

## 1.3 NOAA/ERL/WPLにおけるリモートセンシングの研究

### Status of Remote Sensing of the Troposphere in NOAA/ERL/WPL

古 浜 洋 治  
FURUHAMA YOJI

郵政省電波研究所

Radio Research Laboratories, Ministry of Posts and Telecommunications

1976

昨年約1年間、米国コロラド州ボルダーにある米国商務省国立海洋大気庁(NOAA)国立環境科学研究所(ERL)傘下の電波伝搬研究所(WPL)に滞在し、対流圏のリモートセンシングの現状を見る機会を得たので報告する。WPLは新しい地球物理のリモートセンシング測定系の確立と応用を通じて、NOAAの研究及び業務の改善を目的としている。つまりここで開発された新技術をNOAAの監視、予報、警報などのサービス部門に移転する事も目標になっている。WPLは Program Area (PA) と称する一つの研究管理・調査部門と8つの研究室とから構成されており、その内レーザを用いている PA は次の2つである。

#### a) Optical Propagation PA

見通し伝搬路における可視・赤外光の強度分散を使って大気のリモートセンシング技術を開発している。伝搬路上の温度の乱れを風速測定トレーサとして使い、伝搬路上の平均的 (single-beam)<sup>(1)(2)</sup> 又は局所的 (cross-beam) 風速の測定<sup>(3)</sup> を行っている。光源としてレーザ光、太陽、月或は事物からの反射光を利用しており、特に最後の場合の passive な光源を使う光風速計<sup>(4)</sup> は手法としても興味深い。これらの光風速計は擾動法が応用できる伝搬路上の大気の乱れ(温度の揺ぎ)が弱い場合のみ有効であるが、多重散乱が卓越して擾動法が使えない乱れの強い場合にも現象論的な近似理論<sup>(5)</sup> が作られ、光風速計<sup>(6)</sup> が試作されている。これら種々の光風速計の測定値は従来の風速計による測定値と非常によく合っており、伝搬路上の平均風速を計る型のもものは販売されてい

る。光風速計を使って低行場の滑走路を横切る風や、谷間を吹き抜ける風を計る事ができると同時に、上層大気の風速、風向<sup>(7)</sup>、風速分布<sup>(8)</sup>を計る事ができる。また、これらを用いて、これらの伝搬路で三角形を構成すると、この三角形内に流入、流出する風、或は風の収束、発散を計る事ができる<sup>(9)</sup>。

光伝搬理論 (シネチレーション理論) のもう一つの応用例として、雨によって生じる光シネチレーションによる伝搬路上の平均的な降雨量、雨滴分布の測定がある。これは雨滴がレーザービームを透過する事によって生じる光のシネチレーションのパターンの落下速度を上記の風速計の手法を使って計り、地上付近の降雨については、雨滴の大きさと終速度との関係が判明しているので、降雨の速度分布の測定から伝搬路上の平均的な降雨量、粒径分布を測定するということも可能である<sup>(10)</sup>。He-Ne レーザを使えば 500~2000 m の伝搬路で、雨滴によるレーザー光の前方散乱は、完全黒体による遠方回折光と見立てる事ができ、雨滴間隔がフレネルサイズ  $\sqrt{\lambda L}$  ( $\lambda$  = レーザの波長,  $L$  = 伝搬路長) よりずっと大きいとすれば、多重散乱を無視できるので、光シネチレーションの理論から降雨量、粒径分布を導出できる。1 km の伝搬路で 3 mW He-Ne レーザによる光降雨量計の測定値と気象局に置かれた雨量計の測定値との相関係数は、数 mm/h 程度の弱い降雨の場合、0.98 という値が得られている<sup>(11)</sup>。この方法は、レーザー光の多重散乱、減衰が強くなる豪雨や長距離伝搬路或は下降、上昇風の卓越する伝搬路では使えないが、弱い雨には非常に有効である。

## b) Atmospheric Spectroscopy PA

ライダーを使って大気のリモートセンシング技術を用いて、そのデータ解析に必要な基礎資料を系統的に調査分析すると共に解析技術の開発を行って行く。且下、ライダーを使って雲からの反射を調べたり、偏光の変化指標から雲が氷の結晶或は水であるかを調べている。モリナ州州コルストリッパにおいて石炭を使う発電所の建設が計画されており、煙による大気汚染の程度を調べると、建設前と稼働時とのデータを比較すべく、ライダー、レーザー、ソーダ(赤)

レーザ), レジオメータを使った測定系を構成しており, WPL のライナー・グループも昨年 9 月これに参加している。

炭酸ガス・レーザのエアロゾル、塵による ドップラー・エコー から視線方向の風速を測定する事ができ、巻巻の風速、空気の下降、上昇流を測定できる。ビームを頭上で円錐状に回転させる事によって水平方向の風速のプロファイルを求め事ができる。ホモダイン方式を使った測定装置一式を車の中で組立・校正中であつたが、数 Km 以上のところの風速が安定に測られている。

レーザ以外のモードセルサを使った PA を以下に列挙する。

### c) Environmental Radiometry PA

60 GHz の  $O_2$  の吸収バンドで 4 波のマイクロ波 レジメータで温度プロファイルと、22 GHz の水蒸気の吸収バンド近傍の測定から水蒸気量の積分値を求められている。最近では、伝搬路上の水蒸気量と雲に含まれている水分とを分離できるのを見出す。雲が降雨性のものかどうかまで判るようになってくる。<sup>(12)</sup>

短波帯における空電の測定から一種のトルネード警報装置を作っている。

### d) Sea State Studies PA

HF 帯の電離層反射波を使うレーザで数 km 離れたアラスカ湾の波浪の状況を観測している。電離層の影響を相殺する理論が作られている。

30 MHz 可搬型レーザで沿岸から海の表面流と、位相測定から求められている。

### e) Meteorological Radar PA

2 台の波長 3-cm の ドップラーレーザを使い、風の 3 次元構造を調べている。波長 10 cm の FM-CW レーザで晴天乱流の構造や、大気の流れ構造を解明している。最近、降雨の様には粒子の分布のあるものから ドップラー・エコー分離に成功している。<sup>(13)</sup> 従つて空中の雨滴分布も観測できる。

### f) Geoacoustics Research PA

微気圧計を使って暴風雨、重力波、乱流などの研究を行っている。

## g) Atmospheric Acoustics PA

音波レーダを用いて、低層大気の運動を解明して<sup>(14), (15)</sup>いる。応用として、逆巻層探査による大気汚染予報システム、ドップラー方式による風速測定システム等がある。現在、デーバー空港の風速測定システム用途のほかに、後者のプロシエトは新しいPAとして独立して<sup>(14), (15)</sup>いる。

### 参考文献

1. R. S. Lawrence, G. R. Ocho, and S. F. Clifford (1972), *Appl. Opt.* 11, 239.
2. G. R. Ocho, and G. F. Miller (1973), *NOAA Tech. Memo. ERL WPL-9*.
3. T. Wang, S. F. Clifford, and G. R. Ocho (1974), *Appl. Opt.* 13, 2602.
4. S. F. Clifford, G. R. Ocho, and T. Wang (1974), *NOAA Tech. Report ERL 312-WPL 35*  
G. R. Ocho, G. F. Miller, and E. J. Goldenstein (1974), *NOAA Tech. Memo. ERL-WPL-11*.
5. S. F. Clifford, G. R. Ocho, and R. S. Lawrence (1974), *J. Opt. Soc. Am.* 64, 148.
6. G. R. Ocho, S. F. Clifford, and G. R. Ocho, to appear in *Appl. Opt.*
7. 古来洋治, 信学会, PLTT伝播研究会資料 A-P73-71 (1973-12).  
Y. Furuhama (1975), to appear in *Radio Science* 10 (12).
8. G. R. Ocho, S. F. Clifford, R. S. Lawrence, and T. Wang (1974), *NOAA Tech. Report ERL 297-WPL 30*.
9. A. G. Kjelaas, and G. R. Ocho (1974), *J. Appl. Meteor.*, 13, 242.
10. T. Wang, and S. F. Clifford (1975), *J. Opt. Soc. Am.*, 65, 927.
11. personal communication (1975).
12. C. G. Little (1975), *Radio Science* 10 (7).
13. R. G. Stranah, W. C. Campbell, R. B. Chadwick, and K. P. Moran (1975), *NOAA Tech. Report ERL 329-WPL 39*.
14. W. D. Neff (1975), *NOAA Tech. Report ERL 322-WPL 38*.
15. F. F. Hall, J. G. Edinger, and W. D. Neff (1975), *J. Appl. Meteor.*, 14, 513.