

気泡と壁乱流の相互干渉は、気泡による抵抗低減に大きく影響すると考えられているが、実験による計測が困難なことなどから、詳細は良く分かっていない。本研究においては、直接数値シミュレーションにより、気泡と壁乱流の相互干渉の詳細を明らかにすることを目指している。

本年度は主に計算コードの開発と改良を行った。モデル導入による不確定性をなくすため、変形する個々の気泡を境界条件を通して直接取り扱う方法を採用した。計算コードの検証は、単一上昇気泡周りの流れに対して行い、広いレイノルズ数とウェーバー数の範囲に対して高い精度を有することを示した。本計算コードにおいては、気泡の形状を球面調和関数を用いて表現することで、変形の影響を正確に取り扱うことを可能にした点が、レベルセット法やVOF法などの従来手法と異なる。静止水中を上昇する単一気泡の計算を行った結果、高い精度を確認した。図1に気泡の終端速度から求めた抵抗係数の経験式との比較を示す。

本計算コードを用いて、周期条件を課す計算領域中に最大54個の気泡を含むチャンネル乱流の直接数値シミュレーションを行った。平均流速とチャンネル高さベースのレイノルズ数は約5500とし、体積平均ボイド率は3%と9%の2つの場合の計算を行った。摩擦抵抗の低減は確認されなかったものの、図2に示すように気泡により流れ方向の乱れがやや減少し、スパン方向と壁方向の乱れが増加するという結果が得られた。また、この傾向は平均ボイド率の増加に伴い顕著になることも同時に示された。図3に計算中の気泡の分布の例を示す。流速が小さいため気泡の変形は小さいが、壁近傍の速度勾配が大きい領域にある気泡には変形が確認される。

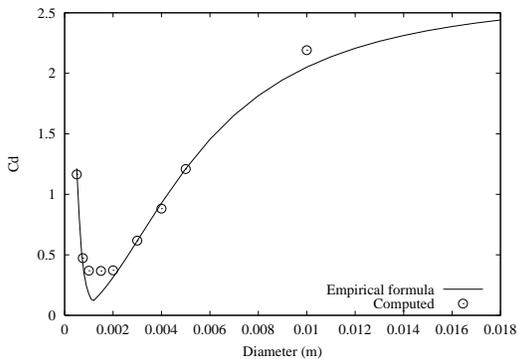


図1 静止水中単一上昇気泡の抵抗係数

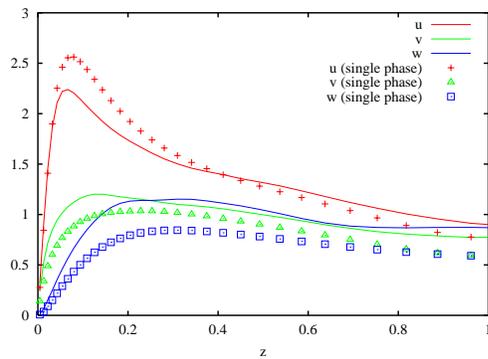


図2 気泡を含むチャンネル乱流の直接数値シミュレーションにおける変動速度成分の分布。レイノルズ数約6000、平均ボイド率9%。重力の影響を含まない。

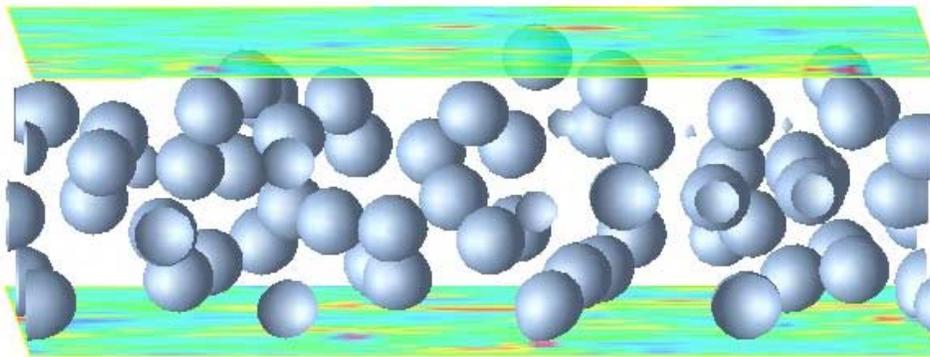


図3 気泡を含むチャンネル乱流の直接数値シミュレーションにおける気泡の分布と形状。レイノルズ数約6000、平均ボイド率9%。重力の影響を含まない。