

ライダーによる伊那谷の気流観測

Monitoring Stream at Inadani Valley by Transportable Lidar

山岸 進、山之内 博、土屋正之、*島 毅

(Susumu Yamagishi, Hiroshi Yamanouchi, Masayuki Tuchiya, Takeshi Shima)

船舶技術研究所、 *日本電気

(Ship Research Institute) (NEC)

SYNOPSIS: The fieldable lidar has been applied to measured wind vectors. Cloud motion is measured by applying two-dimensional cross-correlation analysis. When changes in shape and the evolution of cloud are observed, the shifting distance in the pairs is calculated from the centroids of template patterns selected by a human operator. To compensate background illumination from a scattered signal, a background illumination is measured just after a scattered signal has observed. One day during the experiment at Inadani valley in January 1989 was elected for a case study. Two different directions of wind vectors were observed, one was the south wind up to about 700m and the other was the south west which blew over the range with much excessing speed than that of the south. Results indicate that the measured wind vectors met with those measured by the other methods.

1. はじめに 汚染質の輸送過程に風の情報は欠かすことのできないもので、広範囲にわたる立体的な情報を得るためには、ライダーによるリモートセンシングが有効である。雲をトレーサとして風のベクトルを衛星写真(1)やライダー画像(2)から求める方法として、2次元相互相関法を用いる方法が広く使われている。この方法の問題点の一つは、雲が変化すると、相関係数のピークが一義的に決まらなかったり、求まる値が実際の風とかなり隔たっていると思われる値を示すことである。そこで、相関係数を参考にして、オペレータがテンプレート領域を再選択し、図心の三次元座標から距離を求め、代表平均ベクトルを計算する対話型プログラム開発した。この方法で、ライダーによる気流観測データを処理したので報告する。

2. 測定 観測：使用した可搬型ライダーはミーライダー機能を持つ2次元スキャニング型であり、スキャニング最大速度は 5° /sec であり、スキャニング方向は図1の様である。レーザは Nd:YAG (SHG)、繰り返しは 10pps、広がり角 1mrad である。(3)

背景光の除去：昼間対流圏で観測する場合、太陽高度とエアロゾルの状態によって、信号直流レベルが大幅に変わる。特に、長距離の弱いエコー信号を観測するには、補正は重要な問題である。ここでは、レーザエコー信号を取り終った直後(約10msec)のバックグラウンド光を取り込んで、信号とほぼ同一条件で背景光レベルを決めた。この方法は、直流分カット方式に比べて、背景光強度を測定する事ができるので、PMT の電圧を適正に保つことが容易となる。なお、システムの感度を上げるに際して、一定時間 PMT 高圧をカット(-300V)するゲート操作を行い、近距離の強い信号による飽和の影響を除いた。

3. データ処理と検討 風速算出手順；測定された信号は分解能 8bitで整数化されており、これについて (1)補正(背景光、距離、エネルギー)を行い、2次元画像表示する。(2)特徴あるテンプレートを選択し、同じ方向にスキャンした他の画面から相互相関係数の最大となる点を探索する。テンプレート画像 A(L,M)と部分画像 Bij(L,M)間の相互相関係数は正規化した次式を用いた。

$$C_{ij} = \frac{\sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M [A(l,m) - \bar{a}][B_{ij}(l,m) - \bar{b}_{ij}]}{\sqrt{a_j \cdot b_{\sigma_{ij}}}} \quad (1)$$

ただし

$$\bar{a} = \frac{1}{L \cdot M} \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M A(l,m)$$

$$\bar{b}_{ij} = \frac{1}{L \cdot M} \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M B_{ij}(l,m)$$

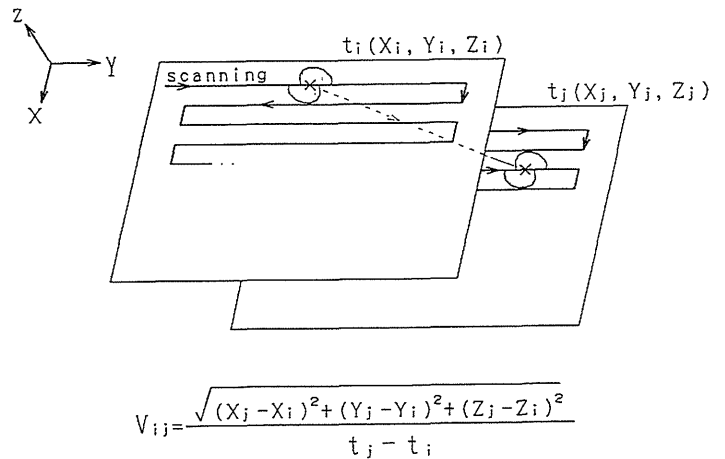


Fig.1 スキャニング画像

$$a_{\sigma} = \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M [A(l,m) - \bar{a}]^2$$

$$b_{\sigma; j} = \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M [B_{\sigma; j}(l,m) - \bar{b}_{\sigma; j}]^2$$

しかし、相関係数のピークが(a)明瞭である、(b)複数ある、(c)線状となる、(d)ハッキリしない場合とがある。(b,c,d)について画像を再検討すると、雲形が少し変化したり、別の雲が見えたりするが、移動した集団が十分識別できる場合がある。この様な場合(3)画像を確認して、テンプレート領域を再選択し、変化部分を除いたテンプレートを指定するが、あまり狭い部分の動きを見ると誤差が大きくなる。このため、オペレータが相互相関係数を参考にして、相関の高い雲の集団を指定して、図心を重み関数を ρ として、次式から求めて、

$$X_{\sigma} = \sum \rho_i x_i / \sum \rho_i, \quad Y_{\sigma} = \sum \rho_i y_i / \sum \rho_i \quad (2)$$

その三次元座標から図心間距離を求めて平均速度ベクトルを計算する。(Fig.2)

$$V_{\sigma; j} = \frac{\sqrt{(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2 + (Z_j - Z_i)^2}}{t_j - t_i} \quad (3)$$

山越え気流の観測：中央アルプスと南アルプスに挟まれた伊那谷において、気象研の冬期観測と合同でライダ－観測を行った。Fig.3は、中央アルプスからの山越え気流に乗って雲が移動して行く画面に、上述の方法で求めた平均速度ベクトルを書き込んだものである。画像スキャン角度は左右 6.4° 、上下 3.2° である。矢印は平面内への射影成分を表している。表1に各高度の方位と速度を示した。風向は南西方向で、上層高度3.2kmでは約37m/sec、下層1.3kmでは約16m/secとなっている。同時刻のドブラーソーダの記録によると700m以下では風向はほぼ南であり、上空との風向と大きく異なる流れがあることが示された。

4. あとがき 対流圏をスキャンして得られる三次元ライダ－データから、風のベクトルを対話型プログラムで算出できるようにした。さらに、三次元画像表示を導入するよう検討している。終わりに、プログラム作りでは川俣昭祥氏に、観測に際しては気象研究所及び飯島町に協力戴いたことを感謝いたします。本研究は公害防止等特別研究費の援助を受けた。

参考文献

1. E.A.Smith and D.R.Phillips, IEEE Trans.vol.C=21,no.7, p715,1972
2. 清水、笹野、岡安、植田、竹内、奥田；応用物理、Vol.50,no5,p616,1981
3. 山岸、山之内、後藤、島；第12回レーザセンシングシンポジウム,1988

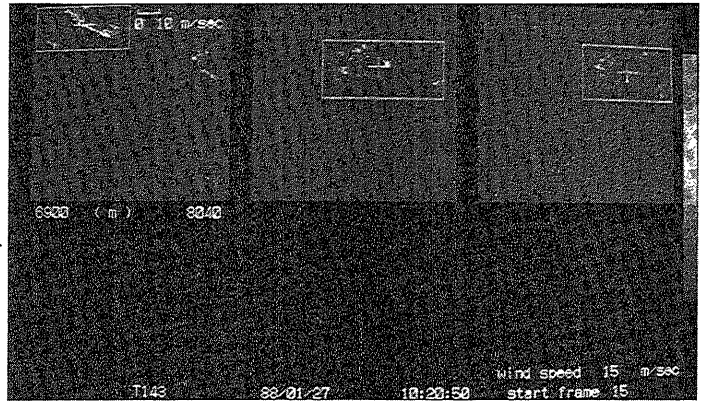


Fig. 2 テンプレートと図心の移動

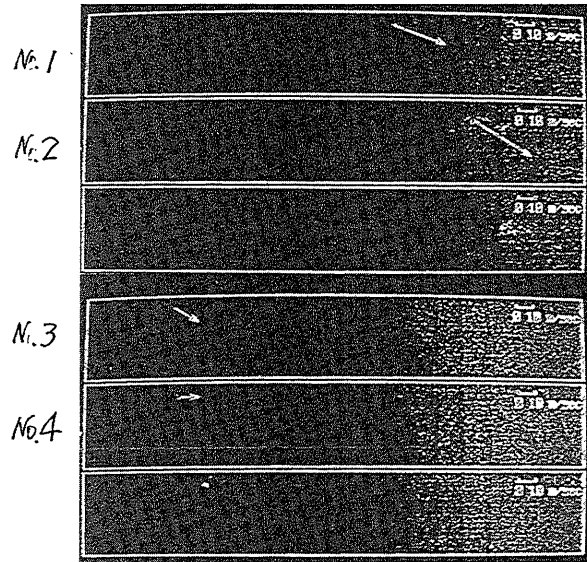


Fig.3 伊那谷の風ベクトル (27/1/1989)

No.	高度(km)	方位($^\circ$)	速度(m/sec)
1	3.0	240	31
2	3.2	252	37
3	1.3	250	16
4	1.3	220	10
cf.1	0.65	187	12 (D. Sorder)
cf.2	4.0	245	39 (Sonde)

Table 1 風向風速の鉛直分布 (図3)