

## 高耐波性水上機の開発

○田中萌生(計算力学研究センター), 櫻井達美(計算力学研究センター), 明石克人(飛洋航空機製造開発), 永野毅(飛洋航空機製造開発)

### High seaworthy seaplanes development

by

Moeki Tanaka (Research Center of Computational Mechanics, Inc.), Tatsumi Sakurai (Research Center of Computational Mechanics, Inc.), Katsuhito Akashi (Hiyo Aircraft Manufacturing co., Ltd.), Takeshi Nagano (Hiyo Aircraft Manufacturing co., Ltd.)

#### Abstract

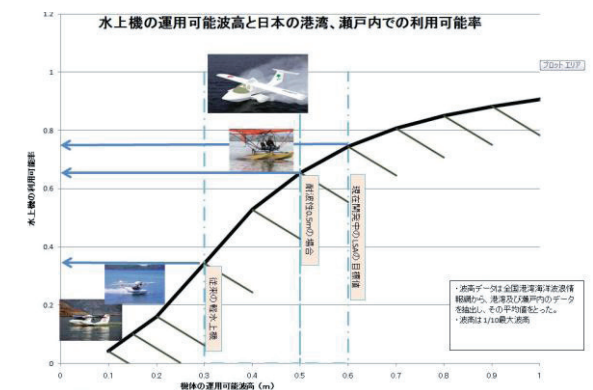
Most of the current seaplanes don't consider seaworthiness. Therefore, it is difficult to use conventional seaplanes in islands. For example many small seaplanes have seaworthiness of only 0.3 meter height wave. This level of seaworthiness realizes only 35% of operating rate. LSA class seaplane that we are developing has the seaworthiness of about 0.6-0.7meter height wave which is about 10 percent of body length. With this capability we able to achieve achieves the operating rate of about 70-75 percent. We able to fly it at almost all Fine day always can use. To meet this specification we optimize the hull shape to decrease the water running resistance and landing shock from the water impact. We have tested flexible float leg structure by FEM Simulation, water tank test on scale model and glide test of ultra-light-seaplanes.

#### 1. はじめに

現状の水上飛行機、特に小型機においては機体の耐波性について考慮されておらず島嶼での運用を行おうとしても実際には運用できないことが多い。例としては現在運行されているレジャー用の小型水上機では波高30cm程度の耐波性のものがほとんどであり、港湾などでの稼働率は35%ほどしかない。我々の開発している水上機は機体全長の10%程度の波高までの波に耐えることを目標としており、LSA(Light Sport Aircraft: 小型スポーツ機のカテゴリー)クラスで0.6m~0.75mの波に耐えることができる。これにより港湾部での稼働率は70~75%ほどになり晴天時であればほぼ運用可能となる。

我々は現在LSAクラス的水上機を開発中であるが、耐波性を向上させ上記のスペックを満たすために艇体形状の最適化を行い、滑走時の抵抗と着水衝撃の減少を行った。詳細を2章に述べる。

また、耐波性の向上のためにフロート支持部をフレキシブルな構造とする方式が機体の安定性に与える影響を調べるため解析・模型・実機における試験を行った。それぞれ詳細を3章・4章・5章に述べる。



第1図 日本の港湾部における水上飛行機の利用率

#### 2. フロート形状

水力特性をできる限り損なわず耐波性を向上させるためには、設計上種々のパラメータについて考慮する必要がある。これには着水衝撃・走行安定・飛沫・滑走抵抗があり、それぞれについて有効と思われる要素は以下のようなものがあげられる。

##### 1)着水衝撃に対して有効

- ・フロート支持部へのバネ・ダンパの導入  
→着水衝撃の緩和
- ・離着水速度の低下  
→STOL性能が高くないと実現不能のため通

常の機体では難しいが効果大

- ・定力艇底形状
  - 着水衝撃最大値の抑制
- ・デッドライズ角大
  - 安定性と滑走抵抗が悪化する

## 2) 走行安定に対して有効

- ・艇体形状
  - フロートの縦横比・ステップ位置・ステップ高さなどの最適化
- ・馬力大
  - 加速性能の向上によりポーポイズが発達する前に域外に加速
- ・バネ・ダンパ
  - フロートの動揺を機体に減衰させて伝えることにより機体が安定する

## 3) 飛沫に対して有効

- ・バウ波押さえ
  - 波押さえによる飛沫の防止
- ・インボードスプレーストリップ
  - 採用例が多い
- ・スプレイ ダム
  - 抵抗が大きい採用例が多い
- ・溝型波消し
  - 効果は大きい形状が複雑かつ抵抗が大きい・コスト面で不利

## 4) 滑走抵抗

- ・デッドライズ角小
  - 着水衝撃とトレードオフ

以上のアイテムのうちバネ・ダンパ、艇体形状の調整、バウ波押さえを設ける、インボードスプレーストリップ、スプレイ ダム、デッドライズ角の調整を組み合わせ耐波性の向上を図った。各要素の最適化についてはストリップセオリーを使用して計算をおこなった。

## 3. バネ・ダンパ装置

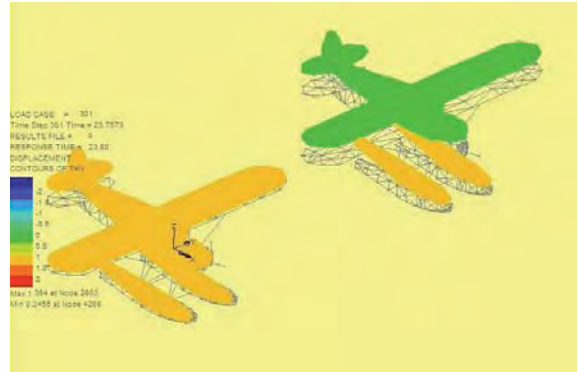
フロート支持部のフレキシブル化、バネ・ダンパの装備による耐波浪特性の変化についてFEMによる解析を行った。プログラムはLUSASを使用した。

機体のモデルを作りフロートの固定部に剛体とバネ・ダンパ要素の2種類のパラメータを適用し横浜国立大学から提供された実際の波の波高および周期の計測データを基に動解析を行った。フロートの動揺についてはバネ・ダンパ要素の有無によらず同じであったがバネ・ダンパ要素を適用した側の方が、フロートの動揺に対して機体の上下方向の動揺・迎え角の変化が少なく、走行安定性に対して有効であることが認められた。解析画像を第2図に示す。

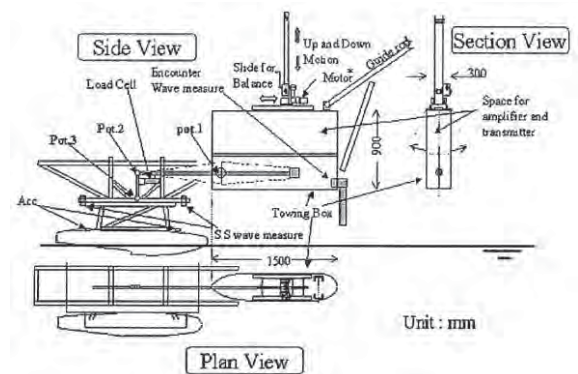
## 4. 水槽試験

模型を制作し横浜国立大学の実験水槽を使用して滑走試

験を行った。試験は1/3スケールの模型を使用し、支持部をバネ構造とした。模型は上下およびピッチング方向に自由に動くように支持して試験を行いピッチングとヒービングの測定を行った。第3図に試験装置の概略図を示す。フロートの動きに対して機体側の動きは抑えられており、波による衝撃の緩和、ポーポイズの抑制といった効果が見られた。試験の様子を第4図に示す。



第2図 解析結果



第3図 試験装置



第4図 水槽試験

## 5. 実機試験

実機によるバネ・ダンパ試験を行った。機体は霞ヶ浦にて活動している飛行クラブ3Sクラブにご協力をいただき、クラブで運用されているBirdman Chinook Plus R582LS型超軽量動力機(ULP)を改造してバネ・ダンパ装置を搭載して試

験を行った(第5図)。 試験の結果、実機においてもバネ・ダンパによる波浪中の機体安定の向上が見られた。



第5図 バネ・ダンパ試験

機体の発注を受けたこともあり、試験機体をQuick Silver Sport2S型ULP (以下QS)に変更しQSに適合する製品用高耐波性フロート開発に着手した。QSでは高耐波性フロートの試験を行い、次にバネ・ダンパ装置を支持部に追加した試験を行った(図6)。



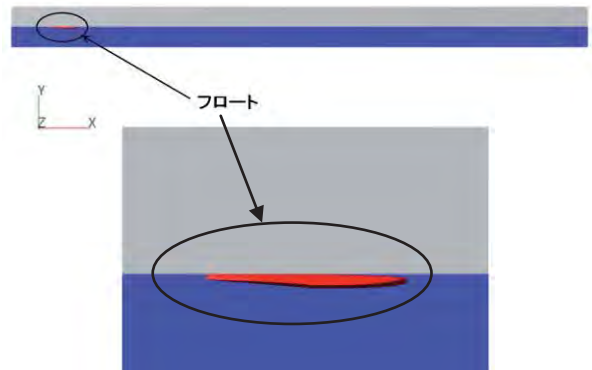
第6.高耐波性フロート実機試験 (波浪中)

フロートを高耐波性のものとしたことによりULP機での目標値である0.5mでも問題なく滑走を行うことができた。また走行性能も良好であった。この高耐波性フロートの改良したものを現在試験中である。

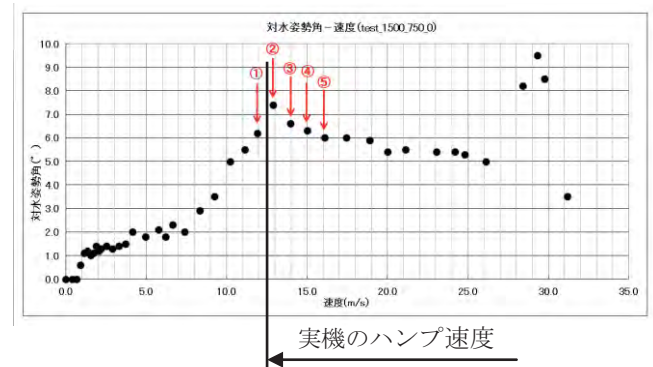
6.離着水シミュレーション

これらの実験・解析等について現段階では系統だっで行われていなかったが、フロートの各パラメータの決定などについては実機での実験結果との関連を見る意味も含めて、FEMの活用による一括した解析が望ましい。そこでCapvidia社製CFDシミュレーションプログラム FlowVisionを使用した水上滑走の安定性解析を行っている。現在は、実体形状今回は水上飛行機の耐波性向上についてフロート形状と

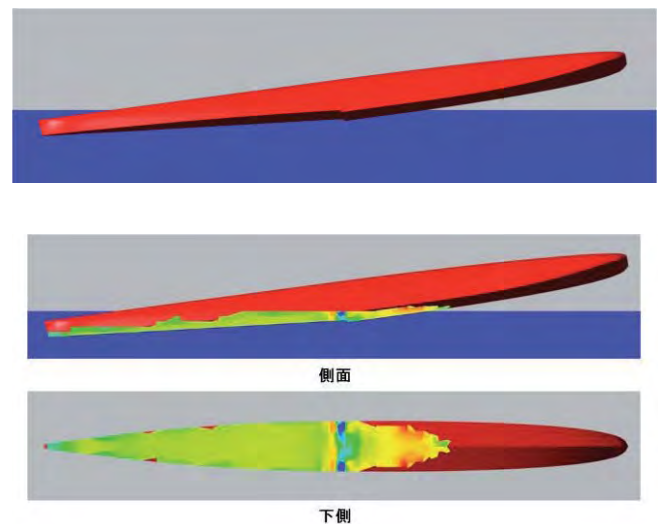
支のフロートモデルによる静止状態から離水までの水上滑走と着水時のシミュレーションを行っており(第7図)、実機との比較を行っている。



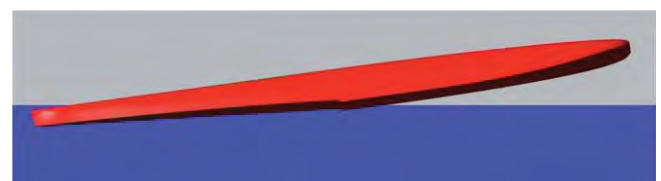
第7図 FlowVision離水解析



第8図 対水姿勢角と速度の関係



第9図 第1表②における姿勢角と艇底圧力分布



第10図 第1表⑤における姿勢角



第8図のとおり離水時の解析においては実機のハンプ速度 ( 造波抵抗が最大になる速度を超えて機体がブレイニングに入る速度 ) の計測値12.51 [ m/s ] に対して12.89 [ m/s ] と正確な値が出ている。このときのフロート姿勢と艇底圧力の分布を第9図に示す。また安定した滑走に入る点( 第10図 ) でのフロートの対水姿勢角6.0 [ deg ] も実機での計測値6.5 [ deg ] と近い値がでておりシミュレーション結果は活用できそうである。

## 7. まとめ

持部のフレキシブル化を挙げた。フロート形状については関連するパラメータを耐波性が向上するように最適化し、実機により効果を確認した。支持部のフレキシブル化については、波の計測データを基に動解析を行い、水槽試験並びに実機での滑走試験を行った結果、走行安定の向上が認められた。以上のことに関連して、離水動作のシミュレーションを行い、滑走中の機体姿勢についてのシミュレーションの有用性が判明した。

今後、実験を継続しながら全機モデルを使った離水シミュレーションを行う予定である。その際には、機体に発生する揚力・支持部の衝撃吸収性なども含めた解析が必要となるため、非常に長い計算時間への対応を考える必要がある。