

## 二国間交流事業 共同研究報告書

平成 23年 4月 6日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

共同研究代表者所属・部局 岡山大学大学院自然科学研究科

(ふりがな)  
職・氏名 教授・柳瀬眞一郎(やなせしんいちろう)

1. 事業名 相手国 (ロシア) との共同研究 振興会対応機関 (R F B R)

2. 研究課題名 基礎及び工学問題における流体力学的不安定性と乱流の計算科学的解明

3. 全採用期間

平成 21 年 4 月 1 日 ~ 平成 23 年 3 月 31 日 (2 年        ヶ月)

4. 経費総額

(1) 本事業により執行した研究経費総額 5,000,000 円

初年度経費 2,500,000 円、 2年度経費 2,500,000 円、 3年度経費 0 円

(2) 本事業経費以外の国内における研究経費総額 0 円

## 5. 研究組織

### (1) 日本側参加者（代表者は除く）

氏名 <small>(ふりがな)</small>	所属・職名	研究協力テーマ
薦原 道久 <small>(つたはら みちひさ)</small>	神戸大学・教授	蒸発凝縮流への格子ボルツマン法の適用
金田 行雄 <small>(かねだ ゆきお)</small>	名古屋大学・教授	DNSに基づく乱流の統計理論
中村 佳朗 <small>(なかむら よしあき)</small>	名古屋大学・教授	圧縮性乱流の数値シミュレーション
石井 克哉 <small>(いしい かつや)</small>	名古屋大学・教授	高精度差分解析法の開発
中山 昭彦 <small>(なかやま あきひこ)</small>	神戸大学・教授	壁面・水面近傍流れのLESのモデル化
石原 卓 <small>(いしはら たかし)</small>	名古屋大学・准教授	非一様乱流の高精度DNSの開発
葛生 和人 <small>(くずう かずと)</small>	名古屋大学・准教授	噴霧流の数値解析
片岡 武 <small>(かたおか たけし)</small>	神戸大学・准教授	格子ボルツマン法による密度成層流の計算
田口 智清 <small>(たぐち さとし)</small>	神戸大学・助教	混合気体の格子ボルツマン法による解析
百武 徹 <small>(ひゃくたけ とおる)</small>	横浜国立大学・准教授	血球を含む流れの数値解析
水藤 寛 <small>(すいとう ひろし)</small>	岡山大学・教授	血管内流の数値解析と実験との比較
後藤 晋 <small>(ごとう すすむ)</small>	岡山大学・准教授	乱流中の渦構造の解析
田中 満 <small>(たなか みつる)</small>	京都工芸繊維大学・准教授	気泡を含む流れの数値解析
清水 義也 <small>(しみず よしや)</small>	岡山大学・博士後期課程学生	回転円盤付近の流れ解析

### (2) 相手国側研究代表者

所属・職名・氏名

ロシア科学アカデミー・ICAD・教授・Oleg Belotserkovskii

### (3) 相手国参加者（代表者は除く）

氏名	所属・職名（国名）	研究協力テーマ
Valentin Guschin	ICAD・Professor（ロシア）	高精度差分解析法の開発
Alexander Babakov	ICAD・Professor（ロシア）	乱流中の渦構造の数値解析
Oleg Troshkin	ICAD・Professor（ロシア）	乱流中の渦構造の理論解析
Pavel Utkin	ICAD・Junior Research Scientist （ロシア）	混合気体の格子ボルツマン法による解析
Igor Menshov	KIAM・Professor（ロシア）	圧縮性乱流の数値シミュレーション
Valerii Chechetkin	KIAM・Professor（ロシア）	壁面・水面近傍流れのLESのモデル化
Ilya Semenov	ICAD・PhD（ロシア）	蒸発凝縮流への格子ボルツマン法の適用
Ilya Abalakin	MMI・PhD（ロシア）	格子ボルツマン法による密度成層流の計算
Gorobets Andrey	MMI・PhD（ロシア）	気泡を含む流れの数値解析
Nikolay Nikitin	Moscow State University・ Professor（ロシア）	格子ボルツマン法による数値解析

6. 研究実績概要（全期間を通じた研究の目的・研究計画の実施状況・成果等の概要を簡潔に記載してください。）

本共同研究の目的は、これまで共同研究等を通して培ってきた、日本・ロシア両国の流体力学における計算モデル、および計算技術を結集して、乱流、混相流を含む複雑流動現象を解明し、基本的な知見を得るとともに、高度な数値モデルおよび計算技術を確立することを目指すものであった。具体的には下記のようなサブテーマについて共同研究を行った。

- (1) 統計的に一様な乱流場の大規模直接数値シミュレーション(DNS)データの解析によって、乱流中の統計的普遍性、とくに慣性小領域におけるエネルギーカスケードおよび散逸率、さらに速度場の持つ間欠性、スケーリング則、自己相似性、スケール間の関係性、特異性の強さなど、粗視化された乱流場のもつ統計的性質を調べた。(金田, Belotserkovskii)
- (2) 流体力学的に重要でカノニカルな問題である非一様性乱流場（平行平板間乱流、乱流境界層、パイプ流、ジェット）の高精度・高解像度な大規模直接数値計算（DNS）を実施した。特に乱流境界層のDNSにおいて、ヤコビ関数展開法を用いた従来手法と Sinc 関数展開法を用いた新しい計算手法の計算精度を大規模な DNS による比較を行った。(石原, Menshov)
- (3) 乱流および流体の不安定解析の基礎となる高精度高解像度流体解析スキームの開発を行った。特に、多数の物体群間をすぎる流れなど、複雑な形状をもつ流路間の流れ解析を、高精度高解像度で行えるよう汎用的な流体解析コードの開発を、結合コンパクト差分を使うことで実現した。(石井, Gushchin)
- (4) ヘリカル管路を流れる混相流の計算コードを作成した。高い数値解を得るためにスペクトル法を用いて丸め誤差を極限まで減らす。最初に、低レイノルズ数の計算を行い、線形安定性の結果と比較し、次に、高レイノルズ数の計算を実行し、結果と比較した。最終的にコードの最適化を行い完成させた。(柳瀬, 水藤, 百武, Troshkin, Babakov)
- (5) 回転流体のシミュレーションコードを作成し、絶対渦度ゼロ状態の流れ構造・渦構造を解析した。(柳瀬, 後藤, 田中, Troshkin, Babakov)
- (6) 以前の日露共同研究で行ってきた、衝撃波と乱流強さのシミュレーション（2次元）を3次元問題に拡張し、それを計算するためのプログラムを作製した。(中村, Menshov)
- (7) 蒸発凝縮を考慮した格子ボルツマン法のモデルの構築を行った。まず2次元モデルを構築し、これを音場内の液滴に適用し、液滴と音の相互作用を明らかにした。また乱流場に液滴を導入し、液の蒸発が乱れにおよぼす効果を明らかにした。(葛原, 田口, Semenov)

以上のサブテーマについて研究を遂行するとともに、共同研究の成果発表と意見交換を目的として平成21年度はモスクワでワークショップを開催し、日本側から8名、ロシア側から20名が参加した。平成22年度は、岡山市でワークショップを開催し、国内から13名、ロシアから4名の参加者があった、また、研究打合せおよび研究成果発表のため、短期の海外出張（2名）を行った。