

γ 11 編 宇宙機器・システム

企画・編集	狼 嘉 彰 里 誠	小野田 淳次郎 富 田 信 之	上 條 謙二郎 山 田 克 彦	幸 節 雄 二
執 筆 者	安 部 隆 士 稲 谷 順 司 梅 里 眞 弘 金 森 洋 史 木 部 勢 至 朗 桑 田 知 之 佐々木 彰 高 柳 昌 弘 鎮 西 信 夫 富 岡 健 治 長谷川 恵 一 堀 恵 一 宮 田 升 美 矢 島 信 之 吉 江 勇 貴	飯 倉 省 一 今 川 吉 郎 狼 嘉 彰 上 條 謙二郎 楠 瀬 雄 一 幸 節 雄 二 佐々木 進 田 中 清 志 角 田 博 明 富 田 信 之 原 宣 一 松 本 浩 明 目 黒 在 山 川 宏 若 田 光 一	石 川 守 岩 田 隆 敬 小 田 光 茂 紙 田 徹 久保田 孝 五 家 建 夫 里 誠 棚 次 亘 弘 東 原 和 行 永 田 晴 紀 日比谷 孟 俊 水 野 実 森 野 美 樹 山 田 克 彦 渡 辺 篤 太 郎	井 筒 直 樹 歌 島 昌 由 小 山 孝 一 郎 川 勝 康 弘 桑 尾 文 博 小 松 敬 治 佐 藤 哲 也 谷 脇 滋 宗 都 木 恭 一 郎 中 村 富 久 藤 本 信 義 峯 杉 賢 治 八 坂 哲 雄 横 田 俊 昭

目 次

第 I 部 導 入 編

第 1 章 宇宙開発の歴史と現状

1・1 人工衛星開発の歴史と現状 ……………1	1・3・1 スカイラブ……………4
1・1・1 人工衛星理論の先駆……………1	1・3・2 米ソの共同実験：アポロ・ソユーズ 実験計画とシャトル・ミール計 画……………4
1・1・2 人工衛星概観……………1	1・3・3 旧ソ連の有人宇宙活動：ソユーズ とサリュート・ミール……………4
1・1・3 人工衛星のミッション……………1	1・3・4 ヨーロッパによるスペースラブの 開発と日本の参加……………5
1・1・4 人工衛星の今後の発展方向……………2	1・3・5 国際宇宙ステーション……………5
1・2 ロケット開発の歴史と現状 ……………2	1・3・6 中国の有人宇宙飛行……………6
1・2・1 工学の対象としてのロケット……………2	1・3・7 今後の展開と日本の将来……………6
1・2・2 スプートニク以後の展開……………2	
1・2・3 打上げロケット……………2	
1・2・4 宇宙往還機……………3	
1・2・5 月・惑星ロケット……………3	
1・3 有人宇宙開発の歴史と現状 ……………4	

第Ⅱ部 基礎編

第 2 章 宇宙環境の最前線

2・1 地球周辺の宇宙環境	7	2・1・5 誘導環境とコンタミネーション	19
2・1・1 地球周辺の宇宙環境とその影響	7	2・2 月・火星・金星	21
2・1・2 原子状酸素	8	2・2・1 月の環境	21
2・1・3 プラズマ・放射線環境と帯電・放電	12	2・2・2 火星の環境	21
2・1・4 隕石・デブリ	18	2・2・3 金星の環境	22

第 3 章 推進工学

3・1 液体ロケットエンジン	24	3・2・3 ハイブリッドロケット	35
3・1・1 LE-5 B	24	3・3 空気吸込エンジン	36
3・1・2 LE-7 A	26	3・3・1 ターボジェット系エンジン	36
3・1・3 今後の動向	29	3・3・2 スクラムジェット系エンジン	39
3・2 固体ロケットモータ	31	3・3・3 今後の動向	40
3・2・1 M-V	31	3・4 非化学推進エンジン	42
3・2・2 H-II A ロケット 6 号機打上げ失敗の原因と対策	34	3・4・1 電気推進ロケット	42
		3・4・2 原子力ロケット推進	45

第 4 章 軌道・姿勢力学と制御

4・1 月・火星・L5 軌道	49	4・3・2 ジャイロ	65
4・1・1 月軌道	49	4・3・3 加速度計	67
4・1・2 火星軌道	54	4・4 高精度地球観測衛星の姿勢制御	67
4・1・3 L5 軌道	59	4・4・1 宇宙からの地球観測の展開	67
4・2 先進型静止衛星のバス技術	63	4・4・2 陸域観測技術衛星と指向管理	68
4・2・1 静止衛星の動向	63	4・4・3 姿勢軌道制御系の構成	68
4・2・2 静止衛星の展開	64	4・4・4 姿勢決定精度	70
4・3 宇宙用ホイール, ジャイロ, 加速度計	65	4・4・5 姿勢制御精度および姿勢安定度	70
4・3・1 ホイール	65	4・4・6 姿勢マヌーバ	71

第 5 章 材 料

5・1 宇宙環境が及ぼす材料への影響	73	5・2・2 紫外線	73
5・1・1 真空	73	5・2・3 放射線	74
5・1・2 アウトガス	73	5・2・4 プラズマ	74
5・1・3 温度サイクル	73	5・3 機構用材料に関する最近の話題	74
5・2 機構用材料への原子状酸素, 宇宙線の影響	73	5・3・1 軽量構体パネル	74
5・2・1 原子状酸素	73	5・3・2 サービスモジュール利用材料ばく露実験	75

第 6 章 トライボロジー

6・1 宇宙機器が遭遇するトライボロジー問題	78	6・1・1 真空環境	78
		6・1・2 原子状酸素	78

6・1・3 放射線・紫外線	78	6・1・6 振動	78
6・1・4 微小重力	78	6・2 宇宙用潤滑剤の種類と特徴	78
6・1・5 温度変化	78	6・3 宇宙用機器への適用事例と留意点	79

第7章 構造力学

7・1 宇宙用構造の種類と特徴	83	7・6 M-V ロケットの構造	97
7・2 構造設計の手法	84	7・6・1 概要	97
7・2・1 ロケット構造の設計手法	84	7・6・2 モータケース	97
7・2・2 衛星構造の設計手法	86	7・6・3 段間接手	97
7・2・3 衛星熱制御の設計手法	88	7・6・4 ノーズフェアリング	98
7・3 構造動力学	91	7・6・5 後部筒	98
7・3・1 ロケットでの動的問題	91	7・7 ALOS 衛星の構造	98
7・3・2 衛星での動的問題	92	7・7・1 構造系技術的課題	99
7・3・3 軌道上での振動制御	92	7・7・2 設計方針	99
7・4 液体と機体との連成振動	92	7・7・3 インテグレーション設計	99
7・4・1 スロッシング	92	7・7・4 構造設計結果	99
7・4・2 ポゴ	93	7・7・5 熱ひずみ解析結果	100
7・4・3 低重力下での液体挙動	94	7・8 構造力学の最近の話題	100
7・5 H-II/H-II A ロケットの構造	94	7・8・1 宇宙インフレータブル構造	100
7・5・1 全般	94	7・8・2 極低温複合材タンク	102
7・5・2 H-II ロケット	94	7・8・3 往還機構造	104
7・5・3 H-IIA ロケット	96		

第8章 機構

8・1 機構設計の方法と手法	107	8・4・1 ETS-VI搭載展開アンテナ跳ね上げ・展開機構	115
8・1・1 機構の分類	107	8・4・2 大型展開アンテナの展開機構設計	116
8・1・2 機構の設計	107	8・4・3 ADEOS-II太陽電池パドル	118
8・2 システムインタフェース設計	112	8・4・4 ALOS搭載合成開口レーダ(PALSAR)	118
8・2・1 機械インタフェース	112	8・5 機構に関する最近の話題	119
8・2・2 電気インタフェース	112	8・5・1 柔軟展開構造の機構設計	119
8・3 試験評価法	112	8・5・2 アクチュエータ	119
8・3・1 地上展開試験方法	112		
8・3・2 形状精度計測方法	115		
8・4 機構設計の実例	115		

第9章 国際宇宙ステーション「きぼう」(JEM) のシステム

9・1 環境制御系の動向	121	9・2・1 ばく露部の受動熱制御系	123
9・1・1 ガス処理	121	9・2・2 ばく露部の能動熱制御系	124
9・1・2 水処理	122	9・3 「きぼう」の機構系	125
9・1・3 廃棄物処理	123	9・3・1 エアロック	125
9・1・4 まとめ	123	9・3・2 ばく露部結合機構	128
9・2 「きぼう」ばく露部の熱制御系	123	9・3・3 ばく露部装置交換機構	129

第10章 ロボティクス

10・1 宇宙ロボットの開発状況と今後の展望	130	10・1・2 軌道上ロボット	130
10・1・1 宇宙ロボットの種類	130	10・1・3 宇宙ステーション上のマニピュレータ	131

10・1・4 月惑星探査ローバ	131	10・2・3 機能・性能	133
10・1・5 今後の展望	132	10・2・4 制御	133
10・2 JEM マニピュレータ（「きぼう」の ロボットアーム）	132	10・2・5 構造・機構	134
10・2・1 概要	132	10・2・6 熱	134
10・2・2 特徴	133	10・2・7 地上試験	134
		10・3 カナダアームのオペレーション	134

第11章 気体力学

11・1 高高度飛行体	136	11・2・1 抗力・揚力	138
11・1・1 希薄流れと飛行速度	136	11・2・2 極超音速流れでの空力加熱	138
11・1・2 飛行例および今後の動向	137	11・2・3 耐熱構造	138
11・2 大気再突入飛行体	138	11・2・4 飛行例および今後の動向	139

第12章 シミュレーション技術と試験法

12・1 シミュレーション技術	140	12・2・5 熱環境試験	148
12・1・1 数値シミュレーションの概要	140	12・2・6 質量特性測定設備	150
12・1・2 宇宙機の運動のモデル化	140	12・2・7 静荷重試験設備	150
12・1・3 はん用解析プログラムの利用	143	12・2・8 旋回腕型加速度試験設備	150
12・2 ロケット・人工衛星などの環境試験	144	12・2・9 電波試験設備	151
12・2・1 環境試験の歴史	144	12・2・10 電磁適合特性試験設備	151
12・2・2 振動試験	145	12・2・11 磁気試験設備	151
12・2・3 音響試験	146	12・2・12 環境試験データ管理システム	152
12・2・4 衝撃試験	147		

第III部 宇宙空間への進出

第13章 月・火星などへの展開

13・1 過去の探査衛星	154	13・3 探査システム	156
13・1・1 おもな月の探査	154	13・3・1 探査形態	156
13・1・2 おもな火星の探査	154	13・3・2 深宇宙探査ミッション	156
13・1・3 その他のおもな惑星探査	154	13・3・3 着陸・移動探査	157
13・2 惑星に関する最近の話題	155	13・4 惑星利用の将来構想	165
13・2・1 月の話題	155	13・4・1 月利用の将来構想	165
13・2・2 火星の話題	155	13・4・2 火星利用の将来構想	171
13・2・3 その他の惑星に関する話題	155	13・4・3 その他の惑星利用の将来構想	172

第14章 科学気球

14・1 科学気球の歴史と概要	173	14・2・6 科学気球の利用	176
14・2 成層圏気球	173	14・3 惑星気球	176
14・2・1 方式	173	14・3・1 惑星気球の概要	176
14・2・2 形状設計	173	14・3・2 火星気球	177
14・2・3 製作	174	14・3・3 金星気球	177
14・2・4 飛行技術	175	14・3・4 その他の気球	178
14・2・5 飛行の安全・保安	176	14・3・5 その他の課題	178

第 15 章 国際宇宙ステーション「きぼう」の利用例

15・1 「きぼう」の利用概説	180	15・2・8 計画されている実験	186
15・1・1 宇宙環境利用	180	15・2・9 実験供試体と搭載例	186
15・1・2 「きぼう」により獲得される環境	180	15・3 材料科学実験装置（温度こう配炉）	186
15・1・3 「きぼう」搭載実験装置と実験ミ ッション	182	15・3・1 温度こう配炉（GHF）の概要	186
15・1・4 「きぼう」の新たな利用概念	184	15・3・2 温度こう配炉の基本仕様	188
15・2 ライフサイエンス実験装置（細胞培養 装置）	184	15・3・3 温度こう配炉の性能例	188
15・2・1 細胞培養装置はどんな装置か	184	15・4 船外プラットフォームの利用（超伝導サ ブミリ波リム放射サウンダ）	189
15・2・2 細胞培養装置の特徴	184	15・4・1 サブミリ波リム放射サウンダ	189
15・2・3 細胞培養装置の主要機能・性能	184	15・4・2 ミッション機器	189
15・2・4 主要構成要素とその仕様	185	15・4・3 システム設計	190
15・2・5 ソフトウェア	186	15・4・4 観測データ処理	190
15・2・6 ほかの実験装置との関係	186	15・5 与圧部の利用	190
15・2・7 搭載の計画	186	15・5・1 微小重力科学実験	191
		15・5・2 生物科学・バイオテクノロジー	193
		15・5・3 宇宙医学	193

第 16 章 テザーシステム

16・1 はじめに	194	16・3・4 運動量変換システム	197
16・2 ひも付き衛星システムの基本的概念	194	16・3・5 電気力学的テザーシステム	197
16・2・1 基本的構造	194	16・4 システムの科学観測への応用	198
16・2・2 ひも付き衛星の運動	195	16・4・1 大気科学実験	198
16・2・3 技術的検討	195	16・4・2 テザーを使った能動実験（エレ クトロダイナミックテザー）	198
16・3 システムの工学への応用	196	16・4・3 宇宙ステーション時代における テザーの利用	199
16・3・1 軽量柔軟構造物	196	16・5 研究の最近の動向	199
16・3・2 姿勢安定システム	196		
16・3・3 高品質重力場実験室	197		

第 17 章 信頼性とリスクマネジメント

17・1 信頼性	202	17・2 リスクマネジメント	205
17・1・1 信頼性概念	202	17・2・1 リスク概念	205
17・1・2 信頼度の決め方	202	17・2・2 リスクマネジメントの実際	206
17・1・3 信頼度予測の問題点と対策	204	17・2・3 確率論的リスク評価	208

索引（日本語・英語）	巻末
------------	----