

メソ気象学の開拓

—1990年度藤原賞受賞記念講演—

藤 田 哲 也

日本気象学会機関誌「天気」

第37巻 第12号 (1990年12月) 別冊



[解説]

メソ気象学の開拓*

—1990年度藤原賞受賞記念講演—

藤田 哲也**

1. はじめに

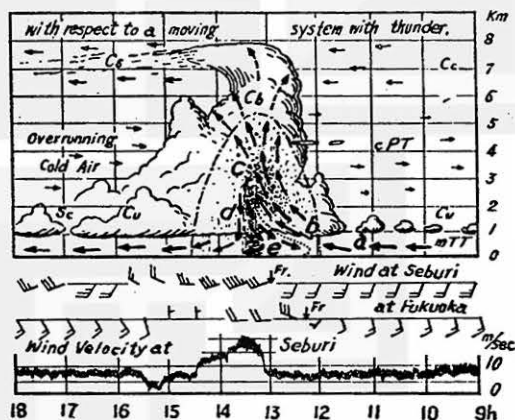
1990年度藤原賞受賞の通知を有難く載しました。戦後から今日までの45年間、公私共に世話になった日本気象学会会員の皆様に感謝しますと同時に、5月24日の受賞式に出席できない事を残念に思います。

実は、藤原先生が他界された1950年の春に先生のお宅にうかがい、室戸台風とデラ台風の微細解析図を見て頂いたところ、「君の解析は非常に面白い。しっかり頑張ってください」と、当時30歳であった私を励まして下さった事が昨日のことに思い出されます。

2. 渡米のきっかけ

1945年に、被爆約3週間後の長崎を訪れ、爆発の高さと爆風のパターンを調査して以来、局地的な嵐に興味を持ちました。福岡管区気象台長の川畑幸夫氏に励まされて何度か背振山に登り、山頂にあった山小屋式の観測所で所長の大谷和夫氏と雷雨を観測しました。1948年7月24日のこと、激しい雷雨が建物を揺り動かす中で記録を取り、それに基づいて作成した断面図中の雷雲に下降気流の存在が認められました。この手書きの図(第1図)に下手な英語で説明をつけたものの、その原稿の送り先に困っていた時でした。背振山頂の米軍レーダ基地内に捨てられていた、シカゴ大学 Byers 教授の“Nonfrontal Thunderstorm”を見せて頂き、さきほどのペーパーに自己紹介をつけて同教授あてに送りました。

アメリカでは1947~48年に Thunderstorm Project がフロリダとオハイオ州で行われ、雷雲中の Downdraft が発見された直後であったので、私が描いた下降気流の



第1図 藤田がシカゴ大学に行くきっかけとなった雷雲の断面図。高度約3kmから下降するものと仮定した下降気流を描いたことを評価された (Fujita, 1951)。

図が高く評価され、“an independent discovery”だと書かれた Byers 教授からの手紙を受取った時には驚きました。それから40余年、私が Byers 教授の後を継いで、シカゴ大学の風研究室を発展させ、そこで定年を迎えるようになろうとは夢にも思いませんでした。

Byers 教授は、私が当然学位を持っているものと思い、すぐシカゴ大学に来るように要請されました。しかし、当時の学位制度では旧制大学に学位論文を提出して、審査を受ける必要がありました。Byers 教授の計らいで、東大の正野重方先生に論文の指導を受けることになり、1953年8月に理学博士となり、直ちに渡米してシカゴ大学の研究員になりました。

3. メソ解析の日米協力

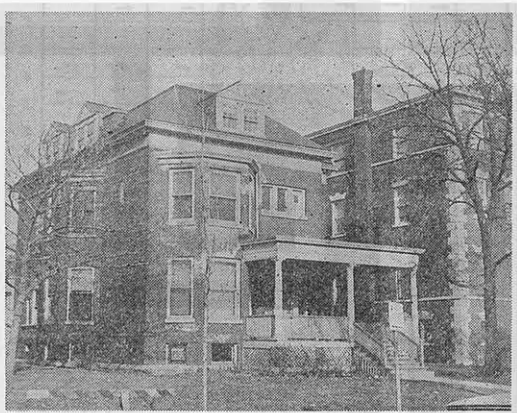
1954年に Byers 教授の研究室で行った、日本的な微細

* Development of Mesometeorology.

** Tetsuya T. Fujita, Charles E. Merriam Distinguished Service Professor, The University of Chicago.



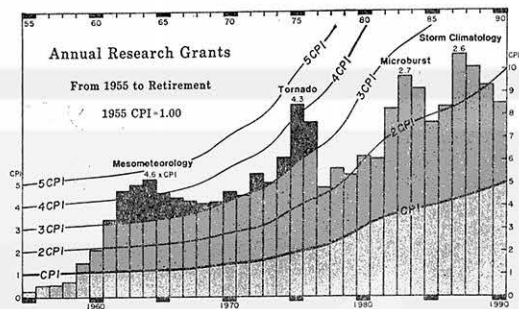
第2図 1954～55年にワシントンの中央気象局でメソ解析の共同研究をしたメンバー、右からの3人が藤田、TepperとNewstein.



第3図 1956年にシカゴ大学がメソ気象学研究用で購入、改造した建物。右側の4階建ビルが当時のシカゴ気象台で、Petterssenがその研究ディレクター。

解析を発表したところ、それが、大味なアメリカ的解析と違って、局地的な嵐、特にトルネードの予報に役立つと見たアメリカ気象局はシカゴ大学との協同研究を提案して来ました。1954～55年には、気象局の Morris Tepper 博士のグループに日本式解析を教え（第2図参照）、また、Fujita, Newstein, Tepper の共著で“Mesoanalysis”を気象局から出しました。それは幾つかの大学で教科書としても使われて、メソ解析ブームを起こし、学会でも、そのスケールを mesoscale, 分野を mesometeorology と呼ぶようになり、私も mesocyclone, mesolow, mesohigh などの新語を作りました。

当時、私は未だ九州工業大学の助教授として、シカゴ大学に出張していたので、1955年に帰国して大学を退職



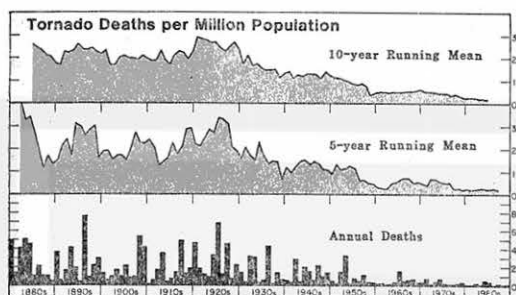
第4図 1955年から1990年までに、米国政府からシカゴ大学の藤田に与えられた研究費の推移。1955年1月の消費者物価を1.0としてプロットしてあり、物価は35年間に5倍となった。研究費のピークはメソ気象、つまり、下降噴流とストームの気候の集中研究時に起こっている。

し、翌年には Research Professor としてシカゴ大学に赴任しました。当時のアメリカでは、主要都市を気象レーダーで警戒し、またアメリカ全土を NASA が打ち上げた気象衛星で監視するようになり、雷雨の研究が重要視されて、メソ解析の黄金時代でした。私の研究室も研究員が15名を越したので、大学は一戸建ての民家を改造した小さな研究所を作ってくれました（第3図）。第4図に過去35年間における私の研究費の変動を参考までに示しました。年と共に増加しているカーブは1955年を1.00とした物価指数で、1955年の1ドルは1990年の5ドルに相当します。私がアメリカでメソ気象をはじめての頃が実質的な研究費のピークで、それはケネディーとジョンソン大統領のビッグサイエンスの波に乗っていました。

4. トルネード研究の行き詰まり

トルネードの発生件数と強さからすれば、アメリカは世界一で、トルネードと言えば泣く子も黙る、恐ろしいものの代名詞となっています。

病気予防ワクチンの研究は人の命を守るために行われますが、良いワクチンが出来て、その病気で人が死なくなると、研究の必要性は無くなります。その点で、トルネードの研究とワクチンの開発の間には共通点があるようです。1880年から1989年までの110年間におけるアメリカの人口百万人当りのトルネードによる死者数の変遷を第5図に示しました。1880年から1925年まではトルネードの暗黒時代で、トルネードの実態を知らなかった多くの人々がその犠牲になりました。1925年から1950年



第5図 アメリカにおける、人口100万人当りのトルネードによる死者の数の推移。1880～1925年がトルネードの知識の暗黒期、1925～1950年が知識の普及期、1950～現在が近代的予報期で死者が激減した。



第6図 1970年代の初期、トルネードを発生させる雲の変化を調べるため、Lear Jetと軍用機を使って、アメリカ中西部の大平原に雷雲を追った。Fujita Air Forceの愛称で呼ばれた、研究プロジェクトのメンバー。

がトルネードの知識が普及した時代で、死者の数はその間に半減しました。その後さらに、メソ解析、気象レーダー、気象衛星が使われ、また、リアージェット機でトルネードを発生させる雲の上や周辺を飛ぶ、愛称 Fujita Air Force (第6図) まで作られて研究した Tornado Project が成功し過ぎて、研究の必要性は失われ、1975年をピークに、トルネードの研究費は暴落し、私が渡米以来の最悪の事態となりました。

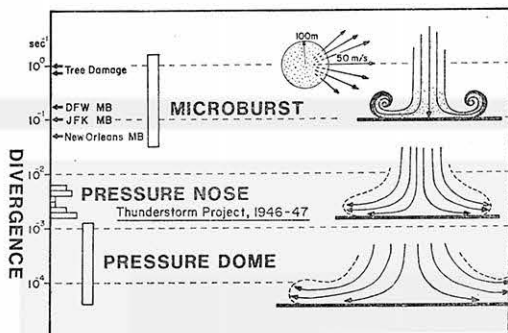
5. Downburst の発見で立ち直る

1975年6月24日、ニューヨークのケネディ空港に着陸中のイースタン航空の727が強い追い風に会って揚力を失い、高度が下がって、地面に激突し、死者112人を出しました。その後、イースタン航空に頼まれて、当時の気象状況のメソ解析をしたところ、追風を起こしたのは、地面近くまで下りてきて、四方に拡がった新型の風系であったと結論し、その風を Downburst と命名しました。ところが、その発表と同時に、多数の気象学者が正面切って反対し、「藤田が言っているものは Thunderstorm Project 以来良く知られている Downdraft だ」とか、「あれはガストフロントで、藤田は何も新しい風を提唱しているとは思われない」と主張し、アメリカとカナダの新聞雑誌もこの論争を掲載して紙面をにぎわせました。

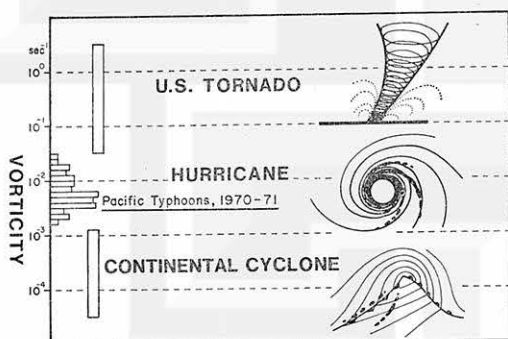
ところが、ジェット機を操縦するパイロット達は、一藤田の風は、自分らが昔から変だと思っていた、低空に起こる危険な風で、彼は重大な発見をした一と藤田支持を表明しました。そのため、1977年にカナダのオタワで開かれた国際会議で Flight Safety Foundation の最高賞2つを同時に与えられることになりました。その後、この風の実態を知るために、ドップラーレーダー3基を使った研究観測がシカゴ郊外で行われ、予想通りに、下降気流が地面すれすれまで下りた後、水平方向に拡がる事実をドップラーレーダーで見事に捕えました。

Downburst は、さらに、その大きさによって、Microburst と Macroburst に分類し、前者は小型で発見し難いために、離着陸中のジェット機にとって非常に危険な風であることを力説しました。

理論的には、下降流は地面に達すれば、スピードがゼロになりますが、地面付近に引き起こす発散の場は、Thunderstorm Project で観測した雷雨の鼻の中での最大値が約 0.02 sec^{-1} 、プレッシャー・ドーム中ではさらにそれより一桁小さいことが知られています。一方、航空機事故を起こしたマイクロバースト中の発散場は 0.1 sec^{-1} に達し、立木を吹き倒すマイクロバースト中では 1.0 sec^{-1} にも達する計算になります(第7図)。このことから、マイクロバーストの発散は雷雨の鼻の10倍、プレッシャー・ドームの100倍であり、マイクロバーストが今までに全く知られなかった強い発散場を持った、小型の下降噴流であり、そのように強い発散場の存在を知らなかった気象学者がマイクロバーストに反対したことは、むしろ当然であったと思われます。

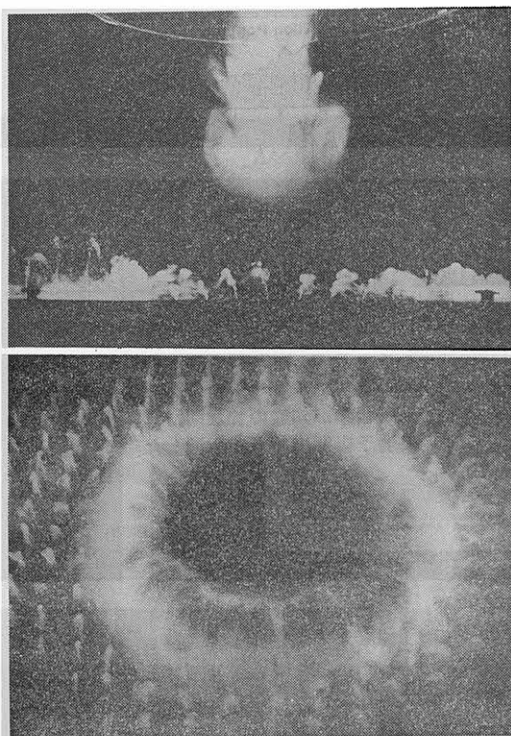


第7図 マイクロバーストの作る発散場は、Thunderstorm Project で解析した最大発散値の10倍から100倍の大きさである。



第8図 アメリカのトルネード中の渦度は、発達したハリケーン域内の渦度の10倍から100倍もあり、両者の相違は渦度の面からもしっかりしている。

渦度の値からみると、トルネードとハリケーン、普通の低気圧の渦度の相違が、マイクロバーストと雷雨の鼻、プレッシャー・ドーム内の発散値の相違に匹敵するようです(第8図)。1970~71年の台風内渦度は 10^{-3} から数 10^{-2}sec^{-2} で、トルネード内の渦度はその10倍から100倍に達し、台風とトルネードの相違は渦度の違いで非常にはっきりしています。第7図に示したマイクロバーストと Thunderstorm Project でのダウンドラフト直下における発散値の相違も10倍から100倍程度で、マイクロバーストが新しい型の風であることを示しています。また、私の研究室での模型実験では、第9図のように、まとまった下降流が地面に激突し、その前縁に発生するリング状の渦が同心円的に広がります。この地面近くに最大風速を持つ風系は非常に短い時間だけ存続した後、渦は分裂してしまいます。つまり、transient の風



第9図 シカゴ大学における、マイクロバーストの模型実験。垂直に降下する下降気流の塊り(上図)は地面にぶつかり、その前縁近くに円型の渦が発生する模様を示す。

であることがマイクロバーストの特長で、そのために、この風の早期発見は難しいようです。

ダウンバーストの実態を公表するための解析をしている間に、小型のダウンバースト、すなわちマイクロバーストによるジェット機の事故が相次いで起こり、アメリカのパイロットが、国内の主要空港にマイクロバースト探知用のドップラーレーダを設置することを政府に要求したり、また、レーガン大統領の乗用機が、数分の差でマイクロバーストを逃れるケースが生じてきました。

そのため、FAA はドップラーレーダの開発を始め、また、初めの頃にマイクロバーストに反対していた学者までがその研究を始めるようになり、マイクロバーストのブームがやって来ました。そのため、私の研究費も年と共に増加して、研究室は再び活気を取り戻すようになり、1983年が予算のピークでした。1970年代におけるトルネードの研究で、現象が解明されたら、研究費は暴落することを知っていますので、マイクロバーストが気象界と航空界に受け入れられると同時に、次の研究課題を

storm climatology に変更し、トルネードや低気圧が長年月にわたって、どのように地域的に変化するかを調べはじめました。

6. おわりに

この年末には70歳の定年になりますので、今回の藤原賞の受賞は、私の45年間の研究生活を振り返ってみる良い機会となりました。マクロ的に見れば、無名の私が書いた一背振山での雷雲内の下降気流—が偶然にもシカゴ大学で認められて渡米し、研究成果とともに大学での地位、身分も上昇し、無事に定年を迎え、その後も研究室の生涯使用を許されるという非常にスムーズな人生でした。

しかし、メソ的に人生を振り返って見ますと、それは幸運と悪運 (good luck and bad luck) の連続で、「満ちれば欠ける世の習い」のことわざ通りの研究生活でした。特に身にしみて感じたことは、「研究の成功は研究費暴落のきざし」で、それは私の父から生前に教わった「荒城の月」の心理でしたが、その波が次々に私の研究生活を支配しようとは夢にも思いませんでした。

シカゴ大学では退官講演はありませんが、教授の定年パーティーに教え子が全国から集って記念講演会を催したり、また、教授によっては論文集を出版したりします。私の場合には、トルネード、マイクロバーストなどの研究成果の中で未発表のカラー写真や図面などを集めた、定年記念のカラーブックを作る計画を立てています。その題目は

Memoirs of an Effort to Unlock

MYSTERY OF SEVERE STORMS

の予定で、その Chapter 6 Personal History and Footsteps の受賞歴に、藤原賞のメダルのカラー写真を加え、藤原先生と日本気象学会への感謝の意を表したいと思っています。

主要論文

- 1950: Micro-analytical study of thunder-nose, Geophysical Mag. of Japan, 22, 78-88.
下降気流を描き、シカゴへ行くきっかけとなる。
- 1955: Results of detailed synoptic studies of squall lines, Tellus, 7, 405-436.
テラス誌に出して有名になる。
- 1956: Mesoanalysis: An important scale in the analysis of weather data, U.S. Weather Bureau Res. Paper, 39, 83 pp. (Fujita, Neustein, and Tepper)
初めてメソ解析をカラーで出す。
- 1971: Application of ATS III photographs for determination of dust and cloud velocities over the northern tropical Atlantic, J. of Met. Soc. of Japan, 49, 813-821.
衛星画像で雲の動きを求める。
- 1972: Typhoon-associated tornados in Japan and new evidence of suction vortices in a tornado near Tokyo, J. Met. Soc., Japan, 50, 431-454. (Fujita, Watanabe, Tsuchiya, and Shimada)
日本のたつまきを詳細に解析。
- 1973: Tornadoes around the world, Weatherwise, 26, 56-83.
世界のたつまきにつき記述。
- 1977: Spearhead echo and downbursts in the crash of airliner, Mon. Wea. Rev., 105, 129-146. (Fujita and Byers)
バイヤースとの共同で出した下降噴流の論文。
- 1981: Tornadoes and downbursts in the context of generalized planetary scale, J. Atmos. Sci., 38, 1512-1534.
たつまきと下降噴流の組み合わせ。
- 1985: The Downburst, SMRP Res. Paper 210, University of Chicago, 122 pp, Hardbound color book, NTIS PB 85-148880, Library of Congress Catalogue Card Number 85-50115.
下降噴流についてのカラーブック。

日本気象学会国際学術交流基金への寄付者御芳名

1990年11月30日現在、下記の会員から寄付がありましたので、お礼を兼ねて報告申し上げます。

記

村上多喜雄

瓜生道也教授のご逝去を悼む

九州大学理学部 教授・瓜生道也 博士が、去る8月23日、51歳で急逝された。我々同学・同輩の者にとっては、未だに信じられない思いである。3月に学会会議の委員会でお目にかかった時まで全く普通に活動しておられたが、その直後、微熱が続くので入院して検査をするとうかがった。それから5カ月、不治の病と知ってからも、全く平常心を失うことなく淡々と病と闘っておられたが、我々の願いもむなしく帰らぬ人となられた。

瓜生さん（長い間の友人として、こう呼ぶことを許して頂きたい）は、1962年九州大学理学部物理学科を卒業され、大学院に進んで、澤田龍吉先生の指導を受け、地球流体力学の実験的研究を始められた。1965年に助手となられた直後、澤田先生と共に新設の大気物理学講座に移られ、翌年そこに助教授として赴任した私は、瓜生さんと親しくおつき合いすることになった。この頃、瓜生さんは、回転水槽の実験を行っており、vassillation 現象や卓越波数の変化と同時に熱輸送が大幅に変わる新現象の発見など、興味深い研究成果をあげておられた。実験の再現性が完全でなかったことに瓜生さんが大変慎重であったため、これらの結果が publish されなかったのは残念である。

その後、瓜生さんは、自分自身の研究としては理論的なものに重点を移し、1970年代に、波と平均流の相互作用に関する研究を多数行っておられる。中でも、1974、75年に発表された論文で、波動の記述にラグランジュの観点をとり入れることによって、上方に伝播するロスビー波が西向き運動量を運ぶこと、さらに緯度方向に積分してみれば、それが“波の（擬）運動量”と一致することを示されたのは画期的で、それに続く世界中の研究の先頭を行くものであった。瓜生さんは、この研究によって1978年度日本気象学会賞を受賞された。この一連の研究は、ロスビー波の有限振幅効果に関する一般理論であるが、このような基礎理論における国際的な貢献は、日本の気象分野としては初めてのものであり、その点でも瓜生さんの仕事は画期的であった。

瓜生さんは、その後、助教授を経て、1980年には教授となられ、多数の優れた卒業生を気象界に送り出すと共に、九大内での地球物理学研究体制の充実に大変な努力をされた。その成果として、物理学科の地球物理関係4講座と地質学科との合同と拡充による地球惑星科学科の

創設が現在進行中である。

気象学コミュニティにおいても学問の発展の基盤整備に心を配られ、特に大気科学の将来計画作りを主導され、その結果は1989年の測地審議会報告の大気科学分野の部分の骨格をなしている。この中で強調されている気



候研究の強化を具体化するために、「気候システム研究センター」新設の運動が始められた。瓜生さんはその中にあって計画案作りを手速く仕上げられた。同センターは、東京大学付置の全国共同利用センターとして、来年度創設の可能性が高いが、この仕事に参画している者として、瓜生さんのお力がなかったら、このような早期の実現は無理だったと信じている。

九大・地球惑星科学科にせよ、気候システム研究センターにせよ、瓜生さんが自らの才能と研究を犠牲にして（もしかしたら健康までも犠牲にして）尽力された仕事の完成を目前にして逝かれたことは悔やんでも悔やみ切れない。

瓜生さんは、気象界切っただけの教養人であり、研究者・科学者というより文人墨客の趣きがあった。否、彼にとっては、科学は間違いなく文化の一部であり、それ故に科学の道を選んだ本当の科学者であった。社会科学・歴史・宗教・文学と瓜生さんの話題の広さ、知識の深さに我々は驚嘆し、彼との会話を楽しみ多くを教えられた。瓜生さんのこの教養の深さは、誰にも好かれる人柄とともに外国の同学者をもとりこにしていた。

研究者として、学界リーダーとして、そして魅力ある友人・先輩として、彼を益々必要とする時期に瓜生さんを失ったことは日本の気象界にとって文字通りかけがえない損失である。それよりも、年若く仕事半ばにして倒れた瓜生さんは、どんなにか心残りであられただろう。瓜生さんが残して下さったものを大事にし、日本の気象学を豊かにしてゆくことを誓って追悼の記とする。

（東大・理・地球物理、松野太郎）