

卓越した大学院拠点形成支援補助金
「流動ダイナミクス知の融合教育研究世界拠点」
平成 25 年度 博士課程後期学生国際会議派遣 参加報告書

氏名／専攻・学年 Name / Department	阿部敬太／化学工学専攻・博士課程後期 2 年
学会名 Conference's name	29th American Society for Gravitational and Space Research and 5th International Symposium for Physical Sciences in Space
開催地 Venue (Name of the facility, city & country)	Hilton Lake Buena Vista, Orlando, FL USA
日程 Conference period	3-8 November 2013
発表タイトル Presentation Title	Numerical simulations of TLZ crystal growth process of SiGe under microgravity
<p>【発表概要 Brief summary of your presentation】</p> <p>Single crystals of SiGe, especially $\text{Si}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}$, attract the attentions as the post Si semiconductor substrates which enable to produce high-speed and low energy electronic devices. Recently, Kinoshita <i>et al.</i> [for instance, <i>J. Crystal Growth</i>, 349, 50 (2012)] have developed the traveling liquidus-zone (TLZ) method for the production of homogeneous SiGe bulk single crystals. Although homogeneous SiGe single crystals with diameters of up to 30 mm were successfully grown by the TLZ method, the growth of larger diameter crystals for semiconductor devices was not succeeded yet, because free convection induced by the temperature and concentration gradients in the melt affects the homogeneity of the crystals on the ground. In order to clarify the effect of free convection on the TLZ crystal growth of SiGe, therefore, the crystal growth experiments under a microgravity environment in International Space Station (ISS) have been planned and are being performed this year by JAXA.</p> <p>In this work, to understand transport phenomena in the TLZ crystal growth process of SiGe under microgravity, especially to explain the experimental results of the SiGe crystal growth performed in ISS this year, a mathematical model for the crystal growth process of SiGe by the TLZ method has been developed under the assumption that the system is axial symmetric. The self-made code based on this model can predict numerically the velocity field in the melt, the thermal fields in the melt, crystal and crucible, Si concentration fields in the melt and crystal, and the melt/crystal interface shapes. The boundary conditions for temperature at the outer wall of the crucible were determined by a global analysis of heat transfer in the TLZ furnace using a commercial software FLUENT. Here, we investigated the effect of operational conditions, e.g., the furnace speed, thermophysical properties of the crucible, and crystal radius, on the spatial homogeneity of grown single crystals and the melt/crystal interface shape which are macroscopic characteristics related to the crystal quality. In addition, the experimental results obtained in the ISS were compared with the numerical ones by the above model.</p>	

【他の講演等から得られた知見、感想等。What you learned from other presentations, general impression you had, etc.】

■本会議の概要

本会議、The 5th International Symposium on Physical Sciences in Space Conference (ISPS-5)は 2 年に 1 回開催される宇宙における物理科学分野最大の国際学会でありそのセッションは「流体力学」、「物質科学」、「生物科学」、「燃焼」、「宇宙環境利用」など多岐にわたり、発表件数は口頭発表が 217 件、一般ポスター発表が 42 件、学生ポスター発表が 44 件であった。私は「宇宙環境利用と数値シミュレーションの融合による SiGe 結晶成長技術の開発」に関する研究テーマを進めており「流体力学」、「物質科学」のセッションを中心に聴講した。

■流体力学セッション

流体力学セッションでは表面張力差を駆動力とするマランゴニ対流に関する多くの研究が報告されていた。国際宇宙ステーションに代表される微小重力環境実験では、重力が地上に比べ $10^{-6} \sim 10^{-4}G$ 程度になるため、流体の密度差に起因する対流が抑制される。すると、地上の $1G$ では発現しなかったマランゴニ対流が支配的となり、実験を行うことが可能となる。実験はシリコンオイルの液柱の上下端に温度勾配をつけ、発生するマランゴニ対流を液柱内の粒子の移動を観測することで対流の構造を可視化する。国際宇宙ステーションでは長時間の微小重力環境を得られる（航空機実験では 20 秒程度）ため、短時間の実験では未発見だったマランゴニ対流の振動モードが発見されたと報告されていた。また、微小重力環境といえども重力が揺らぐ (g-jitter と呼ぶ) ため、実験に用いる液柱が大変形し、実験が継続できなくなることもあるということである。

マランゴニ対流は結晶成長プロセスでもしばしば問題となるため、マランゴニ対流への理解が結晶成長技術の開発に有用な知見であると考える。

■物質科学セッション

物質を特徴付けるパラメータである物性値の測定法に静電浮遊法という方法がある。この方法は静電気力で物体を浮遊させ、密度、粘度、表面張力などの物性値を測定することができる。講演では静電浮遊法を応用し、鉄スラグの界面張力の測定の計画と予測される結果を数値シミュレーションにより報告されていた。

物性値はプロセスの最適化の検討や数値シミュレーションを行うには必要不可欠な値であるため、これらの値の妥当性を議論するためにはその測定原理および適用限界に関する知見は有用であると考える。

■全体を通しての感想

宇宙実験は国籍を問わず、すべての研究者に申請資格が与えられているらしいが、講演者や参加者の出身国を見ると欧州・米国・日本が大半であった。また意外だったのは国際宇宙ステーションは学術的に価値があるのはもちろんであるが、技術を示すことで諸外国との外交カードとしても使えるということだった。現在の国際宇宙ステーションは 2020 年を目処に運用を終了する予定であるが、今後中国が独自の宇宙ステーションを開発するため、宇宙の勢力図が変わるだろうと思った。