風速計の回転処理に関する考察

玉川一郎 *

平成 12 年 5 月 10 日

1 処理の概要

GAME-Tibet の Amdo 観測点のデータの長周期変動を解析するために、適切な w 成分を計算すべく、回転補正を行う。

- まず、観測された $(u,\, v,\, w)$ を傾斜計のデータを用い水平、鉛直に軸を合わせる。
- 30 分 (1run) のデータの平均値 $(\overline{u},\, \overline{v},\, \overline{w})$ を求める。但し、その run 中に風速計を動かしているデータは除く。(`tibet/prog/calc_angle/Uvw/`)
- その平均風のデータを用いて、もっともそのデータが良く乗る平面を `tibet/prog/calc_angle/FindAngl/find_angle.c` で計算する。

2 具体的な計算

風速計が同じ方向を向いている間の各 run の平均風速 (正しい鉛直水平を向いたもの) を $(u_i,\, v_i,\, w_i)$ とする。平面

$$au + bv + cw = d \tag{1}$$

と点 $(u_i,\, v_i,\, w_i)$ との距離の 2 乗和

$$\sum_i \frac{(au_i + bv_i + cw_i + d)^2}{a^2 + b^2 + c^2} \tag{2}$$

が最小になるように、最小自乗法を simplex 法を用いて (非線型なので) 行う。この時、平面の表し方に両辺定数倍の自由度が残って解が不定であるので、$c = 1$ と固定する。

その結果得られた、(a,b,c,d) より、 $l = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$ として、変換行列 $R = r_{i,j}\ (i, j = 0, 1, 2)$ を以下のようにする。

*岐阜大学工学部

$$\mathbf{u}' = u'\mathbf{i}' + v'\mathbf{j}' + w'\mathbf{k}' = R\mathbf{u} = R(u\mathbf{i} + v\mathbf{j} + w\mathbf{w}) \tag{3}$$

R の各成分は、以下のように計算される。まず、$\mathbf{k}'$ は、(a, b, c) に平行なので、

$$r_{2,0} = k'_u = \frac{a}{l} \tag{4}$$

$$r_{2.1} = k'_v = \frac{b}{l} \tag{5}$$

$$r_{2,2} = k'_w = \frac{c}{l} \tag{6}$$

そうすると、$\mathbf{j}'$ は、直交条件より $\mathbf{k}'$ に平行な成分を取り除くだけにして $\mathbf{j}' = \mathbf{j} - (\mathbf{j}, \mathbf{k}')\,\mathbf{k}'$ なので

$$r_{1,0} = j'_u = \frac{-r_{2,1}r_{2,0}}{l_1} \tag{7}$$

$$r_{1,1} = j'_v = \frac{1 - r_{2,1}r_{2,1}}{l_1} \tag{8}$$

$$r_{1,2} = j'_w = \frac{-r_{2,1}r_{2,2}}{l_1} \tag{9}$$

ここで、l_1 は規格化因子で、各式の分母の 2 乗和のルートである。

また $\mathbf{i}' = \mathbf{j}' \times \mathbf{k}'$ より

$$r_{0,0} = i'_u = r_{1,1}r_{2,2} - r_{1,2}r_{2,1} \tag{10}$$

$$r_{0,1} = i'_v = r_{1,2}r_{2,0} - r_{1,0}r_{2,2} \tag{11}$$

$$r_{0,2} = i'_w = r_{1,0}r_{2,1} - r_{1,1}r_{2,0} \tag{12}$$

となり、無風時の風速と平面との距離、つまり風速計のシフトの面に垂直な成分は $\frac{d}{l}$ で表される。

3 結果

Fig.1 は、通常良く行われる座標回転との比較である。

通常の座標回転とは、各 run 毎に平均の w が 0 になるように、水平平均流方向と鉛直方向を含む面内で回転することである。今回の平面近似による回転の同方向成分との比較を行った。

Fig.2 は、今回の座標回転を行った後に残った各 run の $\overline{w}$ と、回転前の $\overline{w}$ を年の初めからの時刻 (日) を横軸に、時系列で示したものである。また、Fig.3 は、回転の前後での 各 run の $\overline{w}$ の比較である。当然小さくなっている。

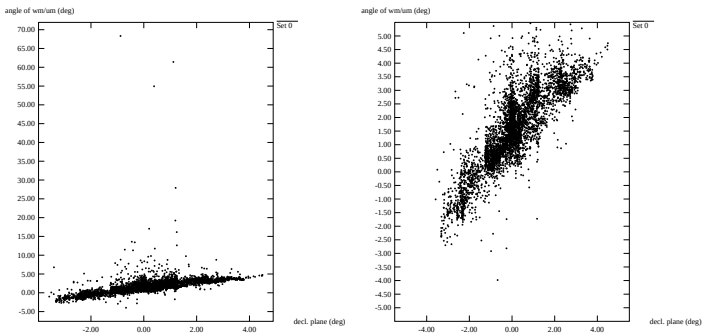

図 1: 通常の座標回転との比較

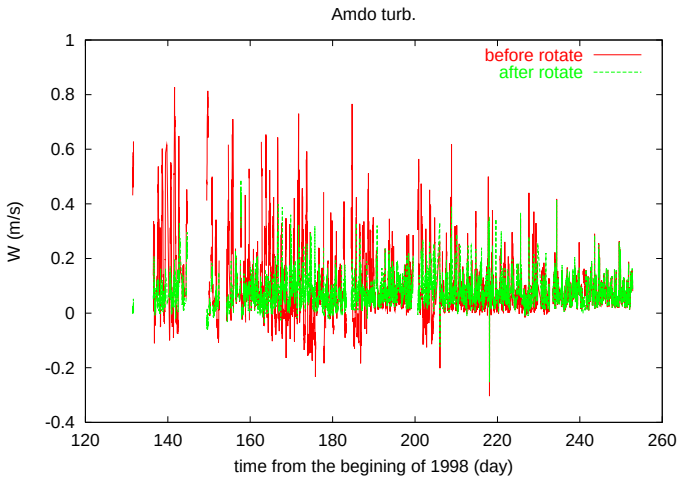

図 2: 座標回転の前と後の 各 run 毎の平均の w の 時系列。座標回転は、風速計の向きが変わらない期間を単位に行った。

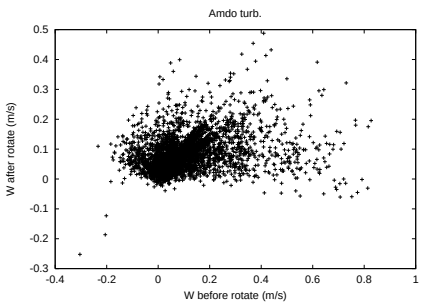

図 3: 座標回転の前と後の 各 run 毎の平均の w の比較