

【派遣支援期間中の研究計画】 図表を含めてもよいので、わかりやすく記述してください。2ページ以内で記述して下さい。

### (1) 研究目的・内容

- ①図表を含めてもよいので、研究目的、研究方法、研究内容についてわかりやすく記述して下さい。
- ②どのような研究で、何を、どこまで明らかにしようとするのか記述して下さい。

既往の研究における北極低気圧は、北極域で存在する低気圧の総称として使用され、北極域あるいは高緯度（研究により定義が異なる）で発生する温帯低気圧という位置付けであった。そのため既往研究では、海洋と大陸の間や北極海の覆う海氷の縁辺部にある温度コントラストや大陸上の局地的なジェット気流に注目し、北極低気圧は温帯低気圧と同様に傾圧不安定により発達すると説明されてきた。しかし北極域にはしばしば巨大な低気圧が発生することが報告され、それらは従来の温帯低気圧の概念で説明することができない。申請者は台風や温帯低気圧、北極域に発生する低気圧に関して研究を行っていく中で、北極低気圧を他の低気圧と異なる概念で説明し、新たに北極低気圧として定義する必要があると本研究を着想するに至った。

北極低気圧は、非常に水平規模が大きく持続時間が長いこと高緯度の天候や気候に大きな影響を与える。それは、夏季平均、あるいは夏季においてひと月平均の気候平均場において北極域でしばしば低気圧が出現することに反映されている。低気圧活動は夏季の北極振動と深い関係があり、その活動が強いときは北極域の気圧が負偏差となりAO正となることが知られている。図4は本研究における北極低気圧に関する位置付けを示している。北極低気圧は、1週間以上の継続時間、2000 km程度の水平規模を持ち、他の低気圧と異なる。既往研究において北極低気圧に対する客観的な定義付けや明確な分類がなされていないことから、北極低気圧に関する科学的なコンセンサスは現在のところ全くと言ってよいほど得られていない。本研究は、北極低気圧を低気圧に関する新しい概念として構築し、他の低気圧現象から分類することを最終目的とする。

申請者は複数の観測データ及び再解析データを用いて統計解析を行い、大気大循環や渦の力学を用いて理論的な解析を行い、大気大循環モデルによる北極低気圧の再現実験を行う予定である。派遣支援期間中はそのうちで再解析データを用いた統計解析および渦の力学を用いた理論的な研究を行い、北極振動に対する北極低気圧の役割を考察する。まず、再解析データを用いて抽出された北極低気圧に関してコンポジット解析を行い平均的な北極低気圧の構造とライフタイムについて調査し、位相空間に関して研究を行い北極低気圧とその他の低気圧との線引きを明確にする。

北極低気圧は等価順圧的で、水平規模に対して鉛直方向の厚みが非常に小さいために静力学平衡が成立する。また顕著な低気圧性循環を保持することから、地表摩擦の影響下にある境界層を除いて傾度風平衡の状態(気圧傾度力、コリオリ力、遠心力がバランスした状態)にある。それらの力学的バランス状態は、地球規模の大循環のそれよりはむしろ成熟した台風と共通する。したがって台風の力学を応用することで北極低気圧の平均構造、すなわち低気圧性循環、2次循環(例えば下層のインフロー、中心の上昇流、上層のアウトフロー)及びそれらにバランスした力学的熱力学的構造を理解することができる。北極低気圧の平均構造は、対流圏において寒気核及び上昇流となる。寒気核内部において上昇流があると有効位置エネルギーを失うため、それは低気圧を衰弱させやがて消滅させるように振る舞う。北極低気圧は、それに反して発達し長期間持続すると考えられる。発達する過程として、雲や降水粒子を形成による潜熱エネルギー解放、暖気の水平移流、あるいは成層圏における下降流による断熱昇温がある。暖気核形成に対する水平暖気移流の寄与は暖

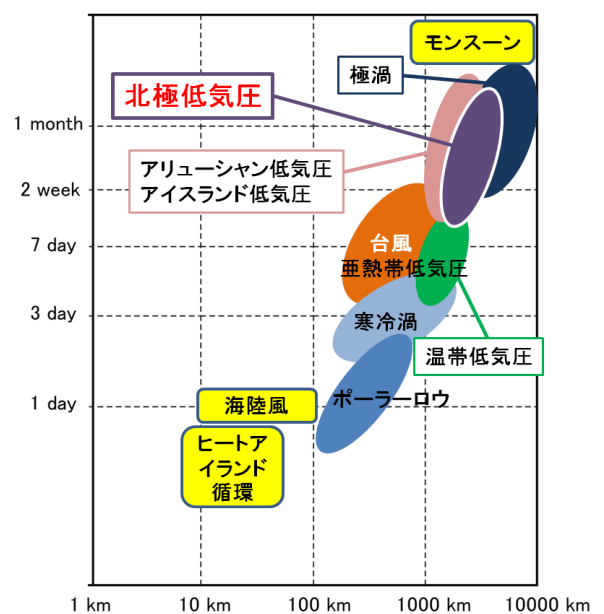


図 2: 北極低気圧の位置付けと様々な低気圧現象の水平スケールと時間スケール。及び、本研究における北極低気圧の位置付けを示している

気核の中心が低気圧中心と重なるとほとんど無くなり、また低気圧内部は下部成層圏において非常に乾燥しており潜熱エネルギー解放はほとんど無いと考えられることから、上記の過程の中で持続可能な過程は断熱昇温のみである。申請者は台風の力学で一般的な、Sawyer-Eliassen 方程式を用いて上記に対する診断的な解析を行い、成層圏下層における下降流を伴う 2 次循環の形成メカニズム、および対流圏の 2 次循環の形成メカニズムを明らかにする。Sawyer-Eliassen 方程式は、初期場として任意の渦と静的安定度、慣性安定度、傾圧性に関するパラメータを決め、外力として定常的な非断熱加熱あるいは渦フラックスを与えた場合、どのような 2 次循環が応答するかを診断する式である。北極低気圧に関して、理想的な初期渦、再解析データより得られる現実的な初期渦、および数値実験により得られた初期渦を与えて、外力が無くバランスした状態、定常的な非断熱加熱のみがある場合、渦フラックスのみがある(メソ渦や移動性の低気圧が示唆される場合)、またどちらも存在する場合に分けて診断的に解析を行う予定である。

申請者は、北極低気圧と AO との関係性を上述した力学を用いて考察する。AO は、北極域の気圧が負偏差のとき中緯度が正偏差となる変動で北半球冬季に卓越するモードであるが(Thompson and Wallace 1998)、1 年を通して存在する(Thompson and Wallace 2000)。夏季の AO が正に大きい時の気候平均場は、北極域の上層に顕著な低気圧が出現し、地上にも同じ位置に低気圧が存在する。それは AO 正に対して北極低気圧のような等価順圧的な渦の存在を示唆している。北極低気圧は持続しやすいため、1 ヶ月平均や季節平均場においても低気圧として出現しやすく、その活動度が大きければ季節平均において負偏差を生み出す要因となる。AO は古くから力学的モードとして存在するか統計学的な虚像かという論争が続けられているが、AOI 方程式を用いた研究から内部力学モードが存在し線形項により AO が変動していることが示唆されている。したがって、北極低気圧の強度・持続性と AO には関係があると考えられ、北極低気圧が強化・維持メカニズムが自己励起的、すなわち線形項で解釈可能なメカニズムで発達していれば、AO が内部力学で変動することを実証する根拠の一つとなり得る。

## (2) 研究の特色・独創的な点

- ① これまでの先行研究等があれば、それらと比較して、本研究の特色、着眼点、独創的な点を記述して下さい。
- ② 国内外の関連する研究の中での当該研究の位置づけ、意義を記述して下さい。

本研究の最大の特色は、北極域に特有な低気圧として北極低気圧に対して新しい概念を与え、既存の温帯低気圧や熱帯低気圧と区別し分類し、北極低気圧を全く新しい低気圧と評価していることにある。従来の低気圧研究において北極低気圧の位置付けは、北極域あるいは高緯度に発生する温帯低気圧というものであった。温帯低気圧は傾圧不安定により発達するため、これまでの北極低気圧の発達に関する議論は、大陸と海洋との間や海氷縁辺部にある大気下層の温度コントラストや上層にある局地的なジェット気流に注目したものであった。本研究の独創性は、北極低気圧と極渦の関連性、すなわち巨大な北極低気圧の発生・発達の仕組みを大気大循環を構成する極渦の視点から調査することである。北極低気圧は、渦自身の平均的構造が台風や寒冷渦と共通する部分が多いという特徴がある。本研究は渦の構造に着目し、北極低気圧を理解するにあたり従来の大気大循環の力学に加えて台風の力学を応用している。それは本研究によって初めてなされることで独創性が大きい。気候学的な本研究の特色は、北極域の気候や大気大循環に対する北極低気圧の役割について北極低気圧の力学を用いて北極振動の力学の一部を理解しようと試みている点にある。本研究は、北極域に気象や気候に対する研究に大きなインパクトを与え、それらの研究が飛躍的に発展すると考えられる。本研究により北極低気圧に関して新しい概念が導入されれば、熱帯域に発生する熱帯低気圧、温帯域に発生する温帯低気圧に加えて北極域に発生する北極低気圧に大別され、複雑な低気圧の発生発達メカニズムを相互比較した低気圧研究をすることが可能となる。本研究が完成されれば低気圧理論に関するパラダイムシフトが生じ、低気圧に関する研究が大きく発展する。