

TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo

University of Marine Science and Technology

(東京海洋大学)

戦時急造艦の松型（丁型）駆逐艦に関する研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2008-10-22 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 富樫, 修一 メールアドレス: 所属:
URL	https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/777

修士学位論文
戦時急造艦の松型(丁型)駆逐艦に関する研究

平成 20 年度
(2008 年 9 月)

東京海洋大学大学院
海洋科学技術研究科
海運ロジスティクス専攻
富樫 修一

目次

第 1 章 緒言	1
第 2 章 模型船に関して	3
2.1 模型船の縮尺比	3
2.2 模型船製作のための線図	3
2.3 模型船のオフセット表の作成および主要目	4
2.4 模型船の製作	4
2.4.1 模型船の精度	4
第 3 章 実船の要目性能の船型学的考察	13
第 4 章 模型実験(平水中抵抗試験)	14
4.1 実験装置	14
4.1.1 実験水槽	14
4.1.2 模型船	14
4.1.3 計測装置	14
4.1.4 計測装置の較正	14
4.2 実験状態	15
4.3 実験結果の読み取り	15
4.4 実験結果の解析	15
4.4.1 2次元外挿法による抵抗成分の分離	15
4.4.2 2次元外挿法による剰余抵抗係数および実船の全抵抗係数の計算	16
4.4.3 船首垂線(F.P.)と船尾垂線(A.P.)における沈下量の計算	18
4.4.3.1 船体平均沈下量および船体傾斜の計算	19
4.4.4 実船の有効馬力の計算	19
4.5 考察	20
第 5 章 系統的模型試験結果の適用	27
5.1 系統的模型試験結果に関して	27
5.2 Taylor 水槽の図表を用いた実船の全抵抗係数および有効馬力の計算	27
5.3 考察	27

第 6 章 模型実験(波浪中抵抗試験)	30
6.1 実験装置	30
6.1.1 計測装置	30
6.1.2 計測装置の較正	30
6.1.3 縦慣動半径の設定	30
6.2 実験状態	30
6.3 実験結果の読み取り	31
6.4 実験結果の解析	31
6.5 考察	32
第 7 章 模型船(航走波による造波抵抗の算出)	37
7.1 実験装置	37
7.1.1 計測装置	37
7.2 実験状態	37
7.3 実験結果の読み取り	37
7.4 実験結果の解析	37
7.4.1 抵抗試験結果による造波抵抗係数の計算	37
7.4.2 波形解析の数値計算	38
7.4.2.1 船の波のフーリエ変換と吹出分布	38
7.4.2.2 造波抵抗	43
7.4.2.3 打切修正法	43
7.5 考察	44
第 8 章 結言	52
謝辞	54
参考文献	55

第1章 緒言

太平洋戦争敗戦時の日本の工業は壊滅状態に等しかったが、その立ち直りは早く、それには造船産業の発展が多いに貢献したと考えられる。造船は各種工業製品を集約した結晶であり、産業発展の指標といっても過言ではないと考える。特に艦艇は、その国の技術を集約し建造されており、日本の造艦技術は世界的にも一流の水準を保持している。また商船建造においても日本の造船技術は同様なことがいえると考ええる。

現在の世界に誇れる日本の造船技術の発展に大きく貢献したものの1つとしては、日本海軍の造艦技術があったからではないかと考える。戦艦「大和」に代表される球状船首や、世界初の全溶接艦である航空母艦「龍鳳」などに見られる日本海軍の造艦技術は、現在の造船技術につながるものである。

また、現在の造船技術の発展に寄与したであろうものとして日本海軍の駆逐艦に目を向けてみると、戦時急造艦の松型(丁型)駆逐艦が、その1つとして挙げられると考える。

太平洋戦争開戦からミッドウェー海戦までの日本海軍の駆逐艦の損失は、わずかに7隻であり、必ずしも急に多数の駆逐艦を補充する必要はなかった。しかし1942年にはいり、ソロモン群島の争奪戦が開始すると、駆逐艦はソロモン群島方面において、いわゆる「東京急行」と称される物資輸送任務にかり出されることとなる。アメリカ軍の制空権下にあるこの方面に対する任務により、駆逐艦の損害は急速に増加した。

このため、当時計画中であった従来型駆逐艦の建造計画では、とても損失を補充することができず、また従来型駆逐艦では、このような物資輸送任務に不相当でもあることから、揚陸作戦や補給作戦に適した急造に向く簡易型駆逐艦の建造計画が行われることとなる。この計画により建造された駆逐艦が、松型(丁型)駆逐艦である。

松型(丁型)駆逐艦の線図は、工事簡略化のため、従来型駆逐艦のような曲面を省略してできるだけ直線で構成される形状となっている。このため、艦首部のフレアも小さく、カットアップも簡略化されている。また構造的にも従来はDS鋼材を用いてきたが、本艦ではDS鋼材は用いず、艦底部は普通鋼に、上甲板にはHT鋼を用い、さらに溶接も多用している。

このようにできるだけ簡易化をはかり、戦時急造に向くように計画された本艦ではあるが、速力が低い以外は、従来型駆逐艦と比較しても性能に遜色はなかったといわれている^{1),2),3)}。なお、従来型駆逐艦より速力が低い点は、戦時急造および量産に適するように、他の就役艦の小馬力タービンを用いたからである。

松型(丁型)駆逐艦に関する書籍は多数出版されているが、どれも船体構造、艤装、戦歴などに関したもののばかりである。運航性能に関しては、上記したように、「従来型駆逐艦と比較しても性能に遜色はなかった」と記されているだけで、実際、従来型駆逐艦と比べ運航性能はどうであったのかを知るすべがない。

そこで、本研究では、松型(丁型)駆逐艦と従来型駆逐艦の2隻の模型船を製作し、本学船舶運航性能実験水槽において、各種模型実験を行い、その運航性能の違いに関して比較検証を行った。

松型(丁型)駆逐艦は前述したように建造に関し各種簡易化をはかったが、本艦の改良型である橘型(改丁型)駆逐艦では、さらに簡易化がはかられ、船体を普通鋼のみで建造したほか、フレアも廃止した。艦尾も松型(丁型)駆逐艦ではクルーザースターンであったが、これを廃してトランサムスターンを採用している。また橘型(改丁型)駆逐艦では、ブロック工法での建造も手伝い、最短約5ヶ月という当時の日本としては、短期間の建造が可能となっている。これらの経験は後に、海防艦を経て現在の日本の造船技術を支える工法につながったと考える。

冒頭で述べたように、現在の造船技術に大きく貢献したであろう日本海軍の艦艇の1つである松型(丁型)駆逐艦に焦点を当てたこの模型実験における比較検証は、現在の日本の造船史、とりわけ造艦史関連の資料として有意義なものであると考える。

なお、松型(丁型)駆逐艦だけではなく、より簡易化がはかられた橘型(改丁型)駆逐艦についても検証することが好ましいと考えられるが、橘型(改丁型)駆逐艦の船底部には、キールライン上に直径3mの円形なフラット面が設けられ、ここに水中聴音機が配置されている。本研究では、橘型(改丁型)駆逐艦の正面線図や側面線図を入手することはできたが、この水中聴音機の詳細な形状を知ることができず、模型船の製作は困難であると判断し、駆逐艦における戦時急造艦の先駆けである松型(丁型)駆逐艦を採用することとした。また比較対照の従来型駆逐艦には、ロンドン海軍軍縮条約あけに建造された日本海軍駆逐艦の集大成といわれている陽炎型(甲型)駆逐艦を用いた。この駆逐艦との比較検証は、他の従来型駆逐艦との比較検証も兼ねると考える。

第2章 模型船に関して

2.1 模型船の縮尺比

長距離を基準速力(戦術速力)で長時間行動できること、すなわち機動性の向上は艦艇に要求される重要な要素の一つである。指定性能として与えられた航続距離は主推進機関の機種選定や機関の燃料消費効率、燃料搭載量決定に関連し、一般配置図の作成に影響する。

松型(丁型)駆逐艦(以下、松型と略す)および陽炎型(甲型)駆逐艦(以下、陽炎型と略す)の基準速力は、ともに 18knot であり、航続距離はそれぞれ 3,500 海里および 5,000 海里となっている。

今回、模型船を製作するにあたり、この基準速力を模型実験でも再現できるように模型船の縮尺比を決定した。

本学運航性能実験水槽の曳航電車の最高速度は 1.2m/s である。この速度の場合、模型船の縮尺比を 1/60 とすれば、松型および陽炎型の模型船のフルード数は、それぞれ 0.299 および 0.275 となり、実船では 18.21knot および 18.12knot となる。

実際の松型および陽炎型の最高速力は、それぞれ 27.8knot および 35.0knot ではあるが、模型船の縮尺比を上げると、模型船が小型になりすぎ、模型船への実験装置搭載が困難になる。このため、本研究で使用する模型船の縮尺比は、1/60 とすることとした。

2.2 模型船製作のための線図

戦時中の極秘情報であった軍艦の線図は、現存するものが少ない。本研究で用いた線図は、松型では、靖国神社靖国偕行文庫に保管されていた松型 4 番艦「桃」⁴⁾のものを、陽炎型では、日本海軍艦艇図面集⁵⁾に図載されている陽炎型 18 番艦「舞風」のものをを使用することとした。これらの正面線図を図 2-2、図 2-6 にそれぞれ示す。また、側面図^{6),7)}を図 2-3、2-7 にそれぞれ示す。また、緒言で説明した橋型(改丁型)駆逐艦も、正面線図を図 2-4、側面図を図 2-5 にそれぞれ例として示す。

側面図 2-3、2-7 で示す通り、船首形状は、松型では直線で結ぶ形状になっており、下部にナックルが付いている。陽炎型では長年、日本海軍が採用してきたダブルカーベチャ艦首となっている。また船尾形状は、松型ではカットアップが簡略化され、地上で組み立てられたスケグが取り付けられている。陽炎型では曲線を使用したきれいなカットアップの形状となっている。

軍艦の正面線図は一般に基線 B.L.(ベース・ライン)に水平に置かれた船体を横方向垂直に艦首から艦尾まで等間隔で輪切りにした線(セクション)で描かれている。セクションの数は垂線間の長さを 20 等分し、艦首、艦尾で船型が急に変化する部分は、さらに 1/4、1/2 に分割して描かれている。船型は一般に船体中心線を境にして右側に前半部、左側に後半部のセクションを書き、右側の艦首から F.P.、1 1/4、1 1/2、1 3/4、2、3……19、20、20 1/2、A.P.と番号が付けられている。

またベース・ラインと平行な水線(Water Line)が記入されている。水線は、公試排水量で浮

かぶ時の水線を計画喫水線 1W.L.とし、1W.L.とベース・ライン間を 5 等分して、それぞれ上から 1W.L.、2W.L.、3W.L.、4W.L.、5W.L.と番号が付けられている。1W.L.より上は同じ平行線を 1W.L.と 2W.L.の間隔と等しくとりながら引き、上に向かって AW.L.、BW.L.、CW.L. …としている。

軍艦の側面線図は、側面の船型を表現し、ベース・ライン上に水線間の長さを 20 等分している。正面線図と同様に、艦首、艦尾付近では 1 セクションをさらに細分化し、艦首側から F.P.、1 1/4、1 1/2、1 3/4、2、3……19、20、20 1/2、A.P.と番号が付けられている。各等分点からベース・ラインに垂直線を立てたオーディネート間隔は、水線長の 1/20 の長さに等しい。

上記で説明した軍艦線図の例を図 2-1⁸⁾に示す。

2.3 模型船のオフセット表の作成および主要目

入手した線図を用い、デジタルノギス(ミットヨ製)とキルビメータ(小泉測機製)を使用し、セクション長さとガース長さを測定し、模型船のオフセット表の作成および主要目を決定した。作成した模型船のオフセット表および決定した主要目⁸⁾を表 2-1~2-3 にそれぞれ示す。

なお、これらの数値は、すべて公試排水量の値とした。軍艦における公試排水量とは、艦が完成し乗員が乗り込み、弾薬類を定量搭載し、燃料、真水、食料などの消耗品を 2/3 だけ搭載した状態である。これは、基地を満載状態で出航し目的地に到着した状態と仮定されている。日本海軍の艦艇の基本設計には、この公試排水量が使用されている。

2.4 模型船の製作

模型船は、入手した線図と作成したオフセット表をもとにオーディネート間隔ごとのスケールを作成し、発泡ウレタンを削り出して製作を行った。削り出し後は、発泡ウレタンのめをつぶすためにパテを塗り、防水のためにラッカー塗料で塗装し仕上げた。完成した模型船を図 2-8、2-9 にそれぞれ示す。

2.4.1 模型船の精度

作成したオフセット表をもとに、各スクエアステーションの横断面積を求め、船の長さ方向にシンプソンの第 1 法則を用いて積分し、排水量を計算した。その結果、松型と陽炎型の模型船の排水量は、それぞれ 6.455kg、11.205kg となった。

一方、松型と陽炎型の実船の値から求めた排水量は、表 2-3 に示す通り、それぞれ 6.930kg、11.670kg である。これより、松型と陽炎型の模型船の排水量は、計算から求めた排水量よりも、それぞれ 6.83%、3.98%高い値となった。

また、実際に実験時に公試排水量の喫水線にて調整した松型と陽炎型の模型船の排水量は、それぞれ 6.740kg、11.220kg となった。これより、松型と陽炎型の模型船の排水量は、計算から求めた排水量よりも、それぞれ 4.23%、0.13%高い値となった。

計算で求めた値は、推進器、舵、ビルジキール等の船体付加物を含まない値である。一方、表 2-3 に示す値は、これら船体付加物を含んだ値である。このため、排水量に若干の差が見られたが、模型船の精度には問題がないと考える。

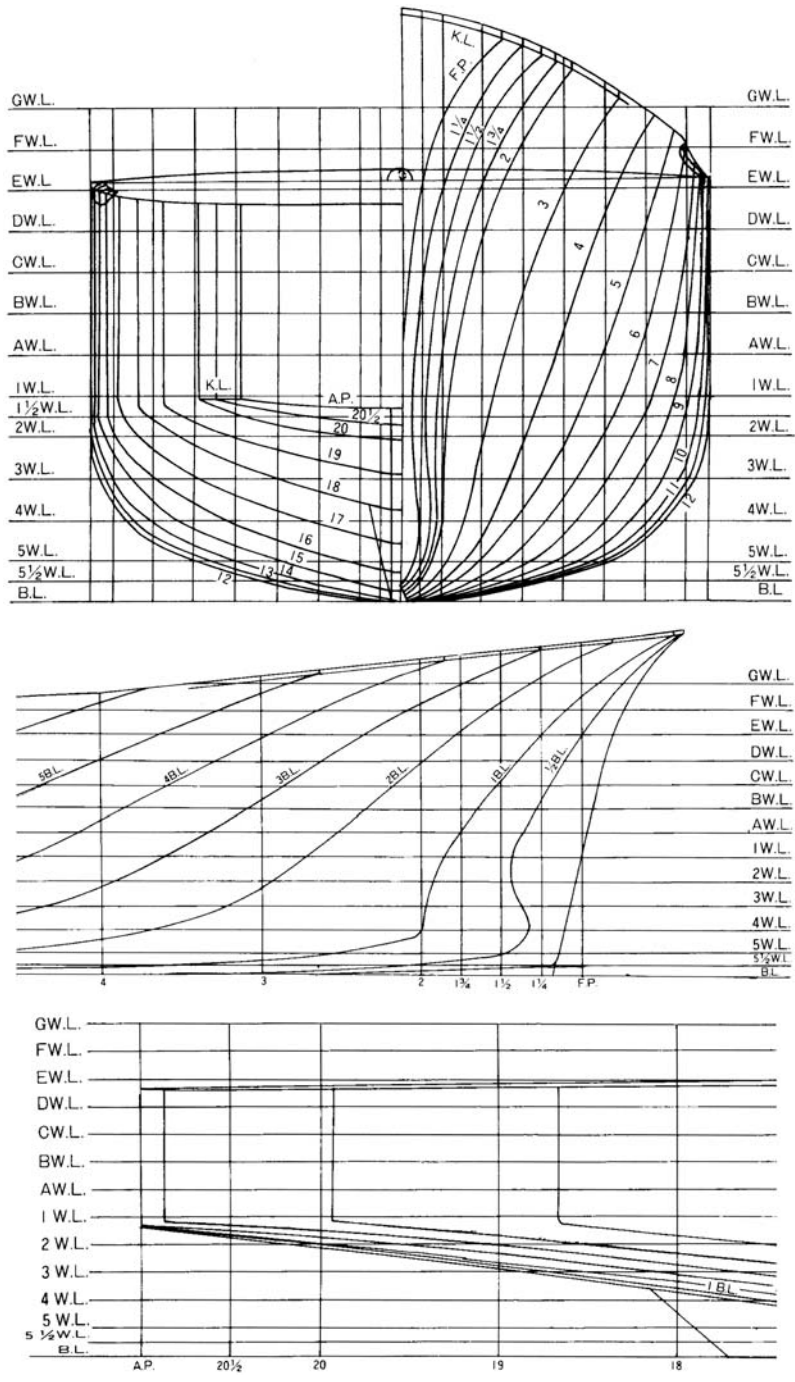


図 2-1 軍艦線図の例

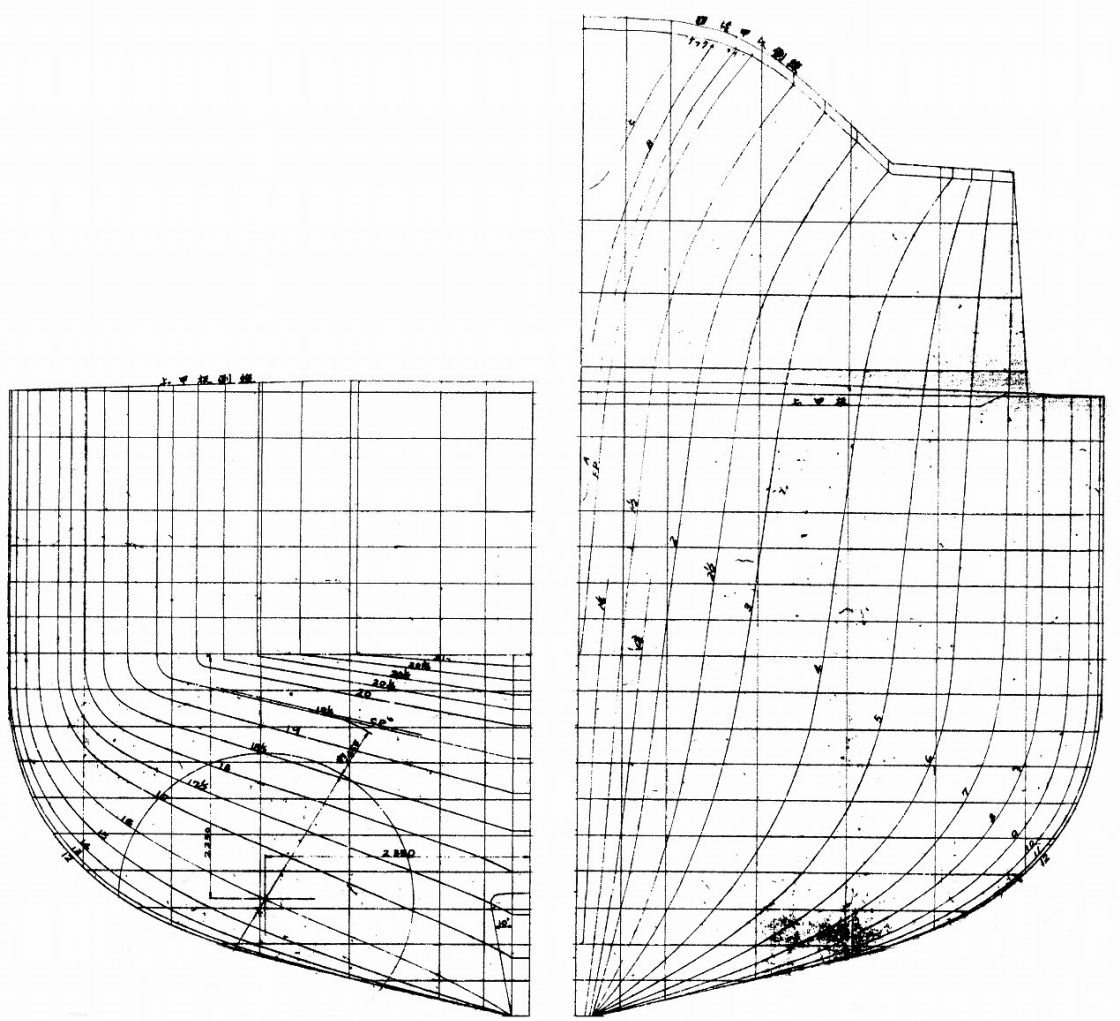


图 2-2 松型(丁型)驱逐舰・4番艦「桃」正面線図

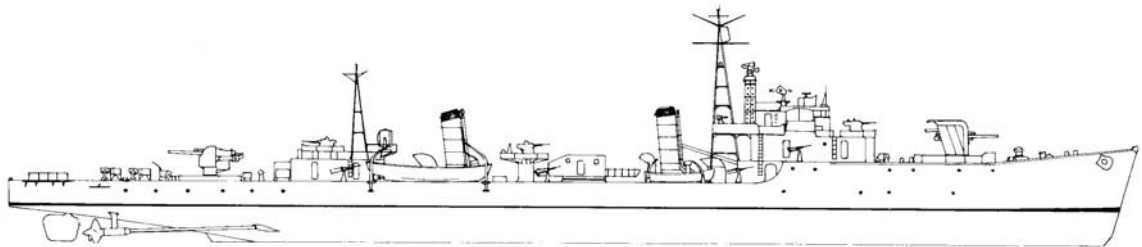


图 2-3 松型(丁型)驱逐舰・側面図

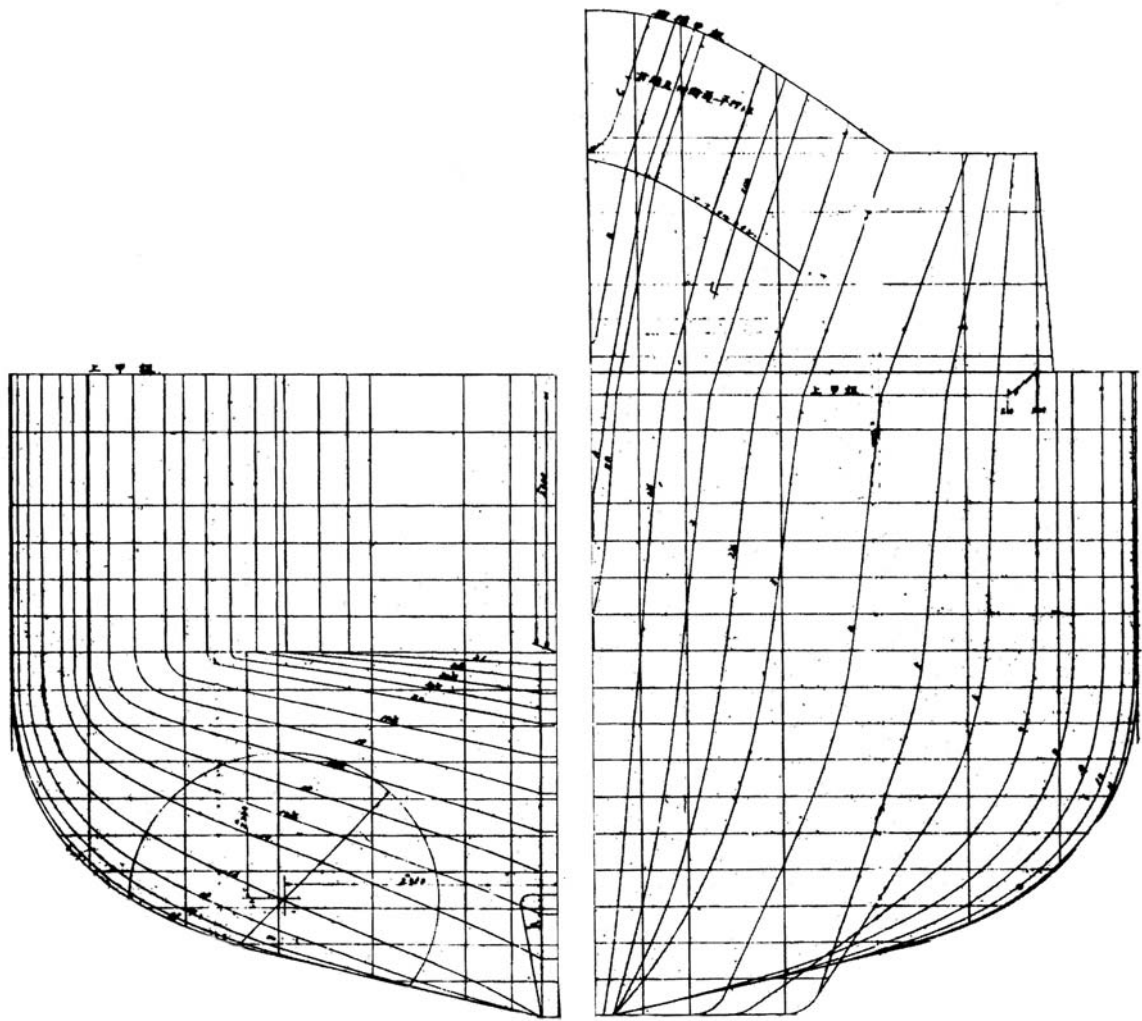


图 2-4 橘型(改丁型)驱逐舰·正面线图

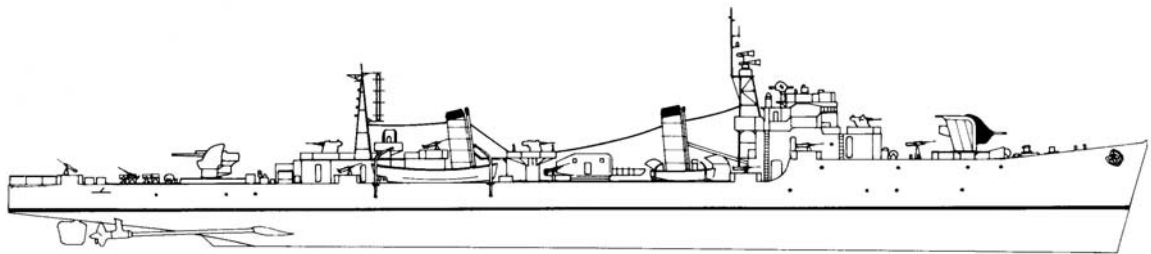


图 2-5 橘型(改丁型)驱逐舰·侧面图

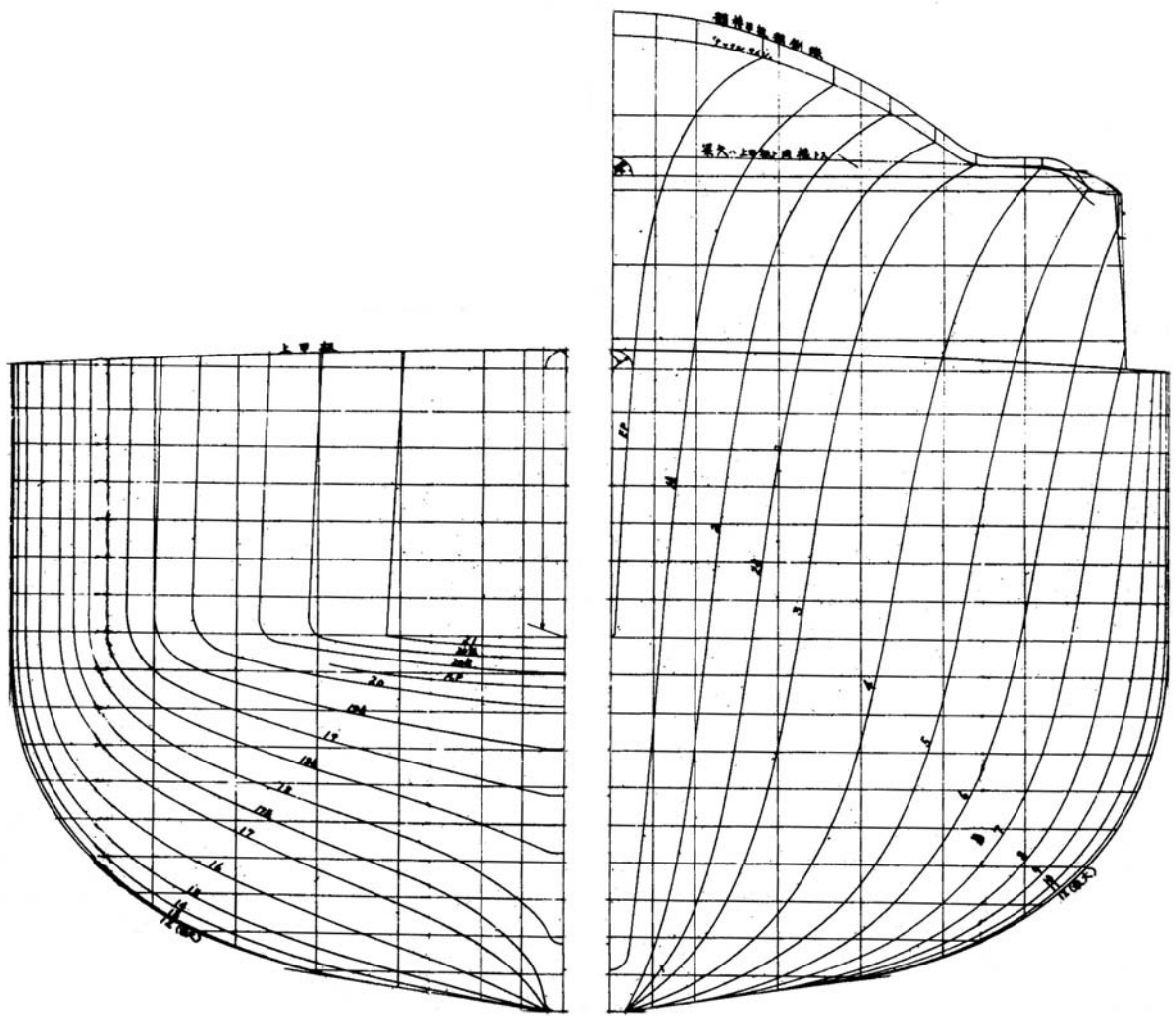


图 2-6 陽炎型(甲型)駆逐艦・18番艦「舞風」正面線図

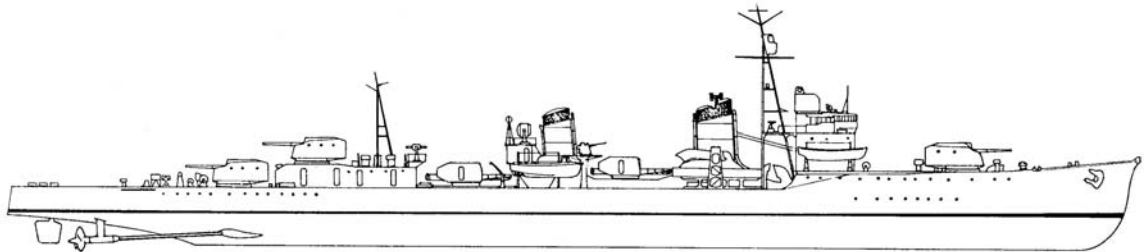


图 2-7 陽炎型(甲型)駆逐艦・側面図



图 2-8 松型(丁型)驱逐舰・4番艦「桃」模型船



图 2-9 陽炎型(甲型)驱逐舰・18番艦「舞風」模型船

表 2-1 松型(丁型)駆逐艦・4 番艦「桃」模型船オフセット表(縮尺比 1/60.44)

	BL	5 1/2W.L.	5W.L.	4 1/2W.L.	4W.L.	3 1/3W.L.	3W.L.	2 1/2W.L.	2W.L.	1 1/2W.L.	1W.L.	1/2 AW.L.	1/2 BW.L.	BW.L.	CW.L.	DW.L.	EW.L.	FW.L.	GW.L.	ガース長さ (片舷)
C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.88	0.00
B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.88	10.22	0.00
A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.74	10.22	0.00
FP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.84	8.08	0.00
1 1/2	1.37	1.98	2.59	3.16	3.67	4.07	4.53	4.94	5.34	5.83	6.29	6.59	7.27	7.87	8.49	9.50	10.83	13.41	17.72	23.90
2	2.39	3.98	5.31	6.58	7.87	8.86	9.74	10.47	11.12	11.75	12.42	12.96	13.68	14.22	14.98	16.05	17.73	20.54	25.19	32.04
2 1/2	2.39	5.38	7.93	10.04	12.01	13.47	14.93	16.13	16.99	17.88	18.64	19.19	19.92	20.49	21.27	22.53	24.22	27.21	32.47	39.62
3	2.39	6.76	10.41	13.44	16.08	18.23	20.03	21.62	22.80	23.73	24.72	25.35	26.09	26.77	27.48	28.88	30.63	33.76	39.38	0.00
4	2.39	9.48	15.42	20.38	24.45	27.88	30.70	32.74	34.24	35.31	36.23	36.86	37.70	38.20	39.01	40.35	41.86	44.77	49.85	0.00
5	2.39	12.40	20.77	27.78	33.27	37.40	40.50	42.93	44.46	45.66	46.48	46.94	47.53	47.92	48.59	49.70	50.88	52.70	55.37	0.00
6	2.39	16.25	26.60	34.80	40.99	45.82	49.41	51.91	53.70	54.75	55.40	55.64	56.00	56.27	56.68	57.01	57.70	58.59	59.58	0.00
7	2.39	19.75	32.40	41.66	48.52	53.49	57.02	59.62	61.30	62.22	62.78	62.72	62.89	62.80	62.92	62.95	63.06	63.22	63.45	0.00
8	2.39	23.24	37.99	47.50	54.69	59.73	63.16	65.78	67.23	68.04	68.39	68.39	68.39	68.39	68.39	68.39	68.39	68.39	68.39	0.00
9	2.39	25.23	41.79	52.49	59.70	64.73	68.21	70.41	71.55	72.12	72.44	72.44	72.44	72.44	72.44	72.44	72.44	72.44	72.44	0.00
10	2.39	25.23	43.94	55.61	63.26	68.14	71.48	73.47	74.62	75.14	75.35	75.35	75.35	75.35	75.35	75.35	75.35	75.35	75.35	0.00
11	2.39	25.23	46.13	57.88	65.15	70.05	73.07	75.06	76.18	76.65	76.67	76.67	76.67	76.67	76.67	76.67	76.67	76.67	76.67	0.00
12	2.39	25.23	48.13	58.57	65.77	70.67	73.70	75.72	76.72	77.10	77.35	77.35	77.35	77.35	77.35	77.35	77.35	77.35	77.35	0.00
13	2.39	25.23	45.89	56.54	64.41	69.36	72.62	74.67	76.07	76.54	76.51	76.51	76.51	76.51	76.51	76.51	76.51	76.51	76.51	0.00
14	2.39	23.60	40.80	53.33	61.84	67.39	71.28	73.69	75.04	75.67	75.68	75.68	75.68	75.68	75.68	75.68	75.68	75.68	75.68	0.00
15	2.39	19.38	34.35	46.80	56.54	63.78	68.57	71.67	73.51	74.19	74.18	74.18	74.18	74.18	74.18	74.18	74.18	74.18	74.18	0.00
16	2.39	11.65	23.73	36.11	47.72	57.22	64.42	68.70	71.19	72.20	72.38	72.38	72.38	72.38	72.38	72.38	72.38	72.38	72.38	0.00
17	0.00	0.00	5.93	17.95	30.56	43.21	54.71	63.17	67.57	69.34	69.59	69.59	69.59	69.59	69.59	69.59	69.59	69.59	69.59	0.00
17 1/2	0.00	0.00	0.00	4.01	17.30	31.27	45.24	57.55	64.77	67.46	67.73	67.73	67.73	67.73	67.73	67.73	67.73	67.73	67.73	0.00
18	0.00	0.00	0.00	0.00	2.46	16.33	32.59	48.30	60.83	65.01	65.62	65.62	65.62	65.62	65.62	65.62	65.62	65.62	65.62	0.00
18 1/2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.70	34.88	52.02	61.73	62.81	62.81	62.81	62.81	62.81	62.81	62.81	62.81	62.81	0.00
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.94	38.49	56.41	59.39	59.39	59.39	59.39	59.39	59.39	59.39	59.39	59.39	0.00
19 1/2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.78	45.97	55.08	55.08	55.08	55.08	55.08	55.08	55.08	55.08	55.08	0.00
20-AP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.20	49.16	49.16	49.16	49.16	49.16	49.16	49.16	49.16	49.16	0.00
20 1/4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.71	45.25	45.25	45.25	45.25	45.25	45.25	45.25	45.25	45.25	0.00
20 1/2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.67	40.25	40.25	40.25	40.25	40.25	40.25	40.25	40.25	40.25	0.00
20 3/4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.92	33.92	33.92	33.92	33.92	33.92	33.92	33.92	33.92	0.00
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.52	25.52	25.52	25.52	25.52	25.52	25.52	25.52	25.52	25.52	0.00
AE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

単位(mm)

表 2-2 陽炎型(甲型)駆逐艦・18 番艦「舞風」模型船オフセット表(縮尺比 1/59.83)

	BL	5 1/2WL	5WL	4 1/2WL	4WL	3 1/3WL	3WL	2 1/2WL	2WL	1 1/2WL	1WL	1/2AWL	AWL	1/2BWL	BWL	1/2CWL	CWL	DWL	EWL	FWL	GWL	ガース長さ (片舷)
FP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.97	1.22	1.59	1.77	2.31	2.63	3.65	5.03	7.56	13.20	0.00
1 1/2	0.00	3.34	3.94	4.66	5.22	5.84	6.34	6.65	7.49	7.87	8.42	9.01	9.50	10.18	10.87	11.59	11.59	13.15	15.39	19.69	29.01	57.00
2	2.53	5.32	7.47	10.58	11.64	12.42	13.29	14.00	14.82	15.39	16.11	16.78	17.52	18.37	19.02	20.07	22.40	25.42	31.06	43.70	66.53	70.53
2 1/2	2.53	7.42	11.30	14.03	16.07	17.50	18.86	19.96	21.78	22.71	23.65	24.45	25.25	26.15	27.17	28.36	30.96	34.34	40.90	51.92	0.00	73.53
3	2.53	9.71	15.31	18.87	21.59	23.71	25.41	26.74	28.00	29.23	30.27	31.13	31.99	32.91	33.95	34.99	36.14	38.99	43.28	51.92	0.00	80.53
4	2.53	15.48	23.42	28.69	32.49	35.51	37.97	39.80	41.28	42.65	43.86	45.12	46.09	47.11	48.43	49.48	51.00	54.03	58.55	65.83	0.00	90.53
5	2.53	21.28	31.32	37.68	42.50	46.19	48.75	51.05	52.91	54.59	55.73	57.16	58.12	59.14	60.41	61.54	62.90	65.91	70.14	76.45	0.00	99.53
6	2.53	27.77	38.66	45.71	51.04	55.17	58.50	60.88	62.93	64.69	65.94	67.30	68.42	69.37	70.64	71.67	73.10	75.85	79.22	0.00	0.00	105.53
7	2.53	31.97	45.76	53.82	59.57	63.93	67.20	69.56	71.47	72.80	74.26	75.26	76.38	77.16	78.28	79.24	80.46	0.00	0.00	0.00	0.00	113.53
8	2.53	35.93	51.29	59.69	66.26	70.84	74.04	76.35	77.95	79.55	80.49	81.42	82.27	82.96	83.70	84.23	84.82	0.00	0.00	0.00	0.00	116.53
9	2.53	37.84	55.13	64.23	70.93	75.64	79.04	81.27	83.11	84.35	85.30	85.71	86.00	86.44	86.78	86.93	87.34	0.00	0.00	0.00	0.00	121.53
10	2.53	40.26	57.77	67.25	74.12	78.92	82.55	84.86	86.70	87.75	88.45	88.55	88.69	88.69	88.69	88.69	88.69	0.00	0.00	0.00	0.00	122.53
11	2.53	40.40	59.87	69.27	76.35	79.00	84.69	87.22	88.52	89.41	89.78	89.86	89.86	89.86	89.86	89.86	89.86	0.00	0.00	0.00	0.00	122.53
12	2.53	40.50	60.23	69.98	77.02	82.02	85.33	87.74	89.13	89.00	89.25	89.25	89.25	89.25	89.25	89.25	89.25	0.00	0.00	0.00	0.00	119.53
13	2.53	40.33	58.97	69.46	76.00	80.87	84.63	87.03	88.43	89.00	89.11	89.25	89.25	89.25	89.25	89.25	89.25	0.00	0.00	0.00	0.00	117.53
14	2.53	35.09	54.53	66.52	73.93	79.17	83.13	85.72	87.16	88.26	88.34	88.34	88.34	88.34	88.34	88.34	88.34	0.00	0.00	0.00	0.00	107.53
15	2.53	26.69	47.05	60.71	69.90	76.39	80.96	83.73	85.53	86.59	87.11	87.11	87.11	87.11	87.11	87.11	87.11	0.00	0.00	0.00	0.00	98.53
16	2.53	15.88	32.34	47.77	60.68	70.30	76.80	80.87	83.05	84.47	84.97	84.97	84.97	84.97	84.97	84.97	84.97	0.00	0.00	0.00	0.00	89.53
17	2.03	7.36	16.25	29.23	43.74	56.82	68.09	74.66	78.65	80.95	81.68	81.68	81.68	81.68	81.68	81.68	81.68	0.00	0.00	0.00	0.00	81.53
17 1/2	1.51	4.24	9.20	17.93	31.70	46.90	60.39	70.03	75.25	78.32	79.28	79.28	79.28	79.28	79.28	79.28	79.28	0.00	0.00	0.00	0.00	74.53
18	0.00	0.00	2.15	7.37	17.06	31.72	49.74	62.77	70.93	75.36	76.81	76.81	76.81	76.81	76.81	76.81	76.81	0.00	0.00	0.00	0.00	64.53
18 1/2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.44	32.24	50.66	64.40	71.64	74.06	74.06	74.06	74.06	74.06	74.06	74.06	0.00	0.00	0.00	0.00	-
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.40	33.25	53.77	66.41	70.34	70.95	70.77	70.58	70.51	70.59	70.43	0.00	0.00	0.00	0.00	54.53
19 1/2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.44	58.58	65.66	66.28	66.28	66.18	65.90	65.73	65.85	0.00	0.00	0.00	0.00	-
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.53	58.99	59.99	59.88	59.74	59.52	59.30	59.30	0.00	0.00	0.00	0.00	32.53
AP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.81	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20 1/2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.71	49.41	49.26	49.26	49.02	48.76	48.70	48.23	0.00	0.00	0.00	0.00	-
20 3/4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.22	41.38	41.05	41.05	40.88	40.59	40.19	39.87	0.00	0.00	0.00	0.00	-
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.86	28.41	28.03	28.03	27.74	27.48	27.17	26.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

単位(mm)

表 2-3 実船および模型船の主要目

	松型(丁型)駆逐艦		陽炎型(甲型)駆逐艦	
	実船	模型船	実船	模型船
公試排水量(t)	1,530	0.006930	2,500	0.01167
全長(m)	100.00	1.655	118.50	1.980
水線長(m)	98.00	1.621	116.20	1.942
垂線間長(m)	92.15	1.525	111.00	1.855
幅(m)	9.35	0.155	10.80	0.181
喫水(m)	3.30	0.0546	3.76	0.0629
浸水面積(m ²)	—————	0.2685	—————	0.3807
水線面積(m ²)	—————	0.1874	—————	0.2647
浮心位置(mm)	—————	Midship より後方 9.908	—————	Midship より後方 13.072
B/d	2.83	2.83	2.87	2.87
L/B	10.48	10.48	10.76	10.76
L/d	29.70	29.70	30.90	30.90
方形係数 C _b	0.49	0.49	0.52	0.52
柱形係数 C _p	0.62	0.62	0.64	0.64
中央横断面係数 C _m	0.79	0.79	0.81	0.81
水線面積係数 C _w	0.75	0.75	0.76	0.76
最高速力(knot)	27.8	1.839(m/s)	35.0	2.328(m/s)
基準速力(knot)	18.0	1.191(m/s)	18.0	1.197(m/s)
軸馬力(PS)	19,000	—————	52,000	—————
KG(m)	3.64	0.0602	4.23	0.0707
GM(m)	0.93	0.0154	0.92	0.0154
OG(m)	0.34	0.00563	0.65	0.0109
縮尺比	1/1	1/60.44	1/1	1/59.83

第3章 実船の要目性能の船型学的考察

松型(丁型)駆逐艦の要目性能は、陽炎型(甲型)駆逐艦と比較して、どのような水準にあったのかをフルードの船型学的相似則を使用して考察してみる⁹⁾。この方法は、次の通りである。

松型の性能(軸馬力、船速)から、松型を相似的に大きくして、陽炎型と同じ寸法の艦船(以下、比較船と呼ぶ)にしたときの軸馬力、船速を推定し、実際の陽炎型の軸馬力、船速と比較、検証を行う。各駆逐艦の主要目は表 2-3 に示す。まず、陽炎型の水線長から松型の水線長を除した寸法比を a とすると

$$a = 116.20/98.00 = 1.186 \quad (3.1)$$

となる。フルードの相似則を使用して、比較船の水線長、公試排水量、軸馬力、船速は、 a を使用し次のように換算できる。なお、太字は松型、()値は陽炎型の値である。

$$\text{水線長} = a \times \mathbf{98.00} = 116.20 \quad (116.20) \quad (3.2)$$

$$\text{公試排水量} = a^3 \times \mathbf{1,530} = 2,551 \quad (2,500) \quad (3.3)$$

$$\text{軸馬力} = a^{3.5} \times \mathbf{19,000} = 34,489 \quad (52,000) \quad (3.4)$$

$$\text{船速} = a^{0.5} \times \mathbf{27.8} = 30.27 \quad (35.0) \quad (3.5)$$

比較船の船速は、30.27knot と予測されたが、比較船は陽炎型に比べると公試排水量が、1.020 倍でやや大きく、軸馬力が 0.66 倍で約 34%小さいので、この 2 点をアドミラルティ係数一定の仮定で補正した船速を推定する。

$$\text{公試排水量の補正: 船速} = 30.27 \times 1.020^{(2/3 \cdot 1/3)} = 30.41 \quad (3.6)$$

軸馬力の補正: 陽炎型の軸馬力まで比較船の軸馬力を上げたとすれば、

$$\text{船速} = 30.41 \times (52,000/34,489) = 34.87 \quad (3.7)$$

以上より、松型を基準とした比較船の船速は、34.87knot と推定される。一方、陽炎型の船速は 35.0knot であるので、松型の性能は、わずかにおよんでいない。しかし船型学的に、松型は陽炎型とほぼ同等の性能をもつ船であると推論できる。

第4章 模型実験(平水中抵抗試験)

前章で、実船の要目性能の船型学的比較を行い、松型は陽炎型とほぼ同等の性能をもつ船であると推論できたが、実際に同等の性能であったのかを検証するため、本章より各種模型実験を行った。

4.1 実験装置

4.1.1 実験水槽

実験は、東京海洋大学海洋工学部船舶運航性能実験水槽(以下、実験水槽と略す)にて実施した。実験水槽の概要は、下記のとおりであり、概略図を図4-1に示す。

実験水槽は、長さ54m、幅10m、水深2mであり、曳航電車が1台、東端に造波装置、西端に消波ビーチが設けられている。

水槽の両側面には、昇降可能な側面消波板が設けられ、波浪中実験の際の消波能率の向上をはかっている。

曳航電車は、ボックスガーダー構造で中央部に計測器を搭載する計測レールが設けられており、サイリスタ・レオナードを電源とする直流モータで駆動し、その速度はデジタル方式により制御され、最高速度は1.2m/sである。

造波装置は、フラップ方式で、幅10mの造波板は2台のミナーシャモータで駆動され、規則波の最大発生波高は35cmである。

4.1.2 模型船

実験で使用した模型船は、第2章2.4で製作した2隻の模型船である。各模型船の主要目は、表2-3に示す。

4.1.3 計測装置

図4-2のように上下動装置に設置した容量5kgのロードセルをつけた一分力計および船首、船尾のポテンシオメータに模型船を取り付け、曳航電車の計測レール上に設置し、縦揺れ、上下揺れを許し、他の運動は固定した。

4.1.4 計測装置の較正

一分力計の較正は、一分力計後方に設けられたワイヤにプーリーを介して重錘皿を取り付け、この皿に載せるおもりにより較正する実荷重錘較正法により行った。

ポテンシオメータの較正は、較正用くさびによりポテンシオメータに所定の上下移動量を与えることにより行った。

4.2 実験状態

実験装置のブロック図を図 4-3 に示す。模型船は、縦揺れ、上下揺れ以外を固定し、一分力計による抵抗、ポテンショメータによる上下移動量をそれぞれデジタルレコーダとリニアレコーダに記録した。

実験状態は下記のとおりである。

模型船	公試排水量状態
船速	平水中 0.1m/s～1.2m/s(0.1m/s おきに計測)
水温	松型(丁型)駆逐艦・模型船実験時 22.8°C
	陽炎型(甲型)駆逐艦・模型船実験時 24.6°C

4.3 実験結果の読み取り

船速は、曳航電車の速度、すなわち対地速度である。

船体抵抗、また船体の船首垂線(F.P.)と船尾垂線(A.P.)における沈下量は、計測値の平均値を読み取りそれぞれの校正係数により求めた。

4.4 実験結果の解析

4.4.1 2次元外挿法による抵抗成分の分離

船が水の中で曳航された場合、その全抵抗を構成している各種の抵抗を分析してみると、

全抵抗＝水抵抗＋空気抵抗

に分離する事ができる。空気抵抗は水抵抗に比べて極小な抵抗であり、本実験においては上部構造物が付いていない船体部のみの模型船を用いているので、空気抵抗は無視できるものとした。

水抵抗を、一般に全抵抗として下記のように2成分により表わすことができる。

全抵抗＝摩擦抵抗＋剰余抵抗

本実験により得られた速度 V_M (対地速度)および全抵抗 R_{TM} (kg)を用いて、抵抗の成分を分離し、実船の抵抗を推定する方法を、2次元外挿法¹⁰⁾という。本実験では、この2次元外挿法を用いて解析を行った。

また、摩擦抵抗に関しては数多くの算式があるが、今回の解析では、次の算式を用いた。

K.E.Schoenherr (シェーンヘル) の式

$$\frac{0.242}{\sqrt{C_F}} = \log_{10}(R_n \cdot C_F) \quad (44.1)$$

44.1 式をやや簡単な形で表わすと

$$C_F = 0.463(\log_{10} R_n)^{-2.6} \quad (44.2)$$

となり、模型船の摩擦抵抗係数を近似的に求める事ができる。この時、レイノルズ数 R_n は 44.3 式で定義される。

$$R_n = \frac{L_{DWL} \cdot V}{\nu} \quad (44.3)$$

なお、各式中の記号は下記の通りである。

C_F : 摩擦抵抗係数

L_{DWL} : 模型船の喫水線上の長さ(m)

V : 速度(m/s)

ν : 水の動粘性係数(m²/s)

4.4.2 2次元外挿法による剰余抵抗係数および実船の全抵抗係数の計算

2次元外挿法では、全抵抗を R_T (kg)、摩擦抵抗を R_F (kg)、剰余抵抗を R_R (kg)とすれば、

$$R_T = R_F + R_R \quad (44.4)$$

の式に基づいて計算する。

抵抗試験により得られた模型船の速度 V_M (m/s)および全抵抗 R_{TM} (kg)を用いて、フルード数 F_n および模型船の全抵抗係数 γ_{TM} 、 C_{TM} を求める。

$$F_n = \frac{V_M}{\sqrt{g \cdot L_{DWL}}} \quad (44.5)$$

$$\gamma_{TM} = \frac{R_{TM}}{\rho_M \cdot \nabla_M^{2/3} \cdot V_M^2} \quad (44.6)$$

$$C_{TM} = \frac{R_{TM}}{\frac{1}{2} \cdot \rho_M \cdot S_M \cdot V_M^2} \quad (44.7)$$

44.3 式より求めた模型船のレイノルズ数 R_{nM} を用いて、44.2 式より模型船の摩擦抵抗係数 C_{FOM} を求め、また定義の異なる模型船の摩擦抵抗係数 γ_{FM} は、

$$\gamma_{FM} = \frac{R_{FM}}{\rho_M \cdot \nabla_M^{2/3} \cdot V_M^2} = \frac{C_{FOM} \cdot S_M}{2 \cdot \nabla_M^{2/3}} \quad (44.8)$$

の式となり、剰余抵抗係数 γ_R を次の式より求める。

$$\gamma_R = \frac{R_R}{\rho \cdot \nabla^{2/3} \cdot V_M^2} \quad (44.9)$$

ここで、剰余抵抗係数 γ_R は、模型船および実船において、その値は変化しないという仮定に基づき、実船の全抵抗を求める。すなわち寸法比

$$\alpha = L_{PPS} / L_{PPM} \quad (44.10)$$

が変化しても同一フルード数において γ_R は一定の値であるという仮定である。

上記の仮定に基づき実船の摩擦抵抗 C_{FS} および実船の全抵抗係数 γ_{TS} を求める。まず、実船のレイノルズ数 R_{nS} は、

$$R_{nS} = \frac{L_{DWL(S)} \cdot V_S}{\nu_S} = \frac{(L_{DWL} \cdot \alpha) \cdot (V_M \cdot \alpha^{0.5})}{\nu_S} = \frac{L_{DWL} \cdot V_M \cdot \alpha^{1.5}}{\nu_S} \quad (44.11)$$

の式より求め、その値を用いて 44.2 式より実船の摩擦抵抗係数 C_{FOS} を、また定義の異なる実船の摩擦抵抗係数 γ_{FS} を次式より求める。

$$C_{FS} = C_{FOS} + \Delta C_F \quad (44.12)$$

$$\gamma_{FS} = \frac{R_{FS}}{\rho_S \cdot \nabla_S^{2/3} \cdot V_S^2} = \frac{C_{FS} \cdot S_M}{2 \cdot \nabla_M^{2/3}} \quad (44.13)$$

なお 44.12 式中の ΔC_F は、実船の表面粗度修正係数である。今回、この値は 0.4×10^{-3} とした 11)。

以上より、実船の全抵抗係数 γ_{TS} は、次の式より求まる。

$$\gamma_{TS} = \frac{R_{TS}}{\rho_S \cdot \nabla_S^{2/3} \cdot V_S} \quad (44.14)$$

なお、各式中の記号は下記の通りである。

g : 重力加速度($9.8m/s^2$)

ρ_M : 水の密度($kg \cdot sec^2/m^4$)

ρ_S : 海水の密度($kg \cdot sec^2/m^4$)

V_S : 実船の速度(m/s)

L_{PPM} : 模型船の垂線間長さ(m)

L_{PPS} : 実船の垂線間長さ(m)

$L_{DWL(S)}$: 実船の喫水線上の長さ(m)

∇_M : 模型船の排水量(m^3)

∇_S : 実船の排水量(m^3)

S_M : 模型船の浸水面積(m^2)

ν_S : 海水の動粘性係数(m^2/s)

R_{TS} : 実船の全抵抗(kg)

R_{FM} : 模型船の摩擦抵抗(kg)

4.4.3 船首垂線(F.P.)と船尾垂線(A.P.)における沈下量の計算

船首トリム計測点の F.P.からの距離を X_1 (m)、その沈下量を d_F (m)とし、船尾トリム観測点の A.P.からの距離を X_2 (m)、その沈下量を d_A (m)とする。

今回行った実験では、松型(丁型)駆逐艦および陽炎型(甲型)駆逐艦の模型船はともに、船首トリム計測位置が F.P.より後方、船尾トリム計測位置が A.P.より前方であったので、F.P.における沈下量 Δd_F および A.P.における沈下量 Δd_A は次のように計算できる。

$$L_{PP} - X_1 - X_2 = X_3 \quad (44.15)$$

とすると、

$$\Delta d_F = d_F + \frac{X_1}{X_3}(d_F - d_A) \quad (44.16)$$

$$\Delta d_A = d_A - \frac{X_2}{X_3}(d_F - d_A) \quad (44.17)$$

となる。

4.4.3.1 船体平均沈下量および船体傾斜の計算

船体平均沈下量を垂線間長との比である $\Delta d/L_{PP}$ として計算すると、 $\Delta d/L_{PP}$ は、船体中央における値であるので、44.16 式および 44.17 式より、

$$\frac{\Delta d}{L_{PP}} = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta d_F}{L_{PP}} + \frac{\Delta d_A}{L_{PP}} \right) \quad (44.18)$$

となる。また船体傾斜 ΔT は、

$$\Delta T = \frac{\Delta d_F}{L_{PP}} - \frac{\Delta d_A}{L_{PP}} \quad (44.19)$$

となる。ただし、船体傾斜 ΔT の符号が「+」の場合は船尾トリム、「-」の場合は船首トリムになっていることを示す。

4.4.4 実船の有効馬力の計算

実船の有効馬力(EHP)は、44.14 式の R_{TS} 、 V_S を用いて次の式より求まる。

$$EHP = \frac{R_{TS} \cdot V_S}{75} \quad (44.20)$$

以上、平水中抵抗試験結果を上記の計算式で計算した結果を表 4-1~4-3、図 4-4~4-11 に示す。

4.5 考察

全抵抗係数、剰余抵抗係数ともに、陽炎型に比べ松型は、やや高い値を示した。松型の船型は、陽炎型にみる従来型駆逐艦のような曲面を省略してできるだけ直線で構成される形状となっている。これにより、陽炎型よりも抵抗が増加したためであると考えられる。しかし、定性的には、良く一致していると言える。

低速域では、剰余抵抗係数が負の値となってしまった。これは、シェーンヘルンの式より求めた摩擦抵抗係数が、本実験における低速域に関して、実際よりも大きな値を算出してしまったからではないかと考える。また、目視ではあるが、剰余抵抗係数の値が負となった曳航速度域では、航走波はほとんど観測することができなかった。剰余抵抗の大部分をしめる造波抵抗が、この曳航速度域ではごく微量であったこと、またレイノルズ数が約 4.5×10^5 以前は、層流域であるので¹²⁾、このような値となったのではないかと考える。

実船の推定有効馬力は、松型に比べ陽炎型は高い値を示した。これは、陽炎型実船の公試排水量が松型のそれと比べ、約 1,000ton も大きいことから当然の結果であると言える。

F.P.および A.P.における船体沈下量、また船体平均沈下量、船体傾斜は、フルード数が約 0.15 までは、松型、陽炎型ともにほとんど変化はみられなかった。それ以降は、松型、陽炎型ともに船首トリムとなった。松型は、陽炎型に比べ、航走トリムはやや高い値を示したが、定性的には、良く一致していると言える。

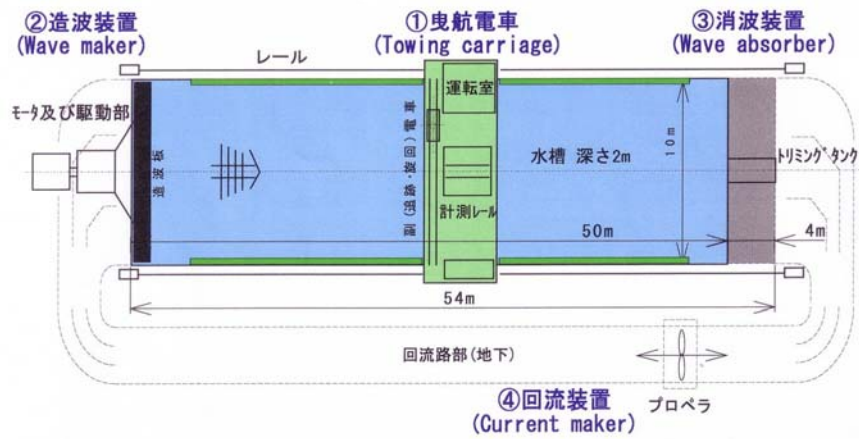


図 4-1 東京海洋大学海洋工学部船舶運航性能実験水槽・概略図

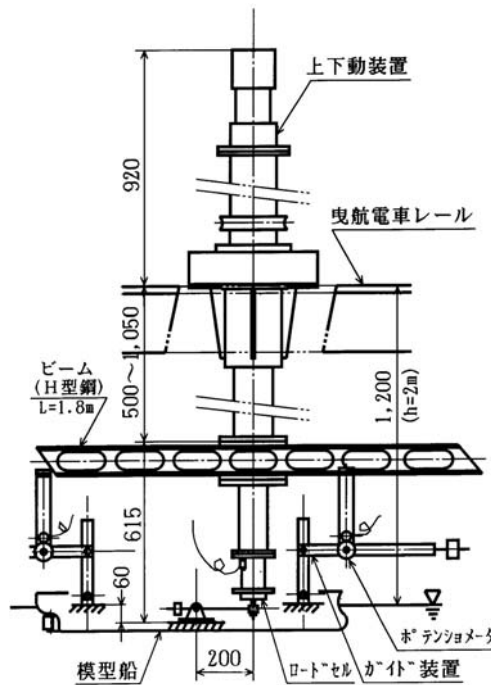


図 4-2 模型船と抵抗動力計の組み付け図

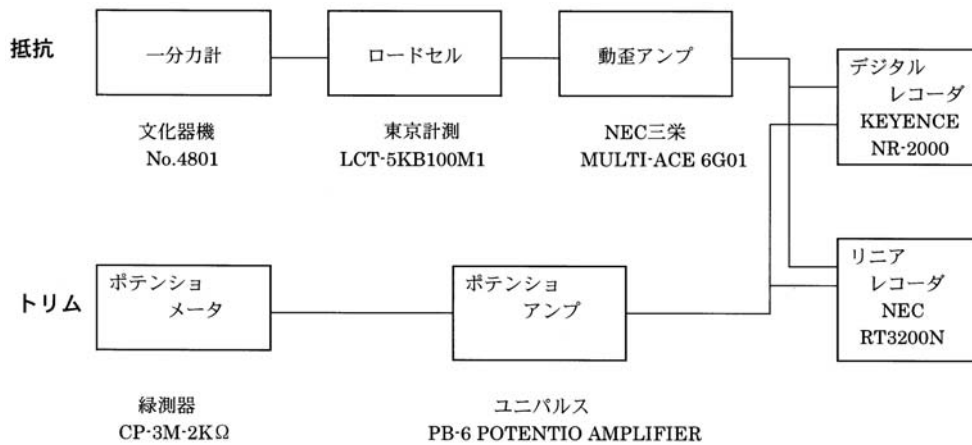


図 4-3 模型船実験抵抗計測・ブロック図

表 4-1 松型(丁型)駆逐艦・4 番艦「桃」模型船・平水中抵抗試験結果

V_M (m/s)	F_n	R_{nM}	γ_{FM}	C_{FOM}	R_{FM} (kg)	γ_R	R_{RM} (kg)	γ_{TM}	C_{TM}	R_{TM} (kg)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	0.026	1.787E+05	2.335E-02	6.206E-03	9.344E-04	-1.414E-02	-5.661E-04	9.204E-03	2.446E-03	0.000368
0.2	0.051	3.489E+05	2.030E-02	5.395E-03	3.097E-03	-1.064E-02	-1.623E-03	9.658E-03	2.567E-03	0.00147
0.3	0.077	5.209E+05	1.873E-02	4.978E-03	6.367E-03	-4.643E-03	-1.578E-03	1.409E-02	3.744E-03	0.00479
0.4	0.102	6.894E+05	1.773E-02	4.713E-03	1.056E-02	1.755E-03	1.045E-03	1.949E-02	5.179E-03	0.0116
0.5	0.127	8.596E+05	1.700E-02	4.518E-03	1.574E-02	2.897E-03	2.682E-03	1.989E-02	5.288E-03	0.0184
0.6	0.152	1.030E+06	1.643E-02	4.366E-03	2.183E-02	4.227E-03	5.616E-03	2.065E-02	5.489E-03	0.0274
0.7	0.177	1.200E+06	1.596E-02	4.243E-03	2.880E-02	4.043E-03	7.295E-03	2.001E-02	5.318E-03	0.0361
0.8	0.202	1.369E+06	1.558E-02	4.141E-03	3.656E-02	4.198E-03	9.851E-03	1.978E-02	5.257E-03	0.0464
0.9	0.227	1.539E+06	1.525E-02	4.053E-03	4.524E-02	4.058E-03	1.204E-02	1.931E-02	5.132E-03	0.0573
1.0	0.252	1.712E+06	1.496E-02	3.975E-03	5.495E-02	4.144E-03	1.522E-02	1.910E-02	5.077E-03	0.0702
1.1	0.277	1.881E+06	1.471E-02	3.908E-03	6.518E-02	4.284E-03	1.899E-02	1.899E-02	5.047E-03	0.0842
1.2	0.302	2.051E+06	1.448E-02	3.848E-03	7.631E-02	6.137E-03	3.235E-02	2.062E-02	5.479E-03	0.1087

V_S (m/s)	V_S (knot)	R_{nS}	γ_{FS}	C_{FS}	R_{FS} (kg)	R_{RS} (kg)	γ_{TS}	R_{TS} (kg)	EHP(PS)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.82	1.59	6.734E+07	9.777E-03	2.599E-03	8.883E+01	-1.293E+02	-4.368E-03	-4.043E+01	-0.440
1.59	3.10	1.315E+08	9.029E-03	2.400E-03	3.127E+02	-3.695E+02	-1.611E-03	-5.683E+01	-1.208
2.38	4.62	1.962E+08	8.626E-03	2.293E-03	6.656E+02	-3.525E+02	3.983E-03	3.131E+02	9.930
3.15	6.12	2.597E+08	8.361E-03	2.222E-03	1.130E+03	2.627E+02	1.012E-02	1.393E+03	58.476
3.93	7.63	3.239E+08	8.162E-03	2.169E-03	1.715E+03	6.523E+02	1.106E-02	2.368E+03	123.940
4.70	9.14	3.880E+08	8.005E-03	2.128E-03	2.415E+03	1.344E+03	1.223E-02	3.759E+03	235.707
5.48	10.65	4.521E+08	7.876E-03	2.093E-03	3.226E+03	1.747E+03	1.192E-02	4.973E+03	363.453
6.25	12.15	5.156E+08	7.768E-03	2.065E-03	4.138E+03	2.355E+03	1.197E-02	6.494E+03	541.186
7.03	13.66	5.797E+08	7.674E-03	2.040E-03	5.168E+03	2.881E+03	1.173E-02	8.049E+03	754.241
7.82	15.20	6.452E+08	7.590E-03	2.017E-03	6.330E+03	3.639E+03	1.173E-02	9.969E+03	1039.598
8.59	16.70	7.087E+08	7.517E-03	1.998E-03	7.564E+03	4.533E+03	1.180E-02	1.210E+04	1385.633
9.37	18.21	7.728E+08	7.451E-03	1.980E-03	8.916E+03	7.648E+03	1.359E-02	1.656E+04	2069.002

表 4-2 陽炎型(甲型)駆逐艦・18 番艦「舞風」模型船・平水中抵抗試験結果

V_M (m/s)	F_n	R_{nM}	γ_{FM}	C_{FOM}	R_{FM} (kg)	γ_R	R_{RM} (kg)	γ_{TM}	C_{TM}	R_{TM} (kg)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	0.024	2.253E+05	2.244E-02	5.907E-03	1.261E-03	-1.225E-02	-6.884E-04	1.018E-02	2.681E-03	0.000572
0.2	0.047	4.421E+05	1.954E-02	5.143E-03	4.225E-03	-6.308E-03	-1.364E-03	1.323E-02	3.483E-03	0.00286
0.3	0.070	6.545E+05	1.808E-02	4.761E-03	8.572E-03	-1.186E-03	-5.620E-04	1.690E-02	4.449E-03	0.00801
0.4	0.093	8.691E+05	1.712E-02	4.508E-03	1.431E-02	-1.609E-03	-1.345E-03	1.552E-02	4.085E-03	0.0130
0.5	0.116	1.084E+06	1.643E-02	4.324E-03	2.135E-02	2.652E-03	3.446E-03	1.908E-02	5.023E-03	0.0248
0.6	0.139	1.300E+06	1.588E-02	4.180E-03	2.972E-02	2.771E-03	5.186E-03	1.865E-02	4.910E-03	0.0349
0.7	0.161	1.511E+06	1.545E-02	4.067E-03	3.901E-02	2.827E-03	7.140E-03	1.827E-02	4.811E-03	0.0462
0.8	0.185	1.727E+06	1.508E-02	3.969E-03	4.978E-02	2.713E-03	8.958E-03	1.779E-02	4.683E-03	0.0587
0.9	0.207	1.940E+06	1.476E-02	3.887E-03	6.148E-02	3.326E-03	1.385E-02	1.809E-02	4.762E-03	0.0753
1.0	0.230	2.157E+06	1.449E-02	3.814E-03	7.456E-02	3.040E-03	1.565E-02	1.753E-02	4.614E-03	0.0902
1.1	0.253	2.371E+06	1.424E-02	3.750E-03	8.863E-02	3.503E-03	2.180E-02	1.775E-02	4.672E-03	0.1104
1.2	0.276	2.586E+06	1.403E-02	3.693E-03	1.038E-01	4.066E-03	3.009E-02	1.809E-02	4.764E-03	0.1339

V_S (m/s)	V_S (knot)	R_{nS}	γ_{FS}	C_{FS}	R_{FS} (kg)	R_{RS} (kg)	γ_{TS}	R_{TS} (kg)	EHP(PS)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.81	1.58	7.944E+07	9.675E-03	2.547E-03	1.198E+02	-1.526E+02	-2.579E-03	-3.278E+01	-0.355
1.59	3.10	1.559E+08	8.939E-03	2.353E-03	4.260E+02	-2.973E+02	2.631E-03	1.287E+02	2.735
2.36	4.59	2.308E+08	8.552E-03	2.251E-03	8.935E+02	-1.034E+02	7.366E-03	7.901E+02	24.853
3.13	6.09	3.064E+08	8.290E-03	2.182E-03	1.527E+03	-2.636E+02	6.681E-03	1.263E+03	52.776
3.91	7.59	3.821E+08	8.095E-03	2.131E-03	2.318E+03	8.414E+02	1.075E-02	3.160E+03	164.578
4.69	9.11	4.585E+08	7.940E-03	2.090E-03	3.275E+03	1.260E+03	1.071E-02	4.535E+03	283.443
5.45	10.59	5.326E+08	7.816E-03	2.058E-03	4.350E+03	1.731E+03	1.064E-02	6.082E+03	441.567
6.23	12.10	6.091E+08	7.708E-03	2.029E-03	5.610E+03	2.176E+03	1.042E-02	7.786E+03	646.414
6.99	13.59	6.840E+08	7.617E-03	2.005E-03	6.991E+03	3.320E+03	1.094E-02	1.031E+04	961.315
7.77	15.11	7.604E+08	7.535E-03	1.984E-03	8.547E+03	3.768E+03	1.058E-02	1.232E+04	1276.492
8.55	16.61	8.360E+08	7.463E-03	1.965E-03	1.023E+04	5.204E+03	1.097E-02	1.544E+04	1759.358
9.32	18.12	9.117E+08	7.398E-03	1.948E-03	1.206E+04	7.128E+03	1.146E-02	1.919E+04	2385.274

表 4-3 トリム計算結果

V _M (m/s)	松型(丁型)駆逐艦						
	Fn	F.P.			A.P.		
		dF(m)	(ΔdF/Lpp) × 100 (%)	dA(m)	(ΔdA/Lpp) × 100 (%)	(Δd/Lpp) × 100 (%)	ΔT × 100 (%)
0	0	0	0	0	0	0	
0.1	0.026	7.557E-06	1.047E-03	-1.700E-06	-4.192E-04	3.137E-04	1.466E-03
0.2	0.051	-1.319E-04	-1.635E-02	-2.455E-06	4.142E-03	-6.106E-03	-2.050E-02
0.3	0.077	-2.338E-06	-9.013E-05	-3.399E-06	-2.583E-04	-1.742E-04	1.681E-04
0.4	0.102	7.557E-06	8.965E-04	8.210E-07	-1.701E-04	3.632E-04	1.067E-03
0.5	0.127	6.657E-06	8.890E-04	-9.443E-07	-3.147E-04	2.872E-04	1.204E-03
0.6	0.152	9.896E-06	1.260E-03	-3.777E-07	-3.663E-04	4.471E-04	1.627E-03
0.7	0.177	-1.779E-04	-2.221E-02	-7.554E-07	5.839E-03	-8.184E-03	-2.805E-02
0.8	0.202	-8.079E-04	-1.010E-01	-1.322E-06	2.673E-02	-3.713E-02	-1.277E-01
0.9	0.227	-8.946E-04	-1.119E-01	-7.554E-07	2.967E-02	-4.110E-02	-1.415E-01
1.0	0.252	-1.242E-03	-1.555E-01	2.873E-06	4.157E-02	-5.699E-02	-1.971E-01
1.1	0.277	-1.739E-03	-2.175E-01	8.210E-07	5.788E-02	-7.983E-02	-2.754E-01
1.2	0.302	-1.836E-03	-2.298E-01	1.026E-06	6.115E-02	-8.432E-02	-2.909E-01

X₁(m) 0.5731

X₂(m) 0.3201

X₃(m) 0.6315

V _M (m/s)	陽炎型(甲型)駆逐艦						
	Fn	F.P.			A.P.		
		dF(m)	(ΔdF/Lpp) × 100 (%)	dA(m)	(ΔdA/Lpp) × 100 (%)	(Δd/Lpp) × 100 (%)	ΔT × 100 (%)
0	0	0	0	0	0	0	
0.1	0.024	-4.910E-06	-3.052E-04	-4.274E-06	-2.045E-04	-2.548E-04	-1.007E-04
0.2	0.047	-2.000E-06	1.432E-05	-3.918E-06	-2.893E-04	-1.375E-04	3.036E-04
0.3	0.070	1.609E-06	6.090E-04	-6.589E-06	-6.891E-04	-4.007E-05	1.298E-03
0.4	0.093	3.217E-06	6.620E-04	-4.452E-06	-5.524E-04	5.481E-05	1.214E-03
0.5	0.116	2.860E-06	3.817E-04	-7.123E-07	-1.839E-04	9.891E-05	5.657E-04
0.6	0.139	7.328E-06	1.032E-03	-2.671E-06	-5.514E-04	2.404E-04	1.583E-03
0.7	0.161	-3.121E-04	-3.662E-02	-1.247E-06	1.260E-02	-1.201E-02	-4.922E-02
0.8	0.185	1.787E-06	2.670E-04	-8.904E-07	-1.571E-04	5.493E-05	4.240E-04
0.9	0.207	-3.008E-04	-3.534E-02	-5.342E-07	1.220E-02	-1.157E-02	-4.755E-02
1.0	0.230	-6.876E-04	-8.082E-02	-8.904E-07	2.793E-02	-2.644E-02	-1.087E-01
1.1	0.253	-9.608E-04	-1.130E-01	-7.123E-07	3.907E-02	-3.694E-02	-1.520E-01
1.2	0.276	-1.529E-03	-1.463E-01	-5.264E-04	1.249E-02	-6.693E-02	-1.588E-01

X₁(m) 0.746

X₂(m) 0.477

X₃(m) 0.632

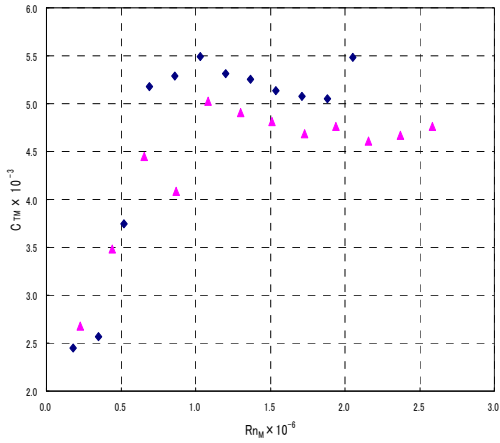


図 4-4 全抵抗係数

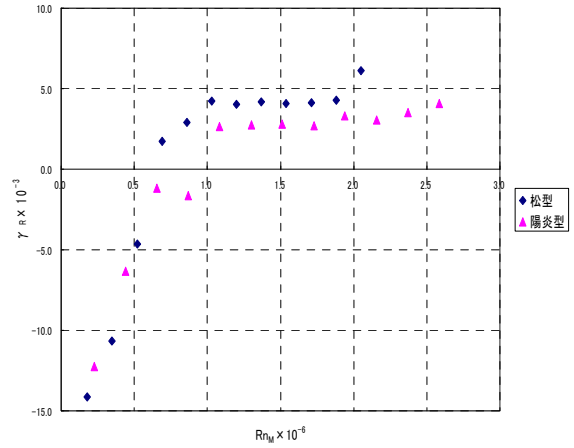


図 4-5 残余抵抗係数
(レイノルズ数での比較)

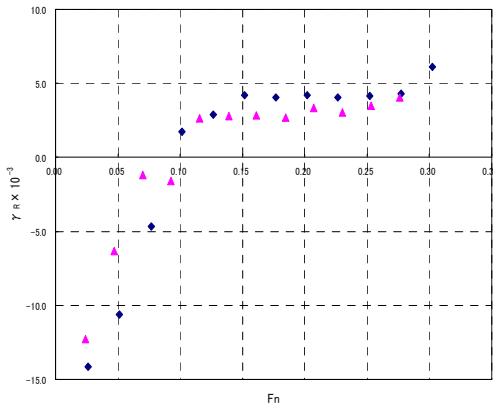


図 4-6 残余抵抗係数
(フルード数での比較)

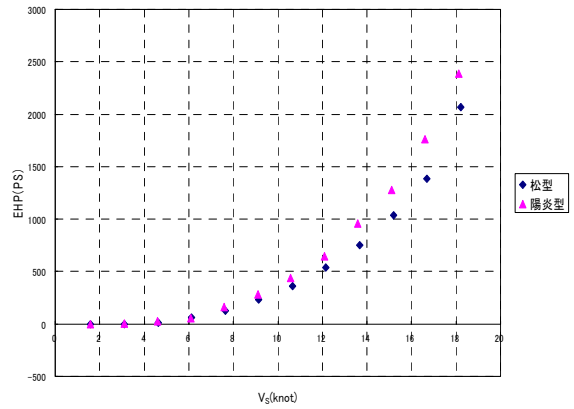


図 4-7 実船の推定有効馬力

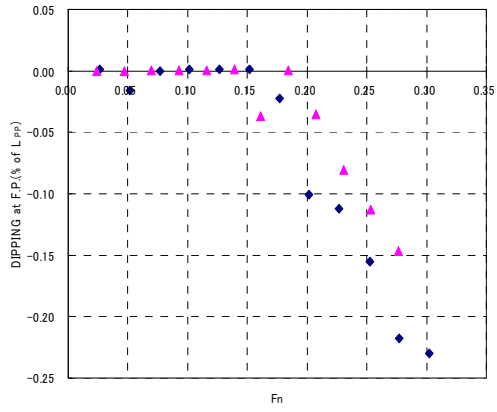


図 4-8 F.P.における船体沈下量

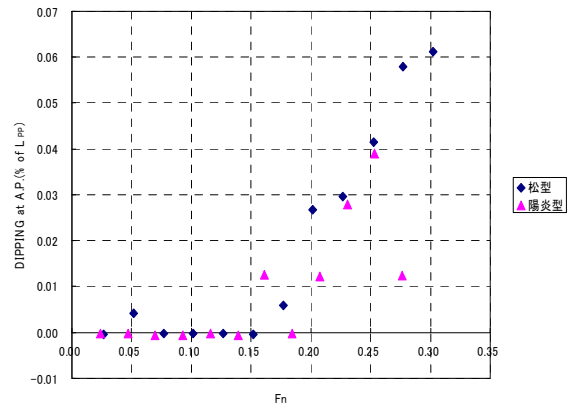


図 4-9 A.P.における船体沈下量

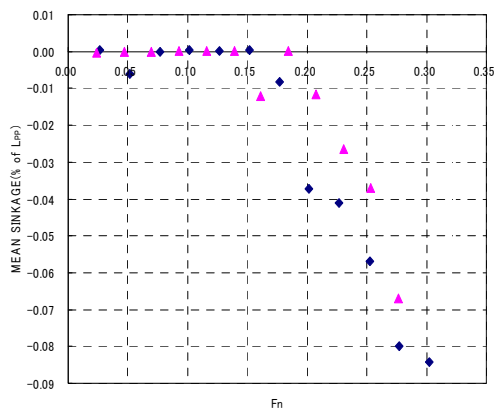


図 4-10 船体平均沈下量

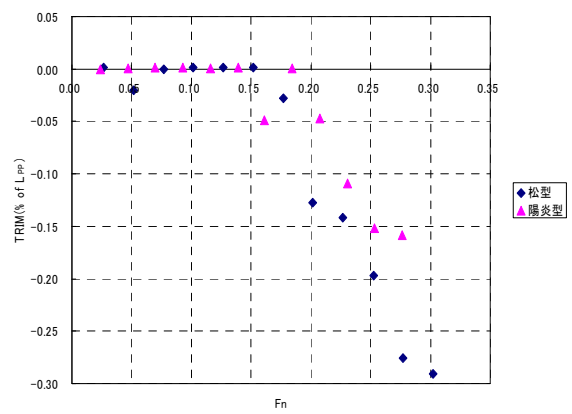


図 4-11 船体傾斜

第5章 系統的模型試験結果の適用

第4章の実験の解析値が妥当であったか、本章において系統的模型試験結果を適用し、再解析することとする。

5.1 系統的模型試験結果に関して

船の設計が進み、すでに線図が決定されていると、これに基づいて作成した相似模型船の水槽試験結果より、前章の方法を用いて実船の諸係数を求めることが可能である。

しかし、設計の初期に抵抗の概略値を知りたい場合などは、水槽試験において抵抗に関係をもつと考えられる船型の諸要素を系統的に変化させた模型に関する多くの水槽試験結果を表わした図表を用いるのが便利である。

広く用いられているものとして、Taylor 水槽の図表がある¹³⁾。抵抗をフルードの方法に従い摩擦抵抗と剰余抵抗に分け、摩擦抵抗はフルードの値を用いて計算し、一方剰余抵抗は図表の形で与えられている。これは、1907年～1914年にワシントン水槽において行われた系統的模型試験の結果であり、母型は巡洋艦船尾を有する軍艦である。B/T(幅/喫水)を2.25と3.75の2種について、柱形肥瘠係数 ϕ を横軸に等高線としてR/D(剰余抵抗/排水量)として示されている。

本論文で用いる模型船も軍艦であるので、Taylor 水槽の図表が適用できると考え、この図表を使用することとした。なお、解析に使用した図表は、造船設計便覧¹⁴⁾に記載してあるもので、これはシェーンヘル摩擦抵抗式により再解析されている。前章の解析でもシェーンヘル摩擦抵抗式を用いて解析を行ったので、この図表の使用は問題ないと考えた。また、この図表にない中間値は内挿法により求めた。

5.2 Taylor 水槽の図表を用いた実船の全抵抗係数および有効馬力の計算

Taylor 水槽の図表より読み取った剰余抵抗係数を前章で求めた剰余抵抗係数と置き換えて2次元外挿法により計算を行った。その結果を、表5-1、図5-1～5-4に示す。

5.3 考察

剰余抵抗係数、実船の推定有効馬力ともに、前章で求めた値よりも Taylor 水槽の図表から求めた値は、低い値を示した。

しかし、定性的には、良く一致しており、前章の実験の解析値は、妥当であったと考えられる。

表 5-1 剰余抵抗係数 (Taylor 水槽の図表より)

松型(丁型)駆逐艦												
V_S (m/s)	V_S (knot)	F_n	R_{ns}	γ_{FS}	C_{FS}	R_{FS} (kg)	γ_R (Taylor Chart)	C_R (Taylor Chart)	R_{RS} (kg)	γ_{TS}	R_{TS} (kg)	EHP(PS)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.48	10.65	0.177	4.521E+08	7.876E-03	2.093E-03	3.226E+03	1.215E-03	3.290E-04	5.070E+02	9.091E-03	3.793E+03	277.21
6.25	12.15	0.202	5.156E+08	7.768E-03	2.065E-03	4.138E+03	1.265E-03	3.426E-04	6.867E+02	9.034E-03	4.902E+03	408.55
7.03	13.66	0.227	5.797E+08	7.674E-03	2.040E-03	5.168E+03	1.578E-03	4.273E-04	1.083E+03	9.252E-03	6.348E+03	594.81
7.82	15.20	0.252	6.452E+08	7.590E-03	2.017E-03	6.330E+03	2.182E-03	5.907E-04	1.854E+03	9.772E-03	8.302E+03	865.73
8.59	16.70	0.277	7.087E+08	7.517E-03	1.998E-03	7.564E+03	3.136E-03	8.490E-04	3.214E+03	1.065E-02	1.092E+04	1250.76
9.37	18.21	0.302	7.728E+08	7.451E-03	1.980E-03	8.916E+03	4.214E-03	1.141E-03	5.137E+03	1.167E-02	1.422E+04	1776.18

陽炎型(甲型)駆逐艦												
V_S (m/s)	V_S (knot)	F_n	R_{ns}	γ_{FS}	C_{FS}	R_{FS} (kg)	γ_R (Taylor Chart)	C_R (Taylor Chart)	R_{RS} (kg)	γ_{TS}	R_{TS} (kg)	EHP(PS)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.45	10.59	0.161	5.326E+08	7.816E-03	2.058E-03	4.350E+03	1.255E-03	3.392E-04	7.171E+02	9.071E-03	5.183E+03	376.35
6.23	12.10	0.185	6.091E+08	7.708E-03	2.029E-03	5.610E+03	1.265E-03	3.420E-04	9.454E+02	8.973E-03	6.704E+03	556.63
6.99	13.59	0.207	6.840E+08	7.617E-03	2.005E-03	6.991E+03	1.311E-03	3.543E-04	1.235E+03	8.928E-03	8.412E+03	784.28
7.77	15.11	0.230	7.604E+08	7.535E-03	1.984E-03	8.547E+03	1.670E-03	4.514E-04	1.945E+03	9.205E-03	1.072E+04	1111.11
8.55	16.61	0.253	8.360E+08	7.463E-03	1.965E-03	1.023E+04	2.306E-03	6.233E-04	3.246E+03	9.769E-03	1.375E+04	1567.33
9.32	18.12	0.276	9.117E+08	7.398E-03	1.948E-03	1.206E+04	3.379E-03	9.133E-04	5.657E+03	1.078E-02	1.804E+04	2242.37

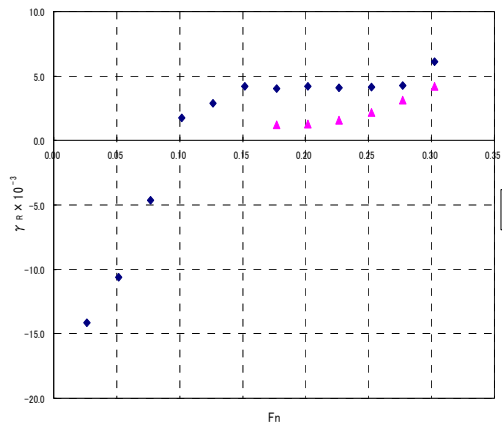


図 5-1 剰余抵抗係数(松型)

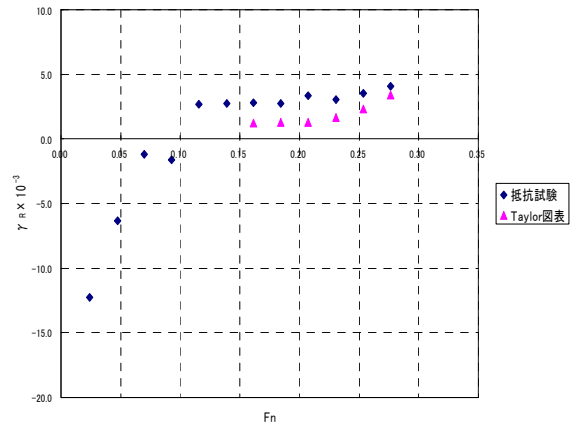


図 5-2 剰余抵抗係数(陽炎型)

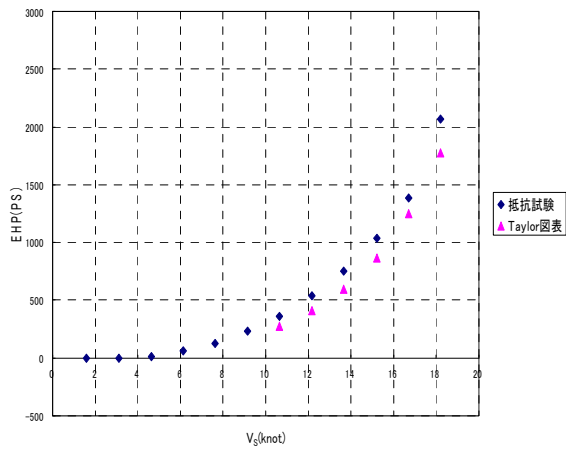


図 5-3 実船の推定有効馬力(松型)

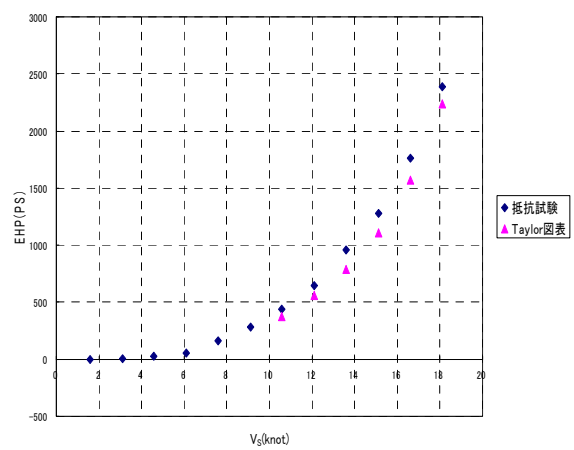


図 5-4 実船の推定有効馬力(陽炎型)

第 6 章 模型実験(波浪中抵抗試験)

6.1 実験装置

実験は、第 4 章と同様の実験水槽、模型船で行ったため詳細については省略する。

6.1.1 計測装置

定置波高計としてサーボ式波高形を、造波装置より 30m、水槽側壁から 3m の距離に設置し、発生波の波高を監視した。波高計のブロック図を図 6-1 に示す。

なお、他の計測装置は、第 4 章と同様のものを使用したもので、詳細については省略する。

6.1.2 計測装置の較正

サーボ式波高計の較正は、備え付けのキャリブレーションスイッチにより、セットされた割合の出力を読み取ることで行った。

なお、他の計測装置の較正は、第 4 章と同様の方法で行ったので、詳細については省略する。

6.1.3 縦慣動半径の設定

模型船の縦慣動半径は、船長(L_{pp})の 25% に設定した。慣性半径計測装置で模型船なしの振動周期を計測し、次にバラスト重錘で喫水を合わせた模型船を搭載して、計算より求めた振動周期に合うようにバラスト重錘を調整した。

6.2 実験状態

模型船は、縦揺れ、上下揺れ以外を固定し、一分力計による抵抗、ポテンシオメータによる上下移動量をそれぞれデジタルレコーダとリニアレコーダに記録した。

実験状態は下記のとおりである。

模型船 公試排水量状態

船速 波浪中 1.2m/s

波 規則波 正面向い波

松型(丁型)駆逐艦・模型船実験時

波長 0.65m~3.57m (λ/L (波長/水線長さ)=0.4~2.2)

波高 10mm、20mm

陽炎型(甲型)駆逐艦・模型船実験時

波長 0.78m~4.27m (λ/L (波長/水線長さ)=0.4~2.2)

波高 10mm、20mm

水温 松型(丁型)駆逐艦・模型船実験時 18.3℃

陽炎型(甲型)駆逐艦・模型船実験時 17.4℃

6.3 実験結果の読み取り

船速は、曳航電車の速度、すなわち対地速度である。

船体抵抗は、波浪中では変動が大きいが、それらの平均値を読み取り、較正係数により求めた。また、波浪中の船体抵抗増加は、第4章の実験より得た平水中の曳航速度 1.2m/s における値を基に求めた^{15),16)}。つまり図 6-2 に示すように、波浪中の船体抵抗平均値から平水中の船体抵抗平均値を差し引いた値を波浪中の抵抗増加とした。

縦揺れ、上下揺れは、それぞれの変動の振幅を読み取り較正係数により求めた。

6.4 実験結果の解析

実験より得られた値からそれぞれ、下記のように無次元値を計算した。なお、無次元値を計算する際は、実測された波高により行ったので、発生波高のばらつきが多少あったが、結果への影響は少ないと考える。

また、実測波高および実験結果を表 6-1～6-3、図 6-3～6-8 に示す。

$$\text{波浪中抵抗増加} = R_{Aw} \cdot L / (\rho \cdot g \cdot B^2 \cdot \zeta^2) \quad (64.1)$$

$$\text{縦揺れ} = \theta / (k \cdot \zeta) \quad (64.2)$$

$$\text{上下揺れ} = Z_G / \zeta \quad (64.3)$$

なお、各式中の記号は下記の通りである。

ρ : 水の密度($kg \cdot sec^2 / m^4$)

R_{Aw} : 波浪中の抵抗増加(kg)

g : 重力加速度($9.8m / s^2$)

B : 模型船の幅(m)

ζ : 波高(m)

θ : 縦揺れ角

k : 波数

Z_G : 上下揺れ

6.5 考察

波浪中抵抗増加は、波高 10mm、波高 20mm とともに松型、陽炎型は、近い値を示した。松型、陽炎型ともに船体運動が大きくなる波長・船長比が 1 に近いところで最大となっていることが分かる。また、波高によって無次元値の相違がほとんどないので、波浪中抵抗増加は、波高の自乗に比例することが分かる。

縦揺れは、波高 10mm、波高 20mm とともに松型および陽炎型の値は、近い値を示した。上下揺れでは、波高 10mm、波高 20mm とともに陽炎型より松型のほうが、高い値を示した。波浪中抵抗増加と同様に、波高によって無次元値の相違がないので、運動は波高に比例して増大することが分かる。

以上、数値のばらつきは見受けられるが、波浪中抵抗増加、縦揺れ、上下揺れともに、松型および陽炎型の値は、定性的には、良く一致していると言える。

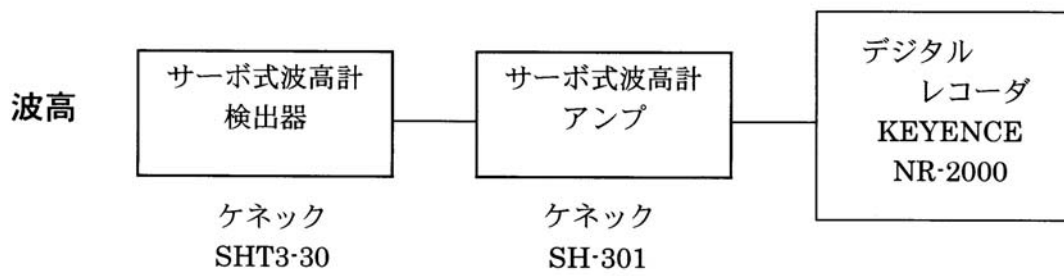


図 6-1 サーボ式波高計による波高計測・ブロック図

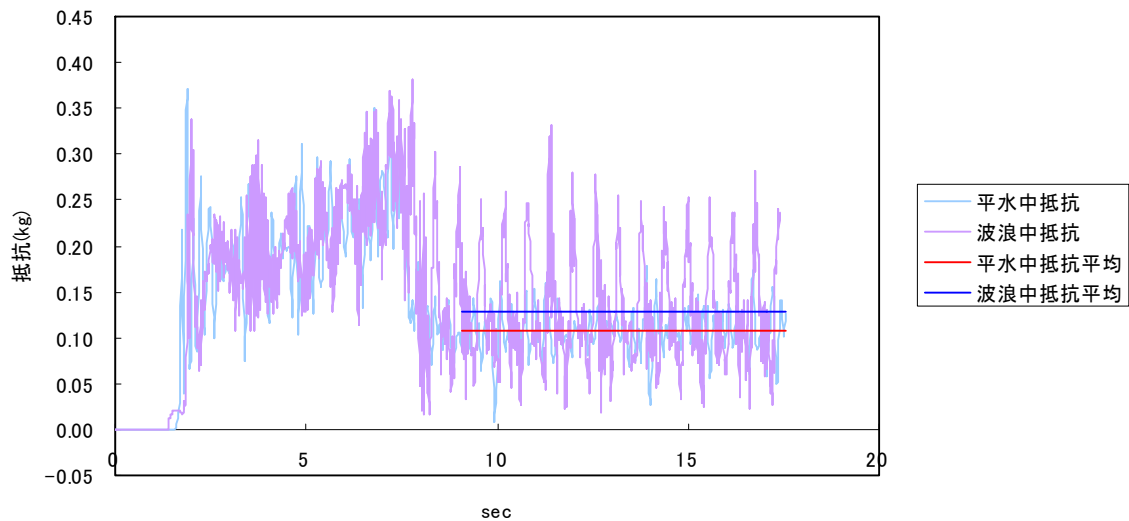


図 6-2 波浪中抵抗増加算出の例

表 6-1 実測波高

λ / L	松型(丁型)駆逐艦・模型船		陽炎型(甲型)駆逐艦・模型船	
	ζ (実測波高(mm))		ζ (実測波高(mm))	
	設定波高 10mm	設定波高 20mm	設定波高 10mm	設定波高 20mm
0.4	4.7	10.5	4.9	11.8
0.6	7.1	16.4	9.0	15.0
0.8	8.3	14.6	9.3	18.8
1.0	9.9	20.8	10.8	22.3
1.2	10.9	21.9	9.7	22.4
1.4	8.6	20.1	9.2	21.0
1.6	8.6	20.7	10.5	19.1
1.8	8.2	19.7	10.2	21.0
2.0	10.1	21.5	10.0	20.7
2.2	10.2	21.0	9.5	20.6

表 6-2 波浪中抵抗增加

松型(丁型) 駆逐艦・模型船				
	ζ (10mm) V (1.2m/s)		ζ (20mm) V (1.2m/s)	
	$R_{AW}(kg)$	$R_{Aw} \cdot L / (\rho \cdot g \cdot B^2 \cdot \zeta^2)$	$R_{AW}(kg)$	$R_{Aw} \cdot L / (\rho \cdot g \cdot B^2 \cdot \zeta^2)$
0.4	0.0012	0.7923	0.0040	0.6768
0.6	0.0019	1.2928	0.0062	1.0524
0.8	0.0034	2.2939	0.0117	1.9914
1.0	0.0052	3.5452	0.0198	3.3685
1.2	0.0039	2.6693	0.0141	2.3982
1.4	0.0027	1.8310	0.0091	1.5532
1.6	0.0020	1.3302	0.0060	1.0211
1.8	0.0012	0.8295	0.0036	0.6142
2.0	0.0007	0.4539	0.0021	0.3639
2.2	0.0005	0.3287	0.0014	0.2387
陽炎型(甲型) 駆逐艦・模型船				
	ζ (10mm) V (1.2m/s)		ζ (20mm) V (1.2m/s)	
	$R_{AW}(kg)$	$R_{Aw} \cdot L / (\rho \cdot g \cdot B^2 \cdot \zeta^2)$	$R_{AW}(kg)$	$R_{Aw} \cdot L / (\rho \cdot g \cdot B^2 \cdot \zeta^2)$
0.4	0.0015	0.8950	0.0050	0.7523
0.6	0.0024	1.4482	0.0085	1.2765
0.8	0.0046	2.7757	0.0163	2.4351
1.0	0.0061	3.6607	0.0235	3.5109
1.2	0.0050	2.9970	0.0183	2.7367
1.4	0.0034	2.0164	0.0117	1.7461
1.6	0.0019	1.1336	0.0069	1.0307
1.8	0.0013	0.8026	0.0043	0.6455
2.0	0.0010	0.5819	0.0021	0.3153
2.2	0.0008	0.4715	0.0014	0.2052

表 6-3 縦揺れ・上下揺れ

松型(丁型)駆逐艦・模型船									
		ζ (10mm) V (1.2m/s)		ζ (20mm) V (1.2m/s)		ζ (10mm) V (1.2m/s)		ζ (20mm) V (1.2m/s)	
λ/L	k	θ (radian)	$\theta/k\zeta$	θ (radian)	$\theta/k\zeta$	Z_G (m)	Z_G/ζ	Z_G (m)	Z_G/ζ
0.4	9.69	0	0	0	0	0	0	0	0
0.6	6.46	0	0	0.008	0.061	0	0	0.0020	0.0998
0.8	4.84	0.028	0.582	0.051	0.527	0.0071	0.7146	0.0130	0.6481
1.0	3.88	0.053	1.365	0.109	1.409	0.0134	1.3425	0.0277	1.3872
1.2	3.23	0.055	1.712	0.120	1.861	0.0140	1.4022	0.0305	1.5267
1.4	2.77	0.044	1.594	0.108	1.954	0.0112	1.1197	0.0275	1.3730
1.6	2.42	0.043	1.780	0.113	2.324	0.0109	1.0938	0.0286	1.4289
1.8	2.15	0.040	1.862	0.103	2.386	0.0102	1.0168	0.0261	1.3044
2.0	1.94	0.051	2.632	0.111	2.874	0.0129	1.2934	0.0283	1.4144
2.2	1.76	0.050	2.815	0.105	2.974	0.0126	1.2572	0.0266	1.3298
陽炎型(甲型)駆逐艦・模型船									
		ζ (10mm) V (1.2m/s)		ζ (20mm) V (1.2m/s)		ζ (10mm) V (1.2m/s)		ζ (20mm) V (1.2m/s)	
λ/L	k	θ (radian)	$\theta/k\zeta$	θ (radian)	$\theta/k\zeta$	Z_G (m)	Z_G/ζ	Z_G (m)	Z_G/ζ
0.4	8.09	0	0	0	0	0	0	0	0
0.6	5.39	0	0	0.013	0.1194	0	0	0.0031	0.1534
0.8	4.04	0.028	0.705	0.064	0.7908	0.0068	0.6792	0.0153	0.7628
1.0	3.24	0.042	1.300	0.098	1.5135	0.0100	1.0021	0.0234	1.1680
1.2	2.70	0.041	1.529	0.104	1.9295	0.0098	0.9821	0.0248	1.2414
1.4	2.31	0.040	1.738	0.100	2.1604	0.0096	0.9577	0.0238	1.1908
1.6	2.02	0.047	2.325	0.091	2.2543	0.0112	1.1209	0.0217	1.0872
1.8	1.80	0.047	2.640	0.099	2.7451	0.0113	1.1313	0.0235	1.1767
2.0	1.62	0.044	2.741	0.093	2.8724	0.0106	1.0573	0.0222	1.1078
2.2	1.47	0.042	2.838	0.096	3.2693	0.0099	0.9949	0.0229	1.1463

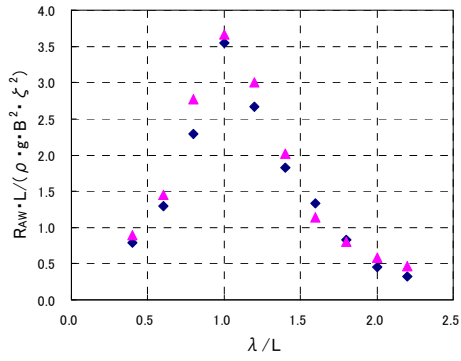


図 6-3 波浪中抵抗増加(波高 10mm)

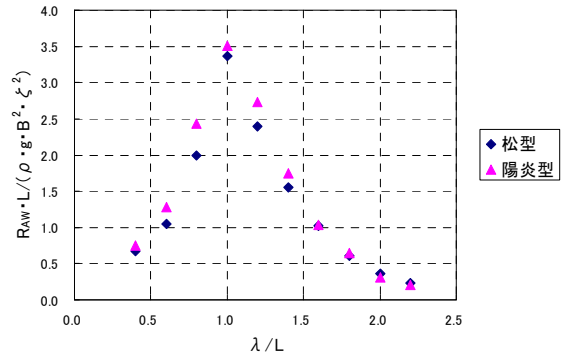


図 6-4 波浪中抵抗増加(波高 20mm)

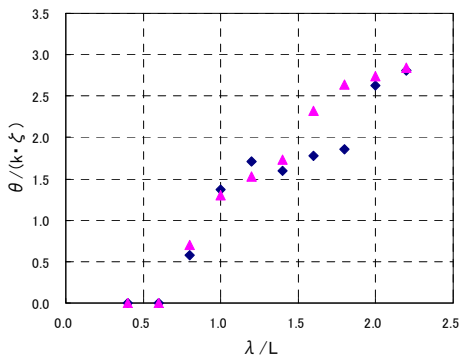


図 6-5 縦揺れ(波高 10mm)

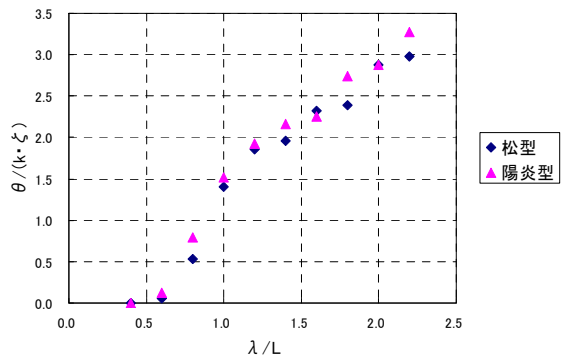


図 6-6 縦揺れ(波高 20mm)

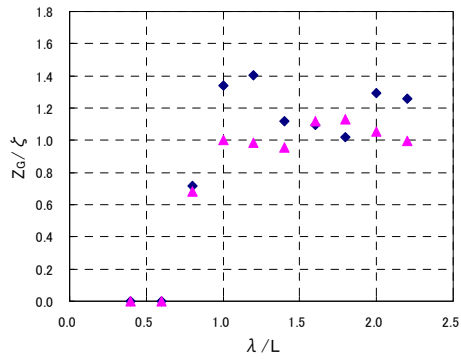


図 6-7 上下揺れ(波高 10mm)

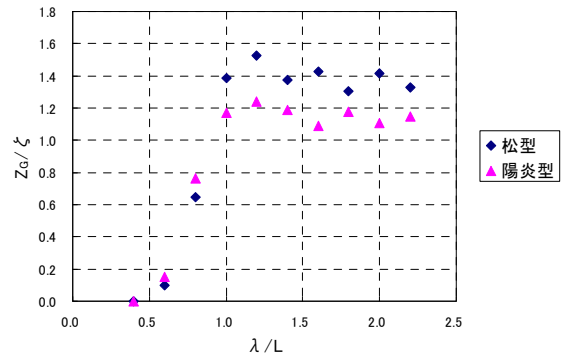


図 6-8 上下揺れ(波高 20mm)

第7章 模型実験(航走波による造波抵抗の算出)

7.1 実験装置

実験は、第4章と同様の実験水槽、模型船で行ったため詳細については省略する。また、計測装置の較正も、第4章、第6章と同様の方法で行ったので、詳細については省略する。

7.1.1 計測装置

定置波高計としてサーボ式波高形を、造波装置より30m、水槽側壁から2.5mの距離に設置し、航走波の波高を計測した。波高計の設置図を図7-1に、波高計のブロック図を図7-2に示す。

なお、他の計測装置は、第4章と同様のものを使用したもので、詳細については省略する。

7.2 実験状態

模型船は、縦揺れ、上下揺れ以外を固定し、一分力計による抵抗、ポテンショメータによる上下移動量をそれぞれデジタルレコーダとリニアレコーダに記録した。また、サーボ式波高計により航走波の波形をデジタルレコーダに記録した。

実験状態は下記のとおりである。

模型船	公試排水量状態
船速	平水中 0.1m/s～1.2m/s(0.1m/s おきに計測)
水温	松型(丁型)駆逐艦・模型船実験時 18.4℃ 陽炎型(甲型)駆逐艦・模型船実験時 17.3℃

7.3 実験結果の読み取り

船速は、曳航電車の速度、すなわち対地速度である。

船体抵抗、また船体の船首垂線(F.P.)と船尾垂線(A.P.)における沈下量は、計測値の平均値を読み取りそれぞれの較正係数により求めた。

航走波の波高は、サーボ式波高計の較正係数により求めた。

7.4 実験結果の解析

7.4.1 抵抗試験結果による造波抵抗係数の計算

松型(丁型)駆逐艦と陽炎型(甲型)駆逐艦の模型船を使用し実験より得られた抵抗値を用いて、3次元外挿法により、造波抵抗係数 γ_w を計算した。なお、3次元外挿法は、第4章で用いた2次元外挿法と類似な点が多いので、詳細については省略する。また、形状影響係数 K の算出には、Prohaskaの方法あるいは、それを改良した白勢の方法などによって決められることが多いが、本実験では低速域のデータにばらつきがあり、一義的に K を決めることが難しかった。このため、本実験における K は、低速接線法^{17),18)}により求めた。低速接線法による K の算出の

図を、図 7-3、図 7-4 に示す。

その結果、松型および陽炎型の形状影響係数 K の値は、それぞれ 0.185 と 0.170 とした。3次元外挿法により求めた粘性抵抗係数 γ_v を表 7-1、図 7-10 に、造波抵抗係数 γ_w を表 7-3、図 7-12、図 7-14 に示す。

また、Hughes の形状影響係数 K の図表¹²⁾より求めた松型および陽炎型の形状影響係数 K は、それぞれ 0.167、0.170 となった。陽炎型は低速接線法により求めた値と一致したが、松型では若干低い値となった。しかし、両方法より求めた形状影響係数 K は、ともに近い値を示している。これより低速接線法で求めた形状影響係数 K の値は妥当であると考え、本実験の解析では低速接線法により求めた値を使用することとした。

また、図 7-3 に示すとおり、松型では図 7-4 で示す陽炎型より全抵抗係数と粘性抵抗係数の開きが大きいことが分かったので、図 7-4 で示した陽炎型でのレイノルズ数を参考に松型の形状影響係数 K を調整した。その結果、松型の形状影響係数 K は、0.255 となった。この図を図 7-5 に示す。また、この値を用いて再度 3次元外挿法により解析をおこなった結果を表 7-1、表 7-3、図 7-11、図 7-13 に示す。

7.4.2 波形解析の数値計算法

数値計算には、Newman-Sharma の方法^{19), 20), 21), 22)}を利用した。下記にその概要を記す。

7.4.2.1 船の波のフーリエ変換と吹出分布

船が航走するときに水面に与える攪乱すなわち造波は、船体に付随して移動する局部攪乱波と船体後方に従う後続自由波から構成されている。局部攪乱波は船体のごく近傍だけに存在し、エネルギーの伝播すなわち造波抵抗に関与せず、後続自由波だけが造波抵抗を支配する。そこで、船のつくった波そのものではなく、造波抵抗との関連で波を考える場合には、この後続自由波だけを考えればよい。

座標軸を図 7-6 のようにおくと、後続自由波は、造波抵抗理論により、下記のように与えられる。

$y - \eta > 0$ のとき

$$\zeta(x, y) = \frac{K_0}{\pi V} \int_S m(\xi, \eta, \zeta) dS \int_{-\frac{x}{2}}^{-\frac{x}{2} + \Theta(x - \xi, y - \eta)} \exp(K_0 \zeta \sec^2 \theta) \sec^3 \theta \cos[K_0 \sec^2 \theta \{(x - \xi) \cos \theta + (y - \eta) \sin \theta\}] d\theta \quad (74.1)$$

ただし、 V は船の前進速度、 $K_0 = g/V^2$ 、 (ξ, η, ζ) は船体表面上の任意の点、 $m(\xi, \eta, \zeta)$ はその点における吹出分布密度、 $\int_S dS$ は船体表面上にわたる積分を表わす。なお $\Theta(x - \xi, y - \eta)$ は、下記のような $0 \sim \pi$ の間で定義された角度を表わす。

$$0 \leq \Theta(x - \xi, y - \eta) = \tan^{-1} \frac{y - \eta}{x - \xi} \leq \pi \quad (74.2)$$

次に、船の進行方向と平行な線上で計測された波高から造波抵抗を求めるために、Newman、Sharma にならい、 $\zeta(x, y)$ の x に関するフーリエ変換を求めてみる。

ここで、 $\lambda > 0$ として考えると、

$$\begin{aligned} & \int_{-\infty}^{\infty} \zeta(x, y) e^{i\lambda x} dx \\ &= \frac{K_0}{\pi V} \int_S m(\xi, \eta, \zeta) dS \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\lambda x} dx \int_{-\frac{x}{2}}^{\frac{x}{2} + \Theta} \exp(K_0 \zeta \sec^2 \theta) \sec^3 \theta \cos [K_0 \sec^2 \theta \{(x - \xi) \cos \theta + (y - \eta) \sin \theta\}] d\theta \end{aligned} \quad (74.3)$$

74.3 式における x と θ に関する二重積分の領域は図 7-7 に示す斜線部である。積分順序を変更すると、

$$\begin{aligned} & \int_{-\infty}^{\infty} \zeta(x, y) e^{i\lambda x} dx \\ &= \lim_{M \rightarrow \infty} \frac{K_0}{\pi V} \int_S m(\xi, \eta, \zeta) dS \int_{\frac{x}{2}}^{\frac{x}{2} + \Theta(-M - \xi, y - \eta)} \exp(K_0 \zeta \sec^2 \theta) \sec^3 \theta d\theta \int_{-M}^{\xi - (y - \eta) \tan \theta} e^{i\lambda x} \\ & \quad \times \cos [K_0 \sec^2 \theta \{(x - \xi) \cos \theta + (y - \eta) \sin \theta\}] dx \\ &= \lim_{M \rightarrow \infty} \frac{K_0}{\pi V} \int_S m(\xi, \eta, \zeta) dS \int_{\frac{x}{2}}^{\frac{x}{2} + \Theta(-M - \xi, y - \eta)} \exp(K_0 \zeta \sec^2 \theta) \sec^3 \theta \\ & \quad \times \left[\begin{array}{l} \cos \omega(\theta) \left[\begin{array}{l} \frac{e^{iab(\theta)}}{2i(\lambda + K_0 \sec \theta)} \left\{ e^{i(\lambda + K_0 \sec \theta)\beta(\theta)} - e^{-i(\lambda + K_0 \sec \theta)M} \right\} \\ + \frac{e^{-iab(\theta)}}{2i(\lambda - K_0 \sec \theta)} \left\{ e^{i(\lambda - K_0 \sec \theta)\beta(\theta)} - e^{-i(\lambda - K_0 \sec \theta)M} \right\} \end{array} \right] \\ + \sin \omega(\theta) \left[\begin{array}{l} -\frac{e^{iab(\theta)}}{2(\lambda + K_0 \sec \theta)} \left\{ e^{i(\lambda + K_0 \sec \theta)\beta(\theta)} - e^{-i(\lambda + K_0 \sec \theta)M} \right\} \\ + \frac{e^{-iab(\theta)}}{2(\lambda - K_0 \sec \theta)} \left\{ e^{i(\lambda - K_0 \sec \theta)\beta(\theta)} - e^{-i(\lambda - K_0 \sec \theta)M} \right\} \end{array} \right] \end{array} \right] d\theta \end{aligned} \quad (74.4)$$

となる。ただし

$$\omega(\theta) = K_0 \sec^2(\xi \cos \theta + \eta \sin \theta) \quad (74.5)$$

$$\alpha(\theta) = K_0 y \tan \theta \sec \theta \quad (74.6)$$

$$\beta(\theta) = \xi - (y - \eta) \tan \theta \quad (74.7)$$

とおく。これらの間には、

$$\alpha(\theta) + (\lambda + K_0 \sec \theta) \beta(\theta) = \lambda \beta(\theta) + \omega(\theta) \quad (74.8)$$

$$-\alpha(\theta) + (\lambda - K_0 \sec \theta) \beta(\theta) = \lambda \beta(\theta) - \omega(\theta) \quad (74.9)$$

の関係がある。また、次のような積分公式が知られている。

$$\lim_{M \rightarrow \infty} \int_a^b F(x) \frac{\sin\{Mg(x)\}}{g(x)} dx = \begin{cases} \frac{\pi F(x_0)}{|g'(x_0)|}, & a < x_0 < b \\ 0, & x_0 < a \text{ 又は } b < x_0 \end{cases} \quad (74.10)$$

$$\lim_{M \rightarrow \infty} \int_a^b F(x) \frac{\cos\{Mg(x)\}}{g(x)} dx = 0 \quad (74.11)$$

ただし、 x_0 は $g(x) = 0$ の根であって、 $g'(x)$ は $g(x)$ の微係数を表わす。なお、

$$g'(x_0) \neq 0 \quad (74.12)$$

が必要である。これらの関係式を用いて 74.4 式を変形する。

$$0 < \theta_0 \cos^{-1} \frac{K_0}{\lambda} < \frac{\pi}{2} \quad (74.13)$$

とおき、さらに船の左右対称性を考慮すると、

$$\begin{aligned}
\int_{-\infty}^{\infty} \zeta(x, y) e^{iK_0 x \sec \theta_0} dx &= \frac{\cos \alpha(\theta_0)}{V \cos \theta_0 \sin \theta_0} \{P(\theta_0) + iQ(\theta_0)\} \\
+ \frac{\sec \theta_0}{i \pi V} \int_S m(\xi, \eta, \zeta) \exp(iK_0 \xi \sec \theta_0) dS &\int_{-\frac{x}{2}}^{\frac{x}{2}} \frac{\sec^3 \theta}{\sec^2 \theta_0 - \sec^2 \theta} \exp\{K_0 \zeta \sec^2 \theta + iK_0 \sec \theta_0 (\eta - y) \tan \theta\} d\theta
\end{aligned} \tag{74.14}$$

となる。ただし、

$$P(\theta) + iQ(\theta) = \int_S m(\xi, \eta, \zeta) \exp\left[K_0 \sec^2 \theta \{\zeta + i(\xi \cos \theta + \eta \sin \theta)\}\right] dS \tag{74.15}$$

である。この結果は 74.14 式の条件を満足しない場合には成立しないので、 θ_0 の変域は $0 \sim \pi/2$ のうち、 0 の近傍を除いて考えなければならない。

ここに定義した $P(\theta) + iQ(\theta)$ は、船からでる波を 1 点の波源に集約した場合の振幅関数あるいは造波のスペクトルに対応する関数であり、造波抵抗と密接な関係がある。

次に、74.14 式の右辺第 2 項をさらに簡単な形にする。 θ に関する積分をとりだして、 $\tan \theta = t$ とおくと、

$$\begin{aligned}
&\int_{-\frac{x}{2}}^{\frac{x}{2}} \frac{\sec^3 \theta}{\sec^2 \theta_0 - \sec^2 \theta} \exp\{K_0 \zeta \sec^2 \theta + iK_0 (\eta - y) \sec \theta_0 \tan \theta\} d\theta \\
&= \int_0^{\infty} \frac{\sqrt{1+t^2}}{\tan^2 \theta_0 - t^2} \exp\{K_0 \zeta (1+t^2) + iK_0 (\eta - y) \sec \theta_0 t\} dt \\
&+ \int_0^{\infty} \frac{\sqrt{1+t^2}}{\tan^2 \theta_0 - t^2} \exp\{K_0 \zeta (1+t^2) - iK_0 (\eta - y) \sec \theta_0 t\} dt
\end{aligned} \tag{74.16}$$

となる。図 7-8 に示すような積分路にそった複素積分を考えると、74.16 式の右辺の各項は次のように求められる。

①の積分路を用いて、

$$\begin{aligned}
& \int_0^\infty \frac{\sqrt{1+t^2}}{\tan^2 \theta_0 - t^2} \exp\{K_0 \zeta (1+t^2) + iK_0 (\eta - y) \sec \theta_0 t\} dt \\
&= i \frac{\pi \sec \theta_0}{2 \tan \theta_0} \exp\{K_0 \zeta \sec^2 \theta_0 + iK_0 (\eta - y) \sec \theta_0 \tan \theta_0\} \\
&+ \int_0^\infty \frac{(1-in^2)^{\frac{1}{2}}}{\tan^2 \theta_0 + in^2} \exp\left\{K_0 \zeta (1-in^2) + iK_0 (\eta - y) \sec \theta_0 e^{-\frac{\pi}{4}i} n\right\} e^{-\frac{\pi}{4}i} dn
\end{aligned} \tag{74.17}$$

②の積分路を用いて、

$$\begin{aligned}
& \int_0^\infty \frac{\sqrt{1+t^2}}{\tan^2 \theta_0 - t^2} \exp\{K_0 \zeta (1+t^2) - iK_0 (\eta - y) \sec \theta_0 t\} dt \\
&= -i \frac{\pi \sec \theta_0}{2 \tan \theta_0} \exp\{K_0 \zeta \sec^2 \theta_0 - iK_0 (\eta - y) \sec \theta_0 \tan \theta_0\} \\
&+ \int_0^\infty \frac{(1+in^2)^{\frac{1}{2}}}{\tan^2 \theta_0 - in^2} \exp\left\{K_0 \zeta (1+in^2) - iK_0 (\eta - y) \sec \theta_0 e^{-\frac{\pi}{4}i} n\right\} e^{-\frac{\pi}{4}i} dn
\end{aligned} \tag{74.18}$$

74.17 式と 74.18 式の両辺を辺々加え合わせて 74.16 式に、続いて 74.14 式に代入すると求めるフーリエ変換が求まる。それを $P(\theta) + iQ(\theta)$ の形に直して書くと、

$$\begin{aligned}
P(\theta) + iQ(\theta) &= V \cos \theta \sin \theta \exp(iK_0 y \tan \theta \sec \theta) \int_{-\infty}^{\infty} \zeta(x, y) e^{iK_0 x \sec \theta} dx \\
&+ i \frac{2 \sin \theta}{\pi} \exp(iK_0 y \tan \theta \sec \theta) \int_s m(\xi, \eta, \zeta) \exp(K_0 \zeta + iK_0 \xi \sec \theta) dS \int_0^\infty \frac{\sqrt[4]{1+n^4}}{\sqrt{\tan^4 \theta + n^4}} \exp\left\{\frac{K_0}{\sqrt{2}} (\eta - y) \sec \theta n\right\} \\
&\times \cos\left\{-K_0 \zeta n^2 + \frac{K_0}{\sqrt{2}} (\eta - y) \sec \theta n - \tan^{-1}(n^2 \cot^2 \theta) - \frac{1}{2} \tan^{-1} n^2 - \frac{\pi}{4}\right\} dn
\end{aligned} \tag{74.19}$$

となる。このとき、左右対称の船型について成立する

$$P(\theta) + iQ(\theta) = P(-\theta) + iQ(-\theta) \tag{74.20}$$

を考えに入れている。 $y \rightarrow \infty$ のとき 74.19 式の右辺第 2 項は消滅して、

$$P(\theta) + iQ(\theta) = V \cos \theta \sin \theta \exp(iK_0 y \tan \theta \sec \theta) \int_{-\infty}^{\infty} \zeta(x, y) e^{iK_0 x \sec \theta} dx \tag{74.21}$$

となる。したがって、船の側方るか離れた位置で波を計測した場合には 74.21 式を使用できるが、それ以外のときは 74.19 式のように y の影響の含まれた関係式を用いるべきである。

7.4.2.2 造波抵抗

下記に造波抵抗について述べる。74.15 式で定義された $P(\theta)$ と $Q(\theta)$ をもちいると、造波抵抗理論によって、造波抵抗 R_w は下記のように与えられる。

$$R_w = \frac{\rho K_0^2}{\pi} \int_0^{\frac{x}{2}} |P(\theta) + iQ(\theta)|^2 \sec^3 \theta d\theta \quad (74.22)$$

$K_0 y$ が十分大きいと考えると、74.21 式が使用でき、74.22 式は下記のように、 $\zeta(x, y)$ に関する形で表わされる。

$$R_w = \frac{\rho g K_0}{\pi} \int_0^{\frac{x}{2}} \left| \int_{-\infty}^{\infty} \zeta(x, y) e^{iK_0 x \sec \theta} dx \right|^2 \sin \theta \tan \theta d\theta \quad (74.23)$$

7.4.2.3 打切修正法

74.23 式で与えられた Newman、Sharma の積分を書き直すと、

$$R_w = \frac{\rho g K_0}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \zeta(x, y) \int_{-\infty}^{\infty} \zeta(\xi, y) K\{K_0(x - \xi)\} d\xi dx \quad (74.24)$$

この造波抵抗積分を計算するには $-\infty < x < \infty$ にわたる波高が必要である。ところが、船の前方では、直ちに $\zeta(x, y) = 0$ となるから、それより前方は必要ない。しかし、船の後方では、波が減衰消滅するよりも以前に水槽側壁で反射された波が返ってきて波形を乱すので、計算に使用できる波形は、それより以前のものだけである。以上の様子を図に示すと図 7-9 のようになる。

このように後方に続く波をまだ十分微小とみなせるまで減衰していないうちに打ち切ってしまうことは、計算の精度を落とすことになる。Newman は、この後方に対する修正方法として近似波形を使用することで解決した。

波高の打ち切った位置を、 $-M$ とすると 74.24 式の積分は、 $(-\infty, -M)$ と $(-M, \infty)$ との二つの領域に分けられる。そこで、 $(-\infty, -M)$ の範囲における波高の計測は得られないのだから、 $M > 1$ ならば、この部分における波形が、

$$\zeta(x, y) = \zeta_0 \frac{\cos(K_0 x - \varepsilon)}{\sqrt{|x|}} \quad (74.25)$$

で近似できると仮定する。この式の ζ_0 と ε は、打ち切った位置で波形が滑らかにつながるように決める定数である。この仮定に基づいて積分を変形し、 M に関して M^{-1} 次以下の微小量を省略して、下記のような近似式を Newman は与えた。

$$Rw \cong \frac{\rho g K_0}{\pi} \left[\int_{-M}^{\infty} \zeta(x, y) \int_{-M}^{\infty} \zeta(\xi, y) K\{K_0(x-\xi)\} d\xi dx \right. \\ \left. + \frac{\zeta_0}{K_0 M} \sqrt{\frac{2\pi}{K_0}} \int_{-M}^{\infty} \zeta(x, y) \sin(K_0 x - \varepsilon + \frac{\pi}{4}) \frac{1 - \sqrt{1 + \frac{x}{M}}}{\frac{x}{M} \sqrt{1 + \frac{x}{M}}} dx + \frac{\zeta_0^2}{K_0} \sqrt{\frac{\pi}{K_0 M}} \right] \quad (74.26)$$

第2項、第3項が打ち切りを行ったための修正項である。これらが第1項に比べてかなり小さくないと精度が落ちる。

以上、7.4.2 から 7.4.2.3 で説明した数値計算を、参考文献 22) の Fortran プログラムを参考に作成し、研究室内の電子計算機で計算、解析を行った。また、波高計の正横を模型船の Midship が通過してから、波高計に反射が入るまでの時間を「必要とされる計測時間」として表 7-2 に示す。この表より計測時間は十分にとれていると考える。算出した造波抵抗係数 γ_w を表 7-3、図 7-12～図 7-14 に示す。

7.5 考察

粘性抵抗係数は図 7-10、図 7-11 に示すように、松型は、陽炎型よりも高い値を示した。これは、第4章で述べたように、松型の船型は、陽炎型にみる従来型駆逐艦のような曲面を省略してできるだけ直線で構成される形状となっているため、陽炎型よりも抵抗が増加したためであると考えられる。しかし、定性的には、良く一致していると言える。

航走波の計測であるが、表 7-3 に示すように松型、陽炎型ともにフルード数が 0.13 以下(曳航速度 0.1m/s～0.5m/s)では、測定することができなかった。また、抵抗試験の解析では、第4章と同様に、この曳航速度域でも剰余抵抗係数と同じように造波抵抗係数が負の値となった。

これに関しては、第4章で述べたように、シェーンヘルツの式より求めた摩擦抵抗係数が、本実験における低速域に関して、実際よりも大きな値を算出してしまったのではないか、またこの曳航速度域では、造波抵抗がごく微量であったのではないか、そしてレイノルズ数が約 4.5×10^5 以前は層流域であるので、このような値となったのではないかと考える。これにより、上記したように航走波が、この曳航速度域で計測できなかったことも納得できる。

低速接線法から求めた形状影響係数 K を用いた場合、フルード数が 0.20 以上では、松型、陽炎型ともに、抵抗試験より得られた造波抵抗係数は、Newman-Sharma の方法を用いて得られた値よりも、高い値となった。これらの傾向は、参考文献 19)、20) によって行われた同様な実験結果にも見られる傾向であり、3次元外挿法と Newman-Sharma の方法の造波抵抗の定義の違いや Newman-Sharma の方法中の様々な仮定が、実際の現象との差になって表れ

ているものと考えられる。

また、レイノルズ数により調整した形状影響係数 K を用いた場合、松型の造波抵抗係数は低速接線法から求めた値よりも低い値となった。低速接線法と、またこの方法を利用しレイノルズ数により調整した値から求めた造波抵抗係数のどちらが正しい値を示しているのかは分からないが、レイノルズ数で調整した値の方が、傾向的には低速接線法により求めた陽炎型の造波抵抗係数に近いものを示した。

各模型船の違いで造波抵抗係数を比較すると、低速接線法から求めた値はともに、陽炎型に比べ松型のほうが、高い値を示している。一方、レイノルズ数により調整した値では、松型は陽炎型よりも低い値を示した。しかし、渦抵抗は船体平行中央部の後端から船尾までの長さ Lr が短いと抵抗を増すので、船舶の設計では、 $Lr \geq 4.08\sqrt{Am}$ 以上にすべきであると考えられている¹²⁾。松型と陽炎型をこの式に当てはめてみると、それぞれ $49 \geq 20.14$ 、 $58.1 \geq 23.40$ となる。よって両船型ともに、上式のベーカー(G.S.Baker)の標準を十分に満足しており渦抵抗の発生は少ないと考えられる。レイノルズ数により調整した形状影響係数 K の値では、図 7-3 に比べ図 7-5 は渦抵抗が大きくなってしまっているため、本実験においては低速接線法により求めた形状影響係数 K の値のほうが妥当ではないかと考える。なお Am は、中央横断面積である。

波形解析である Newman-Sharma の方法より求めた造波抵抗係数の値は、陽炎型よりも松型は高い値を示した。また、両船型とも定性的に良く一致していると言える。

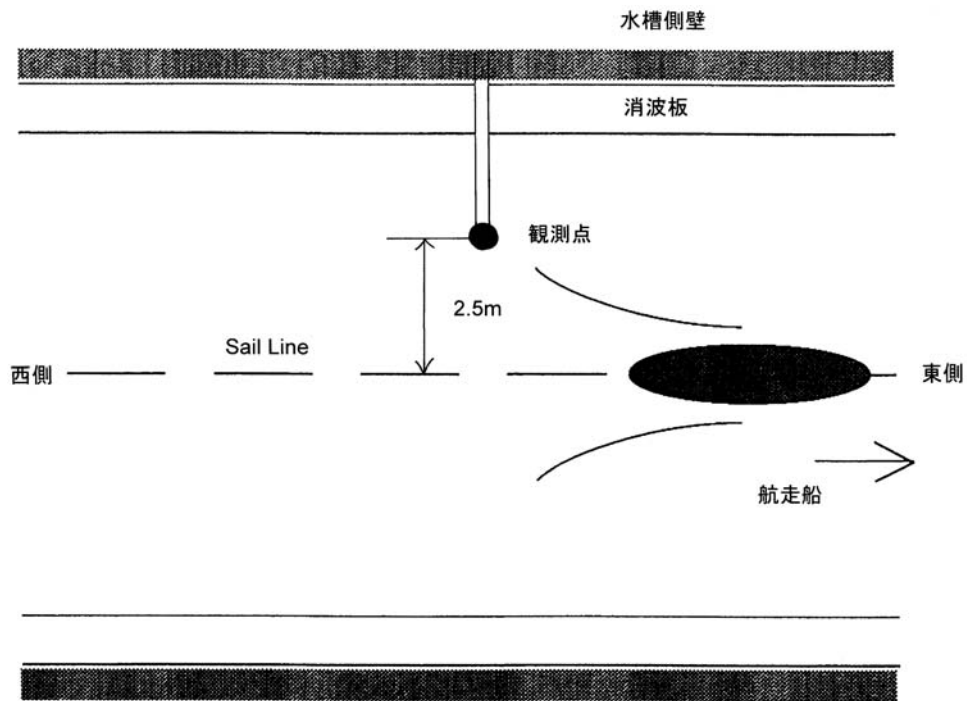


図 7-1 実験装置の配置図

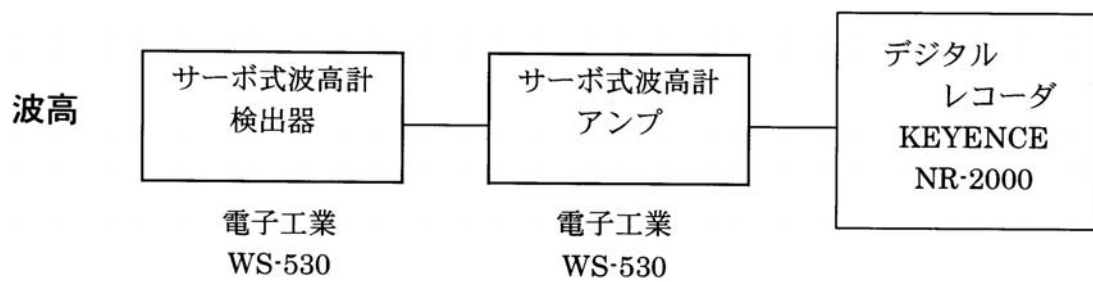


図 7-2 サーボ式波高計による航走波計測・ブロック図

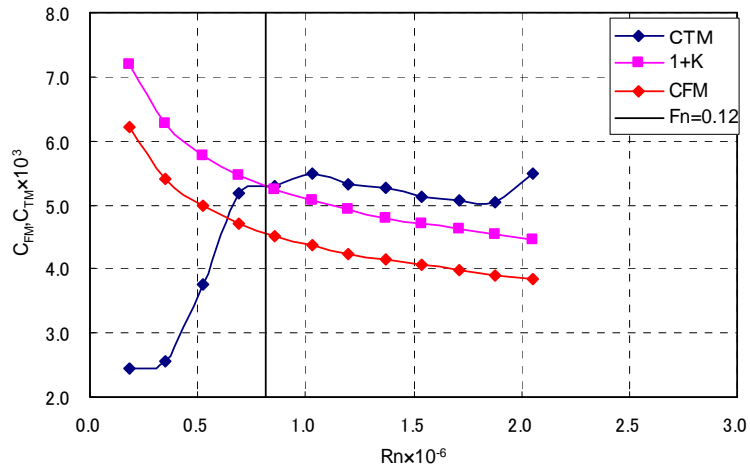


図 7-3 低速接線法による K の算出(松型(丁型)駆逐艦・模型船)

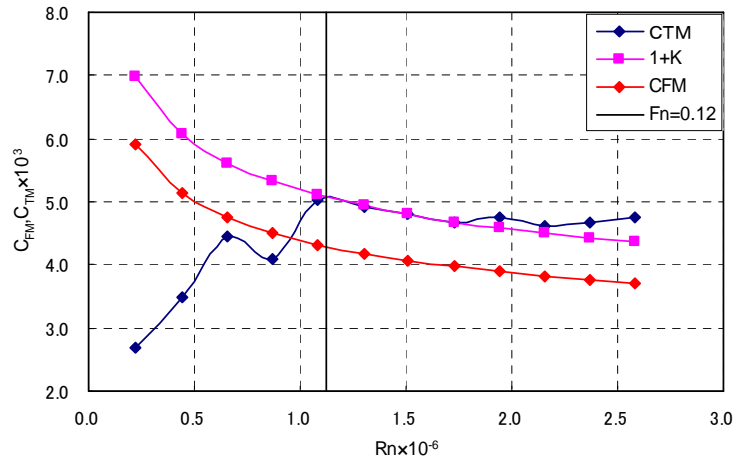


図 7-4 低速接線法による K の算出(陽炎型(甲型)駆逐艦・模型船)

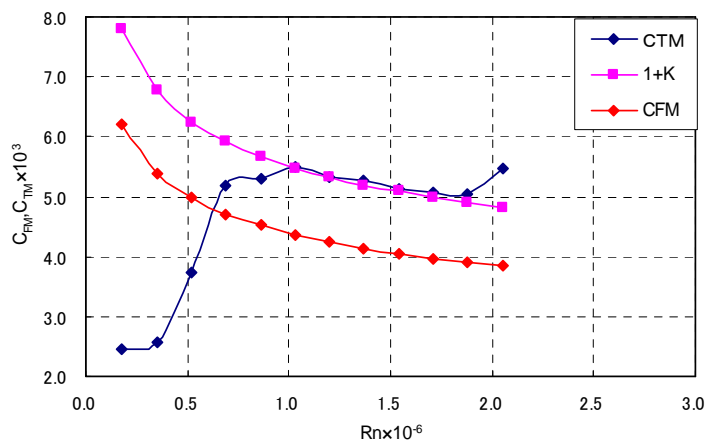


図 7-5 レイノルズ数調整による K の算出(松型(丁型)駆逐艦・模型船)

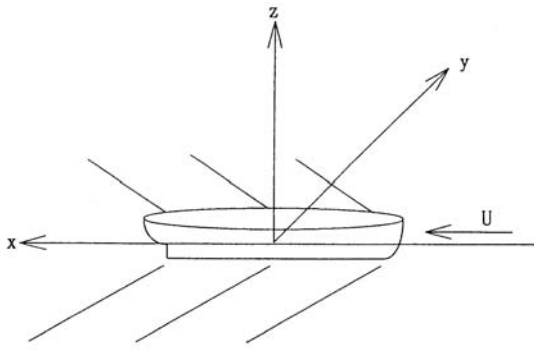


図 7-6 座標系

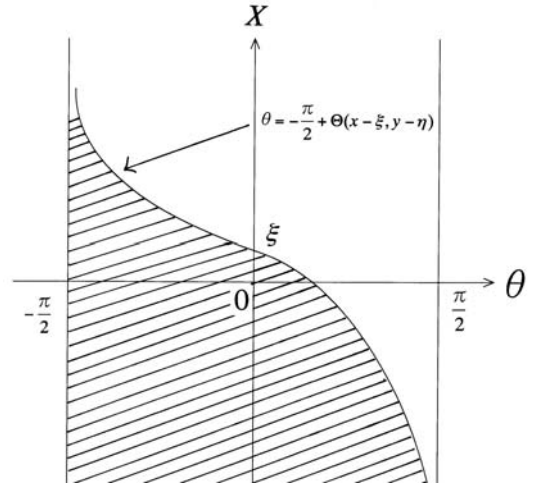


図 7-7 二重積分の領域

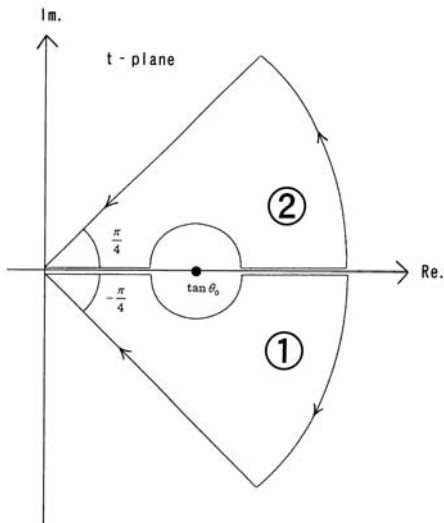


図 7-8 複素積分

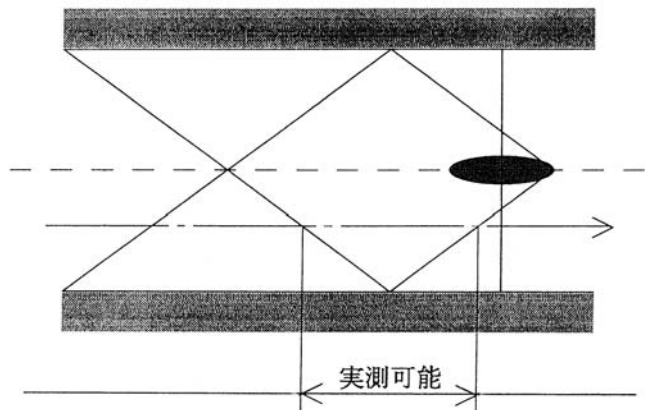


図 7-9 反射波

表 7-1 粘性抵抗係数

松型(丁型)駆逐艦・模型船			陽炎型(甲型)駆逐艦・模型船	
Fn	γ_v (抵抗試験)		Fn	γ_v (抵抗試験)
	低速接線法	レイノルズ数調整		低速接線法
0.03	2.767E-02	2.930E-02	0.02	2.625E-02
0.05	2.405E-02	2.547E-02	0.05	2.286E-02
0.08	2.220E-02	2.351E-02	0.07	2.116E-02
0.10	2.101E-02	2.225E-02	0.09	2.004E-02
0.13	2.014E-02	2.133E-02	0.12	1.922E-02
0.15	1.947E-02	2.062E-02	0.14	1.858E-02
0.18	1.892E-02	2.004E-02	0.16	1.807E-02
0.20	1.846E-02	1.955E-02	0.18	1.764E-02
0.23	1.807E-02	1.914E-02	0.21	1.727E-02
0.25	1.772E-02	1.877E-02	0.23	1.695E-02
0.28	1.743E-02	1.845E-02	0.25	1.667E-02
0.30	1.716E-02	1.817E-02	0.28	1.641E-02

表 7-2 波形の計測時間

松型(丁型)駆逐艦・模型船			
曳航速度(m/s)	波速(m/s)	必要とされる計測時間(秒)	実際の計測時間(秒)
0.6	0.675	25.626	30
0.7	0.871	19.852	30
0.8	0.998	17.320	29
0.9	1.141	15.153	32
1.0	1.294	13.364	35
1.1	1.397	12.374	28
1.2	1.454	11.892	39
陽炎型(甲型)駆逐艦・模型船			
曳航速度(m/s)	波速(m/s)	必要とされる計測時間(秒)	実際の計測時間(秒)
0.6	0.705	24.287	34
0.7	0.794	21.572	29
0.8	0.928	18.443	31
0.9	1.077	15.897	34
1.0	1.221	14.024	35
1.1	1.419	12.068	43
1.2	1.488	11.504	46

表 7-3 造波抵抗係数

松型(丁型)駆逐艦・模型船			
Fn	γ_w 抵抗試験		γ_w 波形解析
	低速接線法	レイノルズ調整	
0.03	-1.846E-02	-2.010E-02	—
0.05	-1.440E-02	-1.582E-02	—
0.08	-8.109E-03	-9.420E-03	—
0.10	-1.526E-03	-2.767E-03	—
0.13	-2.476E-04	-1.437E-03	—
0.15	1.188E-03	3.770E-05	2.536E-04
0.18	1.090E-03	-2.751E-05	2.595E-04
0.20	1.315E-03	2.248E-04	2.689E-04
0.23	1.237E-03	1.695E-04	4.127E-04
0.25	1.377E-03	3.303E-04	3.873E-04
0.28	1.564E-03	5.345E-04	5.387E-04
0.30	2.392E-03	2.445E-03	7.941E-04
陽炎型(甲型)駆逐艦・模型船			
Fn	γ_w 抵抗試験		γ_w 波形解析
	低速接線法		
0.02	-1.607E-02		—
0.05	-9.629E-03		—
0.07	-4.260E-03		—
0.09	-4.520E-03		—
0.12	-1.406E-04		—
0.14	7.177E-05		1.973E-04
0.16	2.008E-04		2.410E-04
0.18	1.500E-04		2.601E-04
0.21	8.166E-04		3.318E-04
0.23	5.778E-04		3.519E-04
0.25	1.081E-03		4.321E-04
0.28	1.681E-03		5.525E-04

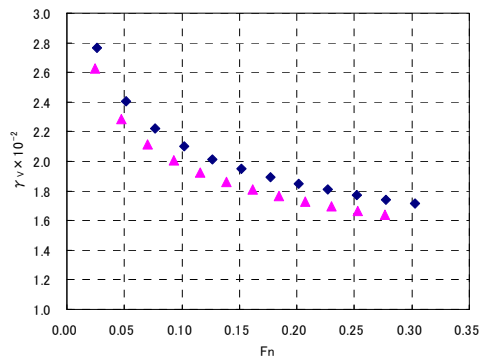


図 7-10 粘性抵抗係数(低速接線法)

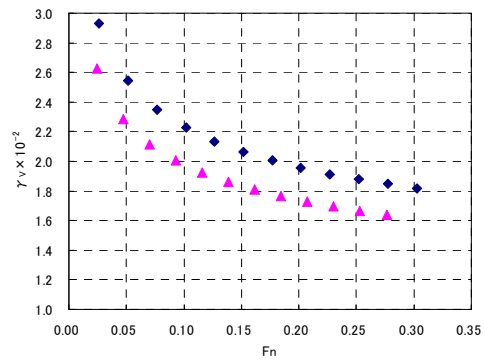


図 7-11 粘性抵抗係数(レイノルズ数調整)

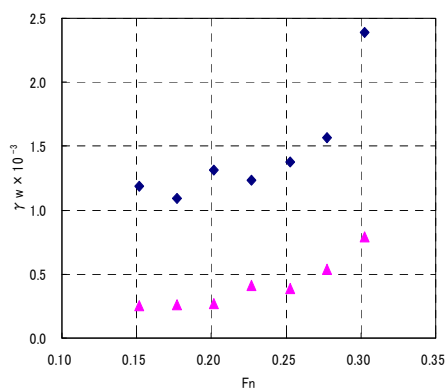


図 7-12 造波抵抗係数(低速接線法)
抵抗試験と波形解析の結果
(松型(丁型)駆逐艦・模型船)

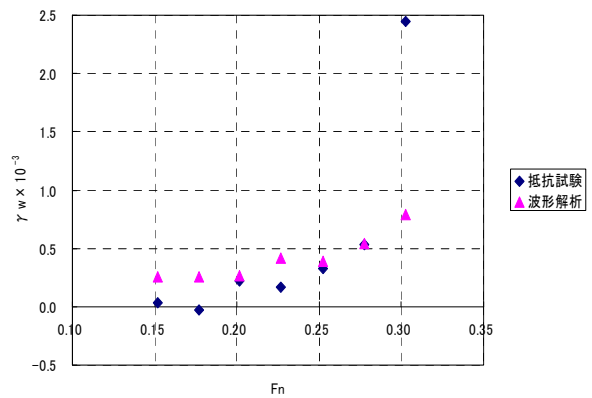


図 7-13 造波抵抗係数(レイノルズ数調整)
抵抗試験と波形解析の結果
(松型(丁型)駆逐艦・模型船)

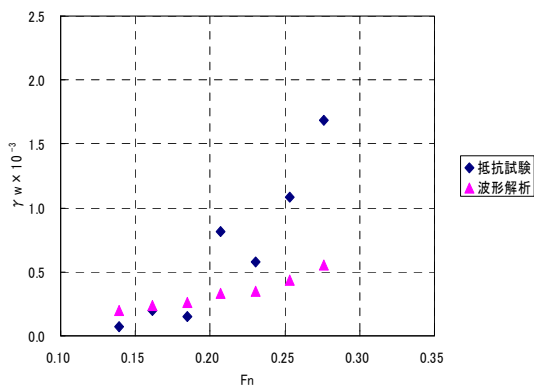


図 7-14 造波抵抗係数(低速接線法)
抵抗試験と波形解析の結果
(陽炎型(甲型)駆逐艦・模型船)

第 8 章 結言

本研究では、松型(丁型)駆逐艦と陽炎型(甲型)駆逐艦の 2 隻の模型船を製作し、運航性能の比較検証のために、平水中抵抗試験、波浪中抵抗試験、航走波による造波抵抗算出を行った。その結果、以下のことを示すことができた。

- (1) 平水中抵抗試験、航走波による造波抵抗の算出において、基準速力までに関して松型(丁型)駆逐艦は、陽炎型(甲型)駆逐艦よりも全抵抗係数、剰余抵抗係数、低速接線を使用し求めた造波抵抗係数はともに高い値を示した。これにより松型(丁型)駆逐艦の平水中抵抗は、基準速力までに関しては従来型駆逐艦よりも劣っていたと考えられる。

しかし、平水中抵抗試験、曳航速度 1.2m/s における、松型(丁型)駆逐艦と陽炎型(甲型)駆逐艦の実船換算の速力と有効馬力は、それぞれ下記のようになる。

松型(丁型)駆逐艦 : 18.21knot、2069PS

陽炎型(甲型)駆逐艦 : 18.12knot、2385PS

第 3 章で用いた手法を用いると、松型(丁型)駆逐艦の速力は、17.12knot となり、陽炎型(甲型)駆逐艦と比べ約 5.5%低い値となる。

よって、著しく劣っていたとは考えられない。

- (2) 波浪中抵抗試験において、基準速力に関して松型(丁型)駆逐艦は、陽炎型(甲型)駆逐艦とほぼ同等の値を示した。これにより基準速力に関して松型(丁型)駆逐艦の正面規則波中の抵抗は、従来型駆逐艦と比べても同等の性能をもっていたと考えられる。
- (3) 系統的模型試験結果である Taylor 水槽の図表の適用においても剰余抵抗係数は、陽炎型(甲型)駆逐艦より松型(丁型)駆逐艦は高い値を示した。よって(1)の結果と同様なことが言えると考えられる。

以上、本学船舶運航性能実験水槽の曳航電車の速度の関係から、実船換算で約 18knot までの比較検証ではあるが、松型(丁型)駆逐艦は従来いわれてきたように「従来型駆逐艦と比較しても性能に遜色はなかった」ということが証明できたと考える。

軍縮条約時代の艦艇の設計方針は、いわゆる「個艦優秀」思想であって、良質な材料の使用、工作の手間をいとわず、より軽く、より高速で、少しでも兵装の多い艦を望んだ。しかし、これは平時における考え方、つまり軍備は安全保障のための投資であり、戦時においては、ごくわずかな性能向上を図ったがために艦の就役数が減り、また建造期間が長くなることにつながる。

松型(丁型)駆逐艦は、その改良型である橘型(改丁型)駆逐艦を含め、32 隻が就役した。また、

この戦時急造の造艦技術は海防艦にも採用され、丙型海防艦は 53 隻、丁型海防艦では 63 隻が就役した。これらの多数の建造を可能としたのは、電気溶接、ブロック工法であり、健在の造船技術に受け継がれているものである。

区画配置では、松型(丁型)駆逐艦は、日本海軍の駆逐艦としては初めて缶室の分離が採用され、機関区画は前方より前部缶室、前部機械室、後部缶室、後部機械室の配置となり、左右の軸系をそれぞれ独立させることで被害時の行動力喪失を防ぐことをはかっている。しかし、この方式では、軸系が左右対称ではなくなり工作の手間が増えるなど、戦時急造に適さないという意見もあったようではあるが、戦訓から必要とされる意見にしたがって採用された。このような区画配置は、ダメージコントロールに対して非常に有効であり、現在の艦艇にも受け継がれているものである。

このように松型(丁型)駆逐艦は、戦時急造であるということに甘んじず、必要とされるものは取り入れ、また一方簡易化できるものに関してはそれを実行し建造における工数を減らし、建造、運用面上ともに従来型駆逐艦よりも実用に適するものとなったと考える。

日本海軍の艦艇に関しては、多くの書籍が出版されているが、戦艦「大和」や高馬力タービンを採用し 40.37knot の高速を発揮した駆逐艦「島風」などに代表される艦艇に注目がいきがちである。もちろん、これらの有名な艦艇の造艦技術は、戦後の日本の造船技術に多分に貢献したことは明らかであると考ええる。

しかし、本研究の松型(丁型)駆逐艦のような戦時急造で量産された艦艇は、これらの有名な艦艇の影に隠れてしまい注目されることが少ないと考える。しかし、前述したように電気溶接、ブロック工法、特殊な区画配置などの当時としては先進的な技術が取り入れられている。これらの技術は戦後、造船工程の簡略化や建造期間の短縮化に大きく貢献したものであり、日本の造船産業を支える重要な技術になったと考えられる。

このように、現在の造船技術に大きく貢献した考えられる松型(丁型)駆逐艦に関する本研究は、緒言でも述べた通り、現在の日本の造船史、とりわけ造艦史関連の資料として有意義なものであると考える。

謝辞

本研究を進めるにあたり、東京海洋大学海洋工学部、庄司邦昭教授、三田重雄助手に適切なお指導、ご助言をいただき、謹んで御礼申し上げます。

大学院進学に関して、また数々のご助言をいただきました、東海大学時代の恩師である、中部学院大学短期大学部、花房元顕准教授に、謹んで御礼申し上げます。

本論文執筆に関して、数々のご助言をいただきました、独立行政法人海上技術安全研究所、三友信夫氏に謹んで御礼申し上げます。

本研究の実験に、快くご協力いただきました東京海洋大学海洋科学部、海洋環境学科、海上安全工学研究室、博士後期課程の溝口弘泰氏をはじめとする同研究室の学生の皆様に深く感謝申し上げます。

本研究の実験に、快くご協力いただきました、東京海洋大学海洋工学部、井関俊夫研究室、博士前期課程(平成 19 年度修了)、木下恵介氏に深く感謝申し上げます。

本研究を進めるにあたり、日々ご助言、ご協力を頂きました庄司邦昭研究室の学生諸氏に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 堀元美.「駆逐艦 - その技術的回顧 - 」原書房, 東京. 昭和 55 年 ; 259
- 2) 竹川真一.「丸 2002 新涼 9 月別冊付録・日本の軍艦辞典」潮書房, 東京. 平成 14 年 ; 66
- 3) 福井静夫.「日本の軍艦 - わが造艦技術の発達と艦艇の変遷 - 」出版協同社, 東京. 昭和 38 年 ; 143
- 4) 海軍工廠.「遠藤資料軍艦原図集駆逐艦「桃」正面線図・線図 R003・R004-1,2,3」遠藤昭
- 5) 日本造船学会.「日本海軍艦艇図面集」(日本造船学会編)原書房, 東京. 昭和 50 年 ; 89
- 6) 雑誌「丸」編集部.「日本海軍艦艇写真集-18」(雑誌「丸」編集部編)光人社, 東京. 平成 9 年 ; 49
- 7) 雑誌「丸」編集部.「日本海軍艦艇写真集-17」(雑誌「丸」編集部編)光人社, 東京. 平成 9 年 ; 121
- 8) 岡田幸和.「艦艇工学入門 - 理論と実際 - 」(木津徹編)海人社, 東京. 平成 9 年 ; 14
- 9) 野澤和男.「船この巨大で力強い輸送システム」大阪大学出版会, 大阪. 平成 18 年 ; 91
- 10) 田中拓・阿部光弘. 試験の方法とその利用. 日本造船学会試験水槽委員会第 1 部会シンポジウム船型開発と試験水槽 昭和 58 年 ; 29-68 189-212
- 11) 大串雅信.「理論船舶工学(下巻)」海文堂出版, 東京. 昭和 50 年 ; 103
- 12) 野原威男・庄司邦昭.「航海造船学(二訂版)」海文堂出版, 東京. 平成 17 年 ; 233,236,248
- 13) D.W.Taylor.「The speed and power of ships : a manual of marine propulsion」John Wiley&Sons, New York. 1910
- 14) 関西造船協会.「造船設計便覧(第 3 版)」(関西造船協会編)海文堂出版, 東京. 昭和 51 年 ; 364-367
- 15) 武井幸雄・井関俊夫・蝦名清. 波浪中抵抗増加. 東京商船大学研究報告(自然科学)第 41 号 平成 2 年 ; 31-42
- 16) 竹沢誠二. 耐航性に関する水槽試験法と実船試験法. 日本造船学会耐航性に関するシンポジウム 昭和 44 年 ; 181-216
- 17) 菅井信夫・柳原健・山口眞裕・鈴木尚也. 中型内航高速船の船型改良
(http://www.nmri.go.jp/spd/staff/n-sugai/ronbun/senhou_37-3/senhou00.html)
(accessed 2008-07-22)
- 18) 森正彦.「船型設計」船舶技術協会, 東京. 平成 9 年 ; 174
- 19) 池畑光尚・野沢和男. 波形解析による造波抵抗の算定. 造船学会論文集 121 号 昭和 42 年 ; 62-71

- 20) 池畑光尚・野沢和男. 波形解析による造波抵抗の算定(続報). 造船学会論文集 124 号
昭和 43 年 ; 37-49
- 21) 池畑光尚・野沢和男. 波形解析による造波抵抗の算定(第 3 報). 造船学会論文集 125 号
昭和 44 年 ; 1-8
- 22) 板倉輝幸. 船舶の造波抵抗における波形解析に関する研究. 東京商船大学修士論文
平成 8 年度