

超音波による風速測定

日大生産工(院) ○福田 剛志 日大生産工 山崎 憲
日大生産工 加川 幸雄(研究員) 日大生産工 大塚 哲郎

1. はじめに

幾つかあるエネルギーの中でも、風力エネルギーの開発は21世紀の石油代替エネルギーとして必要不可欠である。風力発電設備の建設に際しては、風力エネルギーを評価することが必要である。このための風況調査は、風力発電の発電量を試算し、風力発電事業の採算性・事業化などの可能性を検証するための基礎となるデータを提供するものである。通常は、風杯型風速計と矢羽型風向計を備えた高度30m以上の鉄塔を設置して観測が行われる。しかし、風車プロペラの回転中心は数百kW級の地上30～50m高からMW級の60～70mへ移行しつつあり、鉄塔を用いた風況観測を行う場合、構造物の建設などに多大な費用が必要であり、風車建設の初期投資をさらに増大させる。また、風力発電に対しては、気象用ドップラーソーダに比べ低境階層200m未満の測定範囲で、短期間の設置や観測点の移動といった観点から重機が不要な小型、軽量可搬な高精度の測定システムが要求される¹⁾。近年、ミニドップラーソーダが風力発電立地調査のための風況精査機器として検討されているが、鉄塔計測に代替する実用化に至っていない²⁾。そこで、従来の汎用ドップラーソーダに比べて低い高度を測定対象とし、小型・軽量で消費電力が小さく、安価なシステムを

開発するための基礎的研究として超音波による風速の測定を行った。

2. 風速の導出

風の速度を V とする。図1のように音源、マイクを配置し、音源から周波数 f_t なる超音波を放射する。この際、超音波は速度 V で移動する微粒子に散乱反射するが、微粒子は $V \cos \theta_1$ なる速度で音源に近づき、同時に $V \cos \theta_1$ なる速度でマイクへも近づくから、ドップラー現象によりマイクの受音する周波数 f_r は(1)式となる。

$$f_r = \left(\frac{c + V \cos \theta_1}{c - V \cos \theta_2} \right) f_t \quad \dots (1)$$

ここに、 c は静止した媒質中の音速である。これは2次元空間で考えた場合であり、実験では音源を θ_2 なる角度で傾けて超音波を放射した。したがって微粒子は $V \cos \theta_1 / \cos \theta_2$ なる速度で音源とマイクに近づく。すなわち(1)式は

$$f_r = \left(\frac{c + V \cos \theta_1 / \cos \theta_2}{c - V \cos \theta_1 / \cos \theta_2} \right) f_t = \left(1 + \frac{2V \cos \theta_1}{c \cos \theta_2} \right) f_t \quad \dots (2)$$

となる。ただし、 $c \gg V$ である。

次に、 $f_r - f_t$ をドップラーシフト Δf といい、(2)式は(3)式のようにあらわせる。

Measurement of wind speed using ultra sonic wave

Takashi FUKUDA, Ken YAMAZAKI, Yukio KAGAWA and Tetsuro OTSUKA

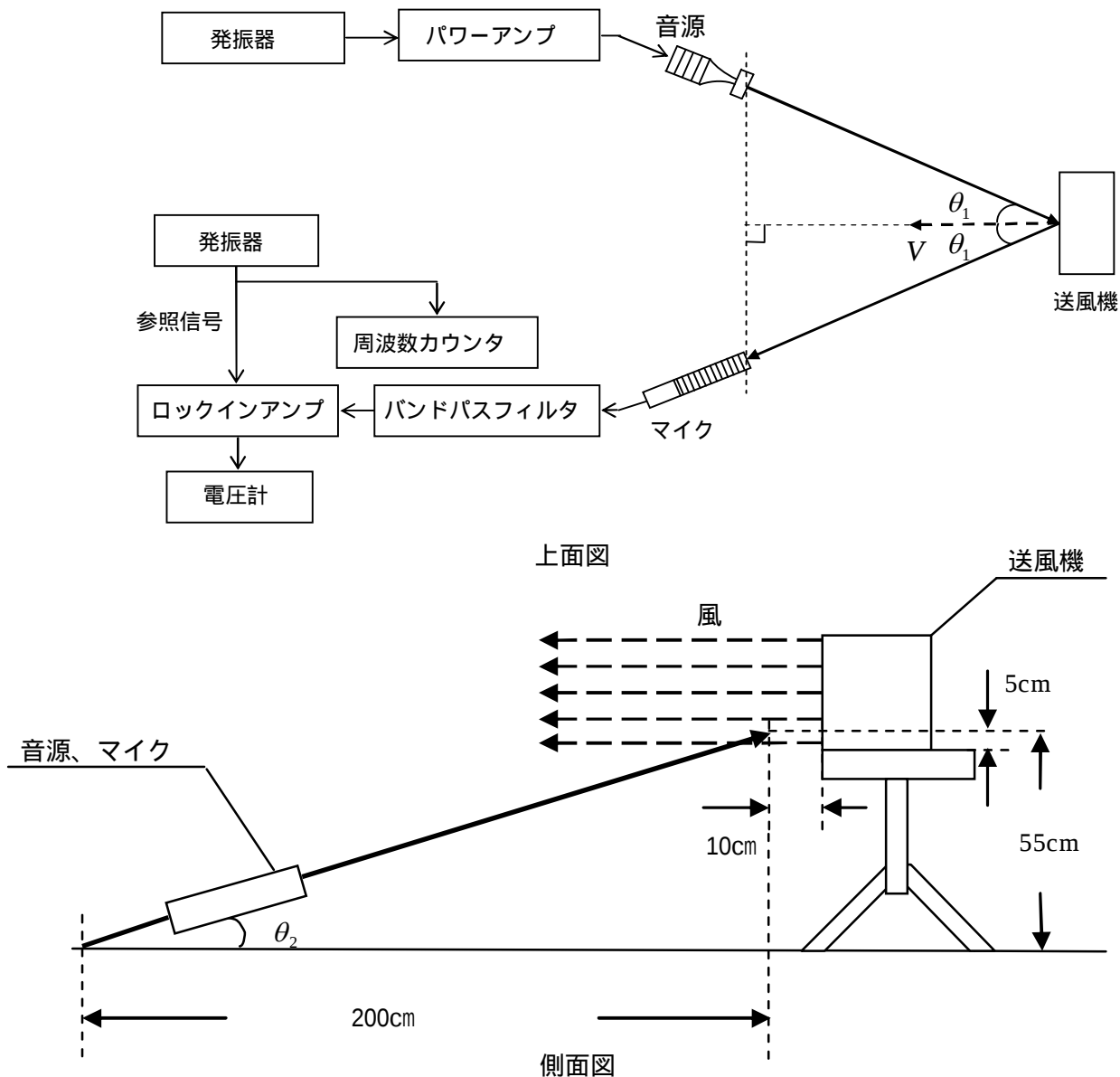


図1 風速測定装置の概要

$$f = \left(\frac{2V \cos \theta_1}{c \cos \theta_2} \right) f_t \quad \dots (3)$$

となる。(3)式より風速を求めると

$$V = \frac{fc \cos \theta_2}{2 \cos \theta_1 f_t} \quad \dots (4)$$

となる。

3. 実験方法

図1に示すように配置した装置を用いて実験を行った。送風機の入力電圧を変え、風速

を変化させた。送風機の下端から5cm、前方に10cmの位置に $f_t = 19.734\text{kHz}$ 一定とした音波を照射して、反射した音をマイクで受音した。受音した音波をロックインアンプにより発振器の周波数と同期し、同期した周波数から照射した音波の周波数を引き算し、 f を求めた。次に(4)式に f を代入して風速を計算し、市販の風速計の値との比較、検討を行った。

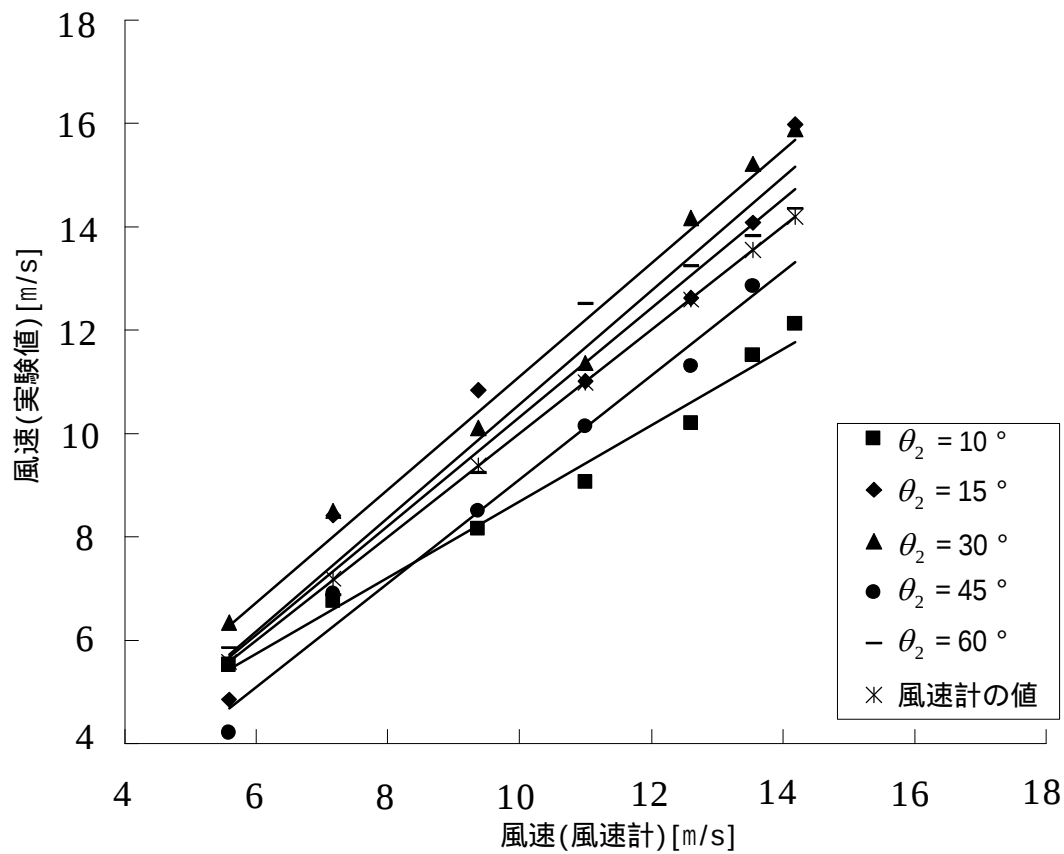


図2 $\theta_1 = 0^\circ$ 一定で θ_2 を変えた場合の風速変化特性

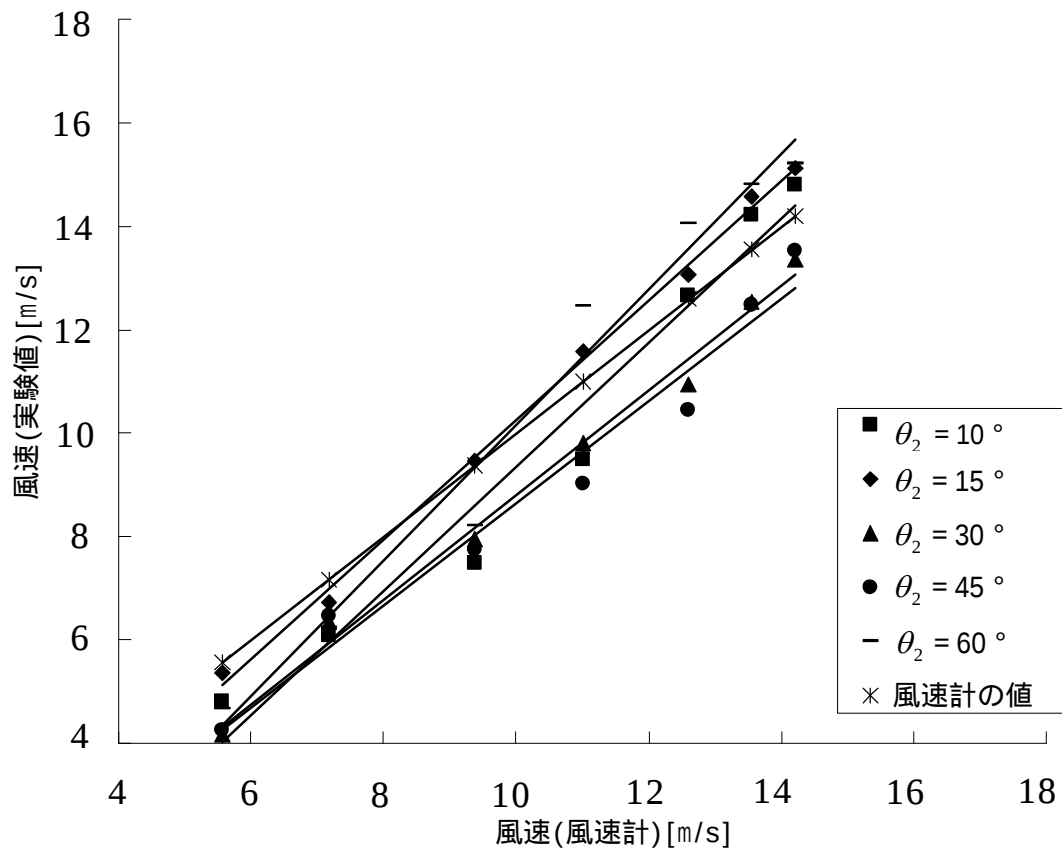


図3 $\theta_1 = 45^\circ$ 一定で θ_2 を変えた場合の風速変化特性

4. 結果

図2に θ_1 を 0° 一定として、 θ_2 を変化させた場合の風速の変化を示す。 θ_2 を 30° 、 45° とした場合に、風速計の値の傾きにほぼ一致して、風速計の値と比例関係にあることが分かる。図3に θ_1 を 45° 一定として、 θ_2 を変化させた場合の風速の変化を示す。 θ_2 を 30° 、 45° とした場合に、風速計の値の傾きにほぼ一致して、風速計の値と比例関係にあることが分かる。これらのことより、本実験方法により風速測定が可能であることが分かった。

5. まとめ

本実験では、従来の汎用ドップラーソーダに比べて低い高度を測定対象とし、小型・軽量で消費電力が小さく、安価なシステムを開発するための基礎的研究として超音波による風速の測定を行った。

その結果、本実験方法で風速測定が可能であることが分かった。

今後は、風速と θ_2 の関係から風速を測る際に適正な角度の検討を行うことと、 θ_1 を変化させた際についても検討を行うことが必要である。

「参考文献」

- 1) 柴田 康生、小松崎 勇一他 「風況調査用小型ドップラーソーダの開発」大会講演予講集83号 (2003)
- 2) 林 農、劉 薇、佐々 浩司、原 豊「ミニドップラーソーダによる風況精査」日本機械学会論文集(編)69巻688号 (2003)
- 3) 「流体計測法」 日本機械学会