

# 着陸時のブレーキング

- エアバス A380 用 ETRAS<sup>®</sup> システムの開発
- dSPACE プロトタイプリングシステムを使って開発した、航空安全基準 DO-178B Level A 準拠のコントローラ
- 民間航空機用としては初めての完全電動逆噴射装置

飛行機に乗っているときに、エンジンを注意深く観察していれば、逆噴射の効果を目にすることができます。飛行機のタイヤが滑走路に接地すると、直ちにエンジンカウルのベントが開き、エンジンに吸い込まれた空気の一部が機体を減速させる方向に噴射されます。エアバス A380 に搭載された ETRAS<sup>®</sup> システムの開発にあたり、SAFRAN グループの Hispano-Suiza 社は dSPACE プロトタイプリングシステムを使用しました。ETRAS<sup>®</sup> は完全な電動システムで、油圧または空気式コンポーネントは一切使われていません。この種のシステムが、旅客機に採用されるのは初めてです。

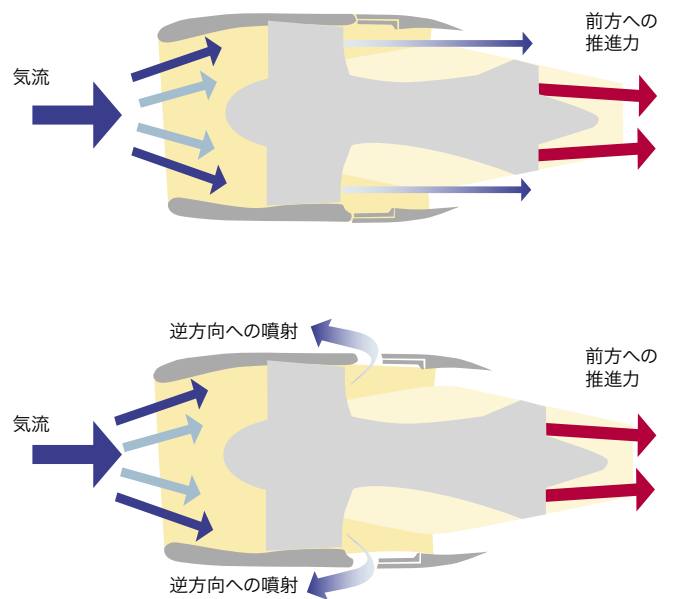
## 制動になぜ逆噴射を使うのでしょうか？

飛行機の逆噴射は、機械式のホイールブレーキの負荷を軽減し、制動距離を短縮するための補助ブレーキシステムです。ホイールブレーキの効果が低下する雨天や凍結、積雪時にも本来の性能を発揮することができます。エアバス A380 では、逆噴射は次のように作動します。機体が着地するとエンジンの側面にあるフラップが開き、気流の一部を前向きに変更します。エンジンブレードは飛行中と同じ方向に回転を続けます。ブレードの回転方向を変えればすむことではないかと思われるかもしれませんが、事実、船舶はスクルーを逆回転して減速しています。しかし、実際のところ、飛行機にこの方法は使えません。時間がかかりすぎるのです。エンジンが逆回転を始める頃には、機体は滑走路の端に達しています。

▼ 逆噴射装置はエンジンナセルを構成するモジュールのひとつです（外径約 4 m）。逆噴射装置の制御アルゴリズムは dSPACE プロトタイプリングシステムを使って開発されました。

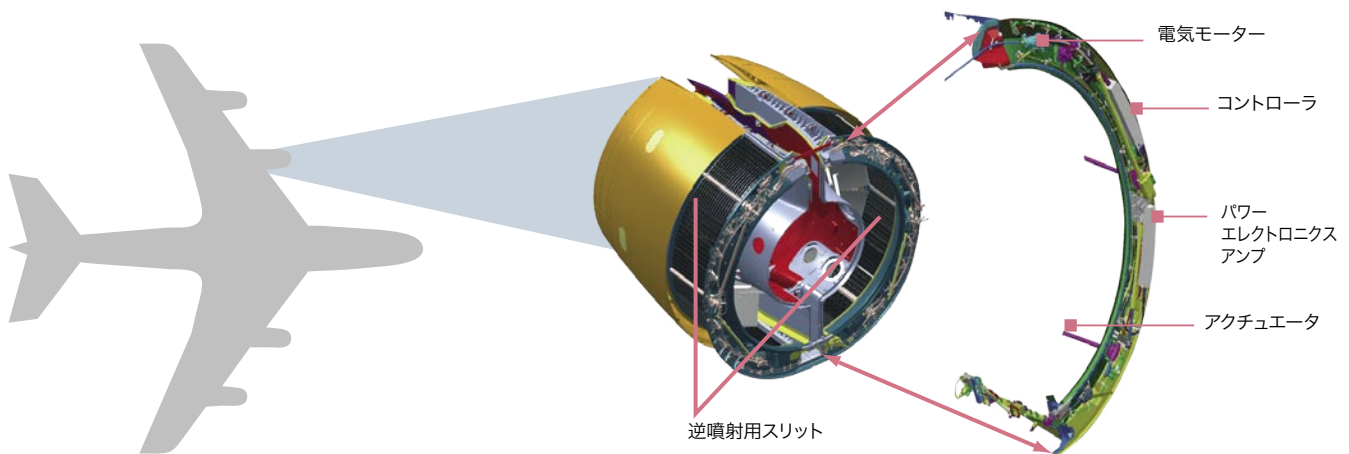
## ETRAS<sup>®</sup> システム - 完全電動式

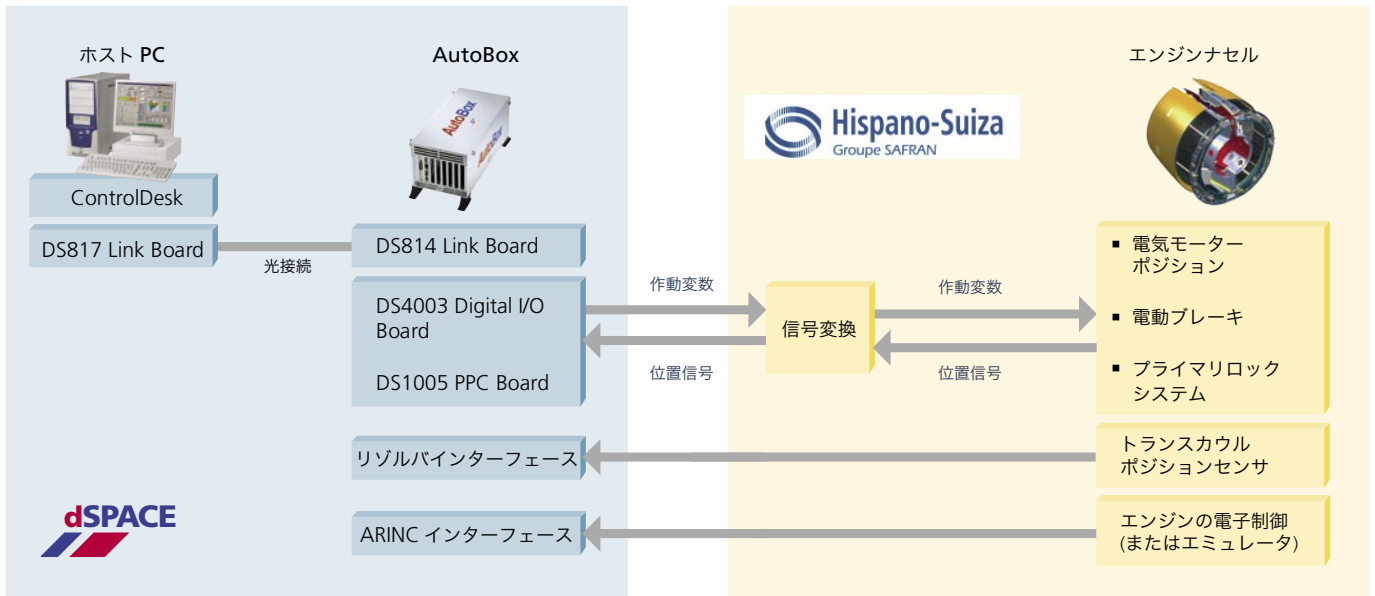
私達は dSPACE プロトタイプリングシステムを、ETRAS<sup>®</sup> (Electrical Thrust Reverser Actuation System) のナセルシステムの制御アルゴリズム（機能レベルと安全レベル）の妥当性確認と最適化に使用



▲ 逆噴射（下図）では、エンジンが吸入した空気の一部の向きを変え、逆方向の推力に変換するフラップシステムにより制動効果を生み出します。

し、システム全体のリスク低減に役立てました。それによって大幅な時間短縮が可能になり、組込みソフトウェアの最終





開発に非常に早期に着手できたほか、航空用ソフトウェアの業界基準 DO-178B Level A に準拠した妥当性確認を行うことができました。

ETRAS<sup>®</sup> システムは Honeywell 社との共同開発から生まれました。このシステムは、同じ SAFRAN グループに属する姉妹会社の Aircelle が設計製造する、エアバス A380 のエンジン (Rolls Royce Trent 902 と Engine Alliance GP7200 の両機種) を用ナセルに取り付けられています。逆噴射装置はセーフティクリティカルなシステムであり、いくつかの重要な要件を満たしている必要があります。

- 逆噴射が地上でのみ作動可能なこと。
- 機体が着地した瞬間に、パイロットの操作により逆噴射が直ちに作動すること。
- 逆噴射の強さと向きがエンジンおよび機体の種類に適合していること。
- 逆噴射の効果が対称で、機体が意図しないコーナリングを起こさないこと。

**柔軟な開発環境**

dSPACE プロトタイピングシステムは、基本的に DS1005、I/O、インターフェースボード、および試験ソフトウェア ControlDesk で構成され、エアバス A380 の逆噴射制御アルゴリズム開発のための利便性の高い環境を提供してくれました。制御アルゴリズムは MATLAB<sup>®</sup>/Simulink<sup>®</sup> を使って設計し、dSPACE の試験インターフェース ControlDesk を使い、プロトタイパーのハードウェア上で実行しました。dSPACE プロトタイピングシステムを使って行った作業のひとつは、I/O インターフェースおよび電動モーター専用のリゾルバインターフェース経由でセンサ信号 (さまざまなサーボ

モーターおよびスレッド付きスピンドルの速度と位置、エアフローを含む) を取得することでした。次にこのデータを用いて、逆噴射調整のためアクチュエータを制御する作動変数を計算しました。

**「電動航空機」の目標に向かって**

ETRAS<sup>®</sup> は、民間機に搭載された、油圧または空気式コンポーネントをまったく使用しない初めての逆噴射システムです。航空機の電動化、すなわち油圧コンポーネントの減少は、重量の軽減につながり、燃費を改善します。そのた

**「柔軟性が高く、応答性の良い dSPACE プロトタイピングシステムは、民間機では初めての完全電動逆噴射装置 (ETRAS<sup>®</sup>) の開発に大いに貢献しました」**

Nicolas Huttin

め全世界の航空機メーカーは、航空機のエンジンおよびその他のコンポーネントの「電動化」の可能性を追求しています。dSPACE プロトタイピングシステムをベースとする私達のツール環境では、こうしたチャレンジに取り組む上で最適の条件が整っています。システムのモジュール化と柔軟な構成のおかげで、私達は最小の努力で未来のタスクに対応することができます。

Nicolas Gazel, Nicolas Huttin,  
Régis Meuret, Antonio Prata  
Hispano-Suiza  
フランス

▲ dSPACE 装置を使用した開発環境の概要