

傾斜，折損した船舶の漂流抵抗推定法について

環境・エネルギー研究領域 海洋汚染防止研究グループ 星野 邦弘，原 正一，山川 賢次
海洋開発研究領域 海洋資源利用研究グループ 湯川 和浩

1. まえがき

海難事故などにより航行不能となった船舶は、波や流れによって漂流する。航行不能船舶の漂流により生じる2次の災害や油流出等による環境汚染を最小限に食い止めるためには、航行不能船舶の漂流防止と漂流予測ならびに航行不能船舶を安全な場所に曳航する技術を確立する必要がある。漂流する船舶の漂流速度や漂流方向を推定するためには、漂流抵抗を知ることが必要不可欠である。

昨年度は、任意形状物体の漂流抵抗の簡易推算法として、数値計算や実験によらずにデータベースから形状影響、3次元影響および流れの流入角度影響を含んだ形で最も正しいと思われる漂流抵抗を算出する方法について報告した [1]。この方法は、通常の船舶のような形状でなくても漂流抵抗を求めることができるとともに、正確な船型がわかっていなくてもおよその形状から漂流抵抗を知る事ができるため、比較的精度を必要としない現場で緊急に漂流抵抗を知る必要がある場合に便利である。しかしながら、最適曳航支援システムで用いるような漂流シミュレ

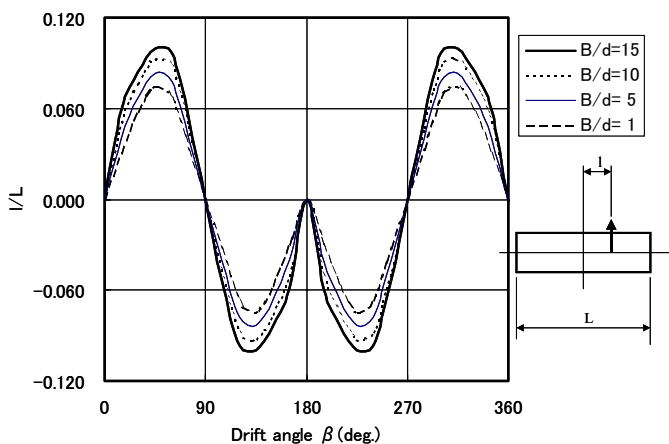


図-1 箱型浮体の着点位置の喫水と流入角による変化

ーションや曳航振れ回り運動の計算に使うような推定精度はない。そこで本報告では、ベースとなる船舶の流体力データを準備し、これを修正することで喫水影響、傾斜影響、折損影響を考慮する方法を採用することにした。

2. 損傷船舶の漂流抵抗推算法

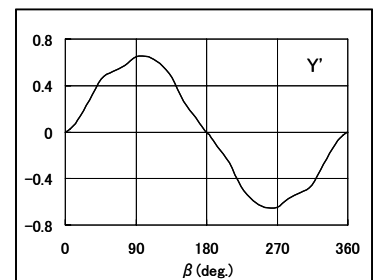
漂流抵抗の前後方向成分X、左右方向成分Y、回頭モーメントNは次式により無次元化した。

$$X' = \frac{X}{\frac{1}{2} \rho L d U^2}, Y' = \frac{Y}{\frac{1}{2} \rho L d U^2}, N' = \frac{N}{\frac{1}{2} \rho L^2 d U^2} \quad (1)$$

(1) 喫水変化の影響

損傷船舶は浸水等によって沈下して喫水が大きく変化する場合がある。喫水変化の影響はX'とY'に関しては、昨年度に報告した3次元影響の考慮方法と同一の方法を用いた。N'については、回頭モーメン

左右方向
漂流抵抗係数



着点係数

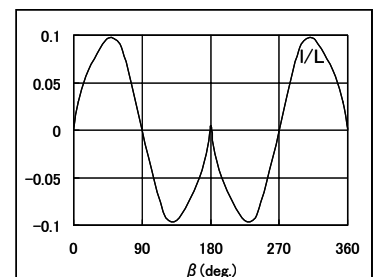


図-2 左右方向漂流力係数と着点変化からの漂流回頭モーメントの推定

トの喫水影響に関する既存の実験結果が少なく、直接的に N' の喫水影響を推定する合理的な方法を見出せなかった。そこで、箱型浮体の着力点の喫水による変化（図-1）〔4〕を用いることにした。 N に関する実験データが得られていなくても図-2のように Y' の実験データに図-1の係数を掛けることで N' を求めることが出来る。

図-2の Y' はVLCC船型模型（SR221C[2]）に働く横力の計測結果である。実験供試模型の主要目を表-1

表-1 供試模型船の主要目

	VLCC
L(m)	3.000
B(m)	0.544
d(m)	0.181
C_B	0.803

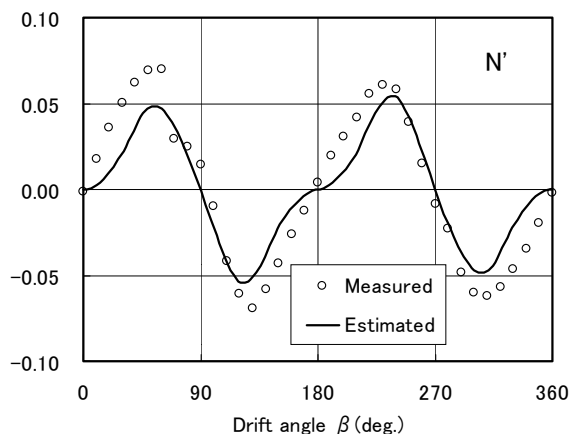


図-3 着力点変化から求めた漂流回頭モーメントと実測値の比較

に示す。着力点係数は図-1から実験供試模型の $B/d=3.006$ の場合を内挿により求めた結果である。図-2により求めた N' の推定値と実測値との比較を図-3に示す。図より箱型浮体の喫水による着力点位置の変化を使って求めた N' は、 β が小さい場合は実測の N' に比べて小さい値となる。これは β が小さい場合の船体まわりの流場が箱船と通常船舶の場合で大きく異なるためと思われる。しかしながら、通常の船舶において N' の値が求まっていない場合でも図-1の係数を使うことで Y' から N' の値を知ることが出来るため、事故現場で緊急を要する場合に便利である。 N' については、各種船型の漂流回頭モーメントに関する実験データを蓄積することにより図-1のデータをチューニングし、推定法の精度向上を図る事を考えている。

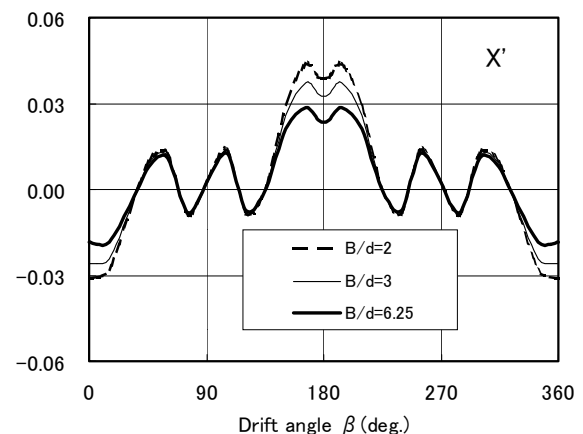


図-4 VLCC の前後方向漂流抵抗係数の喫水による変化の推定値

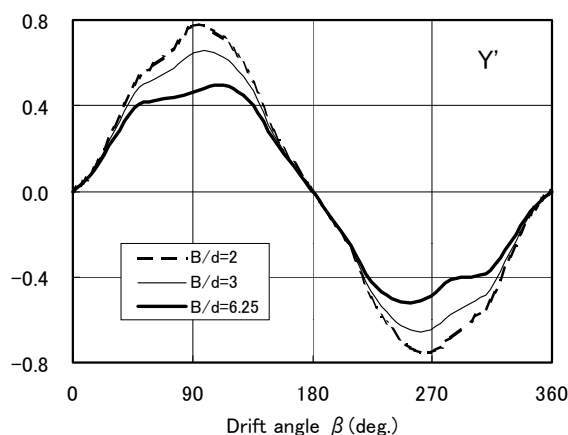


図-5 VLCC の左右方向漂流抵抗係数の喫水による変化の推定値

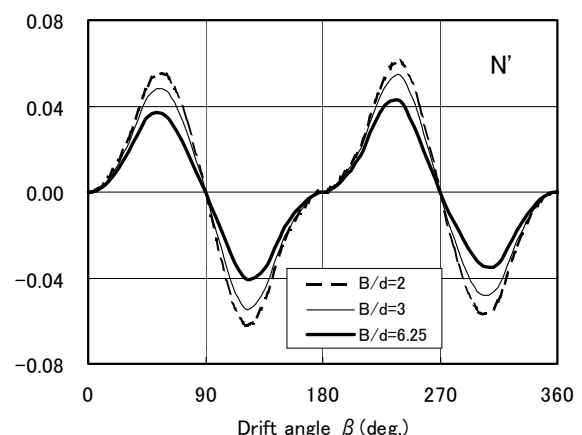


図-6 VLCC の前後方向漂流回頭モーメント係数の喫水による変化の推定値

図-4～6は表-1のVLCC船型の漂流抵抗の喫水による変化の推定結果である。喫水影響は、 X' については流れが船首および船尾方向から作用する場合に、また、 Y' は流れが横方向から作用する場合に大きくなる。また N' は $\beta=45、135、225、315\text{deg.}$ で喫水影響が大きく現れるが、この β では Y' の値の喫水影響がさほど大きな値でないので、 N' は Y' に比べて喫水による影響が小さくなっている。漂流抵抗推算における喫水変化の影響の推定精度については今後実験的な検証が必要である。

(2) 折損の影響

折損の影響を漂流抵抗推算法に組み入れるには、昨年に報告した模型辺長比 (L/B)、3次元影響 (d/B 、 d/L) および流入角 β の影響を重ね合わせることで可能である。推定精度の検証のために、分割模型による折損船舶に働く流体力に関する模型実験結果[4]と推定値の比較を行った。分割模型の概観を図-7に、計測した分割状態を図-8に示す。分割模型による流体力の計測は図-8に示す8状態 (model A～H) と欠損部分なしの分割模型についての合計9状態について計測を行った。

図-9に折損模型全体に働く左右方向漂流抵抗係数 Y' の β による変化を示す。図から Y' の応答は β により若干変動するが、折損・分離によって残存部船長が短くなるに従って Y' が小さくなる傾向が見られる。また分割模型の折損なしの Y' は分割なしの全体模型の Y' (図-5 $B/d=3$) より若干小さくなっている。これは分割模型の間隙の影響が現れているものと思われる。図-10は $\beta=180^\circ$ における Y' の実験値と



図-7 分割模型の概観

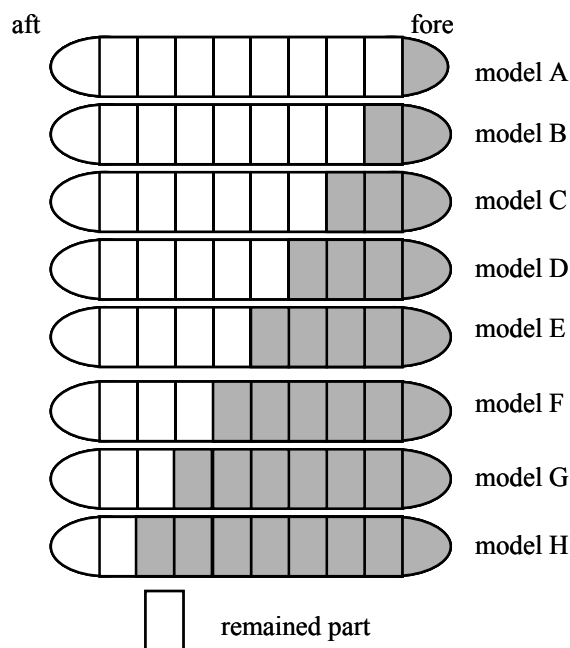


図-8 分割模型の分割状態

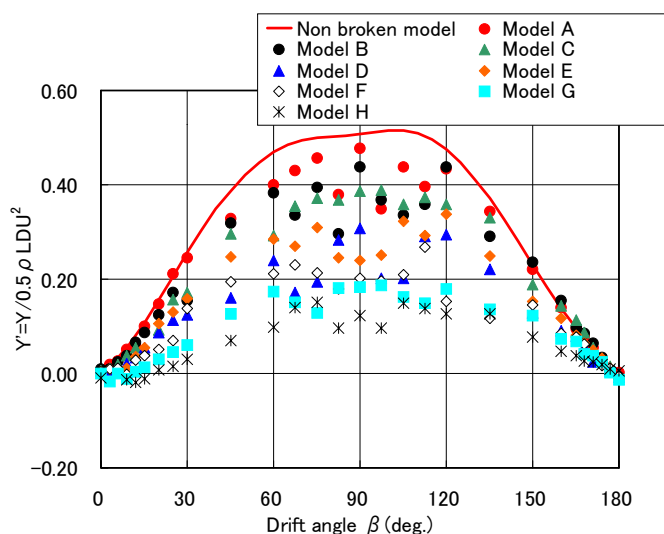


図-9 分割模型の Y' の折損による変化の実験値

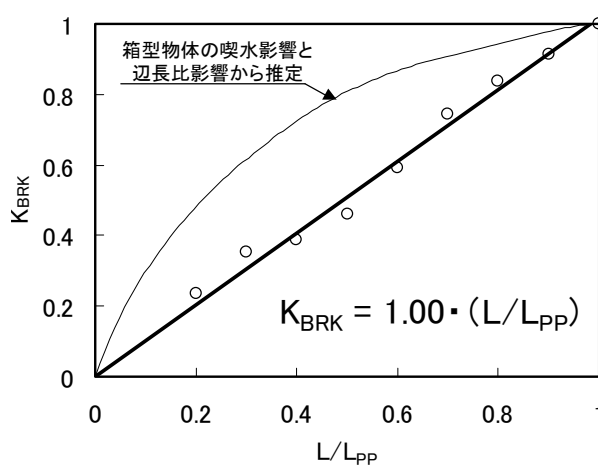


図-10 分割模型の折損による Y' の変化率

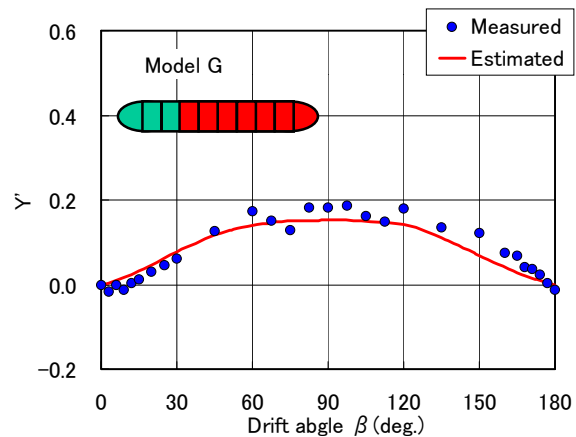
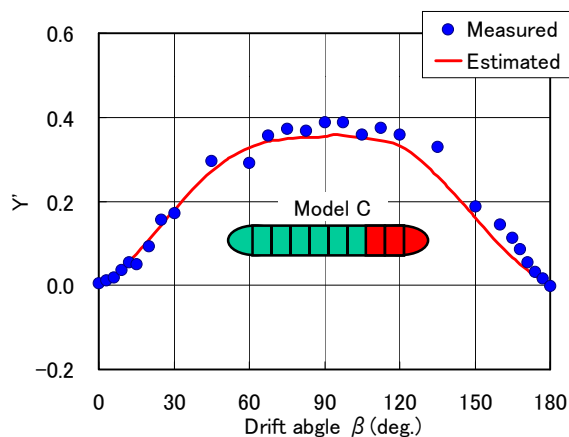
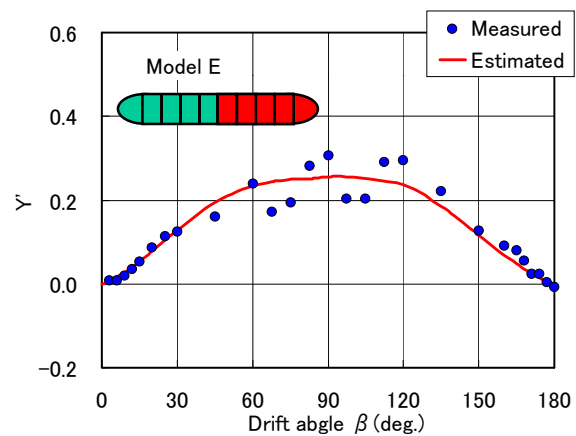
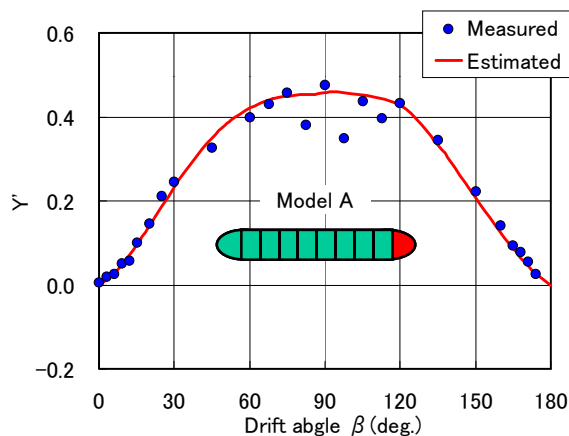


図-11 折損船舶の Y' の実測値と推定値の比較

推算値との比較を示す。図の横軸は折損模型の船長（ L ）を非折損時の船長（ L_{pp} ）で割った値であり、縦軸は折損なしの分割模型全体の Y' に対する折損模型の Y' の減少率、実線は流体力データベースから推算した値である。折損により船長が短くなるに従って Y' が小さくなる現象は一致するが、本論で得られた実験値が L/L_{pp} が小さくなるに従って Y' の値が直線的に減衰するのに対して、昨年度の推定法の方は $L/L_{pp}=0.5$ 付近で膨らんだ形で小さくなっている。

これは推定法のベースとなっているデータの船長・幅比および船幅・喫水比の影響係数がともに船の3次元性が増すにしたがって3次関数的に小さくなるためである。通常船舶の折損影響は図-10の $\beta=180^\circ$ の場合の直線を用いて考慮することとする。

図-11に折損模型のModel-B、D、E、Gの Y' の推定値と実測値の比較を示す。図から β の影響を考慮していないにも関わらず折損模型の残存部長さによる Y' の変化を図-10の係数を使って実用的精度で推算

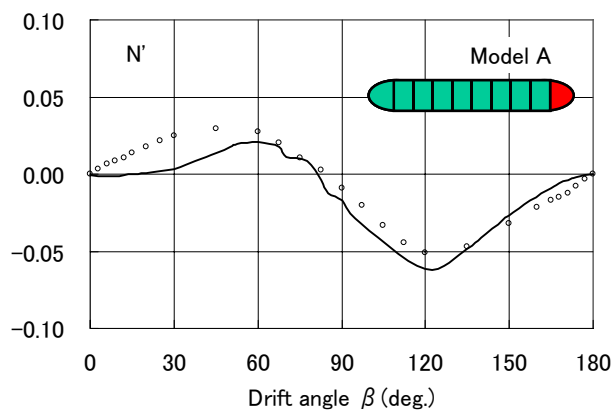


図-12 N' の実測値と推算値の比較 (Model-A)

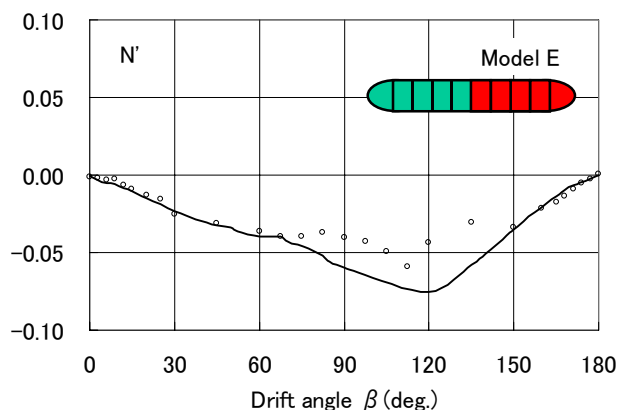


図-13 N' の実測値と推算値の比較 (Model-E)

可能であることが分かった。漂流回頭モーメント N' の計測は折損前の船体中央部で行ったため、推定手法の確認のため推定の N' を次式により計測部に換算した。

$$N' = Y' \left(\frac{l}{L} - \frac{L'}{L} \right) \quad (2)$$

ここで、 Y' は図-11の Y' の推算値、 l/L は図-1から求めた着力点位置、 L' は検力取付け位置から折損模型中心位置までの距離である。実測値と推算値の比較を行った例を図-12および図-13に示す。 N' の実測値と推算した結果を検力位置へ換算した値は良く一致しており、推算手法の実用性が確認された。図-14に折損船舶の折損後の船体中心線上における N' の推定値の β による変化を示す。

(3) 傾斜の影響

[縦傾斜]

縦傾斜の影響を実験的に求めるため図-15に示すようにTrim=0,3,6deg.の3状態で縦傾斜の影響に関する実験を行った。実際は、損傷により船体が傾斜する場合の多くは浸水による喫水変化も伴うが、純粋に傾斜の影響を見るために喫水変化なしの条件で実験を行った。縦傾斜による漂流抵抗の変化の代表例として Y' の変化を図-16に示す。図より縦傾斜による Y' の変化は β によって複雑に変化することがわかる。図面を省略した X' 、 N' についても β によって複雑に変化している。縦傾斜による漂流抵抗の推定は図-16と平均喫水変化の影響を重ね合わせて行い。傾斜角度については内挿および外挿により行う。

[横傾斜]

横傾斜の影響を実験的に求めるためにHeel=0,10,20deg.の3状態について漂流抵抗を求める実験を行った。図-17に横傾斜による漂流抵抗の変化の代表例として Y' の β による変化を示す。図より横傾斜による Y' の変化は β によって複雑に変化することがわかる。図面を省略した X' 、 N' についても β によって複雑に変化している。横傾斜による漂流抵抗の推定は縦傾斜の場合と同様に平均喫水変化の影響を重ね合わせて行い。傾斜角度については内挿および外挿により行う。

。

3. 漂流抵抗推算の例

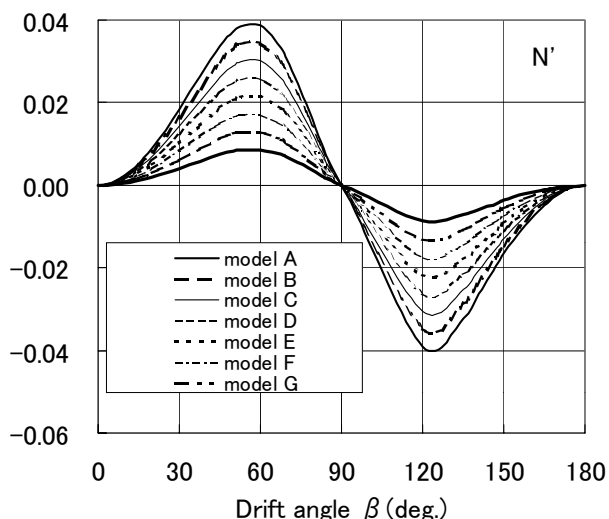


図-14 N' の推定値の折損による変化

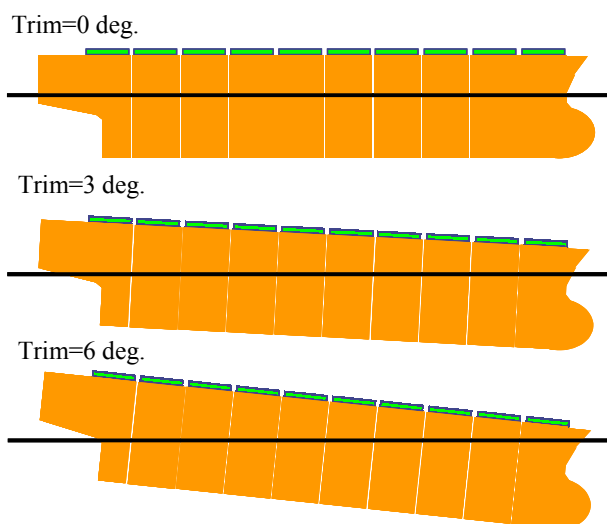


図-15 縦傾斜影響の実験状態

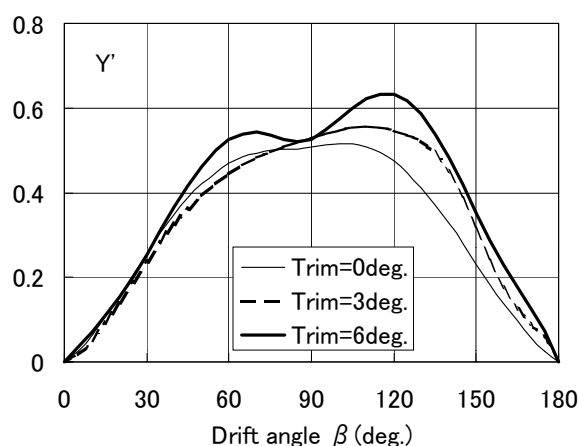


図-16 縦傾斜による Y' の変化

図-18に実際の損傷船舶の漂流抵抗の推算結果を示す。本事例は、図中の写真のようにHeel角約32deg.と非常に大きく横傾斜している例である。

4. あとがき

傾斜、折損した船舶の漂流抵抗推定法を開発し、推算事例を示した。本推算手法は、傾斜影響等に関しては推算の根拠となるデータがまだまだ不十分であるが、最適曳航支援システム等の現場で凡その漂流抵抗を知る上では、本報告で示した手法がもっとも有効と思われる。今後、データの蓄積を行うことで推算精度の向上を図る予定である。

参考文献

- [1] 星野邦弘、原正一、山川賢次、湯川和浩：任意形状漂流物体の漂流抵抗簡易推算法、第2回海上技術安全研究所研究発表会講演集（2002）、pp.167-170.
- [2] 安藤定雄、星野邦弘：箱船、全天候作業船の曳航試験、船舶技術研究所海洋開発工学部部内

資料（未公表）（1980）.

- [3] （社）日本造船研究協会：操船運動時の船体周囲流場に関する研究、第221研究部会（第2年度）報告書（1995）.

- [4] 星野邦弘、原正一、山川賢次、湯川和浩：折損船舶に働く流体力に関する模型実験、日本造船学会講演論文集第1号（2003）.

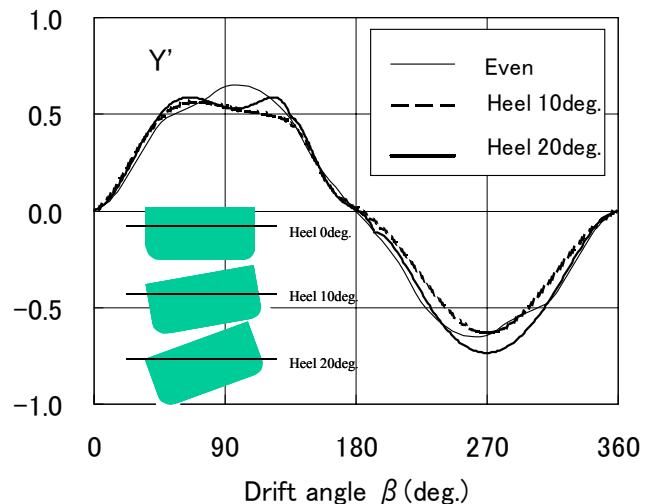


図-17 横傾斜による Y' の変化



（航行不能船舶の漂流状況）

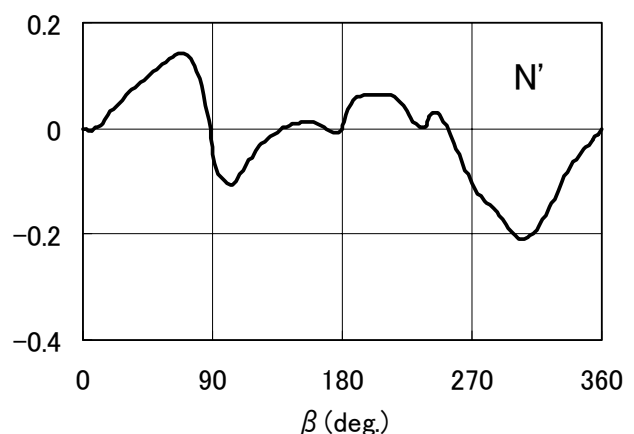
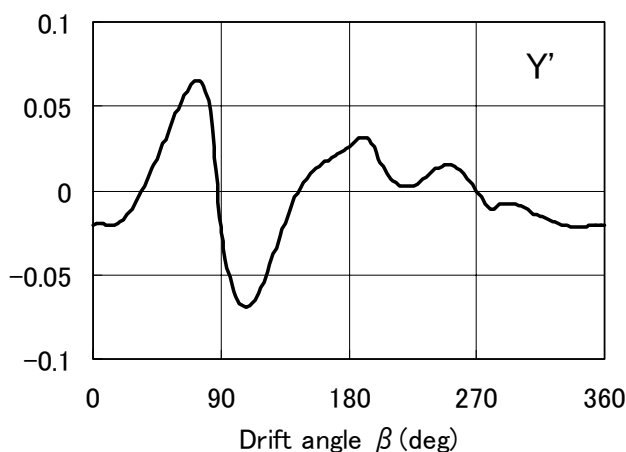
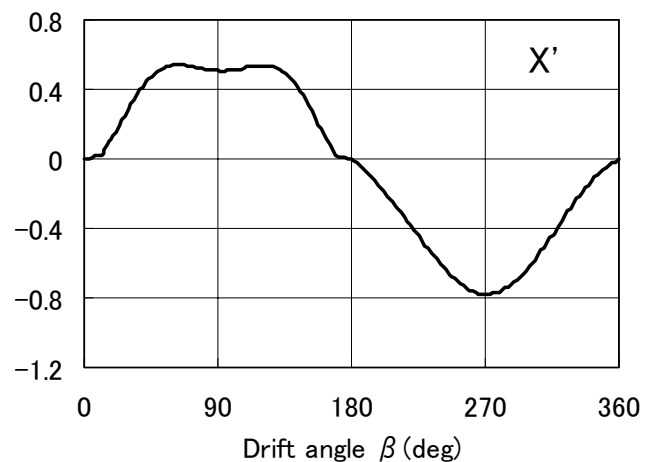


図-18 実際の航行不能船舶の漂流抵抗推定例