



37 途中で必ず落ちてしまいます。

38 それより速いと楕円軌道になります。

39 遠くに行くほど速度は遅くなり、静止衛星は時速 11,000km、月は時速 3700km で地球を  
40 周回しています。

41

42 (PP6)

43 月に住むことができるの？

44 月は地球の中心から 38 万 4 千キロメートル離れています。住むとなると、地球上と比べ  
45 て大変厳しい環境です。空気も水もありません。昼と夜の温度差がとても大きく宇宙から  
46 の隕石や宇宙放射線が直接月の表面に届きます。

47 重力が 6 分の 1 なのは高くジャンプできたりして、都合が良いこともあるでしょう。

48

49 (PP7)

50 月の満ち欠けと裏側が見えない理由

51 月は約 1 か月間、細かく言うと 27.3 日で地球の周りを一周します。その間にちょうど同  
52 じ時間かかって 1 回だけ自転するのです。そうすると地球からはいつも同じ面しか見えま  
53 せん。

54 これは「DSCOVER」が撮影した月の裏側です。もし月の表と裏が逆だったら、うさぎさ  
55 んは見えないでしょうね。

56

57 ラグランジュ点

58 月の向こう側には、地球と月の引力と、衛星の遠心力が釣り合って重力がゼロになる場  
59 所があります。地球-月系の第 2 ラグランジュ点と言います。中国は今年 6 月頃にこの場  
60 所にデータ中継衛星を打ち上げる予定です。この衛星を鏡のように利用して、アメリカも  
61 ロシアもまだやっていない、世界初の月の裏側着陸をやろうとしています。

62

63 (PP8)ソ連とアメリカの月探査競争

64 1966 年頃、月着陸と月周回でアメリカとソ連が激しい競争を行い、どちらもソ連が先に  
65 成功しました。ソ連も世界初の有人月着陸を目指しましたが、アメリカのアポロ 11 号が先  
66 に成功したので、有人着陸は諦めてしまいました。

67 人類は 12 人が月に降り立っています。

68 ヨーロッパや日本・中国・インドはかなり遅れて月周回を達成しました。日本の「かぐ  
69 や」は、縦穴発見という成果を上げました。

70

71 (PP9)

72 以上を表にしてみました。

73

74 (PP10) 2006年頃のアメリカのコンステレーション計画

75 2006年頃からアメリカでは「コンステレーション計画」が綿密に検討されました。現在  
76 NASAが開発中の大型ロケット(SLS)や多目的有人宇宙船(MPCV、オリオン)はこの  
77 ときの開発計画を部分的に引き継いでいます。

78

79 (PP11)

80 中国の月探査は、日本の月周回機「かぐや」(2007年9月打上げ)よりほんの少し遅  
81 れて同年10月打上げの「嫦娥1号」による月周回飛行成功でスタートしました。

82 「嫦娥2号」は、月表面の観測成果を上げただけでなく、地球-月系第2ラグランジュ  
83 点(EML-2)に移動させて将来の月の裏側との通信中継で必須となる衛星配置実験に成功  
84 し、さらに残った燃料を利用して、地球近傍小惑星の近接観測までも行いました。その次  
85 の「嫦娥3号」は2013年12月に打ち上げられ、中国は世界で3番目の月面着陸国となり  
86 ました。この時は月面に「玉兔」というローバーを繰り出して「嫦娥3号」との間で相互  
87 通信も行いました。

88 今年は年末頃に世界で初めて月の裏側に着陸する「嫦娥4号」の長征3B型ロケットによ  
89 る打上げが行われます。

90 2019年には、長征5型ロケットにより月探査機「嫦娥5号」を打ち上げ、月着陸とサン  
91 プルリターンに挑戦します。

92

93 (PP12)

94 中国はさらに、2023年頃に月の極域に着陸する「嫦娥6号」の計画も発表しています。  
95 月の極域は太陽の永久陰となる場所があって、水の存在も期待されており、2020年代にア  
96 メリカ・ロシア・ヨーロッパ・日本も着陸機の打上げを目指しています。

97

98 (PP13) UZUME計画

99 「かぐや」の画像を丹念に調べていたJAXAの春山先生は、底が平らになっている縦穴  
100 を3か所見つけました。

101 月は昔火山活動していた時代があって、富士山の洞穴と同じようにマグマが通った後に  
102 残った空洞があります。地下100mくらいです。

103 この場所は温度が零下20度程度と比較的暖かく、降り注ぐ放射線や隕石からも守られ、  
104 場所によっては地球もまるごと見えるという、住むのによい条件を備えています。漫画的  
105 に描くようになります。

106

107 (PP14) UAEの火星都市

108 アラブ首長国連邦というのはイランとサウジアラビアに挟まれたペルシャ湾沿岸の国です。

109 今から脱石油産業を推進しています。中でも宇宙開発に力を入れていて、韓国から教わっ  
110 て小型衛星を自分たちでも作っています。火星によく似た土地に模擬基地建設を実際に行  
111 っています。UAE は今から 100 年後の火星都市というイメージまで発表しています。

112

113 (PP15)

114 ヨーロッパの小国、ルクセンブルクは小惑星の資源採掘を推進しています。民間企業が  
115 小惑星で採掘するのを国を挙げて応援しようとしています。宇宙資源の所有権は採掘者に  
116 あるとする法律をヨーロッパで最初に制定しました。

117

118 (PP16) ところで天体は勝手に自分のものにしてしまってよいのでしょうか。宇宙条約で  
119 は領土にしてはならないとしていますが、資源を取ることがダメとは言っていません。

120

## 121 テーマ 2 微小重力環境の利用

122 (PP17)

123 微小重力とは地球上での重力の 100 分の 1 から 100 万分の 1 くらいのきわめて小さい重  
124 力で、特に 100 万分の 1G レベルをマイクログラビティ ( $\mu\text{G}$ ) といいます。

125 よく、宇宙空間は無重力だという人がいますが、地球の引力と月の引力が釣り合うような  
126 例外的な場所以外は、どこにいても何かの天体の引力の影響を受けます。つまり宇宙な  
127 らどこでも微小重力だというのは科学的な理解としては大きな誤解です。微小重力環境は  
128 特別な方法で作ります。

129 こちらは微小重力を作り出す 6 種類の方法について、縦軸に微小重力のレベル、横軸に  
130 実験可能な時間を図にしたものです。右上に行くほど、レベルの高い微小重力が長期間利  
131 用できることを示しています。

132

133 (pp18)

134 それでは微小重力環境の作り方とその特徴などを紹介しましょう。

135 ① 落下塔・落下坑 ②飛行機による放物線飛行 ③小型ロケット ④無人の衛星 (フリー  
136 フライヤー) ⑤有人宇宙船 ⑥宇宙ステーション

137

138 (PP19)

139 現在の国際宇宙ステーション (ISS) の姿はこのようになっています。

140

141 (pp20)

142 それでは国際宇宙ステーションはどのようにして建設されたのでしょうか。

143 国際宇宙ステーションは 1993 年にロシアが参加することになって、IGA という協定に参加  
144 している国は現在 15 か国です。日本・アメリカ・ロシア・カナダとヨーロッパの 11 か国

145 です。1998年に最初のモジュール「ザーリヤ」が打ち上げられてから20年近くになり、  
146 2024年まであと6~7年は運用を続けることが決まっています。

147

148 (PP21)

149 ISSの組み立て図はこのように描くことができます。

150

151 (PP22) 組立順序

152 組立には13年間かかりました。組立順序はこのようになっていました。部品を運ぶだけで  
153 なく消耗品の補給などのミッションもありました。

154

155 (PP23)

156 建設のための輸送の主力だったスペースシャトルの運用は打上げ、上昇、ミッション遂行、  
157 着陸の4段階に分かれます。1986年のチャレンジャー爆発事故は上昇段階で発生しました。  
158 また2003年のコロンビア分解事故は着陸段階で発生しました。その後はISS組立以外のミ  
159 ッションはやめて、スペースシャトルでないと輸送できない大型貨物をすべて運び終えた  
160 ところで2011年7月に退役となりました。その後の大型貨物の輸送は日本の「こうのとり」  
161 が引き受けていて、失敗は全くなく、6回連続で成功しており、世界的に非常に高い評価を  
162 受けています。

163

164 (PP24)

165 ISSでは微小重力環境を利用した実験を行うことが大きな任務ですが、日本は2020年まで  
166 の利用戦略を立てました。こんな本が出ています。

167

168 (PP25)

169 その中から1つだけ内容をお見せすると、これは健康長寿に関する戦略で、宇宙空間では  
170 老化の進み方が地上より数倍速いことを利用して、ネズミを使った実験などをすることを  
171 計画しています。

172

173 (PP26)

174 高品質タンパク質結晶の作製

175 宇宙の微小重力環境では、かなり確実に、大型で質の良い結晶を作ることができます。そ  
176 の分析結果はこちらです。

177

178 (PP27)

179 「きぼう」からの超小型衛星放出は非常に活発に行われており、2017年だけでも59機も  
180 放出されました。ドラゴン宇宙船、シグナス宇宙船、「こうのとり」などで運ばれてきた超

181 小型衛星ばかりです。プログレスで運ばれてきたロシアの小型衛星は、ロシア人宇宙飛行  
182 士が船外活動で放出するようです。

183

184 (PP28)

185 中国独自の宇宙ステーション計画は来年から開始です。わずか 4 年間で完成します。最初  
186 に天和という中心部を打ち上げます。その後問天、巡天というモジュールを打ち上げて一  
187 応完成します。さらに 3 つくらいモジュールを増設するかもしれません。有人宇宙船の神  
188 舟と貨物輸送船の天舟は両側にドッキングし、ミッションが終了したら切り離されて、次  
189 の宇宙船と交代します。

190

191 **テーマ 3 再使用型ロケットの利用**

192 (PP29)

193 3 つ目のテーマは打上げロケットの新しい利用形態についてです。

194 本題に入る前に、昨年 1 年間の主要国のロケットと衛星の打上げ状況を見ていただきま  
195 しょう。アメリカは打上げ回数が 29 回で、ロシアの 19 回と中国の 18 回を上回りました。  
196 日本は H-2A ロケットの打上げ 6 回など全部で 7 回の打上げがあり、5 回のインドを上回り  
197 ました。アメリカはスペース X という民間企業とその他を分けて数えますと、スペース X  
198 が 18 回です。

199

200 (PP30)

201 再使用型ロケットの話をする前に、そもそもロケットとは何かという話をします。「使い  
202 切り型ロケット」は打上げを 1 回行ったらもう 2 回目は使えなかったのです。同じ機体や  
203 エンジンを何回も使えたらいいなということで、「再使用型ロケット」の開発がいろいろ試  
204 みられましたが、すべて失敗してきました。しかし、つい最近になって、アメリカの新興  
205 企業が再使用型ロケットの開発に成功したのです。

206

207 (PP31)

208 それではアメリカに出現したスペース X という会社は誰が何のために作ったのかをお話  
209 ししましょう。イーロン・マスク氏は自分が開発した世界的な決済システムを売り払って  
210 得たお金で、彼の夢である火星移住に挑戦しようとしています。そのために必要なのがロ  
211 ケットと宇宙船を作る会社、電気自動車を作る会社、太陽電池を作る会社です。

212

213 (PP32)

214 その中の宇宙会社ですが、一昨年初めて成功させた「再使用型ロケット」とは何か、と  
215 いうと、それはスペース X 社が開発した「ファルコン 9」というロケットです。

216

217 (PP33) 再使用型ロケットの開発

218 打上げに使ったロケット機体を発射場に戻すという実験を開始しました。このロケットの  
219 名前を「Grasshopper」といいます。戻ってくるときはエンジンを逆噴射して、そろそろと  
220 地上に近づき、最後は足を伸ばしてきちんと立った姿で着地するのです。

221 2017年には年間18回の打上げのうち、何と14回も機体回収に成功しています。

222

223 (PP34)射場での爆発事故

224 この写真は2016年9月1日にアメリカのケネディ宇宙センターの隣にあるケープカナベ  
225 ラル空軍基地で、2日後に打上げを控え、衛星を搭載して点検を行っていたファルコン9ロ  
226 ケットが、突然第2段付近から出火し、爆発しました、

227 この黒いモノは衛星フェアリングで、中には何百億円もするイスラエルの通信衛星が搭  
228 載されていました。

229

230 (PP35)

231 まもなく「ファルコンヘビー (Falcon Heavy)」というファルコン9の機体を3つ横に並  
232 べた姿のロケットが打ち上げられる予定です。1段エンジンの数は全部で27個です。この  
233 ロケットも再使用ができる設計になっています。2月にはスポーツカーを載せて地球脱出軌  
234 道に投入される予定です。来年には2人の一般人を乗せて月を周回する宇宙観光旅行に出  
235 かけます。

236

237 (PP36)

238 これは大胆な挑戦です。スペースXは既に有人宇宙船の開発をかなり進めており、今年  
239 中にも試験機が打ち上げられます。月に着陸はしませんが、民間人が月の周りを通る  
240 というだけでも大変な冒険になります。

241

242 ④ 実用衛星の利用

243 4つ目のテーマは日常生活に大きな変化をもたらす実用衛星の利用です。身近な割にはあ  
244 まりニュースにならないので少し難しいかもしれませんが、「実用衛星」には3種類あること  
245 を知らなかった人は手を挙げてください(多分ほとんど)。

246 (PP37)

247 4は実用衛星の種類と、その軌道、搭載機器について表にしてみました。

248

249 (PP38)

250 人工衛星の軌道の基礎知識を説明します

251 人工衛星は必ず地球の中心を通る平面で周回します。軌道要素というのはどんな軌道か  
252 を数字で表したものです。高度には遠地点と近地点があります。赤道を通る時の角度が軌

253 道傾斜角と呼ばれます。

254

255 (PP39)

256 実用衛星の例を1つずつ紹介します。

257

258 (PP40)

259 4② 地球観測衛星は農業支援、気象観測、災害対策、水資源、環境保護、交通機関支援、  
260 気候変動研究、生態系保護、生物多様性保護、エネルギー資源などの社会的利益分野に貢  
261 献しています。地球観測衛星にはセンサが搭載されています。

262

263 (PP41)

264 オランダの精密農業の例です。

265

266 (PP42)

267 オランダは衛星画像を無償で国民に利用させています。

268

269 (PP43)

270 4③ 通信放送衛星

271

272 (PP44)

273 4④ 航行測位衛星はアメリカのGPS衛星や日本の「みちびき」だけでなく、ロシアの  
274 グロナス、ヨーロッパのガリレオ、中国の北斗、インドの準天頂衛星などが運用されてい  
275 ます。これからいよいよ、日常生活で航行測位衛星の利用が拡大しています。

276 基本的な機能はPNTとよく言われます。PはPositioningで測位、NはNavigationで目  
277 的地までの誘導、TはTimingで時刻認証です。

278 ちなみにここ志津コミュニティセンターの座標は東経140.153度、北緯35.732度です。

279 ナビゲーションの最も究極的な利用は自動車の自動運転ではないかと思います。このテ  
280 ーマについて、特に詳しくお話ししたいと思います。

281

282 (PP45)

283 平成24年に文部科学省の研究所で自動運転自動車の開発動向についての調査を始めまし  
284 た。

285 自動運転自動車に対して宇宙はどのような支援をするのかという話です。実用衛星を総  
286 動員する時代が来ると私は予想しています。地球観測衛星で地理的な情報の確認、通信放  
287 送衛星で目で見ただけではわからないような情報の入手、航行測位衛星で現在位置の精密  
288 な把握などで、自動運転自動車の安全性やスマートな運転をする能力が一層高まります。

289

290

291 (PP46)

292 実現した時の効果としては、交通事故が劇的に減る、渋滞が大幅に少なくなる、環境にや  
293 さしい、高齢者や身体障害者でも自由に移動できるようになるといったことを考えました。

294

295 (PP47)

296 次に技術的な実現可能性の検討です。

297 いろいろな分野の人と議論をして、既に自動運転自動車は間違いなく実現できるという段  
298 階まで来ているという結論になりました。一方それを実現するためには科学技術政策の観  
299 点から、道路交通法の改正や事故時の責任の所在などを検討し、たとえば運転レベル4の  
300 自動車であればハンドルを手から離すことが許されるようにするとか、万一自動車の機能  
301 の問題で事故が起こった際には乗っている人や車の所有者には責任がなく、製造した側に  
302 製造者責任法が適用されるとし、レベル3以下は運転者の責任になると提案しました。

303 目的地までのルート設定や現在位置の精密なデータ取得のために、「みちびき」が大変威力  
304 を発揮します。昨年3機の「みちびき」が次々に打ち上げられて、ことしからいよいよ実  
305 用化の時代に入ります。

306

307 (PP48)

308 鉄道技術と宇宙技術は自動運転自動車とわずかばかりですが関連しているという話をし  
309 ます。国鉄では新幹線で技術的な確認はしましたが、車両故障などの対応で結局人がいな  
310 いわけにはいかないの、無人運転にはなりません。それに比べると、人が住めない月で  
311 自動運転をするというのは技術的に必要性が高いのです。

312

313 (PP49)時間が足りない場合は省略

314 おまけですが、今年に入ってから25日間の世界の衛星打上げ状況をご紹介します。  
315 今月中にまだもう1回スペースXの打上げ予定がありますが、既に12回の打上げが行われ  
316 ており、衛星数も54機になっていて、平均以上に活発です。アリアン5型ロケットは15  
317 年ぶりに打ち上げ失敗となりました。スペースXのファルコンヘビーの打上げは延期にな  
318 っています。またニュージーランドからの衛星初打上げが成功した一方で、ロシアだけま  
319 だ打上げがないのは珍しいことです。中国は既に5回の打上げを行い米国を上回っていま  
320 す。

321 (PP50) まとめ

322 最後にまとめです。これからの宇宙利用、今と比べてどう変わっていくかを知っておき  
323 たいですね。正確な時期や新しい姿はまだ不確実ですが、本日お話した4つのテーマを  
324 踏まえて希望的なお話をする、

325 ・月探査は国際競争から国際協力で主要国や主要企業がそれぞれの分担で平和的に進める  
326 ようになるでしょう

327 ・国際宇宙ステーションの運用は 2024 年以後も続くかどうかわかりませんが、中国は 2020  
328 年頃には独自の宇宙ステーション運用を開始し、外国人も時々搭乗して、微小重力実験が  
329 盛んに行われるようになるでしょう。

330 ・再使用型ロケットの利用は打上げ回数も増えることで、打上げ費が安価になり、短期間  
331 で打上げができるようになるでしょう

332 ・実用衛星はますます数が増えて、競争が激しくなる分野と国際協力が効果を発揮する分  
333 野に分かれるでしょう。2018 年のロケット打上げ回数はかなり多くなり新しい技術が次々  
334 に生み出されるようになるでしょう。

335

336 (PP51) 問い合わせ先など

337 ご清聴ありがとうございました。

338