ホーバーマリンの展望

——過去および将来の20年間*——

E. G. TATTERSALL**

1. ま え が き

今年は著者が側壁型ホーバークラフトに携わって以来 20 年目にあたる。したがって過去 20 年間の進歩を要約し、高速海上輸送がおかれた位置を再評価するとともに、将来 20 年間の展望を楽しむよい機会であろうと思われる。また著者の国からはほぼ地球を半周する位置にある、権威ある学会から寄稿依頼をうけたということは、とりもなおさずこのような型の乗り物が世界中で広く興味をもたれている証拠であろう。海上輸送において“速力”は技術者にとっては挑戦に値する強烈な魅惑である。もし与えられた仕様に対し、最上の成果を得ようとするならば、科学的手法と芸術的ひらめきの両方をうまく組み合わせなければならない。またこのことは非常に重要なことであるが、技術者は無意識のうちに原価意識が頭の中に浮かぶようになってはならない。なぜならば海上輸送においては高価な手品のな手段に費用をかける余裕はないからである。海上は常に平穏でなく変わりやすい環境であるので、乗り心地を最も優先させなければならない。

2. 歴 史 的 展 望

あるユニークなインスピレーションがすべての出発点であったのであろうか？私はそうは思わない。むしろ「必要は発明の母」であった。高速海上輸送の分野においては運航速力は常に陸上輸送より遅かった。水辺で車から約半分の速力の船に乗り換えなければならないという事実は、技術者の意欲に対する挑戦であった。

ホーバークラフトの歴史は、成功はしなかったが FROUDE および de LAVAL がエアクッション艇の模型試験を行なった 19 世紀に始まる。1950 年代に COCKERELL 卿は初期の試みをさらにもう一歩進め、非常に単純な平底船船底に空気を吹き込み、抵抗が十

分に減るまでしだいに空気量を増大していった。このことは大きい躍進をもたらした、ついに水陸両用ホーバークラフトを発明するに至った。

1959 年 3 月に私が Christopher COCKERELL 卿のチームに加わる以前に、彼はすでに英国政府に対し、彼の発明は商業的な利益と同じように軍用にも役立つことを説得していた。水陸両用ホーバークラフトの、陸から水面へ、またその逆に行けるというユニークな特徴は軍の要求に合致した。

私は COCKERELL 卿から水陸両用でない側壁型ホーバークラフトの研究を命ぜられて間もなく、このタイプはわずかの開発協力で早い時期に商業艇として利益を示すことができるであろうと思った。

1960 年、Hovercraft Development Limited (HDL) における最初の側壁型ホーバークラフトの研究プロジェクトは Brahmaputra 河を下って Calcutta までお茶を輸送する河船の計画であった。それはわれわれが今日ホーバーフレーターと称しているものであり、同航路で就航している従来の艇より約 3 倍も速い約 20 ノットで航行することができた。この成果は Scotland の Wm Dennys and Bros. 社で造られた試作艇 D1 の寸法比決定に役立った。1961 年、Gare 湖で同艇の速力試験が行なわれた。木製の箱型をした 60 フィートの側壁型ホーバークラフト（第 2 図）で、船首尾部のクッションシールには新型式のジェットシステムが採用された。本艇は 35 馬力船外機 2 基と 20 馬力 2 基の小さいリフトエンジンを搭載し、操舵室と数人の計測員用のキャビンが艇の中央に設けられていた。試験成績は期待どおりで、50 馬力船外機 2 基を装備したとき、20 ノットを記録した。1962 年、Dennys 社は引き続き 70 名乗りの D2 型を建造した。本艇はエアクッションをスカートでシールし、25 ノットを出すことができた（第 3 図）。その後スコットランド地方の運河伝いにイングランド東岸まで下り、Thames 河で運航を行なった。ところが残念なことに Dennys 社は 1963 年に解散し、同時に同社が築いてきた長い歴史と初期の公的機関の援助とともに幕を閉じてしまった。

1965 年 9 月、Dennys 社、Hawker Siddley 社および HDL 社にいた、著者をも含む数名が集まって

* 昭和 53 年 6 月 20 日原稿受理 The Evolution of the Hovermarine—Plus and Minus Twenty Years (翻訳：立木正昭)

** ホーバーマリントランスポート社技術担当重役、London Univ. 理学士 (B. Sc), Loughborough College 名誉卒業生 (Honour Diploma)、香港技術協会会員 (Member)、英国造船協会会員 (Fellow)

第1図 ホーバーマリンの原理

第2図 Denny D1 艇

第4図 初期の HM 2 ホーバーマリン

第3図 Denny D2 艇

第5図 HM 2 MK IV

Hovermarine 社を設立した。これらのパイオニア達が最初の生産型、すなわち HM 2 の設計を始めるためのある程度の資金を集めるまでに約 18 カ月を要した。HM 2 の第 1 号艇は、1968 年 2 月の霧がかかった寒い冬の日に進水した(第 4 図)。その後 1969 年 11 月までに約 10 隻建造され、英国のみならず海外諸国でも運航された。しかしながら初期の開発問題が、小さ

い資本の会社にとって負担が大きすぎる事が判明し、ついに米国の資本と熱心な技術者チームの援助を受けることになった。現在の Hovermarine Transport Limited (HTL) はこのようにして設立された。HTL 社は HM 2 設計の根本的な改善に精力を注ぎ、その結果現在の MK IV を生み出した(第 5 図)。現在 20 カ国に 50 隻を越える HM 2 シリーズが販売されてい

第6図 HM5 (模型)

第7図 3,000トン ROHR SES

る。また全長約 27 m, 220~270 名乗りの側壁型ホーバークラフト HM5 の設計は 3 年前から始められ、第一号艇は 1978 年中には進水予定である (第6図)。なお本プロジェクトは英国 Hovermarine Development Limited (HDL) および National Research Development Corporation (NRDC) による資金援助を受けている。

HTL 社にとってもう一つの重要な出来事は、1976 年に佐世保重工業 (株) (SSK)、大洋漁業 (株) および Fairfield Maxwell 社と合併で、東京に本社を置くホーバーマリンパシフィック (株) を設立したことである。HM2 MK IV は現在 SSK で製造中であるが、英国で HM5 の第一号艇完工後まもなく、SSK でも HM5 を製造する運びとなっている。

一方、米国ではホーバーマリン型艇を Surface Effect Ship (SES) と称しているが、1960 年代初期から、95% 以上米海軍の予算で基本的な研究開発が進められてきた。米国海軍は SES 100 A および 100 B という試験艇をそれぞれ Aerojet General 社および Bell 社で開発的に製造させた。また英国通産省 (Department of Trade and Industry in the U.K.) と協同で、HM2 の種々な実艇試験を行なった。現在は 3,000 トン、80 ノット SES 建造のための詳細設計を計画中である (第7図)¹⁾。また Rohr Marine 社と Bell

社では Halter Marine 社と共同で、ホーバーマリンによって最初に実現した商業艇の分野に進出しようとする意欲を示している。

フランスでは最近になって側壁型ホーバークラフト、たとえば大型軍用艇に興味を示し始めている。一方ソ連では、河川や湾岸向きの浅吃水エアクション艇を建造している。中国でも最近実験艇を造ったという報告がある。今日 HTL 社は種々の用途に応用できるような、数種類のサイズの“プラットフォーム”を供給することを計画している。たとえば HM2 や HM5 は旅客艇、クリューボート、パトロールボート、消防艇や軍用艇にも応用できる。

3. 海上輸送における速力の価値とコスト

価値とかコストといった抽象的な数量をどのような尺度で比較するかはむずかしいが、速力はその“価値”が、コストよりも重視されるときに初めて正当化される。すなわち速力は旅客または荷主が速い速力から何らかの恩恵をこうむるか否かによって価値が決まってくる。具体的な例をあげると、短い航路では高速艇を用いることによって、旅行時間を 1~2 時間短縮できるであろう。その結果マイホーム族はその時間を家庭の団楽に回すことができ、島に住む家庭の主婦は陸でのショッピングにその時間を費やすことができる。陸への買物が 1 日がかかりであったのが半日で済むかもしれない。蛇足ではあるが、島より陸のほうが種類も豊富で、かつ安い物を買うことができる。一方ビジネスマンにとっては日帰り出張が可能となろう。これらの例は金の価値に換算するのは非常に困難であるが、たしかに高速輸送機関を利用する根本的な理由であろう。

大型高速船はカーフェリーや急行貨物輸送船として、中・長距離ルートに使用できるであろう。カーフェリーは離島航路だけでなく、たとえば海岸沿いの道路交通事情が悪いようなところでは有効であろう。また急行海上輸送はコンテナ基地から海岸配達を迅速かつ効率よく行ない、その結果コンテナを集積しておくスペースをより小さくすることができるにちがいない。あるいは鮮魚運搬用としてこれら急行貨物輸送船を使用すれば、短時間で目的地まで届けることができ、とりわけ日本の寿司通からは高いプレミアムでも買い取ってもらえるであろう。これは著者の日本滞在中の観察である。

軍用あるいは沿岸警備において、速力は戦術上の利点である。側壁型ホーバークラフトは高速と長い航続距離を同時に両立させることができる。排水型艇の高速航行はいわば“ダッシュ”時だけにすぎず、航続距

離を長くともうと思えば低速船とならざるをえない。治安が行き届かない地域の警備も、高速艇を採用することにより効果的になるであろう。

燃料消費量をパラメーターとして種々の商業艇の輸送効率を比較した結果を第8図に示す。この結果ディーゼルエンジンを使用する限り 30~40 ノットでは明らかに側壁型ホバークラフトが最も優れており、一船排水型船と比べても遜色ないようである。

図にはすでに就航中の HM2 から旅客用 HM5 シリーズを含めた側壁型ホバークラフトの各種のレンジが示されているが、側壁型ホバークラフトでは全備重量 260 トンで 100 トンペイロードのサイズが側壁

型ホバークラフト経済性の一つの到達目標であろうと思われる。現在の排水型船はこの経済的水準で、特殊小型艇の半分の速さでも運航に成功しているということは重要である。このことから、速力が倍になることは経済的に有望なアプローチであるにちがいない。

全運航コストの 50% は購入コストに依存している。したがって明らかに構造についても価格有用性の立場に立つ必要がある。第9図から側壁型ホバークラフトは他のクラフトと比較して最も小さい値を示していることがわかる。この理由は高性能を維持しながら、しかも超軽量の航空宇宙的設計概念よりむしろ船舶設計思想に基づいているためである。このようにホバ

ークラフトはまったく異なった背景のもとづいて、ホーバーマリンの艇体構造部は約 7 £/kg で製造される。一方、水陸両用型ホーバークラフトは約 28 £/kg である。非常に高性能を要求される軍用艇でだけ正当化されるガスタービンにとって替って側壁型ホーバークラフトではディーゼルエンジンが使用されている。

4. 技術の展望

4.1 抵抗の推定 過去の数多くの研究は、とうぜんのことではあるが必要とされる全馬力を各成分に分けることであった。艇を浮上させるに必要な動力は別にして、推進に伴う成分は次のように分類される。

- (a) 側壁による摩擦抵抗および造波抵抗
- (b) クッション造波抵抗
- (c) スカート抵抗
- (d) 空気形状抵抗
- (e) 浮上用空気の運動量抵抗
- (f) 付加物抵抗

過去 20 年にわたり、これらの内容について専門的な論文が書かれているので、これらについて詳細かつ包括的な列挙をさけるが、とくに重要な進歩について記述すると次のとおりである。

(a) 側壁の摩擦抵抗および造波抵抗：常用速力においては側壁の抵抗成分は通常最も大きく、全抵抗の 60% 程度を占めている。この側壁による抵抗成分を精度よく推定しようとするれば、浸水面積の正しい推定と REYNOLDS 数に対応した正しい摩擦抵抗係数を推定することが必要である。初期の抵抗推定においては波長の短い波に対して艇の側壁の全長が振幅の半分まで浸っていると仮定されていた。その後クッション圧の造波抵抗の研究の結果、側壁抵抗も FROUDE 数に依存するはずであることが明らかになった。その後の D1 艇による実艇試験や、高速水槽を利用した小型模型試験によってもそれが証明された。このときの試験結果は現在も利用されており、静水中における浸水面積をほぼ定量的に推定することができる (第 10 図)。村尾ら²⁾によって行なわれた最近の模型試験により、この点についてはより明確にされた。

しかしながら、波浪中における浸水面積を推定することはまだむずかしい問題である。実艇の波浪中における抵抗増加は、静水中および波浪中の模型試験から両者の差を同一 FROUDE 数において排水量の比でスケールアップして推定している。

(b) クッション造波抵抗：今日ではばかげたように思えるかもしれないが、ホーバークラフト発展初期のころを回想するとき、その当時の人々はクッション圧に支えられた艇が造波抵抗を生じうるか否かについ

第 10 図 フルード数による浸水面積変化量

て論じたものである。ある人は水面とソリッドな接触がなければ、波によって誘起された抵抗は、とりわけ艇にトリムがついていない場合には艇体には伝達されないだろうと考えた。しかしリフトエアーの運動量抵抗の概念が紹介されるに至ってこの主張はくつがえされた。

初期のクッション造波抵抗理論は二次元のとり扱いであったにもかかわらず、第 1 ハンプおよび第 2 ハンプによる抵抗の性質や、クッション造波抵抗の特性がクッション圧の自乗に比例することを明らかにした。1965 年に BARRATT は単純なプラットフォーム型のクッション造波抵抗について、L/B および水深が変化したときの解析を行なったが、クッション造波抵抗における参考文献としていまだに貢献している³⁾。

ホーバーマリンの設計では常に、クリティカルな浅水条件下で十分に大きなスラストマージンをとるようにしている。荒天状態や艇のオーバーロード等についても常に考慮しておく必要がある。

艇が大型化すると相対的に水深は浅くなるので、高速性能をあまり犠牲にせずに、クッション造波抵抗の影響が最小になるようにするためには、平面型に深い考慮を払わなければならないだろう。造波抵抗は艇の曳波の形で吸収されるエネルギーを表わすものであり、これらの影響を小さくするために艇は最適長さよりいくぶん長くなる傾向にある。

1974 年に HM 2 の模型を用いて、船尾波の影響を調べるために一連の実験が行なわれた (第 11 図)。その結果 13 フィートの水深では艇から 80 フィートのところにおける船尾波は、13 ノットのとき最大 1.6 フィートであり、35 ノットでは 0.6 フィートに減少することが明らかになった。HM 2 や HM 5 の大きさではこれらの値は港内でもある制限範囲においてはとくに問題ないであろう。しかし 3,000 トン SES が港から出ていくときを考えると、仮に水深が 70 フィート以

第11図 船速および水深による船尾波高さ

第12図 浅水域と深水域における全抵抗の比較

下の場合船尾波は8.5フィートにもなる。これらの影響を避けるために、大型側壁型ホーバークラフトの低速運航には特別の考慮が要求されるかもしれない。たとえばハーフクッションで航行するのも一つの方法であろう。

非常に大きい艇は、水深が深いとき第1ハンプと第2ハンプの間のホロウのところで設計されるようになるであろう(第12図)。そのような状態のもとでは、スカートおよび側壁の設計は艇が造った波形との接触が最小になるように行なわなければならない。さもないとスカート抵抗による抵抗増加が造波抵抗の減少より大きくなることがありうる。このことについては村尾²⁾によって示される。

(c) スカート抵抗: スカート抵抗成分だけ分離して解析することは非常に困難であり、おおよその値は経験的な推定、もしくは他の抵抗成分が正しいものと仮定して、全抵抗から差し引いた剰余抵抗から求めるかの二つの方法しかない。

スカート抵抗についてさらに詳細を研究するためには、効果的にスカート成分だけを分離したり、表面の圧力や張力を計測できる複雑精巧な模型による実験が必要であろう。艇が大型化し、とくにスカート高さが大きくなれば、この問題を解明することはさらに重要になってくる。

(d) 空気抵抗: 側壁型ホーバークラフトは高性能艇であるので、空気抵抗は重要である。空気抵抗に影響を及ぼす初期設計要因は、艇の前部投影面積である。しかし側部投影面積は斜め風における抵抗および艇の操縦性にも関係してくる。スカート形状は自由に変えることはできないので、流線型にすることができる場所は上部構造物である。しかし内部スペースの減少・重量の増加、またはコストアップ等が派生してくるので、変更を多くは期待できない。

空気抵抗を最も正確に推定する方法は、風洞実験を行なうことである。しかし似たような形状の艇の実験結果があるときは、その艇の空気抵抗係数を用いてもよい。この方法は近似法ではあるが初期推定としては有益である。

(e) 運動量抵抗: 側壁型ホーバークラフトでは、運動量抵抗成分が占める割合は最も小さい。運動量抵抗は停止状態においてクラフトを支えるに必要な空気量が、想定した速力でも供給されるとみなしても、全抵抗の精度から考えると十分である。なお運動量抵抗は、艇の上下揺れを軽減するためにリフトエアーを増やす場合にはより重要になってくる。またこの抵抗成分を減少させようと思えば、ファンの空気取り入れ口やファンケーシング等、空気力学的に洗練された設計が要求される。

(f) 付加物抵抗⁴⁾: 排水型船ではこの成分は相対的に小さいが、側壁型ホーバークラフトのように同程度の排水型船の約1/3の抵抗しかない艇にとって、この成分は全抵抗の15~20%の割合を占めている。付加物とはプロペラシャフト・同ブラケット・スケグおよびフィン等の制御装置を指している。側壁はある程度水面を貫通しているので、プロペラシャフトはでき

第13図 MK IV の傾斜舵

るだけ側壁内に内蔵してゆくのが望ましい。側壁はまた没水したプロペラの保護の役目も果たす。Dennys社のD1やD2のような初期の側壁型ホーバークラフトは船外機を取り付けていたので、かなりの抵抗増加と推進効率の低下をきたしていた。

鉛直方向に対してある角度をなして取り付けられた舵は、高速においてよい操縦性能を与えるために最適である(第13図)。すなわちこの舵によってすみやかな回頭ができ、切り上がった側壁と組み合わせて、旋回中艇を内傾させる。舵をまったく使わずに両舷のスラストの差だけを利用して艇を操船することは可能であるが、その場合には旋回半径が非常に大きくなる。

4.2 リフトパワーの要件 搭載するリフト機関の動力が大きいくほど、設計速力も速くなければならない。このことは輸送効率(馬力/ペイロード×速力)より明らかである。第14図に排水型船・側壁型ホー

第14図 艇のタイプによる要求馬力

バークラフトおよび水陸両用ホーバークラフトの動力特性を示す。これによると小型艇では20ノット以下ではリフトパワーを搭載する必要はない。一方、20ノットから50ノットの範囲では、全馬力の25%のリフトパワーを搭載するのが妥当である。またこの範囲では側壁型ホーバークラフトタイプが最適である。一方、50ノットを越えると50%のリフトパワーが正当化されるが、これは水陸両用ホーバークラフトの場合に相当している。20ノットと50ノットという交差点は、艇が大型になるほど高い値を示す。

いずれの艇についても全動力を最小にするためには、リフトパワーと推進パワーの比を最適にしなければならない。ただしこのことは艇の個々の仕様によってやや異なってくる。しかしながら艇の乗り心地、運動制御等他の理由によって上記リフトパワーと推進パワーの比は明らかに大きくなりつつある。

1950年代後半および1960年代前半を振りかえると、当時艇を水面から浮き上がらせるためのおもな方法はエアジェットシステムであった。最初の旅客輸送用プラットフォーム、すなわちDenny D1は開放型循環ジェットシステムを採用した唯一のユニークな艇であった。この方法は同じクッション圧力およびホーバー高さにおいて、単純な周辺ジェットシステムに比較して所要動力をほぼ半減することができた。この方法はまったく順調であったが、1962年にフレキシブルスカートを導入することによってさらに進歩発展した。第1表に、クッション深さおよび耐航性能の進歩に対応して、どの程度の大きさのリフトパワーおよび

第1表 側壁型ホーバークラフトのリフトパワー

CRAFT	ALL UP WEIGHT W (TONS)	CUSHION DEPTH (M)	LIFT POWER P (HP)	PROPULSIVE POWER (HP)	MAXIMUM SPEED V (KTS)	W/V (TONS-KTS) P (HP)	LIFT POWER PROPULSIVE POWER
DENNY D1	4.5	0.3	50	70	20	1.8	0.71
DENNY D2	28	0.6	180	540	20	3.1	0.33
HOVERMARINE HM2 MK1-3	20	0.8	185	620	35	3.8	0.3
HOVERMARINE HM2 MK4	25	0.8	185	760	35	4.8	0.24
HOVERMARINE HM5 MK1 (27M)	76	1.8	700	2380	40	4.3	0.29
HOVERMARINE HM5 MK2 (33M)	110	1.8	820	2800	40	5.3	0.29
HOVERMARINE HOVERFREIGHTER	260	3.0	1600	2400	30	4.9	0.67
HOVERMARINE CAR FERRY HOVERFREIGHTER	310	3.0	2000	6000	40	6.2	0.33
HOVERMARINE DEEP CUSHION	500	6.0	4800	30200	57	5.9	0.16
AEROJET GENERAL 100A OR BELL 100B S.E.S.	105	2.0	1850	11650	80	4.5	0.16
ROHR 3000 TON S.E.S.	3000	5.5	55000	110000	80	4.36	0.5

推進パワーが選択されてきたかを、過去・現在および将来について示した。すべての設計に遠心ファンが採用された。なぜならば遠心ファンは静圧効率 75~80% を期待でき、ストール現象を起こさないからである。艇全体のリフトエアーの分布は船首尾のスカートに十分エアーを吹き込むことができるようにしなければならない。一般にエアーの大部分は艇体中央より前のクッション室内に送り込まなければならない。

4.3 スカート シングルシートセグメントまたはフィンガースカートの考案は、他のスカート形状またはエアシールの方法よりリフトパワーの節減に役立った (第15図)。また形状の単純さ、剪断力を考慮する必要がないこと、損傷しても隣のセグメントがシールを補足すること等の理由によって、本方式が一般的になった。単純なシングルまたはダブルのバッグ型を問わず、ループスカートと組み合わせたフィンガースカートは、今日まで大部分の実用艇に採用され、成功してきた。このほかにも多くのスカート方式がある。たとえばフランスで好まれる多筒圧力室型や、米国の SES 開発プログラムで開発された種々の半剛体シールがそうである。しかしながら成功のカギは、できるだけ永い寿命のスカートを設計することである。現在のところ、フィンガースカートは 700~1,000 時間の寿

命があり、これは約 30,000 海里的の航走使用に相当する (この数値は最上の自動車タイヤの寿命にも匹敵するのでは!?)。この実績は以下の開発過程によって達成された。まず第一に材料メーカー、とりわけ Avon 社は材料の剝離・摩耗および疲労による損耗に耐えるような材質の改良を行なった。その結果明らかに約 200 時間は寿命が伸びた。第二番目に艇体メーカーによるスカートの接着・縫い方・織目の接合・ジャックルの取り付けや留め方等に対する開発改良である。船首部スカートは衝撃圧をやわらげ、ブラウイン現象を避けるという重要な役割を果たしている。また船尾部スカートとともに、静的な縦復原モーメントおよび波浪中の総合的な動的特性に影響を与える。

スカートの設計が艇の性能を大きく左右することは、船尾部スカート形状を変えたシリーズ模型試験結果からも明らかである。第16図に模型試験を行なったスカートの形状および試験成績を示す。また平水中約 35 ノットにおける艇の運航レンジを図中ハッチで表わした。

この結果を考慮して、HM2 は現在形状②および③の折衷形状を採用しつつある。本形状はスカートの寿命、推進性能およびある海象状態における乗り心地に対し、明らかによい結果を示している。

4.4 乗り心地とその制御 乗り心地はおそらく研究開発のなかでは最も重要な項目である。小さな艇ではとくには不快な状態を示すことがあるが、一般には航路が短いので、旅客が不快を感じるのには時間的に限られている。しかし艇が大型化するにつれ航路も長くなり、乗り心地が悪いと旅客は長い間不快に耐えなければならない。したがってよい乗り心地が重要になってくる。よい乗り心地を得るために、固定フィン

第15図 フィンガースカートの形状

第16図 スカート形状と抵抗の関係

動を感知し、フィンの作動やクッションエアーの供給を自動的に制御するアクティブタイプがある。

艇の上下揺れに関しては、不快感を与える二つの基本周波数ゾーンがある。すなわち高い波高の低周波数ゾーンと、低い波高の高周波数ゾーンである。

前者は艇の耐航性能によって左右され、流体力学的な形状が非常に重要である。一方、後者はクッション圧の脈動によって生ずる性質のもので、ファンの流量あるいはクッション特性を調整することによってのみ、軽減することができる。低いファン回転数がより快適な乗り心地を示すことが HM2 の実績から確かめられた。また HM5 では、種々のファン特性について、あるいは設計点における圧力と空気流量の関係を変えた模型試験をシリーズで行なった。実験結果によれば、高い周波数での上下加速度は、同一圧力および空気流量のもとでは静的ファン特性カーブの傾斜のほぼ2次関数であることがわかった(第17図)。しかし背圧の変動に伴って、ファン圧と空気流量特性は一本のカーブにはならず周波数に依存する。すなわち第18図に示すように反時計回りのサイクリックなループを形作る。今後さらにこの影響について研究する必要がある。残念ながら現在のところそういう変動状態

第17図 HM5の上下加速度

第18図 動的ファン特性

第19図 HM2の横揺制御装置による効果

で空気流量を動的に計測する信頼できる方法がないようである。

米国の SES 開発では、上下揺れを軽減させる方法として可変インレットファンおよびクッションのベントバルブの両方について研究開発を行なっており、一応満足すべき成果が得られている⁵⁾⁶⁾。

また適切な位置に設けたスプレーストリップは、ある波浪状態のもとでは縦揺れおよび上下揺れ加速度に対し、効果的な影響があることがわかっている。

ホーバーマリンではアクティブタイプのものをわざわざ新たに設けることなく、流体力学的に制御できる既設の物を利用することを考えた。傾斜舵を利用することは、アクティブな横揺安定装置として非常に便利かつ効果的である(第19図)。レートジャイロの出力信号をベースにしたこの単純な制御システムは Marconi Avionic 社によって考案された。本システムは縦揺れの制御システムとして将来応用されるであろう。

5. 将来—20年後の予測

官公庁・民間および沿岸警備隊や国際警備隊は今後も引き続き側壁型ホーバークラフトによる高速海上輸送を必要とするのであろうか？

私の答は、常に原価意識をもち、よい乗り心地に対して改善進歩を示すことができる限り本質的に“YES”である。商業ベースにおける原価意識とは、たとえばフェリーや貨物艇では最大の輸送効率および最小の燃料消費量となる速力で運航することを意味する。建造コストは航空宇宙技術よりむしろ船舶技術による建造コストでなければならない。なぜなら塩を徐々に効かしていくほうが、効かしすぎて塩辛さを除くより容易であるからである。ホーバーマリンは最大の輸送効率、最小の燃料消費量および船並みの建造コストという上記3要件の満足をはかっている。艇のサイズが大きくなるにつれ、疑いもなく市場の規模・開拓の余地

があり、ひいては海上輸送に非常に大きな役割を果たすことになるであろう。

原価意識は綿密な警備ネットワーク態勢を有する海上警備の場合にも基本的な事項である。とくに開発途上国の無防備かつ未開拓の、海岸線が伸びた地域では最も重要である。また領海の漁業資源や海洋構造物等の監視のためには、緊急時に間に合う高速かつ広い範囲にわたってパトロールできる性能を有する艇が要求される。

過去 20 年間は効率的な小型艇が發展してきたが、次の 20 年間は乗り心地のよい効率的な大型船が發展するであろうと思われる。

大型ホバーマリンは将来二つの方向に發展するであろう。第一の用途は、全備重量約 250~10,000 トン、巡航速度 30~40 ノットの急行貨物輸送艇やカーフェリーとしての“ホバーフレイター”プラットフォームであり、他の用途は比較的荒れた海象でも航行することができ、かつ最大速度 50~60 ノットの高性能軍用艇である。第 20 図にホバーフレイターの概略図を示す。また第 21 図に示すようなディープクッション型ホバーマリンは、これら要求にかなった艇ではないかと思われる。この艇は従来型と異なって、貨物スペースを艇体中心に置かず側壁内に配置し、艇体構造上有効クッション深さをほぼ倍にしているのが特徴である。また側壁はペイロード、エンジンおよび

第 20 図 260 トンカーフェリーおよび 6,000 トン
ホバーフレイター (想像図)

第 21 図 500 トンディープクッション艇 (想像図)

燃料スペースになるためかなり大きくなる。ディープクッションにより波浪衝撃は軽減され、乗り心地もよくなるであろう。

前記のすべて、あるいはそれ以上が実現可能である。しかしそれを実現させるために専念する人々が必要である。技術的な市場調査だけが不十分である。限られた予算のもとで失敗を乗り越えても続けようとする精神をもった決断ある、また将来を見通せる人が必要である。造船技術者および地上に戻りたい航空技術者等、若い世代にとって今後 20 年間の海上輸送はかつてないほど興味をもてる対象であろう。ホバークラフト開発に対する過去 20 年を越える私の忠誠は、ただたんにホバークラフトの技術的興味、あるいは珍しさの魅力によってではなく、総合的な概念のなかに、高速海上輸送に対する下記の連立方程式の解を与えるチャンスがあったからである⁷⁾。

どれくらいの大きさ？

どれくらいの速さ？

どれくらいの費用？

このたび本稿を発表する機会を与えていただいた Hovermarine Transport Limited 社の関係各位に感謝します。また原稿や図表の作製にご協力いただいた著者のスタッフに深く感謝します。さらに日本語に翻訳していただいた SSK の立木氏に感謝します*。

著者がこの原稿を日本語で書こうと思っていると提案したところ、著者の友人である村尾博士から、翻訳作業が二度手間——一度英語に戻して、それから再び日本語に翻訳しなければならない……——になるのではないかと指摘された。著者は兜をぬがざるをえなかった！

参考文献

- 1) McGHEE, G.D.: U.S. Navy 3000-LT Surface-Effect Ship (3K SES) Program, SNAME Paper No. 11, Annual Meeting, New York (Nov., 1977).
- 2) MURAO, R.: On the Drag of a Sidewall ACV over Calm Water, 2nd Intn. Hovering Craft, Hydrofoil & Advanced Transit Systems Conference, Amsterdam (May, 1976).
- 3) BARRATT, J.: The Wave Drag of a Rectangular Hovercraft, J. Fluid Mechanics, Vol. 22, Part 1 (1965), pp. 21-26.
- 4) HADLER, J.B.: The Prediction of Power Performance on Planing Craft, Trans. SNAME, Vol. 74 (1966), pp. 563-610.
- 5) MANTLE, P.J.: A Theoretical Summary of Air Cushion Craft Development, DT NSRDC Rept. No. 4727 (Sept. 1975).
- 6) MANTLE, P.J.: Large High Speed Surface Effect Ship Technology, 1st Intn. Hovering Craft, Hydrofoil & Advanced Transit Systems Conference,

* 訳者注：本稿を翻訳するにあたり、技術的内容や専門用語等について村尾教授の多大なるご教示およびご援助をいただいた。厚くお礼申し上げます。

Brighton (May, 1974).
7) TATTERSALL, E.G.: "How Big?, How Fast?,"

How Much?" Hovering Craft and Hydrofoil,
Vol. 5, No. 7 (April 1966).

側壁型ホバークラフト, HM 2 MK III について*

立 木 正 昭**

1. ま え が き

最初の側壁型ホバークラフト, D1 が英国で初めて就航して以来 15 年以上経過している。その間各国で側壁型ホバークラフトの開発研究が行なわれてきたが、商業艇としては HTL 社 (Hovermarine Transport Limited) によって研究開発された HM 2 シリーズが最も製造隻数が多く、現在までに 50 数隻、世界各国で就航している。なお HM 2 タイプには HM 2 MK III と、長さを約 3 m 延長した HM 2 MK IV の二種類がある。

本艇はサイドウォールと前後部のスカートでシールされたクッション室に空気を吹き込み、艇体を持ち上げて水中プロペラによって航走するため従来の排水型船舶とも水陸両用ホバークラフトとも異なった性能特性を有している。

2. 現在までの経緯

ホバーマリンパシフィック (株) では、1976 年春、HTL 社から HM 2 MK III を 1 隻購入することを決定し、運輸省船舶局の設計承認を取得するための作業を開始した。英国では、ホバークラフトは英国航空局 CAA (Civil Aviation Authority) 所轄となっている。その設計思想も航空学的発想に基づいたところもあり、日本の運輸省船舶諸規則をそのまま適用するには問題点が多い。そこで運輸省関係者と検討を行ない、本艇の性能をそこなわない範囲で一部設計変更を行なった。さらに本艇の材質が FRP 製であるため、完工前に英国で艇体の縦曲げ試験を行なった。1976 年秋佐世保に着いてから運輸省による所定の検査を受け、救命・消防・航海関係の部品を装備した後、1977 年春から性能確認のための諸試験を行なった。

1977 年 7 月にホプスターと名づけられた本艇は佐世保港外および大村湾内で展示航走を行なった (第 1 図)。

当初本艇のシート配置は折りたたみ椅子席を含む 65 名の定員であったが、快適さを増すため椅子の幅を拡げ、肘付き椅子とし、最終的に 63 名の定員となった。

1978 年になって本艇は琵琶湖で就航した。佐世保から大阪までは海路を自航、大阪から琵琶湖までは陸路トレーラーで運送 (第 2 図) した。佐世保から大阪まで海路 380 マイル、途中玄海灘・関門海峡を自航したことは本艇にとって意義ある経験であった。

その後、琵琶湖での就航水域試験・艇長教育および関係者への展示航走等を経て、4 月下旬より商業運航が開始された。

3. ホプスターの概要

本艇は第 2 種船、「平水区域」の資格を有している。また夜間航行が可能なようにレーダー・航海灯等の諸機器を装備している。

本艇の主要目 (満載状態) は次のとおりである。

全長: 15.24 m, 全幅: 5.79 m, 深さ: 1.98 m, 総トン数: 約 37 ton, 全備重量: 約 20 ton, KG: 1.6 m, L_{CG} : 8.8 m (船首より), L_{CB} : 9.0 m (船首より), GM : 9.8 m (オフクッション時), 平均吃水: 1.05 m (オフクッション時), 0.34 m (オンクッション時), 旅客定員: 63 名, 乗組員: 2 名, 推進機関: 290 shp $\times$ 2, 800 rpm $\times$ 2 基, リフト機関: 152 shp $\times$ 2, 800 rpm $\times$ 1 基, 満載最高速度: 33 knot, 航続距離: 260 km, 燃料: 820 l

本艇の一般配置を第 3 図に示す。本艇の船首尾部にはスカートを装備し、クッション室内の空気をシールしている。前部スカートはループスカートと 32 枚のセグメントスカートから成り、セグメントスカートの一端はループスカートに、他の一端はロープで船底に張られている。後部スカートも前部スカートと同じようにループスカートと 20 枚のセグメントスカートから成り立っている。ただし後部のセグメントスカートは、艇がオンクッション航走時に水をスクープしないように筒型をした、いわゆるダブルセグメントとなっている。

エアーを供給するためのリフトファンは前後部にあ

* 昭和 53 年 6 月 20 日原稿受理 On Sidewall Hovercraft, HM 2 MK III

** 佐世保重工業 (株) 佐世保造船所 ホバーマリン事業室 Masaaki TACHIKI