

学位論文題名

# Analyses of Observed Sea Ice Motion over the Arctic Basin

（北極海で観測された海氷の運動の解析的研究）

## 学位論文内容の要旨

近年危惧されている地球温暖化の進行は、北極域においてもっとも顕著に現れるという説もあるが、海氷面積と厚さの減少が温暖化のために起こっているという確証をえるためには、海氷の生成融解と運動のメカニズムを明らかにしなければならない。本論文では海氷の運動について、その実態と要因に注目して研究を進めた。

北極海の家氷については、19世紀には海氷に閉じ込められた船の軌跡によって、20世紀になると海氷上に作られた有人ステーションの運動とそこでえられた気象データによって、運動とそれを作り出す気象要因が徐々に明らかにされてきた。最近の20年では氷上に設置されたブイによって、それまでの10倍の頻度で多くのデータが得られた。本論文においてはブイ・データをColony and Thorndike (1984)の方法をもちいて統計的に解析することによって、まず空間的な補間をおこない、海氷運動の全体像を描き出した。海氷は2、3年かけて北極海を横断することが多いが、これまでの運動をもとに未来の位置を予測する場合は、マルコフ過程にもとづいた確率によってその位置を予測することができた。北極海の家氷は6、7年以内で大西洋に流れ出す確率が高い。

海氷運動の時間変動成分は、数日から10年までの広い変動周期において、その70%以上が地衡風によって決定されている。統計的な表現を用いると、海氷の運動を地衡風に比例する部分、ほぼ定常な海流およびそれら以外に分解したところ、地衡風に比例する部分の偏差が海氷運動の偏差全体の70%以上となる。この比例定数の海域分布と季節変化を詳細にしらべた。海氷が厚くなると、変形抗力が大きくなることによって、比例定数が小さくなり、地衡風の影響を受けにくくなる。逆に海氷が薄くなると地衡風の影響は大きくなる。これが第一の原因で、比例定数が時空間変動し、冬には夏より小さく、カナダ側では北極海中央部やロシア側より小さくなる。さらに第二の原因として大気境界層の安定度を考慮する。海氷にほとんど覆われている北極海では、冬に安定度が増し表面近くまで運動量が運ばれにくくなることによって、地衡風の影響は小さくなる。夏は大気境界層の安定度が減り地衡風の影響は大きくなる。

近年注目されだした北極振動は、北極上の大気循環が低気圧性と高気圧性の間を振動する変動を持っている。北極振動の10年周期成分にともなうて、海氷運動も等圧線に沿って同様な変動をすることが示された。

いっぽう平均運動場は時間変動成分とは異なり、海洋熱塩循環の結果として形成される

海面力学高度、すなわち海流が重要である。北極海の太平洋側にあるカナダ海盆で時計まわりに移動し、その後ユーラシア海盆を通過して大西洋に流れ出す。平均海氷運動のうち海流に依存する成分と地衡風による成分は同程度であり、北極海中央部では毎秒1 cm程度である。

本論文では近年急速に収集されつつある北極海の海氷ブイによってえられた海氷運動と気象データを用いて、海氷の運動を平均成分と時間変動成分に分解し、統計解析をした。前者については海流と地衡風が同程度寄与しており、変動成分は地衡風が主成因であることを明らかにした。北極海の大きな特徴である海氷を維持しているメカニズムを明らかにすること、また北極域の気候変動に対する応答のみならず、大西洋に流出して全球海洋循環、ひいては地球変動にも影響をおよぼす海氷運動の変動を明らかにする目的において、本論文の示唆するところは重要である。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 池 田 元 美  
副 査 教 授 若 土 正 暁  
副 査 教 授 山 崎 孝 治  
副 査 助 教 授 大 島 慶 一 郎  
副 査 名 誉 教 授 小 野 延 雄 (国立極地研究所)

## 学 位 論 文 題 名

### Analyses of Observed Sea Ice Motion over the Arctic Basin

(北極海で観測された海水の運動の解析的研究)

近年危惧されている地球温暖化の進行は、北極域においてもっとも顕著に現れるという説もあるが、海氷面積と厚さの減少が温暖化のために起こっているという確証をえるためには、海氷の生成融解と運動のメカニズムを明らかにしなければならない。本論文では海氷の運動について、その実態と要因に注目して研究を進めた。

北極海の海氷については、19世紀には海氷に閉じ込められた船の軌跡によって、20世紀になると海氷上に作られた有人ステーションの運動とそこでえられた気象データによって、運動とそれを作り出す気象要因が徐々に明らかにされてきた。最近の20年では氷上に設置されたブイによって、それまでの10倍の頻度で多くのデータが得られた。本論文においてはブイ・データをColony and Thorndike (1984)の方法をもちいて統計的に解析することによって、海氷運動の全体像を描き出した。海氷は2、3年かけて北極海を横断することが多いが、これまでの運動をもとに未来の位置を予測する場合は、マルコフ過程にもとづいた確率によってその位置を予測することができた。北極海の海氷は6、7年以内で大西洋に流れ出す確率が高い。

海氷運動の時間変動成分は、数日から10年までの広い変動周期において、その70%以上が地衡風によって決定されている。統計的な表現を用いると、海氷の運動を地衡風に比例する部分、ほぼ定常な海流およびそれら以外に分解したところ、地衡風に比例する部分の偏差が海氷運動の偏差全体の70%以上となる。この比例定数の海域分布と季節変化を詳細にしらべた。第一の原因として大気境界層の安定度を考慮する。海氷にほとんど覆われている北極海では、冬に安定度が増し表面近くまで運動量が運ばれにくくなることによって、地衡風の影響は小さくなる。夏は大気境界層の安定度が減り地衡風の影響は大きくなる。このため比例定数が時空間変動し、冬には夏より小さくなる。さらに第二の原因として海氷の内部応力を考慮する。海氷が厚くなると、変形抗力が大きくなることによって、比例定数が小さくなり、風の影響を受けにくくなる。逆に海氷が薄くなると風の影響は大きくなる。このためカナダ側では北極海中央部やロシア側より風の影響が小さくなる。

近年注目されだした北極振動は、北極上の大気循環が低気圧性と高気圧性の間を振動する変動

を持っている。北極振動の10年周期成分にともなって、海水運動も等圧線に沿って同様な変動をすることが示された。海流の変動を示す結果にはならなかった。

いっぽう平均運動場は時間変動成分とは異なり、海洋熱塩循環の結果として形成される海面力学高度、すなわち海流が重要である。北極海の太平洋側にあるカナダ海盆で時計まわりに移動し、その後ユーラシア海盆を通過して大西洋に流れ出す。平均海水運動のうち海流に依存する成分と地衡風による成分は同程度であり、北極海中央部では毎秒1 cm程度である。

本論文では近年急速に収集されつつある北極海の海水ブイによってえられた海水運動と気象データを用いて、海水の運動を平均成分と時間変動成分に分解し、統計解析をした。前者については海流と地衡風が同程度寄与しており、変動成分は地衡風が主成因であることを明らかにした。北極海の大きな特徴である海水を維持しているメカニズムを明らかにすること、また北極域の気候変動に対する応答のみならず、大西洋に流出して全球海洋循環、ひいては地球変動にも影響をおよぼす海水運動の変動を明らかにする目的において、本論文の示唆するところは重要である。

よって著者は博士（地球環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。