

大気および海洋における拡散に関する

東京ミーティングのメモ*

伊藤昭三・竹内清秀**

1966年9月16日および17日の2日間、日本気象学会の主催で“大気および海洋における拡散に関する東京ミーティング”が気象庁の会議室で開かれた。これは、IUGG, IUTAM および日本学術会議の共催で開かれた京都シンポジウムに参加する学者のうち、特に大気や海洋における拡散に関心のある人達で比較的気楽な研究会を開こうという話もちあがった。そして正野教授を委員長とし、吉武、坂上、井上、小倉、坂岸、根本、竹内、伊藤、横山、鈴木が委員となり準備委員会が結成され、日本気象学会の承認を経てこの東京ミーティングが開催される運びとなった。

出席者

U.S.A.	F.N. Frenkiel, P. Frenzen, S.K. Kao, J.E. Cermak, J.A. Businger, T. Ichiye, D.H. Pack. I.A. Singer
U.K.	F. Pasquill, T.H. Ellison, H. Charnock
Australia	S.W. Swinbank, C.H.B. Priestley, J. Phillip
Germany	H. Fortak
Sweden	U. Högström
New Zealand	J.W. Hutchings

以上の海外からの出席者の外に、乱流拡散に関心をもつ多くの日本の人々が参加し、全部で80名以上の多数の盛会となって研究会が進められた。当日、委員長の正野教授が健康上の理由から出席されなかったのは非常に残念であった。

会議は3つの部門に分けられて行なわれた。第1部門は乱流拡散に関係する乱流構造について、第2部門は乱流拡散そのもの、第3部門は大気汚染、大規模拡散、海洋拡散に関することと大別される。

筆者らも出席の機会を得、要点をメモしたノート片手

* Memoranda on “Tokyo meeting on diffusion in the atmosphere and ocean”

** S. Ito and K. Takeuchi, 気象庁観測部
—1967年1月25日受理—

に筆を進めたが、筆者らの独断や聞き違いがなければ幸である。

9月16日(金), 09:30~12:00

この会議は Frenkiel 博士が議長で進められた。開会に先立ち、畠山日本気象学会会長の開会のあいさつがあり、日本気象学会を代表し心から出席者を歓迎する意味のことが述べられた。

最初の論文は Pack 氏によるマイラプラスティックで作られた四面体 (Tetron とよばれている) の non-lift balloon (容積約 1 m^3) を用いて観測された流跡線からみた大規模な空気の流れと、最近話題になっている大都市の大気汚染の問題への応用が論じられた。数回の流跡線から風船の位置の水平方向のちらばりの標準偏差 σ_y が風下距離 x と共に $x^{0.9}$ で大きくなることが示され、更にトレーサーによる実験と 2, 3 の例についてその検証が行われた。また σ_y が観測時間 T と共に $T^{\frac{1}{5}}$ で大きくなる結果を示した。微気象学的に考えられている乱れの統計的記述がかなり広範囲な現象にも適用できるものとしてかなりの興味があった。観測時間と風船の位置のひるがりの関係は我が国の研究者(小倉、日野)の結果と多少違うようであるが、単に Hawell (英国) や国立原子炉実験所(米国) で得られた結果とよく合っていることに終ってしまったが、詳細なことに論及してもらいたかった。

次の報告は Singer 氏による風向の持続性についての一つの統計法が示された。これは従来の拡散式が風向が一定のもとで使用されるものであるが、これを長期間の拡散の推定に利用する場合、考慮すべき風向についての一つの統計法を示したものであるが、この統計の空間分布に筆者は興味を引かれた。

筆者の一人竹内はオイラー相関が広範囲の安定度に対し一つの普偏関係であらわされることを示し、更にオイラー相関と風速計の空間分布の解析から Taylor 仮説といわれる乱れが一般流でほぼ構造を変えないで流されると言う条件がかなりの近似で満足されることを示し、擬ラグランジ相関関数を示した。広範囲の安定度における

標準化した表現は意義のあるものと考えられる。

Frenzen 氏は2つの異ったサンプリング時間による風速変動量の差を利用してエネルギー逸散量 ϵ を求め、この高さ方向の分布を求める事により鉛直方向の拡散を推定する試みをのべた。筆者には2つのことなつたサンプリング時間から形式的に計算される逸散量とサンプリング時間の差による周波数切断の思想がなにか奇異な感じがした。

Cermak 氏は風洞内に作った成層流体の境界層中での平均風速の鉛直分布が Monin-Obukhov の相似理論から導かれる“対数+直線”であらわされることをのべ、すでに U.S.S.R. でのシンポジウムで報告された乱流構造と考へ合せ風洞気流と大気の相似をのべたが、風洞中の境界層では、境界層の厚さ δ の0.6倍ぐらゐの範囲内で Monin-Obukhov の風速分布が成り立つとのことである。ただし彼の結果は十分発達した境界層、すなわち風洞の入口から十分離れた場所での測定結果である。

9月16日(金) 13:30~17:00

この会議は Priestley 博士の議長で進められた。まず最初に Pasquill 氏が最近話題になっているシャー流の中での拡散の1つの扱い方として有名な Batchelor によって提出されたラグランジ相似理論から導かれる煙の鉛直方向の拡がりの速さについて議論した。拡がりの速さが摩擦速度に比例すると、その比例定数がカルマン定数0.4に近いことを示し、安定度長さ L と煙の平均高さ Z が Porton の実験や Project Prairie Grass の実験

からのべられ、 Z が不安定な場合大きく、安定な場合に小さいこと、および煙の平均の高さについての表現に煙の最上端や濃度の重みをつけた重心による表現などがあることが示された。

坂上氏は風洞内での拡散実験から層流中の濃度分布が正規分布であらわされるのに反し、乱流中では指数分布になることを実験によって示し、これが層流中と乱流中での拡散の本質的な差異であることをのべた。乱流状態のパイプの中の流れの場合など、かなり多くの研究者が正規分布を観測していることを考え、更に乱流境界層中の濃度分布が指数分布になるべきことを研究することは、接地境界層の根本に触れるものであって非常に興味深いことであつた。

Högström 氏は実験結果から Jacobs の蒸発速度の式の係数の安定度による違いをのべ、不安定な領域における速度分布、温度分布をあらわす普遍関数として有名な $1/3$ 乗則の係数が Ugerup と Project Prairie Grass とも極めて1に近い事を示した。また非常に安定な場合の普遍関数として提出されている1乗則の比例定数が7くらいになることを示したが、最近の Monin の理論的推定によると5.5以上、筆者の一人伊藤の推定でも7以上であることを考え、現在不明である非常に安定領域における実験が少しづつ出始めたという感じがした。

筆者の一人伊藤と K. Kao は拡散粒子のうち、鉛直方向に運動して達した位置でのエネルギーの釣合から安定成層の拡散を議論した。拡散資料を用いて普遍関数の定数を定める一つの試みで Project Prairie Grass の実験資料からみると成層状態での拡散にこの種の議論がなりたつことが示された。“対数+直線”の1次項の比例



第1図 Tokyo Meeting における講演中の Frenkiel 博士



第2図 Tokyo Meeting 休けい中の1こま (手前左より, Ellison, Businger, Charnock)

係数が弱い不安定では7~10程度であることがのべられた。

日野氏は数値実験による複雑な地形での拡散を扱った結果を示したが、結果のパターンだけではなく、流れの場の基礎方程式の中の各項のオーダーなどについても言及してもらいたかった。ともあれ、今後風洞実験と共にこの種の数値実験を行うことは複雑な地形では大変有効であろう。

Csanady氏は乱流拡散では多くの問題が、これまで乱流場で期待される平均濃度についての議論に集中されていたが、質量保存則から濃度変動の基礎式を導き、平均濃度分布を仮定して濃度変動の分布を示し、平均濃度と変動濃度の相対分布が相似則をもつことを示し、パイプ流中での乱流拡散の実験結果を検討した。この問題は大変興味ある問題で今後の乱流拡散の議論も単に拡散係数の議論よりもこの種の濃度変動の議論に進むべき多くの根本思想を含んだ大変筆者には興味ある報告であった。

9月17日(土) 09:30~12:00

この会議はPasquill博士の議長で進められた。まず最初にFrenkiel氏は彼の10数年前に発表した都市の大気汚染の数学的モデルを提出し、それによって地上濃度の最大などが説明できることを示した。

また粒子の成層圏から地表面への到達時間 $t = \frac{H^2}{2K_z}$ (H : 圏界面の高さ, K_z : 鉛直方向の拡散係数) から11時間くらいなることを示したが、Frenkiel氏から実際は

2~3日を要すと云うことがのべられた。これは拡散係数の高度による変化を考慮しないモデルの限界のようであるし、この程度の議論ではいつも拡散係数 K_z のオーダーが推定されるが、このような大規模な拡散についていつもその場限りで K_z が推定されて終わってしまう感じがした。

この後、講演時間の都合で多少の時間があり、Pasquill博士の提案で大気汚染についての討論会があった。Singer氏が煙源の強さをおさえ、3次元的な風の流れを知り、数値実験が有効であり、モデル実験としては大気汚染の立場から10km以上のものが必要であることをのべた。Frenzen氏の質問にこたえ、Cermak氏は風洞実験は一般的な流れの模様に限定する限り安定な成層でも有用であることなどをのべたが、あまりにも問題が大きき結論らしきものは得られなかった。

このあと、市栄氏の海洋乱流についての報告があったが、塩分濃度の測定法にもかなりの進歩があることが分った程度で、専門外の筆者には理解できなかった。

以上が会議の概略であるが、会議は終始和気あいあいのうちに進められた。特に第1日の夕方レセプションが行われたが、参加者が互いにお国自慢のものをひしあう場面もあり盛会であった。最後に会議中の写真を添付しておこう。第1図は講演中のFrenkiel博士で円熟した話しぶりが印象に残った。第2図は休けい時の1こまである。

(243頁より続く)

検討 (I)

25. 山本主夫, 橋本清美 (大阪管区): 高気圧の力学的発達とその構造について
26. 中西 盈 (高松地気): 太平洋高気圧 (第2報)
27. 篠宮 弘 (広島航測): 広島空港における視程とシーリング (第2報) (冬期における早朝時最悪視程のカテゴリー予報)
28. 掛川信良 (宇和島測): 宇和島の霧について
29. 原田 朗 (大阪管区): 濃霧と濃煙霧のメソ解析
30. 菊田一郎, 尾木栄一 (高松地気): 備讃瀬戸の霧観測
31. 三宅恒夫, 松尾喜代子, 三好 力 (和歌山地気): 和歌山市の大気汚染について (第1報)
32. 原田 朗 (大阪管区): 夏期の亜硫酸ガス汚染の気象解析
33. 中島暢太郎 (京大防災研): 京都市の局地気候と

大気汚染

34. 中野道雄 (大阪市総企局公害対策部): 広域スモッグ実態把握のための阪神地区視程観測
35. 高杉正明 (広島地気): 100mb 面での南部アジア高気圧の変動と季節変化との関係
36. 丸本一雄, 竹内 勤, 島村泰正 (広島地気): 極夜低気圧の崩壊と対流圏循環との関係 (その2)
37. 根山芳晴 (広島地気): 小笠原高気圧について
38. 久保田利一 (彦根地気): 500mb 半旬 Anomaly と Daily Anomaly の関係について
39. 成川二郎 (大阪管区): 夏から秋への天気変化の予報 (週間予報の立場など)
40. 今田 克 (大阪管区): 夏期循環の成層圏と対流圏との関連
41. 佐藤 功 (大阪管区): 春から夏への大循環の季節変化と夏の長期予報