

晴天乱気流

CAT

地球学類 3 年

大貫航太朗

晴天乱気流

- 晴天中の乱気流のことであるが、雲のない成層圏に発生する乱気流をさすことが多い。航空機の安全運行のために注目すべき現象であり、英語のclear air turbulenceからCATと呼ばれている。

1. CATの発生

2. CAT発生予測

発生メカニズム

- ケルビンヘルムホルツ波（K-H波）の不安定

層をなしていて各層ごとに密度の異なる流体が、互いに異なる速度で水平運動するときに発生する流体の不安定。



リチャードソン数 Ri

$$Ri = \frac{g}{\theta} \frac{\partial \theta}{\partial z} / \left(\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial z} \right)^2 = -\frac{1}{\rho \theta} \frac{\partial \theta}{\partial p} / \left(\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial p} \right)^2$$

g : 重力加速度 θ : 温位 z : 高度 \mathbf{V} : 水平風ベクトル
 p : 気圧 ρ : 密度

$Ri < 2.5$ K-H不安定発生

CAT発生指標

1. 高解像度の可視画像のみで観測される浪雲
2. 衛星画像で観測される雲パターンや水蒸気パターンに関連した雲境界や湿潤境界

浪雲

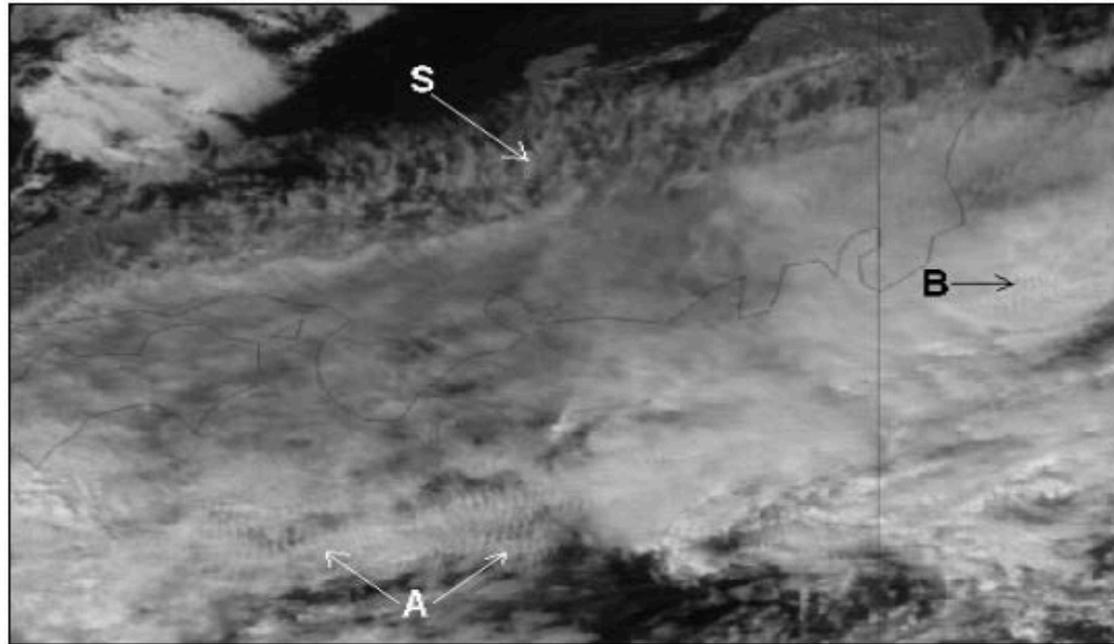


図3-1-1 2000年11月9日04UTCの可視画像。 紀伊半島沖Aと房総半島沖Bに浪雲が見られる。
S: スキャロップパターンのCi

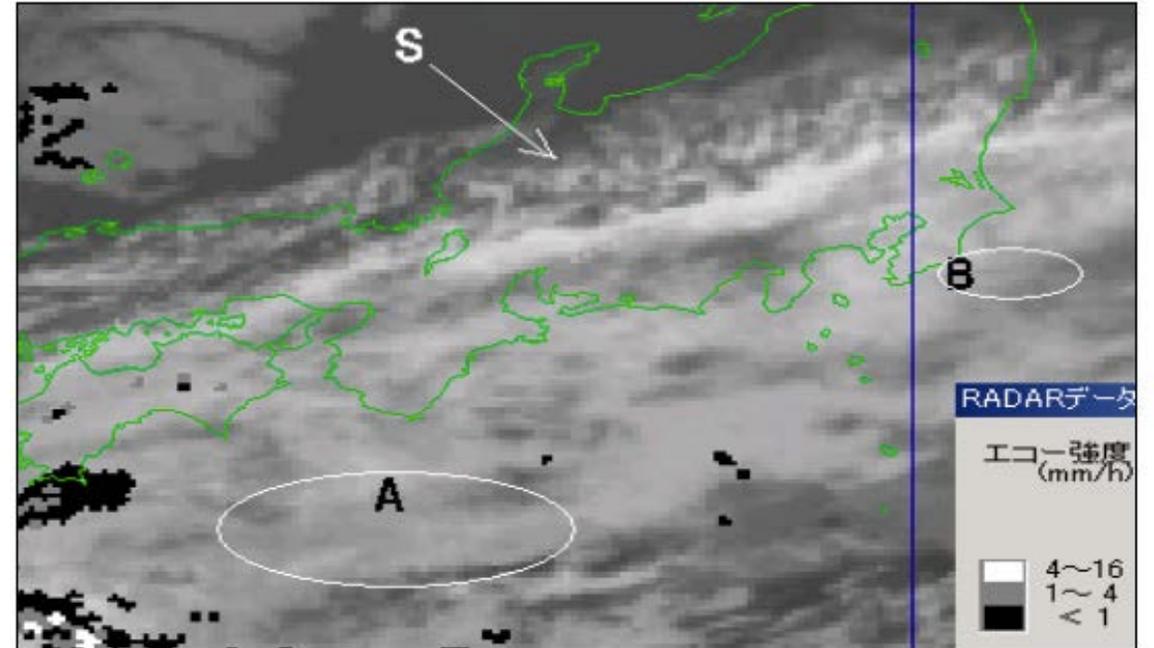


図3-1-2 2000年11月9日04UTCの赤外画像とレーダーエコー合成図
円内A、Bに浪雲は検出できない。 S: スキャロップパターンのCi

気象庁『乱気流とウインドシャー』

<https://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/prod/pdf/book/2-chapter3.pdf>

CATの指標となる雲パターンの構造

1. ジェット気流近傍で発生するもの
2. 変形域で発生するもの

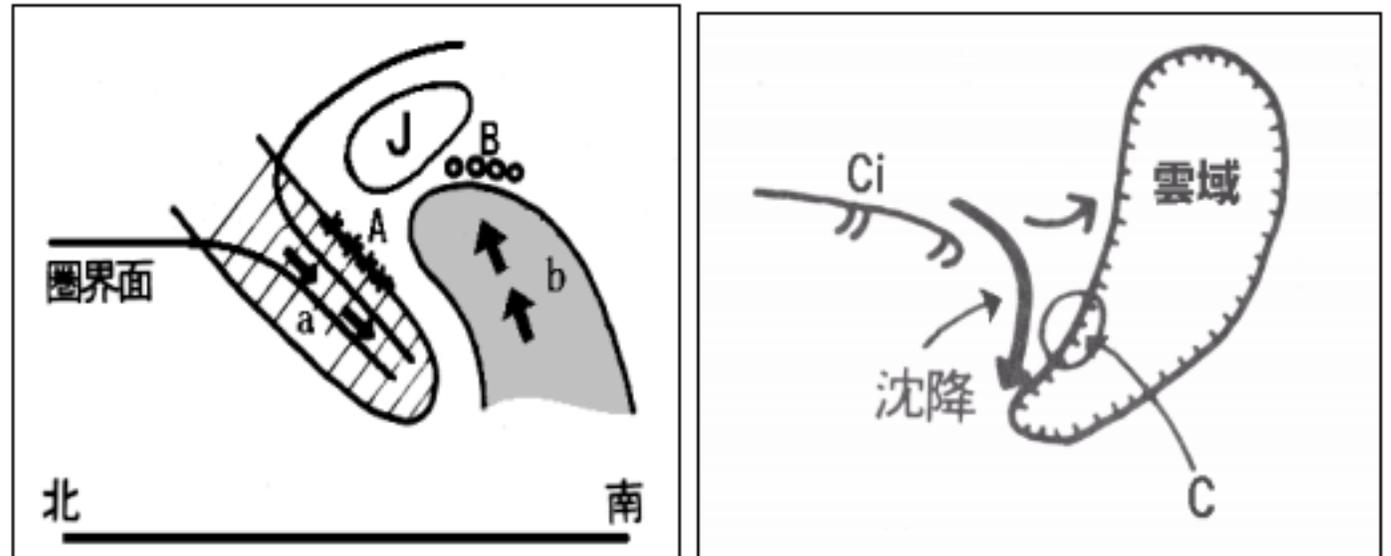


図3-1-5 山本・内藤のモデル (山本ら、1995)

(左) ジェット気流近傍で発生するCATの鉛直構造

J: ジェット気流 A (×印)、B (○印): CAT域 斜線域 (a): 乾燥域

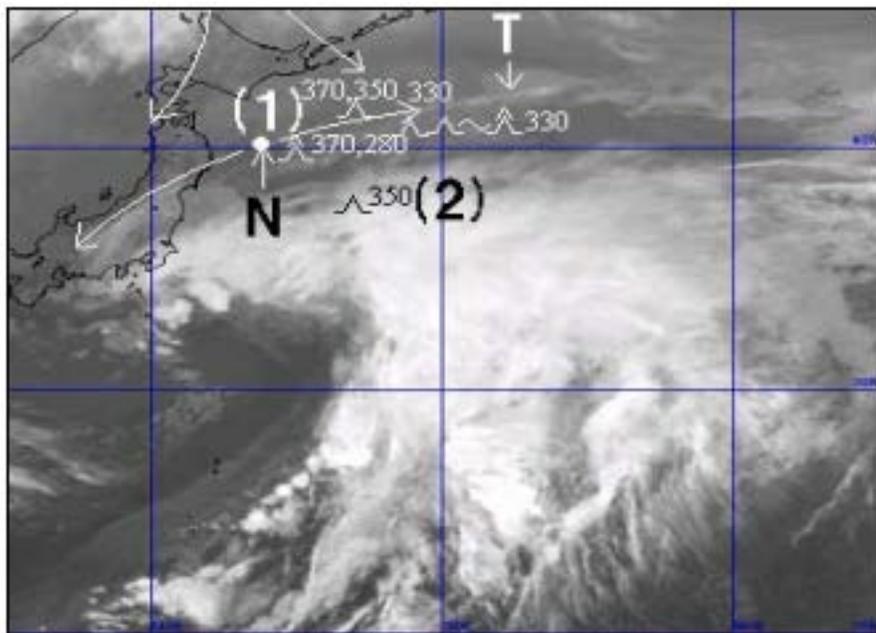
陰影部 (b): 湿潤域 矢印: 鉛直断面上の流れ

(右) 変形域で発生するCATの平面図 楕円C: CAT域 矢印: 平面上の流れ

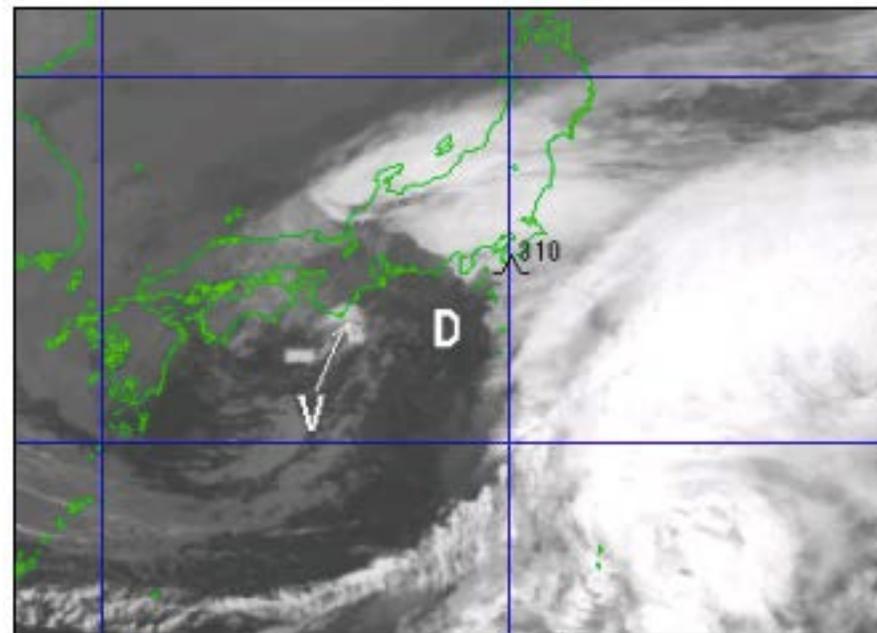
気象庁『乱気流とウィンドシャー』

<https://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/prod/pdf/book/2-chapter3.pdf>

雲パターン



コンマ状の雲に伴う変形域
4月11日12UTC

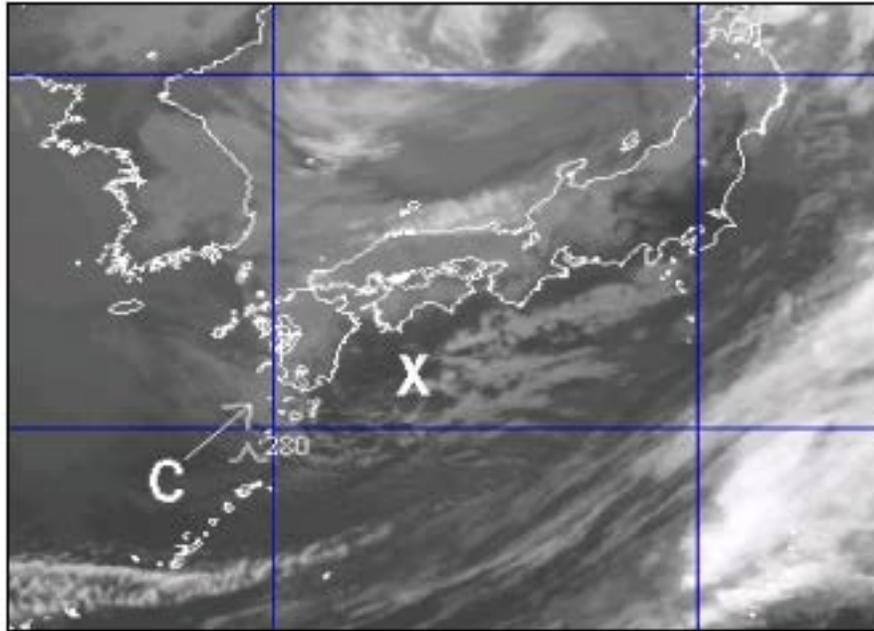


発達中のドライスロット
1999年4月11日00UTC

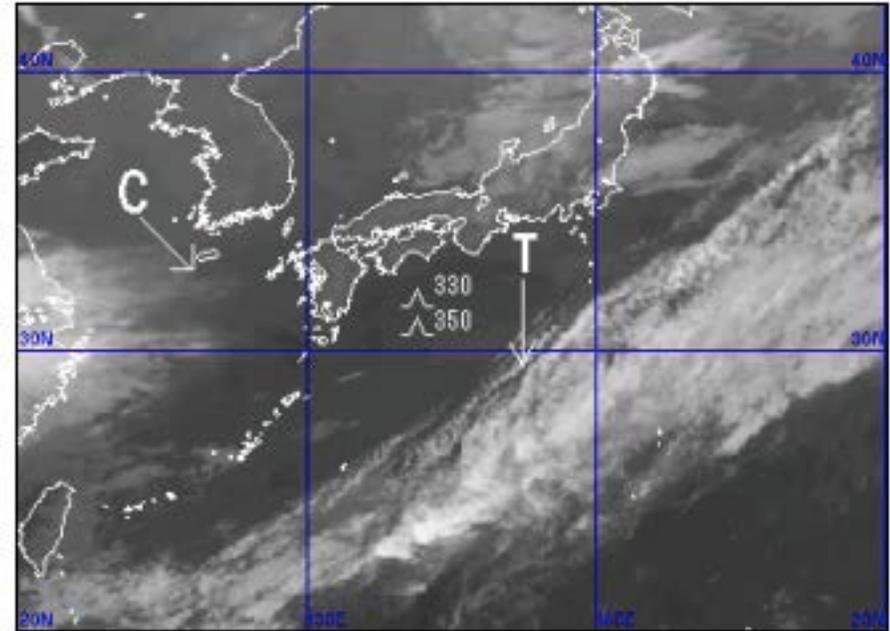
気象庁『乱気流とウインドシャー』

<https://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/prod/pdf/book/2-chapter3.pdf>

雲パターン



渦度極大域の南縁
2000年3月29日01UTC



巻雲域の後縁
1999年4月14日12UTC

気象庁『乱気流とウインドシャー』
<https://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/prod/pdf/book/2-chapter3.pdf>

CATの指標となる水蒸気パターン

ジェット気流をともなう高気圧性曲率のものを（タイプI-H）と低気圧性曲率のものを（タイプI-L）、ジェット気流を伴わない高気圧性曲率のものを（タイプII-H）と低気圧性曲率のものを（タイプII-L）と表示

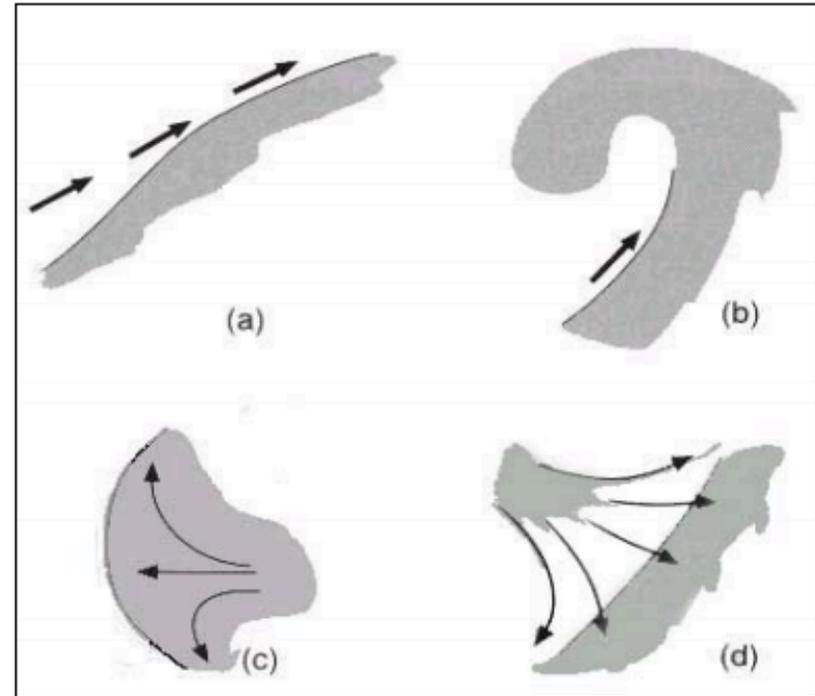


図3-1-18 池田・奥村の分類

(a) タイプI-H (b) タイプI-L (c) タイプII-H (d) タイプII-L
実線：バウンダリー 矢印：(a)と(b)ではジェット気流、(c)と(d)では流線
陰影：明域（湿潤域）

気象庁『乱気流とウインドシャー』

<https://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/prod/pdf/book/2-chapter3.pdf>

参考文献

- 第3章乱気流とウィンドシヤー (気象庁)
<https://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/prod/pdf/book/2-chapter3.pdf>
- 第4章 水蒸気パターン
<https://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/prod/pdf/book/1-chapter4.pdf>
- 『航空機が遭遇する乱気流域の予測計算における計算分解能と予測精度』 及川博史 井之口 浜木 泉耕二 菊池幸雄 早崎宣之