



羽田空港

WEATHER TOPICS



定期号

通巻 第 32 号

2013 年 (平成 25 年)

9 月 30 日

発行

東京航空地方気象台

大気大循環とジェット気流

1. はじめに

ジェット気流とは、上空約 30,000~40,000ft を流れる長さ数千 km、幅数百 km、厚さ数 km の強い西風のことで、航空機の運航と密接な関係があります。今回はジェット気流の成因と、航空機の運航との関係について紹介します。

2. 大気大循環

イギリスの気象学者であるジョージ・ハドレー (1685-1768) は太陽放射を受ける量の違いから、赤道付近で大気が温まって上昇し、寒冷的極付近で沈降する大気大循環を唱えました。しかし、実際には地球の自転によって働くコリオリ力 (風の流れに向かって北半球では右方向へ、南半球では左方向へ曲がろうとする力) により図1のような循環となっています。

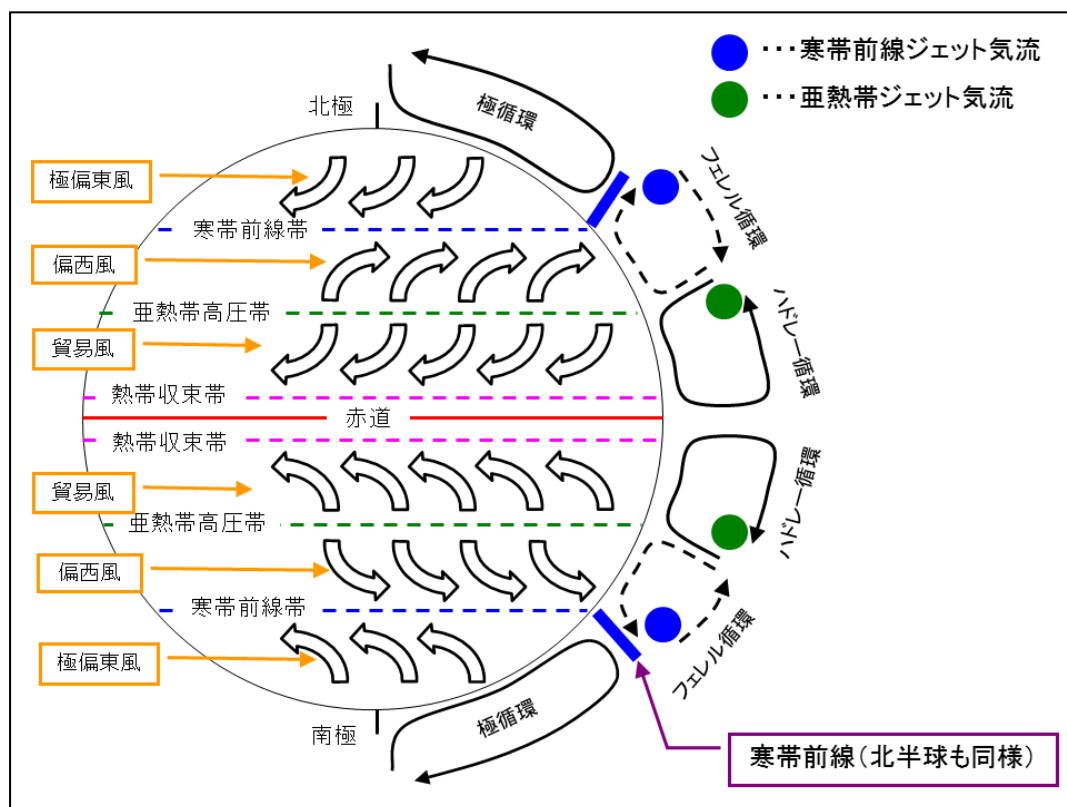


図 1 大気大循環の概念図 (ジェット気流はいずれも西から東へ流れている)

赤道付近では強い太陽放射の影響により強い上昇流が発生し、巨大な積乱雲の塊が多く発生します。気象衛星の画像でも赤道付近に白い巨大な雲（積乱雲）の群れを確認することができます。この赤道付近で積乱雲が発達する地域を「熱帯収束帯」と呼びます。

赤道付近で上昇した空気は上空で南北の極側に向かって流れますが、地球の自転により働くコリオリ力の影響を受けて緯度30度付近までしか到達することができず、このあたりで大気は下降し「亜熱帯高压帯」を形成します。亜熱帯高压帯では下降気流により空気は比較的乾燥しています。

北半球及び南半球で形成された亜熱帯高压帯からは赤道に向かって「貿易風」とよばれる東よりの風が吹き出し、赤道付近で南北の貿易風がぶつかって再び熱帯収束帯を形成します。現代では、この循環を「ハドレー循環」と呼んでいます。ハドレー循環は、夏側の半球では極側までの循環の幅が大きく、冬側の半球では循環の幅が小さくなります。

一方、極付近では太陽放射を受ける量が少ないため大気が冷たくなり、沈降して高気圧が形成され、赤道側に向かって「極偏東風」と呼ばれる東よりの風が吹き出します。極偏東風はコリオリ力の影響を受けて緯度60度付近で上昇し、極付近へ戻ります。この循環を「極循環」と呼びます。

ハドレー循環と極循環の間にある中緯度帯では亜熱帯高压帯から極側に向かって「偏西風」と呼ばれる西よりの風が吹き出し、極から吹き出す極偏東風とぶつかって「寒帯前線帯」（図1の青線）を形成します。寒帯前線帯では極側の冷たい気団との間で温度差（空気の密度差）が次第に大きくなり、傾圧不安定とよばれる力学的に不安定な状態となります。この温度差による力学的不安定の状態を解消するために温帯低気圧が発生し、中緯度帯における南北の温度差を解消しています。中緯度帯では温帯低気圧により暖気が極側で上昇し、寒気が赤道側で下降していますが、これを「フェレル循環」といいます。

3. 亜熱帯ジェット気流

赤道付近の熱帯収束帯で上昇した空気は極側に向かって流れだしますが、風の流れに向かって北半球では右向きに、南半球では左向きにコリオリ力が働くため、緯度30度付近に向かって次第に西よりの風となります。ハドレー循環の極側の上空（北半球では北緯30度付近）にはこの風が集まって「亜熱帯ジェット気流」（図1の●）と呼ばれる強い西よりの風が形成されます。

亜熱帯ジェット気流は主に角運動量保存則という法則によって強い風が維持されています。角運動量保存則とは回転軸からの距離と速度を掛け合わせたものが一定となる法則で、高緯度ほど回転軸（地軸）からの距離が短くなる分、速度が速くなります。フィギュアスケートの選手がスピンをした際に、両手を広げると回転が遅く、両手を頭上に上げると回転が速くなるのと同じ理由です。



4. 寒帯前線ジェット気流

中緯度帯では極側の冷たい気団と赤道側の暖かい気団との境に寒帯前線帯が形成されることはすでに説明しましたが、この寒帯前線帯の上空であるフェレル循環の極側には「寒帯前線ジェット気流」（図1の●）と呼ばれる強い西よりの風が形成されています。

冷たい気団と暖かい気団を比較すると、上空で同じ気圧でも高度に差があります。暖かい気団の空気は膨張しているため高く、冷たい気団では空気が重いいため低くなっています。

同じ高度で比較すると上空ほど気圧の差（傾き）が大きくなります。これを「気圧傾度」と呼びます。気象学的には上空では「気圧傾度力」と「コリオリ力」が釣り合った「地衡風」（図2）と呼ばれる西よりの風が形成されますが、実際の大気でも地衡風に近い風が吹いています。一般的に上空ほど地衡風が大きくなり、この地衡風の鉛直シア（鉛直方向

の風速差)の関係により寒帯前線ジェット気流が形成されます。

夏季と冬季を比較すると、南北の気温の差が大きくなる冬季の方が寒帯前線ジェット気流の風速は強くなります。

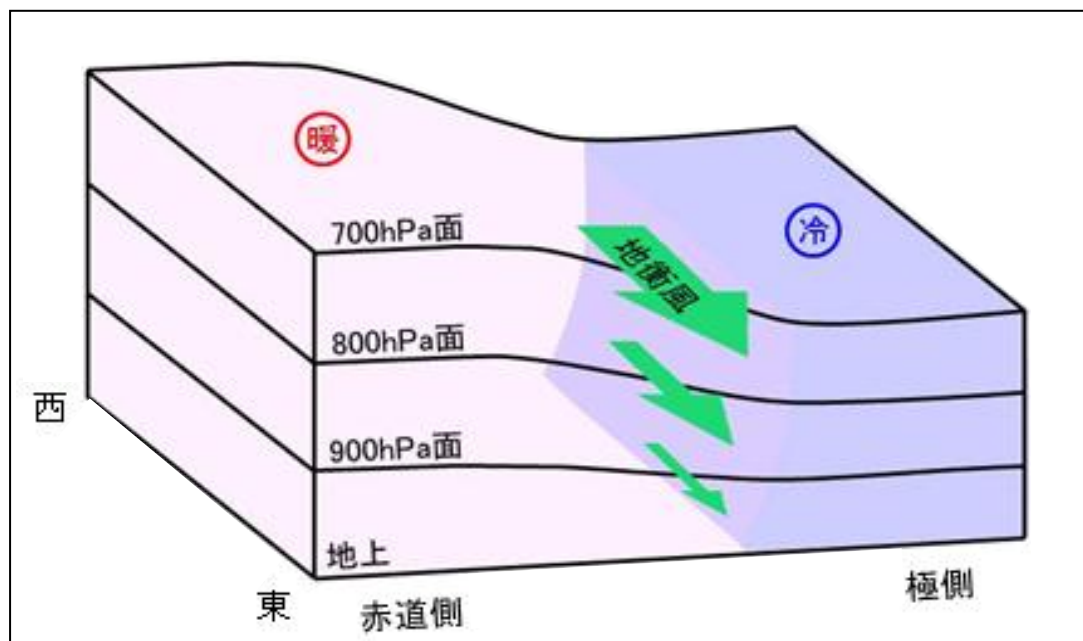


図2 地衡風の概念図

5. ジェット気流と航空機の運航

冬季に航空会社の国内線の時刻表をみると、往路と復路では出発から到着までの時間に差がある場合があります。例えば、「東京⇒福岡」の便は出発から到着まで約2時間かかるのに対して、「福岡⇒東京」の便は約1時間30分となっています。これは、東に向かう航空機が冬季の強いジェット気流に乗って運航するのに対し、西に向かう航空機はジェット気流に逆らい、向かい風の状態で運航するためです。

図2の暖かい空気（ピンク色）と冷たい空気（青色）の境目は、図1の寒帯前線にあたります。「前線」という名前が付いていますが、暖かい空気と冷たい空気の境目はある程度の厚みを持った「面」となっており、「ジェットフロント」とも呼ばれています。このジェットフロントの付近では、空気の温度（密度）や風向風速が不連続となっており、乱気流が発生しやすい場所となっています。

気象庁では、乱気流が発生しやすい場所や高度、乱気流の強さ等を予測し、利用者の皆さんに提供しています。

（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

2013 年 08 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 cm	積雪の 深さ 09h cm	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			
1	10031	10041	269	311	240	84	67	50	17	50	21	10	5	5			☔=
2	10077	10088	248	282	227	79	67	110	15	100	17	0	0	0			☔
3	10083	10094	259	304	231	73	51	210	15	190	22	-	-	-			
4	10068	10079	275	316	244	75	55	190	18	170	27	-	-	-			
5	10061	10071	285	322	262	77	61	180	23	180	30	-	-	-			
6	10058	10069	287	318	267	76	61	170	16	170	22	0	0	0			☔
7	10052	10063	293	339	258	70	50	100	12	170	17	0	0	0			☔
8	10045	10056	293	346	262	74	51	180	16	170	23	-	-	-			
9	10036	10046	302	340	277	76	61	180	18	180	24	-	-	-			=
10	10050	10060	313	375	273	74	50	180	12	180	17	-	-	-			=
11	10062	10073	321	382	288	69	44	180	13	180	18	0	0	0			☔R=
12	10071	10082	308	347	283	70	60	180	14	170	21	0	0	0			☔R
13	10090	10101	291	332	260	70	52	110	15	310	19	70	40	15			☔R=
14	10105	10116	294	335	269	66	49	180	13	190	21	-	-	-			
15	10100	10110	293	351	264	70	35	180	18	170	24	-	-	-			
16	10085	10096	294	330	274	71	55	180	21	170	27	-	-	-			
17	10079	10089	292	332	273	69	53	180	24	180	31	-	-	-			
18	10072	10082	296	336	273	70	53	180	22	190	30	-	-	-			
19	10071	10081	299	337	278	69	57	180	22	170	30	-	-	-			
20	10061	10072	299	332	278	70	54	190	23	170	34	-	-	-			
21	10073	10083	289	327	271	78	58	70	15	190	18	0	0	0			☔R
22	10090	10100	283	319	255	79	62	180	12	180	19	0	0	0			☔R=
23	10064	10075	278	306	255	84	71	340	11	210	18	115	60	25			☔R
24	10017	10028	284	330	250	73	49	110	20	110	23	15	15	15			☔●
25	10019	10030	248	273	230	78	66	40	11	140	14	60	35	20			●☔
26	10021	10032	264	296	234	65	47	140	15	40	21	0	70	0			☔
27	10025	10036	251	295	202	70	48	60	18	30	24	280	110	40			☔=
28	10059	10069	269	318	238	62	37	180	16	170	20	-	-	-			
29	10052	10063	280	321	240	67	45	210	21	230	30	-	-	-			
30	10020	10031	305	353	271	64	49	220	22	200	32	-	-	-			
31	10043	10054	299	345	261	72	53	210	25	170	34	-	-	-			

上旬	10056	10067	282	325	254	76						10					
中旬	10080	10090	299	341	274	69						70					
下旬	10044	10055	277	317	246	72						470					
月	10059	10070	286	327	258	72						550					
極値				382	202		35	210	25	170	34	280	110	40			
起日				11	27		15		31		31	27	27	27			

気温 日数 °C							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	22	29	31	27	10	0	0	0	14	6	4	2	0	0	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
							512	0	0	0	0	0	0	0	0	1614	510	0	0	0	0	6	0	0

特記事項	
------	--