

学 位 論 文 題 名

Analysis of Ocean and Sea-Ice Variability on Interannual to Decadal Timescales

(海洋・海水の経年から十年スケールの変動の解析)

学位論文内容の要旨

海洋や海水の変動は、地球の気候システムの変動に対して重要な役割を担っている。そこで海洋、特に海表面高度と海水の経年から十年変動について解析を行った。本研究では次の 3 つのテーマ、南太平洋の海表面高度変動と、オホーツク海の海水変動、ベーリング海の海水変動についてそれぞれ解析を行った。

1970 から 2003 年の南太平洋の海表面高度変動とそれに伴う海洋の変動について、渦解像度海洋大循環モデルの再現実験結果と、潮位計と衛星高度計による観測データを用いて解析を行った。渦解像度海洋大循環モデルの海表面高度偏差を用いた経験的直交関数解析の第 1 モードは、南太平洋中央部から西部にかけて大きな正の偏差を持つ。これに対応する時間関数は 1970 年代後半の急峻な海表面高度低下と、1990 年代後半の急峻な海表面高度上昇を伴う十年スケールが卓越し、これらの変動は潮位計と衛星高度計のデータと整合的である。この十年スケールの海表面高度変動は 1000 m 深での南太平洋の亜熱帯循環の変動と、南太平洋西部のタスマンフロントでの東西流と渦活動の変動を伴う。この海表面高度変動のメカニズムについても解析を行い、南太平洋西部のタスマン海での海表面高度変動は、ニュージーランドの影響を考慮することによって、風応力カールにより駆動した長波ロスビー波により説明されることがわかった。またこの海表面高度変動に対応する大気の変動は、El Niño-Southern Oscillation (ENSO)の十年変動に伴う大気変動であることがわかった。したがって、南太平洋中央部から西部にかけての海表面高度の十年スケール変動は、ENSOの十年変動と関連している。

オホーツク海の冬季の海水の経年から十年変動と大気変動の関係を、海氷密接度と、大気の 3 成分 (1000hPa 等圧面高度上の東西風・南北風, 850hPa 等圧面高度上の気温) を結合させたデータとの間で特異値分解解析を行い調査した。この結果、秋季(10-11 月)の大気変動は秋季から冬季にかけての海水変動に強く影響することが示された。オホーツク海の正の海水偏差に対し、秋季の大気は大陸からオホーツク海にかけての負の気温偏差と大陸からオホーツク海上に吹き込む風の偏差を示す。この大気変動はオホーツク海上での海洋から大気への熱フラックス偏差と、負の海表面温度偏差を生じ、これは秋季の大気変動が海洋上層に蓄えられた熱偏差を通じて海水に影響することを示唆する。また秋季の大気変動

は、1980 年から 1990 年代中頃までのオホーツク海の海氷面積の減少傾向に大きく寄与していることがわかった。この秋季大気と冬季海氷の強い関係から、海氷面積が最大となる 2-3 月平均の海氷を 10-11 月平均の大気の情報から季節予測する式を提案し、2-3 月平均の海氷面積の分散の 45%を説明した。

最後に、ベーリング海の海氷の経年から十年変動とその大気変動との関係について、海氷密接度と 1000 hPa 等圧面高度上の風速の間で特異値分解解析を用いて、冬季と春季の海氷変動についてそれぞれ調査した。冬季と春季の両方の海氷変動について、それぞれ 1 ヶ月先行した風との間で統計的に有意な 2 つの特異値分解モードが同定された。これらの特異値分解モードの空間構造から、第 1 モードはベーリング海の北東部の海氷変動を説明し、北西風偏差と関係している。これに対し特異値分解第 2 モードは、ベーリング海の北西部の海氷の変動を説明し、北風偏差と関係している。この海氷変動と大気変動の関係は、2 つのモードのうち、一方のモードはアリューシャン低気圧の関係する大規模な大気変動と関係しており、もう一方のモードはアラスカ上に気圧の偏差を持つ、比較的局所的な大気の変動と関係している。これらの結果はベーリング海の海氷の経年から十年変動を知るためには、ベーリング海上での風の変動を詳しく知る必要があることを示唆するものである。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 見 延 庄士郎

副 査 教 授 日 置 幸 介

副 査 准教授 稲 津 将

副 査 准教授 知 北 和 久

学 位 論 文 題 名

Analysis of Ocean and Sea-Ice Variability on Interannual to Decadal Timescales

(海洋・海氷の経年から十年スケールの変動の解析)

海洋や海氷は地球の気候システムに対して重要な役割を担っている。すなわち、海洋はその循環により大量の熱を輸送し、また大気と比較して非常に多くの熱を蓄え、地球の熱バランスに大きく影響する。一方、海氷の存在は大気-海洋間の熱交換に大きく影響することに加え、海氷は海洋に比べアルベドが大きく地球の放射バランスにも大きな影響を与える。したがって海洋や海氷の変動の理解は、気候システムの変動の理解に重要である。このような背景の下で本研究は、海洋と海氷の経年から十年変動についての解析を行った。特に次の3つのテーマ、南太平洋の海表面高度変動、オホーツク海の海氷変動、ベーリング海の海氷変動に注目し、それぞれ解析を行ったものである。

1970 から 2003 年の南太平洋の海表面高度変動とそれに伴う海洋の変動について、渦解像度海洋大循環モデルの再現実験結果と、潮位計と衛星高度計による観測データを用いて解析を行った。渦解像度海洋大循環モデルの海表面高度偏差を用いた経験的直交関数解析の第1モードは、南太平洋中央部から西部にかけて大きな正の偏差を持つ。これに対応する時間関数は、1970 年代後半の急峻な海表面高度の低下と、1990 年代後半の急峻な海表面高度の上昇を伴う明瞭な十年スケールを示した。これらの大循環モデルで得られた変動は、潮位計および衛星高度計のデータと整合的である。この十年スケールの海表面高度変動は、1000 m 深での南太平洋の亜熱帯循環の変動と、南太平洋西部のタスマンフロントでの東西流と渦活動の変動を伴うことが示された。この海表面高度変動は、風応力カールにより励起される長波ロスビー波により説明されることが明らかとなった。特に、南太平洋西部のタスマン海での変動は、ニュージーランドがロスビー波に及ぼす影響を考慮することで十分説明される。またこの海表面高度変動に対応する大気の変動は、El Niño-Southern Oscillation (ENSO)の十年変動に伴う大気変動であることが判明した。したがって、南太平洋中央部から西部にかけての海表面高度の十年スケール変

動は、ENSO の十年変動と関連して生じていたと結論できる。

オホーツク海の冬季の海氷の経年から十年変動と大気変動の関係を、海氷密接度と、大気の 3 成分(1000hPa 等圧面高度上の東西風・南北風, 850hPa 等圧面高度上の気温)を結合させたデータとの間で特異値分解解析を行い調査した。この結果、秋季(10-11 月)の大気変動は秋季から冬季にかけての海氷変動に強く影響することが示された。オホーツク海の正の海氷偏差に対し、秋季の大気は大陸からオホーツク海にかけての負の気温偏差と大陸からオホーツク海上に吹き込む風の偏差を示す。これらの大気変動はオホーツク海上での海洋から大気への熱フラックス偏差と、負の海表面温度偏差を生み出す。このことは、秋季の大気変動が海洋上層に蓄えられた熱偏差を通じて海氷に影響することを示唆するものである。また秋季の大気変動は、1980 年から 1990 年代中頃までのオホーツク海の海氷面積の減少傾向に大きく寄与していることが判明した。この秋季大気と冬季海氷の強い関係から、海氷面積が最大となる 2-3 月平均の海氷を 10-11 月平均の大気の情報から季節予測する式を提案し、2-3 月平均の海氷面積の分散の 45%を説明した。

最後に、ベーリング海の海氷の経年から十年変動とその大気変動との関係について、海氷密接度と 1000 hPa 等圧面高度上の風速の間で特異値分解解析を用いて、冬季と春季の海氷変動についてそれぞれ調査した。冬季と春季の両方の海氷変動について、それぞれ 1 ヶ月先行した風との間で統計的に有意な 2 つの特異値分解モードが同定された。これらの特異値分解モードの空間構造から、第 1 モードはベーリング海の北東部の海氷変動を説明し、北西風偏差と関係するものである。これに対し特異値分解第 2 モードは、ベーリング海の北西部の海氷の変動を説明し、北風偏差と関係する。この海氷変動と大気変動の関係は、2 つのモードのうち、一方のモードはアリューシャン低気圧の変動を含む大規模な大気変動と関係しており、もう一方のモードはアラスカ上に気圧の偏差を持つ比較的局所的な大気の変動と関係している。これらの結果はベーリング海の海氷の経年から十年変動を知るためには、ベーリング海上での風の変動を詳しく知る必要があることを示唆するものである。

これら一連の研究は、海洋および海氷の経年から十年スケール変動の研究に、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。