



お天気の見方・楽しみ方 (12)

ダイポール型の上層の流れに伴う大雨と強風—2006年9月27日の場合

小倉 義光*・隈部 良司**・西村 修司***

1. 問題の発端

本シリーズの目的は、日々の天気予報の精度向上に直接寄与することではない。日々体験する天気について、大気の状態がどうであり、どんな擾乱が起こったから、そうした天気に遭遇したのか、出来る限り集めた気象情報を、総観気象学やメソ気象学が教える原理原則に基づいて解釈し、理解しようと試みることである。そうした目的を考えたのも、東アジアの天気系が極めて多様性に富んでいるからである。

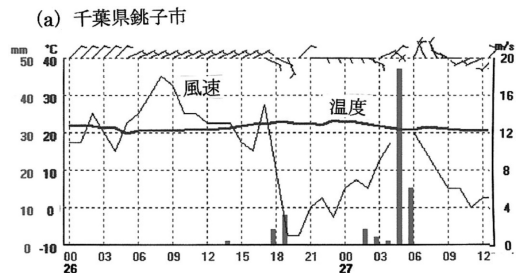
著者の1人(小倉)は2006年9月27日にたまたま千葉県にいて、大雨と強い風に遭遇した。地上天気図を見ると、低気圧が本州の東岸を北上しているから、大雨と強風はこの低気圧によるのだろうとして、特に注意を払うことはなかった。その後、「天気」掲載の「日々の天気図」欄を見ると、27日の記事として、「関東、東北で大雨。低気圧が本州南岸から北上、関東～東北南部の沿岸部で50 mm/1hを超え、千葉県大多喜町196.5 mm/24h、宮城県亶理町175.5 mm/24hの大雨。西日本は広範囲で晴れ」とあった。1日で200 mmに近い雨といえ、かなりの大雨で、軽々と見過ごすわけにはいかない(位置は第2図参照)。

大多喜町は雨量だけの観測地点なので、代わりに千葉県銚子市と宮城県亶理町(仙台市のほぼ南25 km)のアメダス記録を示したのが第1図である。これを見ると、少し不思議である。低気圧は北上しているのだから、銚子のほうが先に大雨を観測しそうなものなの

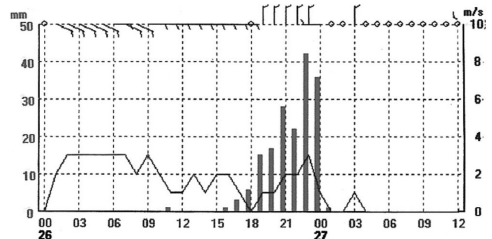
に、事実は逆になっている。まるで、台風のアウター・レインバンドが先に亶理町に雨を降らせ、その後で台風本体の雨が銚子にきたかのように見える。一体この低気圧はどんな構造を持っているのか、興味を持って調べた結果が今回の話題である。

2. ダイポール型の上層の流れ

第2図が今回の低気圧中心の12時間おきの位置と気圧である。閉じた等圧線を持つ低気圧としては、9月25日12 UTCに静岡県南方海上約30 Nに発生し、殆ど発達することなしに、ゆっくりと北上して27日00



(a) 千葉県銚子市



第1図 2006年9月26日00UTCから27日12UTCまでのアメダス記録。(a) 千葉県銚子市、(b) 宮城県亶理町。

* Yoshimitsu OGURA, 東京大学海洋研究所。

** Ryoji KUMABE, 気象庁地球環境・海洋部気候情報課。

*** Syuji NISHIMURA, 気象庁予報部予報課。

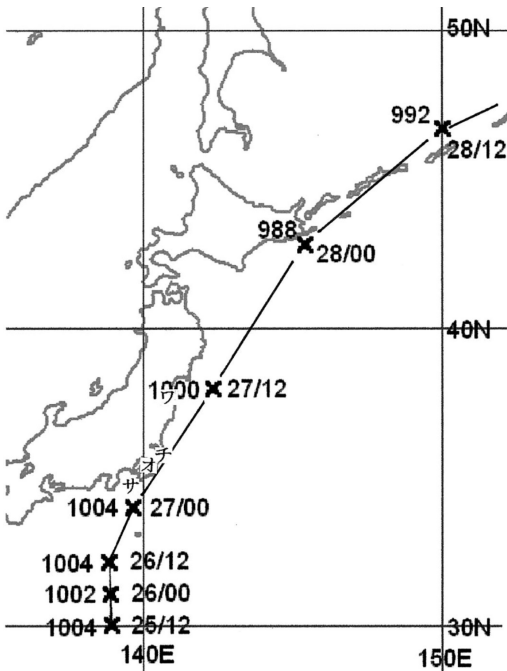
© 2007 日本気象学会

UTC に相模湾沖に達し、それから北北東に進行方向を変え、28日00 UTC には北海道東部に位置している。その24時間に中心気圧は16 hPa 低くなっている。

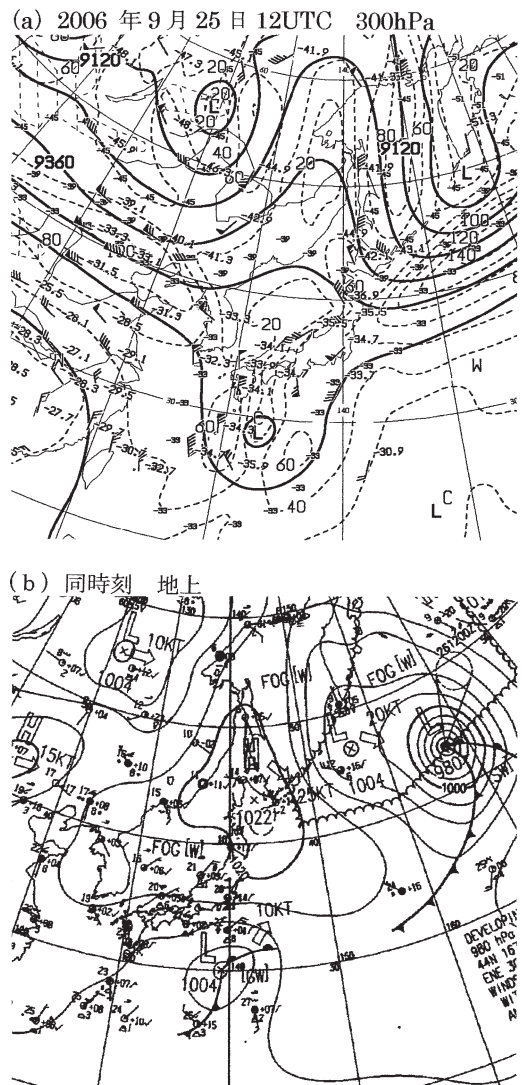
第3図 a が低気圧発生時における300 hPa 高層天気図である。最大の特徴は、モンゴルから中国東北区にかけての上空で、ジェット気流が2つに分岐し、1つは低緯度方向に流れて寒冷渦（あるいは切離低気圧）を作り、1つは高緯度方向に流れてリッジを作っていることである。これは、これまで述べてきた傾圧不安定波のような、トラフとリッジが東西方向に並んだものとは全く違う。むしろ、ブロッキング現象の1つの型、ダイポール（双極子）型、に似ている。物理学あるいは物理化学におけるダイポールの本来の意味は、Webster's の英英辞典によると、anything having two equal but opposite electric charges or magnetic poles である。

ブロッキング現象について詳しく述べるのは本稿の目的ではないが、簡単に説明すると、ブロッキング (blocking) とは、中高緯度偏西風帯のジェット気流が、時として大きく南北に蛇行、分岐し、その状態が

1週間から1か月の長きにわたって続く現象をいう。ジェットが蛇行あるいは分岐を始めるあたりでは、ジェットの進行が阻害（ブロック）されるように見えるので、この名がある。ブロッキングが起ると、低気圧の進行を含めて、普段と異なった天気が持続するので、予報上重要な現象である。ジェットが北へ蛇行したところでは、対流圏全層にわたる背の高い暖かい高気圧が形成される。これがブロッキング高気圧である。梅雨期に出現するオホーツク海高気圧も、最下層の冷たい部分を除けば、背の高いブロッキング高気圧



第2図 2006年9月25日12UTC から28日12UTC の期間、12時間毎の低気圧中心の位置と気圧 (hPa)。記号ワ、チ、オはそれぞれ宮城県亘理町、千葉県銚子市、千葉県大喜多町の位置。サは相模湾。



第3図 2006年9月25日12UTC における天気図。(a) 300 hPa, (b) 地上 (気象庁)。

である。第4図はこの現象を最初に詳しく調べた Rex (1950) の図である。ブロッキングに伴うジェットのスネーク型の型としては、第4図のような Ω (オメガ)型と、ブロッキング高気圧の南に低気圧がはっきり分岐したダイポール型に分けることもある。

ブロッキングは地域的な現象であるが、統計的に見ると、北半球では、緯度は50~60 N、大西洋東部と太平洋中部~東部で最も多く見られる。季節的には冬から春先が多い。ちなみに、ブロッキングについては、田中 (2007) の本に解説がある。

しかし、第3図に示したジェットの分岐は、上に定義したブロッキングではない。なぜなら、北側のリッジも南側の寒冷渦もゆっくりではあるが東進するし、持続しないで、27日あたりには弱化的兆しが見えるからである (図省略)。

3. 南低北高の気圧配置

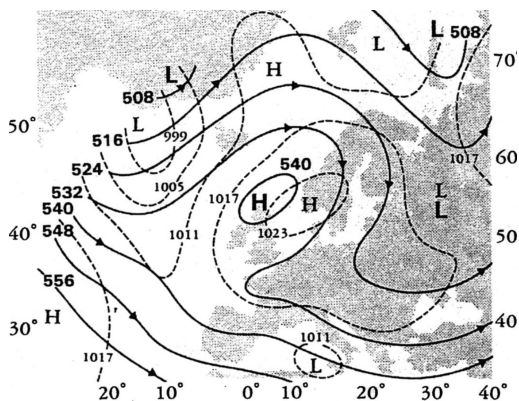
第3図bが第3図aと同時に地上天気図である。静岡県の南方海上、約30 Nにある低気圧が本編の主役の低気圧である。この低気圧の北は、朝鮮半島から本州東方海上にかけて高気圧に覆われている。この南に低気圧、北に高気圧という気圧配置が、第3図aに示した上層のダイポールに対応する。

それでは、何故北の高気圧にこだわるのか。それは、高気圧と低気圧の間で強い東風が吹くからである。第5図aは宮城県亘理町で強雨が降っている26

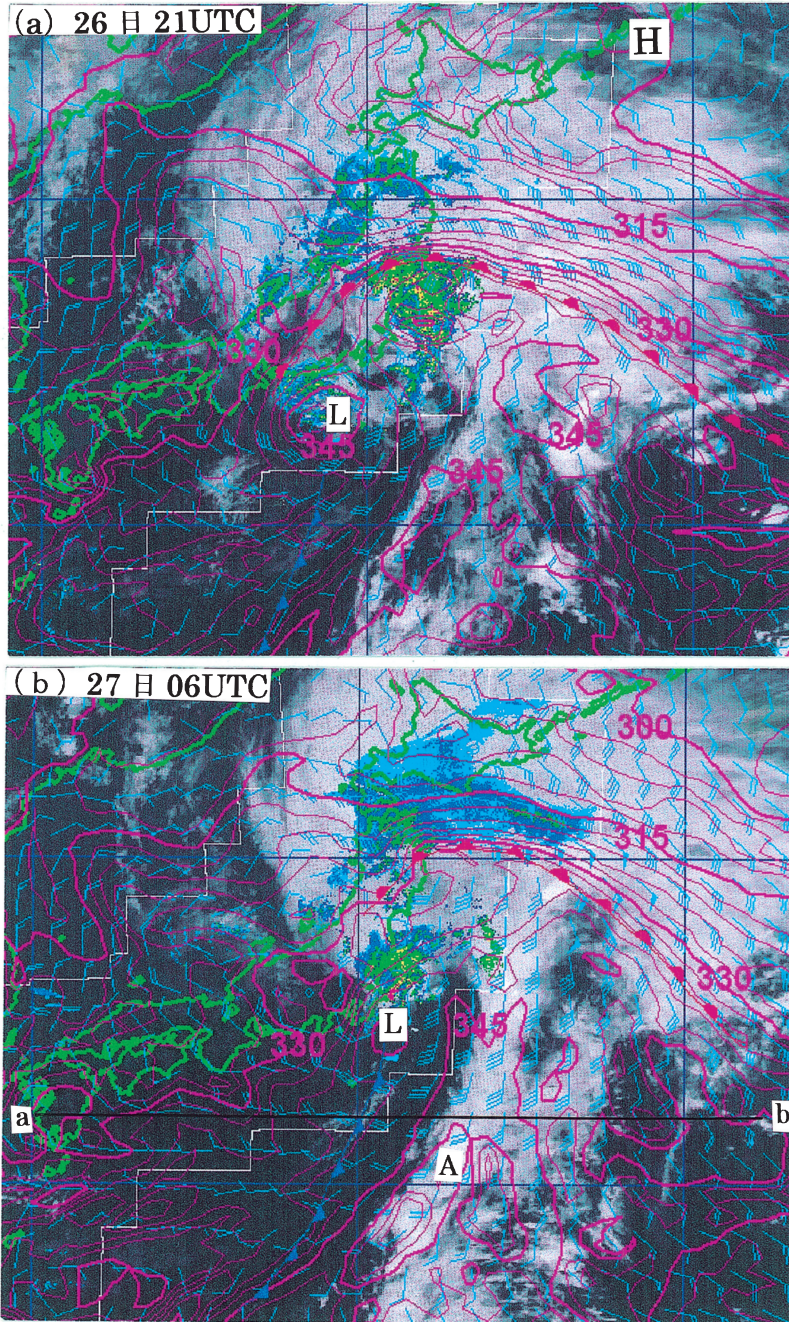
日21 UTC (第1図b参照)における925 hPaの相当温位と風の分布を赤外面像に重ねたものである。低気圧の暖域内で吹く南風が、強い東風と衝突する地域で前線形成作用が起こり、明瞭な後屈温暖前線が作られている。南風が強いので、温暖前線は高緯度側に湾曲している。その湾曲したところに、レーダーエコー強度で32 mm/hより大の強い雨が降っている。一方、低気圧の中心は伊豆半島南方まで北上したものの、まだ強い雨は降っていない。こうして、千葉県より一足お先に、宮城県亘理町で175.5 mm/24 hの雨が降ったのだ。

これから9時間後の27日06 UTCにおける状況が第5図bである。銚子沖まで進んできた低気圧中心付近で対流性の雨も強まり、32 mm/h以上のエコーも見られる。一方、後屈温暖前線は北上し、温暖前線面に沿って空気が上昇して、東北地方北部や北海道に層状性の雨を降らせている。

もう1つ、第5図で面白いのが、ほぼ南北方向に延びる暖域内の雲の帯 (雲帯A) である。図aならば「おたまじゃくし」の尾の部分、図bならば「きのこ」の柄の部分の雲である。第6図は第5図bと同時ににおけるショワルター安定度指数 (SSI) の分布を水蒸気画像に重ねたものである。東北地方北部や北海道ではSSIが4°Cより大と安定しているが、雲帯Aと低気圧中心付近には、SSIが-2°Cより小という不安定な領域がある。この不安定な状態は、差分移流 (differential advection) によって作られたことを示すために、第7図において、雲帯A内の任意の1点 (Dと記号する) を選び、時刻27日06 UTCに高度925 hPaおよび700 hPaに位置していた空気塊が、過去30時間辿ってきた軌跡を示す。例えば、左側の軌跡の場合は、26日00 UTCに907 hPaにいた空気塊は、緩やかに上昇しながら北北東に進んで、30時間後にはD点の700 hPaに達した。その真下の925 hPaの高度には、もと963 hPaで、より高い相当温位を持つ空気塊が北上していたので、対流不安定な状態となったというわけである。主に中高緯度の低気圧を解析して得られたノルウェー学流の低気圧モデルには (オスローの緯度は60 Nである!)、こうした暖域内の雲は含まれていない。ちなみに、上記の空気塊の軌跡を描くには、過去30時間にわたって、各格子点での風と鉛直速度の値は数値予報で得られているから、時刻27日06 UTCに点Dにいた空気塊が06 UTCの微小時間 (例えば1時間) 前にいたであろう位置を計算する。この



第4図 Ω (オメガ) 型ブロッキング高気圧の一例。1947年1月16日から31日までの平均的な500 hPaのジオポテンシャル高度の分布 (10 m単位で、80 m毎)、大西洋東部。破線は地表の気圧分布 (6 hPa毎)。H, Lは地表の, H, Lは500 hPaの高・低気圧の中心を示す (Rex, 1950)。



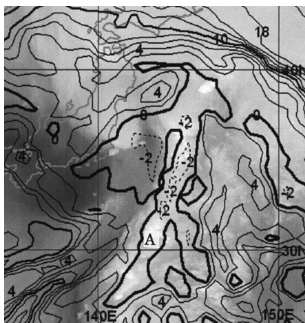
第5図 赤外画像に重ねたレーダーエコー強度と925 hPaにおける等相当温位線(3 K 毎)と風の分布, H と L はそれぞれ地上高・低気圧中心の位置を示し, A は暖域内の対流性降雨帯を表す。(a) 2006年9月26日21 UTC, (b) 27日06UTC.

計算を繰り返して, 30時間前の位置を推定する。

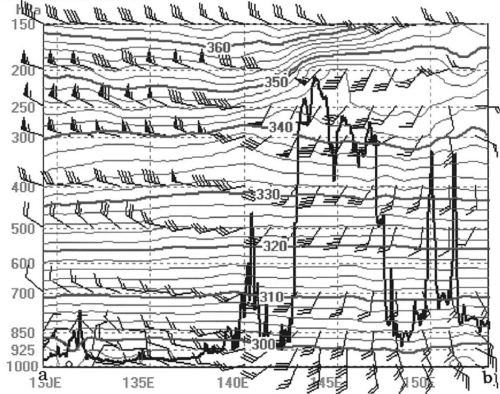
さらに, ノルウェー学派のモデルとの違いを述べると, 第5図bには一応寒冷前線が描いてあるが, 実は相当温位の分布を見ても, 前線に相当するほどの等相当温位線の密集帯はない。念のため, 第5図bの線分a-bに沿った東西鉛直断面上で, 温位と風と赤外画像で見た雲頂高度の分布を第8図に示す。風向は約140 E にほぼ鉛直に立つ軸を持つトラフの存在を示しているが, 全般的に等温位線は水平に走り, どこにも, 寒冷前線の特徴を示すものはない。すなわち, 雲帯Aは寒冷前線に伴う雲でない。また, スプリット前線の雲でもない。

次に, 第9図は茨城県水戸市におけるウィンド・プロファイラーの記録を示す。これによると, 卓越する南風の下層に東風から成る後屈温暖前線があり, それが北上中で, 26日21 UTC に水戸を通過している。さらに目立つのが, 27日05 UTC 前後に起こる風の急変である。それまでの南風が殆ど不連続といつていいほど急激に西風が変わっている。そして, それと共にほぼ高度4000 m 以上ではデータが得られなくなっており, 乾燥した空気が侵入してきたことを示している。第10図は27日00 UTC における500 hPa 高層天気図である。南風から西風への変化は, トラフの通過に伴うものであることは明らかであるが, これ

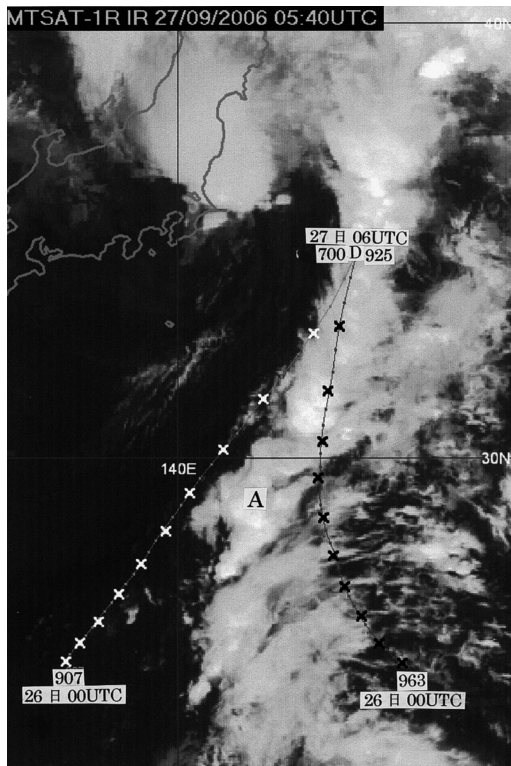
第6図 水蒸気画像に重ねた2006年9月27日06UTCにおけるショワルター安定度指数 (SSI).



27/09/2006 05:40UTC
1st : 32.36N 129.24E
End : 32.28N 153.08E

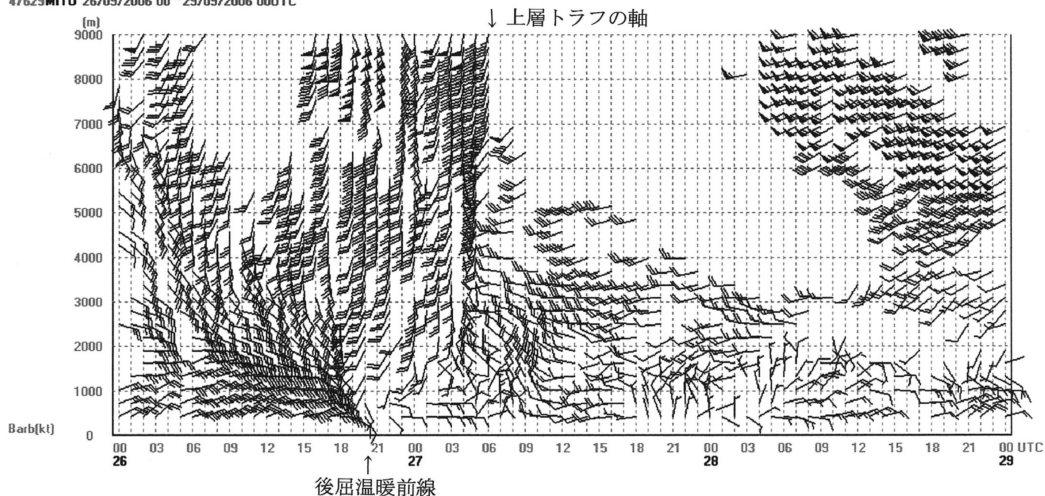


第8図 第5図bの線分a-bに沿った鉛直断面上の等温位線 (2K 毎) と風 (長い矢羽が10ノット) の分布. 太い実線は輝度温度から推定した雲頂高度.

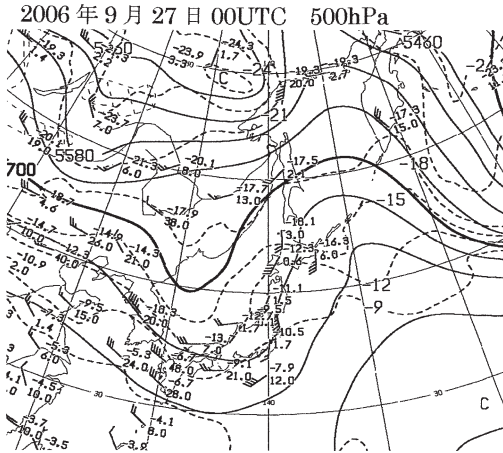


第7図 雲帯Aを構成する空気塊の軌跡の一例. 白の×と黒の×はそれぞれ27日06UTCに雲帯内の点Dの高度700 hPaと925 hPaに到達した空気塊の3時間毎の位置. 出発点における907と963は、それぞれ出発点における空気塊の高度 (hPa).

47629MIU 26/09/2006 00 ~ 29/09/2006 00UTC



第9図 26日00UTCから29日00UTCまでの水戸市におけるウィンド・プロファイラーの記録.



第10図 2006年9月27日00UTCにおける500hPa高層天気図(気象庁).

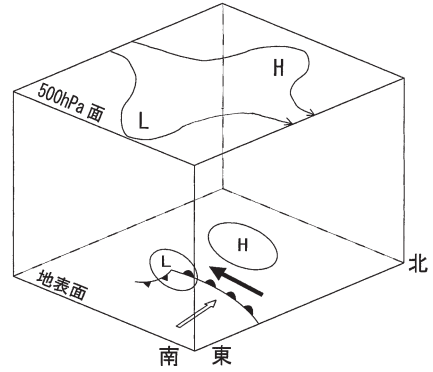
ほどシャープな構造になった理由, さらに風の急変と第1図aで示した銚子市での強雨との関係などは, すぐには分からない. また本シリーズ(8)(小倉ほか, 2007)で, 静岡県牧の原豪雨の際観測された風の急変線について述べた. しかし, その場合は風の急変は主に高度4000m以下で起こったから, 今回とは全く違う性質のものである.

4. 結び

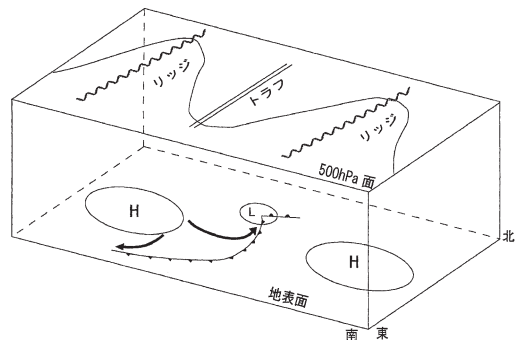
今回の大雨と強風の事例の特徴は, 上層の偏西風が阻害されて分岐し, 高緯度側にリッジ, 低緯度側に切離低気圧というダイポールに似た型の流れに伴って起こったことである. この上層の流れに対応して, 第11図aに模式的に示したように地上天気図では南に低気圧, その北に高気圧という気圧配置となった. この高・低気圧の間に強い東風が吹き, 低気圧暖域内の南風との間で, 北に湾曲した顕著な後屈温暖前線が形成された. 低気圧はこの前線を伴って北上し, しかも前線に沿って強い雨が降ったため, 大雨はまず東北地方南部で始まり, 低気圧中心付近の強雨に先行する形となった. 一方, 寒冷前線は殆ど認められないくらい弱かった.

これらの特徴は, 本シリーズでこれまで述べてきた上層の短波などの波動, すなわちリッジとトラフが東西方向に並んだときの下層の低気圧/前線系の構造とかなり違うものである. すなわち, 第11図bに模式的に示したように, この場合には地上低気圧の西方に高気圧が位置し, そこから吹き出る寒気が長い寒冷前線を作る. 対照的に温暖前線は短い.

(a) ダイポール型の上層の流れ



(b) 波動型の上層の流れ



第11図 (a) ダイポールに似た型の上層の流れに伴う下層の低気圧/前線系の模式図. 黒および白の太い矢印はそれぞれ下層の特徴的な寒気および暖気の風を示す. (b) (a)と同じ, ただし波動(短波)型の上層の流れの場合.

謝辞

本稿の作成に当たっては, 著者の1人(小倉)は東京大学海洋研究所共同利用研究(採択, No. 005, 2007)からの便宜を受けたことを記して感謝したい. また有益なコメントをいただいた編集担当委員別所康太郎氏および査読者に謝意を表したい.

参考文献

小倉義光, 新野 宏, 隈部良司, 西村修司, 2007: お天気の見方・楽しみ方(8) 謎が深まる静岡県不意打ち集中豪雨—2004年11月11日~12日, 天気, 54, 83-90.
 Rex, D. F., 1950: Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate. I. An aerological study of blocking action, Tellus, 2, 196-211.
 田中 博, 2007: 偏西風の気象学, 成山堂, 174pp.