羽田空港
WEATHER TOPICS

定期号
通巻　第　25 号
2012 年（平成 24 年）
10 月 31 日
発行
東京航空地方気象台

晴天乱気流(CAT)

１．晴天乱気流（CAT）

季節が進んで、気象衛星画像でも日本付近で東西に走行するジェット気流が明瞭となってきています。ジェット気流が強まる秋から春は、航空機の運航に大きな影響を与える晴天乱気流（Clear Air Turbulence、以下 CAT という）が多く発生します。CAT とは、雲（上層雲を除く）を伴わないで発生する乱気流のことをいいます。

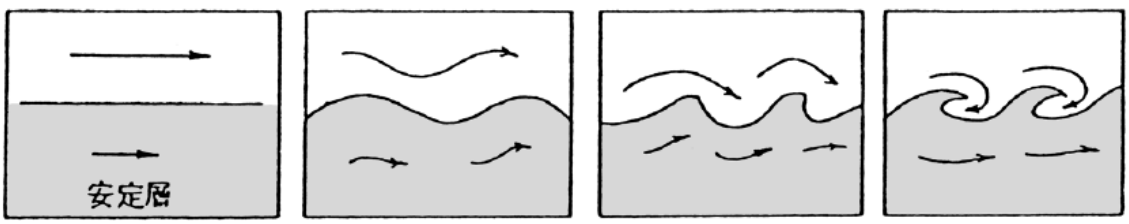
CAT の予想においては、CAT の時間スケールが数分から 10 分程度、空間スケールは 10m から 1000m 程度であるため、数値予報で正確に予測することは非常に困難です。

２．CAT の発生要因

CAT の主な要因はケルビン・ヘルムホルツ（以下、K－H という）不安定によって生じた K－H 波といわれています。通常、K－H 波は視認できることは少ないですが、稀に地上からでも、雲の形状から K－H 波の存在を知ることができます（写真 1）。

写真１　ケルビン・ヘルムホルツ不安定による雲
（南極昭和基地で撮影）

第１図は K－H 波の生成概念図です。上空のある高度で、密度が異なる気塊が存在し、その上下で風の鉛直シアーがあると安定層内とその上部では互いに異なる波が発生します。この波を K－H 波といいますが、この波はある条件がそろうと波の振幅が大きくなって崩れ始め、この砕波する過程で渦を生成し、乱気流を発生させます。この状態を K－H 不安定といいます。この不安定条件の臨界値として利用されているものが、リチャードソン数（Ri）です。リチャードソン数は以下の式により表され、理論値として 0.25 以下が不安定条件といわれています。



第1図　KH波の生成概念図

$$Ri = \frac{g}{\theta} \frac{\frac{\Delta\theta}{\Delta z}}{\left(\frac{\Delta V}{\Delta z}\right)^2}$$

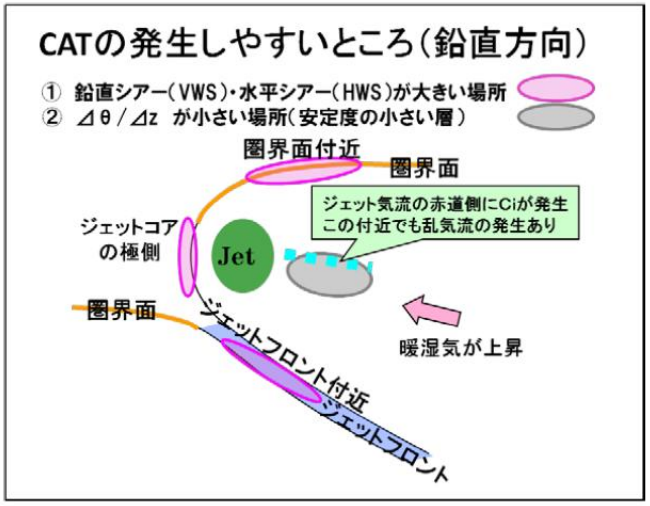
θ：温位、z：高度
V：風速、g：重力加速度

３．CAT の発生しやすい領域

CATの発生の主要因であるK－H不安定を観測網が粗い現状では的確にとらえることはできませんが、CATは深い気圧の谷の近傍やジェット気流の前線帯（以下、ジェットフロントという）や圏界面側等の鉛直方向の風のシアー（以下、VWSという）が大きな領域に発生することが多いため、CATを予想するには、VWSが大きく予想される領域を各種予報資料で検討することになります。

第2図はCATの発生しやすい場所の代表的な例です。上空の風はジェット気流の核で極大となります（第2図の緑色）。大きなVWSは空気密度の不連続なところに存在するため、CAT領域は圏界面付近とジェット軸の極側及びジェットフロント付近に現れます。この他にも強いCATは上層リッジに伴い高気圧性の強い湾曲ジェット軸に伴って発生する場合や、ジェット軸の合流場や分流場で発生することがあります。

また水平方向の風のシアーによるCATは、気圧の谷後面にあたるジェット気流の減速場や、発達した低気圧の前面や後面に見られる水平方向の風の収束発散による変形場などで発生します。



第2図　CATの発生しやすい場所

４．気象庁から発表する情報

気象庁から発表される CAT に関する情報として、国内悪天解析図（ABJP）、国内悪天予想図（FBJP）、狭域悪天予想図（FBTT･FBGG･FBBB）、国内悪天 12 時間予想図（FBJP112）やシグメット情報を提供しています。CAT の予想域については、計算機の進歩により数値予報の分解能も大きくなったことで改善されていますが、未だに K－H 不安定の発現を予報することは難しい状況です。このため統計的な調査結果から、大きな VWS の領域に注目してポテンシャル予報として行っています。

国内悪天 12 時間予想図（FBJP112）の場合は、数値予報から自動的に VWS の大きさにより、12kt/1000ft 以上を並、17kt/1000ft 以上を強の乱気流として予想しています。

また、VWS については毎時大気解析や国内航空路 6・12 時間予想断面図で確認することができます。

（東京航空地方気象台予報課）

発　行　東京航空地方気象台
〒144-0041
東京都大田区
羽田空港３－３－１

航空気象観測月表

官署名　東京航空地方気象台　　地点略号　RJTT　　2012 年 09 月

日/要素	平均気圧		気温			相対湿度		最大風速		最大瞬間風速		降水量			降雪の深さの合計	積雪の深さ09h	大気現象
	飛行場現地 ×0.1hPa	海面 ×0.1hPa	平均 ×0.1℃	最高 ×0.1℃	最低 ×0.1℃	平均 %	最小 %	風向36方位	風速 kt	風向36方位	風速 kt	合計 ×0.1mm	最大1時間 ×0.1mm	最大10分間 ×0.1mm	cm	cm	
1	10133	10144	273	303	242	77	60	50	27	50	31	235	155	60			
2	10124	10135	257	281	235	83	68	20	19	30	24	150	55	45			
3	10134	10145	267	314	244	74	49	170	18	170	23	10	20	5			
4	10151	10161	271	319	238	78	59	180	16	170	23	65	60	15			
5	10167	10178	279	328	243	72	42	190	15	180	22	−	−	−			
6	10161	10171	271	323	238	76	53	360	19	360	24	35	20	5			
7	10187	10198	268	303	242	73	57	170	15	160	19	0	0	0			
8	10187	10198	275	321	247	77	52	170	14	170	20	0	0	0			
9	10157	10167	284	324	259	70	48	190	16	180	23	−	−	−			
10	10122	10132	283	323	260	70	46	180	15	180	22	−	−	−			
11	10096	10106	281	323	248	68	43	170	13	170	18	0	0	0			
12	10089	10100	273	306	238	66	52	80	14	80	17	10	5	5			
13	10097	10107	279	323	249	67	49	190	17	170	24	−	−	−			
14	10144	10155	281	320	258	69	48	180	17	180	24	0	0	0			
15	10176	10187	271	298	248	78	55	130	13	170	17	0	0	0			
16	10179	10190	275	316	250	79	54	200	16	200	23	0	0	0			
17	10144	10155	276	311	249	78	61	180	22	180	28	35	20	20			
18	10108	10119	276	312	238	78	60	180	25	180	36	35	20	15			
19	10083	10094	263	290	244	85	69	190	27	180	30	175	55	40			
20	10103	10114	270	296	247	73	56	160	16	170	21	−	−	−			
21	10116	10127	250	286	235	78	59	80	20	80	24	0	0	0			
22	10121	10132	230	251	212	79	67	70	18	70	21	20	20	10			
23	10054	10065	206	226	186	88	76	360	22	360	26	585	155	55			
24	10064	10075	228	267	190	73	52	40	23	50	27	190	120	50			
25	10156	10167	206	220	189	81	74	30	17	350	23	50	20	10			
26	10190	10201	216	244	193	69	56	60	20	60	23	−	−	−			
27	10166	10177	211	233	190	66	55	40	26	30	34	0	0	0			
28	10089	10100	221	244	193	72	65	350	25	360	33	0	0	0			
29	10080	10090	238	271	213	80	66	170	15	170	23	−	−	−			
30	10043	10054	251	291	220	77	60	190	49	190	65	65	60	45			
31																	
上旬	10152	10163	273	314	245	75						495					
中旬	10122	10133	275	310	247	74						255					
下旬	10108	10119	226	253	202	76						910					
月	10127	10138	258	292	231	75						1660					
極値				328	186		42	190	49	190	65	585	155	60			
起日				5	23		5		30		30	23	23	1			

気温 日数 ℃							最大風速階級別日数 kt				日降水量階級別日数 mm								降雪の深さの日合計階級別日数 cm					
日最低 <0.0	日平均 <0.0	日最高 <0.0	日最低 >=25.0	日平均 >=25.0	日最高 >=25.0	日最高 >=30.0	>=20	>=30	>=40	>=50	>=0.0	>=1.0	>=5.0	>=10.0	>=30.0	>=50.0	>=70.0	>=100.0	>=0	>=5	>=10	>=20	>=50	>=100
0	0	0	4	22	25	16	11	1	1	0	23	14	8	5	1	1	0	0						

日最深積雪階級別日数 cm							視程継続時間 分			RVR継続時間 分						最低雲高継続時間 分						大気現象出現日数		
>=0	>=5	>=10	>=20	>=50	>=100	>=200	m <5000	m <3200	m <1600	m <1600	m <800	m <600	m <400	m <200	m <100	ft <1500	ft <1000	ft <500	ft <300	ft <200	ft <100	雷	霧	雪
							374	134	5	98	0	0	0	0	0	1285	366	0	0	0	0	10	0	0

特記事項	注）3日の最大1時間降水量は2.0mm、起時は23:30から4日の00:30です。