

電子計算機の気象学ならびに地球物理学 への応用についてのシンポジウム (III)

‘JM T001’ について

増 田 善 信*

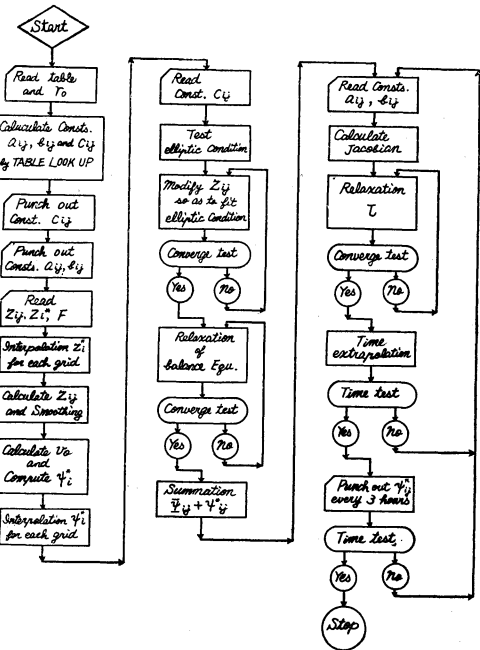
台風作業グループでは来春動きはじめる IBM704 による台風進路予報を完成する準備として、IBM650 を用いて本年台風季の台風進路のルーチン予報を計画し、5月下旬よりプログラムの作製にとりかゝった。

IBM650 は磁気ドラムのメモリー 2,000 語 (10桁) と磁気コアのメモリー 60 語 (10桁) を持っており、計算速度は磁気ドラムを用いるときは加減算約 2.4ms, 乗

風中心に対称な場と、残りの一般流とに分け、円対称な場には傾度風近似が成り立つものとして円対称な流線を求め、この円対称な流線の場と残りの一般流の高度場から、バランス方程式を解いて一般流の流線の場を求める。次に、このようにして求められた円対称な流線場と一般流の流線場を合成してもとの高度に対応する流線場を作りこの流線場にパロトビク予報を適用し、24 或いは 48 時間後の予想天気図を求めて台風の進路を予報するものである。用いた格子点は横 25, 縦 22 の 550 点で格子間隔は 300km とした。台風の中心は格子のほぼ中心より少し南の (13, 14) の格子に置くので箇々の台風によって格子の位置はその都度変るようになっている。従って、計算に用いる各格子毎の常数 (コリオリの因数その他) は箇々の台風によって計算から求めるようにした。

前にも述べた通り、IBM650 ではメモリーの数が 2000 語であり、格子点として 550, その他常数の領域としても格子点の約 2 ないし 3 倍の領域を常時取っておかなくてはならないので、命令を入れるメモリーが極めて少くなる。したがって全体のプログラムを 4 分割し、更にパロトビクの予報の場合には 1 語を 2 分割して 5 桁づゝの 2 語として (half word) メモリーを使用した。又磁気ドラムまで計算すると計算時間が長くなるため、大部分の計算は磁気コアを用いるように工夫し計算時間の短縮をはかった。

第 1 図は計算の順序を示したフロー・ダイアグラムである。まず、各格子毎に常数を計算するために、極から台風の中心までの距離 r_0 を input し、TABLE LOOK UP という方式で常数を求める。この際台風の位置によっては南の格子点が赤道近くになり、コリオリの因数は 0 になり、計算誤差を生じるので北緯 20° の常数の値を赤道の値にするように修正した常数を求めた。次に 300km の格子で読みとった 700mb 或いは 500mb の高度 z と 100km の円形の格子で読みとって平均した円対称な台風の場に相当する高度 z 及び台風中心の緯度に対応したコリオリの因数 F を input する。 z は 100km の円形のプロフィールに相当するものであり、 z は正方形



第 1 図 JM T001 のフロー・ダイアグラム

除算約 20ms であり、磁気コアを用いる時は access time (待時間) がないので極めて速くなる。

予防方式は前に筆者が発表した方法とほとんど同じで、まず、700mb あるいは 500mb の等高線分布を台

* 気象研究所予報研究部

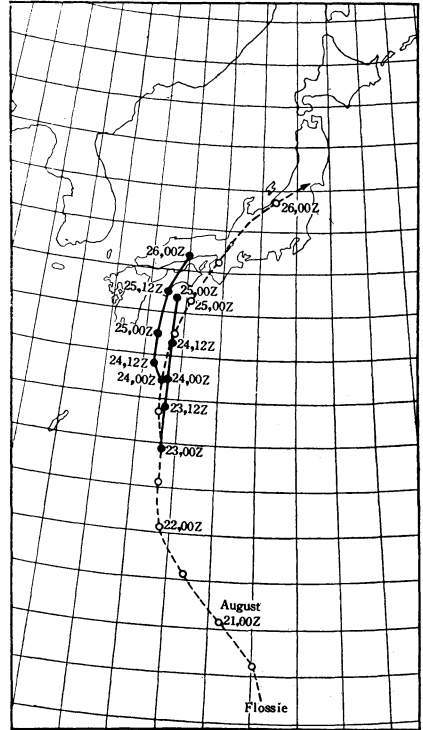
の格子に対応しているので、 z^* を正方形の格子点に振り分けなければならない。従って適当な内挿式を使って z^* の 300km 格子点に振り分ける。300km 毎の z と z^* から一般流の Z を求める。一般流の Z はこのような格子毎の計算で求めると図式で求める場合と違ってかなり、不規則性を含んでいるので、この不規則性を消すため適当な平滑化を 2 回施す。次に z^* から傾度風の式を用いて傾度風 V_0 を求め、さらにこの V_0 から円対称な場に対応する流線 ψ^* を求める。 ψ^* もやはり 100km 毎に求まるので同じ内挿の方式で 300km の格子に振り分ける。

次に平滑した Z と ψ^* を用いて一般流の場に対応する $\bar{\psi}$ を求めるのであるが、 $\bar{\psi}$ が境界値問題として解けるためにはいわゆる“elliptic”な条件が満たされていなければならない。この条件は簡単に云うと全領域で絶対渦度が正でなければならないということであるので、各格子点毎に絶対渦度が正であるかどうかをテストし、若し負の場所があればそこでは絶対渦度が 0 になるように修正する。絶対渦度を修正すると当然高度 Z もそれに合うように修正しなければならないので Poisson の relaxation 或いはその他の方法で Z を修正する。

このように修正された Z を用いれば境界値問題として $\bar{\psi}$ が求まるので、バランス方程式を relaxation して $\bar{\psi}$ を求める。この $\bar{\psi}$ 前に求めた ψ^* を加えると高度 z に対応する流線場 ψ が得られるので、この ψ を用いてパロトロピックの予報をすればよいのである。

パロトロピックの予報方式は一般に使われている方法と全く同じで、各格子点毎 (境界より 2 ケ内側から) にヤコービアンを計算し境界で高度変化が 0 として Poisson の relaxation を行い、各格子毎の高度変化を求めて将来の高度を得る方法である。time step は 1 時間とし最初は forward difference, 1 時間以後は center difference の方法で高度を外捜した。さらに 3 時間毎に予想天気図を作るため、3 時間毎に新しい高度を punch-out し 48 時間まで計算するようにプログラムされている。この際、前にも述べた通りメモリーが少ないのでメモリーを分割し、高度とヤコービアンを同一メモリーに又ヤコービアンにかゝる係数 a とコリオリーの緯度変化に相当する常数 b を同一メモリーに入れメモリーをセーブし、さらに常数 a, b は time step 毎に input するようにしてある。

計算時間はプログラムの loading を含め常数を求めるのに約 4 分、バランス方程式を解き初期の流線場を求



第 2 図 台風 5817 号の 48 時間予報例

めるのに約 40 分ないし 1 時間、パロトロピックの 1 ステップ約 3 分で 48 時間予報が約 2 時間 30 分ないし 3 時間である。したがって資料を入れてから 48 時間予報を得るまでに全体で約 4 時間である。計算時間が一定しないのはその時の状況によりバランス方程式を解く場合やパロトロピックのときの relaxation の回数が変わるからであり、relaxation 回数を出来るだけ減らすように relaxation は領域の左上端の格子からのものと右下端の格子からのものとを交互に行うようにプログラムされている。

(附記 1) このプログラムは本年 8 月 11 日よりテストに入り、約 1 週間でテストを終了し、現在までに、台風 17 号 (8 月 23, 24 日), 19 号 (9 月 3 日), 21 号 (9 月 14, 15, 16, 17 日), 22 号 (9 月 24, 25 日) の 9 例のルーチン予報を行った。第 2 図は 17 号の例を示したものでかなり満足すべき結果を得た。

2) IBM650 用のプログラムと併行して 704 用のプログラム JM T001 及び IM T002 を作りアメリカに送って、岸保氏にテストを依頼し、完成させた。JM T001 は IBM650 用のものとほとんど同じであるが、JMT ではコリオリーの緯度変化によって起る見掛け上の収束を消し全領域で収束発散がないように修正したものであ

る。計算時間は48時間予報がJM T001では約15分、JM T002では約20分である。

第二部

正野: さて、これから各分野の方々にIBM704の利用について、御抱負を話して頂こうかと思ひます。シンポジウムの性格上、その話は規模を大きくして夢のような話を歓迎いたします。

このシンポジウムは地球物理学に関するものでありますから、話の順序を地球の構造に従って決めることにしまして、最初に大気の上空から始め、順次、水圏、地圏と進んで最後に地球内部に関係のある方に御意見を伺うことにします。そこで先づ最初に日本航空の横関さんから…。

電子計算機の応用——航空気象——

(最短時間飛行について)

横 関 徹*

航空機は空気の中を飛んで出発地から目的地に行くのだから、その運動は風の影響を大きく受ける。つまり、飛行機は $V(x, y)$ で示される速度場の中を運動するものであり、かつ飛行機の対気速度は風とは無関係であるから、2地点間が最小であるような飛行路は必ず一つ以上存在するはずである。このような飛行路を最短時間飛行路 (minimal flight path) と呼んでいる。この飛行路は、風場 $V(x, y)$ と飛行機の対気速度が与えられれば決定できるが、これを解析的に取扱うのは困難である。実用的には、1時間毎のタイム・フロントを書いて、近似的にこの飛行路を決定している。このタイム・フロントと云うのは或る時間後に飛行機が到達し得る最遠点の軌跡で、1時間後・2時間後…のタイム・フロントを書くことによって、2地点間の最短時間飛行路を決定することが出来る。

このようにして決定した飛行路は近似的なものであり、多くの誤差が含まれる。例えばタイム・フロントが一時間毎に書かれるための誤差、地図の歪のために生ずる作図上の誤差、出来たタイム・フロント群から最短飛行路を求めるときに生ずる誤差等々である。又、上のようにして求められたものが、果して最短飛行路になっているかどうか疑問になるような場合もある。従って、このような図式計算以外に直接微分方程式を数値積分す

ることによって飛行路を求め両方の結果を比較して見ることも必要になる。

この問題は、場所によって屈折率の異なる媒質内の光の進路を求める問題と比較されるが、むしろ、音の異常伝播経路を求める問題と類似している。光の場合には、速度は場所だけの函数であるが、最短飛行路の場合には、対地速度は、場所と対気速度ベクトルの方向で定まる。このため最短飛行路の微分方程式を解いて最短飛行路を計算するのに704を用いた例がアメリカにあるが、その詳細については知られていない。

航空気象の他の部門に電子計算機を応用することも出来ようが、現在ではまだ応用範囲は少ないものと思われる。flight recorder に示された記象を用いての解析を行なうような場合などに用いられる可能性はある。純粋な航空気象ではないが、航空交通管制等にはかなりの応用範囲があるのではないかと思う。

電子計算機の輻射への応用

片 山 昭**

大気輻射の問題を取扱う場合、そのほとんどは途中複雑な数値計算をしなければならぬ。この数値計算が癌となって研究が阻害されている問題が非常に多い。もしこの部分を電子計算機に受持たすことができれば、輻射学が急速の発展をとげることは明らかである。

こゝでは赤外輻射による大気の加熱冷却の問題にしほって考えて見よう。現在この計算には輻射図によって図式に計算するか或は数表を引いて求めるという方法がとられている。特に輻射図はしごく便利なものである。しかしながら、なおかなりの時間と労力を要する。たとえば一地点の一回のゾンデ観測の値から、その上の大気の輻射冷却を、10層位に分けて計算しようとする、雲がある場合、筆者の経験によれば10時間程度かかってしまう。この部分を電子計算機にやらせれば数分で結果が得るであろう。このように労力が極端に節約されることにより、今後発展すると期待されるものの一つに、輻射のシノプティックな研究がある。輻射による加熱、冷却が、天気のパターンの変化や気団の形式などにどのような効果をもたらすかという研究である。この研究は現在の方法によれば、莫大な労力を要することは明らかで、その割に成果は少ないだろう。すなわち割に合わない研究という考えを持たれており、そのため興味はもたれつゝも、ほとんど手をつけられていなかった分野である。最

* 日本航空

** 気象研究所予報研究部

近, いままでどうもじっくりしなかった輻射と気象力学を結びつけることが最んに要望されているが, 輻射のシノプティック研究こそ, この要望にこたえる最良のものと思われる。そしてこの分野の発展は電子計算機を用いて始めて可能であろう。(勿論資料, とくに雲高, 雲厚などの雲の観測資料の欠乏が解決されることも必要である。)

赤外輻射の問題をより厳密に取扱うには, 輻射の吸収量を左右する透過関数というものを詳細に計算する必要がある。この関数の形は波長によって変る性質をもっているし, またその中に含まれる重要な因子である吸収線の中は気圧や温度によって変化する。また線の重なり工合でも吸収量は変化する。こういったものをすべて考慮

することは輻射図ではできないし, また手でやることは殆んど不可能に近い。Plass (1956) は 9.6μ の O_3 帯や 15μ の CO_2 帯が大気に及ぼす加熱冷却の効果を取扱う際, 以上の殆んどすべての影響を考慮に入れたが, 電子計算機 (MIDAC, IBM など) を用いて始めて可能だったのである。かゝる効果は特にオゾン層より上の大気の熱経済を取扱う際, どうしても考慮に入れる必要がある。

以上2つの分野をかんたんにのべたが, それだけでも電子計算機の効用ははかりしれないものがある。単に数値予報の分野のみならず他の分野にも充分活用させてもらいたいものである。さもなければ, 現在世界的レベルにある日本の気象輻射学もついに海外論文の紹介に窮々たる状態に落ちる恐れが充分ある。

学

界

消

息

1. 昭和基地の本格的観測始まる

宗谷丸からの輸送は2月5日頃終り, その後基地の観測準備は進み, いよいよ本格的観測が始まった。宇宙線, 極光, 夜光, 電離層などの高層物理に力が注がれ, 気象については高層観測も行われる。その他, 氷状, 海氷, 地磁気, 地震なども観測される。

2. 電子計算機動き始める

去る1月14日に電子計算器は計算機室に運び込まれ, 2月20日頃据付け, 調整が終る見込。その後, テストが行われ, 数値予報ルーチンの正式開始は4月1日の予定である。実施予定人員は27名で, 気象庁内外の利用にもできる限り便宜がはかられる見込である。

3. 研修所に高等部新設

昭和26年3月限り廃止されていた気象技術官養成所本科に担当する高等部が新設され, 来る4月1日から発足する。修業年限は2カ年で, 短期大学に準拠し, 気象の専門的知識, 技能および業務に必要な全般的知識を習得させ, 将来の気象庁主要技術職員としての人格識見を養成する。

4. 顔氏来朝

国連 TAA (Technical Assistance Administration) からの要請で, 台湾省気象所観測科の顔俊士氏が1月23日に来朝, 6カ月間農業気象について研修される。

5. 西日本の高潮

去る2月3日, 4日に西日本の太平洋岸で高汐が観測された。振巾は, 最大は名瀬で250cm, 多くの場所で数十cm, 周期は, 10~30分で, 経続時間は10~20時間であった。原因は不明であるが, 南西諸島の海底火山の噴火によるものかも知れない。

6. 堀口博士逝去

本学会の名誉会員, 堀口由己博士は去る1月17日岐阜県本巣郡の自邸で逝去された。享年73才。