

本田財団レポート No. 168

第 142 回 本田財団懇談会 (2017 年 6 月 19 日)

「HondaJet の開発と認定」

ホンダ エアクラフト カンパニー 社長兼 CEO

藤野 道格

講師略歴

藤野 道格 (ふじの みちまさ)

ホンダ エアクラフト カンパニー 社長兼 CEO



《略 歴》

- 1984年 東京大学工学部航空学科卒業
- 1984年 本田技研工業（株）入社
- 1986年 航空機の研究開発に従事
- 2005年 ホンダ R&D アメリカ副社長
- 2006年 ホンダ エアクラフト カンパニー社長
- 2009年 本田技研工業（株）執行役員
- 2016年 本田技研工業（株）常務執行役員

《主な受賞》

- 2007年 グッドデザイン賞金賞受賞
- 2012年 アメリカ航空宇宙学会（AIAA）
「エアクラフトデザインアワード」受賞（日本人初）
- 2013年 SAE「ケリー・ジョンソン賞」受賞（日本人初）
- 2014年 国際航空科学会議（ICAS）ジュコフスキー賞
- 2014年 日本イノベーター大賞
- 2015年 経済産業大臣賞 - 技術経営・イノベーション賞
- 2016年 内閣総理大臣賞 - 日本産業技術大賞

《主な会員等》

- 米国航空宇宙学会（AIAA）フェロー
- 英国王立航空学会（RAeS）フェロー
- 米国工学アカデミー会員
- 日本航空宇宙学会フェロー

こんにちは。ホンダ エアクラフトの藤野です。今日はお忙しい中、たくさんお集まりいただきまして、ありがとうございます。今日はホンダ エアクラフトが開発している HondaJet に関して、どのように開発したか、どういう技術が使われているか、あるいは認定の試験がどういうふうになっているかというような全体像を簡単にご紹介させていただきたいと思えます。

■ HondaJet の三つの特徴

最初に、HondaJet がどのような機体かというデモンストレーションビデオがありますので、そこから始めたいと思えます。ご覧ください。

(ビデオ上映)

まず初めに Honda ですけれども、われわれはモビリティカンパニーと言っていますが、バイクから始めまして、車、ロボット、モータースポーツ、そして今は空にということで HondaJet を開発しました。われわれの目的は、HondaJet によりまして移動とか暮らしに対して新しい価値を創造して、一人でも多くの人たちに使ってもらいたい。今までビジネスジェットを使ったことのない人にも使ってもらいたい。このような Honda としての思いで HondaJet は開発されています。

HondaJet の特徴を三つ挙げます。まず一つは、われわれのターゲットは個人ユーザーです。皆さん、エアラインを使われるとわかると思えますが、チェック・イン、セキュリティ、乗り継ぎ時間などすごく無駄というか、時間を使われていると思えます。ビジネスジェットを使うことによりポイント・トゥー・ポイント、目的地へダイレクトに行ける。あるいは乗り継ぎもエアラインではなくて、エアラインからプライベートジェットに乗り換えることで、大幅な時間の削減等が期待されます。またビジネスジェットはセキュリティの面でも大きなメリットがありますから、エアラインのようなセキュリティのリスクなども非常に少ない。そのような個人ユーザーに対してはまったく新しいライフスタイルを提供できるというのが一つの特徴です。

また CAT、corporate air transportation に関して、通常ですとサプライヤーを回る時など、エアラインで行きますとハブの空港を使って 3 カ所を回ると 2 日とか 3 日かかりますが、HondaJet ですと直接 destination に行けるということで、三つのサプライヤーを 1 日で回れる。ですから、圧倒的な効率のよさというのが発揮できまして、今までですと例えばサプライチェーンの方は 3 日費やさなければいけないところを 1 日で、そして夜は家に帰って家族と食事ができるなど、そのような大きなライフスタイル、それからワークライフバランスの改善が期待されます。

もう一つは、いま長距離間はエアラインで、その後はリージョナルジェットで final destination の小さい空港に行くという、スポーク&ハブのビジネスモデルですが、HondaJet を使いますと、メジャーエアラインから HondaJet に乗り換えて小さい空港へ行く。あるいは将来的には日本の成田に着いた後に、エアラインに乗り換えるのではなくて、HondaJet に乗って地方の空港へ行く。ファーストクラスを使っている人たちの新たな移動手段としての可能性を広げていきたい。このような三つの大きなイメージを持って HondaJet を開発しています。

■ 性能・経済性・商品特徴・ブランドの信頼

ビジネスジェット機というのはどういうところが商品として重要なのか。ビジネスジェットを開発するうえではいろいろな市場調査をします。市場調査によって、どんなファクターがどれぐらいのウェイトを持っているかとか、そのような Conjoint Analysis をしてやっていきます。大きく分けると、性能、そして経済性、あるいは、トイレが付いているとかキャビンが静かで広いといった商品の特徴、そしてブランドの信頼、このようなものが大きなファクターとなります。HondaJet はこの四つのファクターにおいてそれぞれ非常に特徴を出しています。そのような特徴ある最先端のビジネスジェットを作りあげることで、まったく新しい小型ジェットを市場に出して、ライフスタイルを変えていきたい。そういうことでわれわれは HondaJet のことを Advanced Light Jet というふうに呼んでいます。それをアメリカ、ヨーロッパ等でアピールして、HondaJet の価値を安い運行コストだけではなくて付加価値の高い商品としていま売り出しています。今たくさんの方の反響があり、たくさんの方のオーダーをいただいています。

具体的に HondaJet のイノベーションはということかということをも簡単にまとめます。現在のライトジェットは小さいのでオペレーティングコスト、燃費とか運用コストが安い。そして Acquisition cost、すなわち購入時のプライスも低い。しかしながら、機体が小さいことによってキャビンもすごく狭い。あるいはスピードがあまり出ない。キャビンのノイズもすごい。キャビンに乗ったことがある方はわかると思いますが、小型のジェットというのはすごくうるさいのです。このようなディスアドバンテージはあるけれど、コスト的なアドバンテージがあるから使っている。小型というメリットはあるけれど、ディスアドバンテージは我慢して使っている。これが現在のライトジェットです。

しかし、Honda は新しいテクノロジー・イノベーションを起こすことによって、あとでご説明しますが、いろいろなテクノロジーを使うことによって、このディスアドバンテージを全部アドバンテージに変えました。あえて言うと、ディスアドバンテージを全部アドバンテージに変えることによって、このクラスでもっとも高性能で、もっとも高効率で、快適性もベストだという画期的なビジネスジェットを開発したということで、欧米では非常に注目されているのです。

■ 画期的な主翼上面配置のエンジン

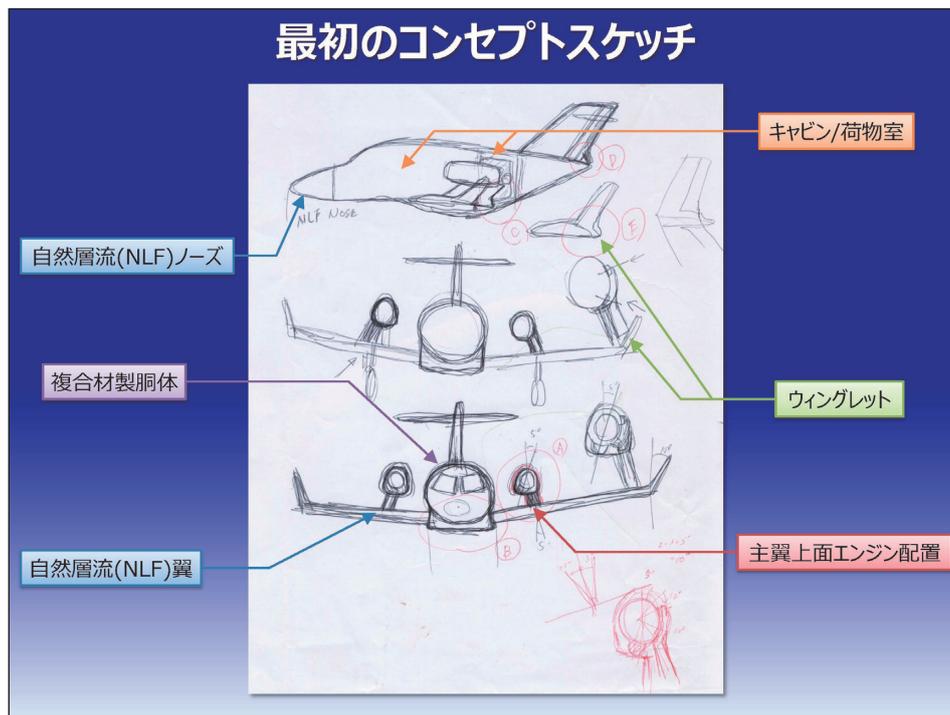


図-1

〈図-1〉 市場調査とかテクノロジーのアプリケーションとか、そのようなことをいろいろ考えていましたが、もともとこういうコンセプトをつくらうと思ったのは 95~96 年ごろです。最初のスケッチですが、まず初めに主翼の上にエンジンを付ける。これにはいろいろなメリットがありますが、いままでは技術的に非常に難しくてデメリットが大きかったので、このような技術を実現することはできなかったのですが、Honda ではいろいろな研究をして主翼上面配置という、いままでにまったくないビジネスジェットの形態をつくりだしてメリットを出しました。

また、翼とか胴体のノーズの形状について、HondaJet を見てわかるように、ノーズは独特な形状をしています。これは抵抗を下げる自然層流技術というのを使っていて、これによって圧倒的に抵抗を下げています。また胴体に関しては複合材製でカーボンコンポジット・マテリアルを使うことによって、軽量化とかファティーグ(疲労)特性とかそういうのを上げています。そして、特徴的なのは大きいウイングレットを付けることによって誘導抵抗も下げる。非常に特徴的な形状になっていますが、これによって抵抗をさらに下げるといことをやっています。ですから、見てわかるとおり、これはラフなスケッチですが、今の HondaJet にかかなり近いコンセプトで、これを実現できたのが HondaJet ということです。

このようなコンセプトをつくり上げた後に、これが実際に実現できるかという要素技術の研究から始めました。要素技術の研究、コンピュータによるシミュレーションとかそういう理論計算を行った後は、例えば JAXA の航空宇宙技術研究所、NASA、ボーイングといった主要なウインドトンネル(風洞)を使いまして、理論と実験値(テスト)が合っているかなどを検証して確かめたうえで、一つの機体にインテグレーションする。技術を全部インテグレーションして、実際にフライト試験をして性能を実証して認定プロセスに入る。このようなステップをきちんと追って研究しまして、そして事業化・認定に入りました。



図-2

〈図-2〉 これは HondaJet の諸元表です。おおまかな大きさをいいますと、長さが 13 メートルぐらいです。車のバン、例えばステップワゴンでいうと 2.5 台から 2.7 台ぐらいの長さのイメージです。主翼のスパンは 12 メートルぐらいの機体です。非常に小型で 1 万ポンドぐらいの重さの機体です。

次に性能です。まず一つ、HondaJet の特徴は非常に速い。クラスで一番速い。同級他機に比べまして圧倒的にスピードが速いのが特徴です。ですから、小型ジェットですが、性能をサクリフェイスしていない。圧倒的な速度性能があるというのが特徴です。

巡航の高度ですが、同級他機が 4 万 1000 フィートにやっと上がれるのに対して HondaJet は 4 万 3000 まで上がれる。圧倒的な高度性能があります。例えば皆さんはエアラインに乗っていると思いますが、エアラインはだいたい 3 万から 3 万 9000 フィートの間を飛びますから、HondaJet はエアラインの上を飛びます。例えばトラフィックが混んでいる時でも、HondaJet はエアラインの上を飛んで、トラフィックを超えて、そして飛行場の近くになったらポッと入る。だからトラフィックを乱すことなく、トラフィックの混んでいるところを超える。加速性能とか減速性能が良いので使い勝手がいい。車でいうと加速の良いスポーツカーのような感じで使えるというのが特徴です。

燃費についてですが、性能がよくても燃費が悪いわけではありません。燃費も同級他機に比べますと最大 18% ぐらいいい。クラス最高の燃費を誇っています。ですから、燃費が低くて性能も圧倒的に良いという、両方を実現しているというのが特徴です。

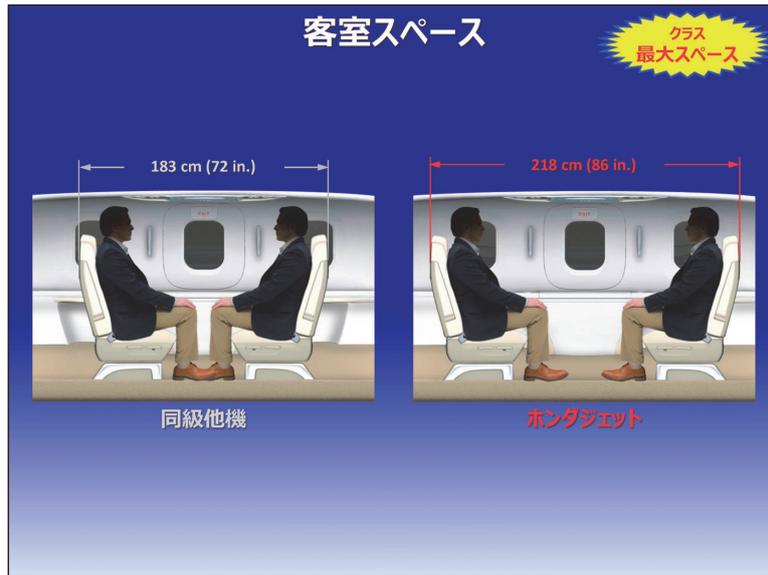


図-3

〈図-3〉 通常のビジネスジェットですと、大人2人が向かい合って座るとお互いの足が重なります。非常に窮屈です。これは小型ジェットに乗った時のカスタマーの大きな不満というか、満足できないところですが、HondaJet は主翼の上にエンジンを付けるということで足元がこれくらい広くなります。ですから例えば 198 センチ、アメリカの 95 パーセントイルでも、全然足が重ならない。非常に広いことで快適なキャビンを実現しています。

■ クラス最高の高速性能、燃費、胴体内スペース

では、このような性能を実現するためにどのような技術を使っているか。パッと見てわかるのは主翼の上にエンジンが付いている。これによりまして機内のスペースを最大限に使えます。なぜかという、通常ですとエンジンは胴体に付いていて、その支持構造とかいろいろな補機類が付いているのでその部分が使えないのですが、HondaJet は主翼に付けることで胴体の中のスペースがフルに使えます。それから、抵抗を下げるという画期的な技術を使ってクラス最高の高速性能、燃費、胴体内スペースを実現しました。

もう一つ、層流技術を使って主翼とか胴体の抵抗を極限まで下げています。また胴体に関してはカーボンの複合材を使っています。例えばゴルフのシャフトとかテニスのラケットに使っているようなカーボングラファイトの複合材を使って軽量化しています。それともう一つ、HondaJet を見てわかるのは表面がすごく滑らかですが、これはコンポジット、型で作っているからです。そして、アビオニクスも最先端のアビオニクスを使っています、完全なグラスコックピットで、14 インチのディスプレイ 3 つを装備したグラスコックピットで、ソフトウェアベースであらゆることができる。このような先進の技術を使っているのが特徴です。

まず初めに主翼の上にエンジンを配置したことの特徴ですが、まず第一に造波抵抗を低減できる。高速時になりますとショックウェーブ（衝撃波）が発生しますが、それを抑えることができるということを見つけたのが大きな特徴です。また、主翼にエンジンを付けることで胴体内のスペースを最大化しました。それから地上の騒音についても、エンジンの騒音が主翼でシールドされることによって、飛んでいてすごく静かなのです。ですから、都市部の空港などで使うのもすごいメリットがあります。

さらに、それだけではなくて、乗っていて機体の振動とか音が圧倒的に少ない。ですから、日本でいう車のテストドライブみたいな感じで、アメリカのプロのパイロットが雑誌のためにテストフライトをして HondaJet のいろいろな批評というか、evaluation をしますが、まず初めに言うのは、” whisper quiet”、すごく静かだと。例えばエンジンをかけた時にかかったかどうかかわからないくらい静かなのです。通常ですとビジネスジェットの場合、エンジンをスタートした時にグーッとすごい squeaking noise みたいなものが起きますが、HondaJet はプルンとかかかったら、振動もないし、音もない。ちょうど高級車ですとプルッとかかって、アイドルになったらエンジンがかかっているかわからないくらい静かですが、そういう感じです。もう一つは巡航時、例えば 4 万 3000 フィートなどを飛んでいると本当に静かです。ジャパン・ツアーの時に私は HondaJet で回り、スタッフは HondaJet に乗ったりエアラインで回ったりしていましたが、一般的な旅客機に乗った後に HondaJet に乗ったら、音がうるさくてもう旅客機には乗れないと。そのくらい HondaJet は静かです。振動が少なくて静かなので疲労の度合いのレベルがまったく違う、次元の違う機体になっています。HondaJet に 1 回乗った人はほかの機体には乗れないというくらい静かな機体になっています。

主翼の上にエンジンを付けることによってなぜ抵抗が下がるのか。これはシミュレーションの一例です。主翼の上にエンジンがない時、マッハ数 0.72 の時には主翼に衝撃波が発生して抵抗がどんどん増えていきますが、エンジンを主翼に対して最適な位置に配置しますと、ショックウェーブがこのように抑えられる。これによって高速になった時でも抵抗が下がるという、まったく直感と逆の現象が起きます。ですから私も理論的に証明して、シミュレーションでも証明して、これはいけるという感覚は持っていましたが、いままでにまったくないコンセプトだったので、シミュレーションの段階では百パーセントの確信を持てませんでした。それを実証するためにボーイングの遷音速風洞、これはマッハ数が非常に高いところまでいける風洞ですが、あるいは NASA の、National Transonic Facility と言いまして、気圧を上げてレイノルズ数を合わせながらマッハ数も上げることでできる特殊な風洞ですが、このような風洞を使ってシミュレーションの結果が本当に正しいのかということを検証しました。

■ 理論を立て、実験を重ね、実機搭載へ

これが検証結果です（スライド）。縦軸が CD、抵抗値です。横軸がマッハ数でして、これは速度を表しています。通常どんな飛行機もそうですが、速度を上げてマッハ数が高くなっていくと抵抗がだんだん増えていきます。ですから、音速の壁とかよく言われているのは、速度を上げていくと抵抗がどんどん上がって、その音速の壁を破れないという感じでした。ちなみに、黒のトライアングルが通常のビジネスジェットの形態です。主翼の上にエンジンを付けた、ピンクの位置に付けた時は、抵抗がドラスチックに悪化します。例えばピンクの位置に付けた時は抵抗が、マッハ数が低い時も増えるけれど、それだけではなくて、低いマックナンバー（マッハ数）から抵抗がどんどん増えて、これだけ抵抗が増えます。ですから、一般的に言われていることですが、主翼の上にエンジンを付けたら抵抗が増えてだめというのはまさしくこれです。ただ、われわれがやっているのは、赤の位置に付けることによって抵抗を下げる。ピンクと赤はご覧になってわかるように、ほんのちよっとの差です。ほんのちよっとの差ですが、最適な位置に配置することで抵抗は逆に下がる。ブルーは何もない、エンジンも付いていない、主翼だけの抵抗ですが、

高いマッハ数では逆にエンジンを付けることによって、エンジンが付いていない時よりも抵抗が下がる。これはいままで一般には考えつかなかったことだったのです。

エンジンを付けることによって、そのエンジンを使って抵抗を下げるというのは、直感的にいままでの人たちは考えつかなかったことで、これは実に大発見だったのです。このような現象を徹底的に調べて、例えばシミュレーションの結果をオイルフローの可視化もやって確かに衝撃波がこのように抑えられている。このように最適な over-the-wing engine mount configuration (OTWEM) というのはエンジンを使って、そしてその空力干渉を利用して機体の抵抗を低減する。このようなまったく新しいコンセプトを発見したことで、この論文を出した時に、論文はすごく高く評価されました。通常ですと論文を出した時の審査期間というのは1年ぐらいですが、この論文を出した時、アメリカ航空宇宙学会からの審査の結果が数週間という、ものすごく早く来ました。「航空機設計史上、重要な発見だ」というような審査のコメントを頂き、すぐ掲載されましたので、それを見た時に私もすごくうれしかったです。それまでは一般の人たちからは認められていなかったのですが、アメリカの学会では認められて、HondaJet の主翼上面配置が専門家に認められたということの第一ステップになりました。

ただ、もちろん空力の面で主翼の上にエンジンを付けることに、最適な位置に付けることで抵抗を下げるというのは大発見でしたが、これを実際に飛行機に使うとなるといろいろな問題があります。おおまかに言うと主翼の重量とエンジンの重量はほぼ同じぐらいです。そうすると主翼にエンジンを付けた時は重量が2倍になって、主翼の剛性は一緒ですから振動数は70%ぐらいに落ちます。振動数が落ちるとフラッターといいまして、例えば零戦などは急降下の時にフラッターを起こして壊れる例がありましたが、あのような振動をすることによって空気からエネルギーを吸収して、発散振動を起こして機体が壊れてしまうという、すごく複雑な空力弾性現象が起きます。これもいろいろな解析や実験をしてそういうことが起きないピンポイントを見つけ、空力弾性の問題、空力の問題を同時にクリアすることによって主翼上面配置が完成したというのが簡単な経緯です。どういう試験をしたかというのがビデオでありますから、ご覧ください。

(ビデオ上映)

ビデオにありましたように、NASA でやった風洞はすごく厚いドアでした。あれは風洞の中の気圧を5気圧ぐらいまで上げて、マッハ数とレイノルズ数(空気の粘性)を同時に合わせる。そういう設備が日本にはないので、NASA であのような試験をして正確なデータを取るというようなことをしています。あるいはフラッターもすごく揺れていました。実機は壊れないから心配する必要はないのですが、これはどういう試験なのかというと、飛行機というのはどこで壊れるかをピッタリと計算と合わせる。イメージとして、壊れなければいいのではなくて、設計どおりのポイントで壊れるということが重要です。ですから、テストでフラッター速度を正確に見積もって、テストで測って、計算結果とピッタリ合っているかということが重要なのです。実際に壊すことができるのは、フラッター風洞でなければいけないので、あのような特殊なフラッター風洞を使って実際に壊して、計算の精度を確かめるというようなことをしています。

■ コンポジット胴体の確立



図-4

〈図-4〉 Honda の層流翼はパッと見ておわかりのように非常に厚いです。ビジネスジェットですと 10% から 13% ぐらい、厚くても 13% ですが、HondaJet の場合は 15% までであるということで、厚い。厚いことによって燃料をたくさん積める。厚いことによって、梁(スパー)の断面二次モーメントが取れるので軽量化できるというメリットがあります。しかも、厚いけれども HondaJet は NLF、自然層流で抵抗が低いので、揚力が高くて抵抗が低い。あるいはロー C_m 、これは層流翼の特徴ですが、ピッチングモーメントが発生して、それを釣り合わせるために高速時は尾翼のダウンロードが必要です。しかし、ダウンロードが大きいと抵抗が増える。ですから、HondaJet の翼というのはここ(後縁部)を、ほんの少しですけれども、意図的に剥離させて、そのピッチングモーメントを下げるというような特殊な工夫をしています。これも特許になっています。

それから Stall characteristics (失速特性) ですが、飛行機で重要なのは、主翼が単にきれいな状態の時だけに性能が出るだけではなくて、実際の運用、例えば虫が付くとか、氷が付くとか、錆が付くとか、そういう時にも主翼の性能が悪化しないことが非常に重要です。これはプラクティカル (実用上) な設計要件です。飛行機というのはアイデアル (理想的な) なコンディションで飛ぶわけではないので、いろいろな環境、いろいろな条件でも失速特性がいいというふうなことが重要でして、これはそういうところに優れた翼です。

理論設計をした後には Honda の自動車の低速風洞を用いて実際の翼を、これはアルミ構造でできていますが、アルミでできた実際の構造で層流が保たれるか確かめます。それから T-33 というロッキードのトレーナーの主翼を HondaJet の主翼に代えまして、実際の速度、実際の高度で本当に性能どおりの抵抗値なのか、失速特性なのか確かめます。そして、それ以上の速度、マッハ数 (たとえば 0.8) になりますと実機ではテストできないので、フランスの ONERA、これはフランスの NASA のような組織ですが、ここの風洞を用いてカラーシュリーレンでショックウェ

ープのフォーメーションがシミュレーションどおりかというようなことを確かめます。理論とテストによってきちんと確かめて、それを実機に搭載するというプロセスを踏んでいます。

複合材の胴体で特徴的なのは、パッと見てわかると思いますが、HondaJet のノーズは複雑な三次元形状をしています。こういうのはアルミの板ではうまく成形できないのですが、コンポジット材を使うことによって複雑な三次元形状を実現して抵抗を下げることに成功しています。もちろんコンポジットを使っていますから、軽量化とかファティーグ（疲労特性）も非常に良いというのが特徴です。

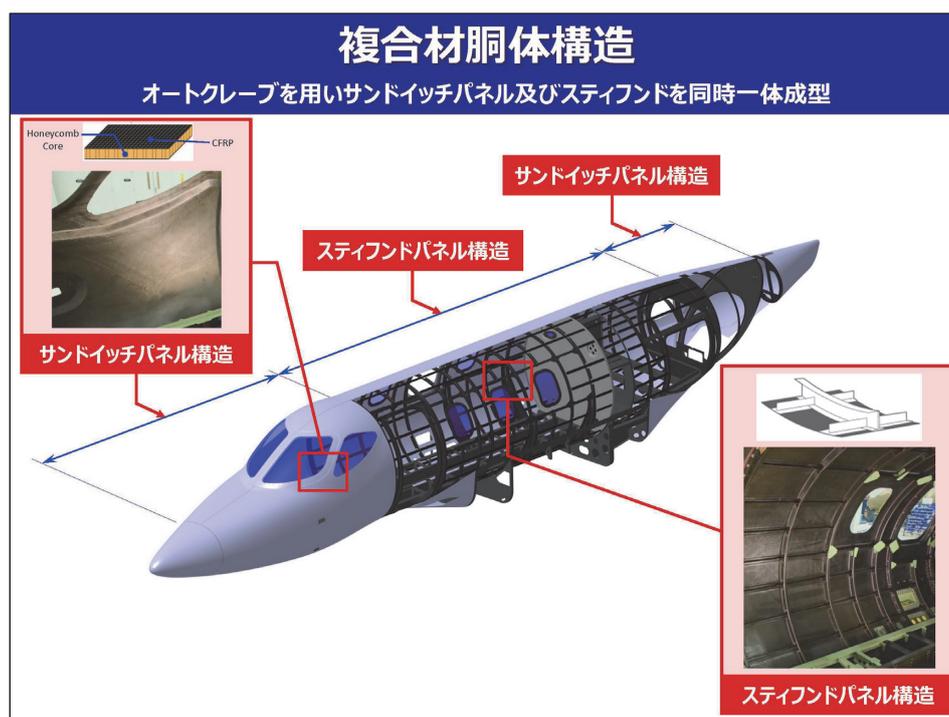


図-5

〈図-5〉 これは HondaJet の胴体のコンセプトです。ノーズ部分とテールの三次元形状部分というのはハニカムサンドイッチ構造を使っています。飛行機というのは高空を飛ぶ時に与圧するので胴体が膨らみます。フレームがありますと、フレームのあるところは膨らまないのですが、スキン部分は膨らむので、ちょうど枕のよようにということでの言い方ですが、よく見るとピロー現象が起きます。ただ、ハニカムサンドイッチ構造にしますと均等に圧力がかかって膨らむのですが、膨らんでも曲率は維持されます。空力で一番重要なのはその曲率なので、一番重要な三次元形状のところはハニカムサンドイッチ構造で曲率を維持しながら抵抗を下げて、一般部分はアルミニウム構造に近いフレームストリンガー構造で、ブラックアルミニウムと言いますが、コンポジットを使っているけれどもアルミに近いような構造で、将来ストレッチする時などにも対応できます。

ただ、コンポジットを使うというのはいろいろ技術的な課題があります。例えば雷が落ちた時、アルミですと電流が流れるので電流が分散されますが、コンポジットというのは電流が流れないので、雷が落ちたらダメージを受け、ひどい時には穴が開いてしまいます。ですから、HondaJet の場合には銅の薄いメッシュを張って、その銅のメッシュに電流を流して散らして、雷が落ちた時にダメージが起きない、あるいは最小限になるような技術を使っています。当然そのためには実際に雷と同等の電圧をかけて雷を落として、本当に電流が分散されて流れるのか、落雷による

ダメージがないのかという試験をします。またペイントの厚さなども電流の流れに影響するので、ペイントの厚さを何種類も変えて最適なペイントの厚さを探し出して、落雷の影響がないようなペイントになっています。

またコンポジットはリベットだけではなくて接着を多用します。接着というのは、きちんと接着されているかどうかというのは外観からは確認できないこともあります。ですから NDI、Non Destructive Inspection といひまして、接着部分に超音波などを当てて、例えばボイド（気泡）が入っていないかどうかとか、そういう検査のためのテクノロジーを開発するというようなことも必要です。あるいは一般断面部分は座屈許容設計といひまして、皆さん、飛行機を近くで見ると胴体の下とか、しわが寄っているのを見ると思いますが、飛行機というのは極限まで軽くしないといけないので、普通は座屈を許容するような設計になっています。ただ、コンポジットはブリットルな構造ですから、そういう座屈許容設計はいままであまり使われていませんでしたが、HondaJet の場合にはこのように座屈許容設計をして、コンポジットでありながら座屈をさせて、荷重を抜けた時には元のコンポジットの特性になるというような試験などもして、座屈許容設計の技術を確立しています。このようないろいろな要素のテクノロジーを確立してコンポジット胴体を実現したということです。

■ 誰でも乗れる、誰でも免許が取れる

次にアビオニクスです。皆さん、昔の飛行機とか覚えていると思いますが、エレクトリック・マグネティックでいろいろな計器がたくさん付いています。HondaJet はそういうのではなくて、三つの大きい 14 インチのスクリーンがあるだけです。ソフトウェアベースで計器が全部表示されます。もう一つの特徴は、計器だけではなくて、例えば地形の情報なども全部入っています。ですから、このようにトポグラフィで等高線が出るだけではなくて、実際に飛んでいる時に、これはシンセティックビジョンと言いますが、山の形状とかこのような障害物があると実際に 3D 形状としてスクリーンに表示されて出てきます。ですから、まったく視界のない雲の中を飛んでいても、このディスプレイを見ていれば、たとえば山の斜面に近づいた時には、200 フィートぐらいになったら山の形状部分が赤く表示される。衝突の危険があるということがわかります。最近、日本で山腹にぶつかったという事故を聞きましたが、HondaJet はそういうことはほとんどないというか、ミスはほとんどなくなると思います。このように最新のデータマネジメントをすることでヒューマン・インターフェースを格段に改善して安全性を高めています。

またマルチファンクション・ディスプレイ、中央のディスプレイには車と同じように GPS で地図も出ますが、それだけではなくて、機体システムの状況を全部表示することができます。例えば燃料系で、どこのバルブが閉じて、どこのブーストポンプが動いているとか、フューエル・マネジメントといひまして、右の燃料タンクが少し減ると左から右へトランスファーするというふうないろいろな燃料マネジメントをしています。そのようなこともパッと見てわかります。あるいは油圧ですと、油圧のどこが漏れているとか、アキュムレータの液圧が低いとか、そのようなことが全部マルチファンクション・ディスプレイで見られます。

最後の大きな特徴は、すべての操作がタッチスクリーンでできるということです。皆さん、スマートフォンはアイコンでやると思います。私も若い時は飛行機でも機種によって覚えなければ

いけなかったから大変でした。例えばオートパイロットを設定する時にはキーで入れて設定する。ディスティネーションは ORD とか NRT とか入れて設定する。以前はこれを全部キーで設定しなければいけなかったのですが、HondaJet の場合にはアイコンで、どこに行くというアイコンを押せば飛行場のリストがずっと出てきて、それを指でスクロールして NRT を選ぶ。皆さんがスマートフォンで使っているような感じです。これなども最新の考え方でやっています。

最初、FAA にこのコンセプトを話した時、FAA はコンサバなので絶対にだめだと、あらゆる理由をつけてだめだと言いました。例えば突風で揺れた時に指で押し間違えるだろうと、押そうとしたら突風でほかのところを押すかもしれないと、新しいテクノロジーで考えられるありとあらゆる危険性とかそういうものを。ですから、航空機で新しい技術を採用して認定するのは非常に難しいわけです。この例ではどのような解決策を立てたかということ、二つのスクリーンに手を当てて、親指と小指で握りながら押せる絶対に押し間違いのないような設計にしました。タッチスクリーンの幅とか、ここがきちっとグリップできるとか、そういうことで最終的に認定も OK になりました。認定の時の定性的なパイロットのコメントなどにも応えていかなければいけないというのが難しいところです。アビオニクスシステムは HondaJet の先進的な特徴ですので、ビデオで簡単に紹介させてください。

(ビデオ上映)

ご覧になってわかるように、地図とかそういうものはもう紙ではありません。昔ですとパイロットはパイロットバッグを持っていきましたが、HondaJet の場合はエレクトリック・パイロットバッグということで、まったく何も持ちません。チェックリストなども全部自動です。昔ですと紙のリストを見ながらチェックしますが、HondaJet は始動したら自動的にチェックリストでチェックしますから、すべてオートマチックで、ほとんど何もすることがない。誰でも乗れる、誰でも免許を取れるというぐらいの簡単なものです。

■ HondaJet ヒストリー

HondaJet について、技術のところを細かく説明したので、ヒストリーのほうは軽くいきます。97年にオリジナルのコンセプトを作りまして、約2年間かけて基礎的な研究を、風洞試験とか先ほどご覧にいたいろいろな基礎的な研究をして、99年にコンフィグレーションを決定しました。99年からは実際に詳細設計をして、作って、地上試験をして、2003年にコンセプトの実証機の初飛行をしました。2005年にエアベンチャー・オシュコシュという世界最大の航空ショーで HondaJet を展示しました。そうしたらすごい反響で、最終的に翌年の2006年に会社を立ち上げて事業化することが決まりました。2006年からは認定のための機体、それから、会社をつくる・・・会社の建物を造る、会社のチームメンバーを採用して集める・・・、会社をつくることと飛行機を作るといふ、インフラをつくる段階に入りました。

認定になりますと要求がさらに厳しくなります。例えばここでお示ししていますように、材料ですとキューポントテスト、材料レベルからの特性。そしてサブコンポーネントといいまして、ウインドシールドとかいろいろなコンポーネントレベルで試験をして、それらの試験をビルディング・ブロック・アプローチで積み上げていくというようなことをして強度を証明していきます。

また、例えばシートのクラッシュ・ウォージネスの試験などもコンポーネントでしています。

またアビオニクスなどのいろいろなファンクションテスト、ソフトウェアの試験をします。システムですと、アイシングトンネルを使って実際に凍らせて、氷が解けるかとか、氷が付いた状態では氷の形がどうなるかとか、飛行機の設計では飛んだ時にどういう氷が付くかということも全部計算します。そして計算からの氷のかたちとテストの氷のかちが同じになることを実証しなければいけません。そのようなことまで試験をしなくてはいけないということです。あと、ランディングギアのドロップテスト（落下試験）です。

全機の構造試験に関しては、73 個の油圧のアクチュエーターをコンピュータでコントロールして、飛んでいる状況をすべて模擬する。例えば着陸した時の荷重、あるいは片輪で着陸した時の荷重、飛んでいる時、旋回した時、突風の時、ありとあらゆる条件をコンピュータに入れていまして、この 73 個の組み合わせでその荷重をつくり出して、機体が壊れないか、あるいは計算どおりに壊れるかというようなことを実証します。このように非常にソフィスティケートなテストをして認定試験をパスすることになります。

飛行試験ですが、認定の飛行試験でも多くのことが要求されます。例えば高高度での離着陸性能特性。あるいは、これはアリゾナのユマですが、高温ですね。40 度近いところに機体をずっと駐機していても燃料がベーパーしないか、フューエルポンプは大丈夫か。あとはごく低温の試験です。マイナス 40 度でもランディングギアが下りるか、ドアが開くか、エンジンがスタートできるかといった試験です。これは NASA のワロップスというところでやった試験ですが、滑走路にハーフインチ、12 ミリぐらいの水を溜めて離陸滑走試験をして、実際にノーズから立ち上がった水がエンジンに吸い込まれてもエンジンの性能が悪くならないというふうな試験をします。HondaJet ではこういう試験をして、トータルの飛行試験は 3000 時間を超えています。ですから、認定を取るために 3000 時間以上の試験をして認定を取っているということです。

このような試験を全部終えた後、最後にファンクション・アンド・リライアビリティ、機能信頼性飛行試験というのがあります。これはどのような試験かといいますと、朝から晩まで、そして連続して 300 時間飛び続けます。そして実際に考えられるあらゆる状況、飛行場とか高度とか天候とかそのような状況で 300 時間飛び続けても機能に問題がない、信頼性があるという試験です。HondaJet の場合、この 300 時間を 4 週間以内でパスしました。通常ですと 4 週間でパスできることはほとんどないのですが、HondaJet は 4 週間でパスしまして、FAA の人もびっくりしていたというか、コメントをいただきまして、認定の段階から信頼性の高さを実証することができました。

これは実際に 300 時間を飛んだ時です（スライド）。このようにアメリカ全土の寒いところ、暑いところ、高いところ、そのようなところを全部飛んでファンクション・アンド・リライアビリティをパスして最終的に認定が下りたということです。では、飛行試験、開発試験でどのようなことをやったかということをご確認ください。

（ビデオ上映）

■ ただいま量産の真っ最中



図-6

〈図-6〉 HondaJet はいま量産の真っ最中ですが、その状況をご紹介します。これは工場の様子です。たくさんの HondaJet をいま作っているところです。2016年7月に FAA の Production Certificate を取得しました。これによりまして Honda の社内で、Honda 自身でクオリティ・コントロールとかコンフォーミティなどができる状況になりまして、生産がうんと軌道に乗り始めました。現在は月産約4機のペースで作って出荷しています。

もう一つの特徴は最新の IT 技術を使っているということです。いままでですと工場で働いている方はペーパーでワーキング・インストラクションとかワーキング・オーダーを見ていましたが、全部タブレットに入っていて、タブレットでワーク・オーダーを見ます。あるいはその仕事を始めた時にアイコンを押しますとクロックが始まります。そのワーク・オーダーが終わった時にまた押すとクロックが止まって、その工程にかかった時間が全部 ERP システムに入ります。ですから、毎週どの機体に何時間かかっているかということがデータとして全部出てきています。飛行機の場合、作れば作るほどアッセンブリ・アワーズというのが減っていきますので、そのようにモニターすることが重要です。ワーク・オーダーとか QN とかレーバー・アワーズの時間を1機ごとに詳細に管理しています。あるいは、組み立てている人がどういうふうに組み立てたらいいかとか、図面にアクセスしなければいけない時は、このタブレットがエンジニアリング部門のコンピュータにもつながっていて、CATIA の図面をフロアで全部見て、全部チェックできる。図面もチェックできる。あるいは在庫の状況、部品の納入状況なども全部チェックできる。完全に IT でつながっているというようなシステムになっています。

先ほどペイントのことを言いましたが、小型機でこういうものはないのですが、HondaJet の場合にはペイントロボットでペイントしているために膜厚が均一です。ですから、耐雷特性を満たしているだけではなくて、HondaJet のメタリック塗装のマイカが立つのですが、その立つ

場合も全部均一ですので、見た時にどこから見ても反射の具合がすごくきれいです。HondaJetを見た時に、スポーツカーみたいな塗装だと言われる塗装というのは、このようなテクノロジーを使っているからです。

HondaJetを組み立てているところの映像がありますので、ご覧ください。

(ビデオ上映)

このビデオは早回ししていますから、実際にはこんなに早く働いていません(笑)。アメリカで言うとうけるのですが、日本で言うともうけるかなと試してみました(笑)。

■ 小型機部門の販売シェア 56%

HondaJetの現在の販売状況ですが、アメリカでは五つのディーラーがありまして販売しています。メキシコにも一つディーラーがあって販売してまして、ヨーロッパ、カナダ、南米、そして東南アジアと、いま色が付いているところでHondaJetを販売しています。現在のところの販売は好調でして、去年はこのクラスで2位、今年に入ってから世界でトップになっています。小型機の部門ではシェア56%ぐらいで圧倒的で、このペースでいけば今年1番を取れるのではないかとということで一生懸命やっています。まず1番を取ることを目標にしています。

ジェットを売ることについてはまず乗ってもらうことが重要です。お客さんと直接話して、感じてもらう。個人のお客さんはロジックだけではなくてエモーションで買います。すごく良いと。そういうことを体験してもらうために全世界でデモンストレーションをして乗ってもらっています。北米から開始して、ヨーロッパ、そして2年ぐらい前には日本でもデモンストレーションをしました。あとロシアとか、去年の12月には中東のドバイでやりまして、4月には中国の上海と香港、そして台北というところを回って皆さんに見てもらっています。どこでもレスポンスは非常に良い。Hondaが作った飛行機という期待が高くて、お客さんと話しているとエキサイトメントが伝わってきます。あるいは乗った時にみんな「すごい」と言います。

どういうところがすごいかというと、まず加速です。ポルシェみたいな感じだと思います。Hondaだからポルシェではなく・・・(笑)。すごい加速です。その加速で、わーっ、いいなと。あと、上昇率です。4万1000フィートまで19分、4万3000フィートでも22、3分ですから、あっという間に上がります。皆さん、ロケットみたいだと言います。そして、通常このクラスですと温度が高いと最高速度が出ないのですが、HondaJetはISA、国際標準大気の7度ぐらい高くても420ノットがバシッと出ます。とにかく性能がいい。乗って、下りてきた人はポルシェみたいだと。もう一つ、乗り心地がすごくソリッドです。小さいと感ずるかもしれませんが、乗り心地が抜群によく、突風の中に入ってもビシッとして揺れ方が全然違います。大型機に乗っていると、揺れは小型機ほどバタバタではないけれど、胴体が振動して揺れる感じがありますよね。バスみたいな感じでしょうか。HondaJetはバスではなくてスポーツカーです。そのようなところがエモーションで買いたいという感じになる方が多いようです。

ただ、最近は燃費が良くて広いので、商業的に使われる方も多いです。いまドイツとかフランスではチャーター会社を買っています。お客さんは1回乗ったらもう1回乗りたいということで、チャーター会社のフィードバックは「すごいデマンドで、1回乗ったらまた乗りたい」と。実は

私もそうでした、1回乗ったらまた乗りたいという気持ちになります。自分で設計して自分で言うてはあまり説得力がないのですが、本当に疲れない。例えば昼ぐらいまでノースカロライナで仕事をして、昼食を食べて、ニューヨークで打ち合わせということで乗って、ニューヨークで2時間ぐらい打ち合わせをして、6時半に帰ってきてても本当に疲れない。なぜかという、一つは静かだから。また振動がないのはすごく良い。静かというのはすごくいいんです。皆さん、旅客機に乗った時にノイズ・キャンセリングを使った時と使っていない時で疲労の度合いが全然違うと思います、そのイメージです。HondaJet は高級車のようなイメージの機体です。自分で言うても説得力がないのでビデオをご覧ください（笑）。

（ビデオ上映）

次にサービスです。飛行機の場合、カスタマーサービスは重要です。メンテナンスなどの重要なことは、HondaJet の場合、ディーラーでもサービスしますが、ホンダエアクラフトのほうでもカスタマーサービスセンターを建設しまして Part-145 の認証を受けています。ここでいろいろな整備ができるという認証を得ています。営業時間は 24/7 で夜中でも全部サービスできる。あるいはフィールドサービスチームもいて、フィールドに行ける、現地サポートができる。このようにサービス体制も万全にしています。

もう一つ、ビジネスジェットで重要なのはトレーニングです。飛行機全般もそうですが、ビジネスジェットの場合、ほとんどはパイロットエラーで事故が起きます。そこで、まず機体のほうとしては、いかにパイロットエラーを少なくするような設計になっているか。そしてもう一つ、パイロットがいかにエラーしないかというトレーニングが重要です。HondaJet の場合、HondaJet のためのスペシャルなトレーニングプログラムを開発しました。地上のトレーニング、次に画像のシミュレーターでシステム全体を理解して、そしてフルモーションのレベル D のフライトシミュレーターというふうにステップを追って、シミュレーターでタイプレイトイング（免許）を取ります。高精度なフライトシミュレーターですから、HondaJet のタイプレイトイング（免許）を取る時には HondaJet の実機に乗る必要はありません。全部このフライトシミュレーターで免許を取ります。ビデオがありますからご覧ください。

（ビデオ上映）

■ 認定を取るための提出書類は 240 万ページ

会社の概要を簡単に紹介させていただきます。われわれの会社はノースカロライナのグリーンズボロというところにあります。Piedmont Triad International Airport に隣接した 133 エーカーの土地に、研究棟、本社ビル、プロダクション・ファシリティ、生産工場、カスタマーサービスセンターがあります。1カ所にすべてを集めて、IT でつなげて、高効率のオペレーションを実現しているというのが特徴です。現在、社員数は約 1800 人。30 カ国以上から来ていまして、非常にインターナショナルで、多国籍チームの会社です。アメリカ人だけではなくて、日本人だけでもなくて、ヨーロッパから来た人、韓国から来た人、フランスから来た人、いろいろな人でオペレーションしていまして、本当にインターナショナルなダイバーシティのある会社です。会社紹介のビデオがありますから、ご覧ください。

（ビデオ上映）

最後に、日本ではあまり知られていないと思いますので、飛行機の認定を取るのがなぜそんなに大変なのかということをご紹介させていただきます。認定にアプリケーションしてからのプロセスですが、すべてのプロセスで FAA との合意をとっていかなければいけません。例えばアプリケーションをした時に、実際どういう認定の基準でやるのかとかいったサティフィケーション・ベースとか、そういうことを決めるのから始まりまして、実際にサティフィケーションをする時にはどういう方法で、どういう試験をして、どういうプランでやっていくかということ、機体全体の設計、すべての部品に対してやっていかなければいけません。

そのようなことが終わった後にすべての部品レベルでの認定試験があり、そして実際のフライト試験に入ります。そのフライト試験に入る時もフライトプランをまず初めに FAA に提出して、FAA がそれを承認しないとテストも始められません。それが承認されたら FAA のまた違うディビジョンが、いま飛んでいる機体、テストに使っている機体と設計とがまったく同じに作られていることを証明して承認してもらわないといけません。そして、それがわかった時点で初めて FAA のパイロットが乗って、先ほどのビデオにあったようなフライト試験が始まります。そのフライト試験が終わった後に AEG といって、例えば FSB とかいろいろなエアクラフトのエバリュエーションが行われます。そしてタイプ・サティフィケーションボードというのが開かれて、ここで基本的なタイプ・サティフィケーションが下りて、その後にフライトマニュアルとかそういうものの承認が下りて、最後に TC 取得となります。

具体的にどういうことかということ、例えばサティフィケーション・プランというのはメソッド・オブ・コンプライアンスといたしまして、どのように法規に合っているかということ、われわれはどのような解析方法で、どのような精度で、あるいはどういう試験をして、そしてこれを承認するというような論理、ストーリーをまず作って、それをサティフィケーションの書類として、プランとして出さなければいけません。それを認めてもらわないと次に進めないのです。図面とか解析レポートとか、そういうものは全部 FAA のレビューが入って承認されないと次に進みません。

テストを始める時も、テストプランとかテストの供試体などが図面どおりに、あるいは規定どおりに、材料もどこの国で作られた材料とかかそのようなことも全部チェックされます。テストする時にはテスト器具の承認も必要です。テスト器具が適切にキャリブレーションされて精度が出ているか。そして実際に機体をテストし始める時には、コンフォーミティといって、テストされる機体が本当にそのテストをする機体どおりになっているかということ、ボルト 1 本までチェックする。このようなことを全部していったら FAA のアグリーメントを得なければいけないわけです。

大変だということをおもうと思って話しましたが、たぶんあまり伝わらないでしょうから(笑)、どうやったら大変だということをおぼえてもらえるかなと考えてきました。そこで、FAA に提出した書類がどれくらいかということをおべてもらいました。FAA に提出した書類の枚数は 240 万ページです。それを全部、FAA との整合を取っていかなければいけない、承認されなければいけないというイメージです。ちなみに「広辞苑」の厚いのも確か 4000 ページくらいですから、240 万ページというどれくらいかというイメージがわかると思います。

飛行機の認定を経験して思ったのは、これは本当に想像を絶するような仕事量と正確さと忍耐が必要だと。一つのことに對して FAA が絶対に譲らないという時には感情的に爆発しそうですが、そういう時でも我慢して我慢して納得してもらおう。時には譲歩もしなければいけない。

おそらく認定をした人でなければわからないような人知を超えた経験だったと思います。Honda が 1 社でこの飛行機の認定を取ったというのは、Honda だけではなくて、日本にとっても、あるいは新しく参入する会社にとってもすごいことなのではないかと私は思っています。それだけ認定が大変だったので、認定を取った時は、その紙を渡された時のうれしさは今でも忘れられません。

HondaJet というのは 97 年のこの 1 枚のスケッチから始まりまして、NASA やボーイングの風洞を使いながら理論的な考えを実験で実証していきました。そしてアメリカへ行って実際に機体を作り、初飛行して、その機体を Honda として初めてオシュコシュという舞台で展示しました。このインパクトとかレスポンスが overwhelming で、これをきっかけとして事業化に弾みがつきまして、2006 年には会社を設立して売り出しました。



図-7

〈図-7〉 売り出した時の写真ですが、ここにいるのは全部、人です。何千人という人たちが来ました。通常ですとビジネスジェットの販売開始に何千人などという人たちは来ないのですが、この会場で売り出した時はほかのブースの人がみんな来て、ほかが空っぽになってしまいました。また HondaJet のところに来て、買いたいという人が列を作って並んでいるのです。信じられないぐらいです。私と一緒にいた、ずっと NBAA に来ていた人が「こんなの見たことない、パンケーキが売れているようだ」と。ホットケーキだと。それぐらいエキサイトメントな体験でした。2006 年から本社の建屋とかそのようなものの設計を開始して建物を造りました。そして実際に認定するための機体を FAA と協力しながら作って行って、量産の工場を建て、最終的に 2015 年 12 月 8 日に型式証明を取得しました。では、最後になりますが、Honda がついに型式証明をホンダ単独で取った時のビデオがありますから、ご覧ください。

(ビデオ上映)

ご清聴、ありがとうございました。(拍手)

【質疑応答】

参加者： 1点、質問させていただきます。単年度の黒字に向けてさまざまな困難、技術的な課題もあるのではないかと思います。ビジネスとして今後、成功するために優先的に感じている課題は何か、あるいはそれに対して今どういうふうに取り組んでいらっしゃるのかについてお話しいただければと思います。

藤野： 株主総会みたいですね（笑）。まず初めに飛行機に参入するのが非常に難しいというのは、初期投資と認定を取るということがすごく難しいからです。どうしても初期投資が大きくなるので、それを回収していくにはある程度の販売機数が必要です。積極的に世界展開しているのは、もちろんアメリカが主戦場ですが、それ以外でも小型ジェットについては例えば東南アジアといったところも可能性はすごくあるわけです。例えば最近ですがタイにディーラーを置いた理由は、タイというのは観光では世界でナンバー2です。そういうところに来る人たちがファーストクラスでタイのバンコクに来た後、アンコールワットに行く時はボロボロのプロペラ機に乗ったりしているので、そういう時に HondaJet でどンドンやっていけば、いろいろな可能性が出てくるだろう。あるいは最初にお話しした CAT などは、いままでコーポレート・フライトというのはチャレンジャーとか大きいのを使っていましたが、そういうのに比べると HondaJet はオペレーティングコストが4分の1とか5分の1です。しかも通常ですとチャレンジャーなどは飛んでも週に5回ぐらいですが、HondaJet は15フライトぐらいできます。そういうフリートセールスで、コーポレートのフリートセールス、それからエアチャーター・カンパニー、エアタクシー・カンパニー、エアラインのコネクトとか、そういうことで販売をどんどん増やすというような戦略をとっています。

もう一つ、先ほど機体ごとにアッセンブリ・アワーズを管理していると言ったのは、飛行機というのは自動車のように何十万台とか作らないので、1機ごとに習熟率で減っていきます。ですから、その習熟率が目標としている理論カーブ、ラーニングカーブといいますが、そのラーニングカーブのとおりきちんとアッセンブリ・アワーズが減っているかというのを1機ごとに正確に管理するという意味もあって、SAPですけれど、あのようなERPを使って管理しています。アッセンブリ・アワーズが計画どおりにきちんと減っているか。簡単にいうと、これはコストです。機体のコストがきちんとなっている。

それとフリート数が上がってきた時に、機体というのは機体を買った時のプロフィットだけではなくて、機体がフィールドにあることによるサービスの収入も出てきます。そういうのを全部含めたうえでビジネスプランを立てて、黒字化の目標は何年ということになっています。そのフリートの状況、サービスの状況、販売の状況、アッセンブリ・アワーズの状況というふうなクリティカルなパラメーターを全部管理しながら、予定のカーブに乗っているか。予定のカーブがありますが、そのカーブに乗っているかということも管理しながらビジネスをマネジメントしています。ただ、黒字とかそういうことはもちろんビジネスとして非常に大切なことですが、私が思うに航空機産業は付加価値の高い産業でして、今からの日本、今後5年、10年を考えた時には絶対に必要な産業だ

と思っています。いま韓国とかいろいろな国がコストで競争したりして日本に追いついてきます。自動車などもどんどん追いついてきています。そういう時に日本がどういうところで成り立っていくかということ、頭脳で闘うとか、高付加価値の商品で闘う。このようなことは5年、10年を見てやらなければいけないことだと思っています。それができる会社の一つとして、技術もあって、ガッツもあって、そして長期的なビジョンのある Honda でないとできないことではないかと私は思っています。いろいろ言われることもあります、やはり日本の企業として Honda がこれをやるということは、絶対に必要なことではないかという気持ちを持って、私は毎日、辛い思いをしながら頑張っています（笑）。

- このレポートは平成 29 年 6 月 19 日ホテルオークラ東京において行われた、第 142 回本田財団懇談会の講演の要旨をまとめたものです。本田財団のホームページにも掲載されております。講演録を私的以外に使用される場合は、事前に当財団の許可を得てください。

発行所 公益財団法人 **本田財団**
104-0028 東京都中央区八重洲2-6-20ホンダ八重洲ビル
Tel.03-3274-5125 Fax.03-3274-5103
<http://www.hondafoundation.jp>
発行者 山本雅貴