

運 と 勤*

——気象学における発見的研究の舞台裏——

廣 田 勇**

この小文は、1991年7月に京都で開かれた日本気象学会夏期特別セミナー（通称夏の学校）における招待講演の要約である。このセミナーは「若手会」と呼ばれる気象関係大学院学生を中心とした勉強会なので、私の話は、研究のスタートを切ったばかりの人々を対象にして「自分もやれば出来る」との意欲を持ってもらうことを目標としたつもりである。ささやかな経験談ではあるが、単なる昔話としてではなく、それぞれの立場での教訓として受け取って下されば幸いである。気楽な雑談だったので、その雰囲気や少しでも誌上で伝えるために、以下、話し言葉の文体を用いることとした。

1. 発見の意味と意義

奇妙な表題をつけました。これだけでは、麻雀のツキの話みたいなので、副題も添えておきました。

私は常々、自分の仕事も含めて、観測的研究の性格を「発見のか立証のか」と「定性的か定量的か」の2×2のマトリックスの中に位置づけて評価・判断することにしています。この分類は、いわゆる演繹的・帰納的という分け方とはちがいます。もちろん、この4通りのどれが良いとか悪いとか言うことではありません。研究の性格づけを明確にすることが大切なのです。

さて、その「発見」ということの科学全般における意義と評価は、いまさら詳しく述べるまでもないでしょう。たとえば、今世紀前半のノーベル物理学賞の与えられ方を見れば一目瞭然です。気象学にも馴染みの深いレイリー卿の受賞理由は、順圧不安定や熱対流の理論的研究ではなく「空気中のアルゴンの発見」ですし、アインシュタインのそれも、相対性理論と思いきや、実は「光電効果の発見」です。これらはすべて、自然科学における「事実の重さ」を物語っていることに他なりません。

ところが「発見」の中には、上の例のような、万人の認める「新発見」ばかりではなく、いろいろな意味あいを持った発見があります。

その第1は「自分にとっての発見」です。よく言われ

るように、コロンブスのアメリカ大陸発見とは、所詮、ヨーロッパ人（白人）にとっての発見に過ぎません。アメリカインディアンは昔からそこに住んでいたのですから。同様に、現在でも、世界中で何万人かの小中学生が、世界地図を眺めているうちに、ウェーゲナーとは「独立に」大陸移動を発見しているに違いありません。かく言う私も40年前の「発見者」のひとりです。

しかし、このような意味での発見は、少し経ってから、自分が「第一発見者」ではなかったことに気がつきます。自分の研究テーマについて計算や作図を済ませ、いざ論文を書こうか、という段階で全く同じことがしばしば起きます。つまり、「この結果は既に誰かが出しているのではないか」という不安が急に湧き上がってきて、あわてて古い文献を調べ直すと、案の定、似たような式や図が見つかってがっかり、というわけです。だがそこでくじけることはありません。「俺は自力でこの結果を得たのだ」と聞き直して自信を持って下さい。「誰その論文にはこう書いてある」式の物知り顔（結局は他人の説の受け売り）よりははるかにましです。

次に、発見で難しいのは、「どこまでを発見と言うか」です。先に述べた大陸移動の話で、アフリカと南米の海岸線の形が良く似ているという程度の指摘とウェーゲナーの議論とでは雲泥の差があります。同様に、原子の存在はギリシア時代にデモクリトスが既に論じている、というのも少し無理な気がします。おそらく、思弁的な議論が「当らずと言えど遠からず」だったのだと思いま

* Some episodes in heuristic studies of meteorology.

** Isamu Hirota, 京都大学理学部.

す。

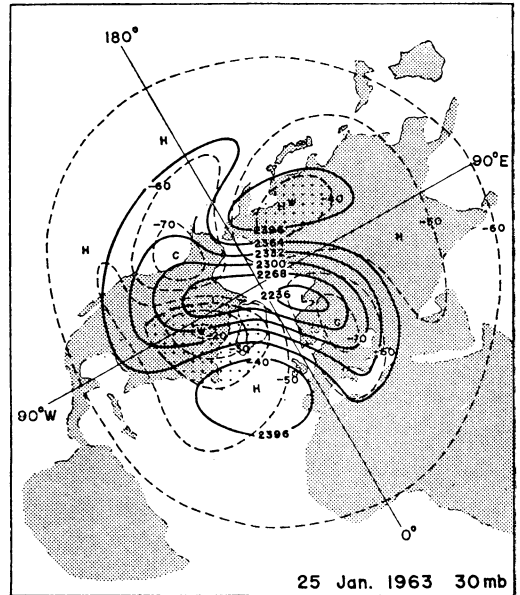
仄聞するところによれば、文学評論の世界でも似たようなことがあって、「ゲーテはあらゆることを言った」という格言(?)があるそうです。つまり、いま誰かが何か新しいことを言ったとしても、歴大なゲーテの著作の中のどこかに、似たような意味の言葉が必ず見つかる、というわけです。権威主義的な評論家が新人の作品を貶すときなど、この格言を利用するのは便利でしょうが、あまり感心できません。もちろん、この場合、悪いのはゲーテ本人ではなく、その権威に頼る評論家のほうです。実を言えば、気象界でも似たようなことがあります。さしずめ、アメリカの Lindzen などはゲーテ級にあらゆることを言い立てていますが、一方、その当人が昔、大気潮汐の論文を書いたときは、同時代のライバル達の仕事を無視するために、ラプラスなどことさら古い論文のみしか引用しなかったという前科もあります。

発見ということでもうひとつ重要なのは、誰しも多少の経験があると思いますが「後悔」ということです。つまり「しまった、俺も殆ど気付いていたのに他人に先を越されて残念だ」という気持ちです。しかし、冷静に判断してみると、この「殆ど」というのが曲者で、あと一歩、のその一歩が実は物すごく大きな距離なのです。ほら、昔の人はうまいことを言っているではありませんか。「百里の道は九十里をもって半ばとする」と。そしてまた、この後悔の念に対する教訓は「実は俺もすでに気付いていた」のなら、どうしてちゃんと論文の形で印刷公表しておかなかったのか、が責められるべきでしょう。それをせずに、実は俺も、だけでは所詮ボヤキにすぎません。

何やら、運と勘、という主題から離れたような前置きとなりましたが、以下では、このような発見にまつわる諸々の要素を念頭に置いて、私自身が過去直接間接に関与した研究例をいくつか題材にして、研究の成り立ちのドラマの中から教訓を拾い出してみることにしましょう。

2. 成層圏突然昇温

突然昇温について書かれた論文やテキストの導入部には、必ずと言って良い程、まず Scherhag (1952) の名前が出てきます。ドイツ語で書かれているので、今の若い人々がそのオリジナルを通読することは殆どないでしょうが、素朴ながら立派な論文です。この発見的研究のエピソードは、拙著「地球をめぐる風」にも詳しく述べておきました。彼の論文の最初の図には、1951年3月か

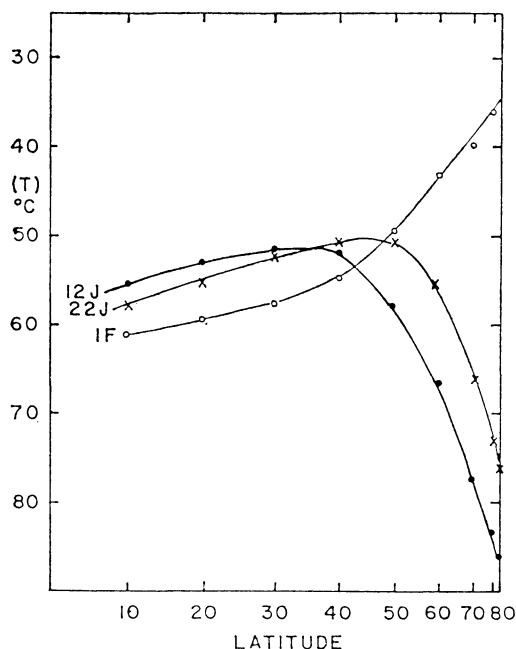


第1図 突然昇温時の成層圏 30 mb 総観図。高度の単位は dm, 気温の単位は °C (Hirota, 1967)

ら52年3月までの1年間にわたるベルリン上空10, 15, 20 mb の気温のプロットがあり、1952年2月下旬の有名な昇温が示されています。Scherhag が突然昇温現象の発見者であるといわれる所以は、限られたゾンデ観測の範囲ながら、その現象が北半球規模(プラネタリースケール)の広がりを持ったものであることを、お得意の総観解析から示した点にあります。

これに対し、木田秀次君の著書「高層の大気」(東京堂出版)の中に、同じ1952年2月の館野における高層観測から、野島(1954)が昇温を記述しているという紹介があります。日本人としては「実は我が国でも」と自慢したいところですが、残念ながら、館野だけのデータでは半球スケールの昇温現象の記述は出来ません。この例は、上に述べた「百里の九十里」ぐらいだった、というのが私の評価です。

国際地球観測年(IGY; 1957~58)の後、1960年代には北半球全域にわたる成層圏の解析が多くの人々によって盛んに行なわれました。第1図には、これまた顕著な1963年1月の昇温について論じた私自身の図(Hirota, 1967)を載せておきます。この論文は昇温の3次元構造に着目し、東西波数2の温度擾乱の増幅と上方伝播、および水平位相速度など、当時としてはそれなりに新しい



第2図 30 mb 帯状平均温度の緯度分布. 1963年1月12日, 22日, 2月1日. (Julian and Labitzke, 1965)

発見を含んだ解析のつもりでした. しかし, 今から見れば, 昇温域およびその動向にのみ眼を奪われ, 平均場に対する作用といった見方が完全に欠落したものでした.

後から気付いたことですが, 私の論文の2年前, Julian and Labitzke (1965) が同じ昇温について帯状平均温度の記述をちゃんとやっています(第2図). この図では, 極域の昇温と同時に中低緯度では逆に降温となっている事実が見事に示されています. Labitzke 女史とは, 1968年に東京で会い, 突然昇温についてかなり詳しい議論を交したつもりでしたが, その時点では, 依然として第1図と第2図とは別々のものでした.

やや遅ればせながら, 60年代の終りに, 佐藤康雄君と共同で, 私も帯状平均東西風の解析を行ない, その時間変化が, 下から伝播して来るプラネタリー波動の強弱と良い対応をしている事実を「発見」しました (Hirota and Sato, 1969). しかしながら, それでもなお, これらの研究は百里の道の九十五里あたりに留まったものでした. つまり, 正直に告白すれば, 私自身, 波による平均流の加速減速とか(ラグランジュ的)子午面循環とかの問題意識は殆ど持ち合せていなかったわけです. おそ

らくこの事情は, 突然昇温に関する当時の観測的研究者達, たとえば Labitzke, Reed, 或いは都田菊郎・村上多喜雄氏らにも共通だったと思います.

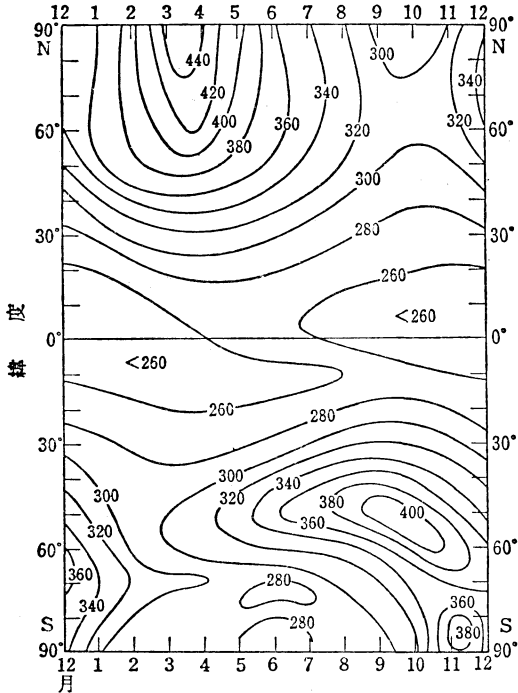
突然昇温のメカニズムはそれから程なく Matsuno (1971) によって鮮かに解明されました. 「実は俺ももう一步だった」という後悔の念はありません. 自分自身の立場を離れて冷静に振り返ってみれば, Scherhag 以後, 1960年代の泥くさい観測解析事実が数多く蓄積されていたことが松野氏にとって幸運であり, 一方, その泥の中からダイヤモンドを誤たず掘り出してみせた松野氏の洞察力を称讃すべきでしょう. 洞察力とは, 平たく言えば「カンひらめき」のことなのです.

3. 南極オゾン

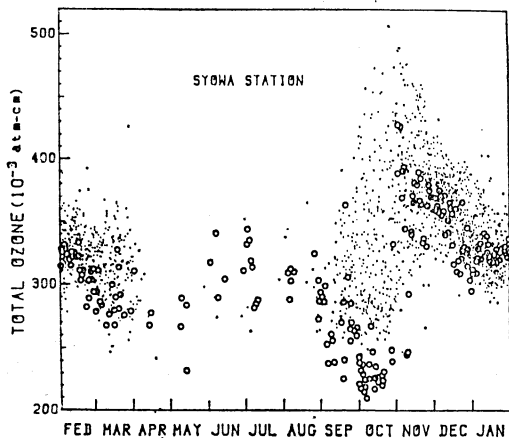
1980年代の後半から, いわゆる地球環境問題の一環として, 成層圏オゾンの問題が新聞雑誌等でも盛んに取り上げられるようになりました. 気象学会でも, 先年, 根本順吉氏が「オゾンホール発見のプライオリティについて」の小文を本誌(天気35巻7号)に寄せています. しかし, 私に言わせれば, オゾンホールなどという通俗的な呼び名はともかく, 南極成層圏にオゾンが少ないという事実は, すでに20年も前から Dütsch (1971) の有名な図に良く表現されていたことです(第3図). 問題はむしろ, 1980年代における南極オゾンの減少傾向を, 短絡的にフロン犯人説, スプレー使用禁止という話にもっていった点にあります.

南極昭和基地における冬から春にかけてのオゾン総量が70年代にくらべ減少傾向を持っていることを最初に示したのは忠鉢繁氏(気象研究所)です. 彼は1984年の11月に京都で開かれた国際 MAP (中層大気) シンポジウムの席上で第4図を提示しました (Chubachi, 1985). しかし, その場での聴衆の反応は必ずしも強いものではありませんでした. ひとつには(忠鉢氏には失礼ですが)発表が不得要領でインパクトに欠けるうらみもありました. なかんずく大気力学関係者は誰ひとりそのことに注目しませんでした. シンポジウムの席には, Lindzen も Holton も Plumb も, 或いは松野太郎も瓜生道也も(そして私も)居たにも拘らずです. 南極オゾン問題が中層大気大循環, 或いは大規模輸送, つまり力学の問題として本格的に取り上げられるようになったのはそれから3年以上も経ってからのことです.

しかしながら, 南極オゾンと大循環とを直接結びつける研究の進展を遅らせた最大の罪人は私自身だったのかも知れません. 何故なら, 上記 MAP シンポジウムの



第3図 南北両半球における総オゾン量の緯度季節分布. 数値はドブソン単位 (Dütsch, 1971).



第4図 昭和基地におけるオゾン全量の季節変化. 点は1966年~1980年の値, 白丸は1982年2月~1983年1月の値. (Chubachi, 1985)

更に6年前の1978年に極地研究所で開かれた極域に関するシンポジウムで, 私は「極域中層大気力学の問題点」と題するレビューを行ない, 当時の標準大気 (CIRA

1972) が北半球データのみで作られていたのに対し, 南極ソ連基地のロケットデータを統計して, 冬の下部成層圏の平均気温が北半球にくらべ確実に 20° も低いことを自から示していたからです. その小論文は極地研の「南極資料」69巻に載っています.

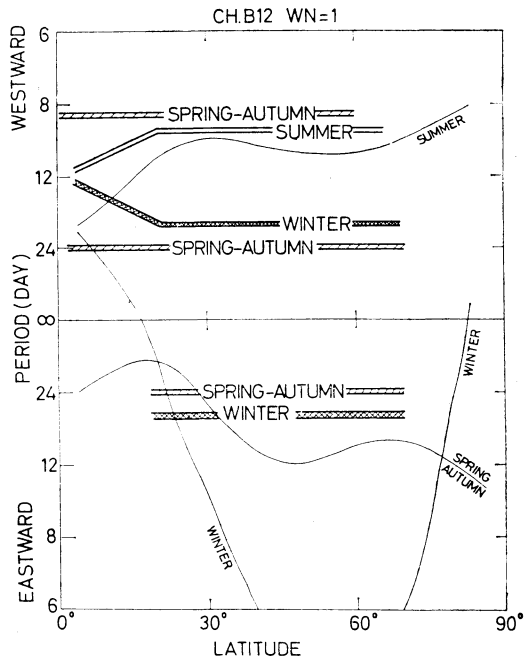
現在では, このような南極成層圏の低温が PSC (極成層圏雲) の存在を通して極域オゾン化学の重要な条件であることが良く知られていますし, 一方, この低温 (南北温度傾度) と見合う温度風 (つまり極夜ジェット) が南半球高緯度で強いためプラネタリー波動の活動度にも影響して, 大規模輸送過程に南北両半球の非対称性が現れていることは半ば常識です.

1978年に自らそのヒントを提出しておきながら, どうして忠鉢氏の発表に無関心であったのか, 今から考えると我ながら慙愧の念に耐えられません. 私はゲーテほどには偉くないので, 後から他人が「70年代に廣田はすでにこう言っている」と持ち上げてくれることもありません. これは本題の「運と勘」の見地から言えば, 運をとらえ損ねた勘の悪さ, 以外の何ものでもありません. まさに満望のチャンスにまん真中のストレートを見過して三振を喰らったバッターの心境です.

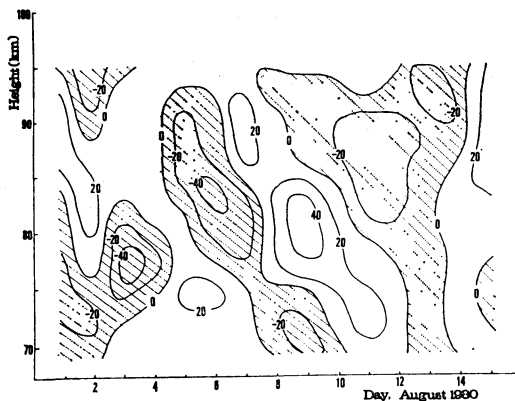
4. 全球ロスビー波

極軌道衛星からの赤外放射観測 (大まかに言えば温度測定) に基づいて, 成層圏循環をグローバルな立場から研究することが出来るようになったのは1970年代前半のことです. 幸いに, 私も1975年頃インパス5号衛星の赤外観測データ (SCR) 解析をオックスフォードで行なう機会に恵まれました. その時の第1目標は, 衛星観測の長所を生かして, プラネタリー波動の季節変化を南北両半球にわたって調べることでした. 半年間, 根をつめて解析に打ち込んだ結果, 当面の目標はある程度達成され, 英国気象学会誌 *Quarterly Journal* に論文を載せることが出来ました (Hirota, 1976). その論文の中心は, 移動性プラネタリー波の周期特性を季節および緯度分布として表わし, 成層圏平均東西風のそれと対応させたものです (第5図). 自分で言うのも変ですが, この論文の評判は結構良くて, 1980年頃までは, かなり多くの他の論文に引用されました.

ところが, 丁度同じ時期に, オックスフォードの Rodgers が全く同じデータセットを持って1年間アメリカの大気科学センター (NCAR) に滞在し, やはりプラネタリー波の解析に従事していました. 私の同僚だった Barnett 氏は, 2人が同じテーマでカチ合わなけ



第5図 高度約45kmにおける波数1の移動性ロスビー波の季節別周期特性. 細実線は平均東西風Uと波の位相速度cの差(U-c)がゼロとなる値を周期に換算したもの (Hirota, 1976)



第6図 アレンボにおける日平均東西風の高度時間断面図. 15日間の平均からの偏差. 単位はm/sec. (Hirota et al. 1983)

れば良いが、と傍で心配してくれた程です。

しかし、研究とは不思議なものですね。同じデータを使っても、そこから検出する内容は人によって全く違います。Rodgersは周期約5日で西進する波数1の波、いわゆる5-day waveの南北構造を見事に示しました (Rodgers, 1976)。

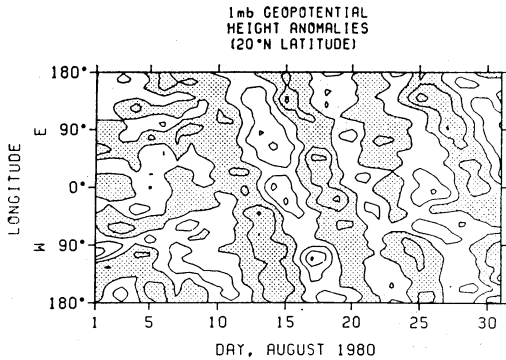
そこでもう一度第5図の縦軸を見て下さい。私の解析は移動周期が1週間以上の長いものしか扱っていません。つまり、そのとき、私の意識の中には5-day waveは全く入っていなかったのです！ このことは結果的にRodgersとはカチ合わずに済んだわけですが、反省が残りました。

続いて第2幕です。それから数年後の1980年夏に、加藤進教授をリーダーとする京都大学超高層グループは、京大に大気観測用の超大型レーダー (MUレーダー) を建設する準備のひとつとして、日産科学財団の助成金により、プエルトリコにあるアレンボレーダーを15日間連続して借り切って中間圏の風の測定を試みました。このような連続観測は当時世界で他に例を見ない画期的な

仕事でした。但しレーダー借用料は、なんと1日につき約100万円です。私もプエルトリコに出かけましたが、機械オンチの身ゆえ、観測は専ら津田敏隆氏にまかせ、赤道大気のシンポジウムで講演をした以外は、仕事らしい仕事もせず、ひねもす蒼いカリブ海を眺めながら恋歌など作って暮らしていました。

日本に戻って深尾昌一郎氏らとデータ解析の役割分担を決め、私はday以上の時間スケールを担当することにし、まず、潮汐波や重力波をフィルターした東西風の高度時間断面図を作ってみました (第6図)。御覧のとおり、フリーハンドの手描きです。しかも、このデータは15日間の連続観測とは言え、欠測が多く、特に8月5～6日、10～11日あたりは潮汐成分を分離出来ないため、殆んど使えません。もしいま、そのままコンピュータで等値線を描かせたら、目も当てられない目茶苦茶な図しか出て来ないでしょう。そこを、腕力でエィヤッと線を引いてみると、西風と東風とが、何となく、15日間に3つのかたまりになっているように見えています。この図を壁に貼って何日か眺めているうちに、ふと $15 \div 3 = 5$ であることに気がつきました。もしかしたらこれは5-day waveが今まで誰も知らなかった中間圏界面高度にまで存在していることの反映かも知れない、と勘がひらめいたわけです。

人のめぐり合わせとは不思議なものです。丁度そのとき、大学院に入ったばかりで中層大気の勉強を始めていた廣岡俊彦君 (現在気象大学校) がそばに居ました。早速、手持ちのタイロス衛星の赤外観測データで1980年



第7図 20°N に沿う 1 mb 等圧面高度の経度時間断面図。30日間の平均からの偏差。等値線は 50 m おき、陰影の部分は負の値。(Hirota et al. 1983)

8月高度 50 km 緯度 20°N の経度-時間断面図を作ってみてくれないか、と頼みました。数日後、あのおとなしい廣岡君が顔を紅潮させ一枚のプリントアウトを持ってやって来ました(第7図)。殆ど何の操作も加えていない高度偏差図で、東西波数1、周期約5日の西進波が、ものの見事に見えているではありませんか。これを自分のテーマにさせて下さい、と彼はキッパリ言いました。

その後の彼の頑張りようは目ざましいものでした。衛星観測に基づく全球(ノーマルモード)ロスビー波のあらゆるモードを徹底的に調べ上げた一連の研究で学位論文を書き、平成3年度の日本気象学会賞を受けたのは御存知のとおりです。

しかし、これは決して自慢話のつもりではありません。言いたいのは、むしろ、第6図第7図の後日談です。廣岡君の第2論文(Hirooka and Hirota, 1985)の Fig. 15 に、いろいろなモードのロスビー波の出現時期を表わす一種のカレンダーが示されています。それを見ると、1980年に、この種の 5-day wave が卓越して見えたのは5月と8月だけに限られています。アレシボ観測が丁度その8月だったのは、まさに天の恵み、幸運としか言いようがありません。歴史に「もし」はない、とよく言われますが、もし、アレシボ観測が何かの都合で7月とか9月にズレ込んでいたら、第6図も当然違ったものになっていたでしょうし、廣岡君の大学院卒論テーマも別だったかも知れません。

〔夏の学校の講演では、この後、赤道大気半年周期振動の話もしたが、ここでは紙幅の関係で割愛する〕

5. 星に願いを

一転して少女小説風なサブタイトルです。15年ほど前、地球電磁気学会の夏の学校が白馬山麓で開かれ、私も招かれて参加しました。ひととおりセミナーが終ったあとの酒盛りの席で、若手院生の中から「地球電磁気学に未来はあるか。どんな展望を持つべきか」との真剣な問題提起がありました。私は答えました。「研究に将来計画などはいらない。今やれることに最善を尽せ。場当たり主義で良いのだ。」

特定の目的を課せられたいわゆるプロジェクト研究は別として、個人レベルで研究というものを考えるとき、「将来計画」など不要です。あるとしたら、精々、2〜3カ月先までの作業日程(仕事の段取り)くらいのものでしょう。今日、もし何か面白いアイディアが突然浮んだら、昨日までやっていたことと違うことを始めたって良いのです。その結果が「まとも」なものであるかどうかについて自分で責任を持ちさえすればそれで十分です。

場当たり主義と言えれば聞こえは悪いかも知れませんが、これは決して無定見なその日暮しを意味するものではありません。果報は寝て待て、ということとも違います。しっかりとした裏づけが必要です。

ほら、夜道を歩いていて、ふと頭上に流れ星が見えたとき、それが消えやらぬうちに願い事をすれば叶う、という言い伝えがあるでしょう。想う人の名を呼ぶもよし、修士論文の成功を願うもよし、です。大切なことは、流れ星の瞬く咄嗟の間に願いが口をついて出るほどに、そのことを常日頃、寝てもさめても思い続けている、という熱意なのです。そのような日頃の熱心さがあるからこそはじめて、幸運にめぐり逢える、としたものでしょう。西洋の古い諺にある「幸運の女神は前髪しか持たない」というのもおそらく同じ意味だと思います。

流れ星に相当するラッキーチャンス、研究上のアイディアのヒントは、間欠的であれ、それこそ星の数ほどあるはずで、いや、学生諸君のそれぞれの机の上に積んである教科書や論文、データブックや計算機プリントアウトの中に、現在でもそれは一ぱい詰っているに違いありません。時としてそれがきらめいて見えることこそ日頃の研鑽に裏打ちされた「勘」の働きであり、その合致を後になってから「運」と呼ぶのです。

これで、私が「場当たり主義」と言ったり、本文に奇妙な題をつけたりした本当の意味がおわかりいただけたことと思います。未来に夢を托すことを否定するつもりは毛頭ありませんが、人生すべて「今日」の連続なので

す。21世紀の気象学，などということ論じている暇があったら，今できることをしっかりとやって，1992年という年号の入った立派な論文を書いて下さい。

最後は何やら禅坊主の説教めいた話になりましたが，諸君の頑張りを期待しています。



1992年度国際通信研究奨励金の募集要領

1. 目的

国際電気通信に関する基礎的または応用的調査，研究を行う KDD 社外の個人または団体に奨励金を贈呈し，その調査，研究を奨励推進することを目的としております。

2. 調査研究計画

国際電気通信の進歩改善のための独創的な内容であって，その成果が国際電気通信の将来の発展に寄与すると考えられるものを対象とします。

なお，いくつかの学問領域にわたる研究も含めます。また，開発途上国の国際電気通信の開発に寄与する調査，研究を歓迎します。

3. 奨励金の額

本年度は総額 2,500 万円程度で，これを10件程度の調査，研究計画に対して贈呈する予定であります。

4. 申込み方法

所定の用紙「1992年度国際通信研究奨励金交付申請書」にご記入のうえ，1992年7月10日までに到着するようお送り下さい。（当日消印有効）

なお，推薦者は，機関の長またはそれに相当する方が

望ましいと考えます。

5. 選考

当財団の選考委員会において選考のうえ，理事長が決定いたします。

6. 通知

申請された方に対して，選考結果を11月中旬に通知します。

7. 奨励金の贈呈

1993年3月下旬を予定。

8. 奨励金の使途

当該調査，研究計画を達成するために必要な費用に使用していただきます。

9. 成果の報告

奨励金の受領者は調査，研究の完了後にその成果を「研究報告書」として当財団に提出していただきます。

送付先 〒153 東京都目黒区中目黒2丁目1番23号

財団法人 KDD エンジニアリング・アンド・
コンサルティング

電話 東京 (03) 3794-8203