

## （第12回）2016年度・研究助成報告

研究題名	数値シミュレーションを用いた粉塵爆発の発生予測
研究期間	2016年4月1日～2018年3月31日
研究機関・所属 研究者名	京都大学 大学院工学研究科機械理工学専攻 武藤昌也

## 1. 2016（2017）年度研究成果の概要

本研究では炭塵爆発の基礎研究として、着火および初期の火炎伝播に着目して数値シミュレーションによる予測手法を確立し、爆発下限濃度および着火源特性の詳細な機構解明と発生条件を予測することを目的としており、2016年度は、まず数値シミュレーションによる爆発現象の予測手法の確立を実施した。具体的には、流れ場の非定常性を再現する large-eddy simulation (LES) の採用、爆発に伴うガス膨張の考慮法の採用、粉塵を質点近似により Lagrange 的に追跡する手法の採用、ガス相の化学反応を低計算負荷で行うための Flamelet/progress-variable (FPV) 法の採用、火炎面を正確に補足するための G 方程式法の採用を行い、結果的に微粒子が分散して浮遊する場を伝播する火炎のシミュレーション手法を確立した。本手法は、近年の同様のシミュレーション手法に対して、計算不可が比較的小さく、工学的により有用であると考えられる。

## 2. 助成期間内での研究成果の概要

本研究では炭塵爆発の基礎研究として、数値シミュレーションによる予測手法を確立し、爆発下限濃度および着火源特性の詳細な機構解明と発生条件の予測を目的として研究を実施した。2016年度には数値シミュレーションによる爆発現象の予測手法の確立を実施した。次に2017年度には確立したシミュレーション手法を用いて、下記のような矩形管内の微粒子分散領域を対象にして、微粒子の運動予測の有無による火炎伝播速度および流れ場への影響を検討した。

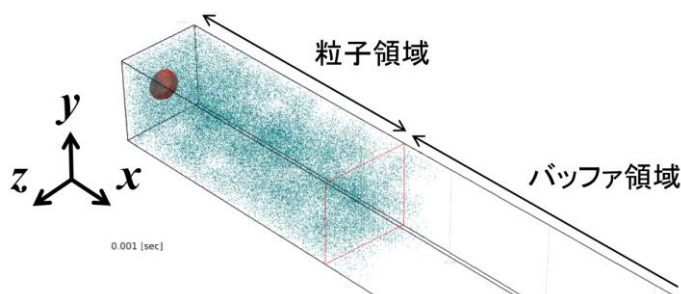


図1 微粒子が分散する矩形管内流れ

図 2 には分散微粒子の運動を無視した場合の、図 3 には分散微粒子の運動を考慮した場合の火炎伝播過程における流れ場のガス温度分布の時系列を示す。時刻は着火開始からの経過時間を示す。粒子運動を考慮することにより、流路内高さ方向中心付近の温度が粒子運動を無視した場合と比較していずれの自時刻においても大きく上昇していることが分かる。また、火炎先端の時間的な推移から、粒子運動を考慮することにより伝播速度が増大することも分かる。また、いずれの場合においても高さ方向壁面付近の温度が高さ方向中心付近と比較して高い値を示すのは、本研究では壁面に断熱条件を課しており、高さ方向中心付近において生じる微粒子の蒸発潜熱による熱損失が発生しないためと考えられる。粒子運動を考慮した場合と無視した場合との差異は、本研究の条件下においては、粒子運動を考慮することにより、燃烧反応に起因するガス膨張に伴い火炎面下流の微粒子がより下流へと輸送され、粒子運動を無視した場合と比較して、火炎面付近の当量比が量論混合比に近くなったためと考えられる。このことから、粒子運動の正確な予測が本研究で対象とする火炎伝播には重要であることが分かる。この結果は、過去の定常火炎の数値シミュレーション例と比較しても定性的に妥当な結果であると考えられ、今後、着火方法による火炎伝播への影響や、予混合気の当量比や粉塵の濃度や粒径が爆発発生条件へ与える影響について、詳細な解析を行う上での基礎的な検討を行うことができたと考えられる。

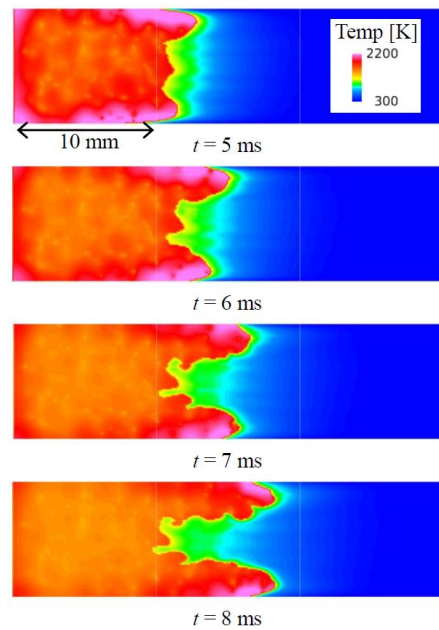


図 2 粒子運動を考慮しない場合のガス温度分布の時系列

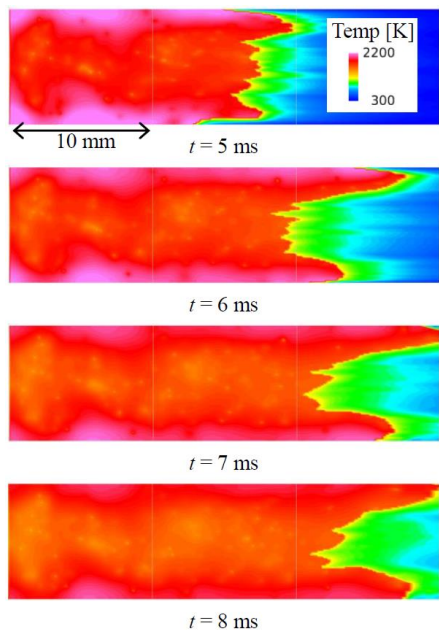


図 3 粒子運動を考慮した場合のガス温度分布の時系列

### 3. 研究発表

1. 武藤昌也, 数値シミュレーションを用いた粉塵爆発の発生予測, 粉体工学会 2018 年度春期研究発表会, 京都, 2018 年