

MRJ 非常着水適合性証明に向けた全機模型着水試験

MRJ Scale Model Test for Ditching Certification



画像提供: 三菱航空機(株)

真塩 知佳^{*1}
Tomoka Mashio

浦野 明崇^{*1}
Akitaka Urano

河野 慎吾^{*2}
Shingo Kawano

肥沼 宏樹^{*3}
Hiroki Koinuma

MRJ は中・近距離路線を想定した 70~90 人乗りの小型機であるが、洋上飛行の認可を受けることにより多様な飛行ルートで運用できる様に計画している。この洋上飛行の認可には、非常着水を行った際の安全性を証明することが必要となっており、現在証明のための準備を進めている。その一環として、着水時の乗客の安全性、着水後に使用する脱出口並びに着水後の脱出時間が確保されていることを示すために全機模型着水試験を実施し、挙動の確認及び加速度、胴体下面の圧力データの取得を行った。今後、得られた結果を評価し、機体の型式証明取得を実施した上で将来機への応用を目指す。

1. はじめに

MRJ は YS-11 以降途絶えてきた待望の国内開発旅客機であり、現在は設計から製造へと開発フェーズが進んでいるとともに、型式証明取得に向けた各種試験が実施されている状況にある。

MRJ は拡大する地域航空需要に対応するだけでなく、100 席~170 席クラスの機体が飛ぶ幹線の一部を代替する機体として計画されており、多様なお客様(エアライン)のご要望に応え、柔軟に飛行ルートが検討できるよう非常着水に対する適合性証明を取得することとした。これにより海岸線又は緊急着陸に適した陸岸からある一定の距離又は飛行時間を超える洋上飛行が可能となる。

非常着水とは、通常時において水面からの離着陸を行わない航空機が、何らかの理由により海や川などの水面に着水することを指す。旅客機における非常着水の事例は比較的稀ではあるが、近年では 2009 年にハドソン川に着水した A320、古くは 1950 年代にハワイ沖上空で夜明けを待って着水した B377 のように成功した着水例が存在する。

ここでは、非常着水に対する適合性証明の一環として行った、MRJ 全機模型着水試験について紹介する。本試験は、MRJ 開発において、航空局及び FAA 立会いのもとで行われた最初の大規模な試験である。

2. 旅客機の非常着水適合性と着水試験の目的

旅客機が非常着水を行う状況は大きく 2 つに分けられる。1 つは“計画的着水”で洋上飛行中に燃料切れなどの理由により空港に戻れなくなり、海上(水面)に意図的に着水を行う状況である。もう 1 つは“非計画的着水”で、“計画的着水”ではないすべての着水、例えば空港からの離着陸前後に何らかのトラブルにより空港近くの水面上に、意図せず又は十分な準備時間のないまま着水してしまったようなケースである。

非常着水への適合性証明は、最初に挙げた“計画的着水”についての証明であり、次の 3 つの

*1 三菱航空機(株)機体設計部

*2 技術統括本部長崎研究所

*3 航空宇宙事業本部研究部

要素について要求を満たしていることが求められる。

- ①着水時の乗客乗員への傷害や着水後の脱出の妨げを最小にすること
- ②着水後乗客・乗員が救命筏に脱出するのに十分な時間、機体が水面上に浮かんでいること
- ③非常着水に適した装備品を搭載していること

これらの証明について全機模型着水試験では、①に関連して着水時の機体挙動を明らかにし着水時に乗客が受ける衝撃を出来るだけ小さくするための機体姿勢(最適ピッチ角)を設定し、②に関しては胴体下面の圧力データを取得し、急激な浸水を起こすような機体損傷が起きないことを確認することが目的である。

このような着水試験は他の航空機製造会社でも行われるが、頻繁に行われるものではなく、一度取得したデータを後続機の開発に長い間活用している。MRJ では参照出来る既存データがないため、今回着水試験を実施した。取得したデータは、他のメーカーと同様に、今後長い期間に渡って使用される貴重なデータとなる。

3. MRJ 全機模型着水試験

3.1 試験・設備・模型概要

試験はカタパルトで加速した全機模型を水槽に着水させて行った。模型は大きい方が実機の模擬度が高く精度の良い試験が出来る上、計測機器の搭載が容易になり計測項目も増やせる。これに対し、着水時の速度を模型スケールに合わせるため大きな模型を使用するほど切り離し時の速度が増し、その為加速に要するカタパルトのレールが長くなるとともに水槽も長大になる。

このため今回の試験では、これらを鑑み縮尺 1/11 の全機模型を全長約 50m の水槽に着水させた。試験装置の全体図を図1に示す。試験は同様な試験の実績が豊富な英国 TRaC 社の支援を得て行われた。

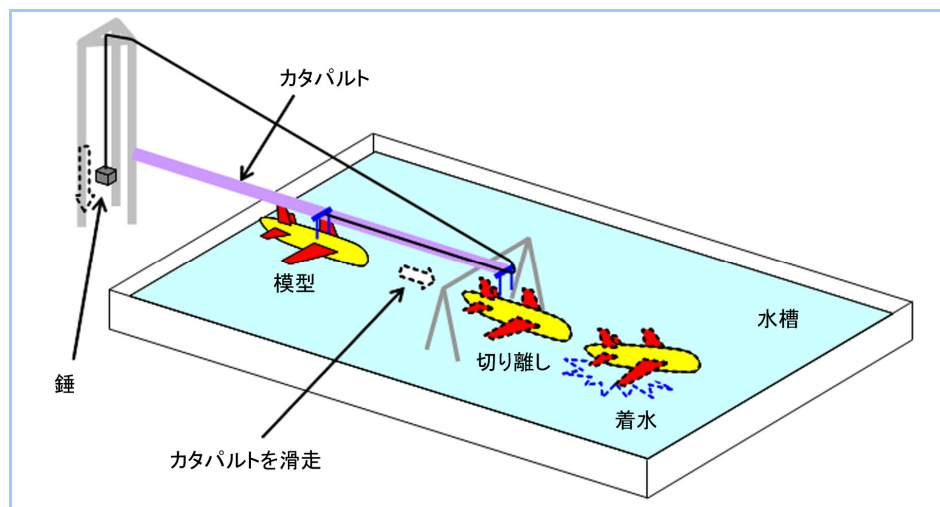


図1 全機模型着水試験装置の全体図

試験では、着水時の機体挙動や機体に働く衝撃力の計測を行うことから、以下の(1)式で表されるフルード数が実機と同じとなるように条件を設定した。

$$Fr = U / \sqrt{gL} \quad (1)式$$

Fr: フルード数
 U: 機体速度 (m/s)
 g: 重力加速度 (m/s²)
 L: 機体の長さ (m)

フルード数は船舶において模型船を用いて水面から受ける力を計測する試験など、水面が関係する試験において実機と同じとなるように合わせられる数(相似則)である。このフルード数を合わせた試験における模型と実機の相関関係を表1に示す。この相関関係を元に試験結果から実機結果を予測する。

表1 フルード数を合わせた試験における模型と実機の相関関係(模型縮尺 1/N)

	模型	実機
長さ	L	NL
重さ	W	N^3W
速度	V	$\sqrt{N} V$
時間	t	$\sqrt{N} t$
加速度	a	a
圧力	p	Np
力	F	N^3F

模型は、着水時に脱落することが予想されるエンジンなどの部位について、実機強度に対応する強度模擬部材を使用し、これらの脱落を試験で模擬できるように設計されている。これにより実機の運動の模擬度が増し、機体に働く力をより正確に計測できる。さらに、強度模擬の難しい翼胴フェアリング及び脚ドアは、着脱を可能とする設計とし、これらの部位の脱落による影響を評価できるようにした。

3.2 計測データ

図2に示すように模型の3か所(重心、コクピット、後部圧力隔壁付近)に加速度センサを配し、胴体下面には最初に着水する後部を中心に圧力計を配した。また、模型にジャイロスコープを搭載して機体姿勢データを取得し、さらに挙動確認のためビデオ撮影を行った。

なお模型への計測装置の配置や計測結果のデータ処理方法などの検討には、JAXA(宇宙航空研究開発機構 航空プログラムグループ)と三菱重工の共同研究で行われた着水衝撃荷重に関する研究の成果を参考にした。

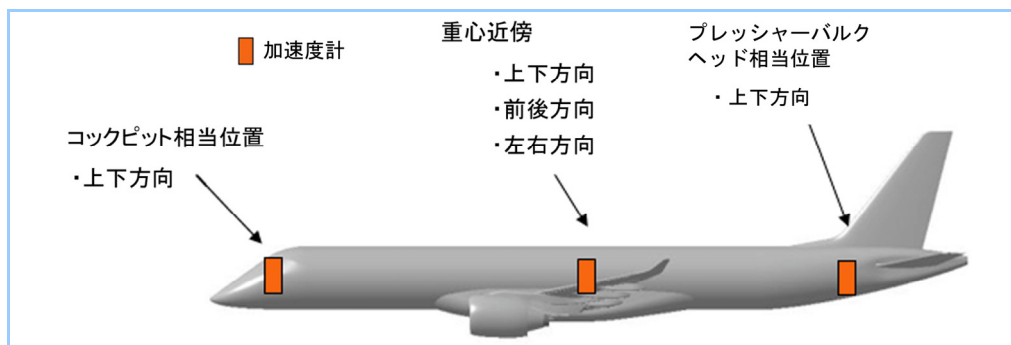


図2 加速度計の設置位置

3.3 試験ケース

前述のように、試験の目的に最適ピッチ角の選定と強度証明があるため、試験ケースは、飛行速度、ピッチ角、重量重心、降下速度をパラメータとし、これらのパラメータを何種類か振った試験ケースを設定した。なお非常着水では、機体はパイロットによりコントロールされた状況で行われると考えて良いため、機首から着水する又は左右に大きく傾いて着水する様なケースは考えていない。

4. 試験結果

まず、試験における典型的な着水時の連続写真を図3に示す。

航空機の着水においては、最初に接水する胴体後部において水の中に引き込む力(負圧)が発生し、これにより機首上げの挙動が生じる。この機首上げの挙動が大きい場合、その後機体が水面に叩きつけられる危険な挙動を起こす可能性があるが、このような挙動は比較的大きな機首上げ姿勢ほど起きやすい。一方、非常に浅い姿勢で着水した場合には、機体が飛び跳ねる挙動(ポーポイジング)が起きやすい。今回の試験ではこれらの無い領域で加速度の小さい姿勢を見つけることが出来た。これにより MRJ は最適ピッチ角及び近傍の機体姿勢において、安定した姿勢を保ってスムーズに着水できる機体であることが確認された。



①胴体後部から接水.



②接水面が胴体の前方に広がる.



③さらに着水が進み、エンジンナセルが接水する.



④胴体が完全に接水し、加速度が収束した状態.

図3 MRJ の典型的な着水挙動

次に、今回の試験で得られたデータのサンプルを図4に示す．詳細を公開することはできないが、上下方向加速度、前後方向の減速加速度とも、接水後短い時間でピーク値に達し収束することを確認した．これらのデータはこの後、適合性証明のための適用文書に用い航空局に提出の上、審査を受けることになる．

また、後胴部を中心とした胴体下面の圧力計測に於いても所望のデータが取得でき、胴体にかかる荷重を確認することができた．

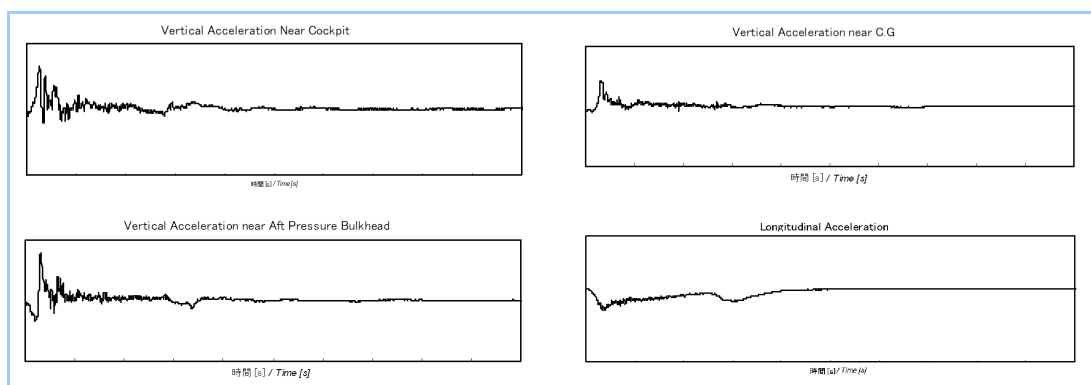


図4 試験にて取得した加速度データの例

5. まとめ

今回実施した全機模型着水試験により、着水時の乗客乗員への傷害や脱出の妨げを小さくし、着水後機体が脱出に十分な時間浮いていることを示すために供する為の基礎データを取得することができた．今後は、得られたデータから各飛行パラメータの影響を評価し、機体の非常着水手順への反映及び強度の証明を行って、非常着水適合性の取得を目指す．