

ビルジキールが船舶の操縦性に及ぼす影響について

狩 俣 忠 男*

Effect of the Bilge Keel on the Maneuverability of Ship

Tadao KARIMATA

Abstract

The training ship NANSEI MARU (44.56 gross tonnage) is a wooden vessel, built in March 1967. In December 1972 the author had the ship fitted out with a Bilge keel (11.00 m \times 250 mm \times 150 mm) and investigated into the effects of this Bilge keel on the maneuverability of the ship. The measurement was carried out through Z-maneuverability tests and turning trials to compare the maneuverability of the ship after fixing the Bilge keel with that before fixing.

And the following results are obtained:

1) The results of Z-maneuvering tests show that the maneuverability index K' after fixing the Bilge keel to the ship increases 10~20% and that the index T' increases 50~100% in case of small rudder angle and 10~40% in case of large angle, decreases, however, 0~20% in case of rudder angle 15° : that is to say that the turning quality gets better, the following quality becomes, on the contrary, worse (except the case of rudder angle 15°).

2) The results of turning trials show the same tendencies as those of Z-maneuvering tests that max. advance after fitting the Bilge keel becomes longer and max. transfer gets shorter.

3) The author would like to point out that there would be cases where the maneuverability of ships equipped with a liquid magnetic compass could not exactly measured, because, when a small ship sails with a high speed and turns with a large angle, the turning angular velocity becomes large and therefore the waked angle becomes too large for a liquid magnetic compass to mark the real of following.

1. ま え が き

ビルジキールは船舶のローリングを抑制する上に有効であり殆んど船舶に取付けられているが、ビルジキールの有無が船舶の操縦性にどのように影響するかについて実船において比較検討されることは極めて少ない。

本学部漁業練習船南星丸（総トン数44.56トン）は昭和42年3月竣工の木造船であるが、昭和47年12月のドックにおいて新たにビルジキールを取付けた。

南星丸の操縦性については、ビルジキール取付前の昭和45年に旋回試験を、又昭和46年にZ試験を筆者らによって詳細に実施しており、今回ビルジキール取付後に同一の試験を実施し操縦性能を明らかにすることにより、ビルジキールの有無が船舶の操縦性にどう影響するかを比較検討する機会を得、二、三の知見を得たので報告する。

* 鹿児島大学水産学部漁船運用学教室 (Laboratory of Seamanship, Faculty of Fisheries, Kagoshima University)

Table 1. Principal particulars of "NANSEI MARU"

Length over all	22.32m
Length b. p.	19.54m
Breadth (mld.)	4.60m
Depth (mld.)	2.30m
Designed load draft	1.66m
Gross Tonnage	44.56 t
Net Tonnage	16.04 t
Trial speed	9.77kt
Cruising speed	8.50kt
Main Engine	KUBOTA M6D16BZS Single Acting 4 Cycle Supercharged Diesel Engine 220 ps.×1,100 rpm., 1 Set
Capacity	
Fish hold	9.24m
Fuel oil tank	5.28m
Fresh water tank	1.54m
Complement	
Crew	7
Student	9
Total	16
Keel Laid on	12th Dec. 1966
Launched on	11th Mar. 1967
Completion on	20th Mar. 1967

2. 実験方法

実験に使用した南星丸の主要目は Table 1 に示す通りである。又、ビルジキールは長さ 11m、幅 250mm、厚さ 150mm のものが船底彎曲部に取付けられた。

操縦性試験としては、Z 試験および旋回試験を実施した。

Z 試験は、主機関の出力 1/4, 2/4, 3/4, 4/4 の 4 種類の各出力毎に、舵角 5 度, 10 度, 15 度, 20 度, 25 度, 30 度についてそれぞれ右舵から開始した場合と左舵から開始した場合について実施し、合計 48 種類の測定を行なった。

測定方法は、ビルジキール取付前の Z 試験では、方位は磁気羅針儀を使用し、舵角は舵角指示器により、時間はストップウォッチにより、いずれも目視によって読取り記録した後、作図によって解析したが、この方法には種々の難点があり、特に小型船においては回頭角速度が大きいため磁気羅針儀の随伴角の影響等問題があると考えられたので、ビルジキール取付後の測定では次の方法によった。即ち、本船には磁気羅針儀しか装備していないので、ジャイロコンパス ES-11 型を持込んで装備し、船首方位はコースレコーダーにポテンシオメータを取付け、又、舵角は舵頭材に同じくポテンシオメータを取付け、それぞれ検出した信号をペンレコーダーに記録させた。又、時間はタイマーによりペンレコーダーにマークした。

旋回試験はビルジキール取付前および取付後とも浮標方位盤法により、主機関の出力 1/4, 2/4,

Table 2. Test condition

Position	Kagoshima Wan Ohsaki Bana off
Depth of water	about 150 meter
Sea Condition	Very smooth sea
Wind Force	0~1
Draft: Fore	0.90m
After	2.40m
Mean	1.65m
Trim	1.50m

3/4 の 3 種類の各出力毎に、舵角は 15 度、25 度、35 度について右旋回および左旋回の測定を行ない、合計 18 種類について実施した。

実験場所は各実験とも鹿児島湾奥部大崎鼻沖のほぼ同一場所を選び、船の状態は出来るだけ同一の状態となるよう特に留意した。

又、実験時の天候、風速、海面の状態も極めて好条件に恵まれた。Table 2 に実験時のコンディションを示す。

3. 結果および考察

3.1 Z 試験について

前述の通り、ビルジキール取付け前の Z 試験では船首方位の測定は本船装備の液体式磁気羅針儀を使用し目視により読み取ったため測定値にばらつきが出た。

熊凝、川崎¹⁾、および熊凝、石井、鈴木²⁾らによれば、液体式磁気羅針儀のコンパスカードの随伴角は羅盆液の粘性係数および回頭角速度に比例し、磁針の磁気能率および地磁気の水平分力に反比例する。また、羅牌の内径、外径、羅盆の内径、クリアランス、浮動部の半径、高さにも関係すると述べており、種々の条件によって異なるので一概に論ずることはできないが、小型船では回頭角速度が大きいため、これに比例して随伴角が大きくなる。特に Z 試験のように右舷、左舷と反転して舵をとる場合にはこの影響が大きく、大角度の舵角の場合は船の回頭にコンパスカードが追従しきれないので正確な船首方位を得ることができない。従って、見かけ上回頭時間が長くなり T の値が大きくなる。

Fig. 1 および Fig 2 は 5 度から 30 度までの間の 5 度おきの舵角による Z 試験により求めた無次元旋回性指数 K' ($K' = K / \left(\frac{V}{L}\right)$, K : 旋回性指数) および無次元追従安定性指数 T' ($T' = T \left(\frac{V}{L}\right)$, T : 追従安定性指数) の関係を示したものである。図において 30 度の場合に T' の値が極端に上昇しているのは随伴角の影響によるものと思われる。これに比較しジャイロコンパスでは、ES-11 型において角速度 $9^\circ/\text{sec}$ まで追従するのに対し船の回頭角速度は、今回の実験で最も大きな値を示した場合でも $4^\circ/\text{sec}$ 以下であるから、ジャイロコンパスを使用すれば問題はない。

即ち、小型船の Z 試験において液体式磁気羅針儀を使用することは高速或は大舵角の場合に正しい結果を得ることができなくなることがあるので注意を要する。

Fig. 1 は、種々の舵角に対するビルジキール取付け前と取付け後の K' の関係を示したものであるがこの図から K' の値はビルジキール取付け前よりも取付け後の方が大きくなっており、その増加の割合は、Fig. 3 の図から大略 10~20 % 増加していることがわかる。即ち、旋回性はビルジキールを取

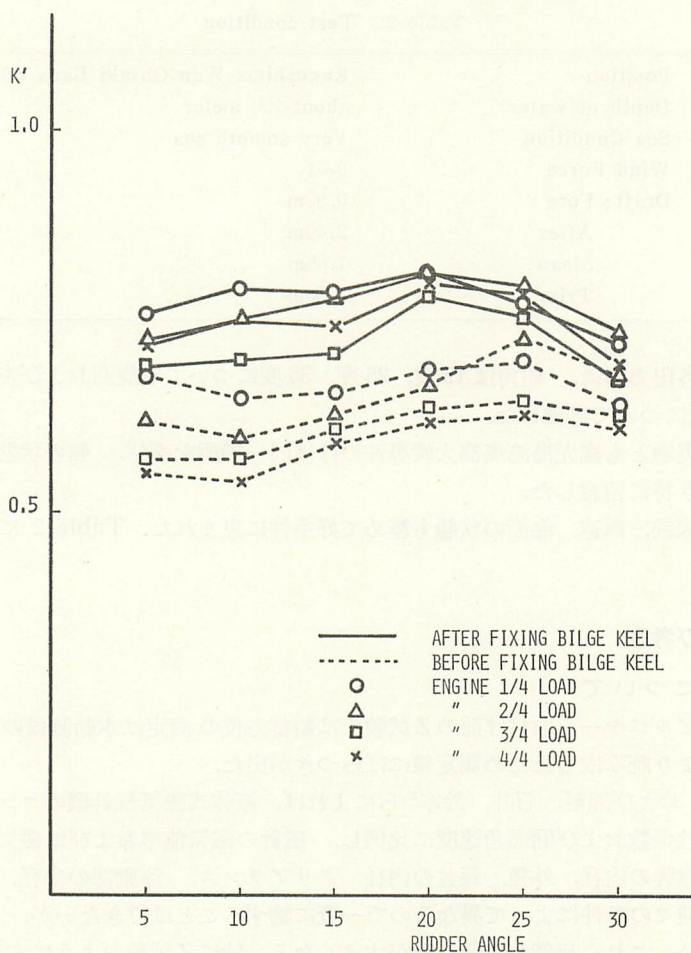


Fig. 1 Relation between K' and rudder angle of Z-manuevering test at four grades of engine load.

付けたことによりやや良くなったと言える。Fig. 3において、主機関の出力4/4の場合の増加率が大きい、前述の理由（随伴角の影響）からこの値に疑問がある。

Fig. 2は種々の舵角に対するビルジキール取付前と取付後の T' の関係を示したものである。ビルジキール取付前の値に変動が大きいのは目視により測定したためであり、舵角30度で急上昇しているのは前述の通り液体式磁気羅針儀の随伴角の影響によるものと考えられる。

この図から T' の値もビルジキール取付前より取付後の方が大きくなっていることがわかる。その増加率は、Fig. 4から、5度および10度の小舵角では大略50~100%、20度および25度の大舵角では大略10~40%増加したが、舵角15度では逆に0~20%減少している。舵角30度の値は前述の理由により不適當である。

即ち、追従安定性はビルジキールを取付けたことにより悪くなったと言える。

3.2. 旋回試験について

Fig. 5は主機関出力1/4, 2/4, 3/4においてそれぞれ舵角15度, 25度, 35度の旋回軌跡を画

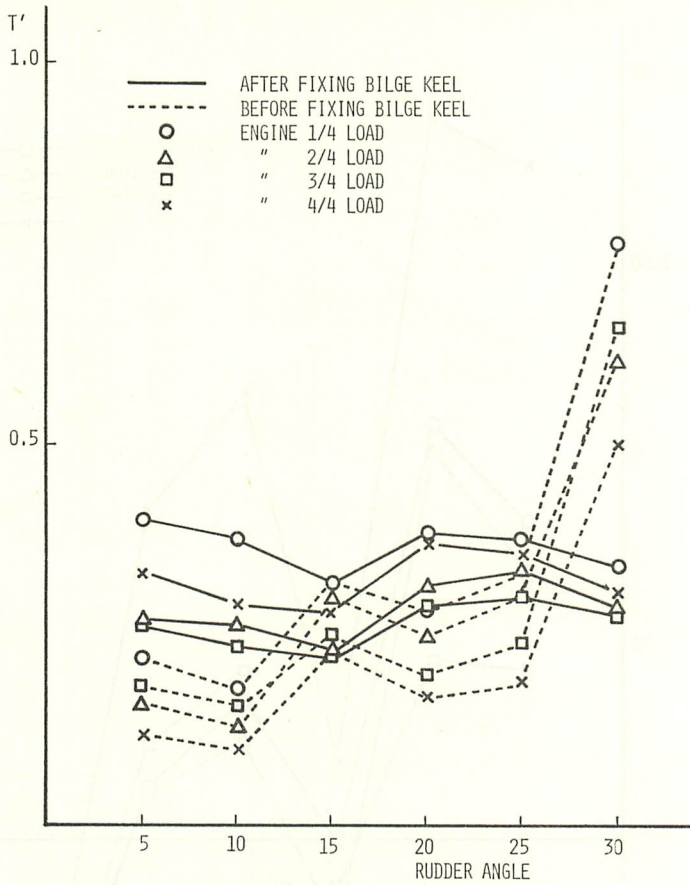


Fig. 2 Relation between T' and rudder angle of Z-maneuvering test at four grades of engine load.

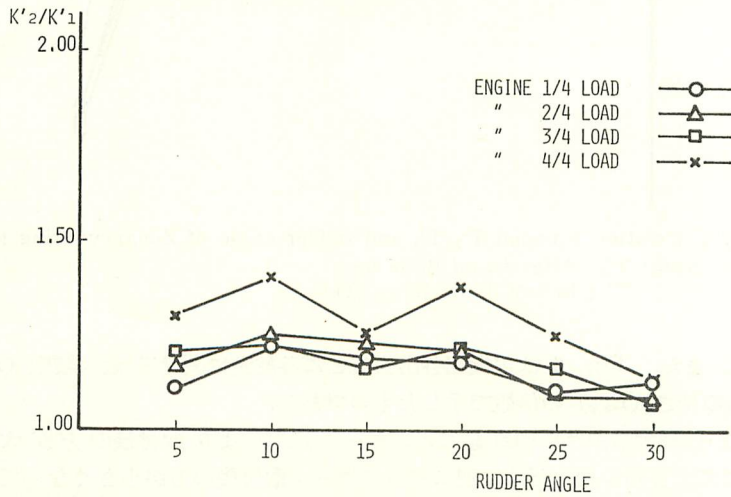


Fig. 3 Relation between K'_2/K'_1 and rudder angle of Z-maneuvering test.

Note: K'_2 : After fixing Bilge keel
 K'_1 : Before fixing Bilge keel

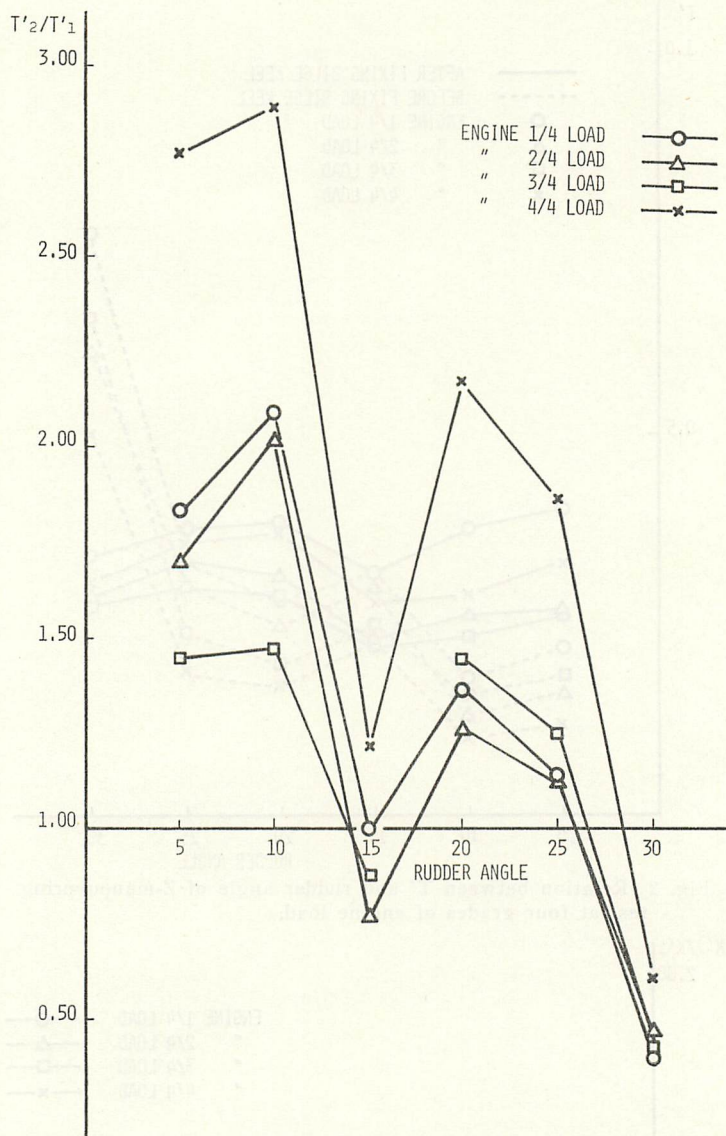


Fig. 4 Relation between T'_2/T'_1 and rudder angle of Z-maneuvering test.

Note: T'_2 : After fixing Bilge keel

T'_1 : Before fixing Bilge keel

いたものである。また、Fig. 6 は主機関各出力ごとに各舵角に対する最大縦距 (D_A) および最大横距 (D_T) を船の長さ ($L_{b,p}$) の倍数で示したものである。

この2つの図から最大縦距はいづれもビルジキール取付前より取付後の方が大きくなっているが、舵角15度にて左旋回の場合だけは逆にビルジキール取付後の方が小さくなっている。ビルジキール取付前と取付後の最大縦距の変化の割合を Fig. 7 に示したが、ビルジキール取付後の方が大略0~20%増加している。

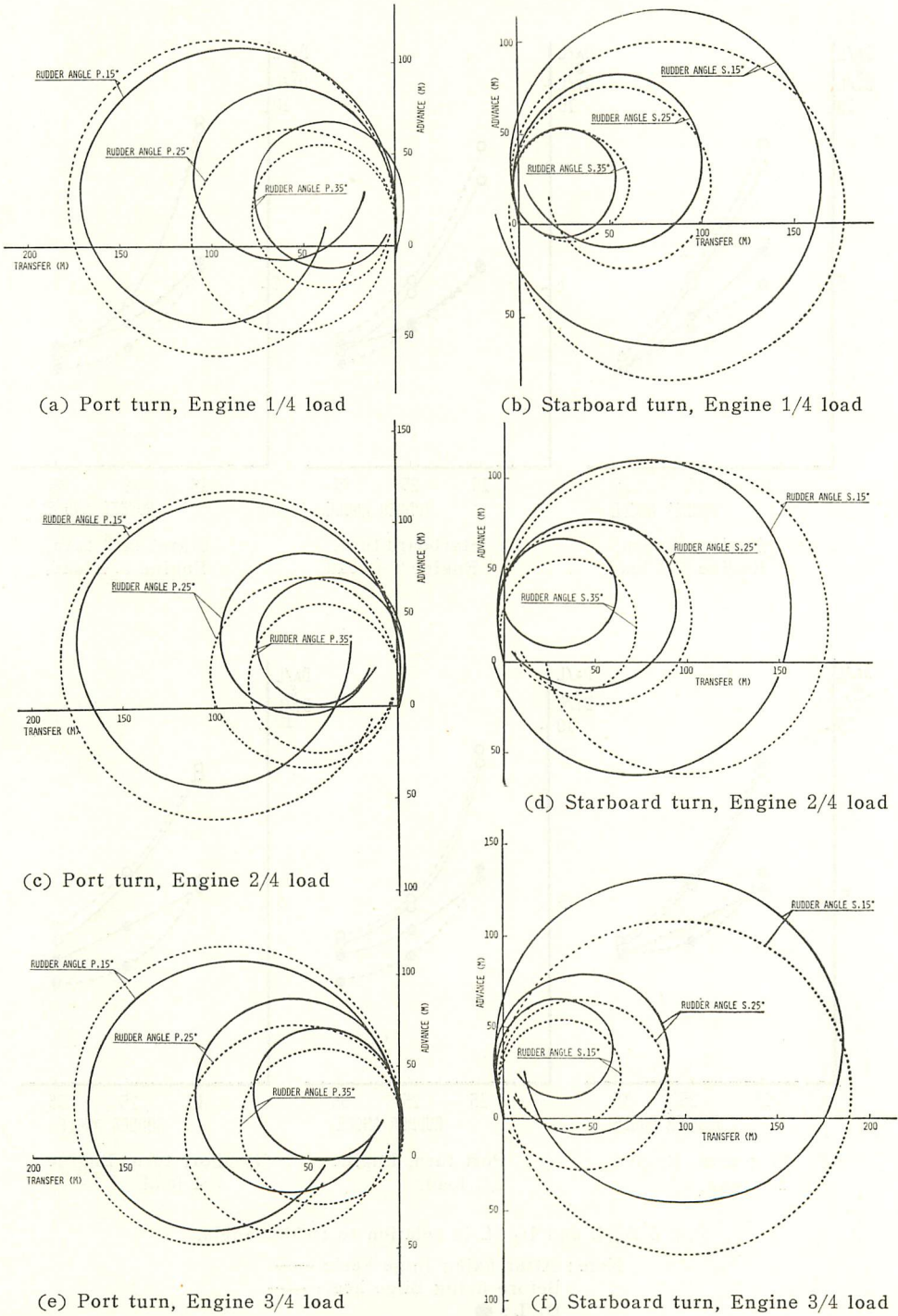


Fig. 5 Turning Path

Note: — After fixing Bilge keel
 - - - Before fixing Bilge keel

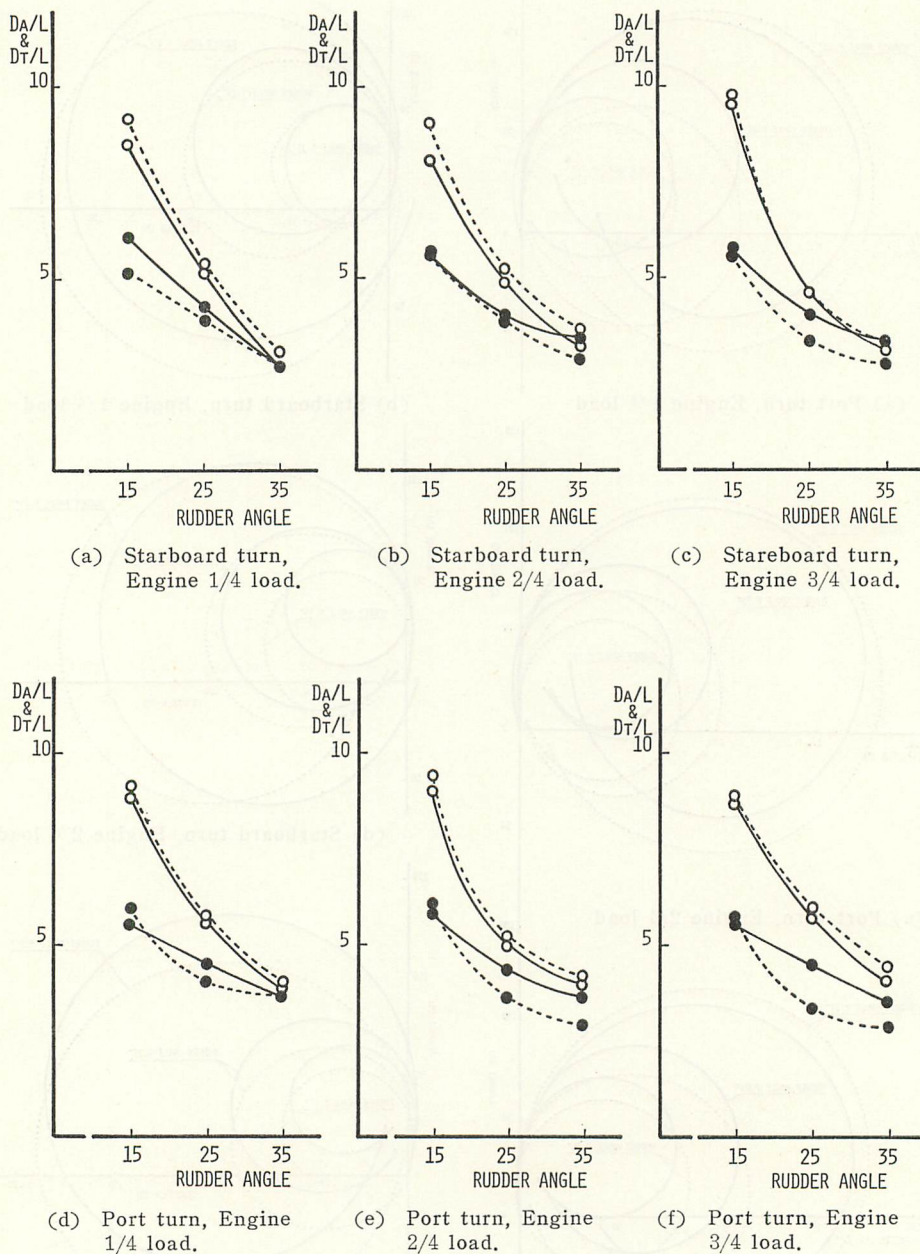


Fig. 6 D_A/L and D_T/L in relation to rudder angle.

Note: After fixing Bilge keel: —
 Before fixing Bilge keel: - - -
 D_A/L : ●
 D_T/L : ○

次に最大横距は、Fig. 5 および Fig. 6 の図からビルジキール取付前より取付後の方が減少しており、その割合は Fig. 8 の図から大略0~10%であることがわかった。

以上の通り旋回試験の結果においても、Z試験と同様の傾向を示していると言えよう。

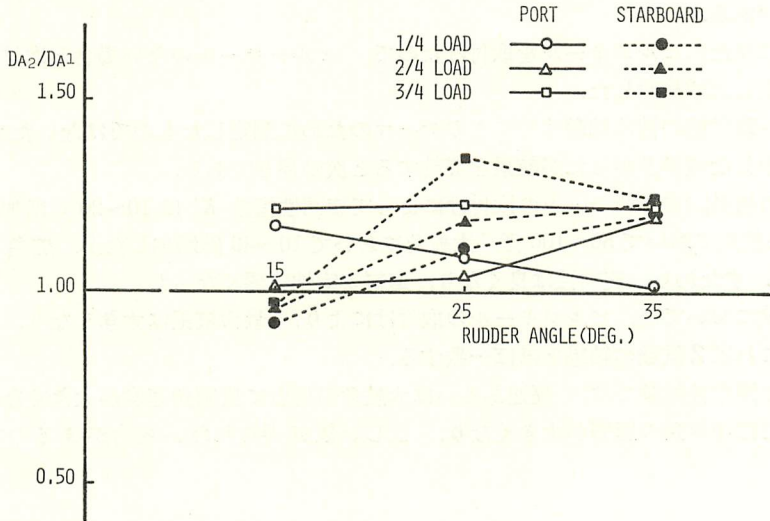


Fig. 7 Relation between D_{A2}/D_{A1} and rudder angle of turning.

Note: D_{A2} : After fixing Bilge keel
 D_{A1} : Before fixing Bilge keel

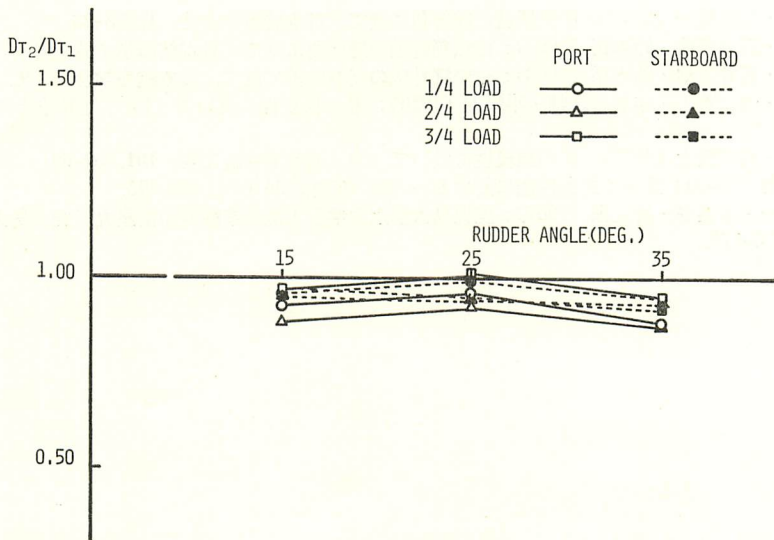


Fig. 8 Relation between D_{T2}/D_{T1} and rudder angle of turning.

Note: D_{T2} : After fixing Bilge keel
 D_{T1} : Before fixing Bilge keel

4. あとがき

船の操縦性に関する要因は多数ありビルジキールの影響もその一つである。これが他の要因と互いに関係し合って一つの特徴を示すことになる。従って、一つの要因の影響を明らかにすることは極めて困難である。

今回南星丸に新たにビルジキールを取付けたので、ビルジキールのない場合と取付後の操縦性を実船により測定し比較検討した。

ビルジキール取付前の性能試験は特にこのテーマのために測定したものではないため、性能を比較する上で不十分な点が多かったが結果を要約すると次の通りである。

1) Z試験の結果、ビルジキールの取付けによって旋回性指数 K' は10~20%増加し、追従安定性指数 T' は小舵角において50~100%，大舵角において10~40%増加したが、舵角15度では0~20%減少した。すなわち、旋回性は良くなり、追従安定性は悪くなった。

2) 旋回試験においては、ビルジキールの取付けにより、最大縦距は大きくなり、最大横距は小さくなった。これはZ試験の結果とほぼ一致する。

3) 小型船の操縦性試験では、高速あるいは大舵角の場合に旋回角速度が大きくなるため、液体式磁気羅針儀では随伴角の影響が大きくなり、正しい値が得られない場合があるので注意を要する。

終りに本調査を行なうに当り御協力を戴いた南星丸高橋琴一船長および乗組員各位に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 熊凝武晴・川崎種一 (1949): 磁気羅盆の随伴角に就て. 日本航海学会誌, **1**, 18-23.
- 2) 熊凝武晴・石井謙治・鈴木裕 (1953): 磁気羅針儀の随伴角に就て. 日本航海学会誌, **9**, 67-83.
- 3) 熊凝武晴・石井謙治・鈴木裕 (1953): 磁気羅針儀の制振曲線に就て. 日本航海学会誌, **9**, 5-18.
- 4) 野本謙作・田口賢士・本田啓之輔・平野進 (1956): 船の操縦性に就いて (1). 造船協会論文集, **99**, 75-82.
- 5) 野本謙作・田口賢士 (1957): 船の操縦性に就いて (2). 造船協会論文集, **101**, 57-66.
- 6) 宝田真之助 (1963): 実船の旋回性能に対する一考察. 船舶, **36** (4), 468-475.
- 7) 奈良迫嘉一・米盛亨・皆元国 (1967): 鹿児島大学水産学部木造漁業練習船南星丸. 鹿児島大学水産学部紀要, **16**, 155-179.