

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 11 日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25800259

研究課題名(和文)新トラッキング法による革新的な低気圧診断

研究課題名(英文)Diagnosis for cyclones with a novel tracking algorithm

研究代表者

稲津 将(Inatsu, Masaru)

北海道大学・理学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：80422450

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文):新トラッキング法を用いて個々の低気圧特性の詳細な定量化に関し、以下の3点を実現した。(A)対流圏界面付近の渦の幾何形状と渦の力学の関係を明らかにした。とくに、これまで誰も直接示していない渦の楕円形状と渦の西風運動量輸送の整合性に着目した。(B)熱帯低気圧へ新トラッキング手法を適用した。とくに、気象格子点データより、個々の台風の特性を明らかにしながら、客観的に追跡する方法を確立した。(C)日本付近を通過する温帯低気圧カタログを作成した。とくに、過去の気象統計と並び立って気象情報の現業利用に資するよう、主観的な天気図と整合性の高いものを公開した。

研究成果の概要(英文):We realised three points below, which are related to the evaluation on the detailed analysis for individual cyclone property by using a novel tracking algorithm. (i) The relationship between eddy geometry and eddy dynamics near the tropopause were clarified, especially in terms of consistency between ellipse form of eddies and westerly momentum transport that was unveiled. (ii) The algorithm was applied to tropical cyclones. We established an objective trace with revealing individual typhoon property from observed meteorological data. (iii) The extratropical cyclone catalogue for cyclones passing around Japan was created. We opened them in the website, considering the consistency with subjective synoptic weather chart to contribute to an operational use as historical record of cyclones.

研究分野：気象学

キーワード：温帯低気圧

1. 研究開始当初の背景

主観的な天気図解析における温帯低気圧の追跡を、客観的に電算処理するアルゴリズムは大循環モデル出力に対し爆弾低気圧など温帯低気圧の個々の特性を解析する際に必要となる。このような低気圧の動的追跡アルゴリズムの開発は欧州において盛んであり、いくつかのアルゴリズムが提案されている(Murray and Simmonds, 1991; Sinclair, 1994; Hoskins and Hodges, 2002)。その多くは各時間で近接する低気圧中心点を結合するアルゴリズムであるため、隣接時間における複数対複数の低気圧中心点をどのように連結するか、複雑でときに場当たりのアルゴリズムが採用されがちであり、多くに主観的なパラメタを含む原因となっている。また、中心点の追跡だけでは低気圧の幾何形状が明らかにならないため、気象力学や物質輸送とのリンケージが難しく、トラッキング研究は単なる技術としての評価しか得られない状況にあった。そのような状況の打開も含めて、近年、散在するトラッキング手法の国際相互比較プロジェクト IMILAST が立ち上がり、活動をはじめている (Urs et al., 2012)。

採択者はこれまでグローバルな視点で温帯低気圧の研究にかかわってきた(Inatsu et al., 2003; Inatsu and Hoskins 2004; Inatsu and Kimoto, 2005a, 2009)。それらの研究では温帯低気圧をすでに確立されている固定点における擾乱量の統計、つまりオイラー的な手法 (Blackmon et al., 1976) に拠って計量してきた。一方、社会が要請する低気圧研究には、いわゆる「爆弾低気圧」の解析等、より個々の低気圧の特性を踏まえた低気圧の動的追跡、つまりラグランジュ的な手法が必要となる。しかし、上記にあるようにその手法はいまだ確立されておらず、多くの主観的手法が散在している。また、既存のどの手法でも、低気圧の運動量・熱・物質の輸送を考察する物理学と、個々の低気圧の特性を把握する形態学をつなぐことはできない。

そこで、採択者は Inatsu (2009) で連結閉領域の重なりに着目した新手法を導入した。雲画像の分析 (Morel and Senesi, 2002) に使われている技法を相対渦度という物理量に適用した点が着想のポイントである。また、この新手法によって、これまでの煩雑なアルゴリズムは平素簡明に、多数の主観的なパラメタは一掃され実質的には単一のパラメタとなった。さらに、既存の方法では面倒な追加処理を要した低気圧の面積、幾何形状、併合・分裂の分析あるいは低気圧による物質輸送の計算が、容易に実現できることを、提唱した。

2. 研究の目的

新トラッキング法である隣接閉領域トラッキング法を用いて個々の低気圧特性の詳細な定量化を目的とする。その目的は下記の3点に分割される。

(A) 対流圏界面付近の渦の幾何形状と渦の力学の関係を明らかにする。とくに、これまで誰も直接示していない渦の楕円形状と渦の西風運動量輸送の整合性に着目する。対流圏界面の渦の形状がジェット気流とどのような関係にあるのかを突き止める。とくに、西風運動量の水平輸送や渦の非線形成長に伴う砕波の形態が、従来の研究でイメージされている渦の幾何形状と整合的かどうかを明らかにする。

(B) 熱帯低気圧へ新トラッキング手法を適用する。とくに、気象格子点データより、個々の台風を明らかにしながら、客観的に追跡する方法を確立する。熱帯低気圧の動的追跡に、Inatsu (2009) で開発した低気圧トラッキングのアルゴリズムが適用可能であることを示す。とくに、北西太平洋における台風ベストトラックデータと比較しながら、過去30年の気象再解析データに基づいて個々の特性を明らかにしながら台風を動的に追跡し、熱帯低気圧トラッキングを最適に選択する方法を明らかにする。

(C) 日本付近を通過する温帯低気圧カタログを作成する。とくに、過去の気象統計と並び立って気象情報の現業利用に資するよう、主観的な天気図と整合性の高いものを公開する。主観的な天気図解析と整合性の高い温帯低気圧カタログを作成し、過去の気象統計と並び立って気象情報の現業利用に資するよう、主観的な天気図と整合性の高いものをウェブ上に公開する。

3. 研究の方法

前述の研究目的を達成するため、以下の3項目について、下記のような研究の方法を使った。すべてに共通して、気象庁再解析データ JRA25/JCADS を用いた。また、<http://recca-hokkaido.sci.hokudai.ac.jp/~inaz/neat/> にて公開されている隣接閉領域トラッキング (NEAT) を利用した。(A) で必要な楕円形状の見積もりには、中心から閉領域境界までの距離を角度の関数として表したものをフーリエ展開し、第0成分と第2成分とを用いて楕円を近似した。(B) に必要な台風と温帯低気圧の分別にはシア条件と暖気核条件を用いた。また適切な条件設定のため、パラメタ調整を行った。また、比較のため気象庁ベストトラックデータおよび気候モデル MIROC の出力も利用した。(C) はウェブページに公開するように、データ形式を ASCII とした。

4. 研究成果

前述の研究目的に照らし、以下の3項目を順次、実施した。

(A) 対流圏界面付近の渦の幾何形状と渦の力学の関係

対流圏上層でトラックされたすべての渦の寒候期の気候値は、おおむね従来の研究におけるストームトラック活動度に一致して

いる(図 1a)。北東南西の渦は東太平洋から大西洋にかけてジェット軸付近に多数ある(図 1b)のに対し、北西南東の渦は太平洋・大西洋ともにジェットの北縁に位置していた(図 1c)。それぞれライフサイクル研究における LC1 型と LC2 型に整合的である。また、それらの経年変動は互いに有意な負の相関(-0.55)であり、北東南西渦と北西南東渦の差(CGI と定義)は、北極振動との間になんと

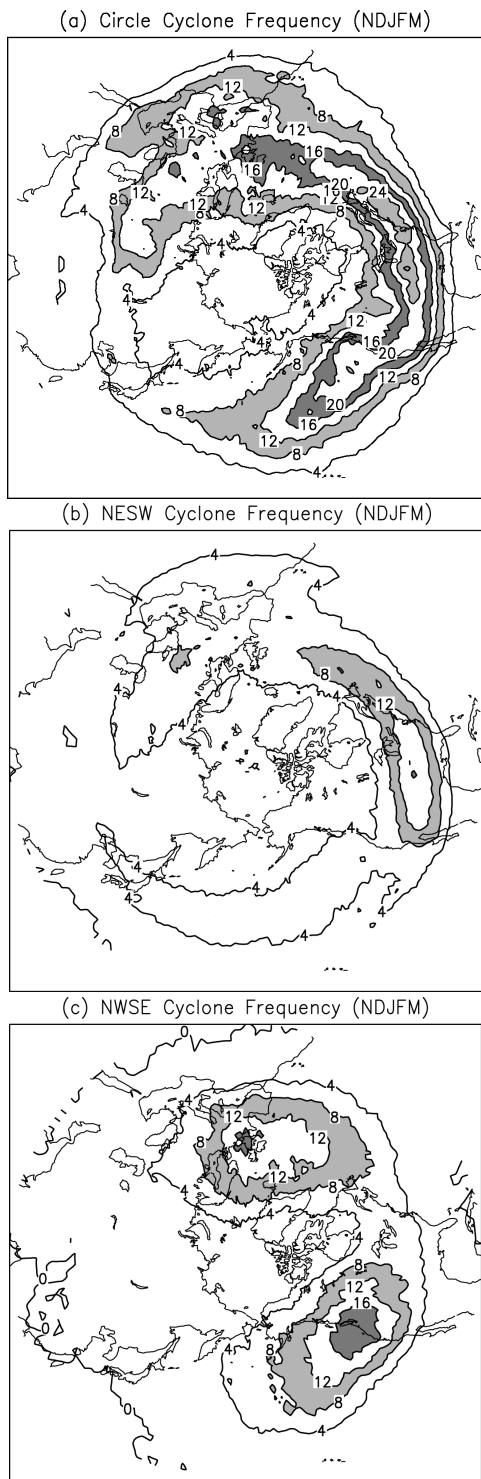


図 1: (a)すべての渦、(b)北東南西の傾きの渦、および(c)北西南東の傾きの渦の頻度の寒候期(11月~3月)における気候値。等値線間隔は4‰。

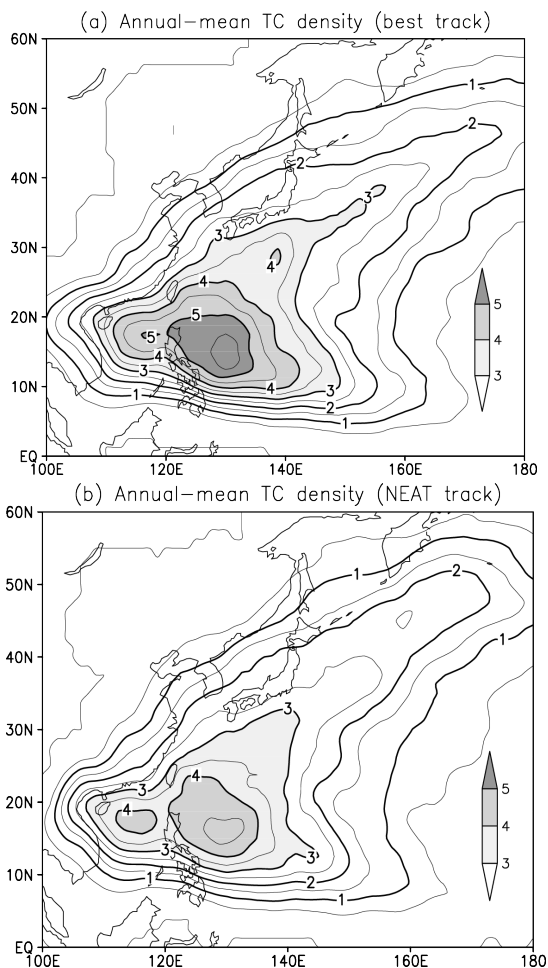


図 2: (a)ベストトラックデータに基づいた台風トラック密度。(b)再解析データから隣接閉領域トラッキングによって追跡した台風トラック密度。

0.87 もの相関があった。渦と流れの相互作用の指標である E ベクトル(Hoskins et al., 1983, JAS)をこの CGI に射影すると、ちょうど北東南西渦が西風運動量を北に運び、北西南東渦が西風運動量を南に運ぶことが示された。さらに、これら指標と分裂密度、トラック持続時間、または平均成長率等との関連も議論した。

(B) 熱帯低気圧の物理と形状の関係

熱帯低気圧の動的追跡を実施した結果、ベストトラックにおける台風密度(図 2a)と、再解析データからトラッキングした結果(図 2b)との間に著しい一致を見た。的中率は 85% 程度である。また、従来型のトラッキング法はデータの格子間隔に依存するが、新トラッキング手法はそのような依存性がないことも示した。図 3 は気候モデル MIROC の高解像度実験の出力データと、それを水平方向に平滑化したデータの 2 つをもとに、隣接閉領域トラッキングと従来型のトラッキングを比較したものである。その結果、従来型トラッキングではパラメタの調整になしに異なる解像度のデータを扱うことはできないが、隣接閉領域トラッキングではそれが実現することがわかる。さらに、台風による南北熱輸

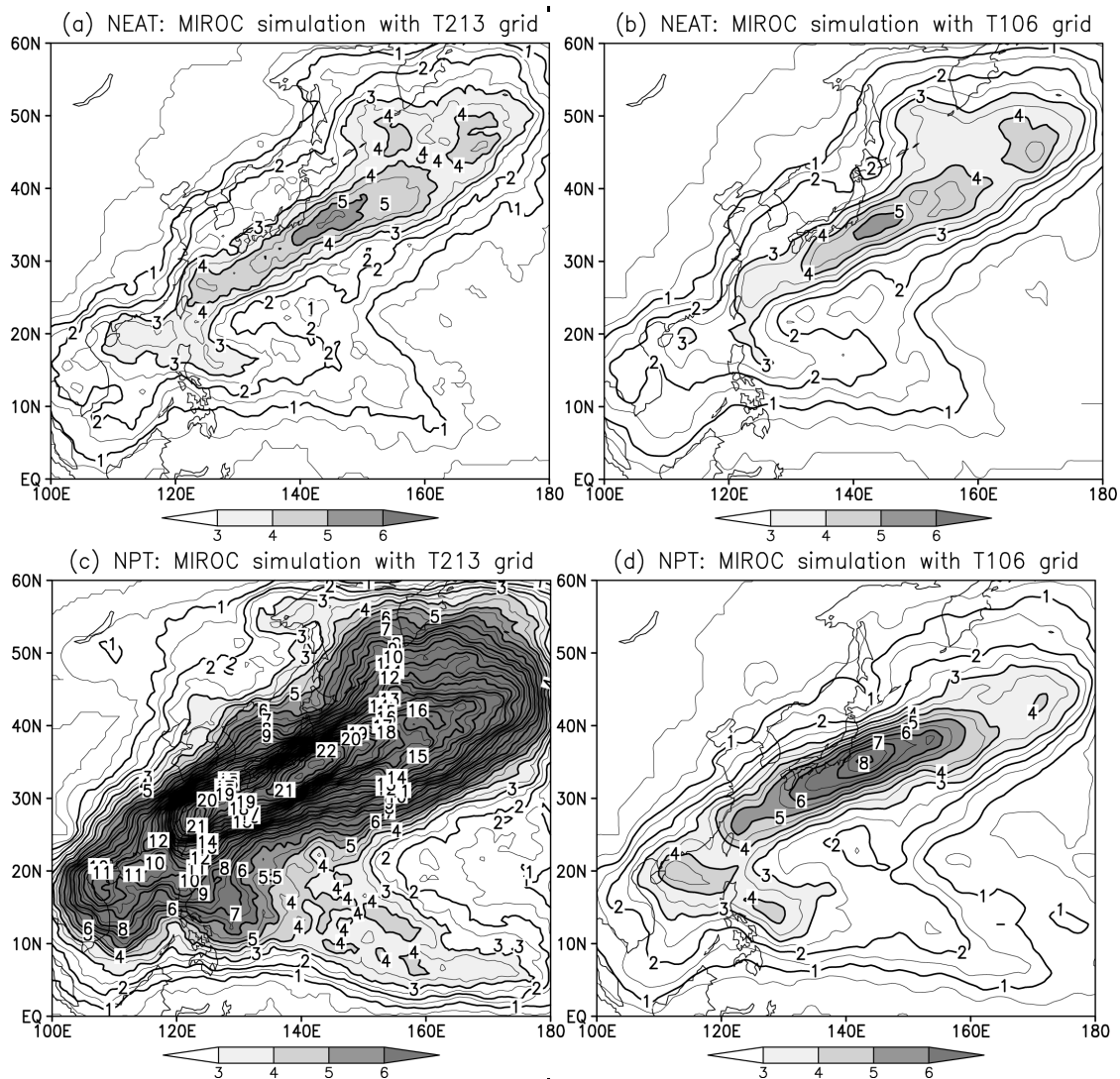


図3: 気候モデル MIROC の T213 格子における (a)隣接閉領域トラッキングと (b)従来型トラッキング手法によって追跡した台風トラック密度。(c,d) (a,b)と同じ、ただし、データを T106 格子になるような平滑化を施した場合。

送量の定量化、温帯低気圧化の判別、台風サイズについても、トラッキングと同時に計算が実現することを示した。

(C) 日本付近を通過する温帯低気圧カタログの作成

新トラッキング手法を日本付近を通過する温帯低気圧に適用し、その経路や発達の様子を数表や図として公開した。当該プログラムは気象庁異常気象分析検討会を通じて現業の低気圧解析にも役立てられた。なお、2010年-2014年における温帯低気圧カタログをウェブページ上に閲覧制限なしに公開した。さらに、東日本から北日本の太平洋側を通過する急発達低気圧についても同様の計算を行い、その結果が北海道新聞 2015年3月1日付朝刊1面に掲載された(図4)。

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4件)

著者名: Tamaki, Y., M. Inatsu, R. Kuno, and N. Nakano

論文課題: Sampling downscaling in summertime precipitation over Hokkaido.

雑誌名: J. Meteor. Soc. Japan

査読の有無: 有

巻: 94A

発行年: 2016

最初と最後の頁: 17-26

掲載論文の DOI: DOI:10.2151/jmsj.2015-023

オープンアクセス: オープンアクセスではない、またはオープンアクセスが困難

著者名: Katsube, K, and M. Inatsu

論文課題: Response of tropical cyclone tracks to sea surface temperature in western North Pacific

雑誌名: J. Climate

査読の有無: 有

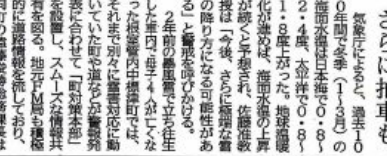
爆弾低気圧 接近10回

今冬の道内過去15年で最多

自風雪の勢を弱く、いわゆる「爆弾低気圧」が昨年12月、今年1月に10回、道内を接近したことが、北大大学院の稲津将教授(気象学)の分析で分かった。同期間で見ると、接近数は過去15年で最多。特に道東部が通過しやすくなり、雪の降りも増える可能性がある。2013年に道内で9人分遭ったとされた暴風雪災害から約2年、被害者1人が被害への影響を減らしている。

冬型弱く道東へ 海水温上昇一因

稲津教授は、中心気圧が1000hPa以下で、直径が1000km以上ある「爆弾低気圧」が、道東部を通過したのが、昨年12月10日、今年1月10日、11日、12日、13日、14日、15日、16日、17日、18日の計10回あった。1000hPa以下で、直径が1000km以上ある「爆弾低気圧」が、道東部を通過したのが、昨年12月10日、今年1月10日、11日、12日、13日、14日、15日、16日、17日、18日の計10回あった。1000hPa以下で、直径が1000km以上ある「爆弾低気圧」が、道東部を通過したのが、昨年12月10日、今年1月10日、11日、12日、13日、14日、15日、16日、17日、18日の計10回あった。



稲津教授は、中心気圧が1000hPa以下で、直径が1000km以上ある「爆弾低気圧」が、道東部を通過したのが、昨年12月10日、今年1月10日、11日、12日、13日、14日、15日、16日、17日、18日の計10回あった。1000hPa以下で、直径が1000km以上ある「爆弾低気圧」が、道東部を通過したのが、昨年12月10日、今年1月10日、11日、12日、13日、14日、15日、16日、17日、18日の計10回あった。

図4：東日本から北日本の太平洋側を通過する急発達低気圧の個数に関する記事（北海道新聞2015年3月1日の記事より転載）

巻：29 発行年：2016
最初と最後の頁：1955-1975
掲載論文のDOI：
DOI:10.1175/JCLI-D-15-0198.1
オープンアクセス：オープンアクセスではない、またはオープンアクセスが困難

著者名:Satake, Y., M. Inatsu, M. Mori, and A. Hasegawa
論文課題:Tropical cyclone tracking using a neighbor enclosed area tracking algorithm.
雑誌名:Monthly Weather Review
査読の有無:有
巻:141
発行年:2013
最初と最後の頁:3539-3555
掲載論文のDOI：
<http://dx.doi.org/10.1175/MWR-D-12-0009.2.1>

著者名:Inatsu, M., and S. Amada
論文課題:Dynamics and geometry of extratropical cyclones in the upper troposphere by using a neighbor enclosed area tracking algorithm.
雑誌名:Journal of Climate
査読の有無:有
巻:26
発行年:2013
最初と最後の頁:8641-8653
掲載論文のDOI：
<http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00379.1>

[学会発表](計9件)

発表者名:稲津 将・勝部 弘太郎
発表課題:北太平洋における海面水温が台風経路に及ぼす影響
学会等名:日本気象学会 2016 年度秋季大会
発表年月日:2016年05月18日~2016年05月21日
発表場所:国立オリンピック記念青少年総合センター(東京都・渋谷区)

発表者名:Inatsu, M., and K. Katsube
発表課題:Response of tropical cyclone tracks to sea surface temperature in western North Pacific
学会等名:EGU(国際学会)
発表年月日:2016年04月22日~2016年04月16日
発表場所:Vienna, Austria

発表者名:Inatsu, M., and K. Katsube
発表課題:Response of tropical cyclone tracks to sea surface temperature in western North Pacific
学会等名:Satellite Session of 18th SNU-HU joint symposium(国際学会)
発表年月日:2015年11月27日~2015年11月27日
発表場所:Seoul, Republic of Korea

発表者名:Ishiyama, H., H. Ueno, M. Inatsu, and S. Itoh
発表課題:Global distributions of merger and split of oceanic mesoscale eddies
学会等名:AGU
発表年月日:2014年12月18日~2014年12月18日
発表場所:Moscone Center, San Francisco(米国)

発表者名：石山 宙夢・上野 洋路・
稲津 將 ・伊藤 幸彦
発表課題：全球における海洋中規模渦の合併
と分裂
学会等名：日本海洋学会 2014 年度秋季大会
発表年月日：2014 年 09 月 14 日～2014 年 09
月 14 日
発表場所：長崎大学（長崎県長崎市）
)

発表者名：勝部 弘太郎・稲津 將
発表課題：海面水温を変えた熱帯低気圧化の
数値実験
学会等名：日本気象学会 2014 年度春季大会
発表年月日：2014 年 05 月 23 日～2014 年 05
月 23 日
発表場所：開港記念会館・情報文化センター
（神奈川県横浜市）

発表者名：Masaru Inatsu
発表課題：Mixture of dynamical downscaling
and statistical downscaling
学会等名：International Workshop on
Downscaling(招待講演)
発表年月日：2013 年 10 月 03 日～2013 年 10
月 03 日
発表場所：エポカルつくば(茨城県つくば市)

発表者名：石山 宙夢・上野 洋路・
稲津 將
発表課題：北太平洋における海洋中規模渦の
合併と分裂
学会等名：日本海洋学会 2013 年度秋季大会
発表年月日：2013 年 09 月 18 日～2013 年 09
月 18 日
発表場所：北海道大学（北海道・札幌市）

発表者名：勝部 弘太郎・稲津 將
発表課題：海面水温を変えた熱帯低気圧化の
数値実験
学会等名：日本気象学会北海道支部 2013 年
度第 1 回研究発表会
発表年月日：2013 年 06 月 24 日～2014 年 06
月 24 日
発表場所：北海道大学（札幌市北区）

〔その他〕
ホームページ等
<http://recca-hokkaido.sci.hokudai.ac.jp/~inaz/neat/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

稲津 將 (INATSU MASARU)
北海道大学・大学院理学研究院・准教授
研究者番号：80422450

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者
なし