OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	船舶の主機負荷変動推定のための波浪中プロペラ有効流入速度モデルに関する研究
Author(s)	北川, 泰士
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/76575
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　北川　泰士　）	
論文題名	船舶の主機負荷変動推定のための波浪中プロペラ有効流入速度モデルに関する研究

論文内容の要旨

地球温暖化防止のための船舶からのCO_2排出量の削減を目的として，国際海事機関は船舶のEEDI (Energy Efficiency Design Index) がある基準値以下でなければ，その船舶は就航できないというEEDI規制を導入した．この基準値を満足するための手法として船舶の主機出力を抑制することが考えられている．しかし，主機出力の抑制によって推進力が低下し，荒天下における保針性能が劣るという懸念も生じている．そこで船舶設計での波浪中主機作動の安全性評価に資することを目的として，波浪中の主機負荷変動を計算によって推定するための研究を開始した．ここで波浪中主機負荷変動とは，主機回転数や燃料投入量等の主機作動状況を表す状態量の変動を意味し，舶用プロペラによる主機推進軸への波浪中トルク変動によって誘起される．このため，数値計算で主機負荷変動を評価するには，主機の負荷に対する応答特性を表す数学モデルと波浪中プロペラトルクモデルの連成問題を解く必要がある．ここで，波浪中でのプロペラトルク変動推定の一手法として，波浪中プロペラ有効流入速度モデルを適用する手法がある．本手法は計算コストや実用性の観点から工学的に価値のある計算手法であるが，過去の研究で提案されている波浪中プロペラ有効流入速度モデル，特にプロペラ位置における波の粒子運動成分モデルは，幅広い船種に適用できる汎用性を備えているとは言い難い．そこで本研究では，波浪中プロペラ有効流入速度モデルによるプロペラトルク変動推定精度を総合的に向上させるために，モデル中の船体前後揺の影響を従来手法より厳密に推定するための新しいストリップ法と，波粒子運動成分モデルを模型試験結果から同定する手法，をそれぞれ開発した．

本論文の第1章は緒論であり，研究の背景や目的を示した．

第2章では新たに開発したストリップ法の定式化とその有効性を検証した．ストリップ法は船舶の波浪中船体動揺を推定するための計算手法であるが，従来の定式化では船体表面法線ベクトルの船体長手方向成分 n_x の影響を無視している．一方で，n_x の影響項を考慮することで船体前後揺推定のための定式化はより厳密となり，前後揺ひいては波浪中プロペラ有効流入速度の精度向上が期待できる．そこで，n_x 影響項を考慮したラディエーション流体力及びスキャタリング流体力の計算法を定式化し，スキャタリング流体力の計算手法の違いによる4通りのストリップ法を新たに提案した．そして，模型試験で得られた船体動揺計測値と提案したストリップ法による計算結果を比較し，一部の波条件では前後揺の推定精度の向上が確認できる等，その有効性を示した．

第3章では，船尾位置における入射波振幅の減衰を表すために過去の研究で導入された波粒子運動成分モデル中の有効波振幅係数に焦点を当て，その係数を対象船に応じて同定する実験的手法を提案した．本手法は，模型船自航試験で計測された波浪中プロペラ推力及びトルクを解析することで波浪中プロペラ流入速度を算出することが可能という過去の知見に基づき，得られたプロペラ有効流入速度の時系列から波粒子運動成分を抽出し，フーリエ解析を用いて本係数を同定するものである．そして，提案した実験的同定手法を適用して，規則波中での模型船自航試験から実際に供試船型の有効波振幅係数を同定し，過去の有効波振幅係数モデルによる結果と差があることを示した．

第4章では，第2章と第3章で提案した手法による波浪中プロペラトルク変動の推定精度を検証するため，規則波中での模型船の自由航走試験による計測値と提案手法による計算値を比較した．試験は海上技術安全研究所の実海域再現水槽で実施し，自動操舵による直進航走を行った．プロペラ回転数の試験条件は，通例で実施される回転数一定とする条件に加え，波浪中主機負荷変動評価の一環として主機応答特性数学モデルを組み込んで実主機の応答特性を再現した模型船自航装置を用いることで，主機特性に基づいた回転数変動を与えた条件でも実施した．よって，主機特性自航装置を用いた計測値との比較の際は，同じ主機応答特性数学モデルを用いた連成計算を実施した．得られた計算値と計測値を比較し，回転数一定条件及び主機応答特性に基づいた回転数変動条件においても，本研究で提案した手法は従来手法よりも波浪中トルク変動を精度良く推定できることを示した．

第5章では，本研究を総括するとともに，波浪中主機負荷変動推定のための今後の課題について述べた．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　北川　泰士　）		
論文審査担当者	(職)	氏　名
	主査　教　授	柏　木　正
	副査　教　授	戸田　保幸
	副査　准教授	箕浦　宗彦
	副査　特任教授	日夏　宗彦

論文審査の結果の要旨

地球温暖化防止のための船舶からの CO_2 排出量の削減を目的として、国際海事機関は船舶の EEDI (Energy Efficiency Design Index) がある基準値以下でなければ、その船舶は就航できないという EEDI 規制を導入した。この基準値を満足するための手法として船舶の主機出力を抑制することが考えられている。しかし、主機出力の抑制によって推進力が低下し、荒天下における保針性能が劣るという懸念も生じている。そこで船舶設計での波浪中主機作動の安全性評価に資することを目的として、波浪中の主機負荷変動を計算によって推定するための研究が行われている。ここで、波浪中主機負荷変動とは主機回転数や燃料投入量等の主機作動状況を表す状態量の変動を意味し、舶用プロペラによる主機推進軸への波浪中トルク変動によって誘起される。このため、数値計算で主機負荷変動を評価するには、主機の負荷に対する応答特性を表す数学モデルと波浪中プロペラトルクモデルの連成問題を解く必要がある。ここで、波浪中でのプロペラトルク変動推定の一手法として、波浪中プロペラ有効流入速度モデルを適用する手法がある。本手法は計算コストや実用性の観点から工学的に価値のある計算手法であるが、過去の研究で提案されている波浪中プロペラ有効流入速度モデル、特にプロペラ位置における波の粒子運動成分モデルは、幅広い船種に適用できる汎用性を備えているとは言い難い。そこで本論文では、波浪中プロペラ有効流入速度モデルによるプロペラトルク変動推定精度を総合的に向上させるために、モデル中の船体前後揺の影響を従来手法より厳密に推定するための新しいストリップ法と、波粒子運動成分モデルを模型試験結果から同定する手法、をそれぞれ開発している。

本論文の第 1 章は緒論であり、研究の背景や目的を書いている。

第 2 章では新たに開発したストリップ法の定式化とその有効性を検証している。ストリップ法は船舶の波浪中船体動揺を推定するための計算手法であるが、従来の定式化では船体表面法線ベクトルの船体長手方向成分 n_x の影響を無視している。一方で、n_x の影響項を考慮することで船体前後揺推定のための定式化はより厳密となり、前後揺ひいては波浪中プロペラ有効流入速度の精度向上が期待できる。そこで、n_x 影響項を考慮したラディエーション流体力及びスキャタリング流体力の計算法を定式化し、スキャタリング流体力の計算手法の違いによる 4 通りのストリップ法を新たに提案している。そして、模型試験で得られた船体動揺計測値と提案したストリップ法による計算結果を比較し、一部の波条件では前後揺の推定精度の向上が確認できる等、その有効性が示されている。

第 3 章では、船尾位置における入射波振幅の減衰を表すために過去の研究で導入された波粒子運動成分モデル中の有効波振幅係数に焦点を当て、その係数を同定する実験的手法を提案している。本手法は、模型船自航試験で計測された波浪中プロペラ推力及びトルクを解析することで波浪中プロペラ流入速度を算出することができるという過去の知見に基づき、得られたプロペラ有効流入速度の時系列から波粒子運動成分を抽出し、フーリエ解析を用いて本係数を同定する手法である。そして、提案した実験的同定手法を適用して、規則波中での模型船自航試験から実際に供試船型の有効波振幅係数を同定し、過去の有効波振幅係数モデルによる結果と差があることを示している。

第 4 章では、第 2 章と第 3 章で提案した手法による波浪中プロペラトルク変動の推定精度を検証するため、規則波

中での模型船の自由航走試験による計測値と提案手法による計算値を比較している。試験は海上技術安全研究所の実海域再現水槽にて、自動操舵による直進航走状態で行われている。プロペラ回転数の試験条件は、通例で実施される回転数一定とする条件に加え、波浪中主機負荷変動評価の一環として主機応答特性数学モデルを組み込んで実主機の応答特性を再現した模型船自航装置を用いることで、主機特性に基づいた回転数変動を与えた条件でも実施している。よって、主機特性自航装置を用いた計測値との比較の際は、同じ主機応答特性数学モデルを用いた連成計算が実施されている。得られた計算値と計測値を比較し、回転数一定条件及び主機応答特性に基づいた回転数変動条件においても、本研究で提案した手法は従来手法よりも波浪中トルク変動を精度良く推定できることが示されている。

第5章では、本研究を総括するとともに、波浪中主機負荷変動推定のための今後の課題が述べられている。

以上のように、本論文は、波浪中プロペラ有効流入速度をより精度良く推定するために、波浪中での船の前後揺や船尾位置での入射波の有効波振幅係数を推定する新たな手法を提案し、それに基づく波浪中プロペラトルク変動の推定値が、プロペラ回転数一定の場合だけでなく主機応答特性に基づくプロペラ回転数の変動を与えた場合の計測値ともほぼ一致することを示したものであり、実海域における船舶推進性能の推定精度向上や波浪中主機作動の安全性評価など、船舶工学の研究発展に資する重要な成果である。

よって本論文は、博士論文として価値あるものと認める。