

よくある質問と回答

FAQ 11.1 | 来月の天気予報ができないのに、どうやって十年後の気候を予報できるのか？

気象と気候は絡み合っているが、実際は別物である。気象は特定の時間と場所における大気の状態と定義され、刻一刻、あるいは日々変化する。一方、気候は一般に、10年若しくはそれ以上にわたる気象状態の統計を意味している。

気象を正確に予報しないで将来の気候を予報できるというのは、はじめは信じられないかもしれないが、さほど奇異なことではない。例えば、春の終わりには、例えばメルボルンの来る夏の平均気温はつい最近までの春の平均気温よりも高くなる可能性が非常に高いということは正確に予報できる（来る夏の日々の気象は1週間ほど先になると正確には予報できないとしても）。この単純な例が示していることは、これから訪れる期間の気象予報の精度に頼らなくとも、その期間における気候の変化の予報スキルを支える要因（この場合は、南半球に到達する太陽放射の季節変化）が存在することである。

気候を定義するために用いる気象状態の統計量には、気温や降雨量の長期的平均値のほか、降水の長期的平均値からの年々変動の標準偏差や 5°C を下回る日の頻度などの変動性の統計が含まれる。長期間にわたる気候変量の平均は、気候学的平均^{〔訳注 1〕}と呼ばれる。平均は個々の月、季節、あるいは1年全体について適用できる。気候予報は、「この夏の平均気温が過去の夏の長期平均値よりも高い可能性はどのくらいか？」とか、「次の10年が過去の数十年よりも暖くなる可能性はどのくらいか？」というような質問に答えるものになる。もっと具体的に言えば、気候予報では、「今後数十年間の平均気温（例えば中国の）が、過去30年間の中国の平均気温を上回る確率は？」という質問に回答することであるかもしれない。このように、気候予報は、将来の日々の詳細な気象変化の予報を提供するのではなく、将来の気候変量の統計に長期変化の確率を与えるものである。

一方、天気予報では将来の時刻を特定して日々の気象状態を予報する。予報に基づいて、「明日雨が降る？」といった質問に答えることができる。確率を付けて天気予報が提供されることもある。例えば、天気予報で「アピアの明日の降水確率は75%です」と発表するようなことである。

正確な天気予報をするためには、予報官及び予報士は大気の現状について非常に詳細な情報を求める。大気のカオス性を考えれば、「初期状態」の描写にごく微小の誤差があっただけでも、1週間ほど先の予報が不正確になるのが普通である。これはいわゆる「バタフライ効果」である。

気候研究者は、来季、来年、あるいは今後数十年における将来の気象の詳細な推移を予報しようと試みることもなければ、予報できると主張することもない。その一方で、バタフライ効果があるにもかかわらず、正確でなくとも気候の諸側面を予報できると考える背景には、確かな科学的根拠がある。例えば、長寿命の大気中の温室効果ガス濃度は今後数十年に地上気温を上昇させる傾向がある。したがって、過去からの情報は将来の気候予報に役立てることができ、また実際に役立っている。

自然に発生するいわゆる「内部」変動のいくつかのものには、少なくとも理論上は、将来の気候を予報するのに役立つ可能性が秘められている。内部の気候変動性は、気候システムにおける自然の不安定性から生じる。こうした変動が広範囲で長寿命の海洋表層水温偏差である場合、あるいはその原因となる場合、海洋上の大気に局所的な変化と遠隔的な変化を引き起こすことになる。エルニーニョ・南方振動現象は、この種の内部変動性のおそらく最も有名な例である。エルニーニョ・南方振動に関連した変動性は、部分的に予報可能である。ここでもバタフライ効果は存在するが、エルニーニョ・南方振動に関連する一部の変動性に強く影響を与えるには、天気予報に比べればずっと長い時間を要する。

気象庁などの機関では、この気候特性を予報業務に役立ててきた。これらの機関では、実証可能な予報スキルに基づいて、季節平均した気候状態の予報を業務的に行うことのできる季節～年々の予報システムを開発してきた。スキルは場所や変数によって大きく異なる。スキルは予報が将来に進むほど低下する傾向にあり、場所によってはスキルは全く存在しない。ここでいう「スキル」とは、技術的な意味において使用している。すなわち、いかにもシンプルな予測手法（例えば、最近の気候状態が予報対象期間中持続すると仮定するなど）の精度と比較してどれだけ高いかを示す尺度である。（次ページに続く）

FAQ 11.1(続き)

天気予報、季節～年々予報及び十年予報のシステムはいろいろな意味で似通っている(例えば、これらのいずれにおいても大気には同じ数学的方程式を採用し、予報を開始するために初期状態を与える必要があり、バタフライ効果のため予報精度には限界がある)。とはいえ、天気予報や季節～年々予報とは異なり、十年予報はまだ初期の段階にある。それにもかかわらず、十年予報は、地表付近の気温を「再予報^{【訳注 2】}」したとき地球上の多くの地域で少なくとも 9 年間は一定のスキルが得られている。「再予報」とは、過去の気候現象を対象に予報することであり、予報に際してはその現象以前の観測結果だけを予報システムに与えて予報する。このスキルの大部分は予報の際にモデルに与えた「外部強制力」からもたらされていると考えられる。「外部強制力」とは、気候研究者が気候システムに変化を引き起こす外的要因を指す際に使用する術語である。これには長寿命温室効果ガスの濃度の増加も含まれる。

理論に従えば、10 年間の降水量を予報するスキルは 10 年間の地表気温を予報するスキルよりも小さいはずであり、再予報の結果もこのとおりになっている。

十年予報システムの向上と、明らかなスキルが見られた場合はその理由についての理解を進めることを目的に、現在研究は進められている。内部変動を更に理解してスキルの向上に結びつける研究を進展させることが肝要である。予報システムは今後数十年で向上すると見込まれるが、気候システムのカオス性とその結果もたらされるバタフライ効果ゆえに、予報スキルには常に限界が伴う。他にも、不確実性の原因は存在する。例えば、火山噴火は気候に影響を与え得るが、その時期と大きさを予報することはできないため、将来の噴火は数多い不確実性の原因の一つとなる。加えて、十年予報を初期化及び評価する上で十分な海洋データの存在する期間が短いことも、大きな問題である。

最後に、十年予報システムは、外部から強制したものと内部で生成されるものを予測可能性の拠り所として活用するよう設計されている。気候研究者は十年予報と十年予測を区別している。予測は外部強制力からもたらされる予報結果が全てである。これまでの IPCC 評価報告書は専ら予測に注目していたが、本報告書では十年予報研究とその科学的根拠も評価している。

【訳注 1】若しくは単に「気候値」

【訳注 2】再予報：ハインドキャストとも呼ばれる。過去の事例をモデルによって再び予報すること。

(参考: http://www.metsoc.jp/tenki/pdf/2012/2012_06_0493.pdf)