

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12421 号
------	---------------

氏 名 丹波 高裕

論 文 題 目

Shock Wave Modulation by Local-Disturbance/Turbulence
(局所的な擾乱/乱流による衝撃波の変調)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	佐宗 章弘
委員	名古屋大学	教授	酒井 康彦
委員	名古屋大学	教授	辻 義之
委員	名古屋大学	准教授	森 浩一
委員	名古屋大学	講師	岩川 輝

論文審査の結果の要旨

丹波高裕君提出の論文「Shock Wave Modulation by Local-Disturbance/Turbulence (局所的な擾乱/乱流による衝撃波の変調)」は、衝撃波面とその背後圧力場に対する様々な形態の擾乱の影響を、実験およびそのデータ解析により明らかにしている。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、衝撃波に関わる工学的諸問題について例示し、共通する基礎物理現象として衝撃波背後圧力場の変調を挙げている。それを変調させうる要素として温度/密度擾乱と速度擾乱を示し、それぞれについてこれまでの研究動向および課題についてまとめている。衝撃波に関わる問題を解決するためには、こうした擾乱の影響を予測・制御することが必要であり、温度/密度擾乱および速度擾乱が衝撃波面および背後圧力場に与える影響を評価することを本研究の目的として記している。

第2章では、衝撃波-境界層干渉に対して局所的な温度/密度・速度擾乱が及ぼす影響を明らかにしている。シュリーレン可視化画像から衝撃波の振動周波数を定量評価する手法を開発し、境界層干渉によって自励振動する衝撃波の振動スペクトルが、高繰り返しパルスレーザーで生成された局所擾乱との干渉によって変調されることを示した。変調の形態は擾乱投入周波数によって異なり、衝撃波の振動を人為的に加えた擾乱で制御できることを実証した。特に、高周波数で擾乱を与えた場合に生じる衝撃波振動の低周波帯への変調は、本研究で初めて明らかにされたものである。

第3章では、局所的な速度擾乱が弱いブラスト波背後の圧力場に及ぼす影響について研究を行った。長距離伝播させたブラスト波を用いることで3次元性の影響を抑制し、弱い準平面衝撃波と乱流との干渉を定量評価できる系を構築した。同一平面内で多点圧力計測を行ったところ、ブラスト波伝播過程に存在する速度変動により相対衝撃波マッハ数が局所的に変化し、単一のイベントにおいてブラスト波の圧力履歴が場所ごとに不規則に大きく変化することを明らかにした。さらに、ピーク過剰圧力の標準偏差は乱流との干渉によって約7倍に増大するなど、統計的にも顕著な変調がなされることを示した。

第4章では、実験室内にて平面衝撃波-格子乱流干渉の実験を実現するため、新たに「対向衝撃波管」を開発し、実験に取り組んだ。平面衝撃波の発生を時間的に制御するため、セロハン隔膜とエアシリンダーを組み合わせた能動破膜機構を開発した。左右端に対抗する向きに設置した2つの高圧室にこの機構を適用し、平面衝撃波を同期して生成して対向流れとの干渉実験を実現した。さらに、これまで隔膜破断条件の制約により下限があった衝撃波マッハ数を、多孔平板を組み合わせた多孔質体で平面衝撃波を減衰させることによって、1.01程度まで下げることに成功した。これらの装置を用いて、平面衝撃波の伝播マッハ数と格子乱流強度を独立に変化させて、干渉実験を行った。干渉の影響は衝撃波が相対的に弱い場合に顕著であり、相対衝撃波マッハ数の変化に伴って衝撃波面には局所的な歪みが生じることがシャドウグラフ可視化法で観測された。さらに、この衝撃波面の変調は干渉距離が長いほど顕著になることが示された。

第5章では、本研究の結論を与えている。

以上のように、本論文では、局所擾乱/乱流による衝撃波波面および背後圧力場の変調を実験的に捉え、大きく変調されることが示された。これらの結果は、衝撃波干渉の物理の解明とその応用、特に衝撃波によってもたらされる被害の予測や低減に重要であり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である丹波高裕君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。