

8 地面効果を受ける進行物体に働く流体力

【討論】 田宮 眞君 (1) Fig. 6 と Fig. 15 をくらべてみると, C_p , C_L とともに box モデルと car モデルとは L_c/h に対する傾向が逆になっていて, たとえば box の C_L はほぼ負になっているのに car では負から正に変わっています。この理由はどのように考えればよいのでしょうか。

(2) Fig. 8 の C_D が迎角 0 度の近傍で一見不連続な変化を示すのは何故ですか。

(3) 自動車のことはよく知りませんが, 車体の下面にはいろいろの器具や装置がついて, 複雑な形状をしているように思われますが, 縮尺模型でそれらを切りすてて実験した結果の有効性は十分と考えられるのでしょうか, 又は適切な修正法があるのですか。

【回答】 (1) 地面のない一様流中を box 及び car モデルが走行した場合, box モデルでは模型の上面と下面は平行平板ですので揚力は零になります。一方, car モデルでは模型断面形状が翼形に近いので, 一様流中でも $CL=0.2$ 程度の値になります。そのため, 御指摘のような傾向になると考えられます。

(2) Fig. 8 は正負の迎え角では, 迎え角 0 度に比べ抵抗が増えることを示しています。0 度の近傍で不連続か否かは, もう少し細かな角度で実験する必要があると思います。

(3) 御指摘のように実際の車体の下面は複雑な形状をしておりますので, 縮尺模型においても同様な形状にする必要があると思います。しかし, 今回は地面効果が, より明かとなるように単純化し, 模型の床面を平滑としました。

【討論】 茂里 一紘君 実験は幅 0.9 m の仮底を使ってやっておられますが, この仮底で, 地面効果が十分実現されているか, ご検討されましたでしょうか。圧力はかなり広い範囲で影響が及びます。数値シミュレーションでは, 模型幅の 6~9 倍の計算領域をとるのが普通ですし, 水槽では 5 倍程度でもブロック効果であらわれます。

【回答】 地面効果が実現されているかの検討では, 可視化写真で判断しました。

模型が走行した場合の可視化写真では, 仮底の両端近傍ではすでに一様流になっていましたので, 地面効果が実現されていると考えました。

9 WIG の自由表面効果に関する数値解析的研究

【討論】 久保昇三君 (1) 既に 3 次元非定常ナビア・ストークス方程式の差分法が実行されているのに, 2 次元ポテンシャル問題を解かれる意味は何でしょうか。

(2) 地面・水面からの翼の高さが低い場合に, 翼下面形状の重要性と迎角の定義を考え直す必要性が指摘されています²⁾ が, 本論文では, そのような配慮が全く伺われない理由をお教え下さい。

(3) 現状の表面効果翼(WIG 相当)艇の翼面荷重は, 高々 60 kg/m^2 程度であり, 水面低下 6 cm 相当に過ぎません。しかも, この翼面荷重の増加は相当困難を伴います。この困難な問題を後回しにして造波抵抗を問題にしなければならない理由は何でしょうか。

(参考文献)

1. Kawamura, T. & Kubo, S., ISCFD NAGOYA 1989, pp. 1037-1042.
2. 松岡利雄他, 日本航空宇宙学会誌, 39 巻 449 号, pp. 314-321.

【回答】 (1) 本研究は 2 次元 WIG の自由表面効果についての基礎的特性を調べたものです。実機に向けてのより具体的な計算のためには 3 次元のより詳細な計算が必要と考えます。

(2) おっしゃる通り地面効果中の翼下面形状, 及び迎角については新たな定義が必要と考えます。本研究でも最適化の基本データとなるキャンバーや翼厚の違いによる自由表面効果中の基本特性については調べております。

(3) 本研究では造波抵抗自体を問題にしたわけではなく, むしろ翼面下に局所的な水面変位ができ, 揚力に変動が生じないかと言う可能性を考えただけです。

【討論】 山口信行君 (1) $h \rightarrow 0$ における地面効果 C_L 増加傾向が全体的に小さい感じの結果が計算されています(図 6, 7, 8) が, 対応する実験結果と対比されていますか。

(2) 図 6, 7, 8 に関連して, $\alpha=2^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 8^\circ$ の翼プロフィールと姿勢, 地面との相対関係図があれば, これらの結果を解決する上で有用と考えます。

(3) 図 18, 19 に見られる C_L の time history の変化は h による準定常的な評価とどの程度異なっていますか。また, その相違は, あるとすれば, 何のパラメタが最も効きますか。

【回答】 (1) 実験結果とは比較しておりません。地面効果中の翼に対する実験は地面の模擬が難しく, ランニング

ベルト等の装置が必要です。よって他計算との比較により計算の精度を確認しました。ただし当方の情報不足でそのような実験結果がございましたら、今後の参考のため教えていただければ幸いです。

(2) 翼と地面の関係は Fig. 2 の case 1 に示す通りです。これに迎角がついている状態と考えていただければ幸いです。全翼型とそれぞれの迎角についての相対関係図を示すには図表が多くなりすぎますので NACA 0012 の $\alpha=8$ 度の $h=0.01, 0.1, 0.2$ の時の図を示します。(図 1)

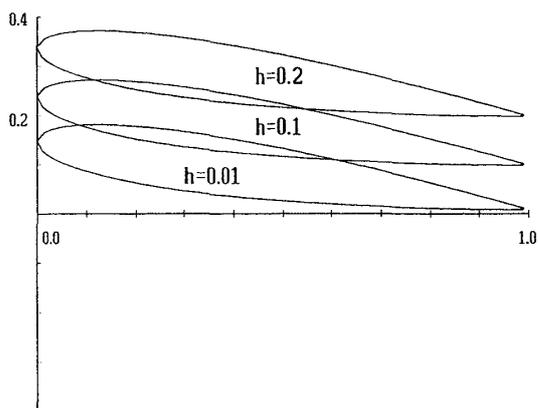


図1 Position of WIG (NACA0012)

(3) h による準定常的な評価とは揚力変動による後流渦を考えないということでしょうか。自由表面効果中に置いて、渦の影響は鏡像影響によって打ち消され、大きくありません。ただし揚力変動がかなり大きい場合には計算の結果に違いを生じます。(図 2)

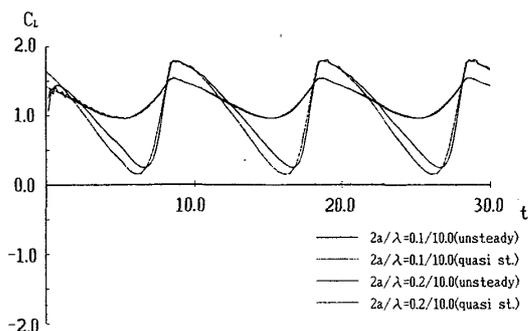


図2 Comparison of C_L (NACA0012) ($h=0.01$) between unsteady cal. and quasi steady cal.

【討論】 不破 健君 (1) 結言で示された4項目のうち、第3項を除くといずれも別所、久保らの既存の研究

の結論の再確認と考えられる。また、2.2後半で3次元計算の必要性を指摘しているが、3次元への拡張性も含め、本計算法および研究の有効性と位置づけはどのように考えれば良いか。

(2) 定式化はケースを分けずに統一的になされるべきと考えます。有限水深を扱っていますがこれは必要でしょうか。また、数値解法では、自由表面、水底、Wakeはそれぞれこの範囲まで扱い分割数はどれくらいでしょうか。

(3) 波浪中の特性は、reduced frequencyで整理できるのでしょうか。追い波状態がきびしい状態となるのでしょうか。

(4) 揚力等の変動・変化が大きいことは必ずしも“空力的に不安定”と対応しないと思われるが、区別しているのか。

(5) 4.2で Fig. 20と Fig. 16とを対応させているが、ここに示された Fig. 16では、圧力変動が翼後部のみならず下面全体に及んでみえるが、正しいか。

【回答】 (1) 自由表面との相互干渉については、別所等が行なった計算(空中翼の水面効果について 関西造船協会誌 165)では水面を平らな固体壁と考え、計算しているが本計算では水面の影響を考慮した非線型性の問題として取り扱っています。3次元の拡張性という点についても、直接的な本計算の拡張は不可能であるが本質的には可能であると考えます。

(2) 本計算の定式化においても全ての計算はポテンシャル理論に基づいた積分方程式を解いております。そういった意味においては統一されていると考えます。有限水深については境界条件としては水深 H が十分大きければ無限水深に対応します。次に数値解法についてですが、自由表面の範囲は翼弦長で無次元化した値で $(-10, -30)$ 、水深は -10 です。また分割数は自由表面上で、空中部を計算時は 300 パネル、水中部を計算時は 100 パネル、水深方向は 30 パネル、水底部は 50 パネルです。wakeについては離散渦法ですので時間的な取扱をしており 200 step 以上の離散渦は消去するようにしております。

(3) reduced frequencyをベースとした解析は可能です。追い波中の件については、WIGの速度自体が高速のため波の進行方向自体による違いはないと考えます。

(4) 本論文で言うところの空力的に不安定と言うのは昇降 heaving や姿勢角 pitching を生じるような流体力が働くと言う意味です。

(5) 本計算例のように $h=0.01$ のように極めて低空においては圧力変動は翼下面全体に及ぶと考えます。