

# 地球赤道大気と惑星大気 (I)

山中 大学<sup>1</sup>

## 1. はじめに

日本の政治の世界では近頃「野合」が流行っているみたいですが、良きにつけ悪しきにつけ今だ寄り合い所帯の日本惑星科学会の会員諸兄姉に、まずクイズをひとつ出しましょう:

当学会にいる大気力学研究者（気象学会から「野合」に加わった会員）のほぼ全員が、地球大気でのメシのタネを得てきた（今も得ている）分野はいったい何でしょう？

この答こそが、本稿のメインテーマである「赤道大気」なのです。なお私は人間集団においては「野合」状態こそ最も面白い、食べ物ならばまさに食べ頃の最も美味しい状態だと思っておりまして、それゆえに私も当学会の末席を汚しておる次第です。実は地球の赤道域の研究もまた「野合」状態つまり食べ頃でして、それで大気科学のグルメ諸兄をも引き付けているのです。

科学グルメに観測プロジェクト料理を食べ頃だと思わせるための（十分でなくとも必要）条件として、私はつい先日行われた地球惑星科学関連学会合同大会の惑星探査シンポジウムで、(1) 科学的意義、(2) 技術的実現性、(3) 社会的許容（要求）度の3つについて論じました。本稿では、地球赤道大気が今この(1)～(3)について結構美味しい状態であるということ、それぞれ2～4節でお話します。この美味しさのゆえに、少数の徹底的グルメを除いて、気象党の人間はなかなか惑

星連立与党へ大挙してなだれこんでこないのです。こういう地球惑星科学政界における自民党的集団の事情を、与党代表者会議ともなりつつある惑星科学会の諸兄姉に知っておいて頂くことは、今後の本格的政界再編成に備えるために意味のあることでしょう。

私は気象党と同時に与党の一角である超高層党にも所属しておりますが、この党の将来活動方針を巡ってやはり最近あった会議（座長を含め本誌の読者も何人かおられました）では、聞き様によっては「惑星か、あるいは赤道か」とも取れる議論がありました。その席での私の説は、組変えによる赤道という新しい連立与党の結成を指向するように受け取られた節があります。しかし私の真意は、赤道という政治課題を惑星連立与党の政策の中に位置付けようとしたものであって、その意味で連立与党としての惑星と一政治課題としての惑星「探査」とは峻別すべきです。

大体以上のように考えて本誌編集委員の執筆依頼を引受けさせて頂きましたが、何分にも政界再編の真最中に政治課題を深刻にお話するのは結構気をつかうもので、編集委員の方々にはかえって御迷惑をおかけしました。文体がこういう調子（かなり飛躍のある比喩の連続）になったのも、今述べた理由と、それから多くの読者には一見かけ離れた話題とも感じられる筈の地球赤道大気と他惑星大気とを、なるべく等距離に置いて客観的に論じようとしたためです。併せて御寛恕を願う次

<sup>1</sup> 京都大学超高層電波研究センター

第です。

## 2. 地球赤道大気 of 惑星流体力学的面白さ

地球赤道大気も他惑星大気と同程度の知識・理解しか得られていないのだと言うと、驚く方がおられるかもしれません。例えば理科年表などには(中学の教科書にさえ)地球の標準大気とか気候表が載っておりますが、これらは中・高緯度帯(連続した信頼できるデータに基いていて、かつ平均状態および季節変化(年周期)が経年あるいは局所的変動に比べてはつきりと卓越している所)でのみ使えるもので、赤道域でははつきり言ってあまり意味がありません。こういうことを明確に意識した地球赤道域の標準大気は、実は他惑星の標準大気よりも後のごく最近ようやく作られるようになったのです。この例で明らかのように、地球赤道大気に関する観測はその変動の激しさや複雑さの割に、他惑星大気の平均状態と相対的に同程度の密度・蓄積しかないのです。

一般に惑星大気変動の複雑さ(実はこれが面白さの正体)は、季節や日変化のような天文学的あるいは外的な強制よりもむしろ、大気に内在する不安定とか相互作用とかの力学過程に由来しています。固体惑星のそれと分子レベルとの中間のスケールの流体(巨視的)運動が卓越するという意味で、惑星大気というのは、宇宙における物質の存在状態における一つの「相」であると考えられます。現在のところ、この「相」については、もともと実験的サンプル(大気のある惑星の数)が不足している上に、素過程の定式化にまだまだ未完成の部分も多く、たとえ現在の最先端のコンピュータを用いても事実から遊離してしまい、物理学の体をなさなくなってしまう。そういう点で地球赤道大気は、謎は多いけれども少しずつ新事実が得られつつあり、事実から遊離しない範囲内で

大胆な理論構築が可能であるため、惑星流体力学的興味の対象として相応しいものと言えます。

それでも大気は全体として閉じた連続体である以上、赤道域だけを取り出して論じるのは妥当でないとお考えかもしれません。しかし赤道域は、角運動量・エネルギー・物質のいずれの循環においても源としての役割を果たし、自転軸や磁力線が水平となるなどによる理論面での問題設定の違いなど、この領域に特殊な条件があることもまた確かなことです。これらは天王星のように自転軸が大きく傾いたもの(それから磁力線については固有磁場をもたぬもの)を除いて、あらゆる惑星大気に共通していると考えられます。こういう惑星大気に関する一般論の見方も松田さん(東大)を始め最近ようやくいくつか試みられつつあるのですが[1]、とにかく本節で述べる地球上の諸現象以外にも、金星の4日循環、火星の大振幅潮汐波、木星の大赤斑、海王星の大暗斑など、惑星大気学的興味の対象の多くが赤道域に集中していることは確かで、「比較赤道大気論」のようなものも惑星科学的にそれほど無意味なことではないと考えています[2]。

本稿は地球赤道大気科学のレビューをするのが趣旨ではありませんが、私なりのポイントをごく簡単に述べておきます。まず第一の面白さは、先に述べたように、自転・公転などの天文学的規則性が影を潜め、さまざまな対流あるいは波動(赤道波・重力波)が卓越し、これらが自ら勝手に、しかし何故か見事に組織化していることです。すなわちエルニーニョ南方振動(ENSO; ~4年周期)や準2年周期振動(QBO)から、半年周期振動(SAO)、季節内振動(ISO; 1~2ヶ月周期)、超雲団(寿命半月前後)、雲団、そして個々の雲に至る階層構造(天文が気象から借りた訳語である星雲の世界にあるのと類似の構造が、翻って地球上の雲にもあるというのは自然界のスケール普遍性を

考える意味で面白いと思いませんか?) の存在です。こういう波数空間での特異性の研究は、かの松野教授が学問をされていた時代以来、理論・観測の両面にわたり日本のお家芸となっています。とりわけ理論面では、木星赤斑の研究でも有名な山形さん(東大)や、気象党出身者としては惑星連立与党での発表件数の最も多い林君(現・北大)がそれぞれ一世を画する成果を挙げられているほか、松田・高橋(東大)・余田(京大)・吉澤(大分高専)各氏など連立与党の黨員あるいはシンパが大勢活躍しておられますので、この辺の美味しさはこれら諸兄に直接聞いてみて下さい。

地球赤道大気の第二の面白さあるいは奥の深さは、波数空間に移せない物理空間における特異性の存在にあります。これらはかつて物理学(物理空間においては中に潜む普遍性を追求)でなく地理学のシェフのお薦め料理であったものですが、

とにかく例えば先に述べた超雲団がアフリカ・南米の両大陸ならびにインドネシア付近の「海洋性大陸」(maritime continent)の周辺に偏在し、中でも最後のものが最も活発です(図1参照)。このことこそが私たちの赤道観測計画の動機ですので、これは3.1項で改めてもう少し詳しく述べることにします。

波数空間・物理空間の何れにも特異性が存在するのは、先の比較赤道大気論で述べたように他惑星でも同様のようでもありますが、地球赤道大気の場合は、海洋と大気が分離し、かつ内部熱源としての湿潤過程をもつ地球大気ならではの特徴に起因すると考えられているものが少なくありません。例えば暖かい海面から蒸発する多量の水蒸気が対流を極めて活発にし、その最も活発な所が全地球的な大気循環のかなりの部分を支配すると同時に、高くかつ低温の対流圏界面を作って水蒸気

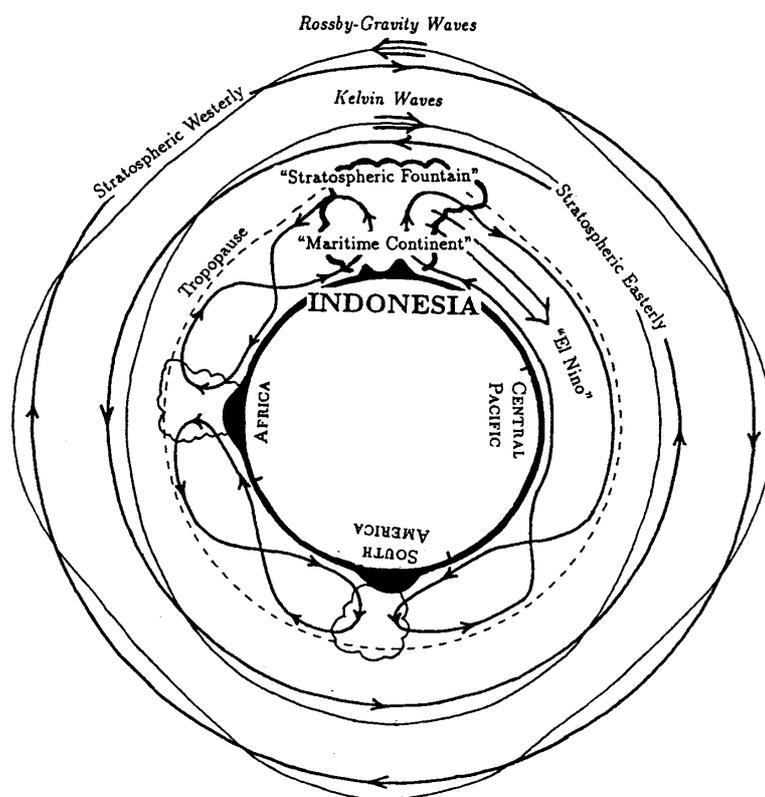


図1 赤道域大気圏の断面を示す模式図。インドネシアにある対流中心は、El Nino期(約4年毎)には中央太平洋に移動し、季節内振動(ISO, 30~60日周期)でも東遷することがある。下~中部成層圏(17~32 km高度)の東西風は、約2年周期(QBO)で、高度的には上から下へと順次入れ替わる。

だけは他の大気成分から分離（つまり降水）して宇宙空間への散逸を阻止する（cold trap）という絶妙のしかけは地球ならではのものです。そのほか例の炭酸ガスをはじめとする温室効果気体の消長も、赤道域海洋や熱帯雨林の存在という地球ならではのメカニズムと不可分です。さらにそういう大気と宇宙空間との関連で言えば、これまで磁気的特異点である極域ばかりが注目された超高層大気の振舞も、太陽や地球の変動の影響を両方ももろに受けていることが確実な赤道域こそが、大気そのものやエネルギーの放出や逆に太陽変動への大気応答、ひいては惑星や太陽系の進化に巨視的大気運動が果たす役割を探る上で重要です。

そういう訳で地球赤道大気の力学は古典的气象学の範囲をとくに逸脱して、前述の地理学のみならず化学・生物学のほか、力学グルメが敬遠・忌避しがちないわゆる環境科学と密接に関わってきます。言い換えると赤道大気そのものが、ミツバチや人間のような雑多を包含した社会構造、あるいは一個の生命体と同様な有機的構造・特性を持っているのです。これを忌避するか、逆に赤道大気の第三の面白さつまり新たな美味しさととらえるかは昨今のコメの問題と同様に人それぞれで、グルメの多くがそういうエスニックな美味しさを少なくともこれまでは避ける傾向にあったこともあって、（実はグルメが喉から手が出るほど欲しがっている素過程や基本的物理量の値などというスパイスを含めて）未知の問題が山積しています。

観測の話に移る前に、具体的な観測活動と同時に進めて行かねばならないと私が考えている、理論的側面の課題をまとめておきます [2]。まず第一に、自転軸が水平となる赤道域の惑星流体力学は、Coriolis 効果が消失する特異点近傍の極限的な場合に相当し、結構多くの問題が明確な解答を与えないまま残されていますし、まだ誰も知らなかった現象が見つかる可能性を大いに秘めています。第

二に、年周期（季節）変動が本質的でない大気的气候学を記述するためには、新たな統計概念・方法を確立する必要があります。そのためにも今始められたばかりの観測を何としても発展的に継続することが必須です。第三に、大気圏内部における放射・化学微物理学・力学の鼎立系、あるいは大気圏とその上（超高層・太陽系空間）下（水圏・生物圏・固体圏）の結合系など、地球システム全体を記述する方程式系の決定版を確立すべきで、古典的气候学で前提とする平均＝平衡状態というような既存概念に捉われない理論的研究に立脚した数値モデルを、もちろん蓄積される観測結果を常に参照して改良しながら構築する必要があります。

注意深い読者諸賢なら、これらの課題はそのまま他惑星大気についても当てはまることがおわかりかと存じます。一般に大気に関する諸問題はかなり昔から問題であったことが多く、少々のパラダイムの変革をやったところで、将来もやはり問題のままだという悲観的な見方もあります。しかし地球赤道大気の諸問題には、実は基礎的な物理量が確定していないために未解決である部分も多く含まれていることがおわかり頂けると思います。この部分だけでも（現時点で原理的・技術的に可能なものだけでも）完全に解明してしまいたいというのが、以下に述べる観測計画を進めている私たちのグループ全員の熱い想いです。

### 3. 文部省新プログラム

観測プロジェクトのお話は常に「生臭さ」がつきまといりますが、幸か不幸か当学会の諸兄弟には生臭さを感じられない、あるいはそれを避けておられる方が多いように見えます。活きのいい才能の多くがこれほど生臭くないのは、昨今の無味乾燥な中学・高校時代を生き抜いた結果か？ 生臭さと無縁の新知識階級出身だからか？ それとも生臭話の上手あるいは好きなやつはとうに実社会で実

入りのいいお仕事をしてるのかしら?あるいは生臭さを表面には塵も見せないくらいみんな賢いのかしら? などと思ったりします。しかし生臭さ(への耐久力)は絶対に必要です。つまり地球惑星科学における「実験」を「本気で」やろうと思えば、大規模の観測プロジェクトとならざるを得ない以上ひとりではやれない、というより自分のできない(やりたくない)ことをも他人頼りでやらざるを得ないということです。生臭くなくて活きのいい若手が目指す惑星科学も、本節以下に述べる私たちの地球赤道大気観測も、純粋な未知への憧れと生臭い俗世間との付き合いの両方ともが必要な、はっきり言うと本質的に自己矛盾に満ちたものです。その辺のところを、既存分野の枠に捉われずに再構築した学的体系とともにしっかり教育していくことが、苟も地球惑星科学などという看板を掲げる以上は肝要であると私は信じています。そういう意味で以下の情報が、本誌の若い読者諸君の将来に少しでも参考になればと願っています。

### 3.1. インドネシア赤道西太平洋域

赤道域大気は南北 $30^\circ$ の緯度幅として実に全地球大気圏の半分を占める訳ですが、前節に述べた通り、特に下層(最近では中層・超高層にもぼつぼつ検出されだしています)大気の振舞には極めて顕著な地理的コントラストがあります。そこでどこに手を出すか、的を絞るかが中緯度以上に重要となってきます。私の所属する京大超高層グループでは、先に述べた「海洋性大陸」、もっと地理的な表現をすれば「赤道西太平洋域」に的を絞って手を出しています。ここで述べる赤道西太平洋域の地理的範囲の定義は、緯度的には南北各半球の亜熱帯前線帯(赤道収束帯を起点とする対流圏Hadley子午面循環の終点である亜熱帯高気圧帯の縁辺部)との間、経度的にはインドネシア諸島全域からハワイ諸島〜キリバス国Christmas島を結ぶ

線までです。

この領域の特異性・重要性は、前節でも少し触れたように、まずここが(顕著なエルニーニョ期を除き)世界最高温の海水から生じる豊富な水蒸気つまり莫大な潜熱のため、世界で最も対流活動が活発な「海洋性大陸」であることです(図1参照)。この世界最強の対流の真上の対流圏界面は、世界で最も高高度(18km)かつ最も低温( $-80^\circ\text{C}$ )となり、「成層圏の源泉(stratospheric fountain)」と言われるように、対流圏から成層圏への大気を取り込みは大部分ここで生じていると考えられています。このような直接の大気循環駆動源としての役割の他にも、活発な対流は超高層大気にまで伝播する波動擾乱の主たる励起源としても、大気圏全体の構造を決める上で本質的に寄与していると想像されています。なお地磁気赤道は、この領域ではやや北に偏ってフィリピン南部を通りますが、これもまた超高層に様々な特異性を生み出しているようです。これらの重要性にも拘らずこの領域は、さまざまな歴史的経緯により観測の蓄積が乏しく、基本的な気象データについてさえ多くの未知をかかえています。さらに、この状況の打開については、日本の積極的役割が国際的に極めて強く要請されているということも大切です。

そういう訳で私たちはインドネシア赤道西太平洋域に飛び込んだわけですが、ここに至るまでには当然ながらいろいろな経緯がありました。まず1960年代から成層圏・中間圏の観測が本格化するとともに、安定成層流体と内部伝播波動との相互作用理論が進展し、これらは1980年代の中層大気国際協同研究計画(MAP; 1982~85)の実施につながりました。日本におけるMAPの目玉となったのが、加藤進京大教授(現・名誉教授)らにより滋賀県信楽町の国有林内の直径約100mの円形敷地に建設(1984年完成)された「MU(middle and upper atmosphere)レーダー」でした(図2参照)。

このレーダーの最大の技術的成果は、敷地に配置された八木アンテナ475本の1本1本に小型半導体送受信機を接続し、これを全てコンピュータで位相制御するシステムを実現したことです。このシステムで初めて可能になった高速走査・信号処理機能は、高い鉛直・時間分解能（150m, 1分）の3次元風速データの蓄積を可能にし、重力波という中小規模波動に関する観測的知識がこれまでになく豊富かつ高信頼度で増

えていきました。大気潮汐という18世紀以来の懸案を決着させるなど、純理論家としての地位を十分に獲得されていた加藤教授が、電子工学出身の弟子達とともに生臭い仕事に耐えて世界最高性能のレーダーを作り、また国内外にわたる多くの研究者との共同研究を指揮して、それらをもって中層大気における重力波・潮汐波の実態や意義を実験的に明らかにされたことは、確かにAppleton賞や学士院賞に値する業績だと思います。

MAP計画の素晴らしさは、(私自身や例のグルメ諸兄姉を含め) 現在40±5才くらいの層の大気科学研究者を、力学・化学、中層・下層大気そして理論・観測の全てにわたり、また世界各国で育てた(少なくとも大きな影響を与えた)ことではないかと私は思っています。MUレーダー関係だけでも150本に及ぶ論文が、最近10年間の国際学術誌に掲載されています。MAP計画で形成された中層大気を中心とする研究者の一群は、超高層物理学プロパーの研究者たちと「野合」して太陽地球系エネルギー国際協同研究計画(STEP; 1991～95)を作りました。このSTEP計画の一環として、観測が乏しい赤道太平洋域の大気圏上下結合を研究対象とする「赤道域大気結合力学国際協同観測(CADRE)」が実施されつつあります。一方、もっと古典的な気象学・気候学の世界では、1980年代

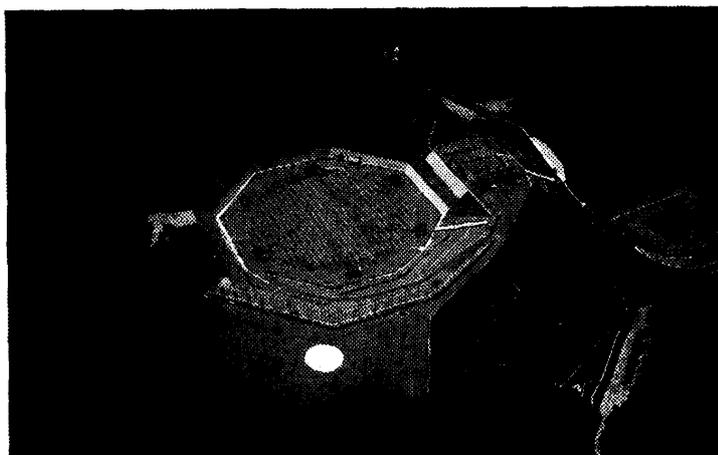


図2 滋賀県信楽町にある京都大学「MUレーダー」の全景(深尾昌一郎氏による)。

から気候変動国際協同研究計画(WCRP)が継続されていましたが、この中の赤道大気に重点を置く副計画である赤道海洋大気大循環研究計画(TOGA)が地理的によりの絞った形で発展して、西太平洋域に重点を置いた「海洋大気結合系観測計画(COARE)」となりました。

かくして赤道西太平洋域の別称「海洋性大陸」と「成層圏の泉」に象徴される2つの重要性に対応して、それぞれTOGA/COAREとSTEP/CADREの2つの国際的プロジェクトが生まれ、それぞれ気象・海洋あるいは大気・超高層という学際的「野合」が行われるに至ったのです。特筆すべきは、この両計画の立案と実施においては何れも日本の研究者グループが国際的中核となっていることです。この両計画を支える予算措置は抱き合わせになって、しかも生態系グループのプロジェクトという地球惑星科学の古典的範疇を越えた領域まで「野合」して、次項に述べる文部省新プログラムとしてなされているのです。但しMAPと違って、各レベルのマンパワーや理論的研究の並走がプロジェクト規模の拡大について行けなかったことから、これら「野合」の過程で特に若い世代の科学グルメの脱落や非グルメ化が少なからずあったように感じられることは、少し残念なところです。

### 3.2. 「新プログラム」とは何か

日本の文部省傘下の諸研究機関、つまり大学等の研究者が「野合」して、科学研究費の総合研究では賄いきれない規模の研究プロジェクトを実施する場合、学術審議会や測地学審議会から「特別事業」として建議してもらう以外には、1980年代までは科学研究費の特別枠である「重点領域研究」に採択してもらうしか道はありませんでした。しかし日本の科学の進展（と欧米の相対的衰退）は著しく、こういう既存制度のルールではまともなことができなくなってしまいました。例えばデカイ設備を購入しようと思えば、別途概算要求する必要がある、そのためには順番待ちをしなければなりません。また海外で何かやろうと思うと国際学術研究というのを別途申請するわけですが、これとて備品の購入は事実上不可能で、また出張にしても2年くらい前に相手国の人間や旅行業者としっかり渡りをつけて申請し、原則としてその通りに実施する必要がありました。そのほか海外研究集会の派遣とか、国際シンポジウムの開催とかの援助制度、そのほか日本学術振興会の特別研究員制度なども、それぞれハードな競争を勝ち抜かねば利用できませんでした。もしでかい設備も、海外調査も、オーバードクターの処理までも可能な短期的研究予算制度を作ろうとすると、既存諸制度を規定した法律を隅々までいじってボロが出ないようにした上で、新たな法律を国会に上程するという実にやっかいな作業が必要です。このやっかさを鶴の一声で押し切れるほど、科学に明るくかつパワーのある政治家は日本には残念ながらおられません。

そこで文部省と学術審議会のエライ方々が知恵を絞った結果、上に述べたような既存の諸制度（法律）は原則としてそのまま生かしながら、全部5年間に限ってセットにして使うことを考え出した訳です。これが「新プログラム」方式と呼ばれる

ものです。この呼び方は、役人の文章によくある「仮称」というやつかと当初考えておりましたが、本当に走りだした後もどうやら正式名称として定着してしまいました。これは良くも悪くも民主的、バラマキ的であったそれまでの研究費分配方法と明らかに一線を画するもので、既存諸制度の上前をはねておいて、ある条件を満たす研究者群にトップダウンで集中投下しようとするものがあります。満たすべき条件とは、真に「創成的」（この旧約聖書に出てきそうな形容詞は *original* と *fundamental* を足して2で割った、国語審議会が泣きそうな新造語であります）あるいは「技術革新的」、さもなくば「国際要請の大きい」であるということであります。なおこのスペシャル定食の主食である科学研究費については、既存の種目では使用ルールの制約がきつすぎて極めて不評でありましたので、総合研究・一般研究・国際学術研究をミックスし、かつ交付申請書からの変更等もずっと容易にできるという「創成的基礎研究費」という新プログラム専用の種目が新たに作られました。

このような話が具体化し出したのは、平成という年号がようやく定着し始め、猫も杓子も「地球環境」に騒いでいた頃であります。かくして新プログラム第1号として「国際的要請」の高い「アジア・太平洋地域を中心とする地球環境変動の研究」が、生態・海洋・気象・中層大気の研究の「野合」でスタートした訳です（図3参照）。全体の研究リーダー（科研費である創成的基礎研究費は他と同様に研究代表者と呼びますが新プログラムについては何故かこう呼びます）は、農業生態学の田村東大名誉教授で、その下にまず「気候変動」と「生態系」の2つのサブグループが設けられています。このうち前者は、正式には「アジア・太平洋地域における気候変動機構の研究」という名前で、松野東大教授をサブリーダーとし、さら

にその下に WCRP (気候変動機構) と STEP (中層大気) を各3分して結合した, (I) 「力学観測」, (II) 「化学観測」, (III) 「モデル」の3つのサブサブグループ (KYON<sup>2</sup> などと同様にサブ<sup>2</sup>グループと書いたりします) が設けられ, それぞれに対応した創成的基礎研究費が交付されています. 例えばサブ<sup>2</sup>グループ (I) の創成的基礎研究費は「西太平洋域における大気・海洋結合系のダイナミクスの観測」と題し, 深尾 (当初は加藤) 京大教授を代表者として, その内 TOGA-COARE に対応する (I-a) 「大気・海洋相互作用」, STEP-CADRE 対

応課題を吸収した (I-b) 「大気対流・波動の発生機構」の2つのサブ<sup>3</sup>グループで構成されています.

上記 (I-b) が次項で述べる赤道観測の財源ですが, 同時に赤道西太平洋域の北辺を固める意味で MU レーダーを中心とした国内観測も, 中層・超高層大気波動や対流圏内気象現象を主対象として, 併せて行っています. 特に, 建設以来10年にわたる資料に基づく気候学的解析, 赤道観測や4節に述べる将来の赤道レーダーを見越した総合的大気観測の基礎としての多地点 (日本国内あるいは

豪・加・仏・独など) あるいは多手段 (ライダー・ロケットゾンデ・気象レーダー・気球など) 観測などが推進されています. また技術開発においても, MU レーダー電波と音波併用による温度観測 (RASS), 「流星レーダー」 (MWR) の改良や MU レーダー流星エコー (これは当学会の名士の一人渡部氏 (天文台) の流星研究にも利用されています) による中間圏界面領域の連続観測, 干渉計法による乱流の微細構造観測などのほか, MU レーダー「実時間データ処理システム」 (1993年初めに導入) により, 赤道レーダーまで視野に入れたソフトウェア開発が行われつつあります. さらに MU レーダー観測が困難な大気境界層 (高度 1.5 km 以下) を主対象とし, かつ可搬性



図3 「新プログラム」方式による「アジア・太平洋地域を中心とする地球環境変動の研究」 (1990～95) の内容を示す模式図.

を有する「境界層レーダー」(BLR)が1991年暮れに開発されました。なお (I-b)「以外」のサブ、サブ<sup>2</sup>あるいはサブ<sup>3</sup>グループとも実際にはいろいろな面で情報交換や共同作業をやっているのですが、本稿では紙面の制約もあって原則として一切触れないでおきます。

### 3.3. インドネシアにおける観測活動の開始

赤道西太平洋域の心臓部、いや地球大気環境全体の心臓部でもあるインドネシア地域の観測については、次号で述べる赤道レーダーあるいはICEAR計画に関連して、加藤・深尾両教授を中心に1982年頃から議論され、1985年からは実際に現地で各種の予備的調査活動が進められていました。今回の新プログラム観測については、カウンターパートであるインドネシア共和国技術応用評価庁 (BPPT) ならびに航空宇宙庁 (LAPAN)、さらに日本インドネシア科学技術フォーラム (JIF) の協力を得て、いくつかの候補地について電波・居住環境、物資・人員調達、研究者・技術者教育の便などを含む入念な調査・検討が行なわれました。また新プログラム開始の前年度に交付された国際学術研究では、津田氏らにより東部ジャワ州 Surabaya 市南方にある LAPAN の大気球実験所構内において、ラジオゾンデ (オメガゾンデ) 100 機を用いた1ヶ月連続観測が行なわれ、科学的重要性と協同研究実現性の両方が確認されました。これらの経緯ならびに以下に簡単に紹介する観測の具体的内容については、諸会合における津田氏の総合報告 (例えば [3] を御参照下さい。)

これらの活動を踏まえて、首都 Jakarta 南西郊外 Serpong 地区にある研究学園都市 PUSPIPTEK (直訳では科学技術研究センターで、原子炉実験所その他の先端的な国立研究所多数が設置されている) の一角がレーダー観測所用地として選定され、ここを借りて1992年9~10月に BLR (RASS 設備



図4 インドネシア国ジャカルタ市郊外スルボン地区にある国立科学技術研究センター (PUSPIPTEK) の一角に、「新プログラム」の一環として建設された観測所 (津田敏隆氏による)。手前のパラボラアンテナ3基が「境界層レーダー」、後方の八木アンテナ4基が「流星レーダー」である。

を含む)、MWR を中心とする観測機材の搬入と観測室の設営が行なわれ11月9日には現地で開所式を挙げて本格的に観測がスタートしました (図4参照)。また Jakarta の南東約 300 km に位置する Bandung にある LAPAN の研究所構内で、多数のオメガゾンデを用いた連続観測もスタートしています。観測はその後1年半を経てもなお現在順調に継続中であり、BLR では雨季に頻発する激しい積乱雲活動に対応した風速・降水変動のほか、雲群の東遷に伴う太平洋貿易風 (偏東風) からインド洋モンスーン (偏西風) への交替など、また MWR では平均風・潮汐波・赤道波・重力波などが解析され、赤道西太平洋域東端に豪・米が建設した Christmas 島レーダー等との比較も進められています。1993年の乾季 (10月) と1994年の雨季 (2月) のそれぞれ数日間に、Serpong 地区にラジオゾンデも持ち込んで BLR その他との同時特別観測も津田・橋口・足立氏らを中心に実施され、乾季観測では中高緯度の3倍の高さに及ぶ晴天日惑星境界層の日変化の存在、またインドネシア上空の対流圏界面付近でのみ増幅する赤道波などが新たに発見されています。

現在の新プログラム観測の継続は、京大グループがほぼ月1回のペースで訪問してチェックするほか、通常はBPPTおよびLAPANの若手技術者の手でほぼ完璧になされており、データの管理運用も両者で平等に行なっています。このような両国の協力の成功は、単に新プログラムにおける赤道大気観測の成果を高めたのみならず、次に節を改めて述べる将来のより本格的な観測・研究において大きな礎を築いたと信じています。すなわち地球赤道大気観測の場合は、本稿冒頭に述べたプロジェクト大型化のための3つの条件のうち、科学的意義と技術的実現性については、この新プログラムによって既に十分に証明されたと言ってよいでしょう。

(次号へ続く)

## 参考文献

- [1] 松田佳久, 1993: 惑星の気象. 「気象と環境の科学: 天気予報の科学からエル・ニーニョまで」(山崎道夫・廣岡俊彦編, 養賢堂刊), 第1章, 11-40.
- [2] 深尾昌一郎・神沢博・近藤豊・塩谷雅人・田中高史・山本哲生・山中大学, 1991: 中層大気・超高層大気研究: 21世紀の展望. 天気, 38, 257-273.
- [3] 津田敏隆・中村卓司・山本衛・山中大学・深尾昌一郎, 1992: 赤道大気国際協同観測計画. STEPシンポジウム報告書, 3, 537-542.