

第21回レーダ気象会議に出席して (I)

中村 健治*

1. はじめに

今年9月19日から23日にかけてカナダ、エドモントンにて開かれた 21st Conference on Radar Meteorology に出席する機会を得たのでその報告をする。本会議は米国気象学会の主催で約1年半に1回の割合で開かれている。レーダによる気象観測、レーダのハードウェア、ソフトウェア、電波伝搬にまたがる気象レーダに関する包括的な会議である。

2. 会議の概要

会議は9月19日から22日まで表に示すように19のセッションに分かれて行われ、21日には夕食会が、23日には Alberta Hail Project への見学が行われた。参加人員は約10カ国から約150人、うち日本から2人、発表件数は約150件あり、うち日本からは電波研究所からの5件と気象研究所からの3件の合わせて8件であった。これは米国、カナダに次ぐ件数であった。

筆者は20日の午前に電波研究所からの降雨の多周波観測に関する成果3件、システムに関する研究2件の発表を行った。降雨の多周波による観測は一時期のはなやかさは無くなり落ち着いたものとなっていた。その一方、偏波観測は大変な盛況であった。特にオハイオ州立大学のグループが多数の発表を行っていた。彼等は、観測実績を基に偏波レーダの有用性を強調していたが、批判もあるようで、まだ評価は十分には定まっていなかった。

ドップラレーダ関係も大きな位置を占めていた。この方は実験的な時期を過ぎ、十分に実用域に達している印象を受けた。たとえば、空港の地表面付近に生じる強い下降気流 (down burst) に関して JAWS (Joint Airport Weather Studies) と名づけられたプロジェクトの成果発表がほとんど一セッションにわたってなされたが、こ

第1表 会議の内容。

session	theme
1~3	Convection and Precipitation
4	UHF/VHF Techniques and Observations
5	Signal Processing and Interpretation
6	Ground Detection Radarmeteorology
7	Raindrops
8	Multiwavelength Techniques
9	Radar Systems
10	Hurricanes
11	Polarization Diversity Techniques
12	Applications
13	Hail
14	Polarization Diversity Measurements
15	Analysis Techniques of Doppler Data
16~18	Boundary Layer
19	Precipitation Measurements

れは、実際の航空機の安全という実用目的に対して、マルチドップラレーダを利用した研究であった。なお、この一連の発表の最後にフカが大口を開けたスライド (ジョーズ) が現れたのは記憶に残っている。その他、ISレーダ関係も着実に一セッションを占めるようになっていた。

3. 各セッションの概要

気象学的なセッションについては藤原氏の報告に譲り以下では主にレーダの技術面に関するセッションについて述べる。

3.1. セッション4 UHF/VHF Techniques and Observations

このセッションは UHF/VHF 帯の電波の大気中の乱流による散乱を利用したレーダ、いわゆる IS レーダのセッションである。技術的な報告としては水平速度を測

* Kenji Nakamura, 郵政省電波研究所鹿島支所。

るために、ドップラを用いる方法といくつかのレーダを置いて相互の相関の時間差を用いる方法との比較、Specular reflection (鏡のような散乱で電波の入射してきた方向に強く反射されるもので、ISレーダではレーダを真上に向けた時に特に強い反射波が受信される) についての報告、又レーダ系の較正、レーダ同士の観測結果の比較についての報告があった。観測としては波動の検出、対流圏界面の検出等があった。

ISレーダもかなりふえてきたようで、今回報告にあったレーダを列挙すると、SOUSY-VHF-Radar (西独)、EISCAT (European Incoherent Scatter Project)-UHF-System, Poker Flat (アラスカ)、SUNSET (Aeronomy Lab./NOAA), ALPEX (US-France), Wind Profiler (WPL/NOAA) となる。このうちで特に注目に値すると思われるものは、WPLのWind Profilerと名づけられたレーダでこれは現在のゾンデによる風の観測に置き変わることを狙ったものである。

3.2. セッション5 Signal Processing and Interpretation

このセッションでは ground clutter の性質、除去、レーダの較正等についての報告があった。

3.3. セッション6 Ground Detection Radarmeteorology

このセッションの名前はあまりなじみのないものであるが、ground clutter の性質、観測等についてのセッションで、すべての報告は今回の会議の世話役である Alberta Research Council のグループからなされた。

3.4. セッション7 Raindrops

このセッションでは雨滴粒径分布とレーダ反射因子との関係、乱流に対する雨滴の応答、鉛直方向のドップラスペクトルから上空の雨滴粒径分布と上昇下降流を求める方法についての報告があった。

3.5. セッション8 Mutiwavelength Techniques

ここでは降雨減衰を伴う二周波のレーダ受信電力から最小自乗法を用いて降雨強度を求めるアルゴリズム、降雨の多周波同時観測から降雨減衰を利用した降雨強度の推定が可能であること、ブライツバンドによる14 GHz電波の減衰が統計結果に現れることの3件について筆者が代読を含めて発表した。他には多周波観測による hail の検出の可能性、UHF/S-バンドによる降雨観測、レーダとライダーによる同時観測、衛星からの電波の降雨減衰とレーダから推定した降雨減衰の比較の報告があった。hail の検出は従来からある S-バンドと X-バンドの

ような離れた周波数ではなくわずか60 MHzから200 MHzの差の周波数を用いたもので、米国の次期標準型の降雨レーダ(NEXRAD)の仕様に含ませることを考えている。周波数が小さいので両周波数で同じアンテナ、受信機等を利用することができ、安上がりでしかも両周波数でのビームの不一致等の問題点を避けられるとしている。NEXRADについては他にもいくつかの報告があった。UHF/S-バンドの観測は雷雨を狙った観測で、いなびかりによる大気の電離をUHF帯のレーダで、降雨そのものはS-バンドレーダで検出して雷の位置と強い降雨エコーの位置が良く一致することを示していた。レーダとライダーとの同時観測は降雨の観測と地上付近の風の観測の二件あり、後者は一地点から細かい金属片(chaff)を、もう一地点からはoil fogを出して、chaffはレーダで、oil fogはライダーで観測するものである。これは低い煙突と高い煙突からの公害物質拡散を調べることが目的である。このように、今回は一種類の目標を多周波で観測するのではなく、異なった目標をそれぞれの装置で追う観測が目立った。

3.6. セッション9 Radar Systems

このセッションでは衛星伝搬実験用14 GHz FM-CW/Pulse Compressionレーダ、衛星搭載用降雨レーダの基本的仕様、航空機搭載のドップラレーダ、三次元の高速スキャンドップラレーダの仕様、又、アンテナ特性測定等が発表された。最初の2件は筆者が共著者としてあるいは代読として発表した。

3.7. セッション11 Polarization Diversity Techniques

このセッションは今回の会議の中心的話題の一つである偏波レーダについてのセッションである。簡単に偏波レーダについて述べておく。落下中の雨滴は一般に水平方向に伸びた形に少し変形しており、この変形は大きい雨滴ほど大きい。このような雨滴の散乱特性は偏波によって異なっている。これは水平あるいは、垂直偏波の場合には受信電力の差(普通は受信電力の比のdB値で表しZDRと略称する)となって現れ、円偏波の場合には、逆旋成分の発生として現れる。その他にも受信偏波間の位相にも影響が現れる。これから偏波間の差には雨滴粒径分布等の情報が含まれていることになる。

セッションでは受信電力の比(ZDR)からの降雨パラメータの推定の理論的検討、偏波レーダの仕様、円偏波、直線偏波の高速切換型レーダの紹介、簡単なモデルによるZDRの降雨内の分布のシミュレーション等が発

表された。

偏波レーダは世界にまだ数が少ない。今回の会議に出たレーダは、最も古くから観測を行っているカナダのレーダ、米国の CHILL レーダ、OCTOPOD レーダ、英国の Rutherford Appleton Lab. のレーダ、フランスの ANATOL レーダであった。カナダには二か所があり、円偏波を用いている。CHILL レーダは現在非常に精力的に観測実験を行っている。ANATOL レーダは古くからあるレーダに偏波機能を付加したものである。

3.8. セッション12 Applications

ここでは英国の現業用の降雨レーダ、データ電送、米国の NEXRAD、レーダデータの自動処理装置等の紹介がなされた。

3.9. セッション13 hail

日本ではあまり重要視されないが、カナダや米国では hail (ひょう) の被害が大きいうので hail の観測はひとつの大きな話題である。ここでは、hail の散乱断面積等の理論計算、hail 検出器、hail の運動エネルギー等について発表された。hail の運動エネルギーという少し奇異な感じがするが hail による農作物等への被害を見積もるために重要であるらしい。

3.10. セッション14 Polarization Diversity Measurements

このセッションはセッション11の Polarization Diversity Techniques の続きのようなセッションである。ZDR とディストロメータや航空機観測との比較、Hail の検出、ドップラデータによる気流の推定の精度を ZDR を用いて向上させる提案、鳥や昆虫の ZDR 特性等について発表がなされた。圧巻は CHILL レーダのグループ (Ohio 州立大学の Seliga が中心) で10件以上にわたって偏波レーダの解析等について発表し (実際は時間の都合で Seliga がまとめて発表した)、実測データを基に偏波レーダの有用性を強調していた。しかし、偏波レーダは雨滴の変形にその基礎を置いており風による雨滴

の傾きや振動などの細かいことにより ZDR は変わるため、実測で如何に有用性が証明されても、筆者にはにわかには偏波レーダの有用性は認めにくく感じた。実際にそのような批判が会議でも聞かれた。

3.11. セッション19 Precipitation Measurements

このセッションでは従来型のレーダを用いた降雨量の推定の報告が主であった。降雨量の推定ではレーダ反射因子の面積時間積分と降雨強度とを比較する手法がいくつかの報告で紹介され良い結果を与えているようであった。他には、山の中腹にいくつかのディストロメータを置きそれから求めたレーダ反射因子と実際のレーダデータとの比較等が紹介された。このセッションの最後には米国のレーダ気象の大御所である D. Atlas が海面による降雨エコーの image を用いた衛星搭載のレーダによる海面上の降雨の観測手法について発表した。

4. 雑感

エドモントンはカナディアンロッキーの東、北緯54度にある人口は約50万の都市である。アルバータ州の州都であり、アルバータ州の豊富な地下資源を背景にして現在も発展中である。町は北サスカチュワン川に沿っており、スペースをふんだんに使った美しく静かな町である。歩いている人々はほとんど白人であり、バンクーバーのような人種の混在している町とは対照的であった。

5. おわりに

筆者はこの会議に初めて参加したが、発表を聞いていて米国の研究者の層の厚さに驚かされた。それは観測者領域にとどまらず、例えば、観測者とレーダ技術者との間に立つシステム解析、シグナル解析等をする人々の層の厚さに彼我の差を感じた。レーダ装置そのものについては、特に目新しいものはなかったが、偏波レーダ、航空機搭載用ドップラレーダ、ミリ波ドップラレーダなど幅広く開発が行われていたのが印象的であった。