

# ユーラシア大陸中央部における夏季の低気圧と降水

木村圭司\*

Low pressure and precipitation in the summer around the central  
part of Eurasia Continent

Keiji KIMURA

## 要 旨

東西に長いユーラシア大陸上を東進する低気圧について、降水分布と比較を行った。その結果、東進のスピードが傾圧不安定波に依拠するためにはほぼ等速であることや、内陸部では低気圧は必ずしも降水をもたらすわけではないことが示された。また、ユーラシア大陸を東進する低気圧のごく一部は傾圧不安定波よりも速く東進することがある。事例解析により、500hPaのトラフから切離低気圧が形成され、切離低気圧直下に形成される地上低気圧は傾圧不安定波と同じ速度で東進するが、その前面の低気圧の速度は東進するスピードが速く、また降水も伴っていることが明らかになった。さらに、切離低気圧が形成された後の低気圧の鉛直構造を北緯45度断面で見たところ、風と温位・相当温位の解析により、日本海から水蒸気の移流がみられることがわかった。

【キーワード】ユーラシア大陸中央部、低気圧、降水、夏季

## I はじめに

ユーラシア大陸は東西に長い大陸である。北緯45度という中央部を例にとると、西はフランスの大西洋岸（西経1度）から東はロシアの沿海州（東経137度）という138度、1万キロメートルの距離に及ぶ。中緯度では低気圧は偏西風に流されて西から東に向かって移動する。低気圧がヨーロッパに位置するときには、大西洋の水蒸気を十分に含んでいたために、低気圧の通過と同時に降水が見られる。乾燥したユーラシア大陸中央部に低気圧が移動すると、低気圧に含まれていた水蒸気はほとんどが降水となって絞り出された後であり、また低気圧への水蒸気の供給も無いため、低気圧が来てもほとんど雨は降らない。しかしながら、カザフスタン東端からロシアからモンゴル西部にかけてのアルタイ山脈の一部では降水量が多い地域もある。そして、低気圧がユーラシア大陸東岸近くなると、日本海側からの南東風により水蒸気が移流して低気圧に吸い込まれる（木村・篠田 2010）ために、降水量が増加する。

平成28年10月13日受理 \*文学部地理学科 教授

モンゴル周辺の降水量と水蒸気輸送について、平均場における解析は Yatagai and Yasunari (1998) で行われている。この解析結果からは、モンゴルの水蒸気輸送が平均場では西からやってくる傾向にあることが結論付けられている。一方で、木村・篠田 (2012) では、事例解析的に850hPaの水蒸気輸送をみたところ、西からだけでなく東側 (日本海付近) からの移流が

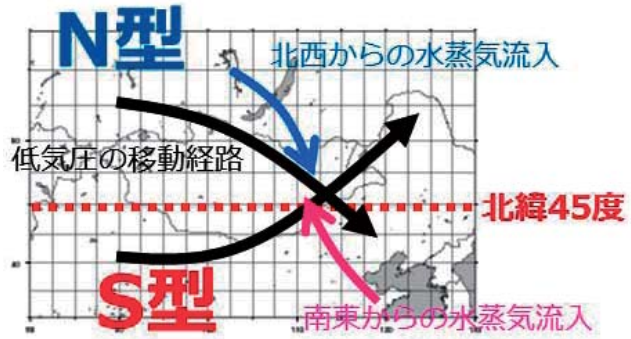


図1 モンゴル周辺における低気圧の移動経路と水蒸気流入方向 (木村・篠田 2012より)

大きく、モンゴル東部の降水に寄与しているとされる (図1)。また、旧ソビエト連邦の気候に関しては、Lydolph (1977) によりまとめられており、その中で降水などの季節変化が示されているものの、低気圧の移動とその内部構造の変化に関する記述はない。

このうち、モンゴルで降水がみられた条件下では、低気圧の移動の境界は北緯45度である (木村・篠田2012) ために、この緯度帯における低気圧の東進について事例解析を行う。

本研究では、こうした低気圧荷の移動に伴う、降水量の変化について事例を元に明らかにすることを目的とする。

## II 使用したデータ

データ解析にあたり、全球をまんべんなく均質なデータを使用することにより、ヨーロッパ中期予報センター (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts: 以下ECMWFと略) によって公開されているERA-Interimデータを使用している。

期間は1979~2015年の7~9月 (以下、「夏季」と略) のデータをダウンロードし、解析を行っているが、本論文では、そのうち特に切離低気圧の発生した事例として2000年8月についての解析を中心に行っている。また、解析した地域は北緯30~60度、東経30~130度であり、この地域を0.5度グリッドで覆っている。

データとして用いた気象要素について、気圧は海面更正気圧 (Sea Level Pressure: 以下SLPと略) を用いた。降水量は0 UTC (世界標準時) と12UTCの解析量のデータがあるため、毎日のデータにするためにこれら2つの値の和を求め、24時間で降った降水量とした。なお、前述のようにECMWFのデータは世界標準時の0時を日界としたが、夏季のモンゴル (西部を除く) でサマータイムを実施した年はUTC+9時間、サマータイムを実施しなかった年はUTC+8時間となっているため、現地時間の日界とは異なっている。また、気圧面としては、200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 775, 800, 825, 850, 875, 900, 925, 950, 975, 1000hPaという23面の高度における、気圧面高度 (単位はg.p.m.)、気温、風 (U成分、V成分)、比湿について、0 UTCの値を使用した。地形データは、ECMWFの0.5度メッシュデータを使用した。

### Ⅲ 解析方法

本研究では、北緯45度に沿って、東経30～130度の経度時間断面図を作成し、降水帯と低気圧の東進を追った。また、経度高度断面図も作成することにより、東進に伴った低気圧の構造の変化を明らかにしていく。こうした図の比較により低気圧の東進に伴って降水量が変化する様子を明確に示すことができ、その東進のスピードについても表現することができる。

一つの低気圧がユーラシア大陸上を西から東に移動するにあたり、降水量が増える要因としては2つあり、地形による強制上昇、水蒸気流入による効果であると考えられる。前者は地形により把握でき、ほぼ同じ地域での降水量増加が見込まれるが、後者は低気圧の構造が変化することによる降水量増加であり、決まった場所で生じるかどうかは検討の必要がある。

### Ⅳ 降水の分布と移動

2000年8月9日の降水分布を図2に示す。図2で北緯45度付近の降水分布をみると、東経80度付近と東経120度以東で降水量が多いことがわかる。また、東経100～120度付近でも、わずかであるが降水がみられる。これらの地域は、低気圧により降水があったものと考えてよい。2000年6月1日から8月31日までの期間で、北緯45度に沿ってみられた降水量は、図3のようになる。図3中の矢印は降水帯の東進を示している。降水帯の東進速度が、ほぼそろっていることがわかる。これは、傾圧不安定波（小倉 2016）によるものであると考えられる。2000年8月6日に東経97度付近で端を発する降水帯の1例だけは他の降水帯移動と異なり、降水帯が東進速度の異なる2つの降水帯に分裂し、他の降水帯とほぼ同じ速度で移動する降水帯と、その倍以上の速度で東進する降水帯になっている。また図3からは、東経80～83度付近では周囲に比べて降水量が多いこと

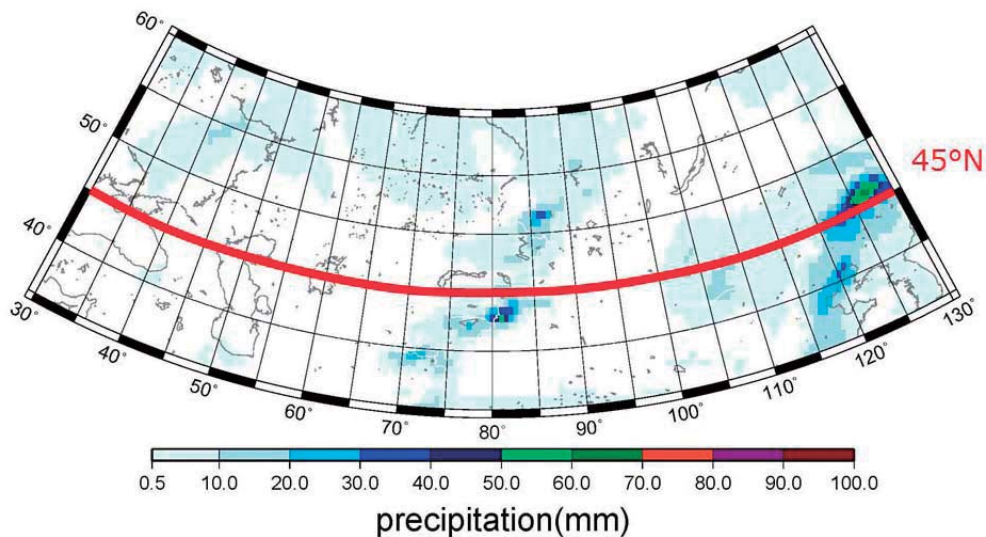


図2 2000年8月9日の降水分布

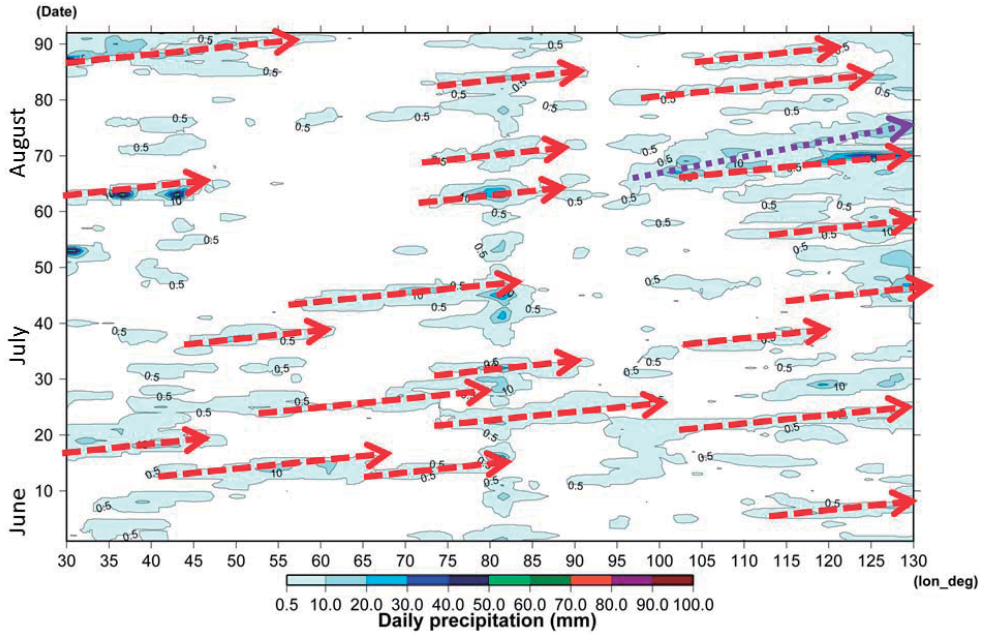


図3 北緯45度に沿った2000年6～8月の降水量の時間変化とその傾向  
 赤矢印：プラネタリー波による等速移動  
 紫矢印：プラネタリー波よりも速い移動

もわかる。一方で、東経60～70度、および東経85～100度では、周囲に比べて降水量が少ないことがわかる。これらの地域は、内陸のために降水の少ない地域であると考えられる。

なお、この図3では、北緯45度の緯線に沿った降水を見ているが、低気圧および降水帯は必ずしも緯線に沿って動くわけではない。図3では南北方向の移動はみていないことに注意が必要である。

## V 降水域と低気圧の比較

図4は、北緯45度に沿った標高(図4a)、2000年8月の北緯45度に沿った降水量(図4b)、2000年8月の北緯45度に沿った気圧(図4c)をしめしている。すなわち、図4bは図3の一部を切り取り、気圧の時系列分布(図4b)と軸をそろえたものである。

図4cをみると、周囲よりも気圧の値が低いところを低気圧であると読みかえたとき、北緯45度に沿った低気圧の移動が示されていると読み取ることができる。この図4cでは、図4bの降水帯の移動と同様に、低気圧の移動がみられる(図4bおよび図4cで左下から右上への流れが低気圧の移動に相当)。

図4cの東経80～83度付近では、周囲より高圧部になっている。しかしながら、この地域は図4bでは降水量の多い場所であり、高圧帯となるとは一概に言えない。この地域の標高を図4aでみると、標高の高い山脈があるため、降水の原因は気流の強制移動であると考えられる。

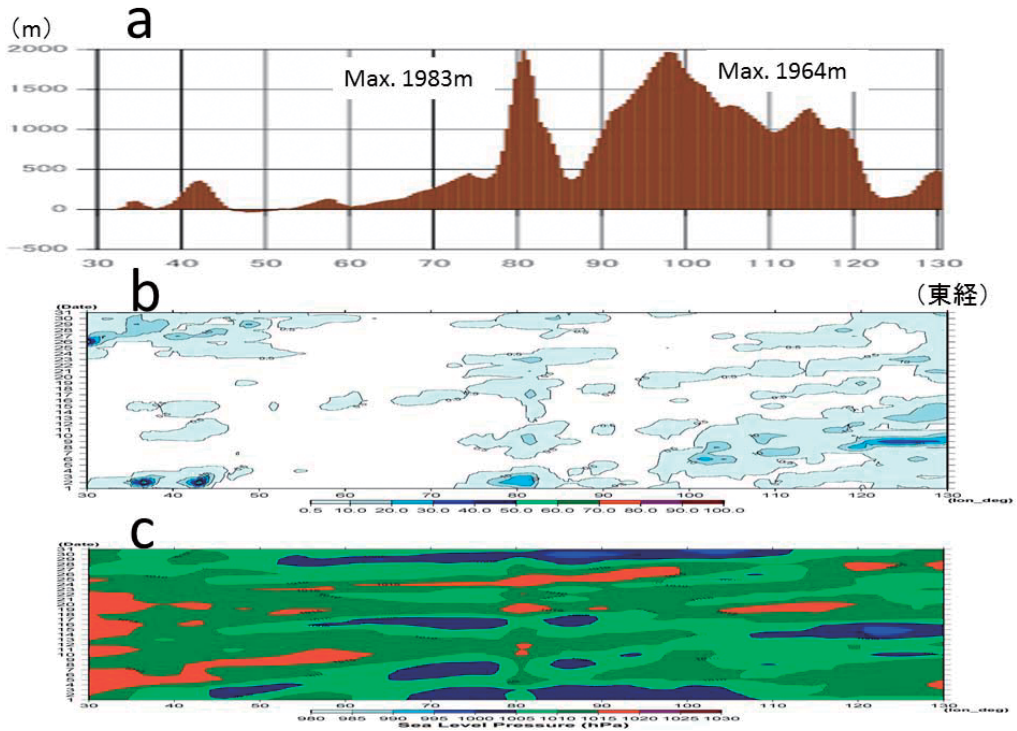


図4 2000年8月における北緯45度にそった降水量と気圧の時間変化  
a：標高、b：降水量、c：気圧変化（海面校正気圧）

また、8月4日から7日にかけての、東経50～75度の地域では、図4cでは低圧部になっているにもかかわらず、図4bで同じ日の同じ地域を見たときに降水量は見られない。つまり、この部分では、低気圧が通過しているものの、降水が見られなかった地域であることになる。

図3中で2000年8月5日に東経97度付近で端を発する低気圧の1例だけは他の低気圧移動と異なり、低気圧が東進速度の異なる2つの低気圧に分裂し、他の低気圧とほぼ同じ速度で移動する低気圧と、その倍以上の速度で東進する低気圧になっている。この部分では、図4bの降水帯と図4cの低気圧の動きは、ほぼ一致している。このため、降水を伴う低気圧が通常のプラネタリー波よりも速い（約2倍）のスピードで東進したことがわかる。2000年8月5日から8月8日までの500hPaの気圧面高度分布（図5）を見ると、8月5日（図5a）では、東経90度付近にトラフが見られ、この前面で地上の低気圧が発生し、降水が発生している。翌8月6日（図5b）では、北緯45度東経95度付近に切離低気圧がではじめ、トラフは北緯51度以北のみとなり、スピードが速まった。8月7日（図5c）では、北緯45度東経102度の切離低気圧は中心に5800g.p.mの閉曲線で囲まれるようになるそして、北緯52度以北のトラフは東経115度付近まで移動している。さらに8月8日（図5d）では、切離低気圧は東経108度付近に移動して強度が強まっているが、トラフは東経123度付近まで東進している。このように、500hPa面でのトラフが切離低気圧を分離すると、トラフの東進スピードは速まる。また、500hPaの切離低気圧のほぼ直下では地上でも低気圧が形成されて雨が降るが、図5dの北緯45度東経120度付近でも500Pa面ではトラフ前面と同じ

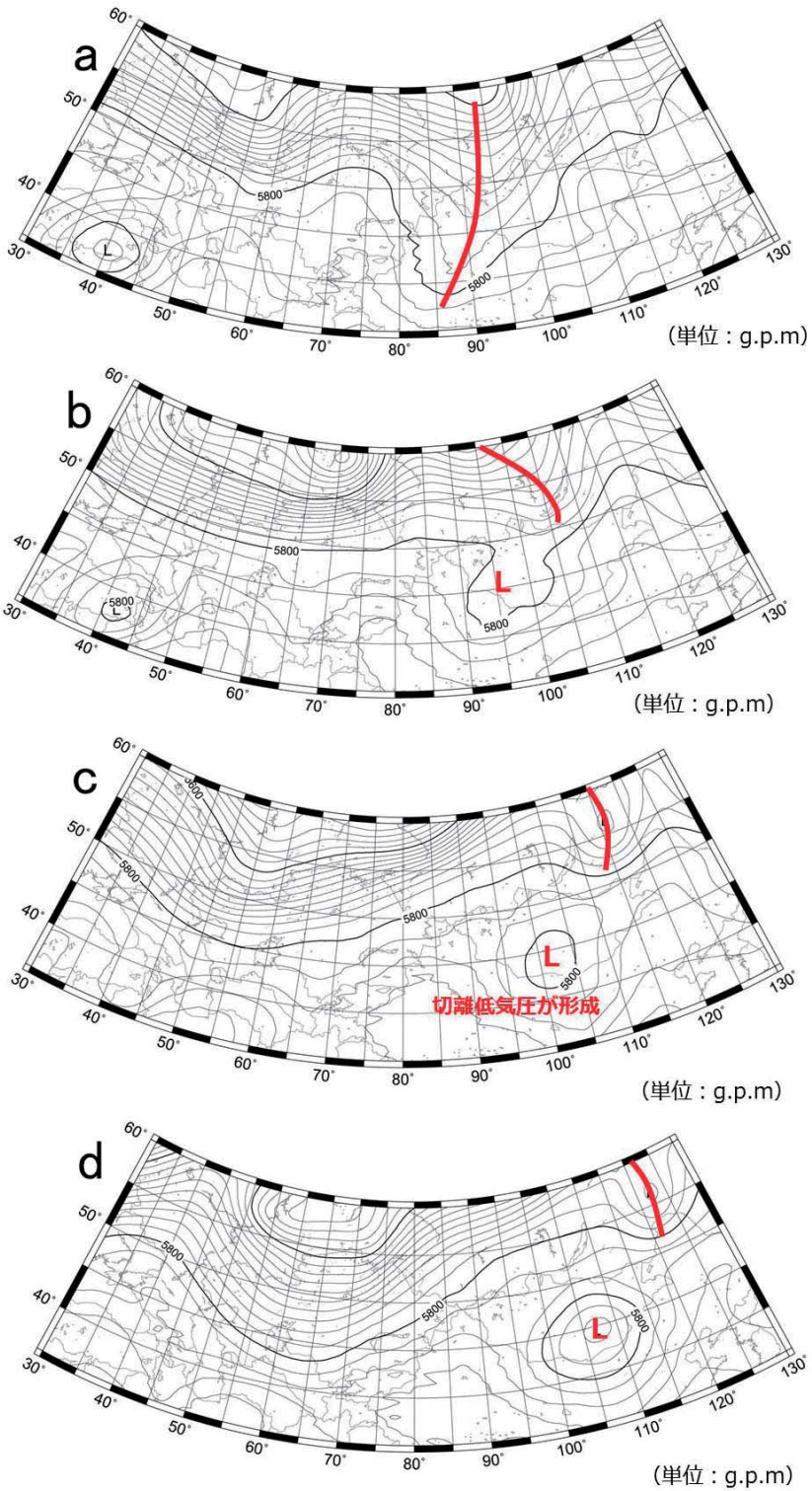


図5 500hPaの高度分布とトラフ

a : 2000年8月5日0 UTC    b : 2000年8月6日0 UTC  
c : 2000年8月7日0 UTC    d : 2000年8月8日0 UTC

気圧配置となり、地上に低気圧が発生して雨が降っていると考えられる。

## VI 低気圧の構造の変化

前章でみたように、500hPaにおける切離低気圧の発生と、それともなう地上低気圧の東進スピードの変化について、低気圧の鉛直構造をみることにより考察していく。

2000年8月5日の1000~200hPaにおける北緯45度にそった温位・相当温位・水平方向の風向風速(図6a)、同日のSLPによる気圧配置(図6b)、同日の降水量分布(図6c)、同日の500hPa気圧面高度とトラフの位置(図6d:図5aを再掲)をまとめて示した図が図6である。東経100~110度の1000~600hPaでは、相当温位が高く、温位は110度付近で低くなっている。850~600hPaでは南風となっていることもあり、トラフ前面(図6d)の低気圧(図6b)により降水がみられる(図6c)ことがわかる。

また、2000年8月9日(図7)には、500hPaの切離低気圧が東経108度付近で停滞しており(図7d)、地上ではやや東方の東経115度および東経123度付近に低気圧がみられ、やや強い降水

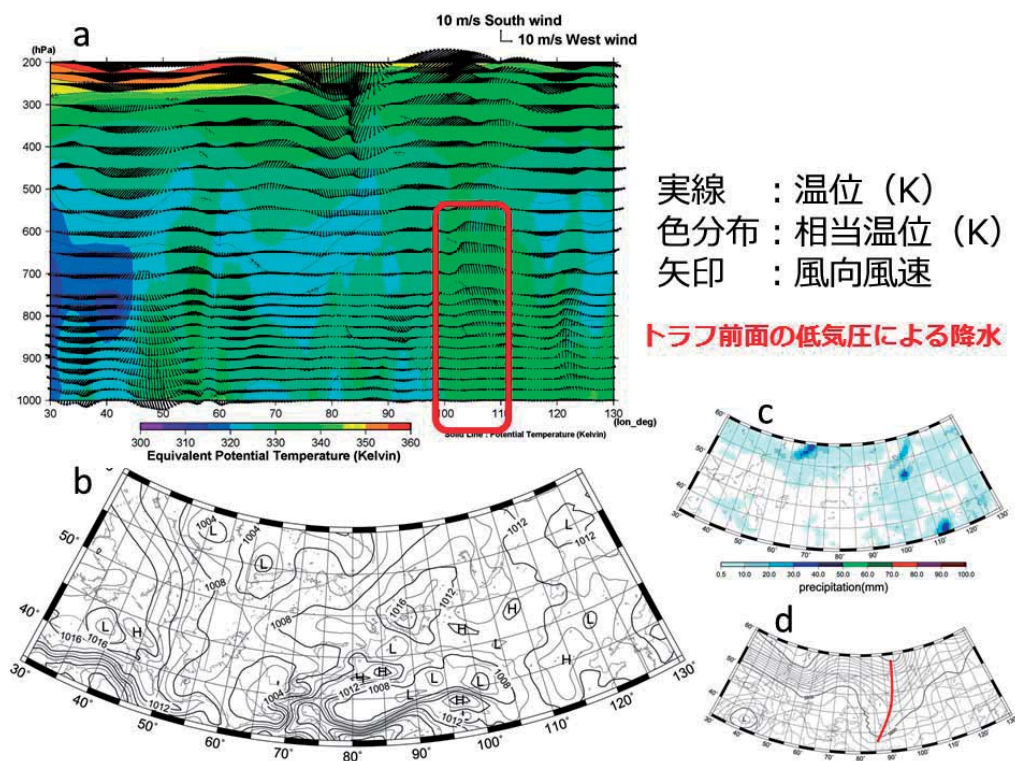


図6 2000年8月5日における気象状況

- a : UTCにおける温位 (実線)、相当温位 (色分布)、矢印 (水平方向の風向風速)
- b : UTCにおける海面校正気圧分布
- c : 8月5日の降水量分布
- d : UTCにおける500hPa高度の分布とトラフの位置

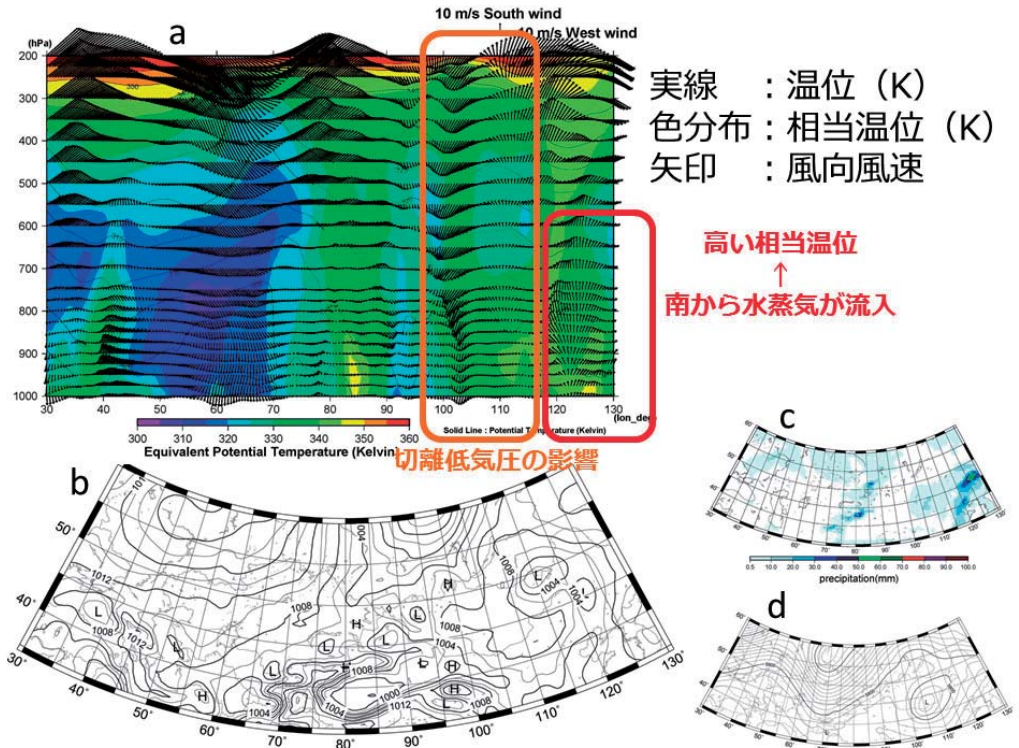


図7 2000年8月9日における気象状況

- a : 0UTCにおける温位 (実線)、相当温位 (色分布)、矢印 (水平方向の風向風速)
- b : 0UTCにおける海面校正気圧分布
- c : 8月9日の降水量分布
- d : 0UTCにおける500hPa高度の分布とトラフの位置

を伴っている (図7c)。低気圧付近の鉛直構造 (図7a) をみると、東経100~115度で切離低気圧の影響が見られる。切離低気圧の西半分では強い北風が吹いており、温位はやや高く相当温位は低くなっている。温位と相当温位の値は8月5日 (図6a) とほぼ同じであり、気団が移動してきたものと考えられる。切離低気圧の東半分では、弱い南風が吹いており、温位はやや低く、相当温位は高い値となっている。切離低気圧の東側で、地上低気圧の見られる東経115~130度では、やや強い南よりの風が吹いている。このエリアの温位は西側で高く東側で低くなっており、相当温位は特に東経127度付近でかなり高くなっていることから、気団はかなり湿っていることがわかる。また、相当温位340K以上のエリアが、東経120度1000hPaから西側上空に流れ込んでいることから、低気圧の構造として日本海からの水蒸気流入によって編成が進み、その結果として切離低気圧の東半分に雨を降らせる原因になっていると考えられる。切離低気圧ができたのが東経100度より東側であったことから、その前面の地上低気圧は東経120度付近となり、日本海に十分に近いことから、日本海からの水蒸気流入が生じていることが明らかとなった。



## VII おわりに

本研究では、東西に長いユーラシア大陸上を東進する低気圧について、降水分布と比較を行った。その結果、東進のスピードが傾圧不安定波に依拠するためにほぼ等速であることや、内陸部では低気圧は必ずしも降水をもたらすわけではないことが示された。また、ユーラシア大陸を東進する低気圧のごく一部は傾圧不安定波よりも速く東進することがある。この理由を解明するために事例解析を行ったところ、500hPaのトラフから切離低気圧が形成され、切離低気圧直下に形成される地上低気圧は傾圧不安定波と同じ速度で東進するが、その前面の低気圧の速度は東進するスピードが速く、また降水も伴っていることが明らかになった。さらに、切離低気圧が形成された後の低気圧の鉛直構造を北緯45度断面で見たところ、風と温位・相当温位の解析により、日本海から水蒸気の移流がみられることがわかった。

今後、事例解析を重ね、一般性を持たせていきたい。本研究でみられたような切離低気圧ができる場所はほぼ決まっていると考えられ、その仕組みを今後明らかにしていきたい。また、今回は事実の記載にとどまったが、東経60度付近でみられた降水を伴わない低気圧の通過について、低気圧の構造変化を明らかにし、その特徴を一般化していきたい。

## 参考文献

- 小倉義光 (2016) : 『一般気象学 第2版補訂版』 東京大学出版会.
- 木村圭司・篠田雅人 (2012) : 夏季モンゴルに降水をもたらす低気圧と前線. 日本地理学会発表要旨集, 82, 111.
- Lydolph, P.E. (1977): Climate of the Soviet Union. World survey of climatology vol.7. Elsevier Scientific.
- Yatagai, A., and T. Yasunari (1998): Variation of summer water vapor transport related to precipitation over and around the arid region in the interior of the Eurasian continent. Journal of Meteorological Society of Japan, 799-815.

## 付 記

本論文は、平成27年度奈良大学研究助成「四次元客観解析データを用いたモンゴル国の気候変動解析」の成果の一部である。

## Summary

Low pressure, which moves over the long Eurasian Continent to the east, is compared with rainfall distribution about the low pressure. As a result, the low pressure moves to east with almost similar speed, because it is depended on the speed of baroclinic instability wave. Low

pressure does not always bring rainfall. Some low pressures move to the east faster than the baroclinic instability wave. A case study of formation of cut off low at 500hPa, it is clarified that low pressure on the ground moves to east with the similar speed as the baroclinic instability wave, and the front low pressure moves faster with precipitation. The vertical structure of the low pressure after cut off low has been formed, the water vapor is transported from Japan Sea after the analysis of wind, potential temperature and equivalent potential temperature.

**[Key words]** Central Eurasia Continent, low pressure, precipitation, summer