

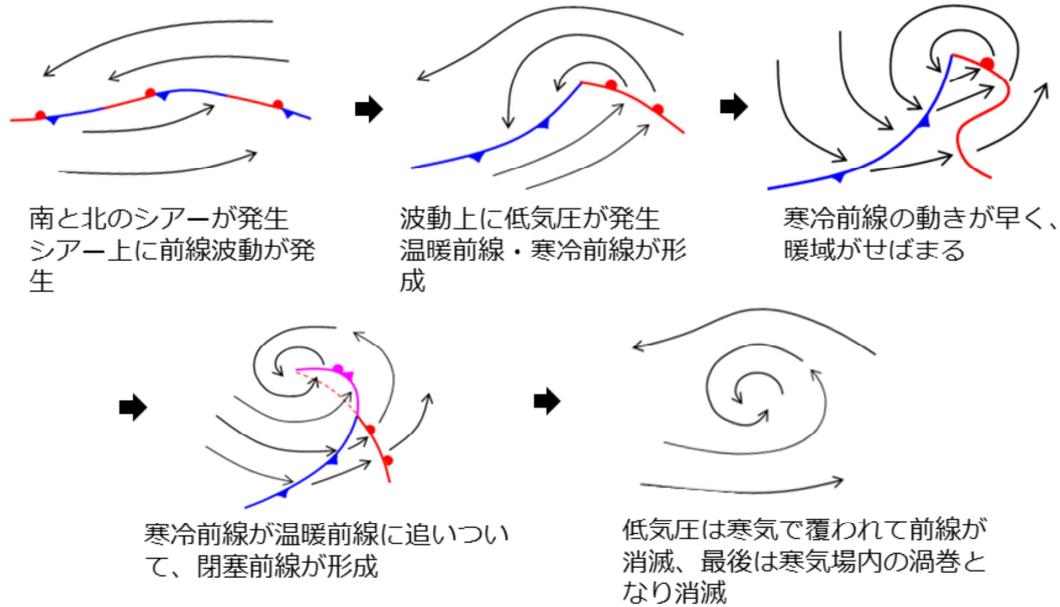
基礎知識、関連知識—総観場の解析・解釈

# 低気圧・前線に関する 概念モデル

元資料 : 平成29年(2017年)研修テキスト第4章

作成日 : 令和2年(2020年)3月24日

## ベルゲン学派の温帯低気圧のモデル



- 1920年代に温帯低気圧の一生のモデルが示された（ベルゲン学派のJ. ビャークネスとゾルベルグによる）
- 天気図解析の実務では、傾圧不安定波の理論により再解釈されたベルゲン学派の低気圧モデルが中心的役割を果たしている

2

1920年代にJ. ビャークネスとゾルベルグにより温帯低気圧（以下、低気圧）の発生・発達・衰弱の諸段階を象徴的に表す「低気圧の一生」がモデル化された（Bjerknes and Solberg, 1922）。

彼らの概念モデルは「ベルゲン学派の低気圧モデル」と呼ばれ、力学的不安定により前線上に発生する波動が発達し低気圧になるという説を基本としている。

この概念モデルでは、低気圧は前線上の不安定な波動として発生して、温暖前線、寒冷前線が形成され、発達の過程で寒冷前線は動きの遅い温暖前線に追いつき、2つの前線の間にあった暖域の空気の一部が切り離され、下層で2つの前線が接触する領域に閉塞前線が形成される。

この段階で低気圧は最盛期にあるが、その後、低気圧は寒気で覆われて前線が消滅し、最後は寒気場内の渦巻となり消滅する。

天気図解析の実務では、傾圧不安定波の理論により再解釈されたベルゲン学派の低気圧モデルが中心的役割を果たしている。

### 参考文献

Bjerknes, J. and H. Solberg, 1922: Life cycle of cyclones and the polar front theory of atmospheric circulation, Geophys. Publ., 3, No. 1, 1-18.

# 天気図解析での温帯低気圧のモデル

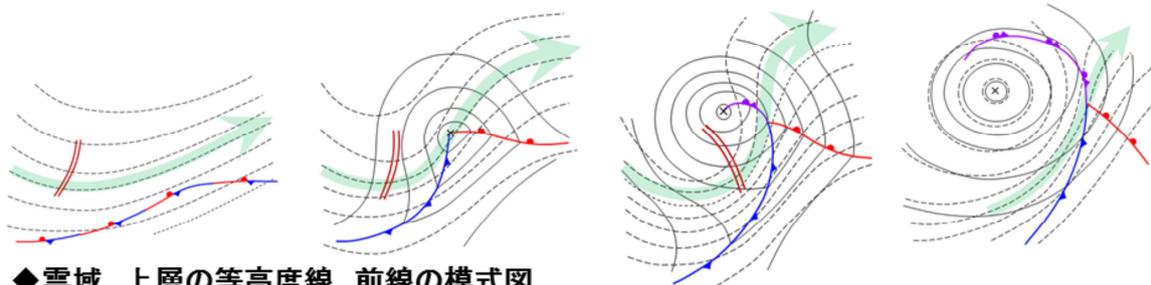
発生期

発達期

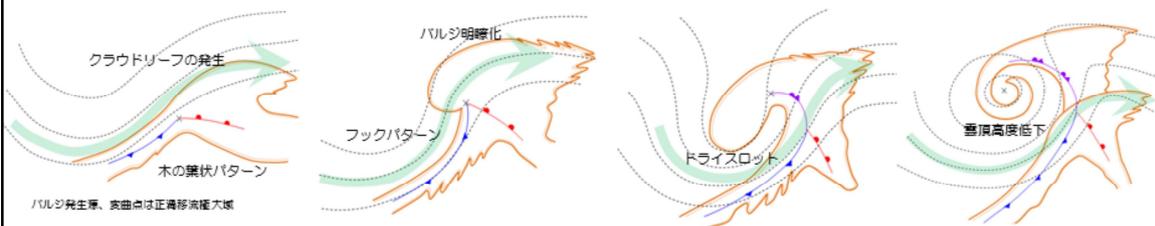
最盛期

衰弱期

◆地上等圧線と上層の等高度線、ジェット気流、前線の模式図



◆雲域、上層の等高度線、前線の模式図



※実線は地上等圧線、点線は上層の等高度線、  
緑矢印はジェット気流、二重太線は上層の気圧  
の谷

- ベルゲン学派のモデルを傾圧不安定波の理論で肉付け
- 発達ステージを考慮し、上空との対応など立体的な整合を図る

3

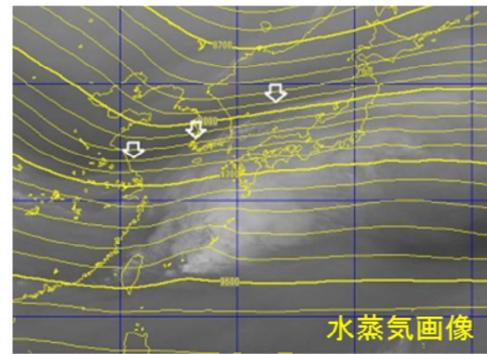
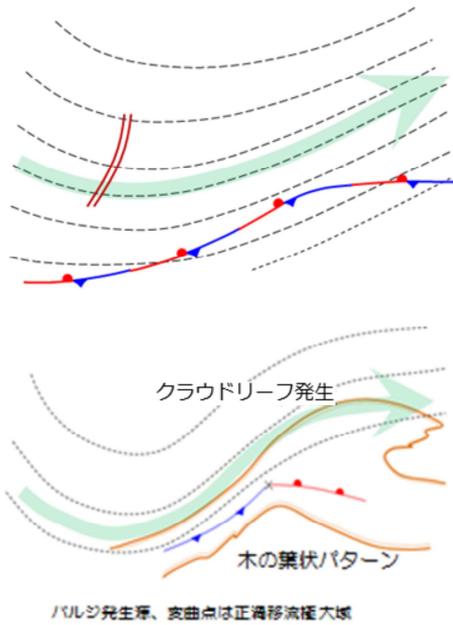
気象庁では、ベルゲン学派の低気圧モデルを基本に、傾圧不安定波の理論 (Charney, 1947) (Eady, 1949) から低気圧が発生・発達・衰弱のどのステージにあるのかを考慮して、実況資料と立体的な整合を図りながら、低気圧及びそれに伴う前線の解析を行っている。

この図は、低気圧の一生について典型的な例として、低気圧の各ステージにおける上空のジェット気流や高度場、雲パターンとの対応を示した模式図である。

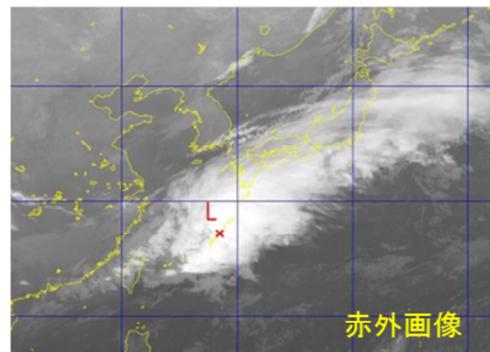
## 参考文献

Charney, J. G., 1947: The dynamics of long waves in a baroclinic westerly current. J. Meteor., 4, 135-163. Eady, E. T., 1949: Long waves and cyclone waves. Tellus, 1, 33-52.

## 発生期



水蒸気画像



赤外画像

気象衛星画像の解析と利用<改訂版>(2018)

- 上空の気圧の谷が前線帯に接近し、低気圧が発生する
- 衛星画像では、気圧の谷の接近により、クラウドリーフが現れる

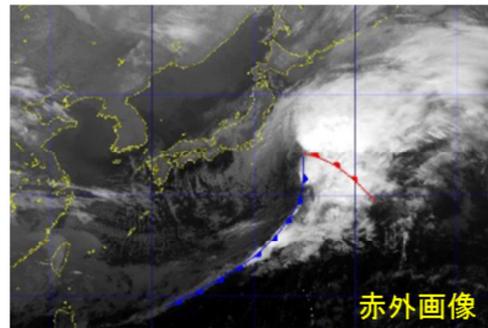
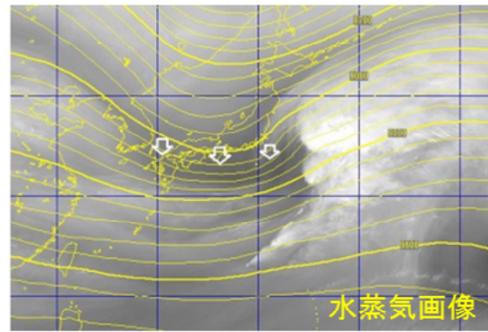
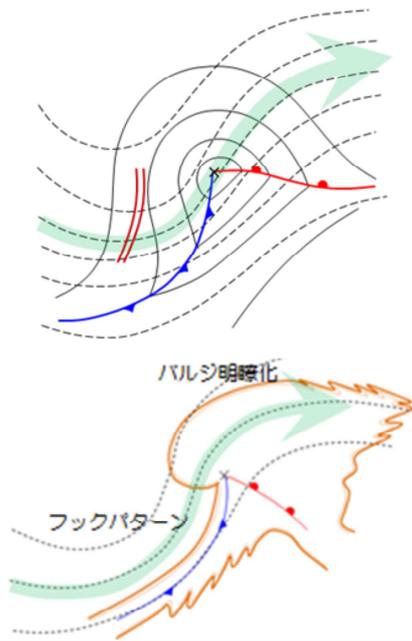
4

発生～発達初期では、上空の気圧の谷が前線帯に接近し、低気圧が発生する。衛星画像では、気圧の谷の接近により、クラウドリーフと呼ばれるS字型の雲縁を持つ雲パターンが現れる。

### 参考文献

気象衛星センター，2018：気象衛星画像の解析と利用<改訂版>，5-22.

## 発達期



気象衛星画像の解析と利用<改訂版>(2018)

- 低気圧性循環により下層の温度移流が強まり、温暖前線と寒冷前線が形成され、上空のトラフも深まる
- 衛星画像では、バルジが明瞭化すると共に、寒気の流入により低気圧の中心付近にフックパターンが形成

5

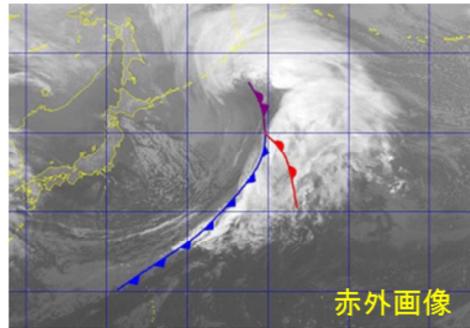
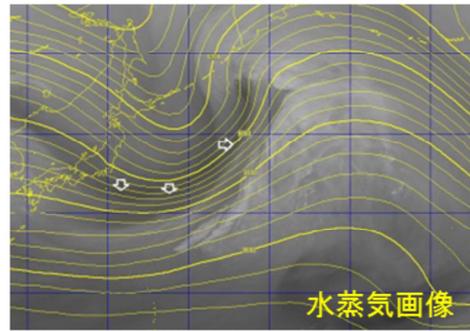
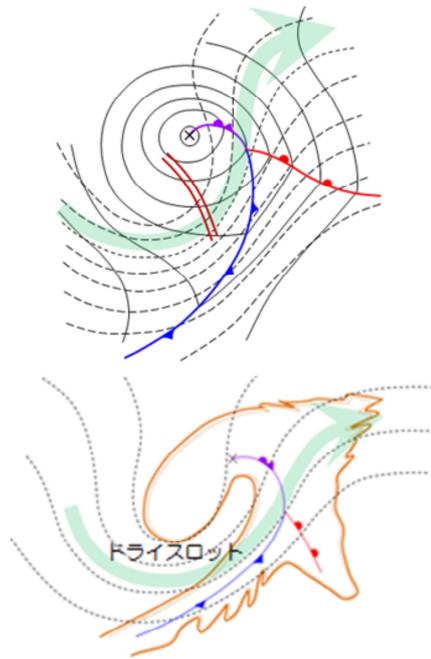
発達期では、低気圧性循環により下層の温度移流が強まり、温暖前線と寒冷前線が形成され、上空のトラフも深まる。

衛星画像では、バルジ（クラウドリーフより雲域が北に膨らみ北円が高気圧性曲率をました雲パターン）が明瞭化すると共に、寒気の流入により低気圧の中心付近にフックパターンが形成される。

### 参考文献

気象衛星センター，2018：気象衛星画像の解析と利用<改訂版>，5-24.

## 最盛期



気象衛星画像の解析と利用<改訂版>(2018)

- 上空の気圧の谷は地上の低気圧中心のすぐ西側まで接近し、天気図上では寒冷前線が温暖前線に追いついて閉塞前線が形成
- 衛星画像ではドライスロットが低気圧の中心付近まで入り込み、ドライスロットの流入点とバルジの北縁の交点付近に閉塞点が形成

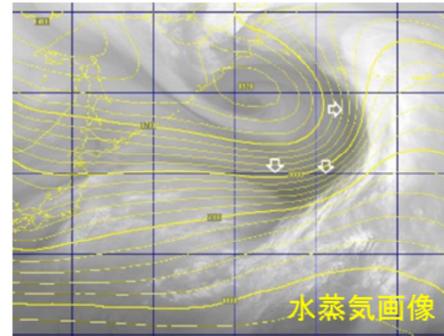
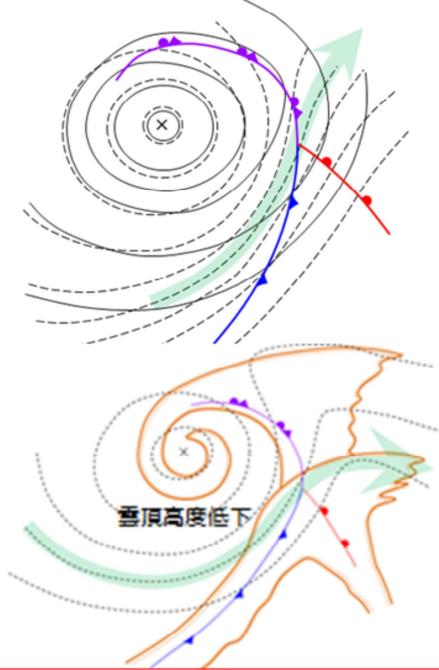
6

最盛期では、上空の気圧の谷は地上の低気圧中心のすぐ西側まで接近してきて、天気図上では寒冷前線が温暖前線に追いついて閉塞前線が形成される。衛星画像ではドライスロットが低気圧の中心付近まで入り込み、ドライスロットの流入点とバルジの北縁の交点付近に閉塞点が形成される。

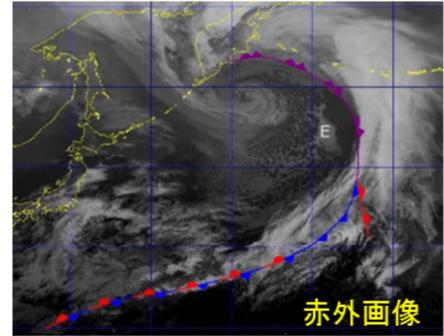
### 参考文献

気象衛星センター，2018：気象衛星画像の解析と利用<改訂版>，5-25.

## 衰弱期



水蒸気画像



赤外画像

気象衛星画像の解析と利用<改訂版>(2018)

- 上空の気圧の谷が低気圧中心のほぼ直上に位置し、低気圧が上層の流れから切離
- その後、閉塞前線が低気圧の中心から離れて不明瞭化し、低気圧の渦だけが残る
- 衛星画像では、低気圧の中心付近では雲頂高度が低下して背の低い雲渦が形成

7

衰弱期では、上空の気圧の谷が低気圧中心のほぼ直上に位置し、低気圧が上層の流れから切り離される。

その後、地上の低気圧は閉塞前線が低気圧の中心から離れて不明瞭化し、低気圧の渦だけが残る。

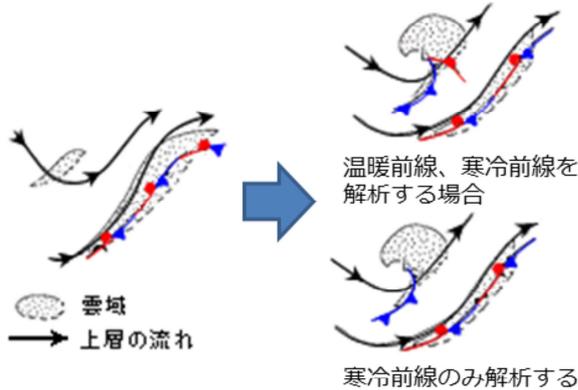
衛星画像では、低気圧の中心付近では雲頂高度が低下して背の低い雲渦が形成される。

### 参考文献

気象衛星センター，2018：気象衛星画像の解析と利用<改訂版>，5-26.

## 色々な低気圧や前線の模式図 (イメージ図)

寒気場内で発生するコンマ型低気圧

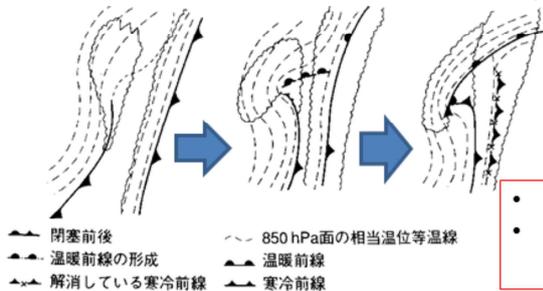


寒気場内のコンマ型低気圧で前線が発生する場合

気象衛星画像の解析と利用(2000)の図を一部加筆、修正

インスタントクルージョン

R.A.Houze, 1993の図を一部加筆、修正



中上層の別々の流れに乗ったコンマ型雲と前線帯雲バンドが合体して一つの低気圧として発達する場合

- ベルゲン学派のモデルで説明できないものもある
- この図にはない、新しい低気圧モデル(前線断裂やベントバック温暖前線など)は採用していない

8

ベルゲン学派のモデル以外に、実際の低気圧や前線の発生・発達を説明するために他の概念モデルも取り入れて解析を行っている場合がある。

例えば、前線の波動がない寒気場内では前線は解析しないが、寒気場内で発生するコンマ型の寒冷低気圧では前線を解析することがある。

また、中上層の別々の流れに乗ったコンマ型雲と前線帯雲バンドが合体して一つの低気圧として発達する即席閉塞(インスタントオクルージョン)について、前線を解析することがある。

なお、Shapiro and Keyser (1990) による前線断裂(低気圧が発達するにつれて低気圧中心付近の温暖前線、寒冷前線が断裂)やベントバック温暖前線(低気圧が発達して、温暖前線が寒冷前線の後方(西側)に回り込むように伸張する前線)といったベルゲン学派の低気圧モデルと異なる新しい概念モデルが提案されているが、この解析には詳細な観測データや検討が必要であるため気象庁のアジア太平洋地上天気図等では採用していない。

### 参考文献

Shapiro, M. A. and D. Keyser, 1990 : Fronts, jet streams and the tropopause, Extratropical Cyclones : The Erik Palmen Memorial Volume, C. W. Newton and E. Holopainen, Eds., Amer. Meteor. Soc., 167-191.

### 理解度をチェックするための問題

天気図解析における温帯低気圧モデルの説明について、空欄を埋めなさい。

○発生期

上空の( a )が前線帯に接近し低気圧が発生する。  
衛星画像では、雲が寒気側に凸状に膨らむ( b )が明瞭となる。

○発達期

低気圧性循環により下層の温度移流が強まり、( c )前線と( d )前線が形成され、上空の( a )も深まる。  
衛星画像では、( b )がさらに明瞭化すると共に、寒気の流入により、雲域の南西縁が低気圧曲率を示すような形状になる( e )パターンが低気圧の中心付近に形成される。

○最盛期

上空の( a )は地上の低気圧中心のすぐ西側まで接近してきて、天気図上は( d )前線が( c )前線に追いついて( f )が形成される。  
衛星画像では、暗域となっている( g )が低気圧の中心付近まで入り込む。

○衰弱期

上空の( a )が低気圧中心の( h )に位置し、低気圧が上層の流れから切り離される。その後、地上の低気圧は( f )が低気圧の中心から離れて不明瞭化し、低気圧の渦だけが残る。  
衛星画像では、低気圧の中心付近では雲頂高度が低下して背の低い雲渦が形成される。

9

### 答え

a) 気圧の谷 (トラフ) b) バルジ c) 温暖前線 d) 寒冷前線 e) フック f) 閉塞前線 g) ドライスロット h) (ほぼ) 直上

### 解説

気象庁では、ベルゲン学派の低気圧モデルを基本に、傾圧不安定波の理論から低気圧が発生・発達・衰弱のどのステージにあるのかを考慮して、実況資料と立体的な整合を図りながら、低気圧及びそれに伴う前線の解析を行っている。