

での回避や、状況により垂直方向に十分な高度差を取っての回避等の対応が可能となります。

なお、回避に当たっては機上気象レーダーでは探知が困難な気流の乱れがあることを認識し、時間的、距離的に十分余裕をもって回避するとともに、揺れる可能性が予想される場合にはシートベルト着用サインを積極的に点灯させる必要があります。

- 現状において正確に予測することが困難な晴天乱気流についても、運航開始前に、よりきめ細かな予測情報が入手可能となるよう気象解析システムの処理能力、予測技術の向上が期待されるところです

### 航空機搭載型ドップラーライダーの実用化

- 航空機搭載型ドップラーライダー装置及び得られた情報を活用した飛行制御

レーザー光を用い大気中のエアロゾルからの散乱光のドップラー効果を利用することで、機上気象レーダーとは異なり降水粒子がなくても機体前方の風速等を計測し、それらの情報を基に機体を自動制御することにより航空機の揺れを軽減する技術開発の取組がJAXA（宇宙航空研究開発機構）を中心に行われています。飛行実験を通じて高高度における風の観測能力は実証されていますが、その探知距離をさらに伸ばすべく研究が続けられているところです。探知距離の向上は観測機器の高出力化、高性能化が必要となり、航空機への搭載のための小型・軽量化と相反するものであり、それを新たな技術を取り入れることで両立させることを目指しており、その実用化が待たれます。

### EDR等乱気流情報の活用

- EDR等を利用した乱気流情報の共有

現状における乱気流の実況情報は、飛行中の運航乗務員からの報告であるPIREPにほぼ依存していますが、その揺れの強さは航空機の大きさや運航乗務員の主観によるところも大きく客観的なものではありません。これに代わるものとして開発されたEDRを使用した自動通報システムを活用すれば、よりリアルタイムで乱気流情報が入手できるようになるとともに、機体の大きさも踏まえた客観的かつ定量的な揺れの強度を評価することが可能となり、航空機はその指標の大きさに応じた対応を取ることが可能となります。このEDR等を利用した乱気流予報、共有の取組はICAO、IATAを始めさまざまな枠組みの中で公式の指標として収集、蓄積及び共有が行われています。

### コラム

#### 『新技術を活用した即時性のある揺れ情報の共有の取組について』

どこでどのような揺れが発生しているか知ることは、機体動揺事故を防止するために大切なことですが、現在の情報共有には客観性、迅速性の面での課題があります。日本航空株式会社では、EDRや民間気象事業者が提供するサービスを活用したリアルタイムな情報共有システムの活用に取り組んでいます。これについて、同社運航基準技術部から寄稿いただきました。

## 「JAL が取り組む航空機の突発的な揺れによる事故防止対策」

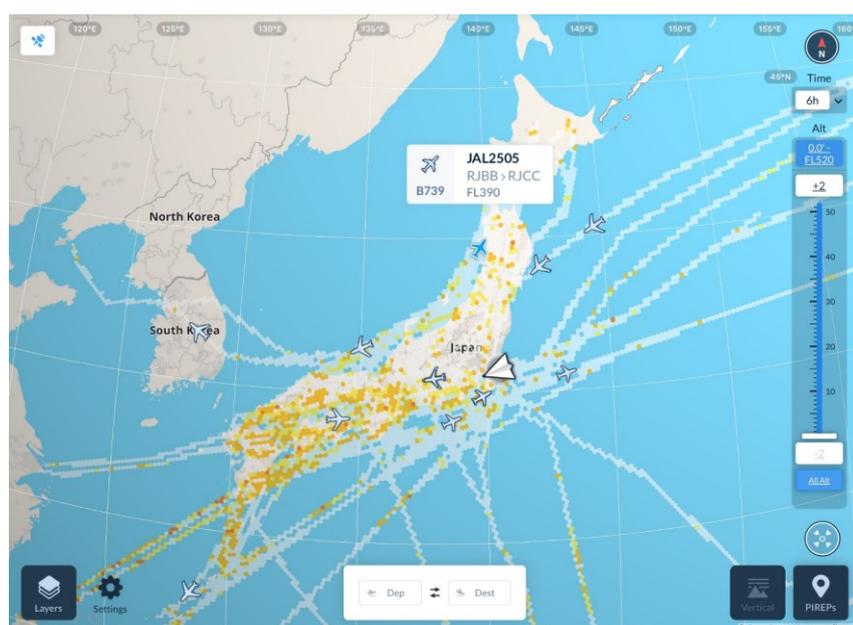
快適な機内サービスのご提供や、お客さまや乗務員のけがを防止するために、飛行中の突発的な揺れの発生位置をあらかじめ把握して影響を回避することは航空会社にとって大切なことです。

そこで最新の気象図などの気象情報を駆使して、安全な飛行計画およびそれに基づいたサービス計画を立案しますが、気象情報を補足するために、実際に揺れに遭遇したパイロットからの報告を活用することが極めて有効です。実際に遭遇した揺れの報告では、位置（緯度、経度、高度）、大きさ、時刻の正確さに加えて、報告のリアルタイム性が重要になってきます。しかし、現在運用されている C-PIREP という航空会社間の情報共有システムでは、パイロットの体感による揺れの大きさを、飛行中の揺れに対する対応が完了した後に手作業もしくは口頭で報告する方法であるため、揺れ情報の客観性やリアルタイム性といった課題があります。

C-PIREP におけるこれらの課題を解決する技術として EDR（Eddy Dissipation Rate）が注目されています。EDR とは ICAO が揺れの基準として推奨している気流の乱れを表す指標で、航空機のコンピュータに搭載された計算プログラムが、機体のセンサーデータを元に自動的に算出してリアルタイムに地上に報告されるため、理論上は曖昧さとタイムラグが発生しません。

JAL グループでは 2021 年 1 月より本邦で初めて EDR を活用し、揺れ情報をリアルタイムに地上に自動報告する仕組みの運用を開始しました。同時に民間気象事業者と共同で開発した、「自動報告された揺れ情報を AI で迅速に処理して即時に運航中の航空機に自動通知する仕組み」の運用も開始しており、現在では揺れが発生してから共有されるまでにほとんどタイムラグがなくなっています。

EDR プログラムは現在ボーイング 737 型機と 767 型機の一部（JAL グループ運航機数の約 35%）に搭載していますが、搭載機種を拡大するには技術的な課題があり、揺れ情報の量を増やすには時間を要します。



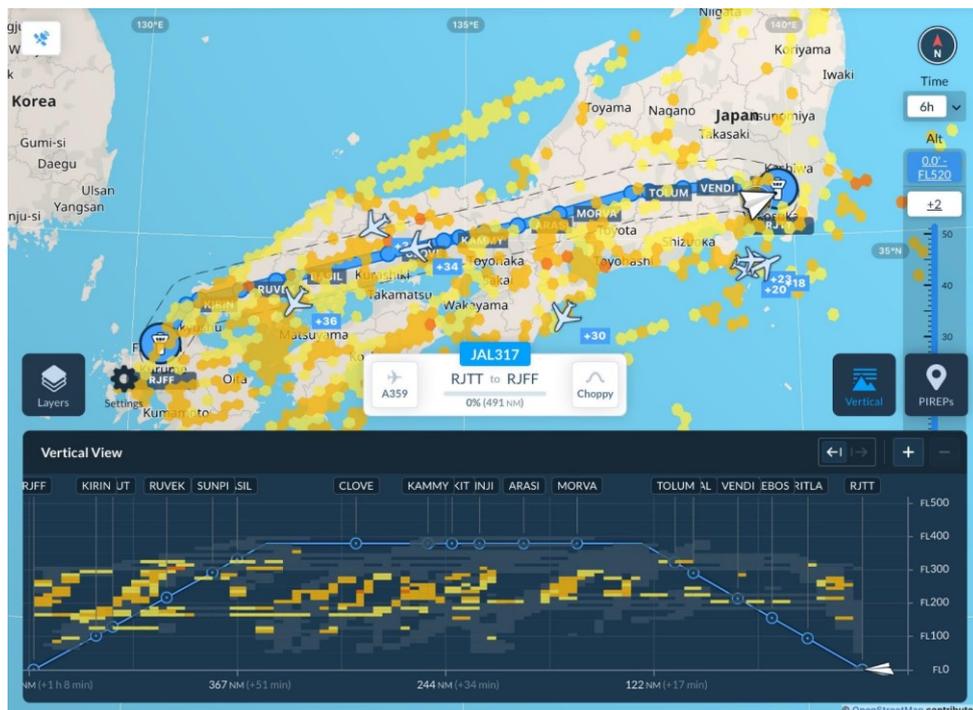
日本列島及び周辺で観測された揺れ情報

JAL グループでは既存の EDR の課題を解決する手段の一つとして、揺れ情報をより多くの機体から容易に入手できる最新テクノロジーの導入を検討しており、そのトライアル運用を 2023 年度から開始しました。

このテクノロジーは、パイロットが運航中に使用するタブレット型端末に搭載したアプリケーションが、タブレット型端末の GPS データと加速度センサを利用して 5 種類（段階）の揺れ強度を自動計測し、機上 Wi-Fi 経由で地上サーバにリアルタイムに送信する仕組みです。地上サーバに送られた自社便および他社便の揺れデータは、機上 Wi-Fi を通じてタブレット型端末のアプリケーションで閲覧が可能です。

アプリに機種情報を登録しておくことで、各機種の機体のサイズに合わせて揺れ強度が自動的に補正され、機体のサイズにかかわらずパイロットの体感に近い客観的な揺れ情報が報告されます。またビューアは、自便の経路に沿った水平面および垂直断面の揺れ情報を閲覧可能で、他の航空機からの揺れ情報の分布も視覚的に把握できるよう工夫がされています。

操縦室で GPS 受信と Wi-Fi 通信が可能な航空機であれば、アプリケーションを搭載したタブレット型端末を操縦室に持参するだけで揺れ情報の発信と入手が可能になるため、EDR と併用することで安全の層をより厚くできる可能性があるかと期待しています。ただしリアルタイムでの情報送受信には機上 Wi-Fi 等の通信環境整備が必須であることから、利用に当たっては航空会社が自社の状況に照らして EDR との棲み分けを検討することが重要であると考えられます。



航路上の揺れ情報（鉛直方向の揺れ分布（Vertical View））