

2014年1月31日, TEPIAホール
国際宇宙ステーション利用シンポジウム

これまでのISS利用成果 物質・物理科学分野

2014年1月31日

日本マイクログラビティ応用学会
会長 石川 正道

日本の宇宙実験史(抄)

年代	実験ミッション	研究プログラム
1980	1979 日本初の有人宇宙実験計画開始	<ul style="list-style-type: none">・有人宇宙実験・新材料創成・宇宙の産業利用
	1980 ~1983 小型ロケット実験: TT-500A	
	1983 FMPT(第1次材料実験)計画開始	
	1983 GAS実験(朝日新聞、NEC)	
	1989 ~ 2003 地下無重力実験センター(JAMIC)	
	1988 ISS 協力協定署名	
1990	1990 ~ パラボリック飛行(DAS)	<ul style="list-style-type: none">・短時間微小重力・軌道上研究所・応用化研究
	1991 ~ 1998 小型ロケット実験: TR-1A	
	1992 ~ 1997 スペースシャトル実験: IML-1, FMPT, D2, IML-2, MSL-1	
	1993 ~ 2010 日本無重量総合研究所(MGLAB)	
	1995 SFU実験	
2000	2000 USERS 実験(USEF)	<ul style="list-style-type: none">・ISS利用・国際研究協力
	2003 コロンビア号実験及び空中分解	
	2003 ~ 2009 ISS ロシアモジュール(応用化)	
	2008 ~ きぼう実験: MEIS, IceCrystal, Facet	
2010	2012 NanoStep	<ul style="list-style-type: none">・重点課題研究・宇宙基本計画
	2013 ~ Hicari, Alloy Semiconductor	
	2014 ~ Dynamic Surf	

宇宙の産業利用：新材料創成の試み

～第1次材料実験(FMPT)が目指したもの～

分野	材料(産業応用)	μGの狙い／実験方法
化合物半導体	<ul style="list-style-type: none">・PbSnTe 三元混晶半導体(赤外線センサー)・InSb (超LSI用基板材料)・SiAsTe アモルフォス半導体(太陽電池)・PbSnTe (赤外線イメージセンサー)	<ul style="list-style-type: none">・低欠陥、高品質単結晶／一方向凝固・低表面張力融液からの大型単結晶育成・完全性の高いアモルフォス構造・大型均質単結晶／フロートゾーン法
無機材料	<ul style="list-style-type: none">・非可視域用光学材料(通信用赤外透過材料)・サマルスカイト(光触媒)	<ul style="list-style-type: none">・高純度ガラス／音波浮遊法・酸化物原料の均質混合／フロートゾーン法
複合材料	<ul style="list-style-type: none">・AlPbBi 系新超伝導合金(超電導線材)・粒子分散型合金(超耐熱合金)・炭素繊維／Al合金複合材料(軽量高剛性)	<ul style="list-style-type: none">・均質な合金インゴットの作製・Ni合金中でアルミナ粒子を均一分散／加圧法・炭素繊維同士の立体的接合／合金被覆法
有機材料	<ul style="list-style-type: none">・有機金属結晶(有機電子材料)	<ul style="list-style-type: none">・大型高品質単結晶／溶液成長法
各種材料製造技術	<ul style="list-style-type: none">・鋼塊中脱酸生成物の生成機構(品質制御)・液相焼結機構(超硬合金の組織制御)・気相中での金属微粒子生成・Si 球結晶の成長と表面酸化(超LSI技術)・ガラスの高温挙動・共晶系合金の凝固(組織制御)・二種溶融金属の相互拡散(組織制御)	<ul style="list-style-type: none">・脱酸剤の均一反応／高温加圧法・相分離成分の均一分散／高温加圧法・金属の蒸発凝結・表面張力による球状単結晶の成長・無接触ガラス融体の熱物性測定・初晶の融液中での遊離現象解明・無対流下での拡散係数評価
無容器処理技術	<ul style="list-style-type: none">・液滴挙動(浮遊液滴操作)・泡の挙動解明(脱泡技術)・マランゴニ対流(伝熱特性)	<ul style="list-style-type: none">・音波浮遊法による液滴マニピュレーション・温度勾配及び超音波定常波場での泡挙動・温度場での表面張力対流観察

軌道上研究所の展開

実験手段	研究テーマ	新技術／実験装置
小型ロケット (TR-1A, TEXUS, MASER)	<ul style="list-style-type: none"> ・結晶成長その場観察による結晶場の観察 ・コロイド分散系のSelf-assembling ・液柱に発生する非定常マランゴニ対流 ・巨大沸騰気泡による伝熱特性 ・気泡挙動観察及び操作 ・金属合金及びシリコン溶融体の熱物性 ・燃焼火炎の伝播 	<ul style="list-style-type: none"> ・干渉計による温度・濃度場の実時間計測 ・分光計・散乱計による集積秩序化実時間計測 ・巨大液柱形成・三次元流－温度場の同時観測 ・プール沸騰過程の伝熱特性の精密計測 ・気泡除去技術 ・シアーセル法拡散係数測定など熱物性測定 ・急減圧、急冷による液滴形成と火炎観察
スペース シャトル (IML, MSL)	<ul style="list-style-type: none"> ・有人宇宙船内での残留重力対流の影響 ・多元系化合物半導体融液の均一混合 	<ul style="list-style-type: none"> ・微小重力擾乱を低減する制振材料・技術 ・温度・濃度差マランゴニ対流の制御技術
回収型衛星 (SFU, USERS)	<ul style="list-style-type: none"> ・ファセット成長過程のその場観察 ・ダイヤモンド薄膜の気相成長実験 ・各種結晶成長法による化合物半導体作製 ・酸化物高温超電導材料のバルク結晶成長 	<ul style="list-style-type: none"> ・固液界面近傍の温度場・濃度分布観測 ・μG及び真空環境を利用したプラズマCVD装置 ・フロートゾーン法・ヒーター移動法など加熱炉 ・超電導材料製造実験装置 (SGHF)
ISS	<ul style="list-style-type: none"> ・科学利用: マランゴニ対流実験 (MEIS) 氷、タンパクなどの結晶成長 (IceCrystal, Facet, NanoStep、他) ・応用利用: 3次元フォトニック結晶生成 高品質タンパク質結晶生成 	<ul style="list-style-type: none"> ・流体物理実験装置 (FPEF) ・溶液結晶化観察装置 (SCOF)、他 ・3次元フォトニック結晶生成実験装置 (3D-PCGF) ・タンパク質結晶生成装置 (PCRF)

ISS利用で成果が期待できる領域

研究対象	μ G下で顕著な現象	ISS実験(計画中)	応用(イノベーション)
結晶	高品質・大型結晶成長	半導体・氷・タンパク質結晶成長実験	高品質結晶作製 (情報、創薬・医療)
自由液体	マランゴニ対流	非定常マランゴニ対流計測実験	大型基板用単結晶 (情報)
濡れ	表面張力作用	電気浮遊炉実験	高融点材料物性評価 (エネルギー材料)
拡散	温度・濃度勾配維持	熱拡散係数測定実験	化学プラント技術 (省エネルギー)
分散・凝集	微粒子間相互作用	コロイド結晶実験	バイオ用検査キット (医療機器)
気泡	自由気泡運動	沸騰・二相流実験	冷却システム (省エネルギー)
化学反応	拡散燃焼・燃焼限界	固体燃焼実験	火災安全性向上 (安全安心)
プラズマ	高安定プラズマ放電	ダスト・プラズマ実験	プラズマプロセス (環境)

宇宙実験の「表」と「裏」

主手段

スペースシャトル・回収型衛星(1983~2003)

ISS(2003年~)

表

戦略研究
産業利用

新材料創製

- ・高品質大型単結晶
- ・高純度ガラス
- ・均質複合材料
- ・組織制御合金
- ・無容器処理技術

軌道上実験

- ・バルク半導体結晶
- ・アモルフォス半導体
- ・ダイヤモンド薄膜
- ・酸化物超電導材料

ISS実験

- ・マランゴニ対流計測
- ・高品質タンパク質結晶
- ・氷の結晶成長
- ・化合物半導体結晶
- ・浮遊炉熱物性測定
- ・火災安全性試験、ほか

裏

タマごめ
教育研究
市民参加

GAS実験

- ・人工雪の結晶の形
- ・水球と金属球の衝突
- ・“キララ”プロジェクト

短時間実験

- ・液柱の界面張力対流
- ・沸騰現象と気泡の運動
- ・結晶成長のその場観察
- ・コロイド集積実験
- ・プラズマCVD診断
- ・燃焼火炎の伝播
- ・臨界流体のピストン効果
- ・熱伝導率／拡散定数測定

準軌道実験

- ・流体／物理科学実験
- ・宇宙医工学実験
- ・理科教育実験
- ・市民によるアイデア実験
- ・“サブオービタル”宇宙旅行

TT-500A実験

- ・複合材料/非混合系合金
- ・アモルフォス/化合物半導体