

## 「第6回技術予測調査」宇宙分野の結果について

1997年7月23日  
科学技術政策研究所

## 1. 調査の概要

## (1) 目的

科学技術庁では、長期的視点に立って我が国の技術発展の方向を探るため、科学技術分野における技術予測調査を1971年以来これまでに5回にわたり約5年間隔で実施してきている。本調査はその6回目として、科学技術振興調整費により平成7年度から8年度に実施したものである。

## (2) 予測期間

1996年(調査時点)から2025年までの30年間。

## (3) 調査対象分野(課題数)

①材料・プロセス (109課題)	⑥海洋・地球 (74課題)	⑩都市・建築・土木 (73課題)
②エレクトロニクス (74課題)	⑦資源・エネルギー (88課題)	⑫通信 (78課題)
③情報 (79課題)	⑧環境 (39課題)	⑬交通 (60課題)
④ライフサイエンス (94課題)	⑨農林水産 (84課題)	⑭保健・医療・福祉 (98課題)
⑤宇宙 (51課題)	⑩生産・機械 (71課題)	合計 (1,072課題)

合計1072課題のうち、前回調査との同一課題が380、修正課題が233あり、その他の459課題が新規課題である。

## (4) 調査手法

調査は前回までと同様デルファイ法により行い、2回のアンケート調査により回答を収れんさせた。

## (5) 調査項目

- |                |                         |
|----------------|-------------------------|
| 1. 我が国にとっての重要度 | 4. 現在第一線にある国等           |
| 2. 期待される効果     | 5. 我が国において政府がとるべき有効な手段  |
| 3. 実現予測時期      | 6. 我が国において問題となる可能性のある事項 |

## (6) アンケートの実施

調査対象者は、各分科会の委員の推薦等により選出し、事前に協力依頼を行い、了解を得られた人に第1回アンケートを送付した。アンケート調査票の発送時期は次のとおりである。ただし、{ }内は宇宙分野。

(回収)	(発送時期)	(発送数)	(回収数)	(回収率)
第1回アンケート	平成8年(1996年) 8月	4868名{384名}	4220名{342名}	87%{89%}
第2回アンケート	平成8年(1996年) 12月	4196名{339名}	3586名{305名}	85%{90%}

また、第2回アンケートの回答者の属性は次のとおりである。ただし、{ }内は宇宙分野。

(年代)				(職業)			
20代	1%{1%}	50代	41%{41%}	会社員	36%{31%}	団体職員	10%{24%}
30代	8%{10%}	60代	13%{8%}	大学関係	37%{23%}	その他	2%{1%}
40代	36%{40%}	70代以上	1%{0%}	公務員	15%{21%}		

## 2. 宇宙分野の調査結果

重要度の高い課題は、「打上げロケットによる宇宙輸送費用が現在の 1/10 に低減（重要度指数 93）」がトップで、「VLBI 等衛星による地殻変動の測定精度が cm 以下となる（同 84）」、「世界規模のリアルタイム地球環境監視ネットワークの普及（同 81）」等がその後が続いている。

期待される効果として、「社会経済発展への寄与」、「人類の知的資源の拡大」が大きかった。特に、「人類の知的資源の拡大」への期待は、14分野の中で宇宙分野がもっとも高い値であり、課題別でも上位5課題を宇宙分野が占めた。その代表例としては、「気球による金星大気の長時間観測の実施（知的資源拡大 98%）」、「周回衛星による水星探査の実施（同 98%）」及び「土星以遠の外惑星探査の実施（同 98%）」がある。

約半数の課題が2006年から2010年にかけて実現すると予測されており（年表参照）、実現予測時期が早かった課題には、「マルチビームを用いた国内地域別衛星放送システムの日本での開発（2007年）」、「人類が宇宙空間に滞在するための宇宙天気予報の実施（2007年）」がある。逆に、実現に時期を要するとされた課題は、「月に存在する物質を月面上で資源として利用することの実用化（2026年以降）」、「月面基地で原子力発電装置の実用化（2025年）」及び「月面上に恒久的有人基地が作られ、月の地質調査等の活動の実施（2025年）」等、月面上での技術課題である。また、「実現しない」あるいは「わからない」の回答割合が20%を越えた課題はない。

現在第一線にある国等では、圧倒的に「アメリカ」が優位という結果であった。51課題中で、「日本」という回答が「アメリカ」を越えたのは、「マルチビームを用いた国内地域別衛星放送システムの日本での開発（第一線にある国 日本84% アメリカ74%）」の1課題だけであった。

政府がとるべき有効な手段としては、「人材の養成・確保」と「政府負担研究資金の拡充」が有効であるとする回答者が多かった。特に、「政府負担研究資金の拡充」を望む声は、14分野の中で宇宙分野がもっとも高く、課題別でも、上位10課題中7課題が宇宙分野の課題であった。その代表例としては、「2段式完全再使用型宇宙輸送機の開発（政府負担研究資金の拡充 85%）」、「地上と宇宙ステーションの間を運航するスペースプレーンの開発（同 84%）」及び「月面に光学あるいは電波望遠鏡の設置（同 83%）」があげられる。

宇宙分野の重要度指数上位15課題

課 題	重要度指数	実 現 予 測 時 期						実 現 し な い	わ か ら な い
		2001 ▼	2006 ▼	2011 ▼	2016 ▼	2021 ▼	2026 ▼		
25 打上げロケットによる宇宙輸送費用が現在の1/10以下に低減される。	93							6	6
9 VLBI(超長基線電波干渉法)、衛星レーザ及び逆レーザ測距と合成開口レーダーによる地殻変動の測定精度がセンチメートル以下となり、地震予知などの精度向上に役立つようになる。	84							3	6
2 地球全体の環境変化を、24時間リアルタイムでモニタし、それらの情報を統合して体系的に分析し、世界中にデータ配布を行うような、世界規模の地球環境監視ネットワークが普及する。	81							0	2
15 国際機関によって運用される高精度な測位衛星システムが実現する。	81							3	3
5 宇宙からの観測により大気汚染の分布や移動が実時間で測定できる技術が開発される。	80							1	3
35 ギガビット級のグローバル衛星通信システムが普及する。	78							1	3
33 マルチビームを用いた国内における地域別(例:関東、東海、近畿など)の衛星放送システムが日本で開発される。	75							2	3
20 2段式完全再使用型宇宙輸送機が開発される。	72							2	4
16 宇宙ステーションが軌道上研究所として稼働し、半導体や薬品の開発研究と試作を目的とした次世代の宇宙環境利用施設が実現する。	70							3	1
21 地上と宇宙ステーションの間を航空機のように運航するスペースプレーンが開発される。	70							1	4
29 数十センチメートル以上の使用済み衛星・ロケットの破片等の大型スペースデブリの除去が行われる。	68							8	10
28 数ミリメートル以上の比較的大きなスペースデブリ(人工衛星やロケットの破片、宇宙に放出された人工物等の軌道上のゴミ)の観測が可能になり、宇宙ステーション等の宇宙構造物への衝突を回避する技術が開発される。	68							4	7
36 巨大な太陽電池板をもつ宇宙空間太陽発電所が建設され、電力がマイクロ波で地上に伝送されるようになる。	65							17	11
11 衛星搭載多周波/多偏波合成開口レーダーによる地球規模の海域、陸域マッピングが実用化される。	63							0	5
32 自己故障診断機能及び自己修復機能を有するフェールオペレーショナル宇宙ロボットが開発される。	62							2	6

未来技術年表

年	課 題
2007	<p>1 人類が宇宙空間に滞在し活動するために、宇宙天気予報が行われる。</p> <p>5 宇宙からの観測により大気汚染の分布や移動が実時間で測定できる技術が開発される。</p> <p>33 マルチビームを用いた国内における地域別(例:関東、東海、近畿など)の衛星放送システムが日本で開発される。</p>
2008	<p>2 地球全体の環境変化を、24時間リアルタイムでモニタし、それらの情報を統合して体系的に分析し、世界中にデータ配布を行うような、世界規模の地球環境監視ネットワークが普及する。</p> <p>4 地球低高度軌道上の恒久有人宇宙基地で直径数十メートル以上の大型アンテナを搭載する衛星を組み立てる技術が開発される。</p> <p>7 10ナノメートル以下のスペクトラム分解能をもつ人工衛星搭載用海色センサが実用化される。</p> <p>10 バイオマスが1kg/m<sup>2</sup>以下の精度で観測できる衛星搭載マイクロ波センサーが実用化される。(植物の乾燥重量は炭酸ガスの排出量を決め、地球温暖化に係る。現状はシャトルSIR-Cで1.4kg/m<sup>2</sup>)</p> <p>11 衛星搭載多周波/多偏波合成開口レーダーによる地球規模の海域、陸域マッピングが実用化される。</p> <p>15 国際機関によって運用される高精度な測位衛星システムが実現する。</p> <p>26 宇宙ステーション内でのカビ、臭い等宇宙生活に不快感を与える微生物を除去する技術が開発される。</p> <p>45 無人火星探査機により、火星表面物質の分析、気象観測、地震観測等が行われる。</p>
2009	<p>6 海上風速を1メートル/秒以下の精度で測定できる人工衛星搭載用散乱計が実用化される。</p> <p>8 陸域における水、土壌水分、析出塩濃度、氷雪分布等を全地球的に空間分解能1km以下で測定する人工衛星搭載用マイクロ波放射計が実用化される。</p> <p>9 VLBI(超長基線電波干渉法)、衛星レーザ及び逆レーザ測距と合成開口レーダーによる地殻変動の測定精度がセンチメートル以下となり、地震予知などの精度向上に役立つようになる。</p> <p>12 衛星進行方向に沿って観測幅500km以上で風の三次元分布測定を可能とする衛星搭載ドップラーライダーが開発される。</p> <p>14 通信機能を有する1kg以下の人工衛星が開発される。</p> <p>17 数日間にわたり10-6G以下を保つ微小重力環境研究施設が実現する。</p> <p>27 宇宙飛行士の遠隔医療診断・治療システムが確立する。</p> <p>31 高圧(1気圧)フレキシブル宇宙船外活動服が開発される。</p> <p>35 ギガビット級のグローバル衛星通信システムが普及する。</p>
2010	<p>16 宇宙ステーションが軌道上研究所として稼働し、半導体や薬品の開発研究と試作を目的とした次世代の宇宙環境利用施設が実現する。</p> <p>18 WAKE(宇宙空間のイオンおよび分子を除くため、軌道を飛行する方向と垂直に設けた遮蔽板)を利用した大型超高真空実験施設が実現する。</p> <p>34 クラスタ静止衛星(編隊飛行をする集合静止衛星)を用いた高信頼度の衛星通信や高精度地球観測衛星が実現する。</p> <p>43 惑星からのサンプルリターンが行われる。</p>
2011	<p>3 太陽系外地球型惑星や地球外生命の探査を行うための超高空間分解能をもつ衛星搭載宇宙遠赤外干渉システムが開発される。</p> <p>13 衛星干渉計によるサブミリ波・サブサブミリ波帯での宇宙電波の観測システムが開発される。</p> <p>20 2段式完全再使用型宇宙輸送機が開発される。</p> <p>44 気球による金星大気の長時間観測が行われる。</p> <p>50 深宇宙探査用アイソトープ電池が日本で実用化される。</p>
2013	<p>24 2つの衛星間や宇宙ステーションと衛星間を長いひもで結ぶ方法(テザー)が、可変重力、発電、ペイロードの増速等に利用される。</p>
2014	<p>25 打上げロケットによる宇宙輸送費用が現在の1/10以下に低減される。</p> <p>28 数ミリメートル以上の比較的大きなスペースデブリ(人工衛星やロケットの破片、宇宙に放出された人工物等の軌道上のゴミ)の観測が可能になり、宇宙ステーション等の宇宙構造物への衝突を回避する技術が開発される。</p>
2015	<p>32 自己故障診断機能及び自己修復機能を有するフェールオペレーショナル宇宙ロボットが開発される。</p> <p>19 レーザ光を使った宇宙における電力伝送技術が実用化される。</p> <p>29 数十センチメートル以上の使用済み衛星・ロケットの破片等の大型スペースデブリの除去が行われる。</p> <p>37 低軌道から静止軌道等へ大型構造物を往復させる高性能な軌道間輸送機が開発される。</p> <p>47 周回衛星による水星の探査が行われる。</p> <p>48 土星以遠の外惑星の探査が行われる。</p>
2016	<p>21 地上と宇宙ステーションの間を航空機のように運航するスペースプレーンが開発される。</p>
2017	<p>30 野菜、穀物、動物タンパク質等の食料が自給できる閉鎖生態系を利用する生命維持技術が開発される。</p> <p>39 月面に光学あるいは電波望遠鏡が設置される。</p>
2018	<p>23 月・惑星に向かうための輸送基地が中・低軌道に実現する。</p> <p>49 太陽・地球からの熱放射の影響を効率よく避けるために、大型光・赤外線天文台が、太陽・地球のラグランジュ点に設置される。</p>
2020	<p>36 巨大な太陽電池板をもつ宇宙空間太陽光発電所が建設され、電力がマイクロ波で地上に伝送されるようになる。</p>
2021	<p>38 静止軌道・月への有人軌道間輸送システムが開発される。</p>
2022	<p>22 宇宙船による地球周辺宇宙旅行事業が実現する。</p> <p>51 宇宙用原子力推進システムが実用化される。</p>
2025	<p>40 月面上に恒久的有人基地が作られ、月の地質調査、月からの科学観測、月の資源利用技術の開発等の活動を行っている。</p> <p>42 月面基地で原子力発電装置が実用化される。</p> <p>46 有人宇宙船の火星着陸とその帰還が行われる。</p>
2026年以降	<p>41 月に存在する物質(Si、O<sub>2</sub>、3He等)を月面上で資源として利用することが実用化される。</p>

(宇宙分野)

図 5.5-1 期待される効果(%)

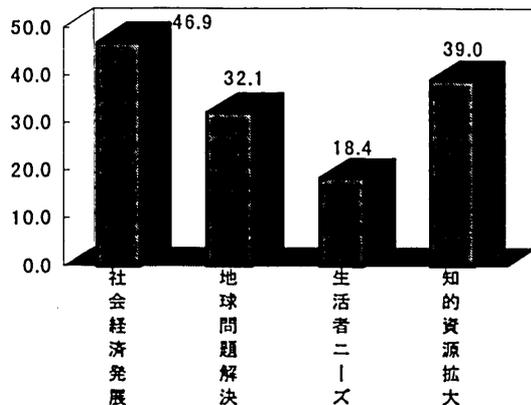
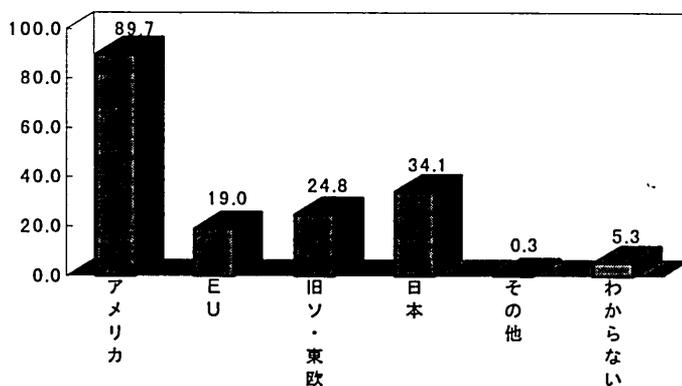


図 5.7-1 現在第一線にある国等(%)



5.8-1 政府がとるべき手段(%)

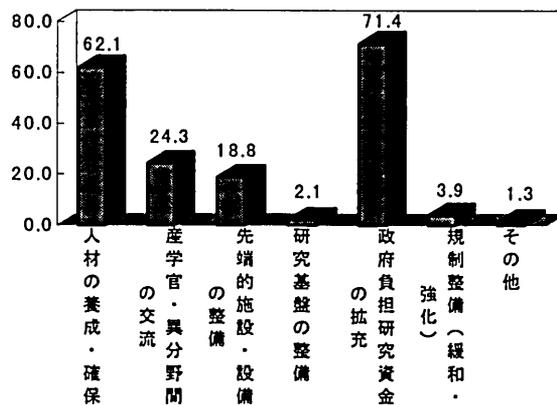


図 5.9-1 問題となる可能性のある事項(%)

