



Title	Measurement and Applications of Pressure Distribution on Ship Hull Surface in Seakeeping
Author(s)	鈴木, 寛太郎
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/96085">https://hdl.handle.net/11094/96085</a>
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。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。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## 論文内容の要旨

氏 名 （ 鈴木 寛 太 郎 ）

## 論文題名

Measurement and Applications of Pressure Distribution on Ship Hull Surface in Seakeeping  
(耐航性分野における船体表面圧力分布の計測と応用)

It is demanded to improve the accuracy of pressure estimation by numerical schemes used in the ship propulsion field and seakeeping field because they are expected to help design rational ships with low construction costs, enough safety, and high propulsion efficiency. The information on pressures acting on the hull in actual service is also important for rational ship designs. In that case, the pressure distribution must be predicted from the pressure data measured at some points because the multiple measurement on an actual ship is not realistic from the viewpoints of cost and management. For the improvement of numerical schemes, reliable data of measured pressure distribution is essential, which is used for the comparison with estimated values. However, those data in waves had not been obtained because of some reasons for measurement devices, such as the size. In recent years, it was proposed to measure pressure distribution on the ship hull with Fiber Bragg Grating pressure sensors (FBG) in towing tank tests for aiming at the validation and improvement of numerical schemes. Whereas the validity of the measured pressure data has not been investigated in detail.

Therefore, it was investigated whether the pressure distribution measured by FBG pressure sensors was reliable data for the validation and improvement of simulation schemes. Furthermore, to reproduce the pressure acting on an actual ship hull, the reproduction method with convolution integral was attempted. In this dissertation, the head wave condition was assumed, and the unsteady pressure distribution was predicted using time series data measured at one point. This would be the basic study to expand to the multidirectional waves, in which some measurement points would be used.

In Chapter 1, the background, contents, and objectives of this study were described.

In Chapter 2, a formulation of the Rankine panel method was explained. The estimated values were used for reference values of measured data in Chapter 5 and for reproducing pressure distribution in Chapter 6.

In Chapter 3, the used devices, experiment for the investigation of temperature interference of the latest FBG pressure sensors, and the measurement of pressure in regular and irregular waves were explained.

In Chapter 4, the temperature interference of the FBG pressure sensor version 7 (ver. 7) was investigated. While the FBG pressure sensor in older versions was influenced by the temperature, ver. 7 showed improvement regarding temperature interference because of increasing the rigidity of the sensor ring frame and installing a stainless-steel sheet to the diaphragm.

In Chapter 5, the usefulness of pressure data measured by FBG pressure sensors was discussed through the comparison with conventional strain-type pressure sensors. Furthermore, the pressures were validated by integrating measured pressure and by comparing the forces with directly measured ones. These investigations concluded that measured unsteady pressures were valid data for the simulation schemes. However, steady pressures showed the gap between the outputs of FBG pressure sensors and strain-type pressure sensors because disturbed flow by numerous attached sensors would strongly influence the steady pressure. In addition, the dominant hull surface for added resistance was also visualized using the obtained pressure distribution through the investigation.

In Chapter 6, the time series of pressure distribution was reproduced through convolution integral using measured pressure data at one point. The reproduced pressure distribution was compared with directly measured pressure distribution and showed generally good agreement. The impulse response function has non-causality, so it is not appropriate for real-time prediction, but it could be applied to the on-board monitoring data analysis.

Chapter 7 summarized this study.

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 鈴木 寛太郎 )			
論文審査担当者	(職)		氏 名
	主 査	教授	箕浦 宗彦
	副 査	教授	飯島 一博
	副 査	教授	牧 敦生
	副 査	教授	岩下 英嗣 (広島大学大学院先進理工系科学研究科)

## 論文審査の結果の要旨

船舶の水面下の圧力分布の変化は船の動揺や変形を生じさせる。船舶の設計や運用の指標となる安全性や経済性は、船の動揺や変形により決まるので、この圧力分布を正確に知ることは工学的に意義のあることである。従来、模型船を用いた水槽実験では、ひずみ式の圧力ゲージを模型船表面に埋め込むことで圧力計測が行われてきた。しかし、この圧力ゲージはその大きさや仕組みから水面下船体表面の全面に取り付けることができないため、点としての圧力は正確に計測できるものの、面として圧力分布は計測できない。一方、近年、小型極薄で数珠つなぎに接続できる貼り付け式の光学式圧力センサー (Fiber Bragg Grating pressure sensors : FBG 圧力センサー) が開発され、面として圧力分布を正確に計測できる可能性が開かれた。本研究では、FBG 圧力センサーを適用して計測された船体水面下の圧力分布データが、圧力分布の数値シミュレーションの検証と改善にとって信頼できるデータであることを検証している。さらに、数値シミュレーションの応用として実船での運用を考えた場合に、限られた点で計測された圧力情報から水面下全面の圧力分布を再現する手法を提案している。その内容を論文の章ごとに次の通りにまとめている。

第1章では、本研究の背景、関連する従来の研究事例を示し、本研究の意義および目的と実施内容を示している。

第2章では、船体水面下の動的な圧力分布を数値的に求めるための三次元ポテンシャル理論に基づくランキンパネル法の定式化について説明している。推定値は第5章で測定データの参考値として使用し、第6章で船体水面下の圧力分布の再現に使用している。

第3章では、船体水面下の動的な圧力分布計測において使用した装置および最新の FBG 圧力センサーの温度干渉調査実験、規則波と不規則波の圧力測定について説明している。

第4章では、FBG 圧力センサーバージョン 7 (Ver. 7) の温度干渉の調査について説明している。旧バージョンの FBG 圧力センサーは温度の影響を受けているが、Ver. 7 はセンサーリング枠の剛性アップとダイヤフラムへのステンレスシートの装着により温度干渉が改善されていることを示している。

第5章では、FBG 圧力センサーで計測された圧力データの有効性について、従来のひずみ式圧力センサーとの比較により議論している。さらに、測定された圧力分布を積分して得られる力を、別途検力計で直接測定されたものと比較することによって、その有効性を検証している。また、波浪中抵抗増加となる船体表面圧力成分を抽出して可視化し、それを数値計算結果と比較している。これらの検証により、測定された非定常圧力 (波浪に起因する圧力) は数値シミュレーションの検証にとって有効なデータであると結論づけている。しかし、定常圧力では、取り付けられた多数のセンサーによる流れの乱れが圧力に大きな影響を与えるため、FBG 圧力センサーとひずみ式圧力センサーの出力の間にギャップが見られることを指摘している。

第6章では、実船での運用を考え、参照点となるただ一点の圧力測定データ (時系列データ) と、数値計算で得られる船体表面位置による圧力相互関係を表すインパルス応答関数を畳み込み積分することで、船体表面全面の圧力時系列を再現する手法を提案している。再現された圧力分布は直接測定された圧力分布と比較され、概ね良好な一致を示している。このインパルス応答関数には非因果性があるため、リアルタイム予測には適さないが、オンボードモニタリングデータの事後解析には応用できると期待される。

第7章は、本研究で得られた成果のまとめである。

以上のように、本論文では、最新の **FBG** 圧力センサーを用いた波浪に起因する船体水面下の圧力分布の計測結果を、従来の手法による計測結果との比較によりその有効性を示し、およびランキンパネル法による数値計算との比較によりそのデータの有用性を示している。さらに、水面下船体表面のただ一点で計測された圧力時系列より、船体表面全面の圧力時系列を推定する手法を提案し、その合理性を実験的に示しているという点で、工学的に新規性・有用性が高い。本論文の波浪条件は正面向かい波に限定されているが、この成果は、今後、実海域条件である多方向不規則波に拡張するための基礎的な研究となる。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。