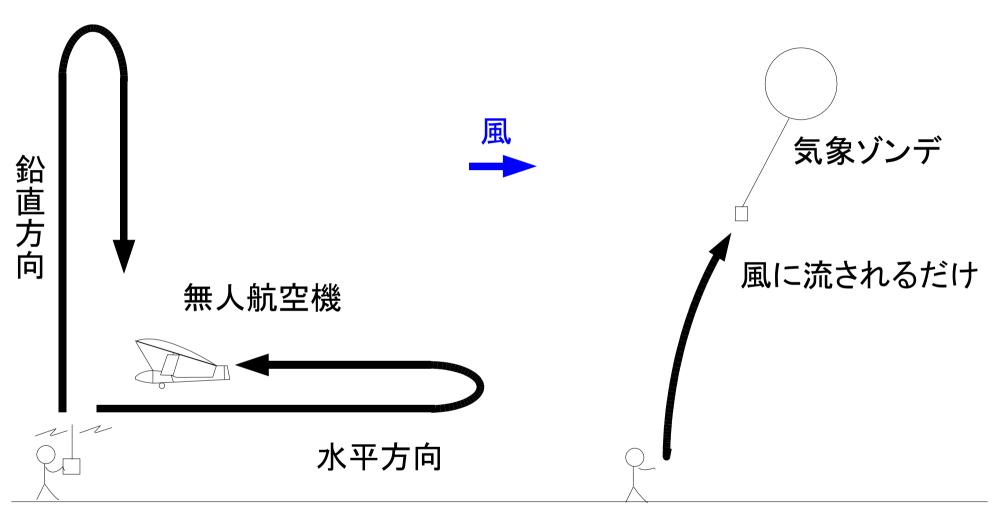
カイトプレーンによる測風

福岡大学地球圏科学科 尾塚 馨一

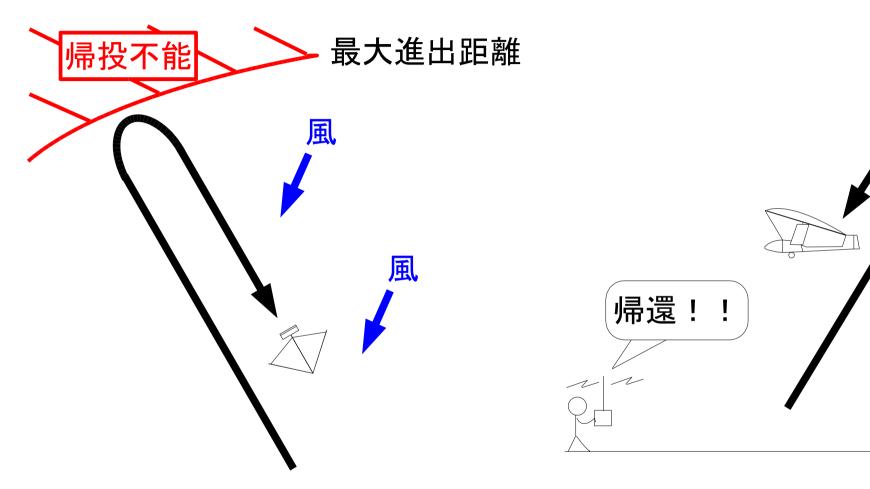
測風の意義1 ~気象要素としての利用~



無人航空機を用いることにより、任意の場所で時間的、空間的な分解能の高い観測が行うことができる.

カイトプレーンによる観測の場合、エアロゾル、気温、湿度の情報が加わる

測風の意義2 ~航法 安全な飛行のために~



例1:最大進出距離の計算

風,飛行速度,燃料残量から最大進出距離を算出.

例2:強風への警戒

機体が大きく流されてしまうような強風に遭遇した場合、帰還を指示

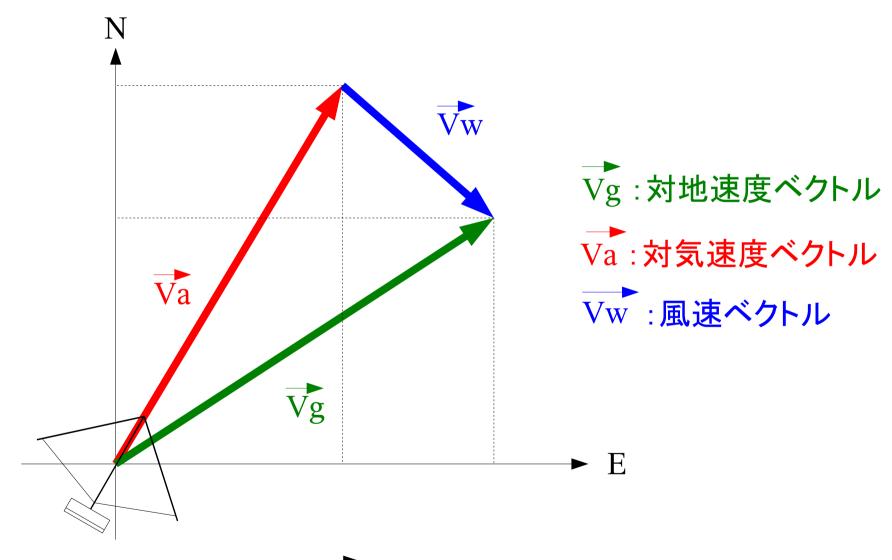
強風

無人航空機を用いた測風法

風力三角形を用いた方法

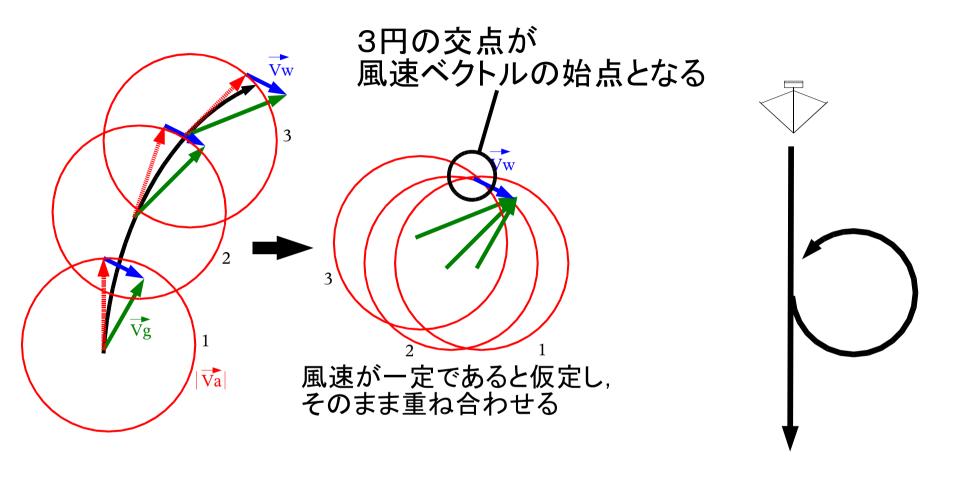
3円交点法

風力三角形を用いた方法



対気速度ベクトル(Va)の方向を正確に測定する必要がある

3円交点法 vaの方向を必要としない方法



得られた風速は平均値時間分解能に劣る.

直線飛行中に計測できない



長距離飛行に不利(燃料・時間・電力)

目的

風力三角形を用いた測風法を採用し 直線飛行中における

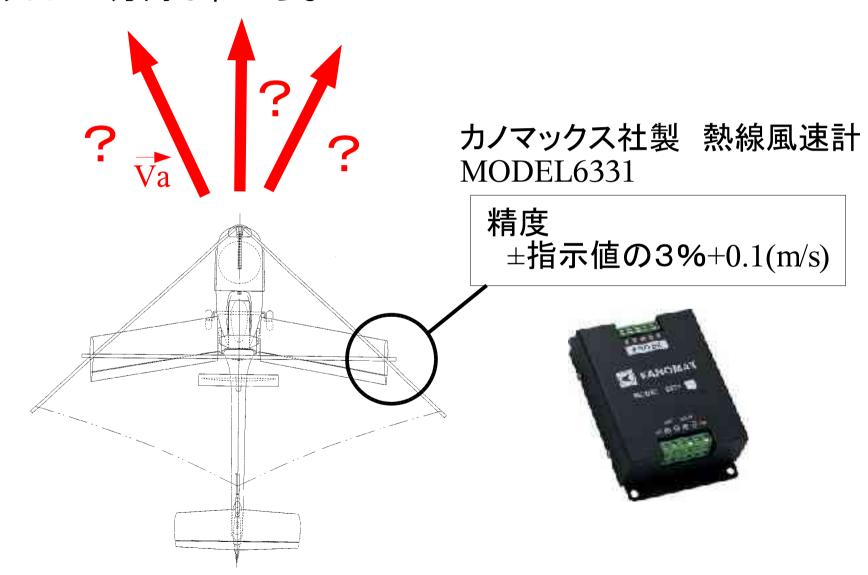
時間分解能の高い測風について検討する



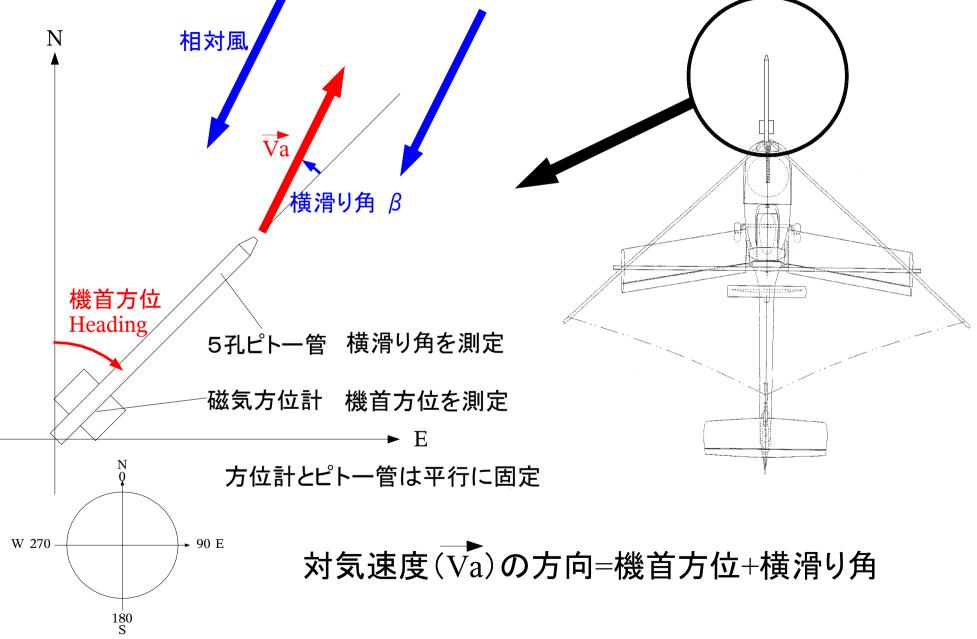
対気速度ベクトル(Va)の方向の測定が課題

対気速度ベクトル(Va)の測定

対気速度ベクトルの大きさは<mark>熱線風速計</mark>によって簡単に得られるが、 ベクトルの方向はわからない.

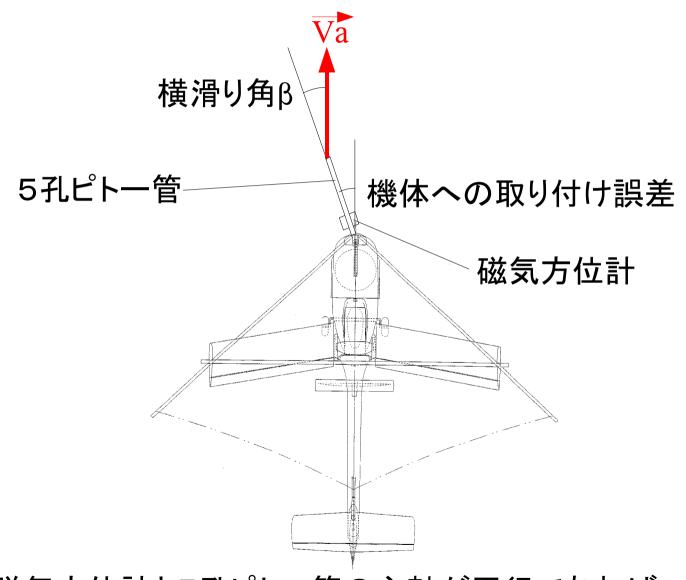


対気速度ベクトル(Va)の方向



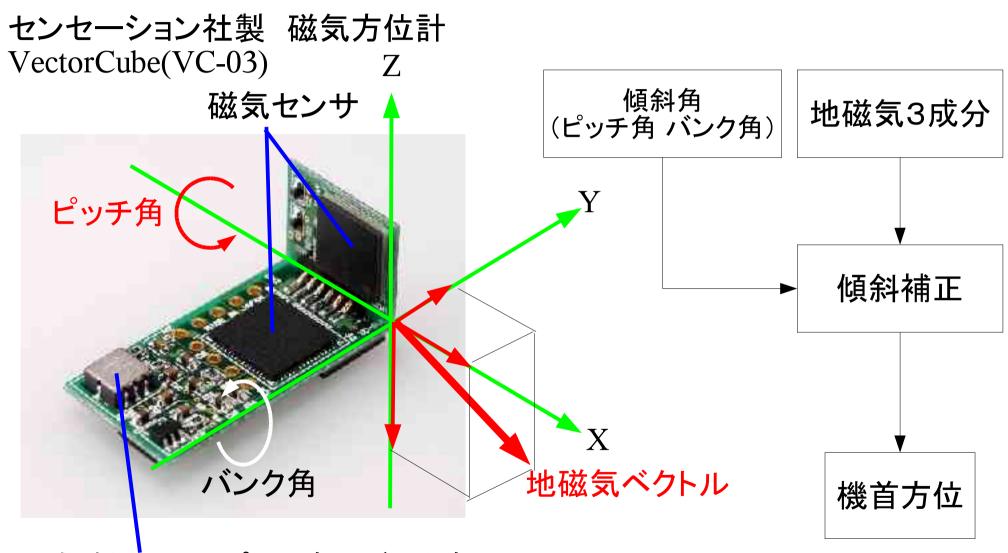
方位角の定義

取り付け誤差の補正



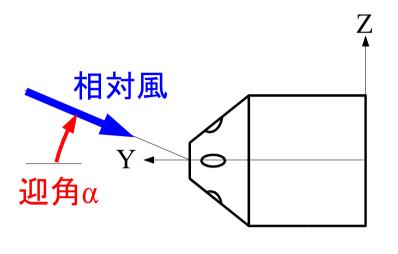
磁気方位計と5孔ピトー管の主軸が平行であれば、多少の取り付け誤差は横滑り角によって補正できる.

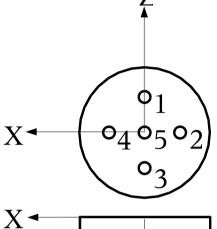
機首方位の算出

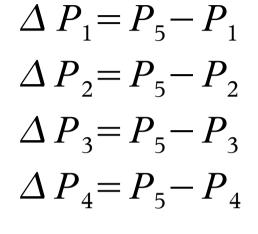


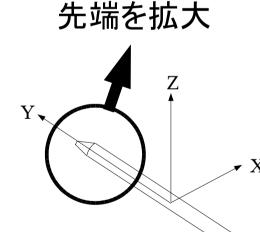
傾斜センサ(ピッチ角, バンク角) 重力加速度から傾斜角を算出する.

5孔ピト一管

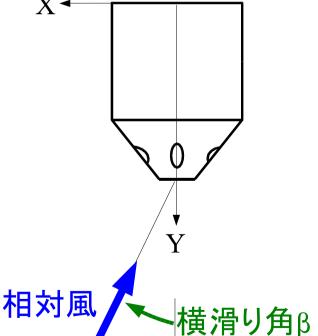








微差圧計



$$C_{\alpha} = \frac{\Delta P_{1} - \Delta P_{3}}{\overline{q}}$$

$$C_{\beta} = \frac{\Delta P_{2} - \Delta P_{4}}{\overline{q}}$$

$$\overline{q} = \frac{1}{4} \sum_{1}^{4} \Delta P_{i}$$

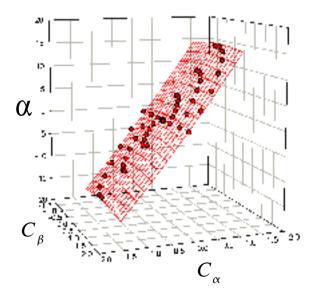
5孔ピトー管の較正

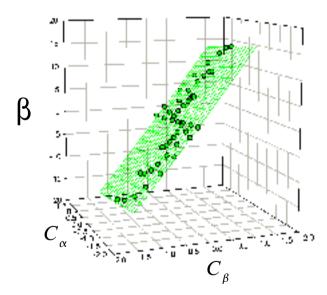
小型風洞(九州大学)



α, βはそれぞれ15(deg)まで較正

実験結果





較正式

 $\alpha[deg] = -0.5061 - 11.7952C_{\alpha} + 0.0556C_{\beta} + 0.4637C_{\alpha}^{2} - 0.3753C_{\beta}^{2}$ $\beta[deg] = -0.486 - 0.9008C_{\alpha} - 11.6064C_{\beta} + 0.0001C_{\alpha}^{2} + 0.2302C_{\beta}^{2}$

残差の標準偏差

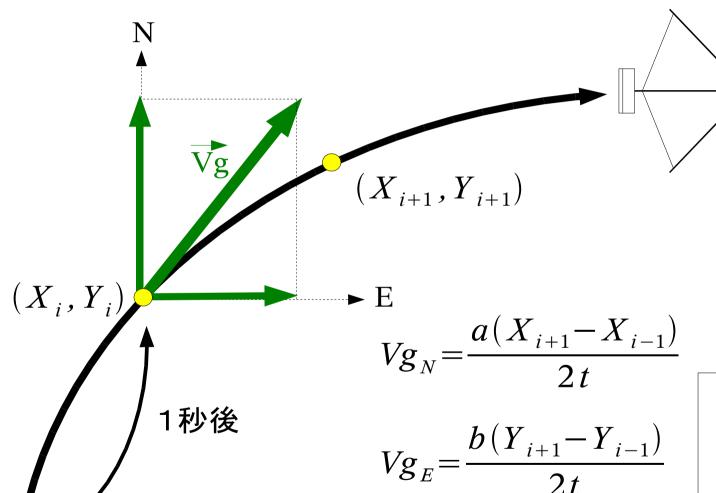
 $\alpha : 0.40 (deg)$

 β : 0.37(deg)

対地速度(Vg)の算出

 $(\boldsymbol{X}_{i-1}, \boldsymbol{Y}_{i-1})$

VgはGPSの位置情報から簡単に算出することができる.

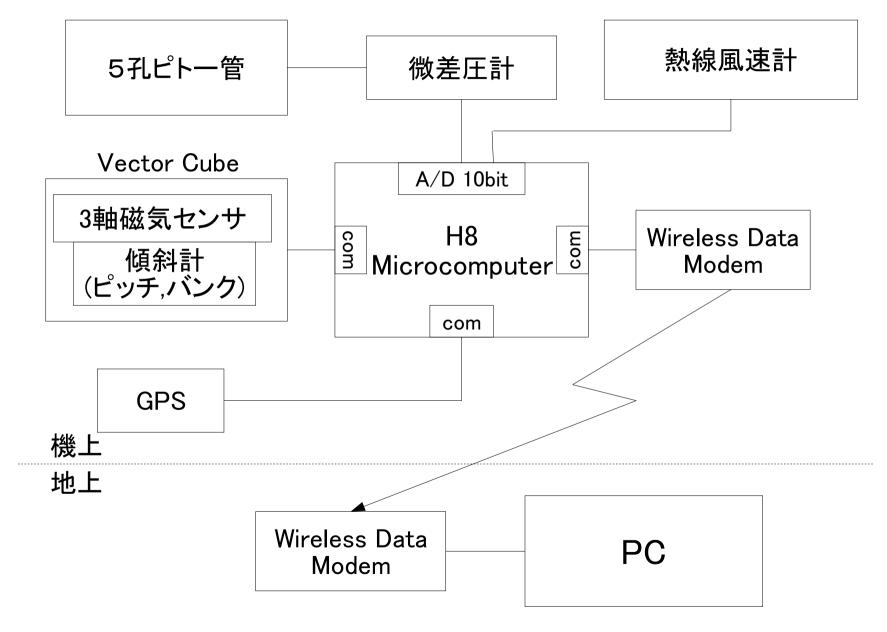


対地速度(Vg)精度 速度 ±0.1 (m/s) 方位 ±0.5 (deg)

a:緯度1度あたりの距離

b:緯度1度あたりの距離

飛行実験システム



全てのデータは1秒間に1セット

実験場所•日時



2004年12月23日 14:53~15:05

(12分間)

熊本県益城町

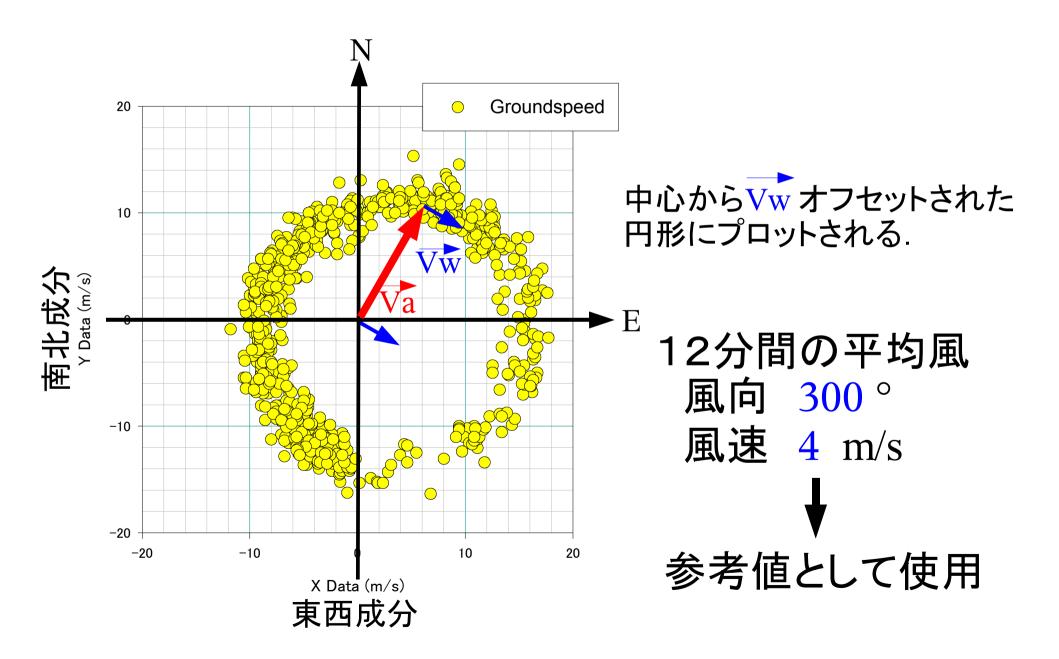
地上 ~100m

丘陵地帯による地形の影響で 機体は大きく動揺していた

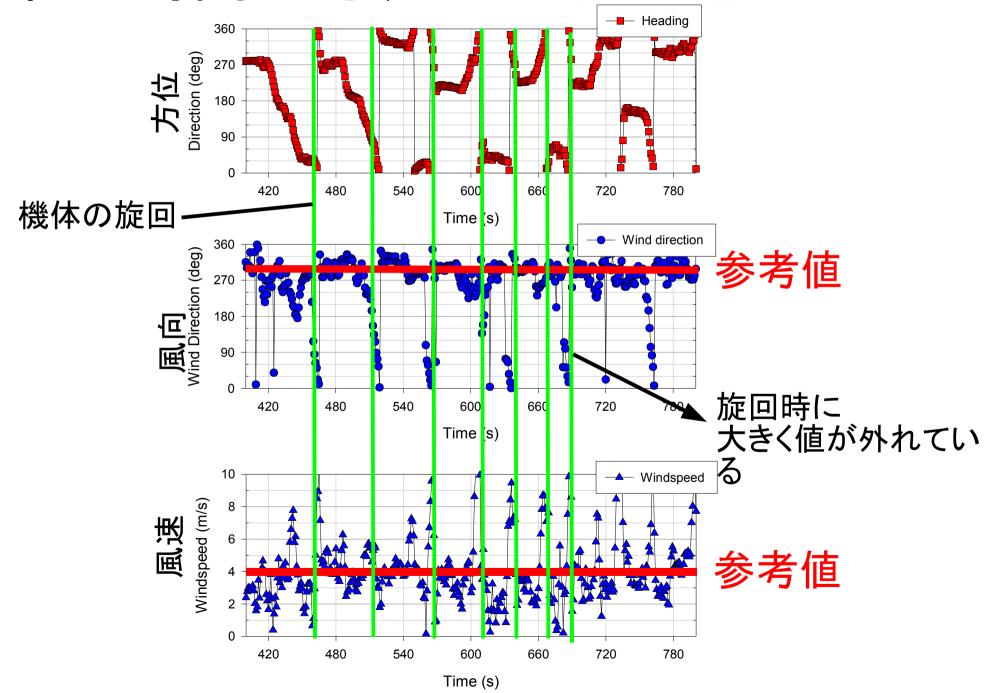


実験場所の空撮画像

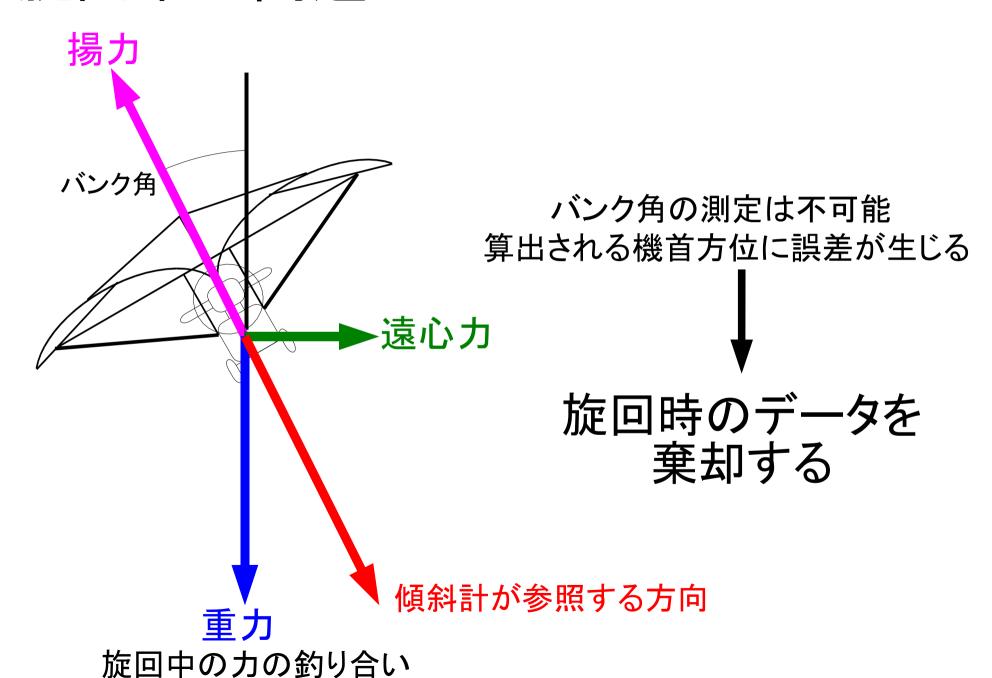
平均風の推定



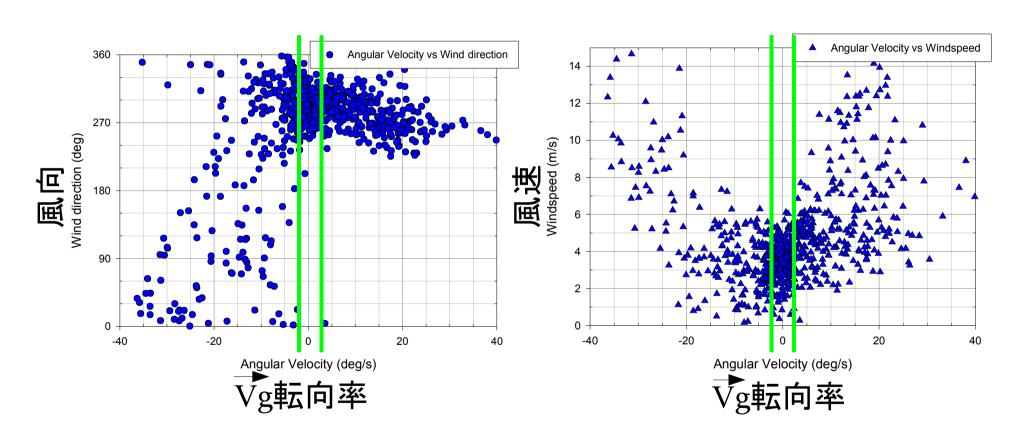
経過時間に対する風向・風速



旋回中の問題

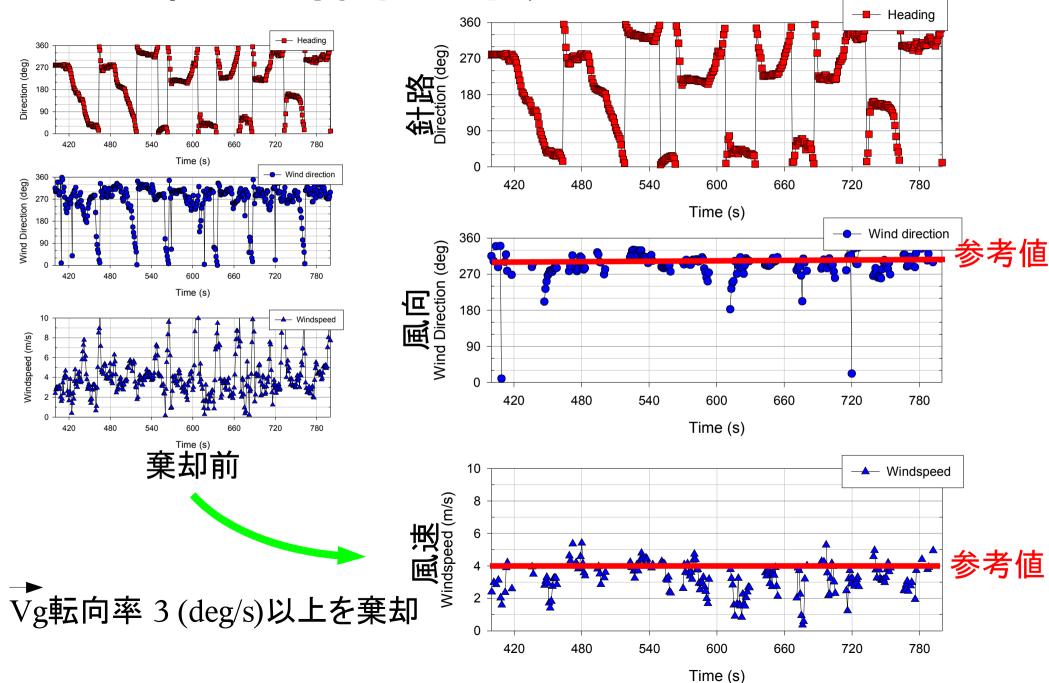


対地速度Vgの転向率と風向・風速

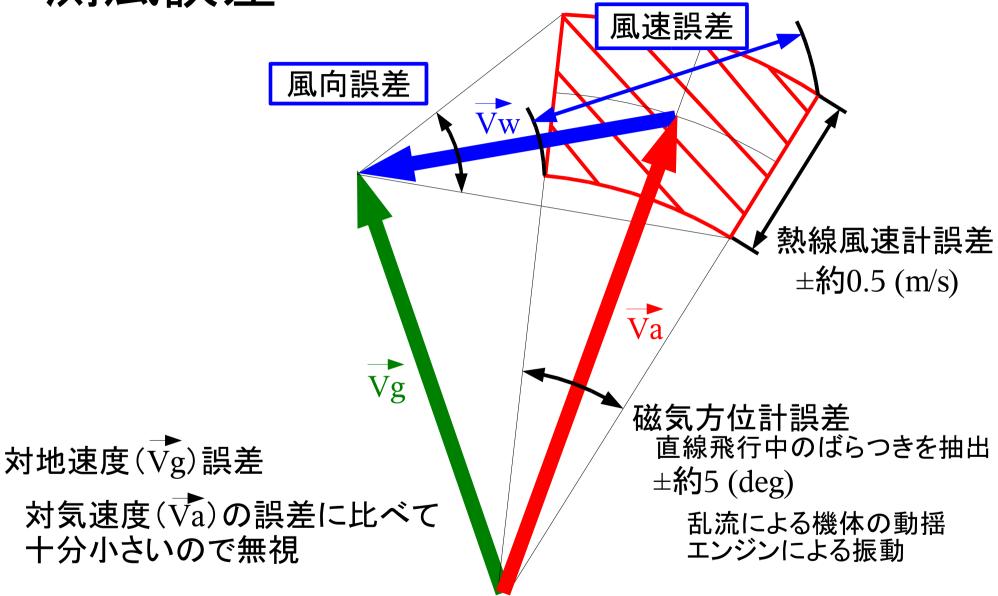


Vg転向率 3 (deg/s)以上を棄却

経過時間に対する風向・風速

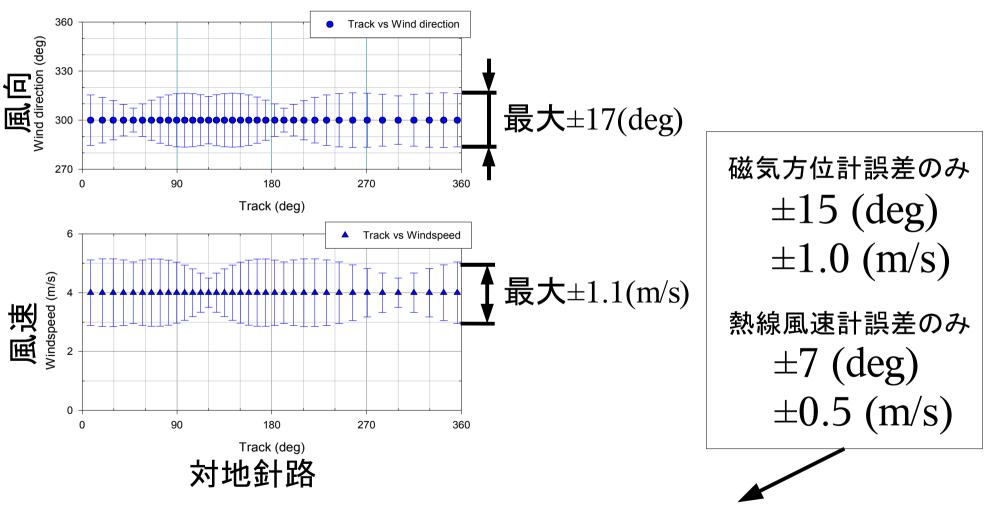


測風誤差



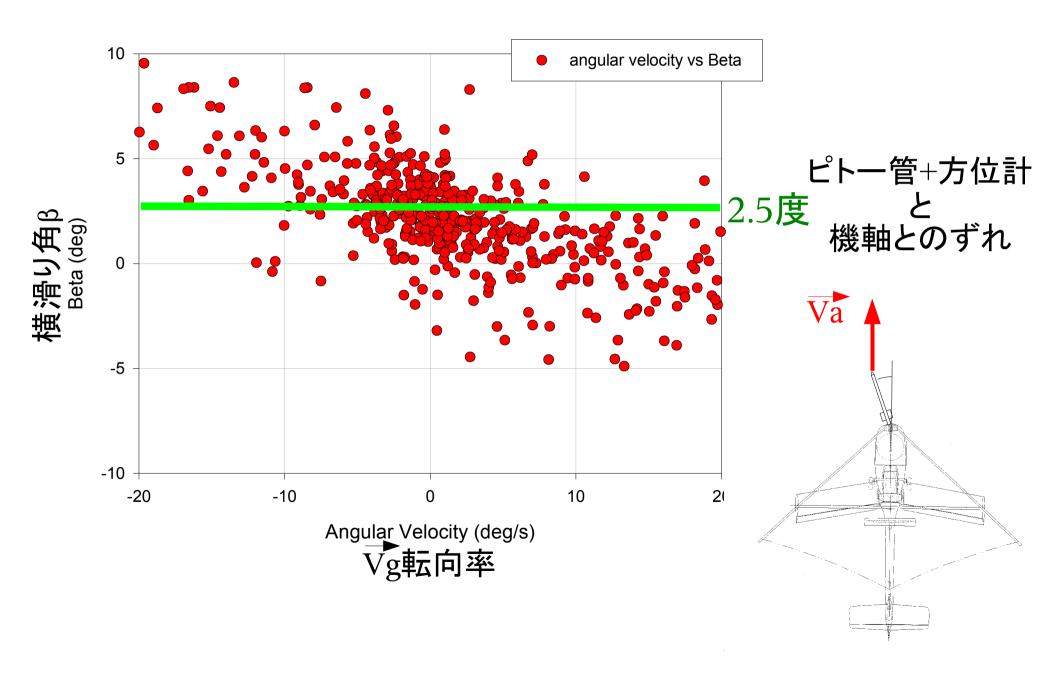
測風誤差の見積

参考値 風向300°,風速4(m/s)を真の値と仮定して見積もった結果



磁気方位計の影響による誤差が大きい

5孔ピトー管取り付け誤差

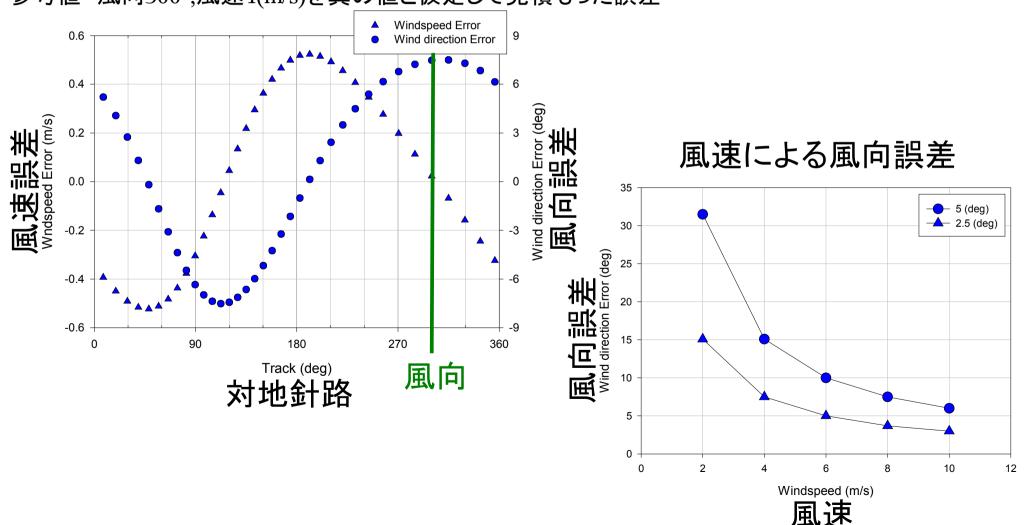


取り付け誤差による測風誤差

5孔ピト一管による補正を用いなかったとしたら?

今回の実験の場合

参考値 風向300°,風速4(m/s)を真の値と仮定して見積もった誤差



まとめ

- ・磁気方位計,5孔ピトー管,熱線風速計,GPSを 用いて測風を行った.
- バンクによる方位計誤差の影響を除去するため、 旋回時のデータを棄却した。
- •今回の実験における測風誤差(1秒毎) 風向±17°, 風速±1.1(m/s)程度.
- ・現時点での測風誤差は磁気方位計による影響が 大きい

今後の課題

磁気方位計の精度向上(振動対策など) 誤差に与える影響を熱線風速計と同程度にするためには ±2.5(deg)以内

風速4(m/s)において風向±10(deg), 風速±0.7 (m/s)

- ・地形の影響を受けにくい風速の安定した 自由対流圏にて再実験
- リアルタイムに計測し、自動操縦に利用

謝辞

九州大学工学部機械航空工学科 飛行力学研究室 株式会社 スカイリモート 株式会社 エルステッド