

審査の結果の要旨

氏名 金平 誠

本論文は、表面効果翼船(WISES)の飛行中ロール復原性の検証と、その結果を取り入れた実船運用の経済性評価を行ったものである。論文はロール復原性を流体数値シミュレーションおよび水中曳航試験から評価した第一部と、離島航路を例に、高速船の特長を生かした運用計画の採算性を評価した第二部から構成される。

WISES のロール復原のメカニズムは従来型船舶、航空機のいずれとも異なる事から、その推定方法を確立しておくことは実用化へ向けたステップとして重要である。航空機のロール復原性は主翼の上反角効果によるが、WISES の復原性は、表面効果による揚力増加が主翼の左右で異なる事に起因する。しかし、表面効果内でのロールモーメント計測は、大型の風洞とムービングベルトなどの特殊な装置を必要とし、また自航模型による飛行試験でも定量的な評価は困難である。本研究ではこれを水中曳航実験と、市販の流体数値シミュレーションを用いて解析し、表面効果内のロール復原力の定量的な評価を行った。評価対象の翼は、NACA3409 翼型に S 字型のキャンバープロファイルを付加した翼型を持ち、アスペクト比は 1 から 2。さらに翼端板の有無による特性の変化も調査した。揚力や抵抗に比較してロールモーメントの検出は困難であるが、実験と流体数値シミュレーションの結果を総合して、復原モーメントが主翼の翼端板の付加によって顕著に増加する事、水面からの高度によって復原力が急速に減少する事を定量的評価した。またロール復原力を発生させる流場の状況を可視化により確認した。これらの結果により、低高度では十分な復原性が得られるため、通常巡航時はエルロンなどのロール制御を簡略化できる事、外乱による不意の高度上昇などに備えて、上反角付き外翼の付加や、垂直尾翼の V テール化が必要である事も判明した。通常の航空機の空力特性はロール角によって変化しないため、ロール角の空力微係数は省略されるが、WISES では重要な項となる。またこの微係数がピッチ角と浮上高度に非線形に依存する事が確認され、今後の運動解析や制御系の開発における重要な知見が得られた。

運用計画とその採算性については、外洋離島航路である東京-小笠原の

1000km の航路を例に運用計画を検討した。この航路に必要な後続距離は、アジア地域の主要都市間を結ぶ事が可能であり、ここでの検討結果の一部は、離島航路以外へも応用が可能である。本研究で選択した小笠原航路は、既存旅客船利用者数の季節変動が激しく、高速船の就航による小規模の多頻度輸送、便数変更の自由度などの特長が生かせる。本研究では、需要の週次変化と航路情報を基に、運航計画と実船要目を推算し、需要変動を考慮した採算性を検証した。検討にあたっては、既存の高速船開発コストの経験式を用い、その償却、利益確保を前提に **Total Operation Cost (TOC)** を算出した。小笠原航路の輸送需要の季節変動に対応するため、旅客需要に応じて 4 種類の運航パターンを切り替え、1 日の往復回数を設定した、これにより、2004 年～2008 年の在来排水量型貨客船による輸送実績を **WISES** で代替した場合の消席率(搭乗率)を評価したところ、従来船の消席率 36.6%に対し、航空機に近い採算レベルである 60% の平均消席率で運航できる事を示した。TOC の推算結果から、本航路の片道あたりの搭乗券代は 33.3 千円/seat となる。これには 105 人乗り **WISES2** 隻での運航を前提とした。この搭乗券代は、現行貨客船の団体最低運賃と比較して、8.6 千円の増額となるが、現行の片道航海時間 25 時間が 3 時間半に短縮される事を考慮すれば、十分に価格競争力のあるサービスとなる。また巡航時の浮上高度を 2.4m とし、過去 3 年間の本海域の 12 時間ごとの外洋波浪図に基づく就航率のベンチマークをとったところ、就航率 74%との結果を得た。これは、伊豆諸島航路の水中翼船の就航率 約 60%と比較して十分に高い。これには、高速化による航海時間の短縮により、悪天候により出航不可となる便の割合が減少する事が寄与している。高い就航率は、サービスの信頼性向上として運賃レベルの維持に貢献する事が期待できる。また **WISES** によるサービスの **CO2** 排出量を現行排水量型船と比較し、本サービスが、大幅な高速化を達成しながら、**CO2** 排出量を 57%削減できる事を示した。

WISES は、高速海上輸送の新たなモードとして発展が期待されるが、これまで、経済的な側面を検討される事は少なかった。本研究は、**CFD** と水槽試験により、未知の部分が大きかったロール復原性の定量的な予測を可能にし、また具体的な航路を対象とした運航計画を策定する事により、**WISES** の事業性評価を行った。本研究は、新たな輸送モードである **WISES** の初期投資額を明確なものとし、今後の具体的な開発計画を策定する有用な基礎データを提供している。以上より、本研究の内容は、博士論文として十分な内容を有していると判断される。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。