レーザ誘起熱音響波を利用した衝撃波誘起温度計測

Shock-induced temperature measurement using laser-induced thermal acoustics

○ 正 水書稔治 (東海大・工)

Toshiharu MIZUKAKI, Tokai University, Kitakaname 1117, Hiratsuka 259-1292

Key Words: shock waves, laser-induced thermal acoustics, laser-applied thermometry, electrostriction

1 結論 レーザ誘起熱音響波 (Laser-induced thermal acoustics: LITA) ⁽¹⁾ は、レーザ光の非線形光学効果により発生する音響波である。これにより媒質中に誘起される過渡格子は、動的回折格子であり、媒質の物性、レーザ光波長、光学系の幾何学的配置および媒質中の音速に依存した回折効率変化を示す。したがって、過渡格子の回折効率の時間変化計測から媒質の物性が評価できる。

本報では、極短時間現象である衝撃波背後温度変化を LITA を利用して計測した。測定対象は、大気中での高圧放電による球状衝撃波の背後温度である。また、数値解析で得た衝撃波背後の温度場と比較し、LITA 計測での温度評価精度を検証した。

2 実験方法 図 1 に実験系を示す。LITA 計測には、励起光 (LITA 発生用) およびプローブ光 (回折光発生用) の二種の異なる波長のレーザ光が必要となる。励起光 Pump laser (パルス Nd:YAG レーザの第 2 高調波)、光学系 Optics を介した後、強度を等分された平行光となり、レンズ L に入射後、収束・交差させる。交差領域で過渡格子が発生する。プローブ光 Probe laser (アルゴン・イオンレーザ光) は、励起光と同様の光学系を経由し、交差領域に Bragg の条件を満たす角度で入射させる。温度情報を含んだ回折光 (図中点線) は、集光用レンズ L で再び平行光となり、ビームダンパ BD を通過した後、ミラーにより光電子増倍管 PMT に導入する。取得した信号を高速デジタルオシロスコープ DPO で記録する。Pump laser から Q-Switch 同期信号を分岐し、計測開始スイッチ SW との AND 制御でトリガ信号発生器 TG を作動させる。さらに、必要な遅延時間をデジタル遅延器 DG で与えた後、高圧放電装置 SH を作動させ、球状衝撃波 SF を測定領域に伝播させる。DPO には、圧力変換器 PG とシグナル・コンディショナ SC からの球状衝撃波による反射過剰圧が、フォト・ダイオードによりレーザ照射時刻が、また、高圧放電装置の作動時刻が同時に記録される。

Fig. 1: Experimental setup for shock-induced temperature using LITA

3 実験結果 測定位置 x は、放電電極からそれぞれ、30, 40, 50, および 60 mm である。得られた温度分布から、温度が経過時間に伴い指数関数的に減衰すると仮定し、最小二乗法により係数を決定した。 $x = 0$ mm における温度比 T^0/T_0 を求め、衝撃波背後温度を推算した。さらに、測定位置での衝撃波反射過剰圧をピエゾ式圧力変換器で測定し、衝撃波背後温度を推算した。図 2 に、LITA 計測による衝撃波背後温度比 T^0/T_0 と過剰圧計測から推定した値の距離依存特性を示す。過剰圧測定は 10 回繰り返し、平均過剰圧から算出した。過剰圧のばらつきは、1% であった。図から、LITA による温度比と過剰圧計測による値は、最大 4% の差異で一致した。

Fig. 2: Comparison of peak temperatures behind shock front

4 まとめ 本発表をまとめると：

- 衝撃波フォーカシング時の媒質温度特性研究の初期的実験として、高圧放電で大気中に発生させた球状衝撃波背後温度をレーザ誘起熱音響波 (LITA) を利用し、計測した。
- 放電電極から距離 30, 40, 50, 60 mm で球状衝撃波通過後の温度履歴を測定した。最小二乗法で得た温度履歴曲線式から衝撃波背後温度 (T^0/T_0) を評価した。
- LITA 計測で得られた T^0/T_0 を、相当する距離で計測されたピーク過剰圧から評価した衝撃波背後温度比と比較した。両者の差異が最大約 4% であった。

参考文献

(1) H. J. Eichler et al., Laser-Induced Dynamic Gratings, Springer-Verlag (1986)