	低感度	OBS1(M.KOB1)	CD20	CD21	CD22	CD80	CD81	CD82
		OBS2(M.KOB2)	CD23	CD24	CD25	CD83	CD84	CD85
		OBS3(M.KOB3)	CD26	CD27	CD28	CD86	CD87	CD88
	高感度	OBS1(M.KOB1)	CD29	CD2A	CD2B	CD89	CD8A	CD8B
		OBS2(M.KOB2)	CD2C	CD2D	CD2E	CD8C	CD8D	CD8E
		OBS3(M.KOB3)	CD2F	CD30	CD31	CD8F	CD90	CD91
室戸岬沖システム	低感度	OBS1(M.MOB1)	CD00	CD01	CD02	CD70	CD71	CD72
		OBS2(M.MOB2)	CD03	CD04	CD05	CD73	CD74	CD75
	高感度	OBS1(M.MOB1)	CD06	CD07	CD08	CD76	CD77	CD78
		OBS2(M.MOB2)	CD09	CD0A	CD0B	CD79	CD7A	CD7B

以上

室戸岬沖、釧路・十勝沖システム中継器型 OBS の座標変換方法

室戸岬沖および釧路・十勝沖「海底地震総合観測システム」のインライン型（中継器型）OBS の座標変換方法について、地理座標系座標軸への正射影を用いた方法について、以下に示す。

耐圧筐体固定の座標系（加速度計各成分）を
X軸（長軸*1）、Y軸（短軸）、Z軸（短軸）とする。

また、各軸方向の単位ベクトルをそれぞれ、

e_x 、 e_y 、 e_z
とする。

*1：室戸岬沖システムでは海側が X 軸正の左手系、釧路・十勝沖システムでは陸側が X 軸正の右手系であることに注意。WEB(<http://www.jamstec.go.jp/scdc/>)や完成図書等に記載された設置方位角「ポジションリストによる地震計の方位」は、-側給電（青マーク：陸側）から+側給電（赤マーク：海側）の方向の方位角を示している。

(1) 釧路・十勝沖システムの場合

以下では、まず釧路・十勝沖システムを対象とし、右手系で記述する。ただし、X 軸の方位角 α は、北から時計回りに測った X 軸の角度とする。

上下動成分（上が正）、南北動成分（北が正）、東西動成分（東が正）

各軸方向の単位ベクトルをそれぞれ、

e_{UD} 、 e_{NS} 、 e_{EW}
とする。

重力加速度： g 、同ベクトル： \mathbf{g} とし、

同ベクトルの XYZ 成分をそれぞれ、

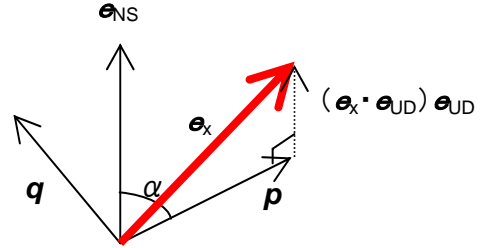
g_x 、 g_y 、 g_z

とすると、 $g = \sqrt{g_x^2 + g_y^2 + g_z^2}$

上下動成分の単位ベクトル \mathbf{e}_{UD} は、
 $\mathbf{e}_{UD} = -\mathbf{g}/g = (-g_x/g, -g_y/g, -g_z/g)$

\mathbf{e}_x の水平面への正射影ベクトルを \mathbf{p} とする。

$$\begin{aligned} \mathbf{p} &= \mathbf{e}_x - (\mathbf{e}_x \cdot \mathbf{e}_{UD}) \mathbf{e}_{UD} \\ &= \mathbf{e}_x + g_x/g \mathbf{e}_{UD} \\ &= \left(1 - \frac{g_x^2}{g^2}, -\frac{g_x g_y}{g^2}, -\frac{g_x g_z}{g^2} \right) \\ &= \left(\frac{g_y^2 + g_z^2}{g^2}, -\frac{g_x g_y}{g^2}, -\frac{g_x g_z}{g^2} \right) \end{aligned}$$



水平面内で \mathbf{p} に直交するベクトル (X 軸が北向きの時西向き) を \mathbf{q} とする。

$$\begin{aligned} \mathbf{q} &= \mathbf{e}_{UD} \times \mathbf{p} = \mathbf{e}_{UD} \times \mathbf{e}_x \\ &= (0, -g_z/g, g_y/g) \end{aligned}$$

ここで、 \times は右手系の外積を示す。

X 軸 (を水平面に投影したベクトル \mathbf{p}) が北となす角 (方位角) を α とする。

南北動成分 (北向き) の単位ベクトル \mathbf{e}_{NS} は、

$$\mathbf{e}_{NS} = \cos \alpha \frac{\mathbf{p}}{|\mathbf{p}|} + \sin \alpha \frac{\mathbf{q}}{|\mathbf{q}|}$$

ここで、 $|\mathbf{p}| = |\mathbf{q}| = \frac{\sqrt{g_y^2 + g_z^2}}{g}$ であるから、

$$\begin{aligned} \mathbf{e}_{NS} &= \cos \alpha \frac{\mathbf{p}}{|\mathbf{p}|} + \sin \alpha \frac{\mathbf{q}}{|\mathbf{q}|} \\ &= \left(\frac{\sqrt{g_y^2 + g_z^2}}{g} \cos \alpha, -\frac{g_x g_y \cos \alpha + g g_z \sin \alpha}{g \sqrt{g_y^2 + g_z^2}}, \frac{-g_x g_z \cos \alpha + g g_y \sin \alpha}{g \sqrt{g_y^2 + g_z^2}} \right) \end{aligned}$$

従って、東西動成分（東向き）の単位ベクトル \mathbf{e}_{EW} は、

$$\mathbf{e}_{EW} = \mathbf{e}_{NS} \times \mathbf{e}_{UD}$$

$$= \left(\frac{\sqrt{g_y^2 + g_z^2}}{g} \sin \alpha, \frac{g g_z \cos \alpha - g_x g_y \sin \alpha}{g \sqrt{g_y^2 + g_z^2}}, -\frac{g g_y \cos \alpha + g_x g_z \sin \alpha}{g \sqrt{g_y^2 + g_z^2}} \right)$$

上下、南北、東西の各成分は、XYZ 座標系で得られるベクトルと、それぞれ \mathbf{e}_{UD} 、 \mathbf{e}_{NS} 、 \mathbf{e}_{EW} ベクトルとの内積を取ることで得られる。

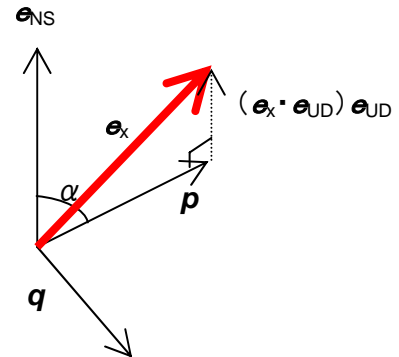
(2) 室戸岬沖システムの場合

次に室戸岬沖システム（**左手系**）の場合、
水平面内で \mathbf{p} に直交するベクトル（X 軸が北向きの時**東向き**） \mathbf{q} は、

$$\begin{aligned} \mathbf{q} &= \mathbf{e}_{UD} \times \mathbf{p} = \mathbf{e}_{UD} \times \mathbf{e}_x \\ &= (0, -g_z/g, g_y/g) \end{aligned}$$

ここで、 \times は**左手系**の外積を示す。

X 軸（を水平面に投影したベクトル \mathbf{p} ）が北となす角（方位角）： α



$$\mathbf{e}_{NS} = \cos \alpha \frac{\mathbf{p}}{|\mathbf{p}|} - \sin \alpha \frac{\mathbf{q}}{|\mathbf{q}|}$$

$$|\mathbf{p}| = |\mathbf{q}| = \frac{\sqrt{g_y^2 + g_z^2}}{g}$$

$$\mathbf{e}_{NS} = \cos \alpha \frac{\mathbf{p}}{|\mathbf{p}|} - \sin \alpha \frac{\mathbf{q}}{|\mathbf{q}|}$$

$$= \left(\frac{\sqrt{g_y^2 + g_z^2}}{g} \cos \alpha, -\frac{g_x g_y \cos \alpha - g g_z \sin \alpha}{g \sqrt{g_y^2 + g_z^2}}, \frac{-g_x g_z \cos \alpha - g g_y \sin \alpha}{g \sqrt{g_y^2 + g_z^2}} \right)$$

従って、東西動成分（東向き）の単位ベクトル \mathbf{e}_{EW} は、 \times が左手系の外積であることに注意して、

$$\mathbf{e}_{EW} = -\mathbf{e}_{NS} \times \mathbf{e}_{UD}$$

$$= \left(\frac{\sqrt{g_y^2 + g_z^2}}{g} \sin \alpha, \frac{-g g_z \cos \alpha - g_x g_y \sin \alpha}{g \sqrt{g_y^2 + g_z^2}}, + \frac{g g_y \cos \alpha - g_x g_z \sin \alpha}{g \sqrt{g_y^2 + g_z^2}} \right)$$

釧路・十勝沖システムの場合と同様、上下、南北、東西の各成分は、XYZ座標系で得られるベクトルと、それぞれ上記 \mathbf{e}_{UD} 、 \mathbf{e}_{NS} 、 \mathbf{e}_{EW} ベクトルとの内積を取ることにより得られる。

(3) X軸の方位角

上記で使用するX軸の方位角 α (度)は、以下の通りである。(2008年8月現在)

釧路・十勝沖システム

OBS1: 63.82

OBS2: 350.69

OBS3: 302.53

室戸岬沖システム

OBS1: 130.0

OBS2: 137.64

以上