

2. 気象力学, 数値予報および解析

鍋 島 泰 夫*

広範なしかも深い理解を必要とする此の部門の紹介は到底筆者に出来そうもないので、簡単な感想を述べて出席されなかった人々に学会の雰囲気を与える一助位にしたいと思う。

全体として従来殆んど無縁であった気象力学と予報技術との断層が、数値予報的な取扱いによって相当狭められて来た様な感がする。尤もこれは応用科学本来のあり方であり、電子計算機の導入によって此の気運が益々促進されるであろうことは喜びに耐えない。しかし現在の観測網等の制限から小規模の現象 local な問題更には予想天気図の解釈等については現業予報者との協力がより必要になって来るように思う。

上述の様な理由から、岸保氏の「大気の三次元的取扱いとスケールの問題」及び「Small scale のじょう乱に対する運動方程式」が面白かった。前者は Rossby number が 1 より小さい準地衝風近似の成立する従来の渦度方程式を用いる場合で、後者はその成立しない様な台風中心附近、前線帯の近傍では、発散は渦度より大きくなる。即ち 10 mm/hr 位の降雨があるためには発散量は 10^{-4} 位でなければならず、従来の地衝風近似 (渦度 10^{-5} , 発散 10^{-6} 位) は用い得ない。此の様な条件を満たす異質の発散方程式を用いる必要がある。此の様な関係での各種の波の影響を論じ、数値例として台風の高度と発散量の分布を与えて、格子及び時間間隔夫々 20 km, 5 分の marching problem を解かれた。発散量の分布が実際と合わないためか台風中心より離れた点が次第に深くなり中心より示度が低くなるが、将来数 10 軒間隔の観測が行われれば、予報の難しい小じょう乱に対する取扱いを示すものとして期待したい。

また荒川氏の「帯状平均流が維持される機構について (II)」は、角運動量の水平、垂直渦度輸送と熱の水平渦度輸送との関係式から、攪乱は非断熱で摩擦を無視し、三次の変動、二次のその時間変化を省略して、Mintz の与えた値を用いて計算すると、中緯度でも上方に角運動量が運ばれるという結果が得られる。大気大循環では全体として下向きの輸送があるべきことから、風の shear による摩擦が重要であることを示した。無摩擦という仮定との関連が不勉強な筆者には一寸解らなかつたが、大循環という大問題と真向から取組んでいるのはたのもし、渦度方程式の各項を吟味したものとしては、

浅井氏の「500 mb 面に於ける渦度の局地変化に及ぼす諸要素の比較検討」は垂直速度を ω -方程式から求めていないのが一寸気になるが、水平渦度移流項を図式に、垂直渦度移流項、水平発散項の大きさを夫々約 10 日間連続に計算し、低気圧のじょう乱が活潑な後半期は、そうでない前半期に圧倒的であった第 1 項に比べ第 3 項が same order となり、第 2 項も可成り大きくなることを示した。日による変化は余りやられていないので面白い。

村上氏の「梅雨における熱の分布及び時間平均方程式の各項の大きさ」は 10 日平均値を用いての各項の吟味で毎日のものとの比較も行っているが、平均値については大きさの比率が変わってくる。即ち発散項、渦度の垂直輸送が大きくなり、断熱式についても同様の検討を行うと熱は平均的な ω で運ばれることを示した。時間平均の意味と仮定に問題はあるにしても、長期予報への手がかりとして興味深い。

中島氏の「準ラグランジュ系の天気解析への応用例」は質量発散を傾向方程式から各層での気圧変化の差から求める方法について実例を用いて示した。気圧変化量は高層では 12 時間について実測されるから、取扱上一寸困る点もあると思われるが簡単に得られるのが味噌であろう。

台風に関するものとしては、

正野氏及協同研究者「台風の進路に関する数値予報」は台風の場を円形として差引き、最小自乗法で残りの場を平滑化する操作を多くの台風について、850, 700, 500, 300 mb の各層について行い、結果として 500 mb が進路予想に 1 番良く、又各層の速度を実測と比較し、全層の vector 和のものも検討された。予報課で図式法の際さんざん苦勞した所なので懐しかった。これは introduction だそうであるから今後の発展に期待したい。

台風進路予報の困難な点の一つは中心附近の取扱いで、300 km 位の格子では中心が特に深くなり、準地衝風近似が成立しない。これを除くためには上述の如き台風の場を抜き去ること空間平均をとり平滑化すること、balance equation を用いて流線を求める方法等が考えられている。増田氏の「台風の前面の balance equation の解き方」は此の流線を求める際に導入される P^2Z による truncation error を除くため、台風を円対称な場と残りの場に分離し、前者は傾度風の式、後者は balance equation から流線函数を求め error が入らない様工夫した。この方法では台風による場の変化も考慮されているから、抜き去るよりも原理的にすぐれており、中心附近の取扱いを一步前進せしめたといつてよいであろう。

* 気象予報課

曲田氏の「数値予報における truncation error について」の微差の取り方として従来の2点 $(\partial Z/\partial x \sim \frac{Z_1 - Z_{-1}}{2\Delta x})$ の代りに4点 $(\frac{8(Z_1 - Z_{-1}) - (Z_2 - Z_{-2})}{12\Delta x})$ を用いること等も考慮すれば相当誤差の導入はふせぎ得る。曲田氏は又 300km 格子間隔の場合に、2,000 km 以下のじょう乱に生じ易い error を除く他の方法としてこの他格子間隔を小さくすること、小じょう乱を filter out すること等を示し、後者が最も良いらしいことを結論されたが、数値予報の計算の際用いる微差の取扱いを精しく当られたものとして、昨年リレー計算機で台風予報をした際、屢々此の種の誤差に悩まされた我々にとって興味深かった。

伊藤、増田両氏の「高速電子計算機 (Fujic) を用いた台風進路の数値予報」は国産第1号の電子計算機を用いて流線函数を用いた場合、格子間隔を半分の 150km にした場合、小じょう乱を空間平均で filter out した場合等について比較された例を示した。メモリーの制限(255words)から barotropic 予報であるが、流石に time step 1 時間毎で24時間予報が約1時間半で完了する。結果は最後の filter したものが一番良いそうである。例は昨年15号の転向点附近からで結果は非常に良い。まだ例が少し barotropic で良い場合は、予報的に可成り楽な場合で、我々を悩ますのは方法や層の選び方で方向、速度がまちまちになる baroclinicity がきく場合であろうから、此の様な例 (例えば 5513号等) での check も見ないと安心出来ない。勿論講演者もこれを承知の上でまず barotropic を完全に行い、その上で他の effect を考慮して行こうとの方針であるから、これからの進展が期待される。

計算機を用いて行ったものに、窪田氏の「500mb 北半球天気図の数値予報 (順王)」がある。これは有隣電気 FACOM-128 というリレー計算機を用いて Fourier 級数を用いての予報を計算された。この場合期間を延ばすことと境界の影響が入り易いため、北半球全域に及び、波数も12用いている。

この計算機は今年の台風予報にも用いる予定のもので電気試験所のものより計算時間が若干早い。

山の影響を扱ったものは大井氏「Topographical perturbation of a zonal current (II) — non steady case —」と西本氏「大気の基本運動の研究(1)ヒマラヤ・チベット山系による westerlies の波動」があった。前の学会には随分沢山発表されたように思ったが、山の影響は確かに重要な問題の一つであるが、山の所での流線の与え方に扱い難い点があるらしい。中国でも相当重点のおかれたテーマとなっているらしく先日来日した際趙(ちょう)九章氏のヒマラヤによる影響についての精しい議論があり相当進んでいることが判った。

この他都田氏の「東京における地上気温の変化と混合層から出て行く Sensible heat の推定」は地上気温予想に熱によるものと水平移流によるものとに分け夫々につ

いて3時間毎に計算された。こういう厳密な扱いをすることは現在ルーチン的に行っている粗い方法に比べ確かに優れているが、最高最低気温の予想には天気予報が一番きいて来る様である。例えば曇として予測した時、晴れ間が出て更に上昇したという場合が多い。この計算で雲量を一定としている所が一寸気になった。

最近いろいろと test されている 図式法については、その方法の検討として寺内氏の「図式法の問題点」がある。これは parameter model を用いて Estoque Model II 及び Fjórtoft の方法がこの様な parameter を用いれば、垂直速度の仮定の差が大きな相異点であり、本質的な差はないことを示した。従来結果を合わすよう技術的に改良することが多かったが、この様に根本から検討することも必要であろう。但しパラメータ A の垂直分布を求め、それから方法を定めるということは実用上一寸大変であろうし、どうすればよいかの点が不十分であった。図式法は実用上相当大んな仮定があるが、baroclinicity も考慮しているので有効な方法として、特に地方で熱心に test されている。その1つが、藤範、新田両氏の「図式法による予想天気図の作成」で、数カ月に亘る Estoque-Fjórtoft の方法の test 結果が報告された。その中の数個の予想の困難な場合の case study も行い非発散層について検討されたが、此の様な例の中から問題点が解決されるわけで、学会で発表する性質のものではないとの発言もあったが、理論家が問題の種子を此の様な中からもひろい上げて欲しいものだと思う。気象学の如き応用科学では特に必要なことであるはずであろう。

山本氏は「低気圧発達場における位置のエネルギーの放出と渦位の保存について」で天気図解析者の立場から低気圧の発達を定性的に見る方法について調べられ、CAV 曲線と流線とから渦度の増減を見る方法について報告された。

西本氏は「Basic pattern による perturbation の移動について」で perturbation の変形はその移動を遅らせ、円形の場合の遅れを計算した。

鍋島は「圏界面附近の大気構造と 300mb の数値予報」で、圏界面附近の安定度の変化が ω -equation の計算に重要な役割を演じ、高層での数値予報にその位置は特に傾斜している際には無視出来ず、それを考慮すれば発散項を含めた渦度方程式で可成りの結果が得られることを示したが、航空の必要とする精度にまで向上せしめるには、まだまだ残された問題が多いであろう。

解析的なものとして山本氏「前線の研究」菊田氏「西風内の大雨について」があり、前者は前線の発達には下層(850mb)の収散と中層(500mb)の鉛直運動の両者の結びつきによることを4つの例について精しく検討し、降雨との関係を調べ、後者は強風層が大雨に重要な役割を演ずることを解析的に豊富な図を用いて説明したが、共に大規模な中層の上層流による大雨を取扱っている。台風

の様に下層の風が強くと地形による上昇が激しい場合を除いて、やはりこの様な吸上げが高層にあることが大雨の必要条件となるのであろう。

以上完全に理解していない所もあるので、的を得な

った点多々あると思うが、筆者の不勉強によることで私自身学会は新知識の吸収の場であり荷が重過ぎたと言わねばならないであろう。1予報者の感想と了解して戴ければ幸いである。(筆者：気象庁予報課)

551.509.33

3. 長期予報

加藤 久雄

最近梅雨とか寒波の吹出しといった局地的な天気現象を半球的なスケールで眺めようとする傾向が強い。もっとも、大気は絶えず環流しているから局地的な天気現象といえども世界的なつながりを持つわけで、こうした半球的研究の必要性は以前から強調されていたが、近年になって広範囲の資料が入手出来るようになったのでようやく盛んになったものといえよう。

さて今大会の長期予報に関する研究もその半数が大気大循環との関係を論じたものである。その内、特定の天候と大循環の変動を論じたものと、大循環を統計的に取扱ったものがある。

前者としては「朝倉正：広域天気図による1951年秋雲の解析」、「須田建：極東における大規模な寒気の吹出しについて」があり共に興味深いものであった。

両氏は同種の広域天気図の解析に関する一連の研究により学会賞を授与されており、これら研究に関しては今更なる言を要しないであろう。

後者としては小沢正、戸松喜一：「夏期大気循環に関する統計的性質」、「飯田睦治郎：大気循環変動の研究」、「高橋浩一郎、飯田睦治郎：500 mb 半旬偏差の波数解析」、「藤田敏夫：フーリエ係数の統計的性質と半旬予報の準備」、「鈴木栄一：数値予報における統計的問題の研究」等があり、更に「広瀬元孝：季節変化におよぼす太陽輻射の影響」も広い意味ではこれに属する。

いずれも困難な問題を熱心に追求されている。このような巨視的な立場に立つ研究によって大気循環の変動と天候との関係が次第に明らかにされつつあることは長期予報に大きなプラスとなるであろう。

しかし、これによって長期予報の精度が今すぐにも向上するかというと、必ずしもそうは云えないようである。

というのは、まず第1には大気環流の変動と特定の天候とは多くは相対応する同時の現象であるからたとえ両者の関連が明らかにされても天候を予想するにはまず大気環流の変動を予想しなければならないが、現在の処、それを予想する有力な方法が確立されていないからである。

もっともこの点に関しては、鈴木、藤田両氏はフーリエ分析の方法による予想の問題を取扱い、非常な努力を払われており深い感銘を受けた。しかし気象に現われる

週期は不安定なものが多いので、この方法は、短期の数値予報における渦度保存則のような必然性を持たないから将来の発展は極めて困難なものと思われる。

第2には大気環流のような半球的なスケールから天候を予想する場合には予想そのものも極めて概括的にしか出来ないという点である。このため、たとえ大気環流の変動が高い精度で予想出来たととしても、そこから導かれる天候予想の方は実用上利用価値がないような場合さえあり得るのである。

例えば、昨年夏は北海道では低温であったが東北地方以南では平年並の暑さであった。

これは本邦の北方に大規模な寒気が滞留し、これが北海道附近迄広がっていた為である。もし、この寒気が半球的に見てわずかに南迄広がっていたら東北地方も低温になったであろうし、もし逆にわずかに北に偏っていたら北海道も低温をまぬがれ得たであろう。この場合、大気環流の変動がほぼ適確に予想出来たととしても、本邦の北方に大規模な寒気が滞留することだけはわかったであろうが、果してそれが北海道をおおうか、東北地方迄をおおうかを予想することは極めて困難である。というのは半球的なスケールからはその程度の差異はもはや誤差の範囲内に入ってしまうからである。

結局従来の局地的な解析は大勢を見落す欠点があったのに対して最近の半球的なスケールの解析からは局地の微細な点迄は立入ることが出来ないという欠点をもっている。

したがって今後の問題としてはまず第1には大気環流の変動を予想する方法を確立すること、第2には半球的な見方と、局地的な見方とを融合することが挙げられる。

半球的な視野に立つ研究に比して局地的な現象の研究は時代遅れの感があり、今後はとかく敬遠され勝ちと考えられるが、こうしたわけで実験の予報をするには大へん必要なことである。この意味で奥田氏の「気温分布に対する地形の影響」は極めて有意義であり、今後の発展を期待したい。

なお、予報の精度を向上するには新しい方法を見出すことは勿論であるが、既存の方法を有効に用いることも現在の段階では極めて必要なことである。