

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23760459

研究課題名(和文) マルチスケール気候モデルの出力を用いた統計的ダウンスケーリングと不確実性の定量化

研究課題名(英文) Statistical Downscaling and Uncertainty Identification for Multi-scale AGCM Output

研究代表者

Kim Sunmin (Kim, Sunmin)

京都大学・工学研究科・准教授

研究者番号：10546013

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円、(間接経費) 990,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、同じ初期条件と境界条件で計算されたマルチスケール全球気候モデルMRI-AGCM 60km(60km空間・日単位時間分解能)とMRI-AGCM20km(20km空間・1時間単位時間分解能)の出力データの相互関係を分析することで、MRI-AGCM60kmを用いて計算された異なる初期条件と境界条件の12個のアンサンブル降水出力に対して統計的ダウンスケーリング手法を適用し、アンサンブル効果を持っている複数の20km解像度の降水データを作成した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to develop a simple yet efficient statistical downscaling (SDS) method to downscale 60-km AGCM output into 20-km resolution for the precipitation data. We have successfully developed a new technique of statistical downscaling considering the spatial correlation structure of precipitation. Here, the downscaling target is 60-km resolution of daily precipitation for 20-km resolution data, which is based on a downscaling window having (3x60-km)x(3x60-km) of area. The proposed regression model provides very effective and efficient results with a certain level of estimation error.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水文学

キーワード：統計的DS 気候変動 降水データ

1. 研究開始当初の背景

気候モデルからの粗い解像度の出力を用いて温暖化影響評価を行うためには、出力データの空間・時間分解能をより詳細化する物理的・統計的ダウンスケーリング手法が良く使われている。しかし、物理的ダウンスケーリングを行うためにはまた別の領域モデルが必要であり、統計的ダウンスケーリングを行うためには対象域の観測値が必要不可欠であるため、高い精度で温暖化影響評価を行う事が可能な世界の地域は限られていることが現状である。

2. 研究の目的

本研究では、同じ初期条件と境界条件で計算されたマルチスケール全球気候モデルMRI-AM60km (60km 空間・日単位時間分解能)とMRI-AM20km (20km 空間・1時間単位時間分解能)の出力データの相互関係を分析することで、MRI-60kmを用いて計算された異なる初期条件と境界条件の12個のアンサンブル降水出力に対して統計的ダウンスケーリング手法を適用し、アンサンブル効果を持っている複数の20km解像度の降水データを作成する。作成した超高解像度のアンサンブル降水データを用いては、将来の洪水・渇水リスク影響評価をより高い信頼性で実現し、さらに温暖化影響評価へ存在する予測不確実性を定量化する手法を提案する。

3. 研究の方法

以下の項目を設定して研究を進めた

(1) MRI-AM20km 及び MRI-AM60km のアンサンブル出力に対する特性分析：同じ初期条件・境界条件で計算されたMRI-AM60kmとMRI-AM20kmのメイン出力に対して、空間と時間解像度による両出力データの相互関連性について分析した。さらに、現在気候(1979~2003)の再現出力値に対しては、同期間の観測データを用い、年降水量・降水の季節パターン・日最大降水量等の再現性を検討した。

(2) マルチスケール気候モデル出力に対する統計的ダウンスケーリング手法の開発：MRI-AM20kmとMRI-AM60km出力の特性及び関連性を考慮しつつ、MRI-AM60kmのアンサンブル出力に効率的に適用可能な、バイアス補正も考慮した新たなダウンスケーリング手法の開発を行った。開発した手法は、まず精度の高い観測データが存在する日本域を対象に適用され、ダウンスケーリング手法の検証及び改善作業を行った。

(3) 統計的ダウンスケーリング手法による20km解像度のアンサンブル降水出力の作成：開発したダウンスケーリング手法を

MRI-AM60kmのアンサンブル出力へ適用し、20km解像度のアンサンブル降水出力データを日本域及び世界域を対象として順次作成した。世界域を対象として作成した20kmアンサンブル降水出力データを高空間分解能の世界日降水量観測データを利用して検証し、さらなるダウンスケーリング手法の精度向上作業を行った。

(4) アンサンブル出力の温暖化影響評価及び予測不確実性の定量化への利用：日本域及び東南アジアを対象に、20km解像度のアンサンブル出力データを用いて将来降水パターン予測の不確実性を定量化する方法を模索した。

4. 研究成果

本研究では、MRI-AGCM3.1&2Hからのアンサンブル降水出力に対して小さな計算コストで20km格子のアンサンブル降水出力を得ることを目的として統計的なダウンスケーリング手法を開発した。開発した手法は日降水の空間相関構造を把握し、それを線形回帰式化する手法である。具体的には、20km格子と周囲の60km格子との降水の空間相関を見出し、その相関関係をパラメータ推定によって定式化することにより降水のデータのみで荒い降水データを統計的にダウンスケーリングする手法である。ここでは、観測日降水データを用いて20kmおよび60km解像度のデータを作成し、60kmの降水データから元の20kmにダウンスケーリングを行う過程を説明する。

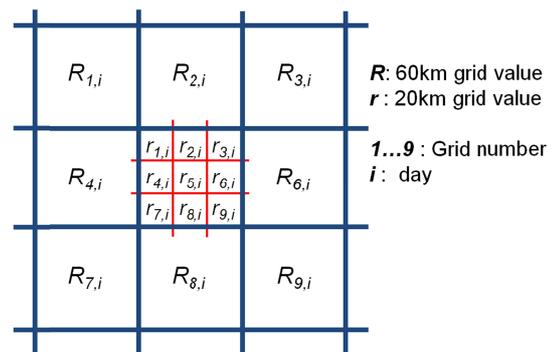


Fig. 1 Schematics of the downscaling target (20-km; $r_1 \dots r_9$) using the surrounded grids (60-km; $R_1 \dots R_9$).

降水の空間相関構造を定式化するために図1のような(3 X 60km) X (3 X 60km)の作業グウィンドウを考える。ダウンスケーリング対象の領域は9個の60km格子の真ん中に位置する9個の20km格子である。今回提案した統計的ダウンスケーリング手法では、ある20km格子に関して作業ウィンドウ内の9個の60km降水データの間で日ごとに線形の回帰式が成り立つと仮定した。

$$\begin{bmatrix} R_{1,1} & R_{2,1} & R_{3,1} & \cdots & R_{9,1} & r_{k,1} \\ R_{1,2} & R_{2,2} & R_{3,2} & \cdots & R_{9,2} & r_{k,2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ R_{1,i} & R_{2,i} & R_{3,i} & \cdots & R_{9,i} & r_{k,i} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ R_{1,n} & R_{2,n} & R_{3,n} & \cdots & R_{9,n} & r_{k,n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_{k,1} \\ c_{k,2} \\ \vdots \\ c_{k,9} \\ -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{k,1} \\ \varepsilon_{k,2} \\ \vdots \\ \varepsilon_{k,i} \\ \vdots \\ \varepsilon_{k,n} \end{bmatrix} \quad (1)$$

回帰式パラメータに関しては、観測の20kmおよび60km降水データを用いて式1のような行列を作成し、行列の右項にある残差が最も小さくするパラメータ(C1~C9)を探すことで推定した。式1でRおよびrはそれぞれ60kmおよび20kmの観測日降水データであり、kはダウンスケーリング対象のグリッドである。また、降水の季節ごとの特性を考慮するため、式1の行列は月ごとに作成した。20kmおよび60kmの15年分(1979年~1993年)の日降水観測データ(n=450, 15年×30日)に対して平方根情報フィルタ手法を適用し、行列の右項にある残差の二乗誤差合計が最も小さくなるパラメータを推定した。

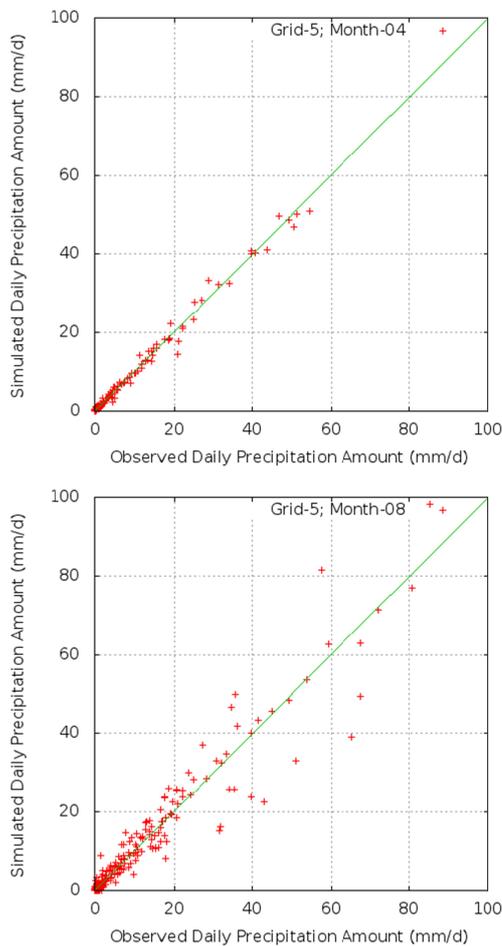


Fig. 2 Scatter plot of simulated 20-km daily precipitation compared with true values for region B, r_5 (the center grid) for April (top), which is one of the best results, and August (bottom), which is one of the worst results.

図2および図3では、開発した統計的ダウンスケーリング手法を1994年~2003年の期間に対して適用した結果を示している。結果の検証のために観測データとの比較を行い、図2では期間内の日降水量の比較、図3では降水量の頻度分布を比較して表した。夏の期間(7月~9月)を除いた全ての月からは観測のデータを十分再現できる良い結果を得ることができた。降水の空間相関が弱くなる夏期間には日降水量の比較で大きなばらつきが存在するが、降水パターンの確率的特性を示す降水量の頻度分布は概ね一致することが分かった。

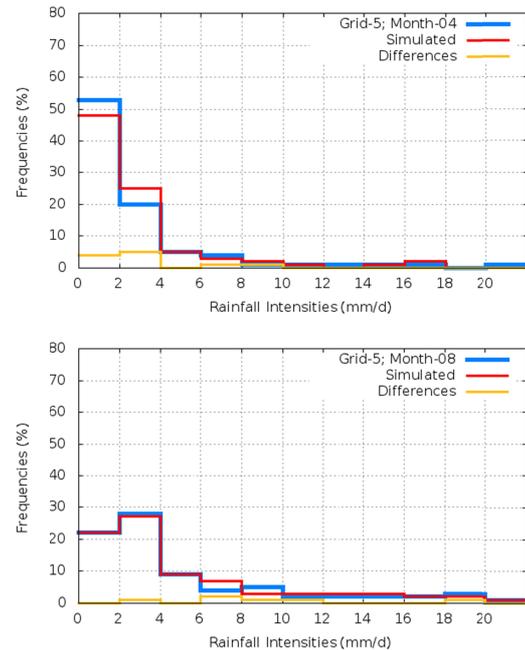


Fig. 3 Histogram of the SDS 20-km daily precipitation amount comparing with the true values, for region B, r_5 (the center grid) for April (top) and August (bottom). Note that the first bar is the frequency of 0 mm/day, and the others are the frequencies of each 2 mm/day interval.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2 件)

- 1) Sunmin KIM, Eiichi NAKAKITA, Yasuto TACHIKAWA, Michiharu SHIIBA and Masataka INOUE: Statistical Downscaling of Precipitation with a Formatted Regression Frame, *Journal of Japan Society of Civil Engineers*, Ser. B1 (Hydraulic Engineering), Vol. 70, No. 4, I_901-I_906, 2014. (Full Review, 査読有) http://dx.doi.org/10.2208/jscejhe.70.I_901
- 2) Sunmin KIM and Eiichi NAKAKITA: Estimating the Systematic Bias in the Present and Future Precipitation Output of AGCM60km, *Proc. of the Int. Conference*

on Climate, Water and Policy (ICCWP) 2012, APEC Climate Center, Busan, Republic of Korea, 11-13 Sep. 2012. (Abstract Review, 査読有)
http://www.apcc21.org/eng/acts/pastint/japcc0209_viw.jsp

〔学会発表〕(計 12 件)

- 1) Sunmin Kim and Eiichi Nakakita: A Simple Evaluation on the Bias Correction Concept in the Climate Change Research, AGU Fall Meeting 2013, San Francisco, USA, 9-13 December, 2013.
- 2) Sunmin Kim and Eiichi Nakakita: SDS of Precipitation with a Formatted Regression Frame, International Symposium on Earth-Science Challenges (ISEC) 2013, Kyoto, Japan, 3-5 October, 2013.
- 3) Sunmin KIM and Eiichi NAKAKITA: SDS of Precipitation Only with Its Own Information, International Workshop on Downscaling 2013, Tsukuba, Japan, 1-3 October, 2013.
- 4) Sunmin KIM, Eiichi NAKAKITA, Masutaka INOUE, Yasuto TACHIKAWA and Michiharu SHIIBA: Simple Statistical Downscaling of Precipitation Considering Spatial Correlation, Seoul, Korea, 19-21 August, 2013.
- 5) Sunmin KIM, Eiichi NAKAKITA, Hirohiko ISHKAWA and Yasuto TACHIKAWA: Simulation of Extreme Flood Events considering Various Typhoon Tracks, 6th Int. Conf. on Water Resources and Environment Research, Koblenz, Germany, 3-7 June, 2013.
- 6) Sunmin Kim and Eiichi Nakakita: Evaluation of the Bias Correction Concept using NHM Output, Int. Workshop on CMIP5 Model Intercomparisons for Future Projections of Precipitation and Climate in Asia, 26-27 March 2013, Tsukuba Int. Congress Center, Tsukuba, Japan
- 7) 森信治, Kim Sunmin, 萬和明, 立川康人, 椎葉充晴: 気候モデルのアンサンブル降水出力に対するバイアス補正の影響分析, 水文・水資源学会 2012 年研究発表会, 2012 年 9 月 26 日~2012 年 9 月 28 日, 広島市西区民文化センター
- 8) Sunmin Kim and Eiichi Nakakita: Estimating the Systematic Bias in the Present and Future Precipitation Output of AGCM60km, Int. Conference on Climate, Water and Policy (ICCWP) 2012, 11-13 Sep. 2012, APEC Climate Center, Busan, Republic of Korea
- 9) 森信治, Kim Sunmin, 萬和明, 立川康人, 椎葉充晴: 気候モデルのアンサンブル降水出力に対するバイアス補正の影響分析, 土木学会年次学術講演会, 2012 年 09 月 05 日~2012 年 09 月 07 日, 名古屋大学東山キャンパス
- 10) 井上雅隆, Kim Sunmin, 萬和明, 立川康人, 椎葉充晴: MRI-AM60km の降水出力に対する統計的ダウンスケーリング, 平成 23 年度土木学会全国大会第 66 回年次学術講演会, 2011 年 9 月 7 日-9 月 9 日, 愛媛大学 城北地区キャンパス
- 11) 井上雅隆, Kim Sunmin, 萬和明, 立川康人, 椎葉充晴: マルチスケール気候モデルの降水出力に対する統計的ダウンスケーリング, 水文・水資源学会 2011 年研究発表会, 2011 年 8 月 30 日-9 月 1 日, 京都大学 宇治キャンパス
- 12) 井上雅隆, Kim Sunmin, 萬和明, 立川康人, 椎葉充晴: MRI-AM60km のアンサンブル出力に対する統計的ダウンスケーリング手法の開発, 平成 23 年度土木学会関西支部年次学術講演会, 2011 年 6 月 12 日, 関西大学 千里山キャンパス

6. 研究組織

(1) 研究代表者

Kim Sunmin (Kim, Sunmin)
京都大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号: 10546013