

始動した赤道大気レーダー：1. 長かった夜明け前*

加藤 進**

1. はじめに

最近, 2001年6月26日, 赤道大気レーダー(Equatorial Atmosphere Radar; EAR)の完成式に出席した。約20年前, このレーダー建設プロジェクトを提案した者として大変うれしい。このプロジェクトに直接に関わった方, 支持し見守ってきた方, すべての方々にお礼を申し上げたい。EARについては, この成功をもたらした深尾昌一郎氏が詳しく報告しているが, ここではEARの母体であるMUレーダー建設からEAR完成までの長かった道程を, 著者の記憶に沿って, メモを頼りに, 辿ってみたい。

2. EARに一目惚れ

MUレーダーが信楽山中に建設されたのは1984年秋である。MUレーダーは中層大気のみならず対流圏の大気波動観測にも多くの優れた成果を挙げた。そして今も活動している。この性能の最大のユニークな特長はレーダー・ビームの方向, つまり観測速度方向を瞬時に変えることが出来る点である。これにより時間的変動の激しい波動, 乱流現象を3次元的に正確に追尾可能になる。

今回, 21世紀初頭, インドネシア領スマトラ島の赤道直下に位置したBukittinggi (ブキティンギ)市に近い山頂Koto Tabang (コトタブン)の地に, 遂に赤道大気レーダー(EAR)が完成した。だがシステム感度(この定義は後述)は, MUレーダーより1桁低いので, 観測高度が20 km以下であると聞いていた。認められた建設予算はかなり限られていたので, これもやむを得ないと理解していた。しかしEARはMUレー

ダーと同様, 高速ビーム走査可能なシステムであることを, 実際に詳しく見聞し, 大変嬉しかった。貧しい環境のなかで育った立志伝中の若者に会った様なさわやかな気分になった。これが一目惚れの理由である。将来, EAR観測研究に参加する研究者が多いことを願っている。

3. EAR完成への長い道程

この道程はあまりにも長かった。丁度20年だ。その真ん中の時点, 10年目, 著者は京都大学を停年で辞めた。深尾氏が引き継いで, 計画を推進してきた。スタート時点では, 著者は現在の深尾氏より若かった。他の“同志”を見ると, 廣田 勇氏は新進気鋭の若手教授であったが, 今年3月, EAR完成と時を同じくして, 停年退官を迎えられた。また, 当時, もっとも若い助手として, 専ら体力の要る仕事の引き受け役だった津田敏隆氏も今や中堅教授だ。そこで以下に, この長かった道程を前期, 後期に分けて計画推進の状況を述べたい。

(1) 前期: 1982~1991年

1982年5月, 未だ雪の消えないコロラド州ボルダー近くで開かれたMAP国際運営委員会で, International Equatorial Observatory (IEO)設立の必要性が議論され, IEOの設備として, 赤道レーダーを建設することの重要性が認められた。1983年IUGG総会, 1990年SCOSTEP総会でレーダー建設が勧告決議された。

さてMUレーダーを完成させた我々関係者は, 日本が赤道レーダーを建設することに強い興味を覚えた。日本学術会議のMAC (MAP Cooperation) 委員会は, この提案を支持した。まずレーダー建設用地探しが始まった。その頃, たまたま我々の案を知ったインドネシアの航空宇宙庁(LAPAN)から用地提供の誘いが来た。1985年6月, 著者, 深尾氏, 津田氏がインドネシ

* First Light at the Equatorial Atmosphere Radar :
1. Perseverance Before the Dawn.

** Susumu KATO, 京都大学名誉教授.
kato@kurasc.kyoto-u.ac.jp

© 2001 日本気象学会

アを訪問した。その後の用地調査には佐藤 亨氏、住明正氏、山中大学氏、山本 衛氏、中村卓司氏も参加したが、この活動には忘れ難いエピソードも多い。この訪問を通して、宗教、特にイスラム教の習慣に根ざすインドネシア社会についていろいろ学んだ。人脈も作られて行った。現在、メガワティ大統領のもとにインドネシア社会は揺れているが、著者は不安を覚えながら、明るい未来を期待している。

さて1985年、1987年訪問では、カリマンタンの Pontianak (ポンティアナ) だけが候補地となったが、ここは泥湿地で決して最適には思えなかった。

現在 EAR が建設されたスマトラの Bukittinggi は1988年5月、当時の科学技術大臣ハビビ氏との面会の賜であったと言える。彼の好意からインドネシア国内での自由な用地探しが許され、1989年6月遂に Koto Tabang 用地に辿り着いたのだ。と言っても、何日間も、Bukittinggi 近くに広がるジャングルを徘徊した結果である。幸い、そのころまでには赤道レーダー計画には「日本インドネシア科学技術フォーラム (JIF)」から、多くの日本、インドネシア関係者が各専門の立場で参加してくれた。この方々の協力なくしては土地探しに成功しなかったであろう。

用地が決まり、レーダーの基本設計も決まったのは、1989年暮れであった。計画したシステムは対流圏より超高層まで一気に測定できる理想的なレーダーシステムであった。MU レーダーでは成層圏中部より60 km までの大気からエコーが得られないが、この感度の高い、新しい赤道レーダーではこの高度からもエコーが得られることを、ペルーのヒカマルカ IS レーダーを用いて前川泰之氏が1990年に実験し、1993年論文で発表した (Maekawa *et al.*, 1993)。レーダー感度はアンテナ開口面積と平均出力パワーの積で決まるが、この新レーダー感度は MU レーダーの10倍になる設計であった。ちなみに EAR 感度はこの1/100、MU レーダーの1/10である。この新レーダー設計参加者の夢は大きく膨らんでいた。この時期、日本経済はバブル経済の真只中にあったが、我々がバブル好景気にただ酔っていたのではない。加えて、学者の限らない好奇心と夢こそ科学研究を推進させると言いたい。

やがて具体的な建設予算要求を文部省に行うことになったが、この要求は認められなかった。しかし我々の熱意は残った。

(2) 後期：1992～2001年

1992年春、著者は停年で赤道レーダープロジェクト

から離れたが、関心を持ちつづけた。そしてレーダー完成に備えて現地人材養成に従事したが、このためのバンドウン工科大学教師生活については、すでに「天気」の“海外だより”で述べた (加藤, 1998)。

さて、この後、京都大学 RASC の後輩達は、実現を諦めずに、粘り強く赤道レーダー計画推進を続けた他、インドネシアでいろいろな大気観測に従事し、実績を積み上げていった。その成果は多くの優れた論文として JGR, JAS 等に掲載されている。またインドネシア研究者啓蒙のために国際シンポジウムが現地で何度も開かれた。

そもそも、赤道レーダーは上述した IEO (後に、ICEAR, 赤道大気国際研究センターと名を変えた) に置かれる大設備ではあるが、目的は広く、赤道大気に関する国際研究所 ICEAR の実現であった。従って、彼らのこれらの活動のみならず東京大学、名古屋大学、気象研究所等の研究者がインドネシアで行った大気観測 (レーウィン観測、光学観測) もこの大きな目的に適った実績となっている筈だ。

レーダー観測に関しては、1992年11月、ジャカルタ郊外スルボンに、深尾、津田両グループは流星レーダー、境界層レーダーを設置し中間圏流星高度と地上数 km の境界層の観測を開始した。また上述した、カリマンタンの Pontianak に、1995年12月、津田氏がオーストラリア・アデレード大学 R. ビンセント氏と共同で簡易なシステムである MF レーダーを建設し中間圏力学観測を実施している。

さらに1990年代、BMG (インドネシア気象地球物理庁) は Bukittinggi に WMO の全球大気監視 (GAW) ネットワークの一環として気象観測所を設立していた。その敷地内に、1998年8月、遂に深尾グループは境界層レーダーを設置することが出来た。その運転開始記念式典に著者が出席して感じたことは、赤道レーダー建設への道がなお遠いことである。我々の計画の意義を信じながら、著者の心は痛んだ。

それからさらに2年後、2000年、EAR 建設計画承認の朗報が突然もたらされた。EAR 運転開始式典に来賓として祝辞を述べた西田篤弘氏は「粘りが遂に成功しましたね」と言われた。きっとこれが真実であろう。

4. 終わりに

初期に計画した大型赤道レーダーは、今回、小型であるが大気の動きを聞く EAR (文字としては耳を意味する) として実現した。この実現を支持したインドネ

シアの方々が暖かい心で, Koto Tabang 用地を驚くほど辛抱強く長期維持して呉れたことに対し深い感謝の気持ちを禁じ得ない。

さて EAR 建設は新しい赤道大気観測活動のスタートを意味する。この観測所が, 将来, ICEAR に発展することを期待する。さらに, 赤道, 熱帯地域が大気, 海洋物理学など無機地球環境研究課題の宝庫であるだけでなく, 生物の種の宝庫であり, 無機環境とも影響し合っている (塚谷, 2001) と知るに及んで, この地域が地球環境研究の21世紀のフロンティアになること

を著者は想像している。

参 考 文 献

- 加藤 進, 1998: バンドウン工科大学 (ITB) での教師生活, 天気, **45**, 61-64.
- Maekawa, Y., S. Fukao, M. Yamamoto, M. D. Yamanaka, T. Tsuda, S. Kato and R. F. Woodman, 1993: First observation of the upper stratospheric vertical wind velocities using the Jicamarca radar, Geophys. Res. Lett., **20**, 2235-2238.
- 塚谷裕一, 2001: 植物のこころ, 岩波新書, 211pp.

始動した赤道大気レーダー：2. 期待と展望*

深 尾 昌一郎**

1. はじめに

西スマトラ州パダン地方独特のテレンポン (Telempung) という楽器がゆったりしたメロディーを奏でている。ざわめく開所式典の会場入口では民族衣装で美しく装った女性がペルセムバハン・ダンス (Tari Persembahan) で参列者を迎えていた。野外に設えた大きくきらびやかなインドネシア風テントの下には, 長尾 眞京都大学総長, 竹内行夫駐インドネシア大使, 西田篤弘日本学術振興会監事 (前文部科学省宇宙科学研究所長), 廣田 勇日本気象学会理事長ら約40名の日本側参加者の顔があった。インドネシア側には, M. A. S. Hikam 研究技術担当国務大臣 (当時) はじめ, Mahdi K. 航空宇宙庁 (LAPAN) 長官, Gunawan I. 気象地球物理庁長官ら50名を越える関係者と優に100名を越す近郊村民が並んでいた。加えて海外から大型レーダーの原理を初めて提唱した W. E. Gordon 国際電波科学連合 (URSI) 名誉会長 (米国工学アカデ

ミー会員) や, 大気レーダー研究の国際的リーダーである J. Roettger 独マックスプランク大気研究所研究主幹らがわざわざこの式典のために駆けつけてくれた (第1, 2図)。

1980年代半ばにスタートしたいわゆる赤道レーダープロジェクトは一時順調に発展すると期待されたが, その後は迷走を極めた。その経緯は先の加藤 進京都大学名誉教授の稿に詳しい。90年代後半になるとこのプロジェクトはもう死んだと言って憚らない人達も出てきた。しかしその間参列者はじめ多くの人達はそれぞれの立場からこのプロジェクトを支え続けてくれていた。度々の現地調査や国際シンポジウムにも彼らがいち早く馳せ参じてくれた。これらの経緯の一部も既に随所で語られているので参照されたい (住, 1987; 山中, 1988; 山中ほか, 1989; 1990; 1994a, b; 1997; 加藤ほか, 1990; 津田ほか, 1991; 加藤, 1998)。開所式典は参列者がそれぞれ, 会場横の直径110 m の円形敷地に整然と並ぶ560本ものアンテナ群を目にして「私の赤道大気レーダー」を懐古しながら感慨に耽った一時であった。

* First Light at the Equatorial Atmosphere Radar :
2. New Horizons Appearing at Sunrise.

** Shoichiro FUKAO, 京都大学宙空電波科学研究センター. fukao@kurasc.kyoto-u.ac.jp

© 2001 日本気象学会