

TOGA-COARE : 気象学と海洋学の出会い

—1995年度堀内基金奨励賞受賞記念講演—

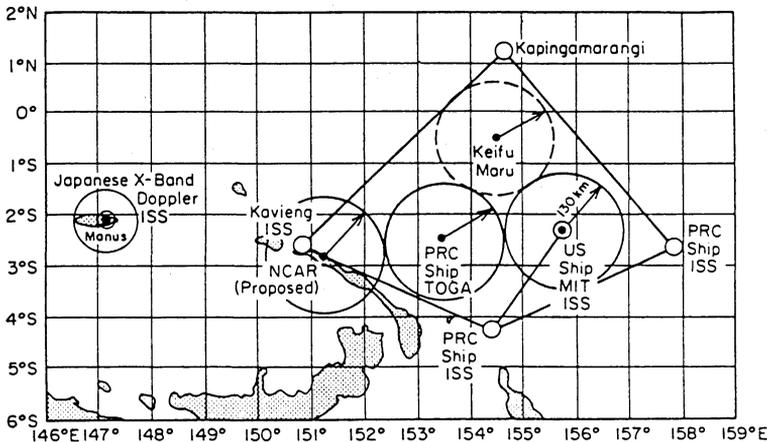
竹 内 謙 介*

本日は、身に余る賞を頂きまして、恐縮しております。これは私個人と言うより、TOGA-COARE (Tropical Ocean and Global Atmosphere—Coupled Ocean—Atmosphere Response Experiment) に携わった研究者全員を代表しての受賞、また、気象学から海洋学への連帯のメッセージと受け止めたいと思います。そこで、今日は、TOGA-COARE を通じて海洋学と気象学の関わり合いについて感じたことを2、3、話したいと思います。

TOGA は手短かに言えばエルニーニョや南方振動(併せて ENSO と呼ばれます) のメカニズムを解明するためのプロジェクトで、1985年から10年間続けられました。その過程で、ENSO は大気と海洋がお互いに影響しあうことにより、擾乱が発達して起きること、そしてその発端は西太平洋熱帯域の、通常最も海面水

温の高い海域 (warm water pool) で起きるらしいということがわかってきました。そこで、その発端の様子、大気と海洋がどの様に影響しあいながら変動しているかを詳細に調べよう、というのが COARE (第1図) というプロジェクトです (住ほか、1993; 住ほか、1995; 月刊海洋「西太平洋大気—海洋相互作用研究計画」(海洋出版、1995); 気象集誌「TOGA-COARE 特集号」(Meteorological Society of Japan, 1995))。

気象学と海洋学、特に海洋物理学はもともと学問分野としてかなり近いものがありました。それは、お互いに大きな影響を与えあう存在であることと共に、同じ回転する球である地球の表面にある流体で、しかも成層しているということから、力学的に共通な視点で見ることができるからでしょう。にも関わらず、気象学と海洋学には非常に違った性格があります。

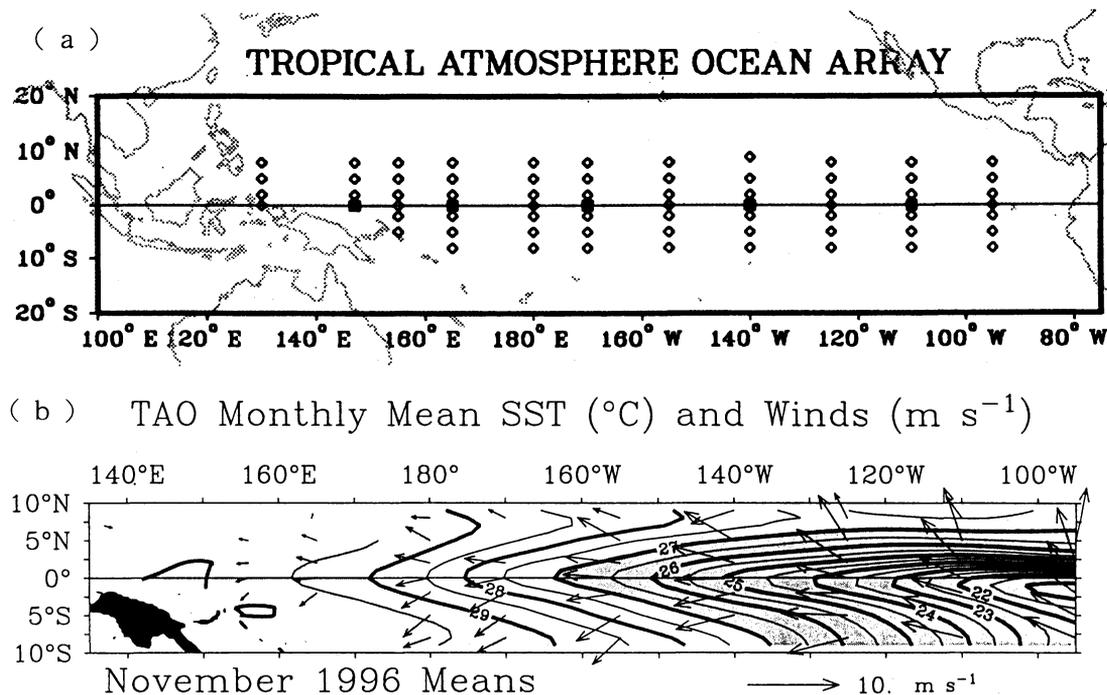


第1図 TOGA-COARE 集中観測期間 (1992年11月~93年2月) における観測網。

* 北海道大学低温科学研究所。

—1996年11月14日受領—

—1997年1月22日受理—



第2図 (a) TAO Array の配置図, 白丸は ATLAS 係留系 (第3図参照), 黒の四角は流速計係留系 (Hayes, *et al.*, 1991). (b) TAO の観測例, 等値線は海面水温, 矢印は風速. ともに1996年11月の月平均 (Climate Prediction Center, 1996).

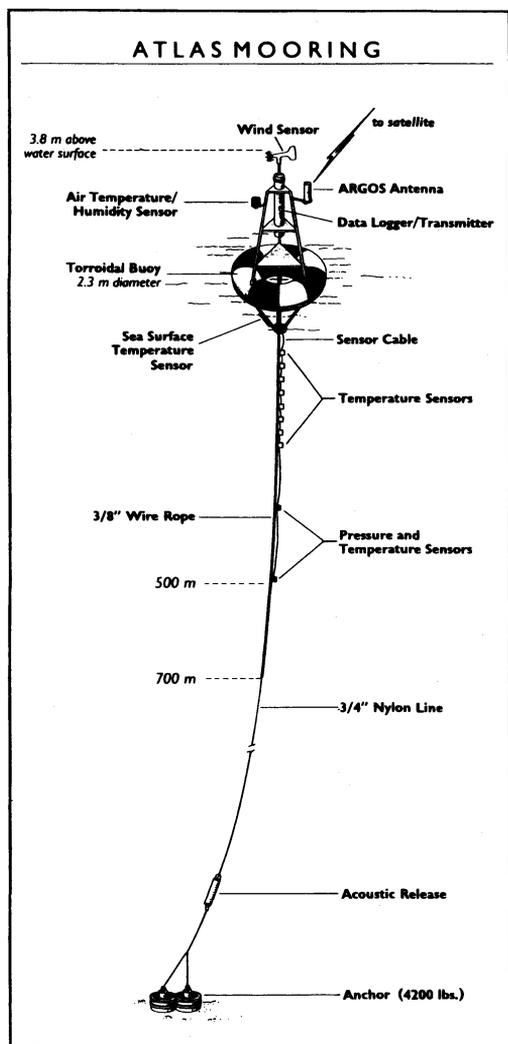
TOGA では気象学者と海洋学者が共同プロジェクトを推進することになりました. その過程で, 両者の違いが浮き彫りになりました. そして, 海洋の側からすると, 学び, 影響を受けるところが大きかったと思います.

それを端的に示しているのが第2図です. これは TAO (Tropical Atmosphere Ocean) Array と呼ばれるブイのネットワークで測られた熱帯太平洋の海面水温と風速の図です (Hayes *et al.*, 1991). これは海面水温ですが, 海の中の情報も同じように見ることができます. これは海の天気図と言えるものです. 今, インターネット等を通じて, 誰でも最新の情報を見ることができます (<http://www.pmel.noaa.gov/toga-tao/>). その他, TOGA-COARE に関するインターネットについては, 沖 (1996) に詳しい). 現在は太平洋熱帯域だけですが, 技術的には世界中の海洋をこのようなネットワークでカバーすることは決して不可能ではありません. これは海洋学にとっては革命的とも言えるものです. といっても, 気象学者の方にはごく普通のもので, 特に何が革命的なのかわからないのではな

いかと思います.

海洋観測はこれまでほとんど観測船によって行われて来ました. しかし, これは例えば車で日本中を, 今日大阪, 明日は東京と言うように回りながら観測して天気図を作るようなものです. そうやってできた天気図がどの様なものか想像ができるでしょう. 海洋は気象ほど変化が早いわけではないのでそんなにひどいわけではありませんが, 問題があることには変わりありません.

TAO に使われている技術には特に新しいものはありません. 技術的に最も困難であったのは海面係留の技術です. 係留は海底に重りを置き, そこからロープやワイヤーを立ち上げ, ブイで引っ張り上げることにより海の中に固定点を作って観測のプラットフォームにするものです. ブイが海面に出ているものを海面係留と呼びます (第3図). ブイを海中に留めるより, 海面に出た方が一見楽に思われるかもしれませんが, 深海は静かなのに対し, 海面は波や流れが強く, また生物の影響 (人間が一番問題ですが) もあって技術的には難しいのです. その技術を確立するには大変な努力



第3図 ATLAS 係留系。TAOで中心的な役割を果たしている海面係留系。海上気象要素や海洋上層の海水温を観測し、データを衛星経由で通報する。

がいった訳ですが、それは既存の技術の集積であり、最近出てきた革新的な技術により初めて可能になった、というものではありません。やる気になっていれば、多分、20年前でも十分可能であったでしょう。問題は、やる気になっていなかった、という点です。

気象学は昔から高い社会的要請の下で、組織的な観測が世界的に整備されてきました。毎日観測に従事している人の数は、世界中の測候所を含めてどの位になるでしょうか？多分、海洋観測に従事している人の数より、1桁も2桁も多いのではないのでしょうか。海洋

学はそれに比べるとこれまで社会的な要請も大きく無かったこともあって、観測も、「何を測らなければならないか？」という発想より、「何が測れるか？」という発想になりがちであった点は否めないと思います。

気象学においても、最近の1つの方向として、より長い時間スケールの予報、研究に目が向けられるようになって、海洋の重要性が認識されてきました。その最初の例が ENSO だと思います。それ以降、海洋に対する社会的要請は段々強くなっています。しかし、海洋学者はすぐには対応できていない面があります。TOGA の初期にも、発想の違いから、かみ合わない所が出たようなこともあったようです。しかし、TOGA の過程で、徐々に海洋学者の意識も変わって来つつあるような気がします。その1つの現れが TAO ではないか、と思います。TOGA がなければ、TAO のような発想は出てこなかったかもしれません。

TOGA の海洋観測で中心的な役割を果たした機関としてアメリカの NOAA-PMEL (大気海洋庁太平洋海洋環境研究所)、フランスの ORSTOM (科学共同開発研究所、旧海洋科学技術研究所)、オーストラリアの CSIRO (連邦科学産業研究機構) があります。これらはどちらかというともそれまで地味な存在だったと思うのですが、TOGA ですっかり脚光を浴びるようになりました。これらは皆、国立の研究機関です。このような機関が活躍するようになったのは、観測が大がかりになってきて、大学のような組織では対応できなくなってきた事があります。TOGA は勿論研究であって、いわゆるオペレーショナルなものではありません。しかし、対象が気候変動となると、観測はモニター的な要素を帯びてきます。しかし、現業官庁がやるような確立された観測でもありません。このような、プロセス研究とオペレーショナルなモニターの中間的な性格を持つ観測が増えると思われます。問題は、日本にその受け皿があるか、ということです。

私は TOGA-COARE が始まる頃、北大低温研に移りましたが、それからメソ気象学に関わりを持つようになりました。そして感じたことは、メソの状況が大変海洋と似ているということです。どういうことかといいますと、観測の体制が整備されておらず、個人に頼るところが大きいということです。産業でいえば、まだ家内制手工業といったところでしょうか。まだ分業ができあがっておらず、1人の研究者が観測計画から実際の観測、観測機器の開発や維持、データの管理や解析、更にモデルや理論までを手がけることが普通

に行われています。

ある意味で、これは研究者の理想であり、また、まだこの方式が有効な研究対象もあります。しかし、メソも海洋と同様に気候変動との関連が問題になってくるようになり、観測の規模も必然的に大きくならざるを得なくなってきています。先ほど挙げたような機関では、観測機器の開発・維持、現場観測、データ管理、データ解析、観測船の運航に至るまで、それぞれの専門家が当たっています。日本の体制では、それぞれが中途半端になってしまいがちです。実際、TOGA-COAREでは、このあたりの体力の差を痛感しました。これをどうするかは日本にとってこれからの大きな課題であると感じました。

海洋では、分野全体がメソと同じような状況にずっとありますから、この問題に関する認識はかなり共通なものになっていると思われる。気象では、現実的な観測体制がしっかりできていて、大規模で現実的な観測は気象庁、小規模なプロセス観測や理論等は大学や研究所という役割分担ができていたように思います。しかし、先程述べました重要性を増しつつある中間的な性格の観測、大規模ではあるが、プロセス的な観測、そういったものがちょうど狭間に入ってしまいます。気象学者の間では、これまで体制が整っていただけに、新しい事態に対する認識は薄いような気がします。

勿論、外国の体制を取り入れればそれで済む、と言うわけではありません。社会的基盤や人間関係の文化が違うからです。やはり、日本に適した体制を考える必要があるでしょう。どうしたら良いか、現在、私は答えを持っていません。たとえ良い方法があったとしても、体制などはすぐに根本的に変えることはできませんから、とにかくできることから始めなければならないでしょう。例えば、研究者の評価等も、体制の違い欧米と同じようにするのは無理があると思います。

一方、日本の良い面もあると思いました。それは大学や研究所の研究者と現業官庁の関係です。アメリカなどの研究者と話していると、現業官庁に対する信頼感が非常に薄いのが感じます。最近の気候変動関連の観測はモニター的な要素が多く、現業観測に近いものがあります。しかも多くのものは、長時間の継続こそ意味を持つものが少なくありません。最初の研究的なステージが一段落した後は、いかに体制の整った研究機関であっても維持は容易でないと思います。当然、

現業への移管が考えられますが、それがスムーズにいくかどうか、アメリカの場合などちょっと心配でもあります。その点、日本ではそう問題にならないのではないかと思います。実際、そのような例もあります。このような長所は大事にしていくべきだと思います。

TOGAは典型的な異なる分野の共同プロジェクトです。これからは、このようないくつかの分野が共同して行うプロジェクトが多くなると思われます。TOGAは成功したプロジェクトと言われます。本当に成功したかどうかはこれから決まることだと思いますが、うまくいったとすれば、その1つの理由として、大気と海洋が対等な立場で共同研究できたということがあると思います。これはENSOがたまたま、そのような現象であったということで、むしろまれなケースだと思います。実際には、共同研究といっても、自分の分野が相手の分野の知識や手法を必要とする、という場合が多いでしょう。興味としてはあくまで自分の分野としてのものですから、相手の分野の研究者にも同じような関心があるかどうかはわかりません。相手の分野の研究者としては単に使われていると感じてしまいがちで、そうなるとうまくいきません。こういう場合には、相手の分野の研究者の協力を待つだけでなく、自分の方から相手の分野に踏み込むことによって共通の場を作っていく必要があるのではないかと思います。

日本のTOGA-COAREのグループは、アメリカなどと比べて所帯が小さく、その分、分野間のまとまりも良く、それがとにかく計画通り観測を行うことができた理由だと思います。現在、観測と初期の解析が一段落して次の段階に入ったところです。真の成果が問われるのはこれからです。その為には、更に研究者の輪を広げる必要があります。今までプロジェクトに関わってこなかった研究者にも、遠慮なくデータを使って成果を上げていただきたいと思います。

本日はどうもありがとうございました。

参 考 文 献

- Climate Prediction Center, 1996 : Climate diagnostics bulletin, Nov. 1996, U. S. Department of Commerce, 77pp.
- Hayes S. P., L. J. Mangum, J. Picaut, A. Sumi and K. Takeuchi, 1991 : TOGA-TAO : A moored array for Real-time measurements in the Tropical Pacific Ocean, Bull. Amer. Meteor. Soc., 72, 339-347.

海洋出版, 1995 : 西太平洋大気-海洋相互作用研究計画, 月刊海洋, 27, 137-194.

Meteorological Society of Japan, 1995 : TOGA-COARE Special Edition, J. Meteor. Soc. Japan, 73, 267-675.

沖 理子, 1996 : 気象学におけるインターネット(9) TOGA-COAREにおけるインターネット利用, 天気,

43, 809-815.

住 明正, 竹内謙介, 上田 博, 石田廣史, 1995 : TOGA-COARE データワークショップ報告, 天気, 42, 723-728.

住 明正, 竹内謙介, 藤谷徳之助, 上田 博, 高橋 劭, 中沢哲夫, 1993 : TOGA-COARE について, 天気, 40, 791-809.

TOGA-COARE : Oceanography Meets Meteorology

Kensuke Takeuchi*

* *Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Sapporo 060, Japan.*

(Received 14 November 1996 ; Accepted 22 January 1997)

==== 支部だより ====

北海道支部第15回夏季大学開講のお知らせ

— 気象講座「新しい気象学」 —

日 時 : 平成9年7月30日(水), 31日(木)
午前10時~午後3時

場 所 : 札幌市青少年科学館(第1日目)
(JR・地下鉄東西線「新札幌駅」下車)
札幌管区气象台(第2日目)
(地下鉄東西線「西18丁目駅」下車)

参加費 : 700円

対象・定員 : 一般(高校生以上)60人

申込み方法 : 往復はがきに講座名「新しい気象(朱書き)」住所・氏名・年齢, 勤務先等・電話番号, 返信宛名を明記し, お申込みくだ

さい。

但し, 申込み多数時は抽選とします。

申込先 : 〒004 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目
札幌市青少年科学館
TEL : 011-892-5001

申込締切 : 平成9年7月24日(木)

問い合わせ先 : 日本気象学会北海道支部

〒060 札幌市中央区北2条西18丁目

札幌管区气象台内

TEL : 011-611-6121 (内線415)