

地球温暖化とともに変わりゆく日本の気候を考える

佐々木秀孝・村田昭彦・花房瑞樹・野坂真也(環境・応用気象研究部)

1. はじめに

地球温暖化の原因が人間活動によるものである可能性が極めて高いことが、2013年9月に公表された気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第5次評価報告書によって示された。シナリオによって異なるが、21世紀末には地球平均地上気温が、0.3~4.8℃上昇すると予測されている。地球温暖化によって、農業、水産業、観光業、人間や家畜の健康、水資源の管理、風水害など様々な分野に影響が及ぶことが予測される。それらに対して、適切な適応策や緩和策を講じていくためには、詳細な気候変化を予測していく必要がある。

地球温暖化の予測は、これまで地球規模を対象とした予測モデルによってなされてきた。最近の計算機の発展には目覚ましいものがあるが、いかに最新の計算機を使おうと、地域における詳細な地球温暖化の影響を評価するには、十分な分解能があるとは言い難い。そこで、関心のある地域にクローズアップして温暖化の影響を調べる技術が開発された。ここでは、その技術を用いて、気象研究所で開発した地域気候モデル(MRI-NHRCM)によって計算された、温暖化による日本付近の気候変化予測について紹介する。なお、この将来予測結果は、2013年に気象庁から発刊された「地球温暖化予測情報第8巻」に用いられるとともに、様々な影響評価研究にも利用されている。

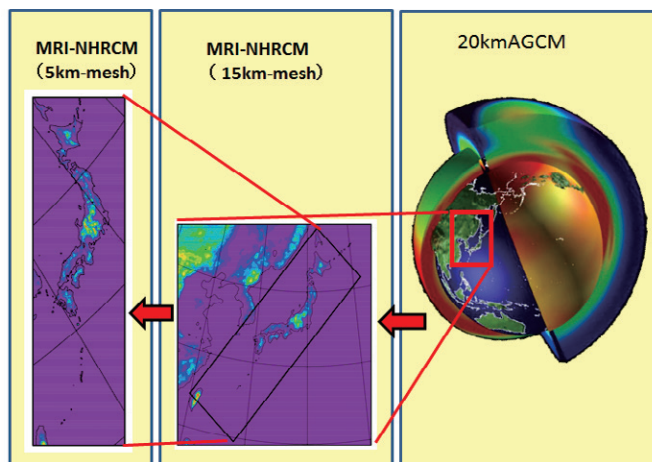
2. 気象研究所地域気候モデルによる将来予測

2. 1. 計算方法

予測計算の流れを第1図に示す。まず、分解能が20kmの全球大気モデル(AGCM)を用いて地球規模の温暖化予測を行う。次に、このAGCMの中に、格子間隔15kmのNHRCMをネストし、さらに5km格子のNHRCMをネストするというマルチネスティングと呼ばれる手法を用いることで、日本付近を高分解能で予測している。ここで、用いられているNHRCMは、気象庁で毎日の天気予報に用いられている予測モデルを、気候予測に適したように改良したものである。温室効果ガス(GHG)の将来変化予測には、IPCCから出されたSRES A1Bと呼ばれる排出量が中程度のシナリオを使っている。

気候変化の将来予測には、様々な不確実性が存在している。例えば、将来のGHGの排出量に関するシナリオにも不確実性がある。モデル間で再現性やGHGによる感度も異なる。

また、モデルで直接再現できない積雲や地面摩擦などの物理過程の計算には、ある種の仮定を施している。さらに、火山の爆発や太陽活動など予測不可能な不確実な要因も考えられる。ここでは、単一シナリオ・単一モデルによる計算を行っているため、ここで示された結果には、それらの不確実性が含まれている。

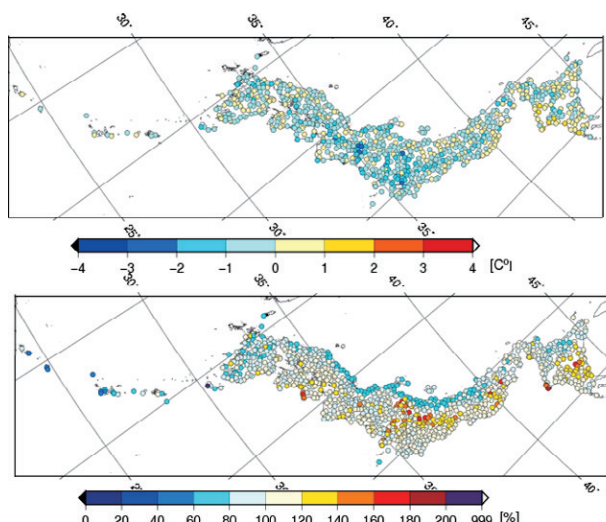


第1図: NHRCMによるダウスケーリングの方法。

2. 2. 現在気候の再現性

不確実性を低減するための一つの方法として、現在気候の再現性を高める事が重要である。また、将来予測をするためには、モデルの再現性の特徴を捉え、その特徴からモデルによる将来予測を修正する必要がある。そこで、まずNHRCMの現在気候の再現性について紹介する。第2図上は、NHRCMで再現された年平均気温をアメダス観測と比較したものである。山岳部で3~4℃過小評価となっている点が数点あるが、ほとんどの地点で誤差は±1℃以内に収まっている。東京も3℃ほど過小評価となっているが、これは、NHRCMに都市化の影響(都市気候モデル)が含まれていないのが原因である。年降水量の分布図(第2図下)を見ると、いくつかの系統的誤差が見られる。まず、日本海側の海岸付近にある観測点で過小評価である。次に、南西諸島で過小評価である。最後に、急斜面で過大評価である。しかし、その他の観測点では、ほとんどの所で誤差は20%以内となっている。

気温や降水の季節変化についても、NHRCMは日本の気候を良く表現しており(図略)、NHRCMの現在気候の再現性



第2図:アメダス観測との比較。

上:年平均気温(NHRCM-アメダス)、

下:年降水量(NHRCM/アメダス)

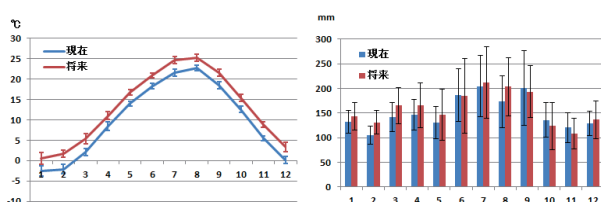
は、世界的に見ても高いと言える。

2. 3. 将来変化予測

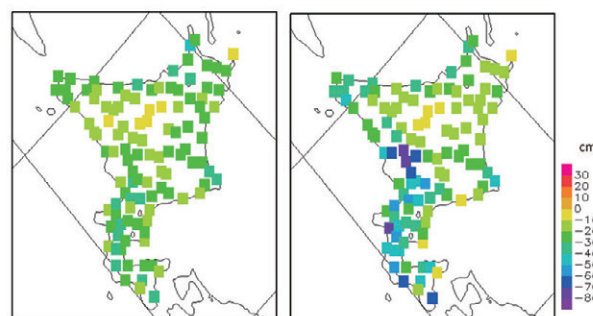
ここでは、温暖化による変化が明瞭である21世紀末と現在の気候を比較する。第3図左は、全国平均の気温の現在と将来予測を比較したものである。将来の気温は約3℃上がり、特に冬の上昇量が夏よりも大きくなっている。空間的には、南より北の方が気温の上昇量が大きくなっている。特に、冬の北海道では、オホーツク海の水氷が減少することによって、5℃以上上昇するところもある(図略)。

降水量(第3図右)を見ると、ほとんどの月で増加しているが、秋にはやや減少している。ただし、有意水準95%で変化しているのは、2月だけである。また、1時間降水量の変化を見ると、将来強い雨の頻度が増加することが予測される(図略)。

積雪に関しては、ほぼ全国的に有意水準99%で減少している。減少の割合は、北日本や山岳部では小さくなっている(図略)。冬季の降水量は将来増加すると予測されるが、地球温暖化による気温の上昇により、降雪量が減少する影響の方が大きいと考えられる。しかし、山岳部や北日本では、温暖化により気温が上昇しても氷点より低くなる場合が多く、



第3図:現在と将来予測の月平均気温(左)と月降水量(右)。縦棒は標準偏差。



第4図:北海道における積雪深の将来変化予測。

左:バイアス補正なし、右:バイアス補正あり

積雪の減少量が小さい。北海道の中心の山岳部では、有意に増加すると予測されている所もある。

2. 4. バイアス補正

どのように精緻に作られたモデルでも、必ず系統的誤差(バイアス)がある。そのバイアスを取り除かなければ、将来予測の精度にも悪影響を及ぼす。バイアス補正には様々な方法があり、補正される要素や利用目的によってその方法が異なる。ここでは、一つの例として、地域頻度解析(Hosking and Wallis, 1997)を応用して北海道における積雪のバイアス補正を行った。その結果、第4図に示す通り、バイアス補正を行わなかった場合、北海道のほぼ全域で20~30cm程度の減少が予測されたが、バイアス補正を用いると積雪の多い日本海側の山岳地帯では約80cm積雪が減少すると予測された。このことから、バイアス補正の重要性がうかがえる。

3. まとめ

気象研究所で開発した地域気候モデルを用いて、日本付近の詳細な気候変化予測を行った。

このモデルによる将来の気温変化の特徴として、日本付近では概ね3℃上昇することが予測される。南部より北部、夏季より冬季の気温上昇が大きくなっている。特に、冬から春にかけて、オホーツク海の水氷が減少するため、北海道での気温上昇は大きくなっている。

降水量は、概ね増加する傾向が見られるが、月毎、地域毎に見ると、減少している所もあり、必ずしも有意な変化があるとは言えない。ただし、強い降水の頻度は将来増えると予測される。

これらの予測結果には、様々な要因による不確実性が含まれているので、違うシナリオ、違うモデルを用いれば予測結果も変わる可能性がある。今後、不確実性を低減し、また不確実性の幅を正確に見積もる研究を行っていく必要がある。