



羽田空港

WEATHER TOPICS



夏季号

通巻 第 92 号

2022 年（令和 4 年）

8 月 30 日

発行

東京航空地方気象台

空港気象ドップラーライダーについて

1. はじめに

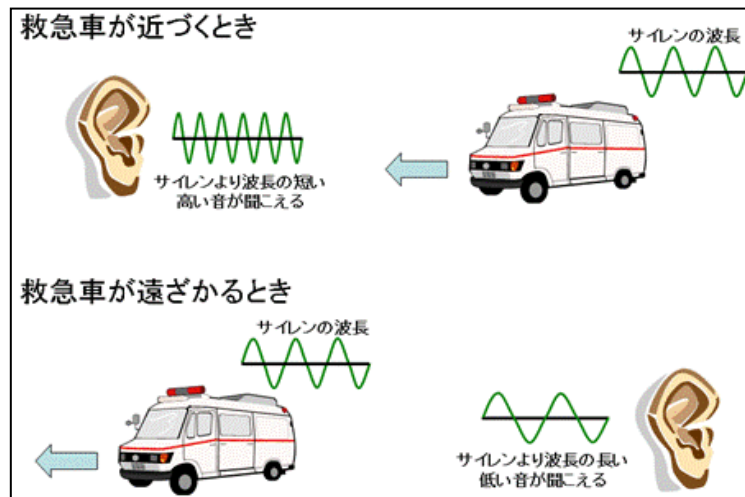
航空機の離着陸に影響を及ぼす大気下層の気流の乱れを捉えるため、羽田空港では空港気象ドップラーライダー（以下「LIDAR」）を 2 台設置し観測を行っています（写真 1）。目には見えない大気の流れをどのように観測しているのでしょうか。



写真 1 LIDAR 1 号機 外観

2. LIDAR の観測原理

大気中にはエアロゾルとよばれる、風によって浮遊する目には見えない微粒子が存在します。これを対象にレーザー光を照射し散乱させると、散乱された光は対象の移動速度に応じて周波数が変化します（ドップラー効果）。身近な例では、救急車が通過する際にサイレンの音の高さが変化して聞こえることがあります。これもドップラー効果によるものです（第 1 図）。



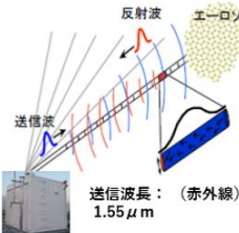
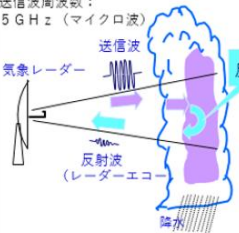
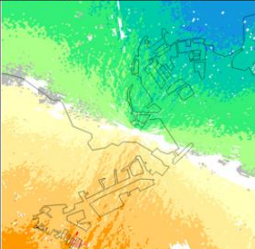
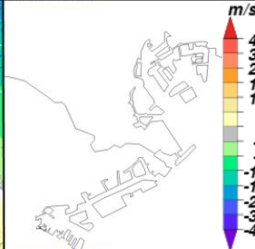
第1図 身近なドップラー効果の例

LIDARはこの周波数の変化を捉えることによって、視線方向(レーザー光方向)の対象の移動速度(ドップラー速度)を測定します。エーロゾルは風とともに移動するため、測定されたドップラー速度をその地点における風速の視線方向成分とみなすことができます。

3. LIDAR と DRAW の比較

空港気象ドップラーレーダー(DRAW)もドップラー速度を観測していますが、LIDARとは活躍する場面が異なります。これはDRAWとLIDARでは観測に用いる電磁波の波長が異なるためです。一般に波長が短いほど小さな目標を識別できますが、同時に雨滴等による減衰の影響も受けやすくなります。LIDARは波長約 $1.5\mu\text{m}$ の赤外線を利用し、エーロゾル等の微粒子の観測を行う一方、降雨時は観測範囲が大幅に縮小します。それに対してDRAWは波長約 5.6cm のマイクロ波を利用し、降水粒子を対象として観測を行います。この両者の特性を活かし、非降水時はLIDAR、降水時はDRAWを利用することによって、降水の有無によらず気流を観測できます。

第1表 LIDAR と DRAW の比較

	目的	測定方法	雨天時観測例	晴天時観測例	
LIDAR	○ 非降水時における気流の観測 	 送信波長: (赤外線) $1.55\mu\text{m}$			ライダーとレーダーは観測条件・探知範囲が異なり、それぞれ補い合う装置である。 ↓ 降水時・非降水時に関わりなく航空機の安全運航に危険を及ぼすウィンドシアアを監視
DRAW	○ 降水時における気流の観測 	送信波周波数: 5GHz (マイクロ波)  気象レーダー 反射波 (レーダーエコー) 降水		 m/s 40 30 20 15 10 5 1 -1 -5 -10 -15 -20 -30 -40	

観測例の着色はドップラー速度を表し、その凡例はDRAW晴天時観測例図中に示されている。
ここで、ドップラー速度の値は観測機器から離れる方向を正としている。

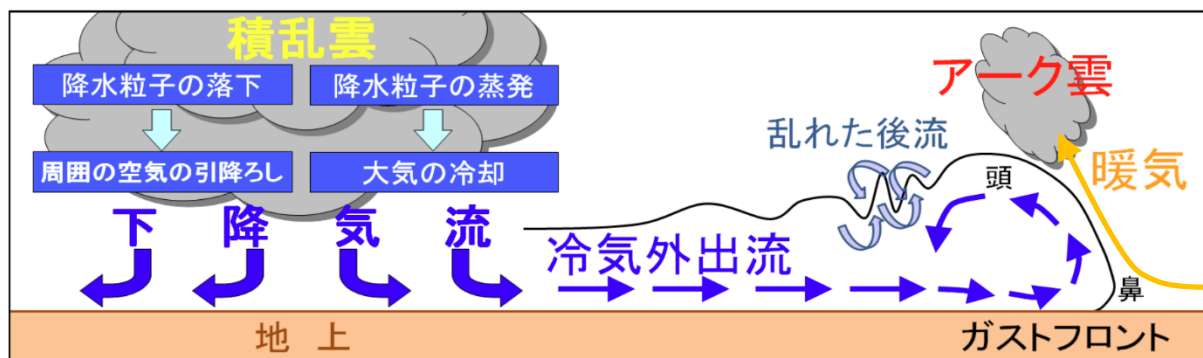
4. 観測事例の紹介

2022 年 6 月 3 日のガストフロントの観測事例を紹介します。当日は上空の寒気の影響で大気の状態が不安定となり、午後は関東地方の各地で雷雨となりました。羽田空港では南下する対流雲に先行するガストフロントの通過に伴い、16 時 20 分(日本時間)に SQ (スコール)¹を観測しました。以下は当時の SPECI 報(特別飛行場実況通報式)です。

SPECI RJTT 030720Z 34011KT 9999 SQ FEW030 SCT080 BKN120 24/17 Q1006 RMK 2CU030 3AC080 6AC120 A2972 P/RR=

SPECI RJTT 030727Z 01027G37KT 9999 TS FEW020 FEW025CB BKN080 BKN120 21/17 Q1006 RMK 1CU020 2CB025 5AC080 6AC120 A2973 FBL TS 20KM N MOV SE=

ガストフロントとは、積雲や積乱雲から吹き出した冷気（冷気外出流）の先端と周囲の相対的に暖かい空気との間にできる小規模の前線で、地上では突風と風向の急変、気温の急下降と気圧の急上昇が観測されます（第 2 図）。3 日はガストフロント付近に写真 2 のようなアーク状の雲も見られました。



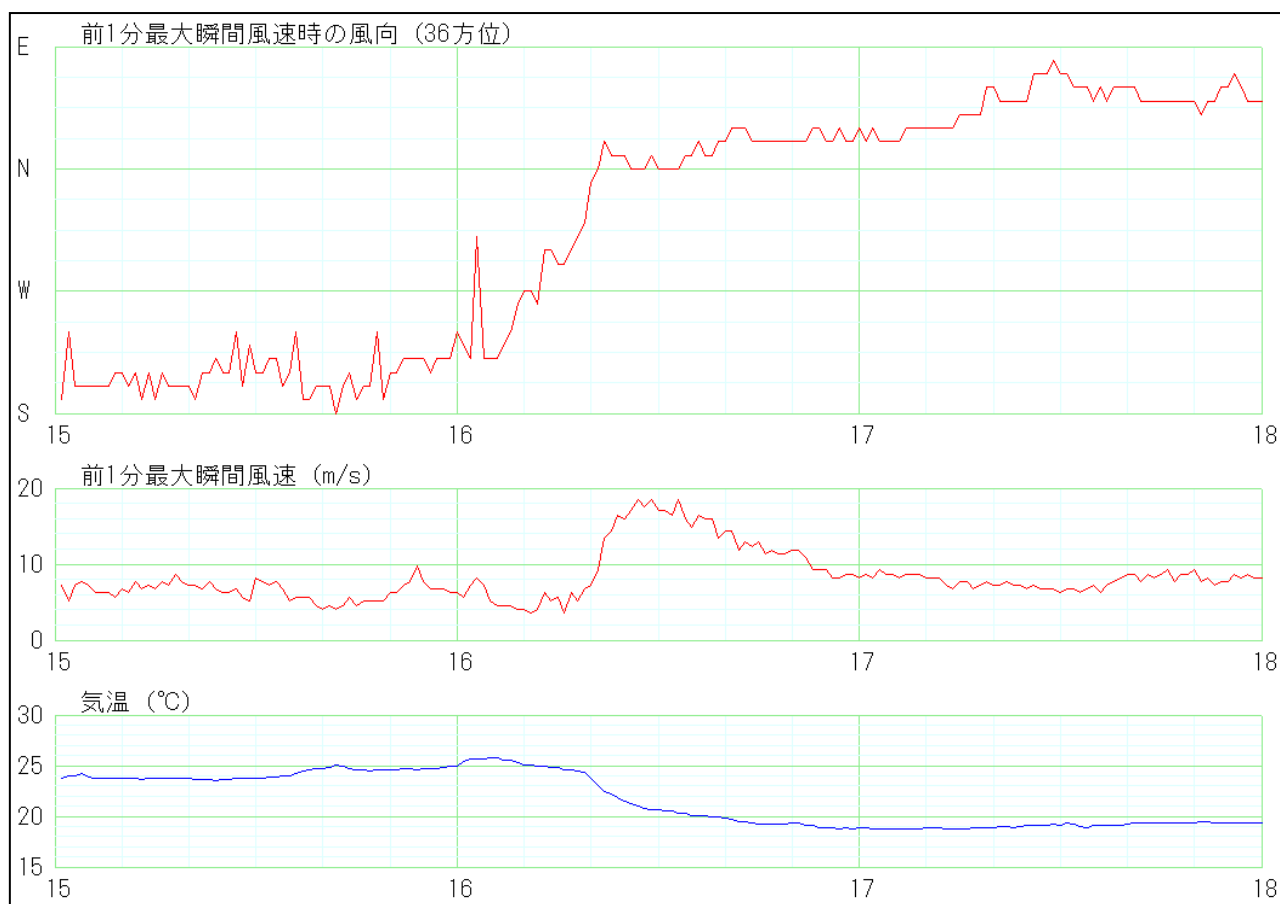
第 2 図 ガストフロントとアーク雲形成の模式図



写真 2 庁舎から北西方向に見られたアーク状の雲（3 日 16 時 10 分頃撮影）

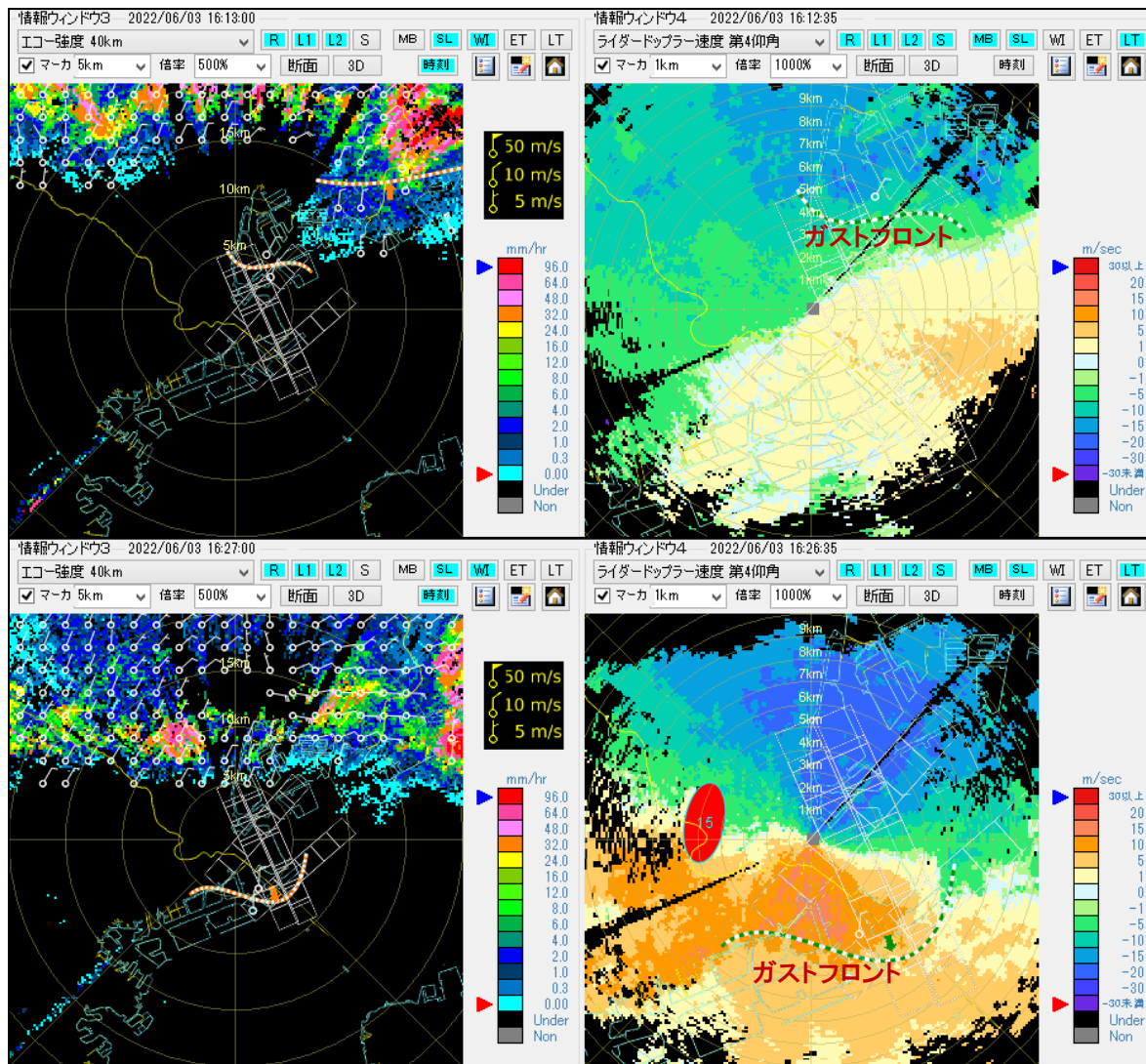
¹ 気象現象上は風速が急速に強まり数分後には弱まる現象をいうが、航空気象観測においては、瞬間風速が 1 分間に 16kt (約 8m/s) 以上増加してその状態が少なくとも 1 分間以上持続し、かつ持続期間の平均風速が 22kt (約 11m/s) 以上である現象をいう。

第3図は3日15時～18時の風向風速と気温のグラフです。16時20分から30分頃、ガストフロントの通過とともに、南よりの風が北よりに変化して風速が急激に強まり、同時に気温も約5℃急下降しています。



第3図 3日15時～18時の羽田空港における風向風速と気温のグラフ

DRAW と LIDAR による観測画像を第4図（次ページ）に示します。当時、空港の北側に対流雲に伴う降水域があったことが DRAW エコー強度から確認できます。一方で、空港付近や空港の南側には降水域が存在しないため、これらの領域では DRAW でドップラー速度を観測することができません。それに対し、LIDAR ドップラー速度では北側の降水域から広がった冷氣外出流が南下していく様子が捉えられています。（冷氣外出流は北よりの強風を伴うため、第4図において、LIDAR の北側ではドップラー速度が小さな（絶対値が大きな）領域、南側ではドップラー速度が大きな領域が冷氣外出流に対応しています。該当する領域は、16時13分には LIDAR の北側 5km 以北に見られますが、16時27分には南側 6km 以北にあり、時間とともに南側に拡大していることがわかります。）冷氣外出流の先端部にはガストフロントに対応するドップラー速度の急変域がありシアライン（図中破線）が検出されています。ガストフロント後方の気流は乱れており、発散場にはマイクロバースト（図中赤楕円）が検出されています。



第4図 ガストフロント通過前後の DRAW・LIDAR 観測画像

- (左上) 16時13分の DRAW エコー強度
- (右上) 16時13分の LIDAR ドップラー速度 (仰角 3.0 度)
- (左下) 16時27分の DRAW エコー強度
- (右下) 16時27分の LIDAR ドップラー速度 (仰角 3.0 度)

DRAW エコー強度は DRAW を中心とした 40km 四方、LIDAR ドップラー速度は LIDAR を中心とした 20km 四方を描画しており、両者で縮尺が異なる。

図中のドップラー速度の値は LIDAR から離れる方向を正としている。すなわち、寒色系が LIDAR に近づく方向の風速成分、暖色系が LIDAR から遠ざかる方向の風速成分を表している。

図中の破線はウィンドシアー、赤の楕円はマイクロバースト (いずれも自動検出) を表す。

5. おわりに

航空機の安全な運航のためには、乱気流の常時監視が欠かせません。降水時には DRAW、非降水時には LIDAR を利用することで、降水の有無によらずシアーラインやマイクロバーストの検出が可能となります。これらの情報はウィンドシアー情報文として、管制官や航空会社の運航担当者に速やかに提供され、航空機の安全な運航に貢献しています。

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