

学 位 論 文 題 名

Bidecadal and quasi-decadal precipitation variability
over the Pacific and its adjacent region

(太平洋とその周辺領域における降水量の二十年と準十年変動)

学位論文内容の要旨

近年、十年～百年スケールの気候変動が大きな注目を集めている。これらの十年～百年の変動は、いくつかの主要な時間スケールを持つことが提案されている。その主要なものに、二十年と準十年変動が挙げられる。二十変動は、わが国の気候にも影響の大きなアリューシャン低気圧に活動の中心を持っていることが知られており、日本の気候変動を議論する上でも興味深い。一方、準十年変動は、熱帯太平洋の海洋表面温度に変動の極大が確認されている。従来、二十年と準十年の時間スケールを持つ変動に着目して、気温・海洋表面温度・気圧などは全球規模の解析がなされていたが、人間生活に密接に関わる降水量については、全球規模の解析はもとより、北太平洋規模の解析すら行われていなかった。なぜなら、降水データは海表面温度等に比べて信頼できるデータが少ないため、二十年や準十年の時間スケールの変動を統計的に議論するのに不十分であったからである。

そこで、既存の独立な降水データを複数併用することで、それぞれのデータの持つ欠点を補い合い、結果の信頼性を向上させることで、降水量の準十年と二十年変動について、全球規模の空間・時間構造を明らかにし、さらにその降水量変動が大気循環場の変動とどう結びついているか、また周辺地域にどのような影響を与えるのかをデータ解析の立場から解明することを目的として研究に取り組んだ。

まず、二十年の時間スケールを持つ降水量変動の空間構造を明らかにした。降水量データで最も信頼が置ける陸上の雨量計観測を用い、太平洋周辺の様々な地点の冬季における降水量変動が、アリューシャン低気圧と共通する二十年変動を示すことを、相関およびコヒーレンス解析で明らかにした。コヒーレンスは統計的に 99% 有意なピークが、二十年の周期帯に見られた。特に、ハワイと東中国/南日本では、アリューシャン低気圧に現れている二十年周期と同じ変動が二十世紀を通じて顕著である。雨量計データでは得られない海上を含めた全球規模の空間分布については衛星データと再解析データの解析によって推定した。その結果、両者に共通した二十年周期の降水変動が北太平洋上に見られ、北太平洋亜熱帯 (10° – 30° N) と北部 (50° – 70° N) とが同位相、北太平洋中緯度 (30° – 50° N) が逆位相の極性を示す構造が得られた。この空間構造は雨量計データの解析結果とも整合的である。

次に、再解析データを用いて降水量の二十年変動がどのように大気循環の変動と関係し

ているのかを、水蒸気フラックス解析によって明らかにした。前述のように再解析データで得られた二十年スケールの降水量変動の空間構造が、他のデータで得られるものと一致することは、再解析データの降水量変動が信頼できるものであることを意味し、同データの水蒸気フラックス解析が有益な情報を与える。まず、北太平洋における3つの降水極性構造は水蒸気フラックスの収束とほぼつりあっており、その場の蒸発の寄与は少ない。北部北太平洋では、月平均よりも短い擾乱に伴う水蒸気フラックス（擾乱成分）の寄与が最も大きい。この擾乱成分は、アリューシャン低気圧が強まる（弱まる）時に、北向きの水蒸気フラックスが弱まる（強まる）ことに関係している。一方、北太平洋中緯度と亜熱帯では、月平均よりも長い時間スケールの変動に伴う水蒸気フラックス（平均成分）で説明される。北太平洋中緯度での平均成分は、アリューシャン低気圧が強まる（弱まる）ことで、南西風が強化（弱まる）することに対応している。北太平洋亜熱帯での平均成分は、アリューシャン低気圧が強まる（弱まる）ことで発散風が強化（弱化）することに関連している。この発散風の変動はハワイを含む北太平洋亜熱帯における冬季の降水変動にとって、二十年スケールだけでなく、経年スケールの変動にとっても重要な役割を担う。

一方、準十年の時間スケールをもつ降水量変動の空間構造は二十年とは異なり2つの季節（冬季と秋季）に特徴付けられる。陸上の雨量計観測を用い、太平洋周辺では北アメリカ南西部で冬季に、熱帯太平洋西部/オーストラリア北部において秋季の降水量が、熱帯太平洋の海洋表面温度と共通する準十年変動を示すことを、相関およびコヒーレンス解析で明らかにした。雨量計データでは得られない海上を含めた全球規模の空間分布については衛星データと再解析データの解析によって推定した。その結果、両者に共通した準十年周期の降水変動が太平洋上に見られ、冬季における北太平洋亜熱帯東部(10°–30°N)では熱帯太平洋の海表面温度と同位相の、秋季における熱帯太平洋西部/オーストラリア北部では逆位相の極性を示す構造が得られた。この空間構造は雨量計データの解析結果とも整合的である。秋季における熱帯太平洋西部/オーストラリア北部における降水変動は、経年スケールの El Niño/Southern Oscillation (ENSO)に伴うものと類似した特長を示すものの、冬季における北太平洋亜熱帯東部における降水変動はそれとは異なる構造を示す。

次に、準十年変動のシグナルが亜表層水温偏差として、熱帯太平洋西部から東部に向かって伝播する特徴を利用して、数年先の降水量の予測可能性について調べた。その結果、北アメリカ南西部における冬季の降水量と熱帯太平洋中央部における亜表層温度の間には約二年の遅延関係があることが分かった。この遅延関係を利用し、北アメリカ南西部における降水量の予測スキルを見積もった結果、一年前の亜表層温度場から、北アメリカ南西部における降水量の分散のおよそ10%が説明されることがわかった。この準十年変動によって説明される分散の割合は ENSO によるものと同程度の大きさを持つ。

学位論文審査の要旨

主 査	助教授	見 延 庄士郎
副 査	教 授	林 祥 介
副 査	教 授	播磨屋 敏 生
副 査	教 授	山 崎 孝 治 (大学院地球環境科学研究科)
副 査	助教授	谷 本 陽 一 (大学院地球環境科学研究科)

学 位 論 文 題 名

Bidecadal and quasi-decadal precipitation variability over the Pacific and its adjacent region

(太平洋とその周辺領域における降水量の二十年と準十年変動)

近年、十年～百年スケールの気候変動が大きな注目を集めている。これらの十年～百年スケールの変動は、いくつかの主要な時間スケールを持つことが提案されており、二十年と準十年変動はその主要なものである。従来、二十年と準十年の時間スケールを持つ変動に着目して、気温・海洋表面温度・気圧などは全球規模の解析がなされていたが、人間生活に密接に関わる降水量については、データの信頼性・期間などの問題により、これまで全球規模の解析はもとより、北太平洋規模の解析すら行われていなかった。本研究は、降水量の二十年と準十年変動に着目して、一連のデータ解析を行ったものである。

まず、本研究では二十年と準十年の時間スケールを持つ降水量変動の空間構造を明らかにした。降水量データで最もデータの有効な期間が長く、信頼が置ける陸上の雨量計観測によって統計的な有意性を確認し、全球の情報が得られる再解析データと衛星観測データから空間構造を求めた。二十年変動では、太平洋周辺の様々な地点の冬季における降水量変動が、アリューシャン低気圧と共通する変化を示すことを、相関及びコヒーレンス解析で明らかにした。特に、ハワイと東中国/南日本では、アリューシャン低気圧に現れている二十年変動が二十世紀を通じて顕著である。衛星データと再解析データに共通した二十年周期の降水変動が北太平洋上に見られ、北太平洋亜熱帯 (10° – 30° N) と北部 (50° – 70° N) とが同位相、北太平洋中緯度 (30° – 50° N) が逆位相の極性を示す3パッチ構造が得られた。この空間構造は雨量計データの解析結果とも整合的である。準十年変動の解析には、指標時系列にエルニーニョ現象の解析によく利用される熱帯の海洋表面水温を用いて、相関・コヒーレンス解析を行った。その結果、北太平洋亜熱帯

東部 (10° – 30° N) から北米南西部に大きな正の相関が見られ、エルニーニョとは異なって赤道付近では相関が小さいという特徴が得られた。

次に、再解析データを用いて降水量の二十年変動がどのように大気循環の変動と関係しているのかを、水収支解析によって明らかにした。北太平洋における3パッチ構造は水蒸気フラックスの収束とほぼつりあっており、その場の蒸発の寄与は少ない。北太平洋北部では、月平均よりも短い擾乱に伴う水蒸気フラックス（擾乱成分）が降水変動に対して最も大きい寄与を持つ。この擾乱成分は、アリューシャン低気圧が強まる（弱まる）時に、北向きの水蒸気フラックスが北（南）方に変位することに関係している。一方、北太平洋中緯度と亜熱帯では、月平均よりも長い時間スケールの変動に伴う水蒸気フラックス（平均成分）で説明される。北太平洋中緯度での平均成分は、アリューシャン低気圧が強まる（弱まる）ことで、南西風が強化（弱まる）することによって生じている。北太平洋亜熱帯での平均成分は、アリューシャン低気圧が強まる（弱まる）ことで発散風が強化（弱化）することに関連している。

最後に、準十年変動のシグナルが亜表層水温偏差として、熱帯太平洋西部から東部に向かって伝播する特徴を利用して、数年先の降水量の予測可能性について調べた。注目した領域は前述の解析結果で熱帯太平洋の海表面温度と有意な相関が観測された北アメリカ南西部における冬季の降水変動である。ラグ相関解析によって、北アメリカ南西部における冬季の降水量と熱帯太平洋中央部における亜表層温度の間には約二年の遅延関係があることを見出した。この遅延関係を利用し、北アメリカ南西部における降水量の予測スキルを亜表層温度場から統計的な手法（相関モデル）で見積もった。この手法では、冬季北アメリカ南西部における降水量の予測値は、予測される年の前までの亜表層温度場に対して8~20年のバンドパスフィルタを掛け、2年ずらしたものから推定される。この予測値を用いることによって、北アメリカ南西部における生データ降水量の分散のおよそ10%が説明されることが示された。この準十年変動によって説明される分散の割合は、ENSOによるものと同程度の大きさを持つ。

これら一連の研究は、十年~百年スケールの降水量変動研究に、先端的なまた大きな貢献をしたものと高く評価できる。よって、本論文の著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。