

平成21年 6月30日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2006 ～ 2008

課題番号：18740306

研究課題名 (和文) 冬季東アジアモンスーンの経年変動

研究課題名 (英文) Inter-annual variability of the East Asian winter monsoon.

研究代表者

高谷 康太郎 (TAKAYA KOUTAROU)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境フロンティア研究センター・研究員

研究者番号：60392966

研究成果の概要：

冬季東アジアモンスーンの経年変動に伴う偏西風変動には大まかに二つのパターンがあることを明らかにした。これらのパターンは冬季モンスーンの変動を考える際の「基本」となるものである。また、北日本の冬季気候に大きな影響を与える北極振動の時間発展の力学も明らかにした。さらに、熱帯海水温と冬季気候の関係を精密に解析し、今まであまり注目されてこなかった事実を明らかにした。これらの成果により、冬季東アジアモンスーンの経年変動の力学の理解および予測可能性の精度向上に貢献することができたと考えられる。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,300,000	0	1,300,000
2007年度	600,000	0	600,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
総計	2,400,000	150,000	2,550,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・気象・海洋物理・陸水学

キーワード：冬季東アジアモンスーン、シベリア高気圧、季節進行、EUパターン、WPパターン、北極振動 (AO)、寒冬・暖冬、ENSO

1. 研究開始当初の背景

冬季の東アジアモンスーンは、日本を含む東アジア域に冬季に観測される、地表付近の寒冷な北よりの卓越風を指す。この冬季モンスーンの活動は、東アジア及び北太平洋域の気候に非常に大きな影響を及ぼす。モンスーンの活動が強まれば (弱まれば)、東アジアの気候は寒冷 (温暖) 化し、日本では日本海側を中心に大雪 (少雪) をもたらす。この20年ほどでは、モンスーン活動の弱化に伴い日本の冬の暖冬傾向が顕著である。このモンスーン変動の力学的なメカニズムを解明する事は、気候変動の理解及び予測に非常に重要であり、

また社会的要請も大きいと考えられる。冬季東アジアモンスーンの伝統的な説明は、冬の寒冷な大陸地表上で空気が冷却され寒冷な高気圧が発達し、そこから東アジア域に北風が吹くというものであった。しかし、この放射強制力だけでは、モンスーン活動の様々な時間スケールの変動を説明できない。モンスーン活動そのものは、地上付近に限定された現象であるものの、その活動の変動には、対流圏上層の循環変動が非常に大きな役割を果たしていることが示されている (Esbensen, 1984; Joung and Hitchman, 1982; Lau and Chang, 1987; Lau and Lau, 1984; Suda, 195

7; Takaya and Nakamura 2005a, b など)。しかし、それらの研究は、モンスーン活動の数ヶ月以内の変動（季節内変動）や、それよりももっと時間スケールの短い変動（例えば一週間以内の変動）を対象にしたものであり、経年変動に注目したものはほとんどないと言ってよい。

参考文献：

Esbensen, 1984: *Mon. Wea. Rev.*, **112**, 2016-2032

Joung and Hitchman, 1982: *Mon. Wea. Rev.*, **110**, 1224-1237

Lau and Chang, 1987: *Oxford University Press*, 161-202

Lau and Lau, 1984: *Mon. Wea. Rev.*, **112**, 1309-1327.

Suda, 1957: *J. Meteor. Soc. Japan*, **75-th Anniversary**, 192-198

Takaya and Nakamura 2005a: *J. Atmos. Sci.*, 4423-4440.

Takaya and Nakamura 2005b: *J. Atmos. Sci.*, 4441-4449.

2. 研究の目的

本研究の目的は、過去に研究のほとんどない、冬季東アジアモンスーン活動の経年変動の力学的メカニズムを、データ解析及び大気大循環モデルにより明らかにし、さらにその活動の予報に繋げる事である。まず、経年変動をもたらす対流圏上層の大気循環の偏差パターンはどのようなものか、その偏差パターンは秋から冬への季節進行の中でどのように形成されていくのか、の2点を明らかにすることを目的とする。また、中高緯度対流圏から成層圏にかけて観測される大気中の惑星波が、秋から冬にかけて形成されていく過程の年ごとの差が、それらの偏差パターン（及びそれに伴うモンスーンを経年変動）に、どのように影響するかという点にも注目し解析を行う。次の段階として、それらの大気循環偏差をもたらす原因はどこにあるのか、ということ明らかにする。上で説明した大気循環変動の原因としては、大きく分けて、a. 熱帯海水温変動、b. 中高緯度大気固有の内部変動、の2つが考えられる。これらの要素が、それぞれどのような力学的メカニズムに基づいてモンスーンを経年変動を引き起こしているのかを明らかにすることは、モンスーン活動の予報の為に必須の事であり、また、それらの影響を分離できれば、より正確な冬の長期予報に役立つ。

3. 研究の方法

本研究の遂行のため、データ解析及び大気大循環モデルによる数値実験に取り組み、冬季東アジアモンスーンを経年変動に伴う大気循環偏差場のパターンの特定およびその力学の

解明のための解析を行った。特に、経年変動に伴う大気循環の偏差パターンの秋から冬にかけての時間発展の特徴、及びその大気循環偏差とその時間発展をもたらす原因、という2点に特に注目した。また、これらの経年変動が、季節進行の差としてどのように解釈できるのかという点についても、特に秋から冬にかけての惑星波の形成の差という視点に注目して解析を行った。

東アジアモンスーン活動への、1. 熱帯海水温変動からの影響、2. 中高緯度固有の大気変動からの影響、をそれぞれ観測データから明らかにするためには、統計的な有意性を確保しなければならない。そのためには膨大な量のデータが必要である。また、大気大循環モデルによる数値実験を実施する際にも、膨大な量のデータの取り扱いが必要となる。そのような状況に対応するために、デスクトップパソコン及びハードディスク レイドを購入し、膨大なデータの管理を行った。

また、海外の学術国際会議に積極的に参加し、多数の研究者と議論交流し、本研究の成果を広く知らしめた。

4. 研究成果

(1) 中緯度偏西風の変動と冬季東アジアモンスーンとの関係

客観解析データ（観測データ）の解析により、冬季東アジアモンスーンを経年変動に伴い、真冬の対流圏上層には典型的な2つのタイプが見られる事が判明した。一つは波束伝播パターンで、いわゆる EU パターンと似ており、ユーラシア大陸上での偏西風の変動（蛇行など）に対応する。もう一つは WP 的なパターンで、これは北西太平洋上での偏西風の変動に対応する。この2つのパターンは、冬季モンスーンを経年変動で大きな役割を果たす。

EU 的なパターンは初冬と晩冬にも卓越する。一方、WP 的なパターンは真冬により顕著に現れる。これらの理由は以下のとおりである。対流圏下層の気温は、中緯度の東部ユーラシア大陸上で、晩秋から初冬にかけての季節進行では特に強い寒冷化を、真冬から晩冬にかけては特に強い温暖化の、それぞれ特徴的な様相を示す。この季節進行を強化または弱体化させるような大気循環場の特徴を EU 的なパターンが持つため、初冬と晩冬では EU 的なパターンが卓越すると考えられる。一方、初冬から真冬にかけては、季節進行に伴う強い寒冷化の領域は日本付近に移るため、これを強化または弱体化させるようなパターンである WP 的な循環が真冬に卓越することとなる。すなわち、双方のパターンとも、季節進行を強化または弱体化させるような大気循環偏差であり、それが冬季モンスーン活動の経年変動をもたらしていると解釈できるわけであ

る。

重要な点は、これら2つのパターンが冬季モンスーンの経年変動を考える際の「基本」となる点である。たとえば、熱帯海水温変動に伴う冬季モンスーンの変動においても、現れる大気循環偏差は基本的にこの2つのどちらかである事が多い。

(2) エルニーニョ・ラニーニャ現象 (ENSO) と冬季東アジアモンスーンとの関係

さらに、エルニーニョやラニーニャという ENSO 活動と冬季東アジアモンスーンとの関連を調査し、新たなる知見を得た。従来、ラニーニャ (エルニーニョ) 的状況では寒冬 (暖冬) 傾向と思われてきたが、実際には ENSO の影響が初冬と晩冬では異なることを示した。すなわち、ENSO の影響は初冬には強く現れ、ラニーニャ (エルニーニョ) 的状況では寒冬 (暖冬) の傾向が統計的な有意性を持って観測できる。しかし、季節進行に伴いその影響は弱まり、晩冬には全体として影響はほぼなくなる。むしろ、北海道付近では、ラニーニャ (エルニーニョ) 的状況で暖冬 (寒冬) の傾向すら見られる。ENSO が冬季東アジアモンスーンに与える影響がなぜ、季節進行に伴い変化するのか、現在そのメカニズムの研究を行っている。

また、ラニーニャでかつ寒冬という月と、ラニーニャながら非寒冬という月との大気循環場の違いを明らかにした。寒冬年では大気循環偏差はユーラシア大陸上で卓越するのに対し、非寒冬年では北太平洋領域で大気循環偏差が卓越するという明瞭な違いが明らかとなった。同様に、エルニーニョかつ暖冬の月とエルニーニョかつ非暖冬の月との間にも相似な違いがあることを示した。これは、冬季東アジアモンスーンの経年変動を考える際には、熱帯海水温の影響だけではなく、中高緯度大気固有の力学も決定的に重要であることを示唆する重大な結果である。現在、そのような寒冬年と非寒冬年 (および暖冬年と非暖冬年) の大気循環偏差の差をもたらす原因を追究すべく、研究を続行している。

(3) 北極振動 (AO) と冬季東アジアモンスーンとの関係

冬季東アジアモンスーン変動の研究にとっては、中高緯度大気循環に固有な内部長周期変動の1つである北極振動 (AO) 的な循環変動の理解も重要である。初年度の本研究により明らかになった、冬季モンスーン変動に伴って対流圏上層に見られる West Pacific (WP) パターンのまたは Eurasian (EU) パターンの循環変動は、比較的西日本から中国大陸南部にかけての領域を中心とする気温変動をもたらす傾向にある。一方、AO 的循環

変動は、比較的北日本から北東シベリアにかけての領域を中心とする気温変動をもたらす傾向にあり、さらに冬季の寒気中心が北東シベリアに存在する事からも AO 的循環の研究は重要である。そこで、真冬 (1 月) に見られる北極振動 (AO) 的な循環の典型的時間発展を主に調査した。その結果、1 月の AO 的な循環偏差の形成に先立ち、11 月のユーラシア大陸上で惑星波の上向き伝播の強さが平年とは異なる傾向にある事が分かった。この上向き波束伝播異常は、ユーラシア大陸上で南東に伝播する等価順圧的な外部ロスビー波が気候値惑星波に重畳する事によって生じる。こうして生じた惑星波の上向き伝播の変化は、翌月 (12 月) の成層圏の極渦の強さを変化させ、その極渦変化が徐々に下方に拡大し、真冬の AO 的な構造が形成される事が判明した。本研究は、ある限定された領域を水平伝播する外部ロスビー波が、上方伝播する惑星波の構造を部分的に変化させる事を通じ、極渦の強さに影響を及ぼす例を初めて示すものである。また、この成果により、真冬の日本の天候の予測可能性の向上も期待される。

(4) 黒潮・親潮流領域の海水温変動と冬季東アジアモンスーンとの関係

冬季東アジアモンスーンに影響を与える気候要素の1つである、中緯度における大気海洋相互作用の研究を、主に大循環モデルによる数値実験にて行った。日本東方海上は、黒潮・親潮流領域と呼ばれる領域であるが、この領域の海水温変動が大気循環に影響を及ぼす可能性が最近指摘されている。これは、親潮流の海水温変動が移動性高低気圧の活動に影響し、北太平洋上の大気循環変動をもたらすもので、冬季東アジアモンスーンにも一定の影響を及ぼすと考えられるが、そのメカニズムはほとんど明らかにされていない。この問題は、北太平洋大気循環の10年規模変動の研究とも関係するもので、極東地域の気候変動を考える際には非常に重要な意味を持つ。よって、観測データの解析に加え、地球シミュレータを用いた大気 (海洋) 数値モデルを用いた実験研究に着手し、中高緯度大気海洋相互作用の機構解明の為の研究を進めている。黒潮・親潮流領域の海水温変動が地表付近の大気の南北温度傾度を変化させ、それによる移動性高低気圧活動の変化が北太平洋上の長周期大気循環の変動をもたらす力学が解明されつつある。この北太平洋上の大気循環は、上記の「基本」となる大気変動パターンの1つと類似しており、黒潮・親潮流領域の海水温変動が冬季モンスーンに影響を及ぼしうる可能性を示している。

(5) まとめ

冬季東アジアモンスーンの経年変動に伴い、偏西風変動に大まかに二つのパターンがあることが判明した。これらのパターンは冬季の季節進行の強弱をもたらすようなものであり、冬季モンスーンの変動を考える際の「基本」となる重要なものである。また、北日本の冬季気候に大きな影響を与える北極振動の時間発展の力学も明らかにし、季節予報の精度向上に資する可能性を開いた。さらに、熱帯海水温と冬季気候の関係の中に今まであまり注目されてこなかった事実を明らかにした。加えて、黒潮・親潮統流域の海水温変動に伴う大気循環変動の研究に着手し、この海水温変動が冬季モンスーンに影響を及ぼしうる可能性を示した。このように、冬季東アジアモンスーンの経年変動に影響を及ぼしうる各要素を包括的に解析することに成功した。これらの成果により、冬季東アジアモンスーンの経年変動の力学の理解および予測可能性の精度向上に貢献することができたと考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8 件)

- ① Koutarou Takaya and Hisashi Nakamura, “Precursory changes in planetary wave activity for midwinter surface pressure anomalies over the Arctic.”, *Journal of the Meteorological Society, Japan*. Vol.86, p.415-427, 2008, 査読有り
- ② 野中正見、中村尚、田口文明、小守信正、吉田聡、高谷康太郎、佐々木英治、「海面水温前線の海面熱 flux への影響」、月刊海洋、vol.49, p.175-183, 2008, 査読なし
- ③ 高谷康太郎、中村尚、「真冬の北極振動的な循環の前兆として観測される惑星波活動の変化」、平成 19 年度京都大学防災研究所特定研究集会「異常気象と長期変動」研究集会報告、vol.5, p.1-10,2008, 査読なし
- ④ 高谷康太郎、中村尚、「冬季東アジアモンスーンと熱帯 SST との関連について」、気象研究ノート「2005/06 年日本の寒冬・豪雪」、vol. 216, p.185-192, 2007, 査読なし
- ⑤ 本田明治、高谷康太郎、中村尚、「2005 年 12 月の日本の寒さに関わるシベリア高気圧とアリューシャン・アイスランド低気圧シーソー」、気象研究ノート「2005/06 年日本の寒冬・豪雪」、vol. 216, p.109-118, 2007, 査読なし

- ⑥ 本田明治、高谷康太郎、「中高緯度の季節内循環変動と異常天候 — 極東付近の冬季気候に関連して —」、*天気*、vol. 54, p.589-592, 2007, 査読有り
- ⑦ 高谷康太郎・中村尚、「シベリア高気圧の活動とその長周期変動について」、*低温科学「気候学と古気候学の新たな統合を目指して」*、vol. 65, p. 31-42, 2007, 査読なし
- ⑧ 中村尚、本田明治、高谷康太郎、「気候変動における環オホーツク地域の重要性」、*低温科学「気候学と古気候学の新たな統合を目指して」*、vol. 65, p. 5-12, 2007, 査読なし

[学会発表] (計 24 件)

- (1) 高谷康太郎、「黒潮統流域における大気海洋相互作用に関する考察」、北海道大学低温研究所特別共同研究「環オホーツク地域における気候変動・環境変動のモデリングと予測可能性の研究」ワークショップ(II)、札幌、2009年3月5日。
- (2) Nobumasa Komori, “High-resolution simulation of the global coupled atmosphere-ocean system using CFES”, U.S. CLIVAR WBC Workshop, Phoenix, Arizona, U.S.A., 2009年1月16日。
- (3) Masami Nonaka, “Impacts of a sea surface temperature front on distributions of surface heat flux and air temperature in the South Indian Ocean: an experiment with a high-resolution coupled GTCM.”, 89-th American Meteorological Society Annual Meeting, Phoenix, Arizona, U.S.A., 2009年1月14日。
- (4) 小守信正、「CFESによる高解像度大気海洋結合シミュレーション(III)」、日本気象学会、仙台、2008年11月20日。
- (5) 小守信正、「CFESによる高解像度大気海洋結合シミュレーション(III)」、日本海洋学会、広島、2008年9月26日。
- (6) 高谷康太郎、「北半球寒冷域の大気循環 — 冬季循環を中心に —」、日本雪氷学会、東京、2008年9月26日。
- (7) Koutarou Takaya, “Precursory changes in planetary wave activity for midwinter surface pressure anomalies over the Arctic”, Workshop at the Washington University, Seattle, Washington, U.S.A., 2009年9月3日。
- (8) 小守信正、「CFESによる高解像度大気海洋結合シミュレーション(III)」、東京大学海洋研究所特定研究集会、岩手、2008年8月30日。
- (9) Nobumasa Komori, “Current status of

- CFES”, OFES International Workshop, Kanagawa, 2008年8月26日.
- (10) 高谷康太郎、「大気大循環と気象現象の研究について」、日本気象学会夏の学校、大分、2008年7月19日.
 - (11) 野中正見、「海面水温前線が海面熱 flux 分布に及ぼす影響 —CFES による南インド洋での例—」、東京大学研究集会「中緯度海洋と気候」、東京、2008年5月22日.
 - (12) 高谷康太郎、「真冬の北極振動的な循環の前兆として観測される惑星波活動の変化」、北海道大学低温研究所共同研究集会「環オホーツク地域における気候変動・環境変動のモデリングと予測可能性に関するワークショップ」、札幌、2008年2月21日.
 - (13) 高谷康太郎、「真冬の北極振動的な循環の前兆として観測される惑星波活動の変化」、平成19年度京都大学防災研究所特定研究集会「異常気象と長期変動」、京都、2007年11月1日.
 - (14) 野中正見、「CFES における南インド洋の海面水温前線に伴う海面熱 flux の局在性」、日本海洋学会、沖縄、2007年9月28日.
 - (15) Koutarou Takaya, “Precursory changes in planetary wave activity for midwinter surface pressure anomalies over the Arctic”, Workshop at the Oslo University, Oslo, Norway, 2007年9月3日.
 - (16) 野中正見、「CFES における南インド洋の海面水温前線に伴う海面熱 flux の局在性」、東京大学海洋研究所附属国際海洋沿岸研究センター共同利用研究集会「西部北太平洋海域における大気海洋相互作用 I I —黒潮続流域におけるフラックス観測—」、岩手、2007年8月30日.
 - (17) 小守信正、「CFES による高解像度大気海洋結合シミュレーション～黒潮続流域の海面フラックスを中心に～」、東京大学海洋研究所附属国際海洋沿岸研究センター共同利用研究集会「西部北太平洋海域における大気海洋相互作用 I I —黒潮続流域におけるフラックス観測—」、岩手、2007年8月30日.
 - (18) Koutarou Takaya, “Precursory changes in planetary wave activity for midwinter surface pressure anomalies over the Arctic”, Polar Dynamics: Monitoring, Understanding, and Prediction. “Open science conference”, Bergen, Norway, 2007年8月28日.
 - (19) 高谷康太郎、「シベリア高気圧と冬季東アジアモンスーンの変動」、日本地球

- 惑星科学連合、千葉、2007年5月22日.
- (20) 高谷康太郎、「位相依存性のない波の活動度フラックス」、東北大学「3次元動的な波動と平均流の相互作用に関する研究」、宮城、2007年3月15日.
 - (21) 高谷康太郎、「北極振動的な循環の季節進行」、北極振動研究ワークショップ、茨城、2007年3月3日.
 - (22) 高谷康太郎、「これまでの東アジアモンスーンの解析」、「大循環」研究集会、愛知、2006年10月24日.
 - (23) 高谷康太郎、「移動依存性のない波の活動度フラックスとその周辺」、北海道大学夏の地球流体力学セミナー、北海道、2006年9月4日～7日.
 - (24) 高谷康太郎、「北極振動と冬季東アジアモンスーン」、北極振動ワークショップ、茨城、2006年7月9日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高谷 康太郎 (TAKAYA KOUTAROU)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境
フロンティア研究センター・研究員
研究者番号：60392966

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし