

I. T. T. C. Propeller Committee 提案の 比較試験結果について

高橋 肇* 荒井 能* 上田 隆康* 菅井信夫*

Results of the Comparative Tests Proposed by
Propeller Committee of I.T.T.C.

By

Hajime Takahashi, Chikara Arai, Takayasu Ueda and Nobuo Sugai

LIST OF TABLES AND FIGURES

Tables

- Table 1. Test Conditions of Wake Survey
- Table 2. Velocity Component Ratios
- Table 3. Harmonics of Velocity Ratios
- Table 4. Results of Torque and Thrust Vibration-Measurements

Figures

- Fig. 1. Definition of Rudder Clearance
- Fig. 2. Principal Particulars and Aft-body Shape of Ship Model
- Fig. 3. Ship Model
- Fig. 4. Stern Shape
- Fig. 5. Propeller Model
- Fig. 6. Shape of 5-hole Pitot Tube
- Fig. 7. Characteristics Curves (Pitot Tube)
- Fig. 8. Calibration Curves (Pitot Tube)
- Fig. 9. Pitot Traverse Apparatus
- Fig. 10. Wave Profile of Ship Model
- Fig. 11. Velocity Component Ratios
- Fig. 12. Flow Pattern
- Fig. 13. Velocity Profiles
- Fig. 14. Mean Velocity Ratios
- Fig. 15. Measuring System of Torque and Thrust Variations
- Fig. 16. Relation between \bar{Q} , \bar{T} , N and Vm
- Fig. 17. Examples of Measurement of ΔQ and ΔT
- Fig. 18. Relation between ΔQ , ΔT and N

Abstract

Measurements of direction and velocity of flow behind models, and vibratory thrust, torque and bearing forces on models are relatively new undertakings in towing tanks.

Propeller Committee of the International Towing Tank Conference proposed the program of comparative tests using the circulated ship and propeller model, but the different apparatus for the laboratories all over the world.

The Ship Research Institute participates in the comparative test, that is, measurements of wake, vibratory thrust and torque.

In this paper, the data are explained in detail.

はじめに

本試験は下記に述べる性格を有するものであり、1972年ミュンヘンで開催予定の第13回 I. T. T. C. の席上 Propeller Committee の chairman より、“各水槽からのデータの集積”が発表されるものと思われる。

しかし、それ以前に当部において行なった一環の比較試験結果を単独で発表することも大いに意義があると思われるので船研資料として発表する。

1. 概要

1.1 比較試験が計画された経緯

船尾における不均一流中にてプロペラが回転することにより誘起される bearing force—正確には, bearing force, bearing moment, 変動スラストおよび変動トルクよりなるが一般にこの4つの成分を bearing force と呼ぶ—を正確に計測することは, 計測技術上の面から, 実船においてはもちろんのこと模型船においても非常に困難である^{1)~3)}。このような計測技術上の現状と観点から, I. T. T. C. の Propeller Committee では“一つの定められた模型船と模型プロペラを各水槽に持ちまわって各水槽の計測器にて計測し, その計測結果を比較しよう”という提案が行なわれ採択された。

1.2 比較試験の内容と模型船等

計画された比較試験の内容は, つぎのような2つのグループに大別されている。

a) Measurement in the Towing Tank

内容: 5孔ピトー管による wake 計測。

スラスト, トルクおよび lateral force の

それぞれの平均値, 変動値の計測。

b) Measurement in the Cavitation Tunnel

内容: a) 項で計測された wake 分布を, screen を使用しキャビテーションタンクにおいて再現し, a) 項で使用された模型プロペラを作動させて a) 項と同様な計測を行なう。

当部では a) 項目について共同研究を申し入れたので a) 項目の内容の詳細をつぎに示す。以下原文をそのまま引用した。

I) BASIC TESTS.

The basic tests exist of the measurement of the mean thrust, the mean torque and the thrust and torque fluctuations for the following conditions:

Speed of the model—7.393 ft./sec.

Speed of the propeller—10.03 r.p.s.

Propeller clearance at 0.7 R—35% of propeller dia.

Rudder clearance at 0.7 R—70% of propeller dia.

(ref. to Fig. 1)

The recorded fluctuations should be presented graphically as a function of the angular position of the propeller, and expressed in kg and kg-cm, respectively and are to be analyzed harmonically up to the third harmonic component (fundamental component equals blade rate).

II) ADDITIONAL TESTS.

Since the Naval Ship Research and Development Center has made measurements for many conditions, there exist the possibility to make more comparisons for those participants who are interested.

In that case, the following additional tests are suggested:

A) 1) Measurements of the axial and/or tangential wake in the plane of the propeller for the speed

* 推進性能部

原稿受付 昭和45年8月11日

of the model and propeller mentioned under I. Suggested radii in fractions of the propeller radius: 0.3; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 0.95 and 1.0.

The measured distributions to be developed in harmonic components (15 harmonics).

2) Measurement of meanvalues and fluctuations of the lateral force and thrust eccentricity for the conditions mentioned under I.

B) Measurements of the quantities mentioned under I and II-A-2 for the following three conditions of propeller and model:

MODEL SPEED	PROPELLER SPEED
4.806 ft./sec.	5.73 r.p.s.
6.277 ft./sec.	7.60 r.p.s.
8.499 ft./sec.	11.42 r.p.s.

If possible, to measure under the same conditions of speed of ship and propeller, the thrust and torque fluctuations with 50% rudder clearance.

持ちまわられた供試模型船の要目および形状を Fig. 2 に、外形写真を Fig. 3 および Fig. 4 に示す。

模型プロペラの要目はつぎのとおりである。

直径, $D=9.954$ inches (253 mm)

ピッチ比, $H/D=1.025$

展開面積比, $a_E=0.474$

翼厚比=0.0453

翼数, $Z=4$

翼断面形状=modified Troost

また模型プロペラの外形写真を Fig. 5 に示す。

1.3 試験に参加した研究機関

参考までに試験に参加した研究機関をつぎに示す。

曳航試験水槽中で: N. S. M. B (オランダ)

H. S. V. A (ドイツ)

V. W. S (ドイツ)

三菱長崎 (日本)

船研 (日本)

N. S. R. D. C (アメリカ)

キャピテーション水槽中で: M. I. T

(アメリカ)

O. R. L (アメリカ)

Univ. ADELAIDE

(オーストラリア)

1.4 本資料の内容

Measurement of wake と, Measurement of mean

values and fluctuations of the thrust and torque の 2 項目について行なったので内容を 2 部に分けて報告する。なお lateral force については、船尾内側のくりぬき状態が思わしくなく、また当部所有計測器の stern tube の大きさが供試船のそれと異なっていたため計測を行なわなかった。

2. Measurement of wake

2.1 計測に使用された 5 孔ピトー管

使用したピトー管は肥大船船尾における wake 計測を目的として当部で開発されたものであって⁴⁾、その形状、特性の 1 例および検定曲線をそれぞれ Fig. 6, 7 および 8 に示す。

計測可能範囲は Fig. 7 より判明するとおり、0.5 m/s 以上では $30^\circ \sim 35^\circ$ まで、1.0 m/s 以上では 40° まで計測可能である。

2.2 実験状態

実験状態を Table 1 に、ピトー管の traverse 装置を Fig. 9 に、また wake 計測時の波形写真を、静止時とあわせて Fig. 10—a, b に示す。

2.3 wake の計測結果

計測データの解析結果を Table. 2a~c に示す。

Table. 2 中の θ はプロペラ面を船尾からみて直上位置を $\theta=0^\circ$ とし、右廻りにとられている。したがって $\theta=0^\circ \sim 180^\circ$ が右舷であり、 $\theta=180^\circ \sim 360^\circ$ が左舷である。 V_x/V_m は流速を船速 V_m で割って無次元化したものの axial component である。 V_t/V_m は tangential component であり、右廻り方向 (θ のとり方と同じ方向) を負、その反対方向を正、 V_r/V_m は radial component であり、遠心方向を正、求心方向を負として示されている。なお Table. 2 中の * 印のものは 2nd run (repeatability test) によるものである。 θ ベースに V_x/V_m , V_t/V_m , V_r/V_m を r/R ごとに図示したものが Fig. 11—a~i である。図中の \odot 印は 2nd run によるものである。図中の曲線は後述の調和解析を行なうために描いたものである。

流速のプロペラ面への投影成分 (V_{tr}/V_m) をベクトル矢で示したものが Fig. 12 である。図中の点線矢で示したものは 2nd run によるものであり、実線矢と重なるところは表示していない。

半径方向の流速変化の 1 例を $\theta=0^\circ$, 90° , 180° および 270° について Fig. 13 に示す。

V_x/V_m の円周方向の平均値を r/R ごとに示したものが Fig. 14 である。

Fig. 11 中に示した流速分布曲線 (図中の⊙をむすんだ線) を 6° おきに読みとった値で調和解析した結果の係数等を Table. 3-a~i に示す。Table. 3 に示されている表示はつぎの式にしたがっている。

$$V_x/V_m \text{ or } V_i/V_m \text{ or } V_r/V_m = \text{average} + \sum (a_n \cos n\theta + b_n \sin n\theta)$$

$r/R=0.7$ については 2nd run (Fig. 11-e 中の⊙をほむすんだ線) についても解析を行ない、その結果を Table. 3-e 中の V_x/V_m の下段に示した。

なお調和解析を行なう場合、円周方向の計測位置のとり方が単に計測上の便宜から選んだために計測値をそのまま解析の際の入力として使用することができず、したがって計測点をできるだけ忠実に結びその曲線から読みとった値で解析を行なった。

2.4 考察その他

1) 全般的に：

ピトー管に対する流入角が小さく、 $\theta=0^\circ$ の近傍も安定した計測値が得られた。肥大船型の場合には計測不能となることが多い。

計測値のバラツキが少ない、特に V_i/V_m 、 V_r/V_m についてはバラツキが非常に少ない。 V_x/V_m については Fig. 11-e に示すように、 $r/R=0.7$ で 2nd run (repeatability test) を行なったが精々 0.02 の差であり、ピトー管の性能、流れの安定とが相俟って良好な結果が得られたものと思われる。

Fig. 11 の曲線からわかるように左右舷の流れが幾分非対称になっている。この現象は $r/R=0.6\sim 1.0$ の V_i/V_m の曲線から一層はっきりと見ることができ、 $V_i/V_m=0$ になる位置が船底部で左舷側に約 10° ずれている。この原因をしらべるために船尾部の船体寸法を計測したところ、左舷側が右舷側にくらべて 3~4 mm 幅方向に膨出していたことが判明した。

2) V_x/V_m について：

V_x/V_m 分布の谷が $\theta=0^\circ$ の近傍だけでありしかも広がりやせまく分布曲線の傾斜が急である。 $\theta=0^\circ$ の近傍を除けば、 $r/R=0.6\sim 1.0$ にわたって V_x/V_m は極めて均一化しており 0.9~0.95 の値を示している。このことはトルク、スラストの変動値を小さくする 1 つの要因である。

また、Fig. 11 において、 $r/R=0.3\sim 0.5$ で V_x/V_m の曲線に $\theta=140^\circ\sim 150^\circ$ および 220° 付近で谷が見られる。この原因は Fig. 4-a に見られるように船底面にナックルラインがついていたためである。

3) V_i/V_m について：

$r/R=0.5$ 以上と以下では V_i/V_m の θ に対する分布曲線形状が異なる、すなわち $r/R=0.5$ 以下では分布曲線に凸凹がある。 $r/R=0.5$ 以上で凸凹がなく $(V_i/V_m)_{\max}=\pm 0.15$ 以内であり、タンカー船型の場合の ± 0.25 程度に比して小さい。

4) Table. 3-e 中の $r/R=0.7$ における V_x/V_m の調和解析の係数は 2 種あるがこれは Fig. 11-e 中の実線 (1st run) および点線 (2nd run) について解析したものである。両者にはほとんど差がないと考えてよいであろう。

bearing force を計算する場合には一般にこれらの係数が使用される。

3. Measurement of mean values and fluctuations of the thrust and torque

3.1 計測装置

トルク、スラストのそれぞれの平均値および変動値の計測を行なうこととし、1.2 中の II-A-2 に示されている lateral force については計測を行なわなかった。計測装置の概略を Fig. 15 に示す。

1) 軸系

プロペラ軸は振りの固有振動数 (f_N) をできるだけ高くするために直径を大きくし、質量の軽減を計るために中空軸を使用した。寸法等は Fig. 15 中に示されている。軸受けはトルク、スラストの両方向に対して自由度をとり、しかも両方向に対して摩擦を少なくするために内面をテフロンでコーティングされた平軸受けを使用した。

2) 動力計等

動力計内のトルク、スラストの検出部はいずれも振り磁歪管を使用しているが、トルクに対する出力信号は無接触の電磁カップリングで取り出している。検出部の共振試験を行なった結果ではトルクおよびスラストに対して f_N はそれぞれ約 300 Hz および約 100 Hz であった。

本計測に使用した動力計は本来長さ 10~14 m 位の模型船用に製作されたものであり、計測最大容量が Fig. 15 中に示しているようになり大きい。今回の模型船は最高速度においてもトルク変動値 $4Q$ (複振幅) = 1.3 kg-cm、スラスト変動値 $4T$ (複振幅) = 0.37 kg 位の値を示しているので、本動力計の計測最大容量に対する各変動値の割合は $4Q/\bar{Q}_{\max} \approx 0.9\%$ 、 $4T/\bar{T}_{\max} \approx 1.5\%$ 位に相当している。したがってこのような変動値は本動力計の計測可能な限界値に近く、

計測値の信頼性が十分でなかった。フライホイールは、プロペラ負荷変動によるプロペラの回転角速度変動の防止および減速歯車に起因するトルク変動雑音の防止を目的とする。このフライホイールと駆動軸を動力計に結合して空気中でプロペラ側から衝撃を与えてトルクに対する応答を調べてみた結果、 $f_N \approx 100$ Hz 位になっていた。

3) 駆動部分

減速機にはギヤーを使用しており、モータと共通のベッドに組んで one block とし、これらの振動源はゴム板を介して船体とは一応間接的に取り付けられた。

4) 計測部分

平均値 \bar{Q} , \bar{T} の出力はポテンシオメータによって読みとられ、変動値 ΔQ , ΔT の出力は電磁式記録器によって記録させた。phase marker は1翼が真上の位置にきたときにパルスが発生するように set された。

3.2 実験種別等

排水量状態は Table. 1 中に示されている wake 計測時と同じであり実験水温は Table. 1 に示されている値とほとんど変わらない。

船速、プロペラ回転数は 1.2 中の 1) と II)-B に示されている 4 種類について、rudder clearance (以下 r. c. と略す) を 50% と 70% とに変えて計測を行なった。

1.2 に示されている船速とプロペラ回転数の関係では完全な自航状態にならないので両者の関係を保つためには多少拘束の状態にせざるを得なかった。

3.3 実験結果

プロペラは静的および動的に平衡調整がとられていたが、軸系を含めての不均衡と軸受部の片当りの有無について調らべるために陸上で高速回転をさせたり、浮上状態で dead slow 回転をさせてチェックした後、計測を行なった。

平均値 \bar{Q} , \bar{T} を V_m ベースに Fig. 16 に、 ΔQ , ΔT の記録波形の 1 例を Fig. 17 に示す。また変動値 ΔQ , ΔT を N ベースに Fig. 18 に示す。ただし、変動値は複振幅である。 \bar{Q} , ΔQ , \bar{T} , ΔT を表として Table. 4 に示す。

3.4 考察その他

1) Fig. 16 において r. c. をせまくすると \bar{Q} , \bar{T} とも増加することは興味深い。とくに \bar{T} は $V_m = 2.591$ m/s 近傍で約 3.5% の増加を示している。

2) Fig. 18 の ΔQ については、トルクの振動波形

から数回転間を選んで振幅の平均を求めた値である。主として計測容量、 f_N の観点より、数値自体にはいくぶん疑問の点が残される。

Fig. 18 の ΔT については、r. c.=50% の場合、Fig. 17 においてみられるように波形の山および谷を判別するのが困難な個所もあるが、一応全体をとおしてみても平均振幅を求めたものである。回転数の一番低いところは S/N 比がきわめて悪かったので除外したがその他の点については一応の傾向を示しているのではないと思われる。r. c.=70% の場合は、波形の乱れがひどく、blade frequency に対する周期性さえはっきりしなかったのでデータとしては採用しなかった。

3) Table. 4 には $\Delta Q/\bar{Q}$, $\Delta T/\bar{T}$ を % で示しているが、いずれも全般的にかなり小さい値を示している。wake 分布において wake の大きな領域がプロペラ内に 1 個所であることから類推しても $\Delta Q/\bar{Q}$, $\Delta T/\bar{T}$ がかなり小さい値になるであろうことは容易に想像される。 ΔQ , ΔT の絶対値が大きくなる場合は、たとえば wake の分布において $\theta = 0^\circ$, $\theta = 180^\circ$ 近傍に wake の大きな領域があり、しかも偶数翼のプロペラが作動するような場合である。

4) $r/R = 0.7$ における V_x/V_m , V_t/V_m の計測値 (Table. 2-a, b) と、本実験に使用した模型プロペラの推定単独性能曲線図をもとに、準定常計算法により、 $V_m = 2.253$ m/s, $N = 10.03$ rps の航走状態における $\bar{Q} + \Delta Q$, $\bar{T} + \Delta T$ を概略計算した。この略算は、 $r/R = 0.7$ の位置における伴流を 1 翼全体に対する代表流れとして選び、 $r/R = 0.7$ の翼素が 1 翼全体のトルク、スラストに対する代表作用を行なっているものと仮定している。上記の計算の結果を次に示す。

N (r. p. s.)	10.03
\bar{Q} (kg-cm)	33.40
$\Delta Q/\bar{Q}$ (%)	9.0
\bar{T} (kg)	7.87
$\Delta T/\bar{T}$ (%)	12.8

ただし、計算にはプロペラ、舵ともに取りはずした状態で計測された伴流値を使用しており、したがって rudder clearance はもちろんのこと舵そのものも考慮していないので、実験状態と正しく対応しているわけではないが、上記の $\Delta Q/\bar{Q}$ および $\Delta T/\bar{T}$ の値を実験値 (Table. 4) と比較してみると約 3 倍になっている。また簡単な突風理論を用いて非定常計算を行なってみると、 $\Delta T/\bar{T} = 2 \sim 3\%$ であった。

実験技術の改良は今後続けられるが、同時に自航時の伴流の性質の把握、また非定常性の考慮などを計算にどのようにもりこむかといった問題が今後の課題となることはいうまでもない。

5) $4Q$ の記録波形には高い周波数成分がほとんど現われていない。これは前にも触れたように、計測装置全体についての振り固有振動数が低くなっているためであり、したがって振幅、位相ともある程度誤差が含まれている。blade frequency の周期性はよく現われているが1回転1周期の“うねり”が出ておりこのために個々の波形に乱れが現われているのかもしれない。“うねり”の第一原因はプロペラ軸と軸受の間に生じるある種の“こじれ”に帰せられる。

6) トルク、スラストの変動波形の調和解析は行なわなかった。

4. む す び

推進性能部においては、bearing force 計測技術の開発途上にあり、そういった意味から共同模型船を使用して実験を行なうことは有意義と考えたわけである。しかし実際には模型船もちまわりの time schedule が

予定通りに進んでいなかったり、また模型船の事故(主としてひび割れによる浸水)等が重なり上記の目的を達するまでの十分な時間をかけられなかったが、それにもかかわらず比較試験の必要性を再認識した。

当部においても同型の模型船および模型プロペラを製作して、今回の実験において遭遇した不都合だった事柄を除去し、十分な再現性試験を行なう予定である。

トルクおよびスラスト計測装置等について種々御討論いただきました九州大学応用力学研究所熊井教授に御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) Appendix IV, Propeller Session, 11th I. T. T. C., 1966.
- 2) 谷口 中, “大型船に関する諸問題”, 記念講演, 第39号, 昭和45年, 西部造船会会報.
- 3) 谷口 中, 大高勝夫, “プロペラによる船体振動研究の展望”, Vol. 5, No. 4, 昭和43年, 三菱重工技報.
- 4) 高橋 肇, 上田隆康, “5孔ピトー管の特性について”, 第39号, 昭和45年, 西部造船会会報.

Table. 1 Test Conditions of Wake Survey

Date: Feb. 23, 1970~March 2, 1970.
 Temperature of water: 11.7°C~11.9°C
 Draft: 1.067 FT. even keel
 Speed: 7.393 FT./sec.
 Stern arrangement: with propeller boss
 without propeller blades
 and rudder
 5 hole-pitot tube: No. 2 pitot tube
 Survey plane

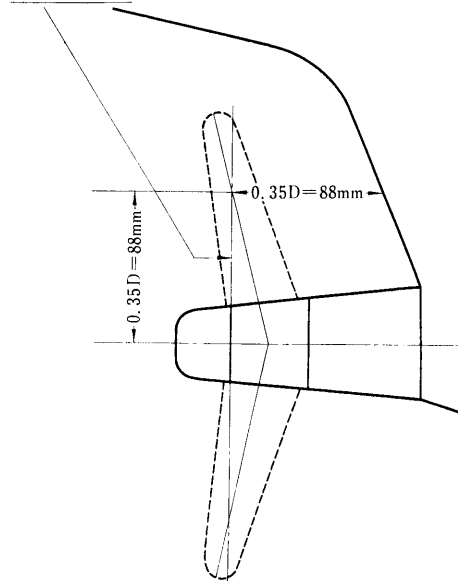


Table. 2-a Velocity Component Ratios

$\frac{z}{R}$ 0	$\frac{V_x}{V_m}$									
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.95	1.0	
0	.238	.280	.290	.303	.305	.309	.323	.327	.310	
	.234*	.270*	.290*	.301*	.301*	.306*	.309*	.302*	.311*	
5	.259	.271	.298	.316	.347	.375	.366	.374	.400	
10	.249	.292	.335	.374	.423	.460	.475	.485	.498	
					.410*					
20	.278	.342	.410	.471	.501	.570	.584	.585	.584	
					.515*					
30	.283	.369	.441	.531	.580	.612	.633	.652	.654	
					.586*					
40	.292	.390	.489	.572	.648	.691	.722	.734	.739	
					.658*					
50	.280	.404	.531	.648	.720	.771	.778	.790	.786	
					.718*					
60	.299	.449	.592	.722	.803	.829	.830	.849	.851	
					.796*					
70	.358	.520	.670	.783	.851	.870	.873	.883	.878	
					.851*					
80	.421	.596	.733	.846	.891	.905	.896	.908	.909	
					.891*					
90	.514	.665	.804	.886	.914	.925	.922	.931	.930	
					.909*					
100	.557	.711	.847	.908	.921	.930	.931	.933	.938	
					.910*					
110	.590	.736	.876	.910	.932	.936	.931	.941	.937	
					.930*					
120	.606	.738	.867	.914	.929	.933	.925	.941	.941	
					.922*					
130	.569	.718	.839	.915	.936	.939	.929	.941	.944	
					.921*					
140	.547	.662	.807	.917	.936	.947	.925	.945	.947	
					.932*					
150	.537	.659	.817	.904	.930	.938	.936	.939	.945	
					.912*					
160	.569	.703	.842	.905	.929	.942	.936	.946	.948	
					.921*					
170	.630	.749	.852	.907	.930	.941	.931	.940	.944	
					.918*					
180	.667	.772	.848	.907	.926	.925	.939	.932	.934	
					.929*					
190	.672	.761	.849	.910	.924	.930	.936	.938	.935	
					.912*					
200	.618	.721	.827	.904	.925	.926	.937	.928	.930	
					.908*					
210	.560	.668	.783	.897	.922	.928	.930	.925	.921	
					.923*					
220	.505	.630	.768	.899	.904	.914	.917	.920	.914	
					.908*					
230	.516	.652	.785	.900	.908	.902	.912	.910	.905	
					.892*					
240	.545	.674	.809	.913	.909	.902	.907	.912	.910	
					.922*					
250	.541	.655	.810	.884	.903	.900	.900	.910	.901	
					.900*					
260	.490	.641	.774	.874	.890	.888	.911	.901	.897	
					.888*					
270	.417	.588	.722	.845	.879	.876	.891	.893	.892	
					.878*					
280	.384	.538	.678	.812	.864	.865	.890	.884	.885	
					.860*					
290	.321	.467	.608	.761	.830	.846	.865	.872	.870	
					.841*					
300	.270	.409	.548	.684	.769	.804	.827	.829	.823	
					.776*					
310	.252	.353	.484	.607	.716	.756	.778	.786	.774	
					.719*					
320	.261	.353	.457	.580	.646	.691	.729	.729	.721	
					.670*					
330	.286	.343	.429	.533	.582	.617	.650	.650	.660	
					.569*					
340	.268	.335	.401	.461	.515	.564	.581	.579	.576	
					.503*					
350	.268	.314	.324	.379	.430	.444	.486	.481	.474	
					.430*					
355	.257	.290	.307	.323	.349	.364	.382	.386	.377	

Table. 2-b

Table. 2-c

r/R	Vt/Vm									
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.95	1.0	
0	.028	.012	-.005	.000	.001	-.004	-.005	-.011	-.008	
5	.005*	.002*	-.006*	-.007*	.002*	.004*	.003*	-.017*	.011*	
10	.001	.009	.017	.017	.031	.030	.043	.027	.034	
10	-.010	.007	.021	.031	.039	.045	.053	.043	.052	
20	-.018	.004	.022	.042	.069	.072	.096	.086	.091	
30	-.021	.004	.029	.061	.081	.082*	.094	.096	.108	
40	-.017	.018	.051	.081	.102	.103*	.115	.120	.124	
50	.028	.034	.073	.100	.127	.121*	.130	.126	.129	
60	.028	.060	.090	.119	.130	.130*	.132	.131	.133	
70	.042	.068	.100	.129	.133	.133*	.135	.128	.126	
80	.046	.076	.108	.126	.130	.133*	.127	.121	.119	
90	.046	.085	.116	.128	.120	.125*	.116	.112	.105	
100	.050	.084	.115	.118	.112	.110*	.103	.094	.098	
110	.038	.083	.099	.107	.097	.110*	.095	.097	.084	
120	.032	.073	.101	.096	.088	.093*	.081	.076	.073	
130	.018	.055	.079	.087	.073	.076*	.071	.064	.066	
140	.005	.039	.070	.074	.067	.066*	.059	.055	.052	
150	.030	.048	.058	.057	.063	.054*	.052	.045	.044	
160	.027	.049	.044	.043	.043	.028*	.039	.034	.034	
170	.035	.029	.030	.031	.030	.027*	.030	.026	.026	
180	.030	.014	.015	.016	.016	.019*	.013	.016	.011	
190	.001	.004	-.002	.003	.002	.005*	.003	.003	.003	
200	-.018	-.018	-.009	-.012	-.010	-.010*	-.010	-.009	-.008	
210	-.031	-.029	-.031	-.030	-.026	-.026*	-.019	-.023	-.017	
220	-.013	-.019	-.042	-.049	-.051	-.042*	-.040	-.034	-.034	
230	-.006	-.023	-.056	-.068	-.058	-.055*	-.053	-.047	-.047	
240	-.004	-.041	-.073	-.073	-.074	-.061*	-.067	-.062	-.063	
250	-.021	-.058	-.091	-.097	-.090	-.090*	-.083	-.080	-.074	
260	-.032	-.067	-.102	-.113	-.103	-.106*	-.097	-.087	-.089	
270	-.033	-.066	-.102	-.125	-.122	-.128*	-.115	-.111	-.107	
280	-.040	-.071	-.105	-.133	-.131	-.133*	-.129	-.125	-.125	
290	-.036	-.061	-.096	-.133	-.143	-.147*	-.144	-.142	-.138	
300	-.021	-.048	-.093	-.125	-.146	-.148*	-.149	-.150	-.147	
310	-.004	-.038	-.074	-.113	-.140	-.138*	-.147	-.150	-.148	
320	.019	-.021	-.060	-.099	-.122	-.129*	-.136	-.144	-.141	
330	.018	-.003	-.040	-.063	-.107	-.098*	-.108	-.128	-.125	
340	.024	-.001	-.025	-.050	-.076	-.075*	-.086	-.104	-.104	
350	.018	-.008	-.014	-.025	-.039	-.048*	-.047	-.070	-.071	
355	.015	-.001	-.016	-.023	-.032	-.032*	-.044	-.055	-.056	

r/R	Vz/Vm									
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.95	1.0	
0	-.120	-.119	-.110	-.100	-.077	-.061	-.053	-.045	-.027	
5	-.131*	-.122*	-.113*	-.098*	-.084*	-.064*	-.044*	-.029*	-.019*	
10	-.119	-.117	-.107	-.093	-.075	-.048	-.031	-.019	-.007	
10	-.111	-.108	-.095	-.072	-.052	-.039	-.016	-.018	-.015	
20	-.092	-.081	-.061	-.042	-.024	.012	.005	.017	.027	
30	-.067	-.058	-.035	-.014	.007	.031	.032	.032	.036	
40	-.042	-.028	-.015	.006	.018	.036	.041	.041	.041	
50	-.005	-.014	.000	.017	.030	.037	.040	.040	.036	
60	-.013	-.014	.003	.022	.030	.033	.030	.029	.027	
70	-.027	-.019	.001	.014	.023	.017	.014	.013	.018	
80	-.034	-.024	-.007	.004	-.005	.002	.007	-.010	-.011	
90	-.047	-.035	-.017	-.011	-.013	-.018	-.019	-.025	-.028	
100	-.062	-.046	-.030	-.022	-.028	-.031	-.033	-.034	-.034	
110	-.067	-.058	-.048	-.035	-.037	-.038	-.044	-.043	-.045	
120	-.069	-.061	-.057	-.046	-.049	-.048	-.048	-.046	-.045	
130	-.061	-.066	-.065	-.051	-.048	-.051	-.052	-.056	-.055	
140	-.049	-.057	-.070	-.057	-.057	-.058	-.055	-.059	-.054	
150	-.044	-.060	-.075	-.067	-.070	-.064	-.062	-.063	-.061	
160	-.075	-.080	-.078	-.072	-.070	-.068	-.069	-.068	-.068	
170	-.096	-.094	-.087	-.083	-.077	-.076	-.070	-.070	-.071	
180	-.098	-.094	-.089	-.079	-.079	-.079	-.077	-.062	-.073	
190	-.103	-.099	-.093	-.086	-.082	-.076	-.075	-.075	-.075	
200	-.081	-.091	-.089	-.084	-.080	-.080	-.078	-.080	-.075	
210	-.067	-.071	-.086	-.084	-.078	-.065	-.075	-.078	-.078	
220	-.049	-.063	-.080	-.081	-.084	-.077	-.076	-.076	-.075	
230	-.061	-.076	-.085	-.075	-.074	-.074	-.073	-.073	-.071	
240	-.069	-.075	-.082	-.059	-.069	-.068	-.070	-.066	-.072	
250	-.076	-.070	-.076	-.062	-.059	-.066	-.064	-.066	-.066	
260	-.075	-.065	-.062	-.053	-.051	-.053	-.056	-.060	-.063	
270	-.055	-.058	-.050	-.044	-.038	-.046	-.053	-.056	-.056	
280	-.046	-.045	-.027	-.028	-.025	-.029	-.035	-.038	-.041	
290	-.037	-.033	-.028	-.016	-.012	-.011	-.016	-.021	-.025	
300	-.019	-.026	-.023	-.008	.000	.002	.000	.001	-.004	
310	-.028	-.025	-.022	-.002	.007	.013	.012	.013	.013	
320	-.045	-.039	-.025	-.006	.009	.017	.023	.023	.023	
330	-.059	-.055	-.034	-.015	-.001	.015	.025	.029	.031	
340	-.083	-.079	-.066	-.046	-.017	-.015	.011	.020	.025	
350	-.102	-.105	-.093	-.077	-.050	-.045	-.016	-.004	.004	
355	-.123	-.117	-.105	-.081	-.072	-.053	-.035	-.016	-.008	

Table. 3-a Harmonics of Velocity Ratios ($r/R=0.3$)

V_x/V_m		$avr = .4355999989x - 0$			
n	b(n)	a(n)	amp.	phas.	
1	.5281657432x-1	-.4447502777x-0	.4478754292x-0	.3023390668x-1	
2	-.7346780417x-2	-.1550049743x-1	.1715344289x-1	.3584200775x-1	
3	-.2824581689x-1	.5363365962x-1	.6061680716x-1	.5798450369x-1	
4	.1632800128x-1	.6959399147x-1	.714837531x-1	.2304498967x-0	
5	-.2147517461x-1	-.8010562653x-1	.8293427834x-1	.3403519419x-1	
6	.5215007811x-2	.4907339355x-2	.7160879671x-2	.8157846952x-0	
7	-.1620775155x-1	-.1984578132x-1	.2562315840x-1	.3826424886x-1	
8	.8295662670x-3	-.1015281202x-1	.1019262683x-1	.3060113670x-1	
9	.5860915729x-2	.2122309127x-2	.6233340131x-2	.1223372135x-1	
10	-.5743460105x-2	-.3367003666x-2	.6657630785x-2	.4182154062x-1	
11	.1244565080x-2	-.1718005135x-2	.2121434391x-2	.2514661760x-1	
12	-.4002388300x-3	-.1266179735x-2	.1327931567x-2	.3147175345x-1	
13	-.1506698679x-2	-.1230742604x-2	.1645473489x-2	.4027459438x-1	
14	-.5837709964x-3	-.2199411173x-2	.2275565443x-2	.3401032178x-1	
15	-.2040608081x-2	-.1224364866x-2	.2379737523x-2	.4171969171x-1	

V_t/V_m		$avr = .5788888872x - 2$			
n	b(n)	a(n)	amp.	phas.	
1	.4513292799x-1	-.5513091460x-0	.4546839963x-1	.1692346467x-1	
2	-.1876889813x-1	.1575105785x-0	.1833487444x-1	.4796113854x-1	
3	-.2637346332x-1	-.1378698967x-0	.2640947516x-1	.4660160528x-1	
4	-.2442869900x-1	.6639817299x-0	.2531498807x-1	.4977781506x-1	
5	.6752004888x-0	-.1034169804x-1	.1235072001x-1	.2563187555x-1	
6	-.6744451637x-0	.6447345949x-0	.9330375000x-0	.5475268948x-1	
7	.3082783922x-0	-.4654147625x-0	.5582530487x-0	.2556568158x-1	
8	.3074814465x-0	.6707442646x-1	.3147122791x-0	.1356019529x-1	
9	-.5089583522x-1	.4560065422x-1	.6853653112x-1	.5446227898x-1	
10	.1861705280x-0	-.5758157453x-1	.1648720175x-0	.1870758488x-1	
11	-.7370959852x-1	.4192289806x-1	.8479760782x-1	.5229519313x-1	
12	-.1356792466x-1	.2842903896x-1	.3150077516x-1	.5837898222x-1	
13	-.7473747938x-2	.3162010918x-2	.815122999x-2	.5112634248x-1	
14	-.5654812468x-1	-.7992327695x-1	.9790516127x-1	.3757354522x-1	
15	.2303262966x-1	.1919385802x-1	.2998176470x-1	.8760580511x-0	

V_x/V_m		$avr = -.6354444449x - 1$			
n	b(n)	a(n)	amp.	phas.	
1	-.4568065835x-1	-.5783472954x-1	.7269923040x-1	.3810112826x-1	
2	.2407436553x-1	.3854072850x-0	.3861584523x-0	.6238368624x-1	
3	.3090228042x-1	.2598679810x-0	.2616989079x-0	.1183594928x-0	
4	.4243904018x-1	.3103292744x-0	.3132177049x-0	.1359117871x-0	
5	-.4046273563x-1	-.7942529187x-1	.8913815099x-1	.3612766859x-1	
6	.2957537563x-1	.6785553024x-1	.7402077959x-1	.4110314036x-1	
7	.1047369792x-1	-.8739370780x-2	.1364092921x-1	.2266170380x-0	
8	-.2300807449x-1	-.6813518394x-2	.2399573972x-1	.4424480928x-1	
9	-.1526908321x-1	.3261555479x-1	.3601276601x-1	.4378473301x-0	
10	-.1484009235x-1	-.1923413172x-2	.1496621929x-1	.4563498256x-1	
11	-.2970313372x-2	.1095079172x-1	.1134007966x-1	.6018316332x-1	
12	-.7310018637x-2	-.2843446803x-3	.7315546719x-2	.4673510774x-1	
13	-.2328617676x-2	-.7240485500x-2	.7605727559x-2	.3452756003x-1	
14	.2705538774x-2	-.8797220270x-3	.2844969402x-2	.1485162269x-1	
15	-.4196537838x-2	.6644518277x-2	.7858188262x-2	.5719869047x-1	

Table. 3-b Harmonics of Velocity Ratios (r/R=0.4)

Vx/Vm		avr=-.5193555542x 0			
n	b(n)	a(n)	amp.	phas.	
1	.4253300321x-1	-.3900020058x-0	.390204019x-0	.3034597016x 1	
2	-.5529602071x-2	-.8251757284x-1	.3270131776x-1	.3209340297x 1	
3	-.28899231694x-2	.2549564373x-1	.2565690789x-1	.6170317026x-1	
4	.2188696686x-1	.1746641133x-1	.5226949940x-1	.1320492062x-0	
5	-.1303638272x-1	-.6626867504x-1	.6753876344x-1	.333832517x 1	
6	-.1051050490x-1	.2176322925x-2	.1073345679x-1	.4916565314x 1	
7	-.9223784341x-2	-.9045518282x-2	.1291896275x-1	.3936748190x 1	
8	.5868959506x-2	-.5928941701x-2	.8342227693x-2	.2361309598x 1	
9	.1076985660x-1	-.7701043302x-2	.1323993501x-1	.2191555231x 1	
10	-.1089494372x-1	-.1478500087x-1	.1836562140x-1	.3776651499x 1	
11	-.1048707057x-1	.7198666403x-2	.1305178545x-1	.5296606062x 1	
12	.1655291024x-2	.7895815245x-2	.2057671525x-2	.2069035097x-0	
13	.8241668627x-2	-.4230749538x-2	.9281966701x-2	.2044070651x 1	
14	.2705833680x-2	-.9773087359x-2	.1016287339x-1	.2863905837x 1	
15	-.9708345129x-2	-.5339589037x-2	.1107989499x-1	.4209545767x 1	

Vt/Vm		avr=-.766888849x- 2			
n	b(n)	a(n)	amp.	phas.	
1	.8253351523x 1	-.1080146310x 1	.0324228618x 1	.1700922578x 1	
2	-.1075938983x 1	-.1531431548x-1	.1076047965x 1	.4680156497x 1	
3	-.1679558707x 1	.2393893427x-0	.1696671545x 1	.4357954867x 1	
4	-.6970253805x 0	.1789311618x-0	.6809542728x 0	.4978276093x 1	
5	.695923535x 0	-.2403401082x-0	.6985499875x 0	.522029437x 1	
6	-.3059407921x-0	.7469207677x-1	.3129838936x-0	.4953399401x 1	
7	.3970502085x-0	-.1571003729x-0	.4270376573x-0	.191752866x 1	
8	.2770321133x-0	-.6761457378x-1	.2851640271x-0	.1810183845x 1	
9	-.2979541393x-1	.5433825203x-1	.6197106038x-1	.5781623448x 1	
10	.3704145039x-0	-.1473988456x-0	.3801539484x-0	.1968969003x 1	
11	-.8810730169x-1	.1060005359x-0	.1378368956x-0	.5589709277x 1	
12	.1023876205x-0	.3115240137x-1	.1070239830x-0	.1275373799x 1	
13	.8947766724x-1	.2886324672x-1	.940192907x-1	.1258708825x 1	
14	-.2153179632x-1	.1078892446x-0	.1100898623x-0	.6082904312x 1	
15	.1156069369x-0	.1156069369x-1	.1161835337x-0	.1471127674x 1	

Vr/Vm		avr=-.6048666671x- 1			
n	b(n)	a(n)	amp.	phas.	
1	-.1523714768x-0	-.1759219256x-0	.2327350228x-0	.3855377510x 1	
2	.2927306277x-1	.4509172438x-0	.4510664326x-0	.6482795539x-1	
3	.2846330512x-1	.3022963494x-0	.3036333015x-0	.9380117970x-1	
4	.3971165245x-1	.2718496722x-0	.2747348896x-0	.1450534879x-0	
5	-.2243754418x-1	-.3374418587x-1	.1052299926x-1	.3723392451x 1	
6	.1839129309x-1	.7456972136x-1	.7630448751x-1	.2418065247x-0	
7	.1523381890x-2	.2986038517x-2	.2583063676x-2	.6307571516x-0	
8	-.9542717229x-2	.9824368929x-3	.9593155597x-2	.4814979031x 1	
9	.2204608118x-2	.3354564533x-1	.3361801031x-1	.6562527982x-1	
10	-.1145788827x-1	-.1506798972x-1	.1892954087x-1	.3791724546x 1	
11	.1341244085x-1	.1879013322x-1	.2308598847x-1	.6199292071x 0	
12	-.1199042531x-1	.3933899352x-2	.1261925556x-1	.5029410176x 1	
13	-.714992052x-2	.4061542377x-2	.8218700497x-2	.4195494170x 1	
14	-.2436109483x-2	.4477669218x-2	.6097465158x-2	.5784915927x 1	
15	-.8820286634x-2	.1470047773x-2	.8941951506x-2	.4877537657x 1	

Table. 3-c Harmonics of Velocity Ratios (r/R=0.5)

Vx/Vm		avr=.6667666653x 0			
n	b(n)	a(n)	amp.	phas.	
1	.4833537480x-1	-.3611505608x-0	.3613707398x-0	.3008546102x 1	
2	-.4134590770x-2	-.1346496411x-0	.1347134052x-0	.3172289228x 1	
3	-.3743982001x-2	-.4375784937x-2	.5758897033x-2	.3849336805x 1	
4	-.2673690042x-2	-.2060222634x-1	.2077499335x-1	.1290554610x-0	
5	-.2339200430x-2	-.3769895387x-1	.3777145723x-1	.3203562682x 1	
6	-.2654401672x-2	-.9366661357x-2	.9735511963x-2	.3417740498x 1	
7	-.2634196416x-3	-.1496226581x-1	.1496458416x-1	.3159196433x 1	
8	-.1286795167x-2	-.1486148427x-1	.1491708941x-1	.3055222155x 1	
9	-.1059457132x-2	-.1634606707x-2	.1947919344x-2	.2566524490x 1	
10	-.2164738984x-2	-.7482211237x-2	.7789067971x-2	.3423220940x 1	
11	-.1628377414x-2	-.1950469044x-2	.2540854679x-2	.3837233003x 1	
12	-.4014640415x-3	-.2519816336x-2	.2551597097x-2	.2983597816x 1	
13	-.9703953989x-3	-.2491427697x-2	.2423316795x-2	.3180522345x 1	
14	-.1523572282x-3	-.5015707263x-3	.5242002655x-3	.2846689707x 1	
15	-.4665966965x-3	-.5665816314x-3	.7339804348x-3	.3330517059x 1	

Vt/Va		avr=.5222222165x- 2			
n	b(n)	a(n)	amp.	phas.	
1	.1940233838x 2	-.2003518950x 1	.1950550749x 2	.1673693352x 1	
2	.1857705125x-0	.3282774883x-0	.3771959522x-0	.5149646016x 0	
3	-.1835709050x 1	.3192061546x-0	.1832553322x 1	.4884554625x 1	
4	-.4374033554x-0	.9173810102x-1	.4472137761x-0	.4918988798x 1	
5	.7659481074x-1	-.4156574366x-1	.8711113044x-1	.2068213851x 1	
6	-.3128162745x-0	.2289572411x-0	.2310843102x-0	.6147599533x 1	
7	.6245663599x-1	-.1186517418x-0	.1340860440x-0	.2657059611x 1	
8	.3409594076x-0	-.2058895738x-0	.3983011853x-0	.2114044557x 1	
9	.1940222350x-0	-.8253272760x-1	.2108466650x-0	.1972936607x 1	
10	.2616502289x-0	-.4468085366x-1	.2654377911x-0	.1739930468x 1	
11	.1610766419x-0	-.1018009649x-0	.1925495237x-0	.2134415660x 1	
12	.1710708248x-0	-.1737699001x-1	.1719511177x-0	.1672028666x 1	
13	.7913390562x-1	-.6416667554x-1	.1018800141x-0	.2252125425x 1	
14	.2744273092x-1	-.6282198164x-1	.6855439662x-1	.2729741867x 1	
15	.4255319195x-1	-.6808510718x-1	.8028920203x-1	.2562993338x 1	

Vz/Va		avr=...5426666671x- 1			
n	b(n)	a(n)	amp.	phas.	
1	-.2447081587x-0	-.3711661921x-0	.4445744314x-0	.3724474687x 1	
2	.1819132307x-1	.5388656017x 0	.5391725706x 0	.3374573770x-1	
3	.5894853434x-1	.4108966922x-0	.4151036272x-0	.1424908924x-0	
4	.5064376270x-2	.1837185286x-0	.183783175x-0	.2755897357x-1	
5	.8444630322x-3	.52487441372x-1	.5249423649x-1	.1608747006x-1	
6	.7745753380x-2	.8162623372x-1	.8199291873x-1	.9460964343x-1	
7	.1224464307x-1	.5011683220x-1	.5159096968x-1	.2396275348x-0	
8	.1460249689x-2	.5896192873x-2	.6074324616x-2	.2427748706x-0	
9	-.9975506018x-2	.1630082651x-1	.1911093051x-1	.5734015738x 1	
10	.1773188995x-2	.8394758313x-2	.8579986383x-2	.2081658675x-0	
11	.1202977159x-1	.3284706264x-2	.1247015235x-1	.1304245666x 1	
12	-.1444189582x-2	.1176140902x-1	.1184974370x-1	.6161006383x 1	
13	.4355677905x-2	.3859223647x-2	.5819410379x-2	.8457581314x 0	
14	-.5319989193x-2	.2782830307x-2	.6003867800x-2	.5194337080x 1	
15	.1638001667x-2	-.1638001655x-2	.2316184164x-2	.2356194486x 1	

Table. 3-d Harmonics of Velocity Ratios (r/R=0.6)

Vx/Vin				
avr= .7538777761x 0				
n	b(n)	a(n)	amp.	phas.
1	.1650132303x-1	-.3171799945x-0	.3176089459x-0	.3089614408x 1
2	.7054050927x-3	-.1485330281x-0	.1485347031x-0	.3136843542x 1
3	-.6045832260x-2	-.3340709299x-1	.3394975625x-1	.3320629357x 1
4	-.2169758030x-2	-.1199960240x-1	.1219419155x-1	.3320478930x 1
5	-.1457700914x-2	-.1797887225x-1	.1803787605x-1	.3222498659x 1
6	-.3669765797x-3	-.1733172197x-1	.1733560664x-1	.3162763184x 1
7	.6436898979x-3	-.1592870346x-1	.15941170413x-1	.3101203939x 1
8	.1830824069x-2	-.1200290056x-1	.1214172717x-1	.2990227539x 1
9	.1431986660x-2	-.7755243394x-2	.7886343552x-2	.2959000447x 1
10	-.5360886445x-3	-.5261684337x-2	.5288923623x-2	.3243127655x 1
11	-.1302560207x-2	-.3663655823x-2	.3883320500x-2	.3483190460x 1
12	-.7187513554x-3	-.2235996201x-2	.2358030450x-2	.3464718856x 1
13	-.3397155374x-3	-.1435202601x-2	.1474860384x-2	.3374017066x 1
14	-.3349405615x-4	-.9259702387x-3	.9266891040x-3	.3180983961x 1
15	.5305895889x-3	-.3242494395x-3	.6218226719x-3	.2119345731x 1

Vt/Vin				
avr= .3355555509x- 2				
n	b(n)	a(n)	amp.	phas.
1	.3608969570x 2	-.3567594172x 1	.3626560166x 2	.1669329742x 1
2	.4872332747x 1	.9869921071x 0	.4971295587x 1	.1370930116x 1
3	-.1271787675x 1	.6768225383x 0	.1440670899x 1	.5201449529x 1
4	-.5861023790x 0	.3804057281x-0	.6987306467x 0	.5288091264x 1
5	.8697996191x-1	.3356087049x-0	.3466986865x-0	.2535911655x-0
6	.4624878482x-0	.2015472084x-0	.5044960722x 0	.1159822739x-1
7	.2030780820x-0	-.7443196025x-1	.2162896036x-0	.1922109536x 1
8	.3631038992x-0	.9155250739x-1	.3744660268x-0	.1323805883x 1
9	.3207206855x-0	-.1569645313x-0	.3570708922x-0	.2025937662x 1
10	.1089700819x-0	-.8940397722x-1	.1409522965x-0	.2257880104x 1
11	.5800897030x-1	-.1595293072x-0	.1697487569x-0	.2792830983x 1
12	.2372839525x-0	.3088157785x-1	.2392850725x-0	.1441377666x 1
13	.1840232136x-0	.2657377546x-1	.1859320001x-0	.1427383216x 1
14	.1668684923x-0	-.2112076446x-1	.1681998228x-0	.1696698162x 1
15	.2649006656x-0	-.2620067554x-0	.2649006655x-0	.1570796328x 1

Vr/Vin				
avr= -.4240000003x- 1				
n	b(n)	a(n)	amp.	phas.
1	-.3595827603x-0	-.6134794810x 0	.7110955174x 0	.3671756085x 1
2	.4996694830x-1	.6471798996x 0	.6491059376x 0	.7705433738x-1
3	.4876747787x-1	.5336139805x 0	.5358377190x 0	.9113775582x-1
4	.1694141205x-1	.3097518223x-0	.3102147688x-0	.5463906377x-1
5	.2106523501x-3	.1323422057x-0	.1323423733x-0	.1591723297x-2
6	-.1497088624x-1	.6121639748x-1	.6302043123x-1	.6043336180x-1
7	-.6229390409x-2	.5207234007x-1	.5244362597x-1	.6164121592x 1
8	-.6311843652x-2	.3831887175x-1	.3883523274x-1	.6119932318x 1
9	.4403909878x-2	.3102001461x-1	.3133106650x-1	.1410274963x-0
10	.4085025736x-2	.1755765198x-1	.1802660751x-1	.2285966441x-0
11	-.3533232944x-2	.1665760463x-1	.1702819800x-1	.6074117375x 1
12	.5102242989x-2	.1015613294x-1	.1136573445x-1	.4655501827x-0
13	.6727402161x-2	.1806365311x-1	.1927578941x-1	.3565134652x-0
14	.4681614219x-2	.9570156248x-2	.1065389141x-1	.4514613844x-0
15	.6289308212x-2	.7337526207x-2	.9664092746x-2	.7086262742x 0

Table. 3-e Harmonics of Velocity Ratios (r/R=0.7)

avr=.7937999981x 0

Vx/Vm

1st run

n	b(n)	a(n)	amp.	phas.
1	.1290163227x-1	-.2713012692x-0	.2713012692x-0	.0000000000x 1
2	-.3757374575x-1	-.1457009597x-0	.1457009597x-0	.2167919061x 1
3	-.7585152112x-1	-.0909340282x-0	.0909340282x-0	.3262225105x 1
4	-.2708101019x-1	-.2169327002x-1	.2169327002x-1	.1541825433x 1
5	-.6175281286x-1	-.1142070279x-1	.1142070279x-1	.2005131705x 1
6	-.1702192596x-1	-.1500111466x-1	.1500111466x-1	.3142722906x 1
7	-.6707402737x-1	-.1004704811x-1	.1004704811x-1	.3208389410x 1
8	-.7405118651x-1	-.1103110011x-1	.1103110011x-1	.3201113614x 1
9	-.7605123154x-1	-.0911552782x-1	.0911552782x-1	.3220822810x 1
10	-.3870235302x-1	-.4806077000x-2	.4806077000x-2	.3162782323x 1
11	-.3070273577x-1	-.6601117507x-2	.6601117507x-2	.3106571001x 1
12	-.2297232447x-1	-.5312701222x-2	.5312701222x-2	.3106274209x 1
13	-.6571180458x-2	-.2136601717x-2	.2136601717x-2	.3208314220x 1
14	-.1022000655x-2	-.2939019118x-2	.2939019118x-2	.3111642347x 1
15	-.3359308509x-2	-.1959451594x-2	.1959451594x-2	.3311370930x 1

avr=.7904999983x 0

2nd run (repeatability test)

n	b(n)	a(n)	amp.	phas.
1	.1290059166x-1	-.2713012692x-0	.2713012692x-0	.0002322495x 1
2	-.3757388568x-1	-.1457009597x-0	.1457009597x-0	.2157352560x 1
3	-.758525112x-1	-.0909340282x-0	.0909340282x-0	.3221110955x 1
4	-.270833976x-1	-.2169327002x-1	.2169327002x-1	.1556900982x 1
5	-.617420854x-1	-.1142070279x-1	.1142070279x-1	.2002340112x 1
6	-.170302073x-1	-.1502270907x-1	.1502270907x-1	.3232182863x 1
7	-.670707044x-1	-.1002271451x-1	.1002271451x-1	.3111677822x 1
8	-.742730415x-1	-.1103527406x-1	.1103527406x-1	.3200403259x 1
9	-.762753472x-1	-.0912283677x-1	.0912283677x-1	.3147202760x 1
10	-.3810191004x-1	-.4709327091x-2	.4709327091x-2	.3107494150x 1
11	-.3075170209x-1	-.6711421211x-2	.6711421211x-2	.3103261221x 1
12	-.6571702059x-2	-.2103510168x-2	.2103510168x-2	.3207622721x 1
13	-.273662120x-2	-.2907310711x-2	.2907310711x-2	.3244119309x 1
14	-.6746784014x-2	-.1947521523x-2	.1947521523x-2	.316881940x 1
15	.6746784014x-2	-.3501932283x-2	.3501932283x-2	.287195025x 1

avr=.2844444389x- 2

Vt/Vm

n	b(n)	a(n)	amp.	phas.
1	.4430210060x 2	-.4450719522x 1	.4450719522x 2	.1670923320x 1
2	.1139898717x 2	.1272607765x 1	.1146983862x 2	.11459588350x 1
3	.155837593x 1	.1368035333x 1	.2073657435x 2	.8503488939x 0
4	.1566406558x 0	.7501682201x 0	.7663458207x 0	.2058768146x 0
5	.3379557038x 0	.4115383961x 0	.5325203387x 0	.6875353042x 0
6	.6583930215x 0	.944544886x 1	.6651239327x 0	.1428304324x 1
7	.7021787154x 0	.3314606167x 0	.776492710x 0	.1129726052x 1
8	.6300162775x 0	.1135704091x 0	.6598445137x 0	.1397811059x 1
9	.6066651703x 0	-.1747249244x 0	.6313334426x 0	.1851261744x 1
10	.5750950014x 0	-.5859375362x 1	.5780722174x 0	.167231312x 1
11	.4609727331x 0	-.2055724945x 0	.5047335050x 0	.190280254x 1
12	.351732161x 0	.1119237395x 0	.3691732766x 0	.173817967x 1
13	.1802879568x 0	.2954623138x 1	.1826922986x 0	.1733235696x 1
14	-.3415668446x 0	.7977679410x 0	.350759275x 0	.1341348214x 1
15	.5125000004x 1	.6250000122x 1	.6987712538x 1	.4636476015x 0

avr=-.368222225x- 1

Vz/Vm

n	b(n)	a(n)	amp.	phas.
1	-.3488011511x-0	-.6540010183x-0	.1054204494x 1	.3478094914x 1
2	.1583100746x-1	.5867685582x-0	.5699097060x 0	.2792478592x-1
3	.5520382030x-1	.5823954020x 0	.5049162699x 0	.9451960555x-1
4	.4643570885x-1	.3670775307x-0	.3700229744x-0	.1258227197x-0
5	.606935972x-1	.2029031222x-0	.2117052022x-0	.2806873340x-0
6	.4304853304x-2	.1104663955x-0	.1107319975x-0	.3920313933x-1
7	.2505426120x-2	.7248975918x-1	.7653323709x-1	.445873102x-1
8	-.1377219972x-1	.4455130014x-1	.4833153326x-1	.508336354x-1
9	-.1828170954x-1	.4476833019x-1	.4974043092x-1	.5876404305x-1
10	-.679440546x-1	.3409776708x-1	.3476811273x-1	.6086409006x-1
11	.3005463167x-1	.2400115890x-1	.2400303768x-1	.1252150559x-1
12	-.1203419301x-1	.6162402055x-2	.6262444251x-2	.6127601551x-1
13	-.1676048010x-1	.1715722735x-1	.2297077710x-1	.5508900926x-1
14	-.6955599431x-2	.7745710756x-2	.9033327011x-2	.5019315334x 1
15	.3621001839x-2	.1207000463x-1	.1204445626x-1	.2914567906x-0

Table. 3-f Harmonics of Velocity Ratios (r/R=0.8)

avr= .8081333317x 0					
Vx/Vm	n	b(n)	a(n)	amp.	phas.
	1	.1931006509x-1	-.2427931726x-0	.2435598556x-0	.3062226732x 1
	2	-.6371502204x-2	-.1351757684x-0	.1353258452x-0	.3188692736x 1
	3	-.6728815861x-2	-.6671036207x-1	.6704885808x-1	.3242110783x 1
	4	-.7206297931x-3	-.3127837877x-1	.3128667904x-1	.3164627808x 1
	5	.3830005065x-3	-.1885280666x-1	.1885669664x-1	.3121280142x 1
	6	-.6218269975x-3	-.1655528592x-1	.1656695991x-1	.3179135636x 1
	7	-.1290044070x-3	-.1502173236x-1	.1507702413x-1	.3227260976x 1
	8	-.7468069160x-3	-.1333275114x-1	.1335365020x-1	.3197547148x 1
	9	-.3034343986x-3	-.1226912372x-1	.1227287534x-1	.3166319158x 1
	10	.9525642908x-4	-.1113677638x-1	.1113718375x-1	.3133039540x 1
	11	-.3233721311x-3	-.9225673586x-2	.9231339156x-2	.3176629639x 1
	12	-.2691334328x-3	-.7161261873x-2	.7167096325x-2	.3181945385x 1
	13	.2300318457x-3	-.5019683839x-2	.5024951790x-2	.3095798728x 1
	14	-.7417615796x-4	-.3698312201x-2	.3692055522x-2	.3161616724x 1
	15	.7149535410x-3	-.2474839148x-2	.2576041027x-2	.2860360448x 1

avr= .1944444400x- 2					
Vt/Vm	n	b(n)	a(n)	amp.	phas.
	1	.6407993713x 2	-.6801656967x 1	.6443990130x 2	.1676543697x 1
	2	.2025629397x 2	.6219280406x 0	.2026583918x 2	.1540103114x 1
	3	.5690705407x 1	.1171455971x 1	.5810029010x 1	.1367778056x 1
	4	.1645005089x 1	.1163899395x 1	.2015118741x 1	.9550307049x 0
	5	.1108241665x 1	.6126299213x 0	.1266299213x 0	.1065810138x 1
	6	.1177333064x 1	-.1667441596x-2	.1177334244x 1	.1572212591x 1
	7	.1092801082x 1	.5857886521x 0	.1239504250x 1	.1078731572x 1
	8	.7283877889x 0	.5758215668x 0	.9289745274x 0	.9022493077x 0
	9	.8594517183x 0	.3087516468x-0	.9094642496x-0	.1224424456x 1
	10	.7423074997x 0	.1771428548x-0	.7631513706x 0	.1336539465x 1
	11	.5282248705x 0	.1169532461x-0	.5414077165x 0	.1353063070x 1
	12	.4430720392x-0	.1045245463x-0	.4552342393x-0	.1339123402x 1
	13	.279398214x-0	.1052036872x-1	.2800874689x-0	.1608366176x 1
	14	.3199025764x-0	.1452509655x-1	.3202321607x-0	.1523122739x 1
	15	.1600000036x-0	-.1142857124x-1	.1604076475x-0	.1642103789x 1

avr=-.3132222225x- 1					
Vz/Vm	n	b(n)	a(n)	amp.	phas.
	1	-.4102581398x-0	-.1340515563x 1	.1401889426x 1	.3438586292x 1
	2	-.4323718488x-1	.4677704208x-0	.4697733930x-0	.16191016479x-1
	3	.1151811271x-1	.6181480748x-0	.6182553751x-0	.1863110219x-1
	4	.3330786544x-1	.4731676715x-0	.4749370699x-0	.7018372930x-1
	5	.2572425040x-1	.2235389483x-0	.2250142183x-0	.1145732808x-0
	6	.1202020171x-1	.1207050032x-0	.12138899172x-0	.1055143221x-0
	7	-.9799993262x-2	.8657042054x-1	.8712334689x-1	.6170462618x 1
	8	-.1135353994x-1	.6946702249x-1	.7038877613x-1	.6121179988x 1
	9	-.2276557955x-1	.3394172514x-1	.4036945462x-1	.5692376020x 1
	10	-.1536050704x-1	.2376729340x-1	.2829892952x-1	.5709424285x 1
	11	.2245628533x-2	.9156548429x-2	.9427836191x-2	.2495015605x-0
	12	-.2323932081x-4	.1531472538x-1	.1531474300x-1	.6281667897x-1
	13	-.3131138993x-2	-.4333731579x-2	.5346518567x-2	.3757262942x 1
	14	-.7931690596x-3	.3898691579x-2	.3977870275x-2	.6083215513x 1
	15	-.1135154306x-1	.3547357201x-2	.1109290051x-1	.5015273848x 1

Table. 3-g Harmonics of Velocity Ratios (r/R=0.9)

Vx/Va		avr= .8173999979x 3				
n	b(n)	a(n)	amp.	phas.		
1	.7608653517x-2	-.2288907456x-0	.2290171719x-0	.3108363468x 1		
2	-.5038854262x-2	-.1321378675x-0	.1322339067x-0	.3179707495x 1		
3	-.3789078708x-2	-.6876247303x-1	.6886689439x-1	.3196652455x 1		
4	.1183357089x-2	-.3187132534x-1	.3189328633x-1	.3104480492x 1		
5	.5126389806x-3	-.2347227309x-1	.2347787048x-1	.3119755931x 1		
6	-.1746672256x-2	-.1958634834x-1	.1960407952x-1	.3230535417x 1		
7	-.1636164153x-2	-.1686651039x-1	.1694571296x-1	.3238314372x 1		
8	-.6016640433x-3	-.1324923660x-1	.1326289072x-1	.3186972700x 1		
9	-.3219259713x-3	-.1184994418x-1	.1185431624x-1	.3168752849x 1		
10	-.1412650675x-2	-.1003180845x-1	.1013078293x-1	.3281489946x 1		
11	-.1616173999x-2	-.8471795942x-2	.8630249997x-2	.3333513309x 1		
12	-.1511848183x-2	-.7012288980x-2	.7173414222x-2	.3353942052x 1		
13	-.1925313820x-2	-.6144645739x-2	.6439216146x-2	.3445235273x 1		
14	-.1731065742x-2	-.4621200806x-2	.4934783227x-2	.3500005745x 1		
15	-.1685561248x-2	-.3425495481x-2	.3817739616x-2	.3598870916x 1		

Vz/Va		avr= .3555555014x- 3				
n	b(n)	a(n)	amp.	phas.		
1	.3454141949x 3	-.3355135839x 2	.3470368531x 3	.1667626259x 1		
2	.1266757045x 3	.4734741275x 1	.1267641586x 3	.1533153636x 1		
3	.4258640856x-2	.5701830538x-1	.4296641787x 2	.1437699302x 1		
4	.1522103017x 2	.6154285716x-1	.1641812998x 2	.1186564660x 1		
5	.7939583718x 1	.2265544737x 1	.8256493355x 1	.1292835295x 1		
6	.5914291262x 1	.1116957799x 1	.6018840073x 1	.1384137380x 1		
7	.4558469500x 1	.1773030936x 1	.4891143310x 1	.1199849245x 1		
8	.4139806377x 1	.7344239327x 0	.4204447050x 1	.1395517710x 1		
9	.4106931611x 1	-.3599890155x-2	.4106933217x 1	.1571612857x 1		
10	.3247595733x 1	-.250000736x-0	.3257204028x 1	.1647624853x 1		
11	.3867460428x 1	-.6470192451x-1	.3868921613x 1	.1587524502x 1		
12	.3858307842x 1	.3776178283x-0	.3876762271x 1	.1473184337x 1		
13	.2356525861x 1	-.3509814051x-0	.2382520110x 1	.1718649623x 1		
14	.2343422976x 1	-.3364358750x-0	.2367450177x 1	.1713387997x 1		
15	.1625000249x 1	.7500001125x 0	.1789727966x 1	.1138308552x 1		

Vy/Va		avr=-.2808333335x- 1				
n	b(n)	a(n)	amp.	phas.		
1	-.7383730384x 0	-.1715573061x 1	.1867722054x 1	.3548923519x 1		
2	-.1102765915x-1	.1461263481x-0	.1455418673x-0	.6207861481x 1		
3	.1680333644x-0	.4850432582x-0	.5133246279x-0	.3334905692x-0		
4	.1981993879x-0	.3919926056x-0	.4392507258x-0	.4681336703x-0		
5	.1089639519x-0	.2254127279x-0	.2503678108x-0	.4502776201x-0		
6	.4494432328x-1	.1372529077x-0	.1444242115x-0	.3164518919x-0		
7	.5493679801x-1	.1199559481x-0	.1319374144x-0	.4294659233x-0		
8	.4964669012x-1	.9352924315x-1	.1058591551x-0	.4879943434x-0		
9	.2338547570x-1	.5491639316x-1	.5938827951x-1	.4025800519x-0		
10	.1302036241x-1	.1740850654x-1	.2173904177x-1	.6421756590x-0		
11	.9139518163x-2	.2526068784x-1	.2684016962x-1	.3468401166x-0		
12	.1085533200x-1	.1849883400x-1	.2145372459x-1	.5310677824x-0		
13	.1738240983x-2	.2589410839x-1	.2595238584x-1	.6702825960x-1		
14	.8121337160x-2	.1669536706x-1	.1856586649x-1	.4527429942x-0		
15	.2532146396x-1	.9099901099x-2	.2690696447x-1	.1225794150x 1		

Table. 3-h Harmonics of Velocity Ratios (r/R=0.95)

avr=.8197144428x 0					
Vx/Vm	n	b(n)	a(n)	amp.	phas.
	1	.1125648499x-1	-.2240773508x-0	.2243599064x-0	.3091400027x 1
	2	-.5001489786x-2	-.1295178232x-0	.1296143565x-0	.3120189703x 1
	3	.2110437915x-2	-.6578391329x-1	.6581775744x-1	.3109522284x 1
	4	.6150129962x-2	-.3855416574x-1	.3904161618x-1	.2983406217x 1
	5	-.2058577305x-2	-.2725294685x-1	.2733058456x-1	.3216985434x 1
	6	-.7177013410x-2	-.1860652171x-1	.1994272227x-1	.3509733351x 1
	7	-.1953897575x-2	-.1112348948x-1	.1129379183x-1	.3315473875x 1
	8	.4577165917x-2	-.1331810112x-1	.1408269382x-1	.2810559119x 1
	9	.7291456170x-3	-.1607752187x-1	.1609410737x-1	.3096272011x 1
	10	-.5798779551x-2	-.1161608658x-1	.1293302939x-1	.3604602065x 1
	11	-.4672205040x-2	-.3180709695x-2	.5652115896x-2	.4114684125x 1
	12	.4921181930x-2	-.1998559509x-2	.2772215741x-2	.2375932408x 1
	13	.3641323074x-2	-.7878465156x-2	.8679253822x-2	.2708650476x 1
	14	-.1902588473x-2	-.9190025993x-2	.9770931152x-2	.3337441987x 1
	15	-.6235005501x-2	-.2900632984x-2	.6876697267x-2	.4276952531x 1

avr=.8888888312x- 3					
Vt/Vm	n	b(n)	a(n)	amp.	phas.
	1	.1374760578x 3	-.1327682780x 2	.1381156783x 3	.1667073311x 1
	2	.5107765985x 2	.1109218837x 1	.5108970249x 2	.1519083418x 1
	3	.1772369940x 2	.4641454500x-0	.1772977583x 2	.1544614467x 1
	4	.7451564413x 1	.8342057656x 0	.7490113858x 1	.1459310108x 1
	5	.3140785118x 1	.2741025336x-0	.3152723164x 1	.1483744906x 1
	6	.2363572382x 1	-.4151848198x-0	.2399760996x 1	.1744682184x 1
	7	.1450724622x 1	-.4040190515x-0	.1505927083x 1	.1842408578x 1
	8	.1216220253x 1	-.6843672297x 0	.1395546563x 1	.2083337761x 1
	9	.1419348645x 1	-.6612771441x-1	.1420888260x 1	.1617352845x 1
	10	.1147483722x 1	.1374999920x-0	.1155692493x 1	.1451537552x 1
	11	.1456385943x 1	-.4065199495x-0	.1512057698x 1	.1842997423x 1
	12	.1076876497x 1	-.1504305466x-0	.1087332671x 1	.1709589734x 1
	13	.6497894722x 0	-.4741655114x-0	.8043999566x 0	.2201192542x 1
	14	.6283006528x 0	-.1364563356x-0	.6429479307x 0	.1784658272x 1
	15	.4500000283x-0	-.1818989520x-9	.4500000282x-0	.1579796328x 1

avr=-.2823333336x- 1					
Vr/Vm	n	b(n)	a(n)	amp.	phas.
	1	-.5159662290x 0	-.1787193725x 1	.1860183474x 1	.3422652263x 1
	2	.2670397030x-1	.8883206669x-1	.9275903243x-1	.2920180135x-0
	3	.7767945541x-1	.5607058609x 0	.5660610922x 0	.1376624358x-0
	4	.1276811594x-0	.4655514659x-0	.4827428361x-0	.2676761394x-0
	5	.5020433685x-1	.2687968130x-0	.2734450623x-0	.1846468052x-0
	6	.1217959454x-1	.1165322119x-0	.1171669730x-0	.1044388782x-0
	7	.1413195012x-1	.1026027569x-0	.1035714136x-0	.1368734063x-0
	8	-.9628522195x-2	.8504720457x-1	.8559051022x-1	.6170451463x-1
	9	.1099028283x-2	.7401143269x-1	.7401959218x-1	.1484834804x-1
	10	-.1499611060x-1	.5194805202x-1	.5406924672x-1	.6002150410x 1
	11	-.1758480460x-2	.3754852839x-1	.3758968259x-1	.6236387292x 1
	12	-.7227868483x-3	.3619464173x-1	.3620185783x-1	.1996678952x-1
	13	-.1595558655x-1	.3617196348x-1	.3953468062x-1	.5867754134x 1
	14	-.1508847260x-1	.1734307206x-1	.2298791321x-1	.5567194195x 1
	15	-.7870916888x-2	.1338055884x-1	.1552387175x-1	.5751461244x 1

Table. 3-i Harmonics of Velocity Ratios (r/R=1.0)

Vx/Vm		avr=.8216444125x 0			
n	b(n)	a(n)	amp.	phas.	
1	.1913686035x-1	-.2235019126x-0	.2243455144x-0	.3054845838x 1	
2	-.5952282316x-2	-.1291473623x-0	.1292844570x-0	.3187619134x 1	
3	.2154108316x-2	-.6842100862x-1	.6845430927x-1	.3110119907x 1	
4	.3323730130x-2	-.3310796204x-1	.3327437952x-1	.3041537224x 1	
5	.2876969244x-2	-.2203211037x-1	.2221915478x-1	.3011746604x 1	
6	-.2395542084x-3	-.1954442672x-1	.1954589476x-1	.3153848946x 1	
7	.5202583950x-3	-.1548729315x-1	.1549602910x-1	.3108012689x 1	
8	.2850820368x-2	-.1144736091x-1	.1179700161x-1	.2897520222x 1	
9	.4126076088x-2	-.9550891994x-2	.1041060971x-1	.2732342269x 1	
10	.2295409947x-2	-.6655433787x-2	.9924530616x-2	.2908192833x 1	
11	.2178454704x-2	-.8014768958x-2	.8395541999x-2	.2876182853x 1	
12	.2096678094x-2	-.7835419075x-2	.8083490718x-2	.2890883978x 1	
13	.1506114917x-2	-.6703345282x-2	.6870459943x-2	.2920581775x 1	
14	.1303448010x-2	-.5206037677x-2	.5367947844x-2	.2895359997x 1	
15	.5409207052x-4	-.4002612797x-2	.4003176266x-2	.3126079960x 1	

Vt/Vm		avr=.54444443900x- 3			
n	b(n)	a(n)	amp.	phas.	
1	.2183604770x 3	-.2564338624x 2	.2198471452x 3	.1687704340x 1	
2	.8255663711x 2	-.6880012032x-1	.825666576x 2	.1569962937x 1	
3	.2759215657x 2	-.1286045828x-1	.2762913137x 2	.1524211028x 1	
4	.9148835372x 1	-.3497994299x 1	.9794627120x 1	.1205642317x 1	
5	.4307963702x 1	-.2648665732x 1	.5057086866x 1	.1019545410x 1	
6	.4219504291x 1	-.2710700098x 1	.5015528954x 1	.9993089547x 0	
7	.5179376295x 1	-.3437393311x 1	.6216321055x 1	.9848805537x 0	
8	.4071926641x 1	-.4083386835x 1	.6059401743x 1	.7369839948x 0	
9	.4477055724x 1	-.3005846038x 1	.5399224336x 1	.9795266973x 0	
10	.5406206791x 1	-.2346938950x 1	.5895222968x 1	.1161304316x 0	
11	.4991683694x 1	-.3475719185x-0	.5003769942x 1	.1501278334x 1	
12	.5042411847x 1	-.3422236731x-0	.5054011704x 1	.1638561452x 1	
13	.4419122836x 1	-.2306939965x 1	.4903939481x 1	.2051916706x 1	
14	.3180291643x 1	-.3172715889x 1	.4492227932x 1	.2355002016x 1	
15	.8979592708x 0	-.3714286090x 1	.3821289312x 1	.2904385035x 1	

Vx/Vm		avr=.28522222225x- 1			
n	b(n)	a(n)	amp.	phas.	
1	-.5746168351x 0	-.1837500167x 1	.1925250989x 1	.3404674874x 1	
2	.1253272161x-1	-.6263242844x-1	.6387401822x-1	.2944101361x 1	
3	.6507519976x-1	.4681728183x-0	.4732411134x-0	.1404852638x-0	
4	.818435925x-1	.4061224452x-0	.4142871166x-0	.1988609366x-0	
5	.9658834702x-1	.2157391766x-0	.2363740703x-0	.4209470033x-0	
6	.1022441278x-1	.9465669598x-1	.9520729333x-1	.1075985639x-0	
7	-.4275456945x-2	.8526235021x-1	.8536947869x-1	.6233082349x 1	
8	-.3255704256x-2	.9706280484x-1	.9711739127x-1	.6249655633x 1	
9	.9171333042x-2	.7080667467x-1	.7139355511x-1	.1288509909x-0	
10	.2226633312x-2	.4012465921x-1	.4528875533x-1	.5066195197x 0	
11	.1630942547x-2	.3694323343x-1	.4038316304x-1	.4157359547x-0	
12	.1397064029x-2	.1902842733x-1	.2360635161x-1	.6353111252x-0	
13	-.5224444968x-2	.2087599693x-1	.2151980652x-1	.1603796114x 1	
14	.2037308635x-2	.8637473837x-2	.2212845683x-1	.1169802731x 1	
15	.6232956777x-2	.7791196027x-3	.6281463007x-2	.1446441331x 1	

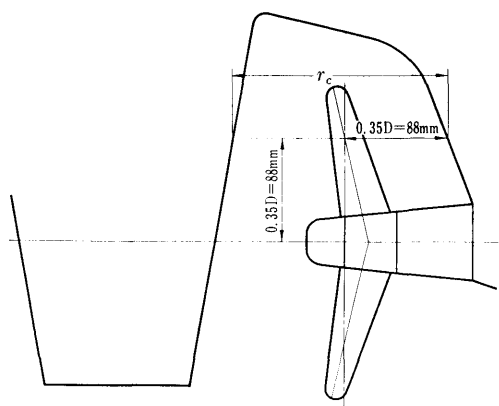
Table. 4 Results of Torque and Thrust Variation Measurements

	V_m	N	ΔQ	\bar{Q}	$\Delta Q/\bar{Q}$	$\Delta Q/\bar{Q}_{max.}$	ΔT	\bar{T}	$\Delta T/\bar{T}$	$\Delta T/\bar{T}_{max.}$	
											m/s
rudder clearance	70 %	1.465	5.73	0.6	9.80	6.1	0.4	—	2.32	—	—
		1.913	7.60	0.6	17.16	3.5	0.4	—	4.10	—	—
		2.253	10.03	0.8	34.80	2.3	0.5	—	8.50	—	—
		2.591	11.42	0.9	42.84	2.1	0.6	—	10.45	—	—
	50 %	1.465	5.73	0.7	9.43	7.4	0.5	—	2.33	—	—
		1.913	7.60	1.0	17.64	5.7	0.7	0.31	4.16	7.5	1.2
		2.253	10.03	1.3	34.66	3.8	0.9	0.36	8.63	4.2	1.4
		2.591	11.42	1.3	43.96	3.0	0.9	0.37	10.88	3.4	1.5

N.B. $\Delta Q, \Delta T$; double amplitude

$\bar{Q}_{max.}$; max. torque capacity of dynamometer = 150 Kg-cm

$\bar{T}_{max.}$; max. thrust capacity of dynamometer = 25 Kg



RUDDER CLEARANCE = r_c

Fig. 1 Definition of Rudder Clearance

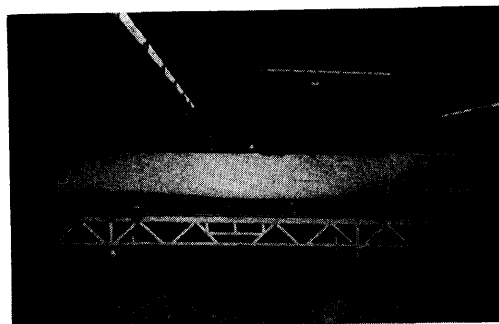


Fig. 3 Ship Model

DIMENSIONS OF MODEL

LBP 20.000 FT. (6.096 m)
 BREADTH 2.667 FT. (0.813 m)
 DRAFT 1.067 FT. (0.325 m)
 APPR. DISPLACEMENT (964.4 kg)
 PROPELLER DIA. 9.954 in. (253 mm ϕ)

MODEL 4287 (N. S. R. D. C. WASHINGTON)

SERIES 60-0.60 C_B
 PARENT HULL
 WITH ALTERATION IN VICINITY
 OF STERN TUBE BOSSING

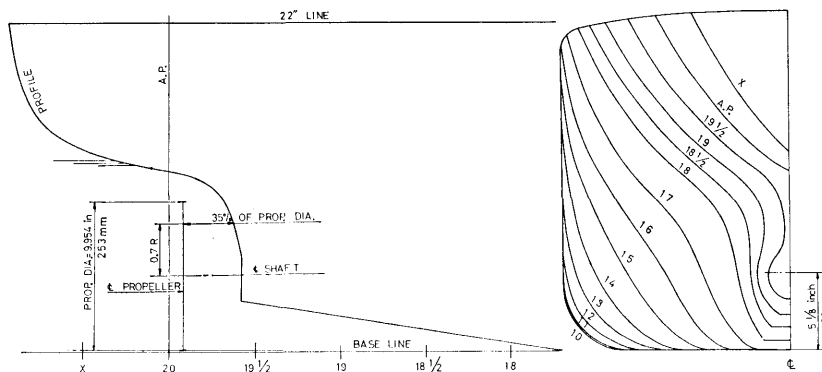
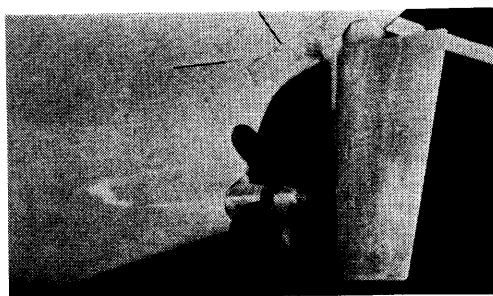
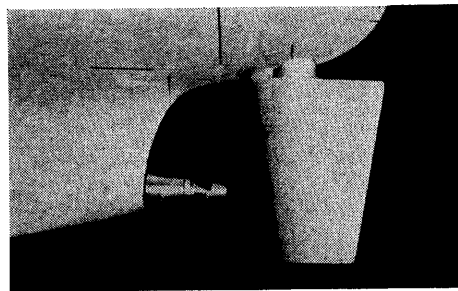


Fig. 2 Principal Particulars and Aft-body Shape of Ship Model



a



b

Fig. 4 Stern Shape

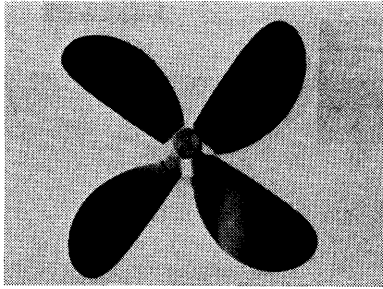


Fig. 5 Propeller Model

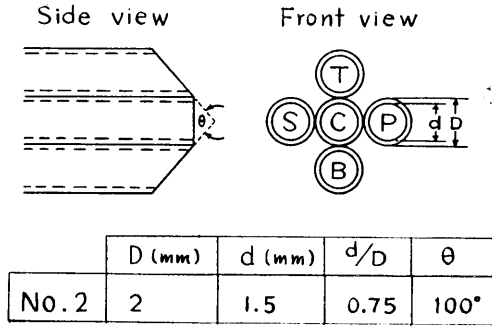


Fig. 6 Shape of 5-hole Pitot Tube

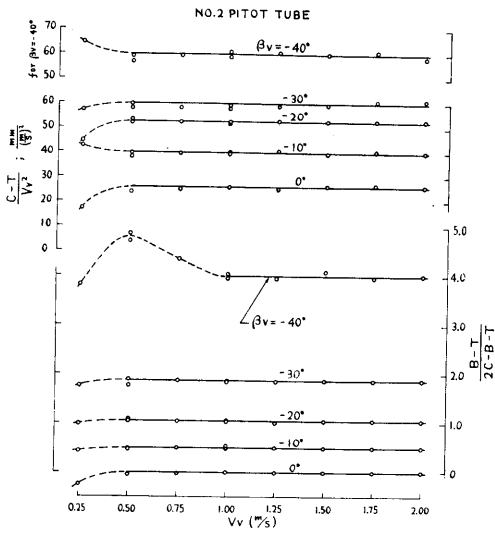


Fig. 7 Characteristics Curves (Pitot Tube)

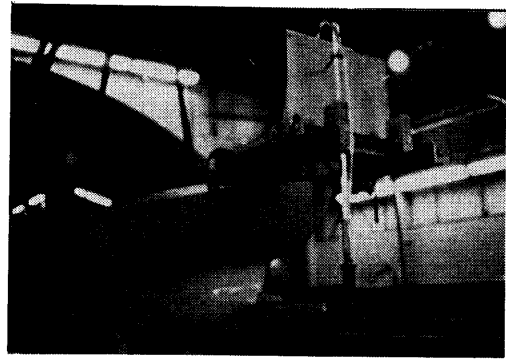


Fig. 9 Pitot Traverse Apparatus

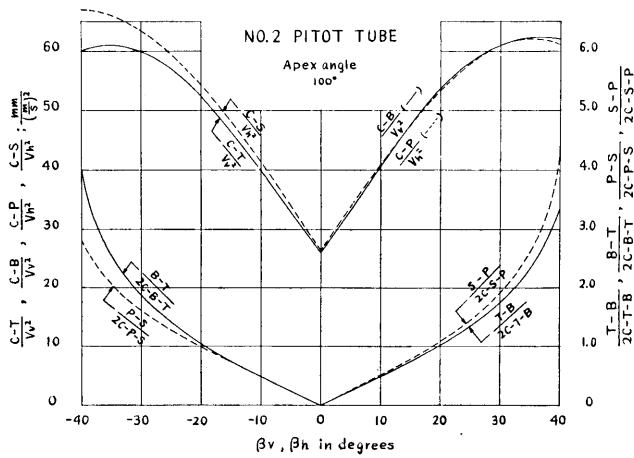
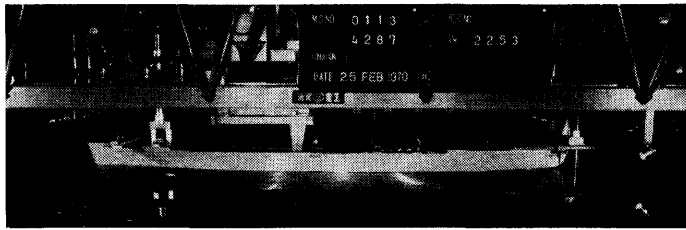
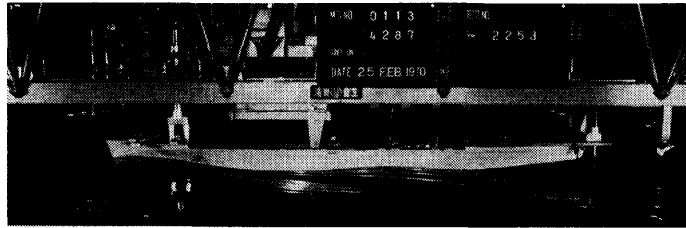


Fig. 8 Calibration Curves (Pitot Tube)



a) at rest



b) during the measurement of wake

Fig. 10 Wave Profile of Ship Model

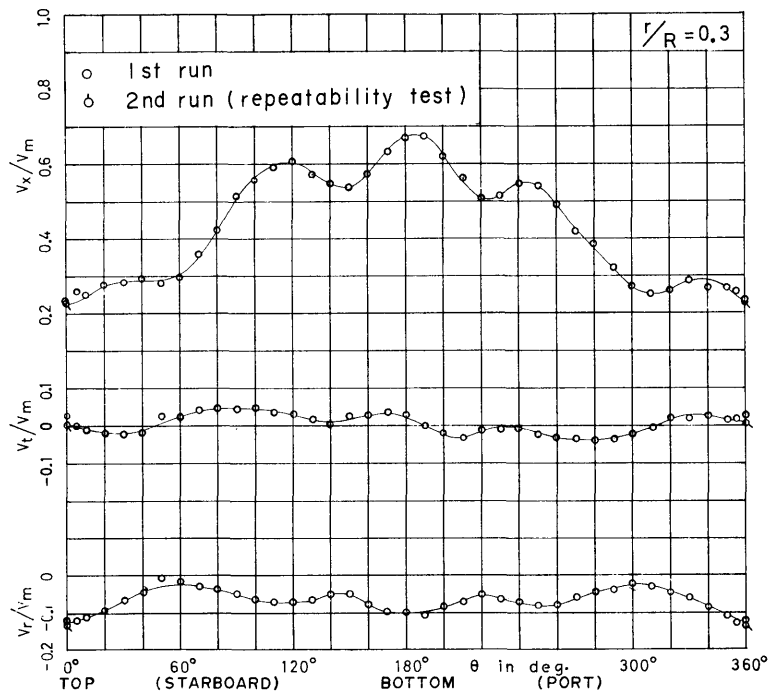


Fig. 11-a Velocity Component Ratios

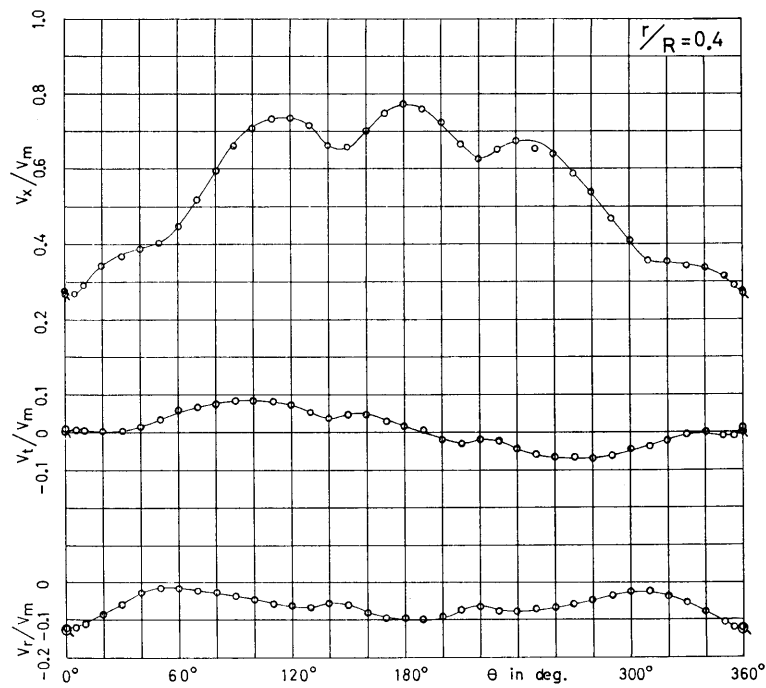


Fig. 11-b

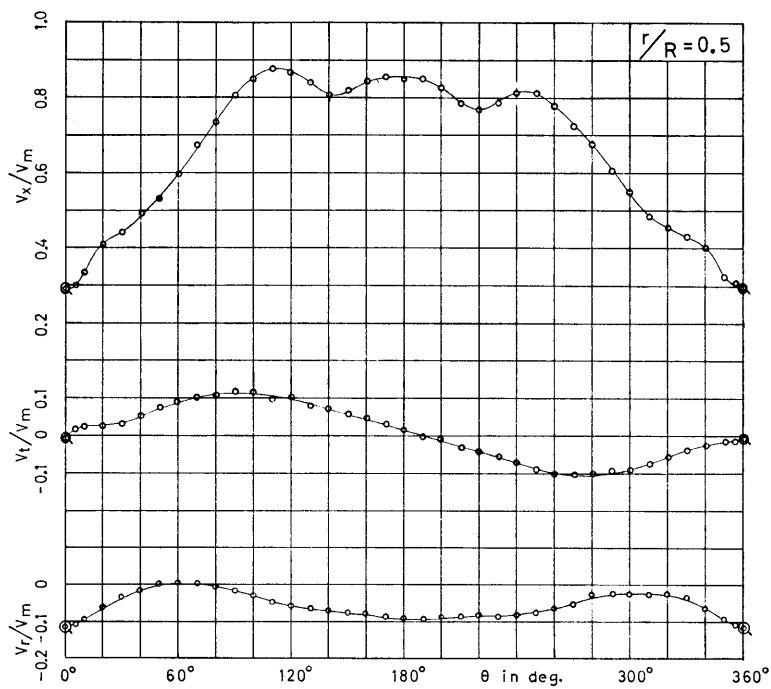


Fig. 11-c

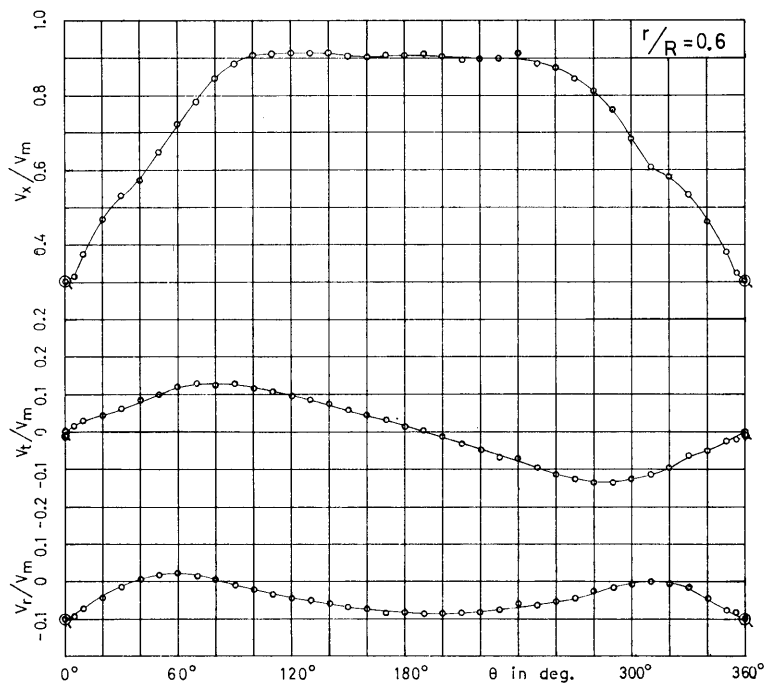


Fig. 11-d

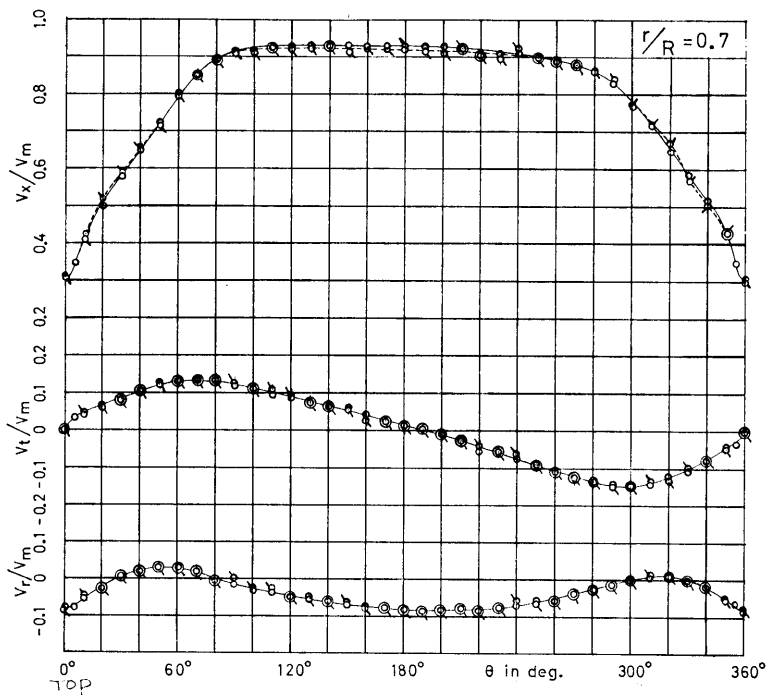


Fig. 11-e

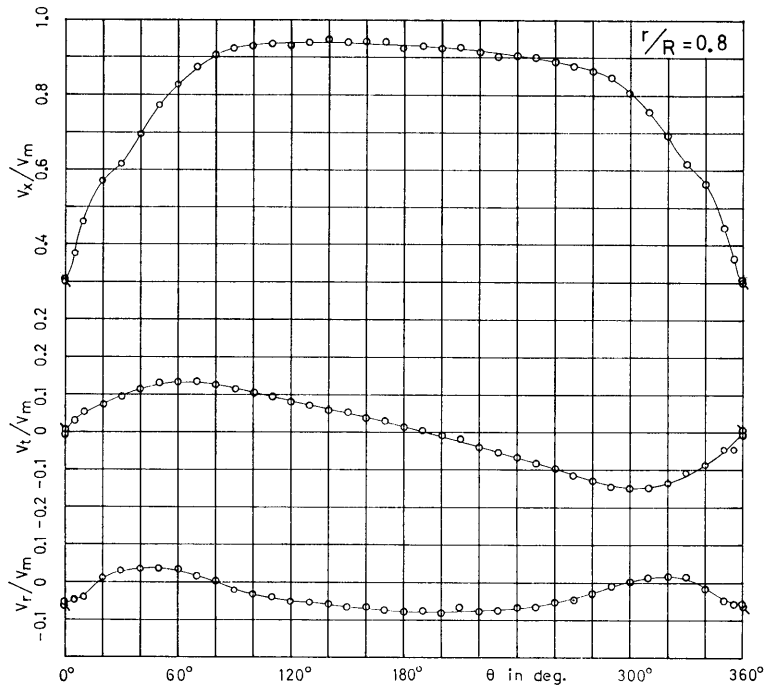


Fig. 11-f

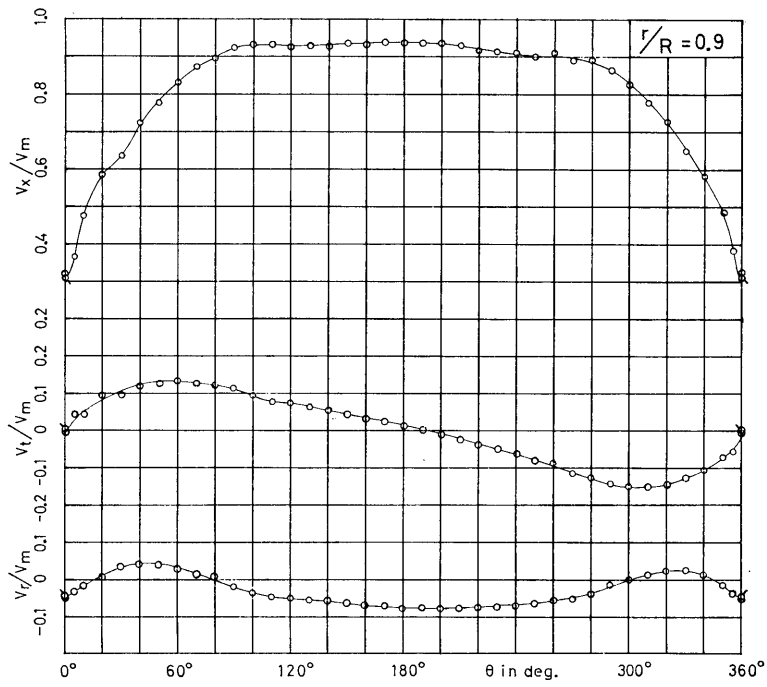


Fig. 11-g

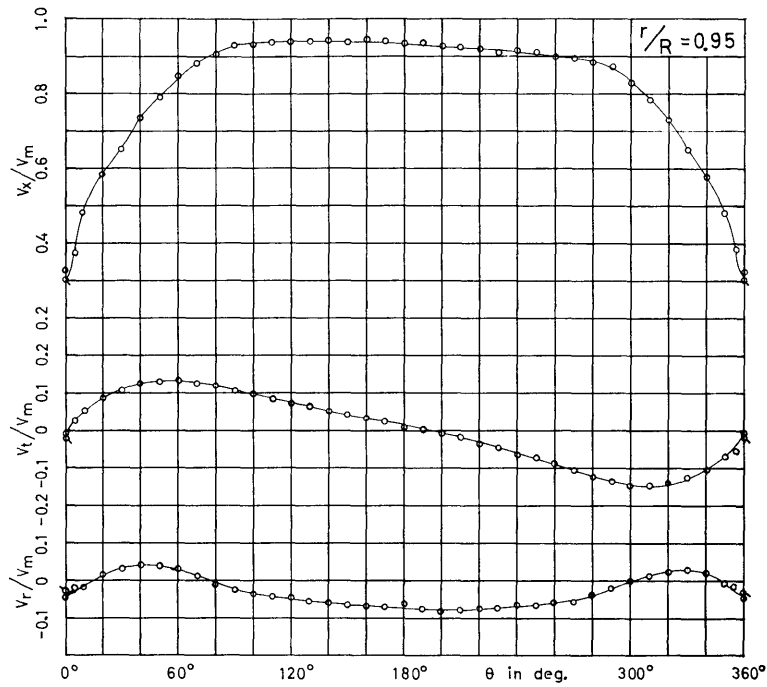


Fig. 11-h

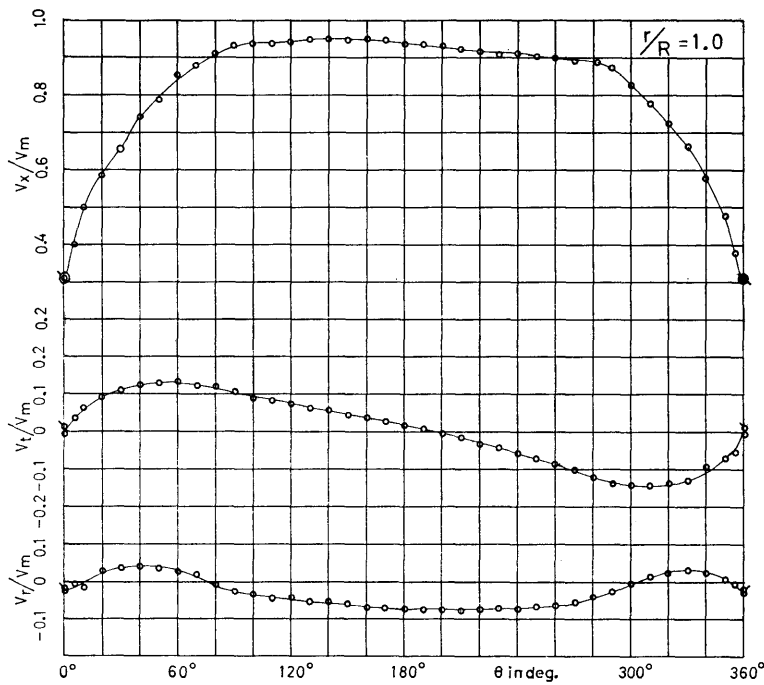


Fig. 11-i

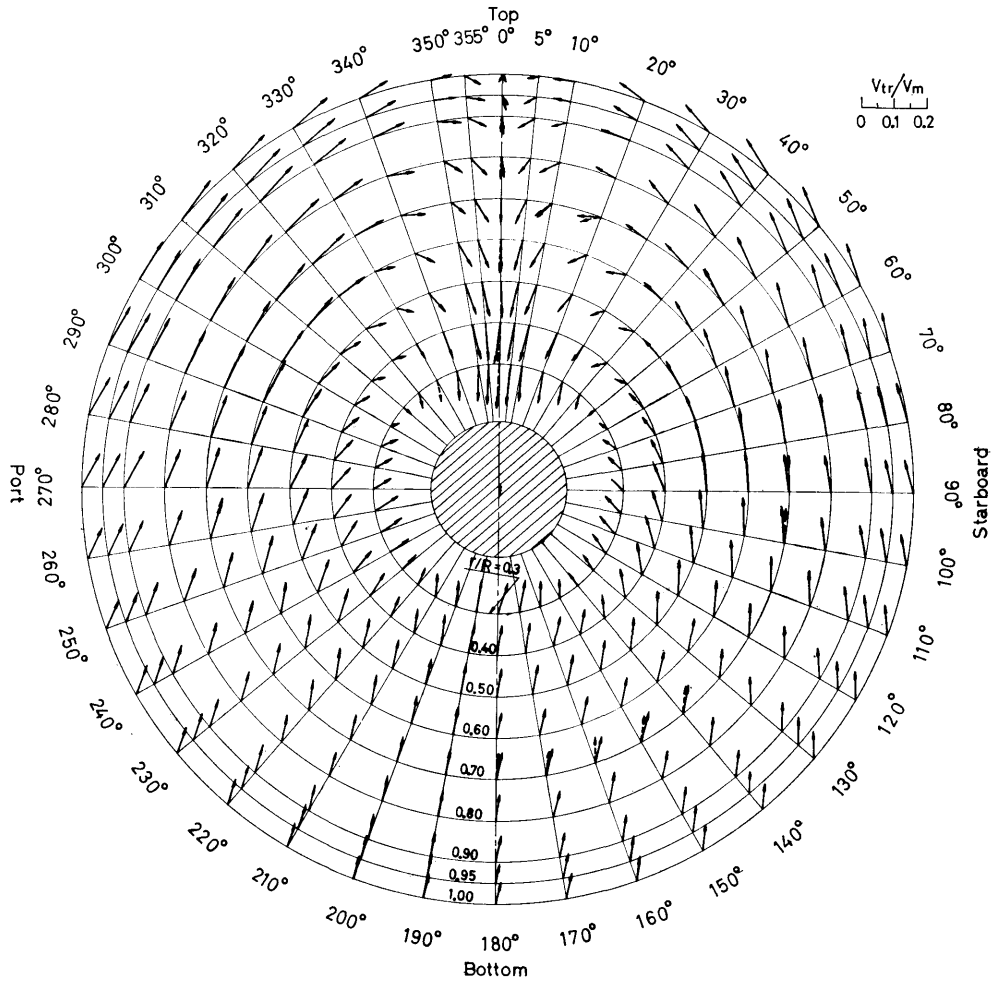


Fig. 12 Flow Pattern

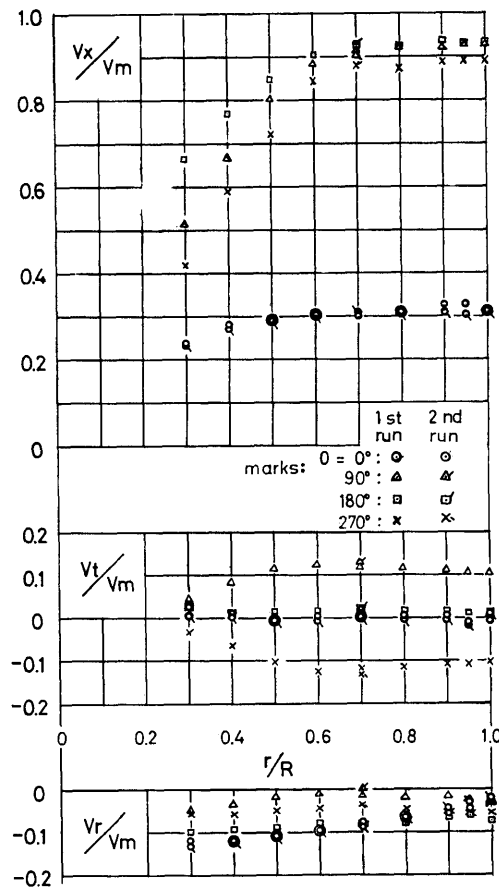


Fig. 13 Velocity Profiles

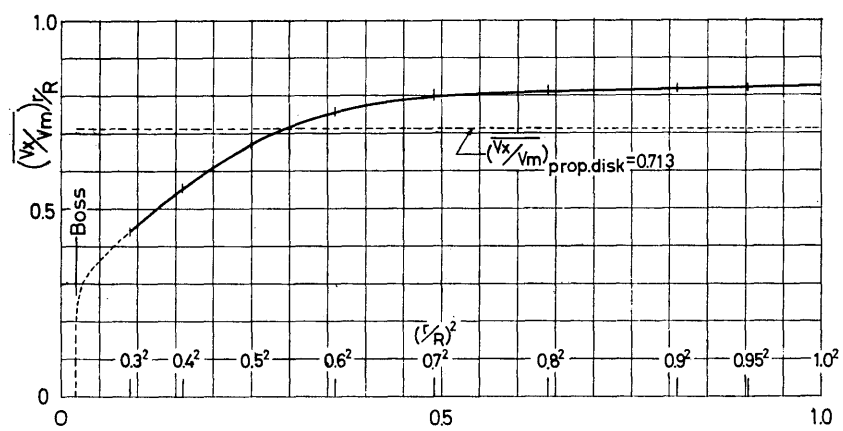
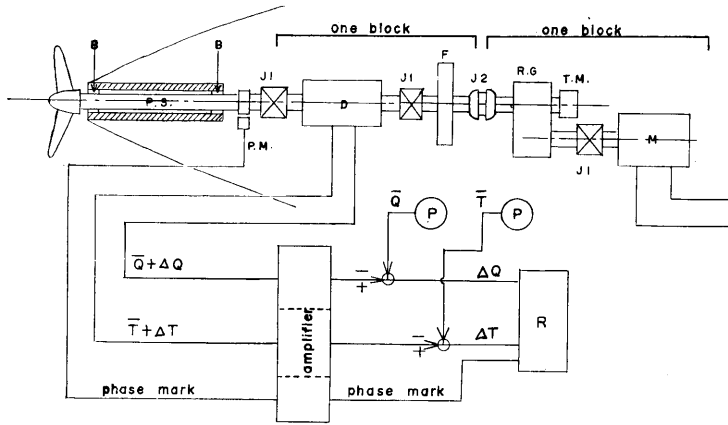


Fig. 14 Mean Velocity Ratios



- | | | | |
|---|--|---------------------|------------------------------|
| B: teflon plane bearing | J1: universal joint | J2: rubber coupling | P: potentiometer |
| P.S.: propeller shaft
inside dia. = 26 mm
outside dia. = 30 mm
length = 670 mm
material : STM, 41 | D: dynamometer
capacity :
$\bar{Q}_{max} = 150 \text{ kg-cm}$
$\bar{T}_{max} = 25 \text{ kg}$ | R.G: reduction gear | T.M: tachometer |
| P.M.: phase marker | F: fly wheel | M: D.C. motor | R: recording
oscillograph |

Fig. 15 Measuring System of Torque and Thrust Variations

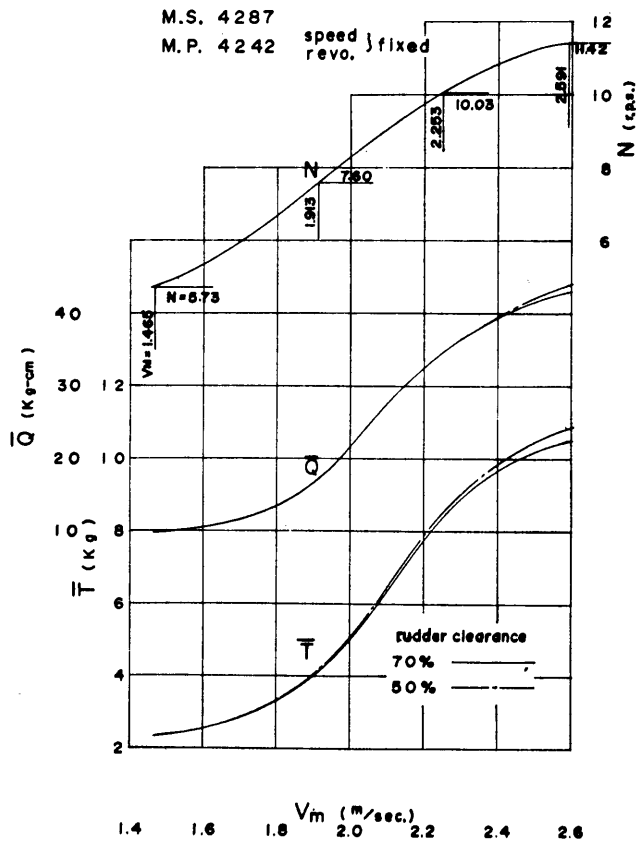
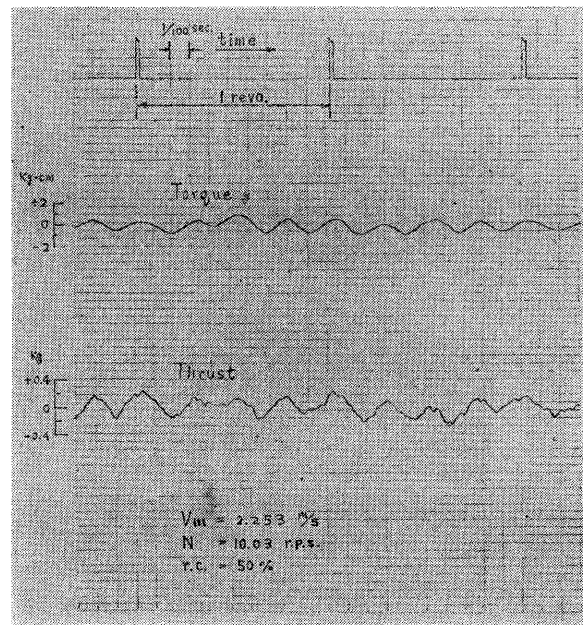
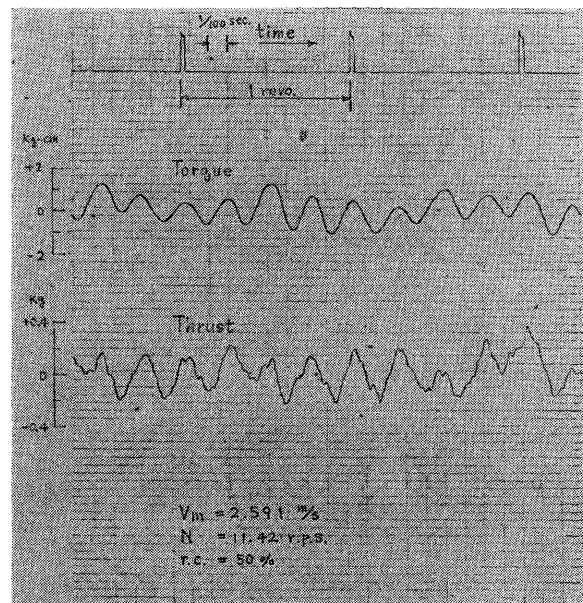


Fig. 16 Relation between \bar{Q} , \bar{T} , N and V_m



(a)



(b)

Fig. 17 Examples of Measurement of ΔQ and ΔT

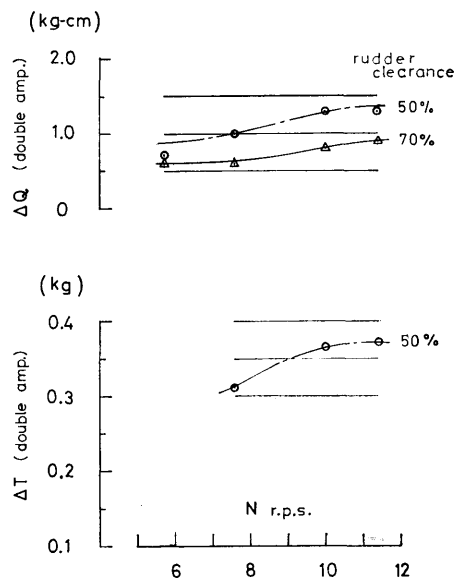


Fig. 18 Relation between ΔQ , ΔT and N