

氏名	佐々木 秀孝
学位(専攻分野)	博士(理学)
学位記番号	論理博第1467号
学位授与の日付	平成18年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	スペクトル境界結合法を用いた領域型高分解能気候モデルの開発とその応用
論文調査委員	(主査) 教授 木田 秀次 教授 岩嶋 樹也 助教授 里村 雄彦

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、地域の気候の研究に利用する数値気候モデルの開発とその応用に関して、申請者の最新の結果を含む一連の研究成果をまとめたものである。

1980年代半ば以降、地球温暖化の懸念が世界的に高まり、これに対応するための科学的手法として気候の数値モデルが世界各国で次々と開発され、それを用いて21世紀の気候の予測や、地球温暖化のメカニズムの研究がなされている。このような状況の中で、地球全体の平均的気候や大規模でみた気候とその変化に対する関心から、現在では、小規模でみた地域の気候の問題へと関心が深まっている。本研究は、小規模な地域の気候の研究を行うため、領域型の高分解能気候モデルを独自に開発し、その性能を観測データなどと比較検証した結果に基づき、領域型気候モデルによる地域気候の研究は可能であり有効であることを示している。

本論文は、まず、領域型の気候モデルには欠かせない条件である長時間積分に関する計算手法を述べ、スペクトル境界結合(SBC)法と呼んでいる手法が有効であることを示している。次いで、この手法の適用を改良して、日本域を念頭に開発した領域型高分解能気候モデル(約20 kmの分解能)を開発し、それによる日本域の現在気候再現の結果と、現在気候の観測値とを詳細に比較している。その検証に基づいて、モデルで示された地域の気候は現実の地域の気候をよく再現していると述べている。この領域型高分解能気候モデルの再現性については、別の観点からの一つの検証として、最近(2005年)になって初めて実施可能となった全球の超高分解能気候モデル(約20 kmの分解能)による日本域気候の再現結果とを比較している。そして、全球および領域の両モデルは、降水量や地表気温およびそれらの季節変化については、共に現在気候をほぼ再現できていることを確認している。さらに詳しく比較すると、領域型気候モデルの結果の方がより再現性が高いことも指摘している。これら両モデルは、いろいろな点で数値実験の設定条件が厳密には同じでないので、単純に優劣は論じられないが、仮に領域型モデルの再現性の方がより精度が高いとすれば、その優位性は、全球一様のパラメータ条件が設定される全球モデルとは異なり、領域型モデルは関心ある領域の特性をより現実的にきめ細かく設定できることに関係している可能性があるかと推察している。

日本地域の気候を更に精度良く表現するためには、日本列島を取り囲む海洋の効果をより適切にモデルに導入する必要があると考え、海洋の効果に関する研究を行っている。すなわち、日本海の水水面温度の水平方向の分解能の違いがもたらす日本地域の気候への影響について、アンサンブル実験などの統計的方法を用いて調べている。この研究では、水水面温度の水平分布を20 kmと240 kmとの2種類の分解能条件を仮定して、その分解能の違いによる地域気候への海洋の影響の大きさを比較実験した。その結果、水水面温度の水平分解能の密な方が日本地域の気候の再現性向上に寄与することを発見している。特に特定の地域の降水量への影響が大きいことを指摘している。このような研究を踏まえて、日本海の水水面温度分布の詳細な特徴の再現を目指した大気海洋結合領域型気候モデルを開発し、予備の数値実験を行った結果では日本の地域気候の再現性の向上がみられた。

最終章では、研究の将来展望として、更に細かい分解能の領域型気候モデル作成のためには、基礎方程式が非静力学系で

ある領域型モデルへと発展させることが必要であるが、その実現に向けた予備的研究の成功例や、高分解能の領域型気候モデルの応用として、特定の関心ある領域における大気中の微量物質の詳細な輸送過程に関する数値実験を行っている研究例などに言及している。

論文審査の結果の要旨

温室効果ガスの人為的増加による地球温暖化が懸念されるようになった1980年代半ば以降、気候の将来予測の研究が活発になっている。最近では、全球規模よりも小規模地域の気候やその変化が特に問題にされている。そのため、各地域の気候が詳しく表現できる気候モデルの開発が急務である。小規模地域の気候の研究に用いる気候モデルとしては、理想としては超高分解能の全球気候モデルが望ましいが、計算機の性能限界と経済的制約から、その実現は容易でない。そのため、我々にとって関心ある地域に対してのみ超高分解能であるような領域型の気候モデルがもし可能であれば、効果的である。1990年前後から、そのような目的で領域型気候モデルの開発研究が始まったが、本研究は、世界に広く普及している計算手法とは違う独自の手法を用いて、地域気候の再現性の高い領域型気候モデル開発に成功している。

領域型の気候モデルの開発にとって基本的な困難とされてきた問題は、長時間連続して安定した時間積分を可能にすることと、領域外の気象の状況を適切に領域内部に取り入れることである。その解決手法として、本論文に先行して行われた申請者らの研究においてスペクトル境界結合法（SBC法）と呼ばれる計算手法が提案されており、本論文の研究では、その手法を更に改良して用いることにより、日本を含む東アジア域の領域型気候モデルを開発し、精度よく地域の気候が再現されていることを観測値と詳細に比較検証することにより示した。このモデルの地域気候再現性に関する性能を検証するもう一つの研究として、ほぼ同じ水平分解能をもつ全球気候モデルによる日本域の気候の再現結果と比較した。その結果、降水、地表気温およびそれらの季節変化など、両モデルは共に良く地域の現在気候を再現しているものの、詳細に比較すると領域型気候モデルの方がより観測値に近い再現性をもつことを明らかにしている。このことから領域型気候モデルの方が超高分解能の全球気候モデルよりも地域気候の再現性で優れているとは単純には断定できないが、この結果により、領域型気候モデルの活用の有効性が確立し、領域型気候モデルの今後の利用価値を保証した点で、その意義は大きい。

日本の地域の気候をさらに精度よく再現するため、海洋の地域気候への影響を研究し、日本海の海水面温度分布を疎と密の2つの分解能で表現して、その差異の影響を統計的に検証する数値実験を行い詳しく調べた。その結果、より高い分解能で表現された海水面温度である場合の方が日本地域の気候の再現性にとって精度を高める効果があることを示した。これは、新しい知見であり、海水面温度の高分解能情報が地域気候モデルにとって重要であることを明瞭にした。このような結果に基づき、大気と海洋の相互作用が表現できる大気海洋結合領域型気候モデルを独自開発し、これを用いて地域気候の再現性を高めることに成功し、大気海洋結合モデルの有効性を明らかにした。これらの研究は、地域気候の研究において先駆的な研究である。

その他、本論文では、本研究で開発した研究手法を適用したいろいろな研究例が述べられている。それらの最新成果からは、領域型気候モデルの更なる高性能化とその利用の発展性が大いに期待できる。

以上のように本論文に示された一連の研究成果は、地域気候や地球温暖化の研究における科学的対応の一つの方法を明確に提示した。また、気候モデルの水平分解能を上げるための有効な方法を示した点など、独創的な研究であると高く評価できる。

よって、本論文は、博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。