



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	開水路流れに見立てたジェット気流の蛇行に基づく大気ブロッキングと大規模自然災害に関する研究〔論文内容及び審査の要旨〕
Author(s)	北野, 慈和
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12764号
Issue Date	2017-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/65423
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Yoshikazu_Kitano_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 北野 慈和

学 位 論 文 題 名

開水路流れに見立てたジェット気流の蛇行に基づく大気ブロッキングと大規模自然災害に関する研究

(A study of atmospheric blocking and large-scale natural disasters associated with the meandering westerly jet resembled to open channel flow)

気象条件がもたらす極端現象の中でも中緯度において時空間スケールが最大規模の現象として大気ブロッキング現象が挙げられる。この現象は、中緯度を絶えず東進している移動性高気圧・低気圧の渦列の一部が流線から剥離することで一地域に留まり生じる気圧の停滞現象であり、数週間から長い場合は1ヶ月、周辺地域において豪雨や干ばつ、熱波や寒波が継続することで知られる。近年の例では、2010年にはブロッキングの影響によりロシア西部にて穀物収穫量の約30%低下及び500件にも上る山火事など農業及び経済的損失が発生し、連動してパキスタンでは大洪水により3000人近くの犠牲者が出た。過去40年間の統計解析によりロシア熱波とパキスタン豪雨が同時に発生しやすい傾向が示唆された(Yamada et al. 2016)。このように長期及び広範囲に被害をもたらすブロッキングの解明及び予測は、治水利水両面における将来の適応策を策定する上で必要不可欠である。近年のブロッキングが関与した日本における極端現象としては、2014年12月根室高潮事例、2015年9月関東東北豪雨が挙げられるが、これらの極端現象に関する詳細な事例解析、統計解析を行った。また、偏西風の蛇行により2016年8月に北海道の広域で発生した豪雨のイベントについても詳細な知見を得た。なお、北太平洋付近にブロッキングが発生した場合、日本周辺の大規模場に直接的な影響を及ぼすが、この地域のブロッキングの将来気候における発生頻度の変化と日本の極端現象との関係についても詳細な検討を行った。

ブロッキングを説明する既存の理論研究としては、Charney and DeVore (1979) に端を発する、偏西風の帯状流卓越パターンとブロッキングが発生しているパターンとの順圧不安定による説明がある。近年のブロッキングに関する研究によると、ブロッキングは、太陽放射により加熱された地球大気の南北温度差がもたらす位置エネルギーが、一度、傾圧不安定により移動性高低気圧波動に供給され、同波動が持ちうるエネルギーが飽和した場合に形成されることが示された(田中 1993, Tanaka 2006, 田中 2007)。また、一度形成されたブロッキングが長期間継続する駆動源の説明として、Shutts (1983) に始まり、近年では Yamazaki (2013) による、ブロッキングに移動を遮断される移動性高低気圧からの渦位の供給の理論がある。本研究では、こうした気象力学としてのブロッキングの特性を加味した上で、土木工学において馴染みの深い開水路流れの概念をジェット気流に応用する理論(Rossby 1950, Armi 1982, Riffler, 2005)を改良し、ジェット気流内部のエネルギー輸送から、ブロッキング形成・持続について説明する。

以下に、本研究の主要な成果を列挙する。

2015年9月に関東～東北地方を南北に縦断し豪雨の原因となった線状降水帯は、日本海にて停滞した温帯低気圧と太平洋側から日本に接近した台風17号が効率的に関東・東北地域に水蒸気供給を行ったことにより維持された。この線状降水帯の向きを固定し継続させた原因は、豪雨の1週間ほど前にロシア中部～東部にて形成されたブロッキングが東に徐々に移動するとともに偏西風の蛇行を助長し、関東上空に強い南風を固定させたことによると明らかにした。

2014年12月に北海道東部・中央部に暴風を、根室市に高潮災害をもたらした爆弾低気圧は946hPaの最低中心気圧を記録し、根室沖に24時間以上停滞した。この事例は16日に九州の南部、

日本海にてそれぞれ発生した二つの爆弾低気圧が太平洋沿岸、日本海沿岸を北東に進行し、北海道を挟み込む位置で停滞、融合した事例であった。大規模場を見るとロシア極東にブロッキング高気圧が、爆弾低気圧の上空にはブロッキング低気圧が位置していた。ブロッキングが爆弾低気圧の停滞性と強度に与える影響を考察するため、過去 56 年分のデータおよび第 3 期結合モデル相互比較計画 (CMIP3) の将来予測結果を用い統計解析を行った。爆弾低気圧が停滞する際には緯度にして 15 度北側にブロッキングが発生している場合が多く、さらに強い中心気圧を記録することを統計的に明らかにした。これらはアリューシャン諸島付近で偏西風の蛇行の振幅が増大することによる Ω 型のブロッキングによる事例であり、将来気候の予測結果においてもこの地域のブロッキングは北日本周辺で停滞・強化する爆弾低気圧とともに発生しやすいことを明らかにした。

2012-13 年の北日本の寒波に代表されるように、北太平洋付近のブロッキングは日本の冬季の天候に影響を与える。ヨーロッパ中期予報センター (ECMWF) の 40 年再解析データ (ERA-40) および第 5 期結合モデル相互比較計画 (CMIP5) の将来予測結果を用い、北太平洋ブロッキングの発生位置に応じて、日本の日単位の高温、低温、高降水に与える影響を解析した。再解析データにおいて、オホーツク海付近のブロッキングが高い頻度で日本周辺に一冬に 1 回程度の低温な日をもたらしやすいことを明らかにした。オホーツク海付近のブロッキングは将来予測計算結果においては減少することが示されているが (Masato et al. 2013), このブロッキングの減少に伴い、将来気候における一冬に 1 回程度の低温な日は、その厳しさは弱くなるものの、一度に日本周辺の広範囲に発生することを明らかにした。

中緯度地域における大気の振る舞いは、偏西風の蛇行及び高低気圧の移動によって大きく影響を受け、これは傾圧不安定波として解釈される。代表的な傾圧不安定波の室内実験手法として Fultz (1951) や Hide (1953) が提唱した回転水槽実験が挙げられるが、本研究では、底面から温度差を与える条件にて実験を行った。この条件では、地球における極域の流れの観察が可能であり、また傾圧不安定波の蛇行の振幅も制限されない。この手法を用いて実験を行ったところ、波数 4-6 程度の波動が観察され、流れ場は時間とともに動的に変化した。水槽の中心付近の渦度と東西 (周方向) 流速との間には、時間とともに同期する関係が見られた。

ブロッキングはジェット気流の蛇行として解釈される。本研究ではジェット気流を開水路に見立ててエネルギー輸送を定量化する Rossby (1950) の理論を、ブロッキングが発生している現実大気場に適用可能とした。Rossby (1950) は開水路流れが常流と射流の 2 つの水深しか持ち得ないのと同様に、ジェット気流も 2 通りの南北幅を持ち、幅が広がった状態が、大気が停滞したブロッキングの状態であると提唱した。本研究では、ジェット気流の南北流速分布および緯度の変化を許すよう理論を改良し、ジェット気流の南北幅が徐々に変化しブロッキングの状態に至る遷移過程を明らかにした。さらに、ジェット内部に輸送されるエネルギーがある基準値を超えなければブロッキングに特徴付けられる蛇行した流れ場が形成されないことを明らかにした。

以上のように、大規模自然災害をもたらすブロッキングについて、近年の日本における主要な極端現象に関する事例・統計解析を行い、大規模スケールの気象現象がローカルな暴風・豪雨豪雪・高潮・寒波・熱波に与える影響について、気候変動も加味した重要な知見を得た。さらに、流体力学的な理論構築、室内実験に基づき、ブロッキング形成・持続の説明に資する新しい尺度となるジェット気流が有するエネルギーの理論を構築した。