

気候モデルの系譜

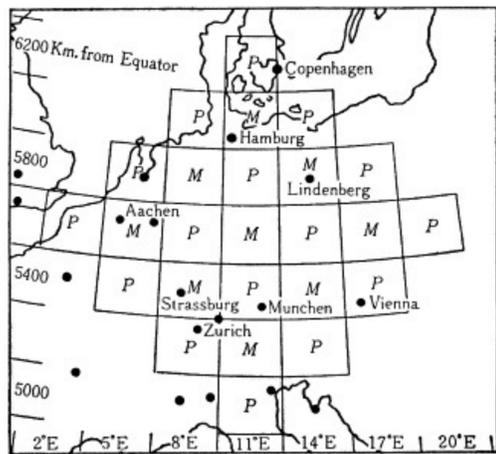
東京大学大気海洋研究所

大気海洋研究所では、気候モデルの開発とそれを用いた気候研究を進めています。気候モデル発展に貢献した日本人の研究者は数多くいます。2021年には、東京大学を卒業された真鍋叔郎先生がノーベル物理学賞を受賞されました。大気海洋研究所が中心機関の一つとなって開発された気候モデルも、世界の気候モデルに肩を並べ、かつ世界を牽引しようとしています。ここでは、ごくわずかですが、気候モデル発展に寄与した人々と気候モデルの系譜を紹介いたします。

黎明期(-1950)

大気の数値モデリングの黎明期はV.Bjerknes(1904)に始まります。大気の物理方程式を用いれば、十分な初期情報を与えることで、将来が予見できると考えました。

Richardsonは、北欧の数値天気予報を手計算によって行おうとしました。その試みは不成功に終わったため「リチャードソンの夢」と呼ばれていますが、その後の数値モデリングの発展に大きな影響を及ぼしました。

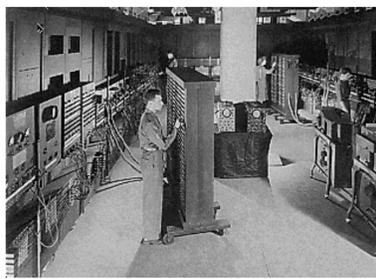
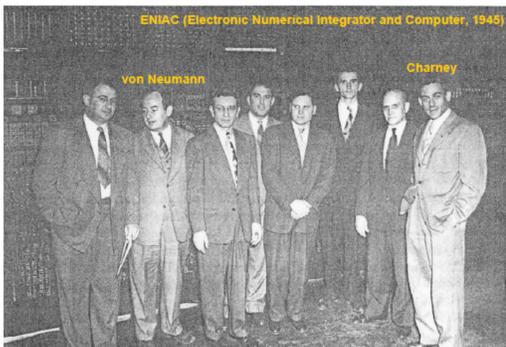


Lewis F. Richardson (1881-1953)。右はRichardsonによって考えられた数値モデルの格子配置で、Pは気圧、Mは速度を表します (Richardson 1922)。

萌芽期(1950-1960)

Von Neumann, Charney によって、初めて数値計算機を用いた気象予測が行われました。予報に使われたのは、500hPa面の渦の流れを予報する一層傾圧モデルですが、数値天気予報の新時代を切り開く試みでした。

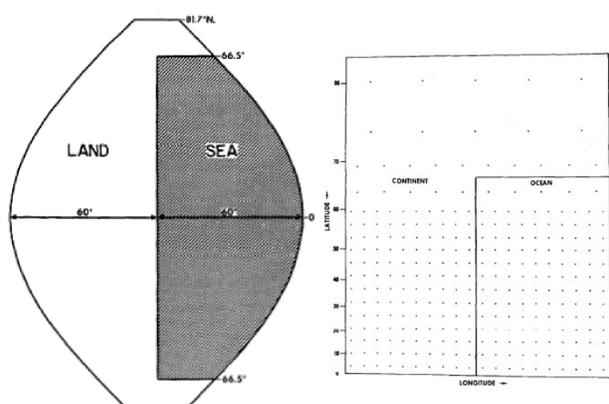
高さ方向の変化を含んだ数値予報は2層傾圧モデルを用いた N.Phillipsによって行われました(Phillips 1956)。これが大気大循環モデルの始まりです。大気大循環モデルは誕生してから半世紀以上の歴史が経過したことになります。



Von Neumann(1903-1957), Jule Charney(1917-1981)。右: 初めて数値天気予報が行われた数値計算機ENIAC (<https://ei.cs.vt.edu/~history/ENIAC.Richey.HTML>)。

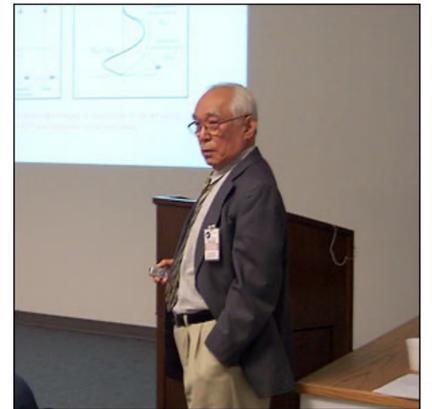
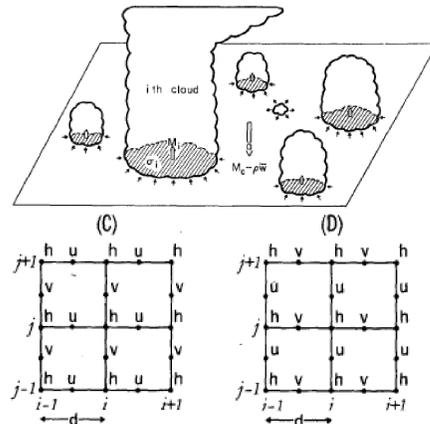
発展期(1960-1990)

真鍋叔郎氏は気候モデリングの先駆者です。1960年代初頭に、放射と対流過程の計算により大気の高さ方向の温度分布を求めるといった基礎的な問題から研究を始め、大気の大気場を数値的に計算する気候モデルを開発しました。大気・海洋結合モデルの開発など、気候について先駆的な研究を数多く手がけてきました。



真鍋叔郎氏(1931-)。右は、Manabe(1969)に用いられた大気大循環モデルの海陸分布と格子配置です。

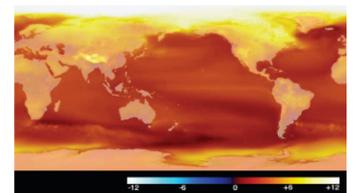
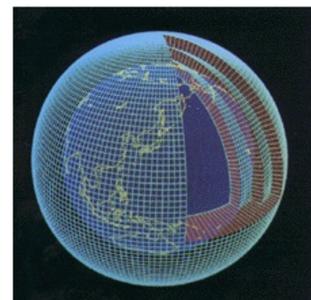
荒川昭夫氏は UCLAの大気大循環モデルを開発しました。荒川ヤコビアンなどの数値スキーム理論の基礎を構築し、また積雲パラメタリゼーションなど雲プロセスの研究の第一人者でもあります。Arakawa-Schubert 積雲パラメタリゼーションは、現在の気候モデルで広く使われています。



荒川昭夫氏(1927-2021)。左はArakawa-Schubert 積雲パラメタリゼーションモデルの模式図(Arakawa and Schubert 1974)、および、気象モデルで用いられる格子配置の例です(Arakawa and Lamb 1977)。

豊潤期(1990-)

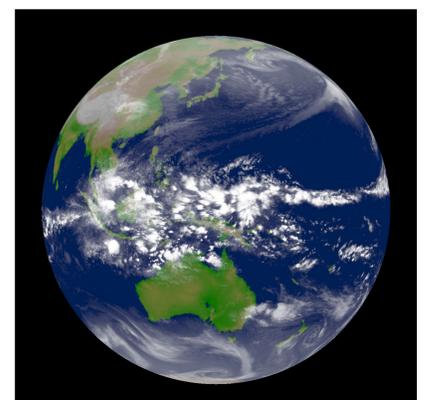
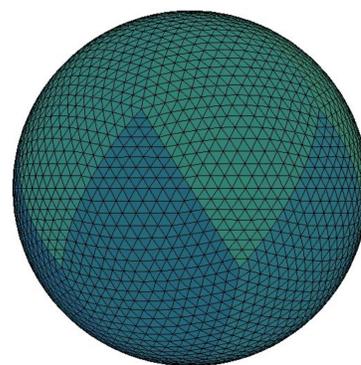
松野太郎氏は気候システム研究系の前進である気候システム研究センターの初代センター長(1991-1994)を勤めました。松野氏は気候モデルの開発を主導し、これが気候モデルMIROCへと発展しました。現在の気候モデルは、大気、海洋、陸、氷床、生態系などが結合した統合モデルとなってきています。世界各国の気候モデルによって将来の地球温暖化予測が行われ、それらの結果がIPCCのレポートにまとめられています。



松野太郎氏(1934-)。松野氏による1960年代の赤道波の理論は、現在の熱帯気象理論の礎となり、熱帯擾乱の研究の発展に大きな影響を及ぼしました。また、成層圏の波動理論、気候システムモデリングの研究にも主導的な役割を果たしてきました。中央は、現在の気候モデルのメッシュ構造の模式図(気象庁)、右は温暖化予測実験による年平均気温変化の分布。

次世代へ(2005-)

大気海洋研究所では、世界に先駆けて、次世代の気候モデルである「全球雲解像モデル」の開発を進めています。全球雲解像モデルは、地球全体を5km以下のメッシュで覆う超高解像度の気候モデルで、雲降水プロセスを忠実に表現することができます。新しい大気モデルは、非静力学正20面体格子大気モデルNICAMと呼ばれ、正20面体分割格子を採用しています。3.5kmメッシュの全球雲解像計算で詳細な雲の分布が計算できるようになりました。N. Phillipsの大気大循環モデルから半世紀以上が経過し、全球雲解像モデルは、次世代の気候モデルとして広く使われるようになっていくでしょう。



左: 正20面体分割格子、右: 3.5kmメッシュ全球雲解像モデルで計算した雲の分布。