

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 20 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22740309

研究課題名（和文） 津軽海峡一帯における局地的強風の発生機構と気団変質過程の解明

研究課題名（英文） Study on developmental mechanism of locally strong winds and air mass transformation around the Tsugaru Strait

研究代表者

島田 照久 (SHIMADA TERUHISA)

東北大学・大学院理学研究科・助教

研究者番号：30374896

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、津軽海峡と陸奥湾および周辺地形を一つの系と捉え、津軽海峡の西部と東部で、それぞれ夏季のヤマセと冬季の季節風の卓越時に頻繁に発生する局地的強風の発生機構と気団変質過程について事例解析と統計解析を行った。局地的強風の分布と構造、発生時の大気場、強風発生の経年変動等の観点から、津軽海峡一帯における表層風の特徴を、ヤマセと冬季季節風卓越時について初めて明らかにした。

研究成果の概要（英文）：This study investigates developmental mechanism of locally strong winds and air mass transformation associated with summertime cool easterly wind, called in Yamase in Japan, and winter monsoon by regarding the Tsugaru Strait, Mutsu bay, and the surrounding region as one system. In terms of distribution and structure of the strong winds, representative atmospheric fields inducing the strong winds, and interannual variation of the strong wind occurrence, this study is the first to show characteristics of the surface winds within and adjacent to the Tsugaru Strait.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011 年度	600,000	180,000	780,000
2012 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：(分科) 地球惑星科学・(細目) 気象・海洋物理・陸水学

キーワード：気象、海上風、ヤマセ、津軽海峡、陸奥湾、気象シミュレーション、衛星観測

1. 研究開始当初の背景

津軽海峡と陸奥湾の周辺域は、北日本で唯一の海面レベルの地峡を東西方向に構成し、季節に関係なく指向性の高い東西風が卓越する。そして、この地域に流入する気流は、地峡の影響で局地的強風を発生させる。また、海面と陸面の両方の影響を受けて気団変質を起こす。

特に顕著な局地的強風が発生するのは、夏季のヤマセと冬季の季節風が卓越する時である。どちらも津軽海峡一帯(津軽海峡と陸奥湾およびその周辺域)の気候にとって支配的な要因である。ヤマセは、夏季にオホーツク海から東北地方の太平洋側に吹く低温の東風である。ヤマセ特有の、安定成層した下層の冷氣は、地形の影響を強く受けて山地に遮蔽さ

れる。一方で、海峡や地峡の下流には局地的な強風を発生させ、周辺部と顕著な風のシアを生み出す。さらに、ヤマセは海面と陸面から影響を受け気団変質を起こし日本海に吹き出す。一方、日本海側から吹き込む冬季季節風(西風)卓越時についても、海峡や地峡の影響を受けた海上風場が太平洋側に現れる。

しかしながら、これらの点を詳細に検証した研究はこれまでにほとんどなく、海峡一帯での表層風分布や気団変質過程の全体像は得られていないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、合成開口レーダを中心とする高解像度の衛星観測データと領域数値気象モデルを用いて、津軽海峡一帯における局地的強風の発生機構と気団変質過程を解明することである。本研究では、津軽海峡と陸奥湾および周辺地形を一つの系として捉え、津軽海峡一帯の気候の支配的要因である夏季のヤマセ(東風)と冬季の季節風(西風)に着目する。そして、津軽海峡一帯の局地的強風の分布と発生機構、気候学的な特徴、気団変質過程を解明し、津軽海峡一帯の表層風の特徴を明らかにする。

3. 研究の方法

ヤマセと冬季季節風時に発生する局地的強風について、事例解析と統計解析を行う。事例解析には、主に高解像度の衛星観測と、領域数値気象モデルによる高解像度シミュレーションデータを用いる。特に、合成開口レーダから導出した高解像度海上風を観測的証拠とシミュレーションの検証に用いていることが特徴である。気候学的な統計解析には、再解析データや現場の気象観測データを用いる。

4. 研究成果

(1) ヤマセ時に発生する局地的強風

ヤマセが北日本に吹きよせる時(例えば図1)、太平洋側のヤマセの冷気と日本海側の暖気によって、津軽海峡一帯に顕著な下層の東西気温差、そして東西気圧差を生み出すことがわかり、この気圧差が海峡西口の強風に寄与することがわかった。図2は、2003年6月の函館-深浦の海面更正気圧差とマイクロ波散乱計 SeaWinds の観測による海峡西口における西向きの風速成分である。西向きの風速と津軽海峡の東西気圧差の変動が一致していることがわかる。9年分のデータによる統計解析からもこの関係

が確認できる(図3)。なお、東西気圧差の推定に適した気象官署の組み合わせを検証したところ、函館と深浦の気圧差が津軽海峡の東西気圧差の変動を最も良く代表することを確認している。一方、津軽海峡一帯の詳細な海上風分布は、合成開口レーダから導出した高解像度の海上風場から得られた(図4)。

再解析データ JRA-25 を用いた解析から、津軽海峡一体の東西気圧差は、オホーツク海高気圧の発達を前提として、日本の南岸を通過する低気圧、あるいは日本海を北東進する低気圧によって強調されることがわかった(図5)。

一方で、津軽海峡から吹き出す強風は、日中は東北東の風で、夜間にやや風速が増加し東風になる、という日変化をすることがわかった。風速の増加は、ヤマセの冷気が夜間に津軽海峡西口まで進入し、日本海の暖気との温度差が夜間に大きくなることで気圧傾度力が増加するからである。一方、陸上では、日中に風速が増加し、夜間は風速が小さくなる。これには、ヤマセの下層雲に覆われた太平洋側で日中の気温上昇が抑えられることで東西気温差を強調する効果、海峡内の冷気と陸上の暖気の気温差により駆動される海風の効果、日中の大気下層の混合の効果が示唆される。

最後に、函館と深浦の気圧差の経年変動を、慣例的に用いられているヤマセの指標の変動と比較したところ、これらは互いに良く一致した。これにより、函館と深浦の気圧差を新しいヤマセの指標として提案することができた。

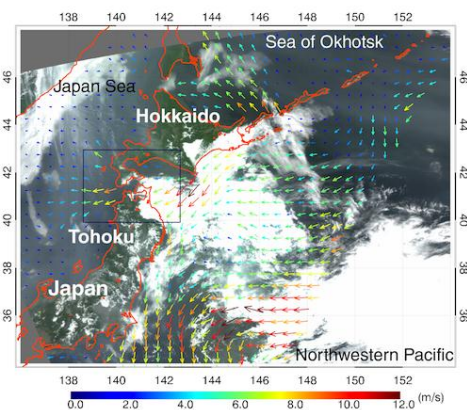


図1 MODIS の可視画像(R/G/B: band 1/4/3) (2003-06-08T12:16 JST) と SeaWinds の海上風ベクトル (2003-06-08T10:33 JST)。

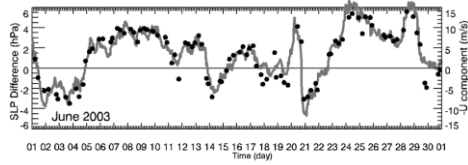


図2 函館-深浦の気圧差(実線)と津軽海峡西口の SeaWinds の-u 成分(点)

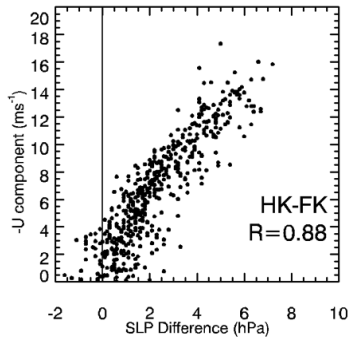


図3 函館と深浦の気圧差と津軽海峡西口の -u 成分との関係 (2000-2008 年の 6,7 月)。

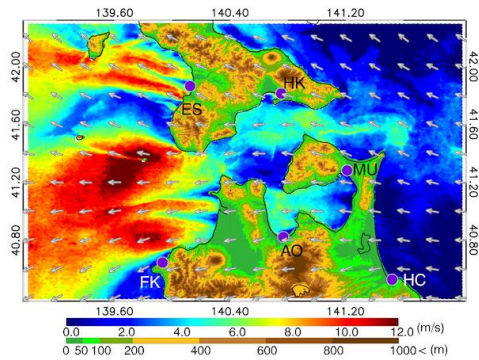


図4 合成開口レーダ(RADARSAT-1)から導出した海上風場 (2003-06-09T05:44 JST)。紫の丸印は、気象官署の位置。

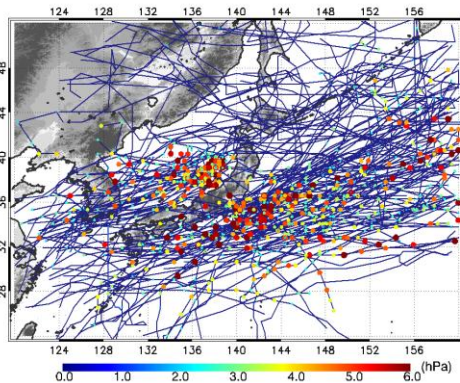


図5 再解析データ JRA-25 から求めた低気圧の経路(青線)と函館と深浦の気圧差(丸

印とカラー)。

(2) 数値シミュレーションによるヤマセ時の強風と日変化

数値気象モデル MM5 によるシミュレーションデータを用いて、ヤマセが津軽海峡一帯を吹き抜ける過程と強風の日変化について解析した。2003年6月上旬にヤマセによる東風が持続した期間について、水平解像度 1km で大気場をシミュレーションし、1時間毎の出力を解析した。水平解像度 1km のシミュレーションにより、津軽海峡の東側の入り口、陸奥湾中央部、津軽海峡の西部における局地的強風が十分に解像され、図4の観測とよく一致した。

継続的な東風に伴って、オホーツク海高気圧起源の冷気が、津軽海峡一帯の下層約 500m に夜間に進入し、日中は冷気進入が東に後退することがわかった。図6には、津軽海峡の東側の入り口、陸奥湾中央部、津軽海峡の西部における温位の時間-高度断面を示す。高度 500m 以下の冷気の進入と後退の日変化が明瞭に現れている。

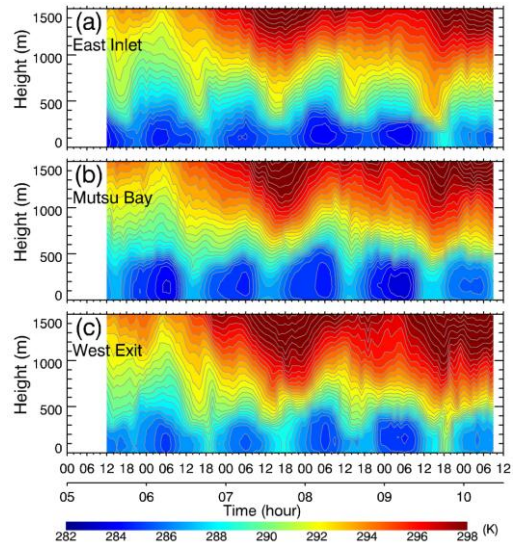


図6 温位の時間-高度図。(a) 津軽海峡東側の入り口、(b) 陸奥湾、(c) 津軽海峡西部。

この冷気の進入と後退が、津軽海峡の東側の入り口、陸奥湾中央部、津軽海峡の西部の3カ所で発生する局地的強風の日変化を引き起こすことがわかった。津軽海峡の東側の入り口では、海峡内部で日中に昇温した暖気と、東から流入する冷気が大きな気圧傾度力を生み出し、強風を形成する(図

7a,c). 陸奥湾では、日中に流入する冷気が下北半島を横切るときに加熱されて厚い混合層を形成する(図 7b,d)。この層が陸奥湾中央部で下降し薄く広がることにより風が加速される。津軽海峡西部では、日本海の暖気と海峡内を進んできた冷気による大きな気圧傾度力と、下層の冷気層が海峡西部で広がる効果で加速される(図 7a,c)。海峡を吹き出た風は、日中は、気圧傾度力とコリオリ力が主にバランスするが、夜間は、加速した風によるコリオリ力の増大と冷気流出に伴う気圧傾度力の減少により、地峡風は高気圧性の曲率を持つ。

本研究により、津軽海峡一帯におけるヤマセ時の局地的強風と下層の冷気進入過程の全体像がわかった。また、地峡風の規則的な日変化を解析した初めての事例となった。

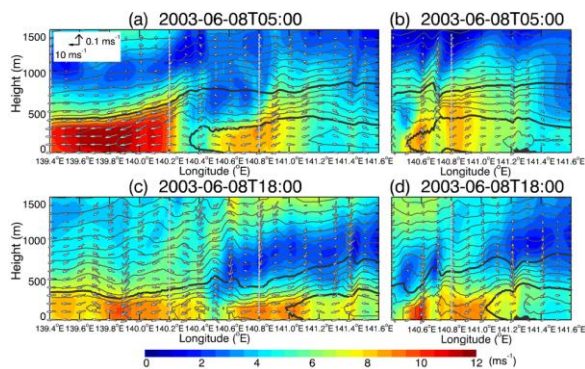


図 7 温位(コンター)と津軽海峡と陸奥湾の代表的な風向の風速成分(カラー)の断面図。(a,c) 津軽海峡と(b,d) 陸奥湾に沿った東西断面を示す。

(3) 冬季季節風時の局地的強風の解析

冬季季節風(西風)の卓越時に津軽海峡の東部で発生する局地的強風について解析を行った。まず、ヤマセ卓越時と同じく、長期間の現場観測データを利用して、津軽海峡の東西気圧差の統計解析を行った。冬季季節風時にも津軽海峡の東西気圧差と海峡の東部の風速は、高相関関係にあり、海峡の東部の風速に、津軽海峡の東西気圧差が寄与していることは確認できた。しかし、ヤマセ時の方がより明瞭な相関関係が見られた。

次に、数値気象モデル WRF を用いた 1km 解像度のシミュレーションによって、

津軽海峡の東口に局地的強風が発生した 2000 年 12 月 3-4 日の事例解析を行った。下層において、津軽海峡一体を通過する冬季季節風は、地峡部あるいは海峡部から、南東方向に伸びる 3 つの強風域を形成することがわかった(図 8)。その地峡部と海峡部は、北から、噴火湾、津軽海峡の東口、陸奥湾東部である。シミュレーションの表層風の分布は、合成開口レーダから導出した高解像度海上風場と比較したところ、3 つの強風域の構造は一致した。しかし、観測と比べると、シミュレーションの方が、弱風域が狭く、地形の風下での風速が大きく、強風域と弱風域の風速コントラストが小さいことがわかった。この差異に対しては、WRF の境界層スキームの違いによる寄与は小さいことがわかった。津軽海峡一帯における冬季季節風卓越時の表層風分布について、今回明らかになった特徴をもとに、対流性の構造の特徴、強風域が下流で合流する過程等を詳細に調べることを次の課題としている。

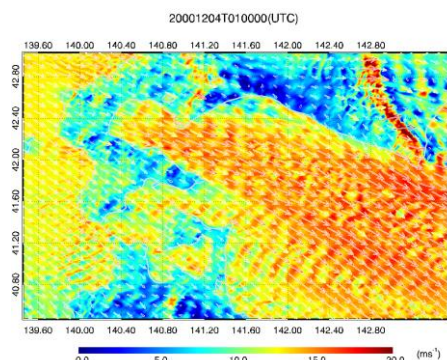


図 8 シミュレーションによる表層風(10m)(2000-12-04T01:00)。

以上をまとめると、本研究では、津軽海峡と陸奥湾を一つの系として捉えて解析を行い、津軽海峡一帯の気候の支配的要因である夏季のヤマセ(東風)と冬季の季節風(西風)卓越時の表層風の特徴を初めて明らかにした。以上の結果は、地域気象や地域気候のさらなる理解につながる新たな視点を与えるものである。

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 3 件)

1. Teruhisa Shimada, Masahiro Sawada,

Weiming Sha, and Hiroshi Kawamura, Low-level easterly winds blowing through the Tsugaru Strait, Japan. Part II: Numerical simulation of the event on 5-10 June 2003, Monthly Weather Review, 140, 1779-1793, 2012. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/MWR-D-11-00035.1> (査読有)

なし ()

研究者番号 :

2. Teruhisa Shimada and Hiroshi Kawamura, Summertime gap winds of the Soya Strait induced by the developed Okhotsk high, Atmospheric Science Letters, 12, 316-320, 2011. doi: 10.1002/asl.345 (査読有)

(3) 連携研究者
なし ()

研究者番号 :

3. Teruhisa Shimada, Masahiro Sawada, Weiming Sha, and Hiroshi Kawamura, Low-level easterly winds blowing through the Tsugaru Strait, Japan. Part I: Case study and statistical characteristics based on observations, Monthly Weather Review, 138, 3806-3821, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/2010MWR3354.1> (査読有)

[学会発表] (計 3 件)

1. 島田照久、ヤマセに伴う北日本の太平洋・オホーツク海沿岸の波高変動、日本海洋学会、2013年度日本海洋学会春季大会、2013年3月24日、東京海洋大学
2. 島田照久、沢田雅洋、岩崎俊樹、インデックスを用いたヤマセの長期変動評価、日本気象学会 2011年度秋季大会、2011年11月16日、名古屋大学
3. Teruhisa Shimada, Masahiro Sawada, Weiming Sha, and Hiroshi Kawamura, Satellite observations and numerical simulations of low-level easterly winds blowing through the Tsugaru Strait and Mutsu Bay, Pan Ocean Remote Sensing Conference (PORSEC) 2010, October 22, 2010, Keelung, Taiwan.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

島田 照久 (SHIMADA TERUHISA)
東北大学・大学院理学研究科・助教
研究者番号 : 30374896

(2) 研究分担者