

Title	船尾流場におけるレイノルズ応力の性質とその数値流体力学的推定法に関する研究
Author(s)	鈴木, 博善
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43133
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	すずき ひろよし 鈴 木 博 善
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 6 6 2 2 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 14 年 1 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第2項該当
学 位 論 文 名	船尾流場におけるレイノルズ応力の性質とその数値流体力学的推定法に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 鈴 木 敏 夫 (副査) 教 授 内 藤 林 助 教授 松 村 清 重 助 教授 戸 田 保 幸

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、船尾乱流場の詳細なデータを取得すること、取得したデータを基に船尾乱流場における $k-\varepsilon$ 乱流モデルの妥当性を評価すること、 $k-\varepsilon$ 乱流モデルの船尾乱流場における数値的予測精度を調査することを目的として行われたものである。

1章では、研究に至った動機を述べた。

2章では、3次元熱線流速計を用いた乱流場計測法の概要とその精度ならびに、船尾流場の計測データについて述べ、レイノルズ応力場の性質を乱動エネルギー収支の観点から検討した。その結果、プロペラ面では船体のキール高さ付近にシアの高い領域が存在し、この領域でレイノルズ応力、乱動エネルギー k ならびに消散率 ε が大きくなること、主流方向直応力成分が他の直応力成分に比べて大きくなること、レイノルズ応力と歪み速度および渦度との相関が高いことがわかった。また船尾縦渦が乱流場の性質に大きな影響を与えないことがわかった。乱動エネルギー収支の検討から、キール高さ付近の高シア領域での乱流場は、壁乱流の性質を有し、局所平衡状態ではなく、圧力拡散による乱動エネルギー輸送が卓越した状態になっていることがわかった。

3章では、 $k-\varepsilon$ 乱流モデルを考え、船尾流場におけるレイノルズ応力を推定するための渦動粘性係数、モデル化された k 、 ε 方程式の妥当性を検討した。2章で得られた知見を基に既存のモデルを調査した結果、Shih-Lumley モデルは渦動粘性係数のモデルが歪み速度と渦度の関数で示され、高次の輸送方程式と整合性を有することがわかった。一方、モデル化された k 、 ε 方程式では、計測値を正しく説明できず、 k 、 ε 方程式に圧力拡散項モデルを付加することによって解決される可能性が有ることを示した。

4章では、3章で有望であると考えられたモデルによりどの程度船尾乱流場を推定できるかを調査するため、境界層内層を低レイノルズ数型 $k-\varepsilon$ 乱流モデル、外層を Shih-Lumley モデルとする複合モデルを含む12種類の応力推定法を用いて CFD 計算を実施した。この結果、この複合モデルはプロペラ面のキール高さ付近の高シア領域におけるレイノルズ応力推定に最も有効であることがわかった。しかし、船尾流場特有のフック状の主流方向速度等値線分布は得られなかった。また、船尾付近の壁近傍流れを推定する場合は、圧力拡散項を考慮した乱流モデルを構成する必要のあることがわかった。

5章では、結論を述べた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、船尾乱流場の詳細なデータを取得し、そのデータを基に船尾乱流場における $k-\varepsilon$ 乱流モデルの妥当性を評価すると共に、 $k-\varepsilon$ 乱流モデルの船尾乱流場における数値的予測精度を調査している。主な成果を要約すると以下の通りである。

- (1) 船尾流場の乱動計測データについてレイノルズ応力場の性質を乱動エネルギー収支の観点から検討し、プロペラ面では船体のキール高さ付近にシアの高い領域が存在すること、この領域ではレイノルズ応力、乱動エネルギー k ならびに消散率 ε が大きくなること、主流方向直応力成分が他の直応力成分に比べて大きくなること、レイノルズ応力と歪み速度および渦度との相関が高いことを示している。
- (2) 船尾縦渦が乱流場の性質に大きな影響を与えないことがわかり、エネルギー収支の検討から、キール高さ付近の高シア領域での乱流場は、壁乱流の性質を有し、局所平衡状態ではなく、圧力拡散による乱動エネルギー輸送が卓越した状態になっていることを示している。
- (3) 船尾流場におけるレイノルズ応力を推定するための $k-\varepsilon$ 乱流モデルを考え、渦動粘性係数、モデル化された k 、 ε 方程式の妥当性を検討し、2章で得られた知見を基に既存のモデルを調査した結果、Shih-Lumley モデルが渦動粘性係数の乱流拡散スケール比に対する要請を満たすことを示している。
一方、モデル化された k 、 ε 方程式では、計測値を正しく説明できず、 k 、 ε 方程式に圧力拡散項モデルを付加することによって解決される可能性が有ることを示している。
- (4) 2種類の応力推定法を用いて CFD 計算を実施しどの程度船尾乱流場を推定できるかを調査した結果、境界層内層を低レイノルズ数型 $k-\varepsilon$ 乱流モデル、外層を Shih-Lumley モデルとする複合モデルがプロペラ面のキール高さ付近の高シア領域におけるレイノルズ応力推定に最も有効であることを示している。しかし、船尾流場特有のフック状の主流方向速度等値線分布は得られず、船尾付近の壁近傍流れを推定する場合は、圧力拡散項を考慮した乱流モデルを構成する必要があることを示している。

以上のように、本論文は、船尾乱流場の詳細なデータを取得し、そのデータを基に船尾乱流場における $k-\varepsilon$ 乱流モデルの妥当性評価、 $k-\varepsilon$ 乱流モデルの船尾乱流場における数値的予測精度の調査・解明を行ったものであり、船舶海洋工学ならびに地球総合工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。