

質疑応答

質問は、東京都千代田区大手町 1-3-4、気象庁内
日本気象学会天気編集委員会宛、にどうぞ

A: スペクトル解析についておしえてほしいのですが……。

B: そう一般的にいわれてもこまりますね。気象学でよくあつかうスペクトル解析という、一つは緯度圏にわたった波数分析、もう一つは時間列データの周期分析、これはまず、共分散関数 (covariance function) を計算して、これをフーリエ展開する方法がよく用いられます。これを拡張した、時間、空間の二次元スペクトル解析もこころみられていますね (たとえば、Leese and Epstein, 1963; Hayashi; 1971; Izawa, 1972)。何かスペクトル解析してみたいデータがあるのですか？

A: はい。私の学校の近所数地点で観測した風の10分間隔のデータが手に入ったので、相互の関係をしらべてみようと思って……。

B: そういうことなら、最近でた“気象研究ノート”第114号“大気境界層内の理論と乱れの測定”(1973)でもよんでみたら……。

A: 私もそう思ってよんでみたのですが、何となくピンとこなくて……。式はある程度わかるのですが、実際どうやって数値計算するのかわからないのです。

B: あなたのところはコンピュータがつかえるから、式を忠実に FORTRAN (フォートラン) になおすことからはじめることですね。そのとき、計算の各段階ごとに SUBROUTINE (サブルーチン) にした方がすっきりするし、プログラムの手なおしもかんたんですよ。

A: 電卓 (電子式卓上計算器) でもできますか？

B: コンピュータのない時代には、そろばんや手計算でやっていたのですから、もちろんできます。実際上、ごく少量のデータのばあいに限られますが……。

A: プログラムの見本はありませんか？

B: “気象研究ノート”第110号“気象力学に用いられる数値計算法”(1972)に、私の愛用したプログラムがのっています。このプログラムで“気象集誌”にずいぶん論文がでていますよ。プログラムのしかたはもほんのとはいえませんが、概要はわかると思います。

A: 実際にデータを入れるとき、どういう注意が必要でしょうか？

B: ひとことではいうのはむずかしいけれど、データや現象の特徴をよく知っておくことですね。もともと、スペクトル解析というのは、現象がサイン・コサインのかさねあわせであるとみなして級数展開することだから、

その現象がほぼ一定の振幅、周期をもっているとシャープなピークが出ますが、振幅、周期がかなり変動するばあいはピークがはっきりしなくなります。

A: 統計的信頼度をますにはデータを長くする必要がありますか？

B: たしかに数学的にはそういわれますが、それは実際現象がほぼ一定の振幅、周期を保って継続しているということが前提です。もし、その現象がある特殊な条件のときだけおこっているのであれば、データを長くするとかえってぼけてしまうこともあります。データはある程度長くしないと統計的信頼度が落ちるけれど、長ければ長いほどよいとはいえないんですね。

A: たとえば、10分間隔の風のデータだとどうですか？

B: 計算上はデータ間隔の2倍、20分周期までスペクトル分解されますが、意味をもつのはデータ間隔の 2π 倍、すなわち1時間周期以上でしょう。そこで1時間周期をはっきりみようとするれば、その数倍、6時間くらいまで共分散関数を計算しなければならぬ。そうすると、そのまた数倍の長さのデータ、すなわち少くとも1日分以上は必要になる。2~3時間周期ならさらに長いデータが必要になる。ところが現象がその間に全然ちがっている、というばあいつごうが悪いことがあるかもしれない。

A: そうすると、スペクトル解析ではみたい現象がみられない……。

B: そういうこともあります。でも、コンピュータがつかえるなら、スペクトル解析は多量のデータの大きっぱな周期性の特徴をつかむのに手ごろな方法の一つです。まずは、やってみることですね。

文献

Hayashi, Y., 1971: A generalized method of resolving disturbances into progressive and retrogressive waves by space Fourier and time cross-spectral analyses. *J. Meteor. Soc. Japan* (気象集誌), **49**, 125-128.

Izawa, T., 1972: Some considerations on the continuous space-time spectral analysis of atmospheric disturbances. *Papers Meteor. Geophys.*, **23**, 33-71.

Leese, J.A. and E.S. Epstein, 1963: Application of two-dimensional spectral analysis to the quan-

tification of satellite cloud photographs. J. Appl. Meteor, 2, 629-644.

(丸山健人)

問：蒸発量はどのように測定されるのですか、現在でも「蒸発皿」による観測はおこなわれていますか。(一会員)

答：これは簡単なようにみえて、問題点を指摘した質問だと思えます。たしかに気象官署では、現在でも「蒸発量」の観測方法として「蒸発皿」による測定がおこなわれています。しかしこの方法によって測定された「蒸発量」は、あとで述べるような真の蒸発量を意味するものではなく、そのときの大気もつ「蒸発のポテンシャル」あるいは「可蒸発量」とでもいうべき性質を表わす量と考えるべきでしょう。現在日本では14の気象官署で直径120cmの大型の「蒸発皿」による観測が毎日、続けられています。これに関して、関係者の間では、上述のような解釈に基いて、あくまでも「蒸発に関する1つの指標」という点で見解は一致しています。

それでは「真の蒸発量」とはどこが異なるのでしょうか。気象学でいう場合の「蒸発量」とは、地表面から大気に供給される水蒸気の量のことであり、水平な単位面積をよぎって単位時間に上方に輸送される水蒸気の質量(または液体の水にした場合の層の厚さ)で表わされます。もっともこれは「蒸発」を H_2O という物質の鉛直輸送として表わした場合ですが、「蒸発」は同時にまた「潜熱」という能率的な形態の熱の鉛直輸送でもあり、水蒸気の質量を熱量または仕事に換算して表現することもあります。

この場合の「地表面」はマイクロに見ますと緑の森林や草原の場合もありますし、乾燥した砂漠の場合もあるでしょう。海洋や湖沼のような水面の場合も、また雪や氷で覆われた場合も多いでしょう。「蒸発量」を決定する因子としては大気乾燥の度合(q_0 : 大気の比湿)、大気の入れ代りの早さ(u_a : 風速)大気の乱れの度合(K : 乱流輸送係数)の他に「地表面」の湿り具合が、問題になります。この湿り具合はその「地表面」に接した大気面の湿度に表われます。水面や、十分しめった土などに接した部分では、大気は、平衡状態の量の水蒸気を含んでいる(飽和している)でしょうし、カラカラに乾燥した面に接している部分は湿度は低いでしょう。ですか

ら大気が乾燥していて風が強く、乱れていても、下から水分の供給がなければ蒸発は起らないわけです。「蒸発皿」による測定は最後の「地表面」の湿り具合の条件を人工的に一定にした場合の「蒸発量」ということになるわけです。これで「蒸発のポテンシャル」を表わすなどといった意味がお分りいただけたと思います。

それでは真の蒸発量はどのように求めたらよいのでしょうか。それには大別して直接法と収支法の2つがあります。

直接法はマイクロなスケールの1地点において大気境界層内の水蒸気の鉛直輸送を測定する方法で、渦相関法(eddy correlation method)、傾度法(profile method)、簡便法(bulk method)が実用化されています。さらに土壌の水分の増減などから蒸発量を求めることも農業気象学などでおこなわれています。これらの方法は「地表面」あるいはその上の「大気境界層」における水蒸気の輸送の物理機巧に立脚した関係式で表現される点は、顕熱や運動量の鉛直輸送と同じです。

- 1) 渦相関法 $E = \overline{\rho q' w'}$
- 2) 傾度法 $E = \rho K (\partial q / \partial z)$
- 3) 簡便法 $E = \rho C (q_0 - q_a) u_a$

ここで E は蒸発量、 ρ は空気の密度、 z は地表面からの高さ、 q は比湿の平均値で q_0, q_a はそれぞれ $z=0, z=a$ での値、 q' は q からのずれ(変動成分)、 u_a は $z=a$ における平均風速、そして乾流輸送係数 K と地表面効果を表わす係数 C が決まれば、これらの実験式は確立したことになります。これらの方法のくわしい説明は紙面の都合上、省略しますが、すでに種々の解説記事などに述べられており、とくに「天気」1972年12月号「プラネタリー境界層シンポジウム」に最近の成果が報告されているのでぜひご覧になってください。

直接法が1地点での蒸発量を与えるのに対し収支法はある広さをもった区域の地表面からの蒸発量を推算するのに使われます。蒸発量についての収支法としては、熱収支法と水収支法があり、それぞれ、その区域上の大気柱内の熱または水の各種の入出量が分かっている蒸発によるものだけを未知数として求める方法です。これについてもくわしくは前記の報告を参照してください。

(竹田厚)