

学 位 論 文 の 要 旨

異種液体間の液滴－液膜衝突に関する研究

Study of collision between droplet and liquid film in different liquid.

氏 名 岡本 真也 印

本研究は、異種液体間の液滴、液膜の衝突を解明することを目的としたものである。過去から現在にかけて、液滴と固体壁面、あるいは同一液体を使用した液滴と膜面の衝突に関する研究は数多く行われており、現象の解明が進んでいる。一方、液滴と液膜が異なる液体とした異種液体間の衝突に関しての研究例は少ない。異種液体間の液滴－液膜衝突現象は、エンジン内における燃料液滴とエンジンオイル膜を有するシリンダ壁面衝突に見られ、エンジンの環境性能向上のために重要な要素となっているものの、現状の壁面衝突モデルでは異種液体間の衝突挙動は考慮されていない。そこで本研究では、液滴と液膜が異種の液体とした場合の衝突挙動の解明を行う。

本研究は異種液体間の液滴、液膜の衝突挙動の解明を目指し、衝突挙動を観察する実験を行った。実験は大きく3つ行われ、初めに異種液体間の衝突挙動で、実際に何が起こるのかを確認した。次に異種液体間の衝突挙動における特徴点および重要なパラメータの抽出を行った。最後に、前2つの実験結果を参考に異種液体間の衝突挙動の解明とモデル化を試みた。衝突挙動の観察結果や、衝突時に二次液滴が分裂、飛散する Splash 現象において、生じた二次液滴の形成メカニズムを総合的に判断して衝突挙動を整理した。その結果、異種液体間の液滴－液膜衝突挙動を4つのタイプに分類した。これら挙動について、ウェーバー数とラプラス数による分類のための実験式を構築した。

本研究は、異種液体間の液滴－液膜衝突の中でも、エンジン内の現象を解明するという観点から、特に低粘性の液滴が、高粘性の液膜に衝突する現象に着目した。しかしながら、得られた結果は、エンジン内に限らず、他の異種液体間の液滴－液膜衝突現象に応用が可能である。

本論文は、全6章で構成されており、各章の内容は以下のとおりである。

第1章では、研究の背景として、過去に行われた液滴の衝突に関する研究のまとめを行い、異種液体間の衝突現象を解明する目的と意義を述べた。

第2章では、実験装置の概要説明と、実験方法についてまとめた。

第3章では、実際のエンジン内の燃料液滴、エンジンオイル液膜の衝突を模擬した実験系を構築し、異種液体間の液滴－液膜の衝突挙動を観察した。本章は異種液体間の液滴－液膜衝突で実際に何が起こるのかを確認することを主な目的とした。観察の結果、異種液

体間の衝突によって発生する現象は、過去の同一液体間の衝突で発生する現象と同様であることが確認された。しかしながら、液膜の粘性が影響を与えており、発生する現象の切り替わる臨界値は同一液体間の場合と異なることが示された。液膜の粘性は異種液体間の衝突挙動に大きな影響を与えており、これを利用して実験結果をまとめることが可能であることを示した。

第4章では、エンジン内の燃料液滴とエンジンオイル膜を有するシリンダ壁面の衝突現象をモデル化するため、単純化した実験系を用いて衝突挙動を観察する実験を行った。本章では、異種液体間の衝突現象の特徴をつかむこと、衝突挙動に対するパラメータの依存度を確認することを目的とした。実験結果の特徴の理解や、パラメータの効果を知るのに適している実験計画法の直交表を用いた実験を行った。実験条件は、実際のエンジン内の燃料液滴のシリンダ壁面衝突を参考に、過去の研究結果を参考に範囲を設定した。実験結果に分散分析を行い、各パラメータの評価を行った。結果、エンジン内で発生する異種液体間の衝突現象において、特に効果の大きいパラメータは液膜の粘性と液滴の衝突速度であることを示した。異種液体間の **Splash** 現象の観察結果と、発生の際に依存するパラメータの解析より、異種液体間の **Splash** 現象はいくつかのタイプに分けられることを示した。

第5章では、前章の実験結果をもとに、異種液体間の衝突挙動の解明を試みた。本実験では前章と同様の、液滴—液膜の衝突挙動を観察する実験と、**LIF** 法を用いた液滴—液膜の分離撮影実験を行いこれらの結果を用いて衝突挙動を評価した。実験は前章で特に効果の大きかったパラメータである、液膜の粘性と液滴の衝突速度に注目して行った。前章で示された **Splash** タイプに注目し、衝突挙動を詳しく観察を行い、衝突挙動を4タイプに分類した。これらの特徴を示し、発生メカニズムを考察した。現象の切り替わる臨界値をウェーバー数とラプラス数を用いた実験式で表した。

第6章では、各章で得られた結論を要約し、総括した。

学 位 論 文 の 要 旨

異種液体間の液滴－液膜衝突に関する研究

Study of collision between droplet and liquid film in different liquid.

氏 名 岡本 真也 印

This study aimed to elucidate the collisions between droplets and a liquid film, where the liquid film and the droplets are composed of different liquids. There has been substantial research on the collisions of droplets on walls and on films composed of the same liquid as the droplets. Conversely, few studies have investigated the collisions between droplets and a film composed of a liquid different from that of the droplets. This collision phenomenon can be observed when fuel droplets collide with the cylinder walls of an actual engine. Understanding this phenomenon is important for improving the environmental performance of engines. The current wall collision model does not consider the effect of different liquids of the droplets and the film on collision behavior. This study aims to clarify the collision behavior by considering different liquids, such as engine oil.

Three experiments were conducted in this study. First, the collision of spray droplets on different liquid films was observed. Second, the characteristic points and important parameters of the collision behavior of different liquids were extracted. Finally, the collision behavior of different liquids was evaluated by referring to the two previous experimental results. By organizing the experimental results, the collision behavior of different liquids was classified into four categories. An empirical formula that represents the classified phenomena was derived.

This paper is composed of six chapters. In Chapter 1, the background and purpose of the study are described. Chapter 2 details the experimental apparatus and methods.

In Chapter 3, the behavior of collision between droplets and films of different liquids is observed. The collision behavior of droplets on wet walls of a gasoline engine is modeled.

Chapter 4 details the experiment carried out to simulate the impingement of fuel droplets on an engine oil film in an engine. This experiment aimed to examine the characteristics of the collision phenomena of different liquids and analyze the dependence of the parameters on the collision behavior.

In Chapter 5, on the basis of the experimental results, the collision behavior of different liquids under the simplified experimental system is discussed. The collision behavior of different liquids is classified into four categories. The characteristics of the collision behavior and underlying mechanisms are discussed and elucidated.

Chapter 6 summarizes the conclusions drawn from the study.