

京都大学工学部	学生員	○井上雅隆
京都大学大学院工学研究科	正員	Kim Sunmin
京都大学大学院工学研究科	正員	萬 和明
京都大学大学院工学研究科	正員	立川康人
京都大学大学院工学研究科	正員	椎葉充晴

**1 序論** 近年、地球温暖化が注目され、将来の気候変動予測が重要となっている。そこで、世界の多くの研究機関で様々な GCM(General Circulation Model) が開発され、温暖化による将来の気候変動予測に活用されている。日本の気象研究所で開発された MRI-AM20km と MRI-AM60km もその1つである。MRI-AM20km は世界最高の空間解像度を持ち、防災分野を初めとする地球温暖化の影響評価とその対策立案のために利用されている<sup>1)</sup>。MRI-AM60km には異なる初期条件・境界条件の上で計算されたアンサンブル出力が存在する。

本研究では、MRI-AM20km と MRI-AM60km の出力の間に統計的関係を見出し、統計的ダウンスケーリングにより 60km 格子の出力を 20km 格子の出力にダウンスケーリングする手法の開発を主な目的とする。

**2 気候モデル出力の解析** MRI-AM20km は格子サイズが 20km であり、空間解像度が極めて高いが、計算コストが大きく、条件を変えた複数のアンサンブル計算が難しい。一方、MRI-AM60km は格子サイズが 60km と MRI-AM20km に比べると空間解像度は低い、計算コストが小さく、アンサンブル計算が容易である。MRI-AM60km のアンサンブル出力には MRI-AM20km の出力と同じ初期条件・境界条件の上で計算された出力があり、これらを本研究ではメイン出力 (main20 および main60) と呼ぶことにする。

日本および日本周辺の 1979 年から 2003 年の 25 年間の 1 時間ごとの降水量のデータを用いて MRI-AM60km と MRI-AM20km のメイン出力の特性を解析した。ここでは、両者を比較するために MRI-AM20km の出力値を 60m 格子の出力値に変換し、この出力を main20to60 と呼ぶことにする。main20to60 と main60 を用い、年・月平均降水量の出力を調べたところ、季節ごと、地域ごとの特色が見られた。さらに詳しく、ある特定の場所に位置する 60km 格子に限定して、月ごとの日降水量の時系列を解析した。図 1 に京都の位置する 60km

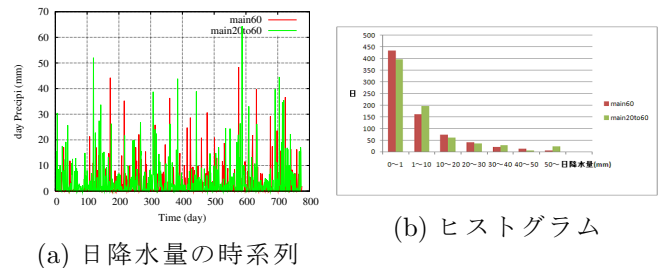


図 1 main60 と main20to60 の京都の日降水量の時系列 (6 月)

格子の 6 月の日降水量の時系列とヒストグラムを示す。6 月のように MRI-AM20km と MRI-AM60km の日降水量のヒストグラムが近い月もあるが、その差が大きい月もあることがわかった。本研究では、このように MRI-AM20km と MRI-AM60km の出力の特性が月ごと、格子ごとに異なることを考慮してダウンスケーリング手法を開発する。

**3 統計的ダウンスケーリング手法の開発** 本研究では、特定の日降水量において、ある 60km 格子に対応する 20km 格子の 9 個の降水のパターンを採択するダウンスケーリング手法を考える。そこで、ある特定の日降水量に近い出力値において 20km 格子の出力パターンがどのようになっているか確認する必要がある。特定の日降水量の 20km 格子での出力パターンを調べたところ、近い降水量の出力値を持つ時系列に全く同じではないが、似た傾向が見られ、空間的な出力パターンに大きな誤差は生じないと考えられる。

**3.1 手法 1** ある 60km 格子  $I$  の  $M$  月における 25 年間の日降水量の時系列データをデータ A とする。手法 1 は、まずデータ A のある時刻の 60km 格子の出力値に最も近い出力値をデータ A の main20to60 から探し、それに対応する元の 20km 格子の出力に補正を加える。この変換をデータ A の全ての時系列で行った結果がダ

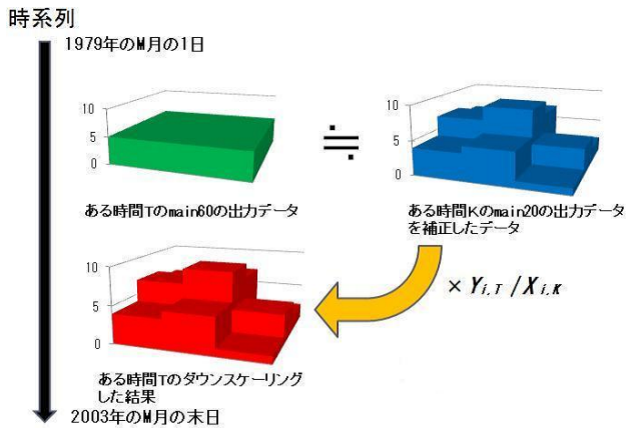


図2 統計的ダウンスケーリング手法1の概要

ダウンスケーリング結果となる。

$$y_{i,T} = \frac{Y_{I,T}}{X_{I,K}} x_{i,K} (i = 1, \dots, 9) \quad (1)$$

(1)式において、データAのある時刻Tにおける60km格子の出力値を $Y_{I,T}$ とし、データAの中で最も $Y_{I,T}$ に近い値をもつ、時刻Kにおける20km格子を60km格子に変換した出力の値を $X_{I,K}$ とする。また、格子Iに対応する9個の20km格子*i*の時刻Kにおける値を $x_{i,K} (i=1, \dots, 9)$ とし、ダウンスケーリングの結果を $y_{i,T} (i=1, \dots, 9)$ とする。また、この手法の流れを図2に示した。

**3.2 手法2** 手法1では、 $Y_{I,T}$ に最も近い $X_{I,K}$ にさらに $Y_{I,T}/X_{I,K}$ を掛けて、60km格子の出力の特徴を保存した手法であるが、統計的ダウンスケーリング手法2では20km格子の出力の特徴を保存した。手法2は次のような式で表される。

$$y_{i,T} = \frac{\bar{X}}{\bar{Y}} \frac{Y_{I,T}}{X_{I,K}} x_{i,K} (i = 1, \dots, 9) \quad (2)$$

ここで、 $\bar{X}$ : 20km格子のM月の月平均降水量、 $\bar{Y}$ : 60km格子のM月の月平均降水量である。(2)式は、 $Y_{I,T}$ に $\bar{X}/\bar{Y}$ を掛けることで、MRI-AM60kmとMRI-AM20kmの月平均降水量の差を補正した。

**4 ダウンスケーリング手法の適用と検証** MRI-AM60kmの2つの隣接した60km格子の1979年から2003年の6月と12月の出力結果に対して、開発した統計的ダウンスケーリング手法1・2を適用する。図3は、ダウンスケーリング手法を適用する隣接した60km格子のダウンスケーリング前後の格子を表している。また、本研究で開発したダウンスケーリング手法を将来的な温暖化の影響評価などの研究に用いる為には、ダ



図3 ダウンスケーリング適用前後の格子

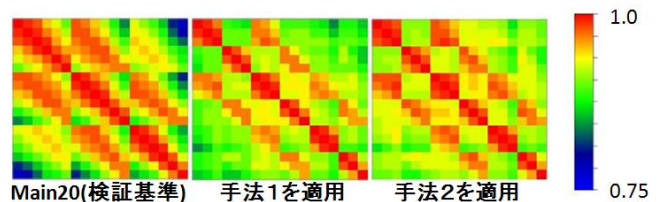


図4 空間相関係数の比較(6月)

ダウンスケーリング結果を検証する必要がある。2つの60km格子に対して、それぞれ独立的にダウンスケーリング手法を適用するので、ダウンスケーリング結果の空間的な連携性が検証において重要となる。本研究では、検証の一環として空間相関係数を調べた。格子*i*と格子*j*( $i, j=1, \dots, 18$ )の日降水量の空間相関係数は18行18列の対称行列で表せる。60km格子のメイン出力への適用結果の6月の空間相関係数 $R_{i,j}$ の行列の各成分を色付けして表したものを図4に示す。別々にダウンスケーリングした60km格子の空間相関は、検証基準であるMRI-AM20kmの出力の空間相関のような空間的なつながりが見られず、格子が変わると急激に変化していることがわかった。

**5 結論** 本研究では、ダウンスケーリング手法として、特定の日降水量の60km格子に対応する20km格子の9個の降水のパターンを採択する手法を開発した。開発した手法を適用し、ダウンスケーリング結果を空間相関を用いて検証したところ、ダウンスケーリング結果の空間相関にはMRI-AM20kmの出力の空間相関が反映されていなかった。今後の課題として、隣の格子との空間相関を十分に反映できるダウンスケーリング手法を開発する必要がある。

**参考文献**

1) 滝野昌平, 立川康人, 椎葉充晴, 山口千裕, 萬和明: 地球温暖化に伴う日本の河川流況変化の推計, 水工学論文集, 第54巻, pp.475-480, 2010.