

氏 名	と 丸 ひろ し 都 丸 裕 司
授 与 学 位	博 士 (工 学)
学位授与年月日	平成 4 年 3 月 27 日
学位授与の根拠法規	学位規則第 5 条第 1 項
研究科, 専攻の名称	東北大学大学院工学研究科 (博士課程) 機械工学専攻
学 位 論 文 題 目	地面効果特性の良好な翼形の開発に関する 基礎的研究
指 導 教 官	東北大学教授 嶋 章
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 嶋 章 東北大学教授 小林 陵二 東北大学教授 太田 照和 東北大学助教授 小濱 泰昭

論 文 内 容 要 旨

第 1 章 緒 論

本研究は、地面効果翼(WIG)を利用した海上・陸上の高速輸送手段を開発するための基礎的研究であり、軌道上を走行する WIG-Train を開発することを主目的とすると同時に、水面上の WIG 機の開発にも重要な指針を与えるものである。研究の第一目的は地面効果翼に適した翼形を開発することであり、地面効果翼の揚抗比を向上させつつ安定性を改善するために、翼形の違いに起因する地面効果特性の変化を研究することである。研究の進め方としては、地面効果翼の特性を解明し、また地面効果作用下においてより大きな揚抗比を得ると同時に高い安定性を確保できる翼形を開発するための翼モデルによる風洞実験、また風洞実験を補助し、実験では再現できない条件下での空力特性や、最適翼形状を推定するための数値シミュレーションなどを行うことにより、地面効果翼の特性を総合的に論じている。

第 2 章 地面効果翼の空力特性

本章では地面板法を利用して地面効果を模擬した風洞実験を行い、それぞれ異なる特徴を持った 5 種類の翼モデルについて、その地面効果特性を調べ、翼形状の違いが地面効果特性にどのような影響を及ぼすかを考察した。図 1 には実験に使用した風洞の測定部の配置図を示す。図 2 は地面効果による揚抗比の変化を示した一例である。図のように地面効果によって揚抗比が大きく増加してい

ることがわかる。実験によって明らかになったことは、地面効果による揚力係数の増加の効果を高めるには、翼の下面側の圧力の上昇をいかに高くするかが重要であることがわかった。またモーメント係数の変化の特性は、翼の下面の形状によって大きく異なることがわかった。

第3章 鏡像モデルを利用した地面効果実験

本章では、地面効果を風洞内において模擬する方法の違いによる測定データへの影響を見るために、鏡像法を用いた風洞実験を行い、その結果から地面板法鏡像法それぞれの長所と欠点を明らかにし、その有効性を考察した。鏡像法による実験では翼の上面に剥離が起ると流れは急激に非対称となり、実験結果の正当性が損なわれる。地面板を利用した実験による測定結果は鏡像法の場合に比べて h/C の小さい場合には地面板上に発達する境界層によるおそい流れの影響が現れ、誤差が拡大する傾向にあった。

第4章 タンデム形式地面効果翼機における後翼の空力特性

本章では、WIG-Trainの形式として有望な、2枚の地面効果翼を前後に離して配置する、タンデム形式の地面効果翼機を模擬した実験を行っている。その結果、後翼の空力特性に対する前翼の後流の影響は、前翼の浮上高さと迎え角によって大きく異なることがわかった。

第5章 地面効果翼まわりの流れの数値シミュレーション

本章では、風洞実験の補助とする事を目的に、差分法による数値シミュレーションによって地面効果翼周りの流れの解析を行うことを試みた。今回はその手始めとして2次元の計算格子用い、地面効果翼周りの流れの数値解析を行った。計算は非圧縮性のナビエ・ストークス方程式を3次精度の上流差分法によって解いている。図3は計算によって得られた翼周りの流れの変化の一例を示している。図のように翼が地面に近づくに従って翼の下面で流速が低下し、圧力が上昇していることが見て取れる。本数値計算は、定量的に実験値との差が30%程度認められるが、定性的には実験値と良く一致していると言える。

第6章 結 論

これまでの研究によって得られた翼形と地面効果特性の関係は次のようなことである。

地面効果翼は地面に近づくに従って翼の上面で剥離が起りやすくなる傾向があり、翼の上面には失速特性の緩やかな形状が求められる。またRam圧による揚力の増加の効果を高めるためには翼の下面の形状が凹面状で、翼の後縁が地面に近づいた時に翼の下面と地面との間にチャンパー状の高圧の空間が形成されるような翼形状が良い。一方地面効果翼にはピッチングの不安定性という問題がある。下面の形状が凹面状になっている翼の場合、モーメント係数の変化は主に翼の下面での圧力の上昇による揚力の増加分が翼の風圧中心である25%翼弦付近より後方に偏るためと考えられる。従ってこのずれを少なくすることによりモーメント係数の変化を少なくできると考えられ、この考えに従って翼下面の形状を調節すれば浮上高さの変化によるピッチングの不安定性をある程

度まで減少させることができると予測される。このように、地面効果翼用の翼形を考えるばあいには翼が地面に近づくに従って流速の大きく異なってくる翼の上面と下面を切り放して考えるという、従来の翼形の理論とは異なった考え方をする必要があると思われる。しかしながら、翼の下面の圧力分布は迎え角によって変化するために、姿勢変化の大きい水面上の地面効果翼機においては問題はより複雑である。また、この問題を翼形の特性によって解決しようとするのは困難であるとの意見もあるが、少しでも地面効果作用下においてモーメント係数の変化の少ない翼形を開発することは尾翼の小形化、自己安定性の強化などにより全機効率の向上につながるため翼形の研究は重要である。

タンデム形の地面効果翼機は自己安定性を得やすい配置であるが、前翼によって乱された気流の影響を受ける後翼の配置には注意を要する。実験によれば前翼の迎え角が大きい場合には、後翼の空力特性は前翼の h/C によって大きく変化することがわかる。またこの傾向は後翼の迎え角が異なる場合にも余り変化していない。従って前翼の迎え角は後翼に比べて余り大きく取れない。前翼による乱れの影響は h/C が小さいほど強く、後流に入った後翼は性能が大きく低下する。後翼に対する前翼の後流の影響による空力特性の変化を避けるには、前翼と後翼の浮上高さを変えて後翼が前翼の後流の中心から外れるようにすることが効果的である。その場合、地面効果特性は h/C をパラメータとして変化するため、前後の翼の弦長に大きく差をもたせることにより、前後の翼の浮上高さに差をもたせやすくすることも一つの考えである。しかしながら鉄道方式の地面効果翼機における長編成化を考えると、全ての翼について浮上高さに差をもたせることは難しく、問題はより複雑になり、具体的な対策は今後の研究に期待される。

数値シミュレーションの実用化は、地面効果翼用の翼形を開発する過程で、実験をする事前に翼の大まかな地面効果特性を知ることができ、また翼の形状を簡単に変更することが出来るため、研究をより効率的に行うことを可能ならしめると予想される。今回の研究では2次元の翼周りの数値シミュレーションを行い、その結果、ある程度まで地面効果翼に特徴的な性質を再現しているが、実際との定量的な差は大きく、さらに改良をして実用的な計算を行う必要がある。

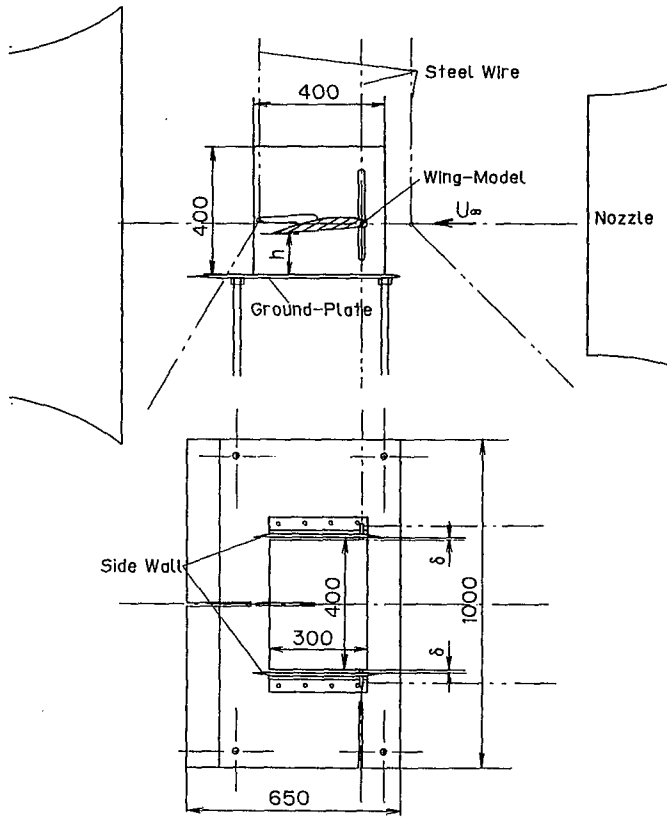


図1 風洞測定部配置図

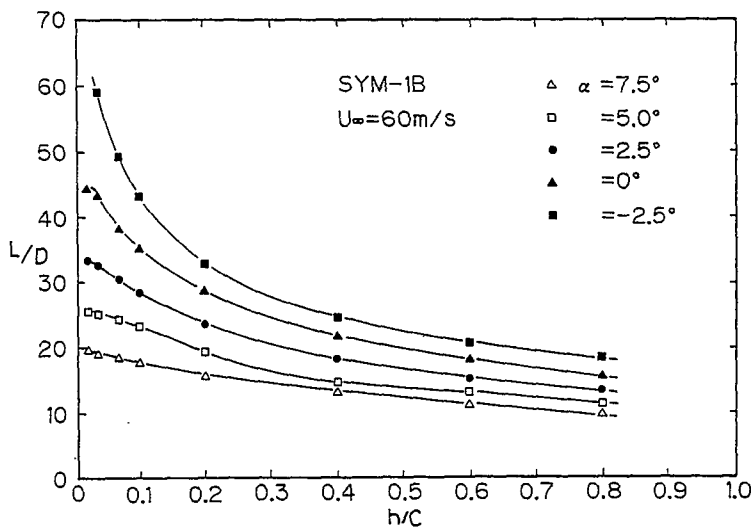


図2 浮上高さ比 (h/C) による揚抗比 (L/D) の変化 (SYM-1B)

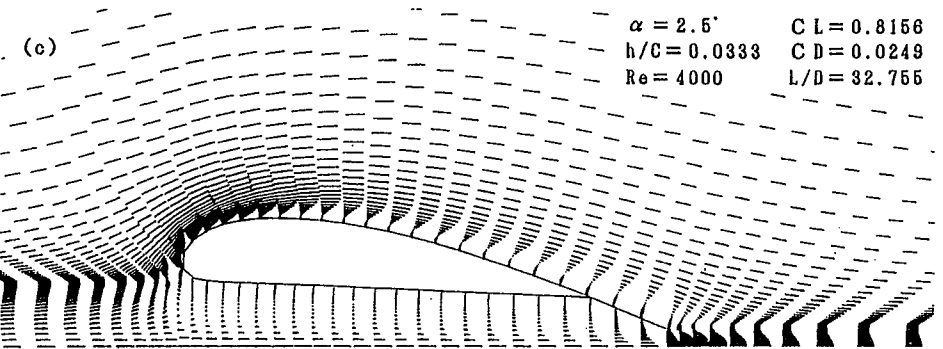
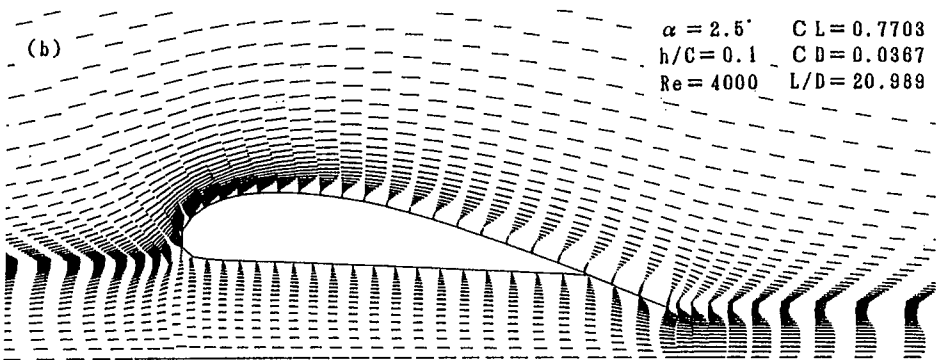
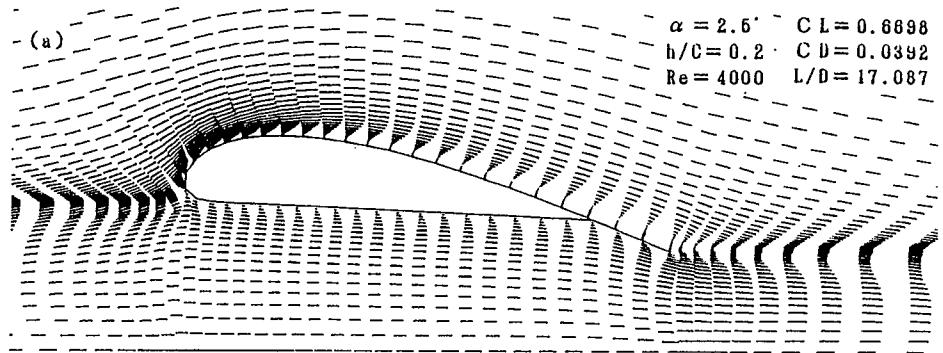


図3 数値シミュレーションによる地面効果翼まわりの流れの変化 (SYM-1 B)

審査結果の要旨

地面効果翼は、極めて低い高度を飛行することにより、地面効果を積極的に利用し、海上あるいは地表上において高速、高効率の飛行が可能であるとして、その実用化が大いに期待されている。しかし、これまで地面効果が強く現われる範囲でのデータが存在せず、かつまたこの地面効果翼には飛行高度とピッチングの不安定性に問題があり、それらの解決が強く要望されている。

本論文は、これらの問題点を克服した高性能地面効果翼を探究することを目的として、風洞実験により、種々なる地面効果翼モデルの空力特性を求め比較検討を行うとともに実験では実現できない条件下での空力特性や、最適翼形を推定するための数値シミュレーションを行った研究の成果をまとめたもので、全編6章よりなる。

第1章は緒論である。

第2章では、地面効果を模擬する地面板法による翼モデルの風洞実験を行い、その地面効果特性を系統的に求めている。その結果、特に、翼の下面形状が凹面状で、地面との間にチャンパー状の高圧部を形成する翼形が、揚抗比を大幅に増大させること、効率や安全性から見て有効な無次元量（浮上高さの翼弦長に対する比）が存在することなど多くの注目すべき知見を得ている。

第3章では、地面板に成長する境界層の効果を調べるために測定翼モデルと相似形の鏡像翼モデルを用い、鏡像法による風洞実験を行い、その結果から、地面板法並びに鏡像法それぞれの特長を明らかにし、特に、鏡像法による実験は、両翼モデル周りの流れの対称性が保たれる範囲で有効であること、一方、地面板法による実験は、定性的に翼の地面効果特性を調べる上で有効であることを明らかにしている。これらは有用な知見である。

第4章は、タンデム形式の地面効果翼機を模擬した風洞実験を行い、空力特性に及ぼす前翼と後翼の位置関係の影響を明らかにしている。これは重要な知見である。

第5章では、地面効果翼周りの流れの数値解析を行うことにより、数値シミュレーションによって得られた結果は、定量的には実験値との差が認められるが、定性的には地面効果翼の性質を再現できることを明らかにしている。これは有用な成果と言える。

第6章は結論である。

以上要するに本論文は、種々なる地面効果翼モデルについて実験的並びに数値的研究を行うことによって、地面効果翼の特性を系統的に明らかにするとともに、高揚抗比並びに高安定性の翼形を開発するための多くの有用な知見を提供したもので、流体力学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。