

// Data mode : Quaternion データモード: Full, Standard, Quaternionから選択
 // Transmission speed : 50Hz 通信速度: 100Hz, 50Hzから選択
 // Accelerometer sensor's range : 2g 加速度のレンジ: 2g, 4g, 8g, 16gから選択(※1)
 // Gyroscope sensor's range : 2000dps 角速度のレンジ: 250dps, 500dps, 1000dps, 2000dps から選択(※2)

アーチファクト (※2)	データ番号	時間 (※3)	クォータニオンデータ(解像度は16bit) (※4)			
//ARTIFACT NUM	DATE		QUATERN	QUATERN	QUATERN	QUATERNION_Z
1	2016/03/31 01:43:15.960	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71376003	
2	2016/03/31 01:43:15.980	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71389251	
3	2016/03/31 01:43:16.000	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71372223	
4	2016/03/31 01:43:16.020	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71358145	
5	2016/03/31 01:43:16.040	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71358869	
6	2016/03/31 01:43:16.060	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71362133	
7	2016/03/31 01:43:16.080	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71371998	
8	2016/03/31 01:43:16.100	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71369854	
9	2016/03/31 01:43:16.120	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71371246	
10	2016/03/31 01:43:16.140	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71354801	
11	2016/03/31 01:43:16.160	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71364318	
12	2016/03/31 01:43:16.180	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71353910	
13	2016/03/31 01:43:16.200	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71362061	
14	2016/03/31 01:43:16.220	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71357184	
15	2016/03/31 01:43:16.240	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71329657	
16	2016/03/31 01:43:16.260	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71329306	
17	2016/03/31 01:43:16.280	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71351626	
18	2016/03/31 01:43:16.300	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71354799	
19	2016/03/31 01:43:16.320	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71364509	
20	2016/03/31 01:43:16.340	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71364709	
21	2016/03/31 01:43:16.360	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71368464	
22	2016/03/31 01:43:16.380	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71340567	
23	2016/03/31 01:43:16.400	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71347655	
24	2016/03/31 01:43:16.420	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71343378	
25	2016/03/31 01:43:16.440	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71348438	
26	2016/03/31 01:43:16.460	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71343383	
27	2016/03/31 01:43:16.480	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71343896	
28	2016/03/31 01:43:16.500	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71344686	
29	2016/03/31 01:43:16.520	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71346703	
30	2016/03/31 01:43:16.540	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71369423	
31	2016/03/31 01:43:16.560	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71374157	
32	2016/03/31 01:43:16.580	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71378813	
33	2016/03/31 01:43:16.600	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71376759	
34	2016/03/31 01:43:16.620	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71370595	
35	2016/03/31 01:43:16.640	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71370894	
36	2016/03/31 01:43:16.660	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71352120	
37	2016/03/31 01:43:16.680	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71368145	
38	2016/03/31 01:43:16.700	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71378712	
39	2016/03/31 01:43:16.720	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71369585	
40	2016/03/31 01:43:16.740	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71387922	
41	2016/03/31 01:43:16.760	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71394400	
42	2016/03/31 01:43:16.780	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71400887	
43	2016/03/31 01:43:16.800	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71387623	
44	2016/03/31 01:43:16.820	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71366899	
45	2016/03/31 01:43:16.840	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71350357	

補足説明

- ※1 クォータニオンの場合は選択による影響なし。
- ※2 アーチファクトがソフトウェア側で入力されると該当時間にString型の「x」が入る。
- ※3 情報としては以下の粒度で取得される。
 【2015/08/28 05:40:48.74】
 日時、時間、分、秒(100分の1秒まで)
 重要: エクセルのセル表記設定次第では10分の1秒までしか表示されないなどあり。
 設定を変更すれば直せる。
- ※4 Quaternion はベクトルと考えることで、和、スカラー倍が定義できます。

$q=(x,y,z,w)=xi+yj+zk+w=((x,y,z),w)=(v,w)$
 和: $q1+q2=(v1+v2,w1+w2)$
 スカラー倍: $kq=(kv,kw)$
 積: $q1q2=(v1 \times v2+w2v1+w1v2,w1w2-v1 \cdot v2)$

また、ある Quaternion qq に対して共役 Quaternion $q*q^*$ を、「実部のみもとの Quaternion と同じで虚部がもとの値のマイナスのもの」と定義します。

$$q^*=(-x,-y,-z,w)=(-v,w)=-xi-yj-zk+wq^*=(-x,-y,-z,w)=(-v,w)=-xi-yj-zk+w$$

すると、Quaternion とその共役 Quaternion との積はスカラーになり、Quaternion のノルム(長さ)の2乗になります(虚部が0の Quaternion は実数と同一視します)。

$$|q|^2=qq^*=x^2+y^2+z^2+w^2 \quad |q|=x^2+y^2+z^2+w^2$$

点の回転を Quaternion で回転を表現するためには、3次元の点と Quaternion の演算を定義しなければなりません。

3次元の点PP を4次元同次ベクトルで表し、それを Quaternion で表現する場合、「積」の規則を使ってQuaternion qq に対応する $P \rightarrow P'P \rightarrow P'$ の変換TT を次のように定義します。

$$p'=T(p)=qpq-1 \quad p'=T(p)=qpq-1$$

これで、点と Quaternion の演算が可能になります。実際に単位 Quaternion qq と点PP について前の変換を計算すると、

$$q=(v \sin \theta, \cos \theta), p=(u,w) \quad w \in R, u,v \in R^3, |v|=1 \quad q=(v \sin \theta, \cos \theta), p=(u,w) \quad w \in R, u,v \in R^3, |v|=1$$

として、 $p'=qpq-1p'=qpq-1$ と積の計算を行うと、

$$p'=qpq-1=(-\sin 2\theta v \times u \times v + \cos 2\theta u - 2 \sin \theta \cos \theta u \times v + \sin 2\theta (u \cdot v)v, w) \quad p'=qpq-1=(-\sin 2\theta v \times u \times v + \cos 2\theta u - 2 \sin \theta \cos \theta u \times v + \sin 2\theta (u \cdot v)v, w)$$

となります。ここから、 $P'P'$ はベクトル vv を軸として点PP を 2θ 回転したのになっていることを示すと、

uu を vv と平行な成分 $u \parallel u \parallel$ と v と直交する成分 $u \perp u \perp$ との2つのベクトルの和であると考えます。

$$p=(u \parallel + u \perp, w) \quad p=(u \parallel + u \perp, w)$$

ここで、 $u \parallel, u \perp u \parallel, u \perp$ は次のように求められます。

$$u \parallel = (u \cdot v)v \quad u \perp = u - u \parallel \quad u \parallel = (u \cdot v)v \quad u \perp = u - u \parallel$$

46	2016/03/31	01:43:16.860	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71355888
47	2016/03/31	01:43:16.880	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71360232
48	2016/03/31	01:43:16.900	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71340704
49	2016/03/31	01:43:16.920	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71336472
50	2016/03/31	01:43:16.940	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71330262
51	2016/03/31	01:43:16.960	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71327166
52	2016/03/31	01:43:16.980	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71340944
53	2016/03/31	01:43:17.000	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71344313
54	2016/03/31	01:43:17.020	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71321352
55	2016/03/31	01:43:17.040	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71338624
56	2016/03/31	01:43:17.060	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71309185
57	2016/03/31	01:43:17.080	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71312247
58	2016/03/31	01:43:17.100	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71307495
59	2016/03/31	01:43:17.120	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71305946
60	2016/03/31	01:43:17.140	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71302155
61	2016/03/31	01:43:17.160	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71286519
62	2016/03/31	01:43:17.180	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71298531
63	2016/03/31	01:43:17.200	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71296946
64	2016/03/31	01:43:17.220	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71298393
65	2016/03/31	01:43:17.240	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71302289
66	2016/03/31	01:43:17.260	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71283759
67	2016/03/31	01:43:17.280	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71300624
68	2016/03/31	01:43:17.300	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71293548
69	2016/03/31	01:43:17.320	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71304795
70	2016/03/31	01:43:17.340	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71300910
71	2016/03/31	01:43:17.360	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71307502
72	2016/03/31	01:43:17.380	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71303438
73	2016/03/31	01:43:17.400	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71311563
74	2016/03/31	01:43:17.420	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71315182
75	2016/03/31	01:43:17.440	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71332189
76	2016/03/31	01:43:17.460	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71329512
77	2016/03/31	01:43:17.480	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71327335
78	2016/03/31	01:43:17.500	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71304475
79	2016/03/31	01:43:17.520	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71283196
80	2016/03/31	01:43:17.540	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71268225
81	2016/03/31	01:43:17.560	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71259459
82	2016/03/31	01:43:17.580	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71279311
83	2016/03/31	01:43:17.600	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71272423
84	2016/03/31	01:43:17.620	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71283794
85	2016/03/31	01:43:17.640	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71282261
86	2016/03/31	01:43:17.660	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71301189
87	2016/03/31	01:43:17.680	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71279931
88	2016/03/31	01:43:17.700	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71274878
89	2016/03/31	01:43:17.720	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71272249
90	2016/03/31	01:43:17.740	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71252563
91	2016/03/31	01:43:17.760	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71255566
92	2016/03/31	01:43:17.780	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71257669
93	2016/03/31	01:43:17.800	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71245452
94	2016/03/31	01:43:17.820	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71252746
95	2016/03/31	01:43:17.840	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71242031
96	2016/03/31	01:43:17.860	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71253192
97	2016/03/31	01:43:17.880	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71263485
98	2016/03/31	01:43:17.900	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71253093
99	2016/03/31	01:43:17.920	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71258354
100	2016/03/31	01:43:17.940	-2.7E+07	-6.1E+08	-8.8E+08	71291133

$u_{//}, u_{\perp}, u_{//}, u_{\perp}$ はその定義から、次のような性質があります。

$$v \times u_{//} = u_{//} \times v = 0, v \cdot u_{\perp} = 0, v \times u_{\perp} = v \times u_{\perp}, u_{//} \times v = 0, v \cdot u_{\perp} = 0, v \times u_{\perp} = v \times u_{\perp}$$

$$\begin{aligned} p' &= qq^{-1} = (-\sin 2\theta v \times u + \cos 2\theta u - 2\sin \theta \cos \theta u \times v + \sin 2\theta (u \cdot v)v, w) \\ &= (-\sin 2\theta v \times (u_{//} + u_{\perp}) + \cos 2\theta (u_{//} + u_{\perp}) - 2\sin \theta \cos \theta (u_{//} + u_{\perp}) \times v + \sin 2\theta ((u_{//} + u_{\perp}) \cdot v)v, w) \\ &= (-\sin 2\theta v \times u_{\perp} + \cos 2\theta (u_{//} + u_{\perp}) - 2\sin \theta \cos \theta u_{\perp} \times v + \sin 2\theta u_{//}, w) = (-\sin 2\theta u_{\perp} + \cos 2\theta u_{\perp} - 2\sin \theta \cos \theta u_{\perp} \times v + (\cos 2\theta + \sin 2\theta)u_{//}, w) \\ &= (u_{//} + \cos 2\theta u_{\perp} + \sin 2\theta v \times u_{\perp}, w) \\ p' &= qq^{-1} = (-\sin 2\theta v \times u + \cos 2\theta u - 2\sin \theta \cos \theta u \times v + \sin 2\theta (u \cdot v)v, w) \\ &= (-\sin 2\theta v \times (u_{//} + u_{\perp}) + \cos 2\theta (u_{//} + u_{\perp}) - 2\sin \theta \cos \theta (u_{//} + u_{\perp}) \times v + \sin 2\theta ((u_{//} + u_{\perp}) \cdot v)v, w) \\ &= (-\sin 2\theta v \times u_{\perp} + \cos 2\theta (u_{//} + u_{\perp}) - 2\sin \theta \cos \theta u_{\perp} \times v + \sin 2\theta u_{//}, w) = (-\sin 2\theta u_{\perp} + \cos 2\theta u_{\perp} - 2\sin \theta \cos \theta u_{\perp} \times v + (\cos 2\theta + \sin 2\theta)u_{//}, w) \\ &= (u_{//} + \cos 2\theta u_{\perp} + \sin 2\theta v \times u_{\perp}, w) \end{aligned}$$

という式に置きかえることができます。(計算途中で三角関数の2倍角の公式を使用)
 $v \times u_{\perp}, v \times u_{\perp}$ は、 v と u_{\perp} の両方に直交し、 u_{\perp} と同じ長さのベクトルになります。

この式を見ると、 u の v 軸に平行成分はそのままにして、垂直成分のみを軸の回りに 2θ 回転させていることが分かります。

すなわち、単位ベクトル $v = (v_x, v_y, v_z) = (v_x, v_y, v_z)$ 回りの θ 回転を表す Quaternion q は、 $\theta = 2\theta = 2\theta$ と置けば、

$$q = (v_x \sin \theta / 2, v_y \sin \theta / 2, v_z \sin \theta / 2, \cos \theta / 2) = (\sin \theta / 2, v, \cos \theta / 2)$$