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

問：数値予報の分野で“2～3週間以上の予想は不可能である”と最近よくいわれていますがその理由を教えて下さい　（関東地方の一会員）

答：数値予報とは，初期の大気の状態（運動の状態や物理的状態）を観測から求め，これを初期値として，大気の状態の変化を支配する方程式を解いて，希望の時刻の大気の状態を予想することである．この予想の際に誤差が発生し，予想される大気の状態は，実際の大気の状態と違ってくる．誤差発生の原因としては，次のようなことが考えられる．

1. 初期の大気の状態を求めるとき，観測誤差のため初期条件が正確にきまらない．
2. 支配方程式の中の物理過程のパラメタリゼーション（例えば，積雲対流の効果のパラメタリゼーション等）がまだ完全ではない．
3. 支配方程式を解くには，微分を差分でおきかえて近似計算をしなければならない．また，計算機の扱う有効桁数には限りがあるので，膨大な数の演算をくりかえすことにより丸めの誤差が累積する．
4. 予報領域が限られているときには，境界の影響をうける（全球モデルでは，この影響はない）．

一般に，誤差はランダムに発生するから，はじめ，誤差の水平分布はスケールが小さいであろう．しかし，時間積分がすすむ（支配方程式を解いて，予報時間を延ばしていくこと）につれて，非線型作用の働きにより他のスケールへと誤差は拡がっていく．もし，傾圧不安定によって発達しやすいスケールのじょう乱に誤差が及ぶと，その誤差は傾圧不安定によって大きく成長する．このように，誤差は一度発生すると次第に大きくなっていく．

この結果，予報は次第に実況とかけはなれたものになるわけであるが，予報の有効性が失われるまでには，どのくらい期間があるのかという疑問が生ずる．これを調べるため，大気大循環の数値シミュレーションに使われたモデルを用いて，次のような数値実験が行われた．その差が比較的小さい二つの初期条件を用いて，二つの時間積分を行い，一方の時間積分の結果を実況とみなし，他方の時間積分の結果は，誤差を含んだ初期条件から出発した予報と考えて，両者の比較を行った．この結果が，予報の有効な期間として2～3週間を示したのである．

この場合，予報が有効かどうかの判定の目安として，予報値と実況値の差の root mean square がとられた．この値が，ランダムに選ばれた二つの状態に対応する実況値の差の root mean square に近づいたとき，予報の有効性は失われたと考えるわけである（予報の有効性を判定する目安として，これがもっともよいかどうかは問題である）．

上述の数値実験では，初期条件の中に含まれる誤差のみを問題としているが，実際の予報の場合には，支配方程式が不完全であるための誤差や，数値計算の過程で入ってくる誤差もあるので，予報が有効性を失う期間は2～3週間よりも短い．

ところで，支配方程式が精密化され，数値計算技術が進歩するにつれて，予報可能な期間は，2～3週間へと近づいていくであろうが，更に，初期条件が正確に求まるようになった場合，予報可能な期間はより長くなるであろうか．この場合，注意すべきことは，我々は，常にある格子網で現象をとらえているということである．したがって，観測誤差が取り除かれて，初期条件が正確に求まったといっても，それは，その格子網で分解可能な現象を把握したにすぎない．格子網で分解不可能な小さいスケールの現象がどうなっているかは知らないわけである．もし，格子網で分解不可能な小さいスケールの現象と分解可能な大きいスケールの現象との間に相互作用があって，小さいスケールの現象が大きいスケールの現象へ影響を及ぼすということがあれば，いかに運動方程式が完全であり，それを解くための数値計算や初期条件が正確であっても，予報可能な期間には限度があるということになる．ロレンツ等は，このような考え方をしているが，この点については，まだ，立証されたとはいえないのが現状で，多くの問題が残されているように思われる．　（菊池幸雄）