第5回技術予測調査の結果について

塚本 勝*

The result of the 5th Technology Forecast Survey

TSUKAMOTO Masaru

〔著者抄録〕 平成4年11月末に発表された第5回技術予測調査の結果について紹介した。本調査は、あらゆる科学技術分野にわたる合計1,149の予測課題を対象として、デルファイ法と呼ばれるアンケートによって行われた。我が国の研究開発活動に携わる各分野の専門家が、西暦2020年までの30年間の技術発展について、どのような未来像を描いているかを集約したものである。今後の技術発展の方向を示唆する課題としては、「健康で安心な生活を目指した課題」、「原理・現象の解明が重視される課題」、「知的機能の付加が重視される課題」、「環境問題との関わりが重視される課題」等が挙げられる。

〔著者付与キーワード〕 技術予測, デルファイ法, 長期予測, 未来技術, 技術発展の方向, 科学技術政策, 未来社会

〔Author Abstract〕 Nov. 26, 1992, STA's National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP) presented the result of the survey asking scientists what they believe will be important breakthroughs till 2020, and when they will occur. NISTEP sent questionnaires to 3,334 scientists at universities, private companies, and national institutes, asking them to answer the only items that fell within their areas of expertise from 1,149 items in 16 fields. The 2,385 responses are now organized into an about 800-page report.

〔Keywords by Author〕 Technology forecast, Delphi method, Future technology, Science and Technology Policy, Forecast to the year 2020

科学技術庁 科学技術政策研究所 第2調査研究グループ 上席研究官

(〒100 千代田区永田町1-11-39) Tel. 03(3581)2392

STA, National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP) the 2nd Policy-oriented Research Group, Senior Researcher (11-39, 1-chome, Nagata-cho, Chiyoda-ku)

1. は じ め に

科学技術庁では、長期的視点に立って我が国の科学技術の発展の方向を探るため、技術予測調査を過去4回（1971年、1976年、1982年、1986年）実施してきたが、昨今の内外の情勢変化を踏まえ、調査課題を追加、訂正するなどの見直しを行った上で、2020年までの30年間の展望した第5回目の技術予測調査結果を取りまとめ（今回から科学技術政策研究所が担当）、平成4年11月26日の科学技術会議（議長：宮沢首相）政策委員会に報告した。

本調査の対象範囲は基礎から応用までのあらゆる分野の技術にわたっており、調査課題数も1,000を超えるなど、大規模かつ網羅的であることが一つの特長となっている。

本調査は、我が国の研究開発活動に携わる各分野の専門家が、今後の技術発展についてどのような未来像を描いているのかを集約したものであり、このような観点から、本調査結果が広く活用され、我が国の科学技術の振興に役立つことを期待している。

以下に、本調査および調査結果の概要を紹介する。

2. 調査の概要

2.1 調査の目的

我が国の経済社会の発展にとって、科学技術の振興は極めて重要な課題であり、このためには技術発展の動向を長期的な視点から把握しておくことが必要である。

本調査は、かかる認識から、今後の我が国の科学技術政策の展開に資するとともに、民間における研究開発の方向づけの参考に供することを目的とした。

2.2 対象分野と課題数

調査の対象とした分野と課題数は表1のとおりである。

表1 対象分野と課題数

分 野	課題数
1. 材料・プロセス	108
2. 情報・エレクトロニクス	106
3. ライフサイエンス	98
4. 宇宙	46
5. 素粒子	40
6. 海洋・地球	82
7. 鉱物・水資源	39
8. エネルギー	51
9. 環境	50
10. 農林水産	74
11. 生産	72
12. 都市・建築・土木	65
13. 通信	65
14. 交通	62
15. 保健・医療	109
16. 社会生活	82
合 計	1,149

2.3 予測期間

予測期間は、1991年（調査時点）から2020年までの30年間とした。

2.4 調査手法

調査はデルファイ法によって行い、2回のアンケート調査により意見を取れんさせる方法とした。

デルファイ法というのは、多数の人に同一内容のアンケート調査を繰り返し、2回目以降のアンケート調査には前回の結果を回答者にフィードバックするもので、回答者は、全体の意見の傾向を見ながら各自の回答を変えられることが最大の特色である。

2.5 課題の設定

本調査では、各分野ごとに分科会を設けて課題を設定した。まず、当該分野の調査対象範囲および今後の技術開発の方向の明確化、さらに重要な

図2 実現予測時期の分布
(全課題及び実現予測時期の比較的早い／遅い分野の例)

課題の抽出もれ防止のため、枠組みを設定した。その枠組みをベースに検討を行い、最近の技術動向も考慮に入れて課題を設定した。

2.6 アンケート対象者の選定

産・学・官各界の各分野の専門家を対象として、分科会委員等から候補者を抽出していただき、回答者の偏りや不足等について検討を加えた上で、第1回アンケート調査では、3,334名を対象に、また、第2回アンケート調査では第1回調査の回答者2,781名を対象に実施した。

2.7 アンケート調査の実施

2.5で設定した課題ごとに、重要度、実現予測時期、国際共同開発の必要性、現在の研究開発水準の内外比較、実現に際しての阻害要因の項目につ

いて、図1に示す設問形式により2回のアンケート調査を実施した。

アンケート調査では、調査項目の分析に資するため、各予測課題に対する回答者の専門度、実現予測時期の回答の際の確信度も併せて設問した。第2回アンケート調査は、第1回調査の集計結果を提示して回答を求めた。

実施時期は第1回が1991年7月、第2回が同年12月である。

なお、調査全体におけるアンケート調査の回収状況および回答者の内訳は表2（後出）のとおりである。

3. 調査結果の概要

調査結果は各分野ごとの結果および分野横断的

① (第1回アンケート調査)

分野	専門度	重要度	実現予測時期												確信度	困難な問題発生の可能性	現在の研究開発の主体(二つ以内)	実現に際しての阻害要因(二つ以内)								No							
			なし	大	中	小	重要	'96'00	'00'05	'05'10	'10'15	'15'20	わからない	大				中	小	なし	国	公	立	研	究		機	構	外	い	な	研究機関の阻害要因	その他の阻害要因
保健・医療	大	中	小	なし	大	中	小	なし	重要	'96'00	'00'05	'05'10	'10'15	'15'20	わからない	大	中	小	なし	国	公	立	研	究	機	構	外	い	な	研究機関の阻害要因	その他の阻害要因		
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
材料・プロセス	38 常態に転移点をもつ超電導体が開発される。																																38
保健・医療	14 がんの二次予防(早期発見)体制が社会的に充実して人々の知識が高まり、その成果として、全てのがんの5年生存率の平均が70%を超える。(現在は50%)																																14
保健・医療	16 アルツハイマー型痴呆に対する有効な予防法が開発される。																																16

② (第2回アンケート調査)

分野	回	客	者	数	(A)	専門度	重要度	実現予測時期																確信度	困難な問題を必要とする	現在の研究開発の主体(二つ以内)	実現に際しての阻害要因(二つ以内)																No
								なし	大	中	小	重要	'96'00	'00'05	'05'10	'10'15	'15'20	わからない	大	中	小	なし	日本				海外	な	研究機関の阻害要因	資金の阻害要因	人材の阻害要因	研究機関の阻害要因	その他の阻害要因										
保健・医療						大	中	小	なし	重要	'96'00	'00'05	'05'10	'10'15	'15'20	わからない	大	中	小	なし	日本	海外	な <td>研究機関の阻害要因</td> <td>資金の阻害要因</td> <td>人材の阻害要因</td> <td>研究機関の阻害要因</td> <td>その他の阻害要因</td> <td></td>	研究機関の阻害要因	資金の阻害要因	人材の阻害要因	研究機関の阻害要因	その他の阻害要因															
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8											
保健・医療	38 常態に転移点をもつ超電導体が開発される。																																					38					
	180	14	21	41	25	79	16	2	1									9	30	49	43	25	15	10																			
保健・医療	14 がんの二次予防(早期発見)体制が社会的に充実して人々の知識が高まり、その成果として、全てのがんの5年生存率の平均が70%を超える。(現在は50%)																																									14	
	134	21	29	34	16	73	20	6	1										23	51	20	27	33	25	11																		
保健・医療	16 アルツハイマー型痴呆に対する有効な予防法が開発される。																																										16
	114	14	25	36	28	75	19	6	0										7	39	49	61	27	9	0																		

第1. 調査票は、調査対象分野毎に作成した(「宇宙」分野と「素粒子」分野は一つの調査票)。

2. 課題は、フレームの分類毎に提示した。

3. 回答は、それぞれの設問項目より該当する事項を一つ選び(「実現に際しての阻害要因」は二つ以内)、太枠内に数字で記入していただいた。

図1 アンケート調査の設問形式(調査票)

実現に際しての阻害要因	回答者の過半数が選択した課題の比率 (%)	各要因の比率の高い分野 (上位2位まで)	
技 術 的	83	材料・プロセス	(100%)
		素粒子	(100%)
制 度 的	2	都市・建築・土木	(12%)
		通 信	(6%)
文 化 的	1	社会生活	(7%)
		都市・建築・土木	(7%)
コ ス ト 面	32	エネルギー	(82%)
		交 通	(69%)
資 金 的	16	宇 宙	(93%)
		海洋・地球	(51%)
人材の養成・確保面	1	ライフサイエンス	(6%)
		環境	(4%)

(注) 1. 「研究開発体制面」については過半数が選択した課題が皆無であるため、省略してある。

2. 本調査項目については、複数回答(二つ以内)が可となっているため、比率の合計は100%を超えている。

図3 実現に際しての阻害要因の回答傾向

な分析により構成されているが、ここでは、分野横断的な分析の一部について概観することとする。

3. 1 重要度

重要度が高いとされた課題は、多くの回答者が、技術開発、産業または社会に対する波及効果が非常に高いと考えており、研究開発の推進が特に期待されるものである。

予測課題全体1,149課題のうち、重要度が特に高いとされた課題43課題(重要度「大」の回答の比率が80%以上の課題)を表3に示す。

これらの全体的な傾向としては、環境保全、疾病の克服、防災といった“健康で安心な生活”を目指した課題が極めて多いことが挙げられる(上記43課題中、35課題が該当する)。生活大国が叫ばれている中で、健康や生命に対する関心が高まっていることがわかる。

3. 2 実現予測時期

実現予測時期の分布を図2に示す。予測課題全体では今後10~20年の間(2001年~2010年)に実現すると予測された課題が約8割を占めており、

過去4回の調査と同じ傾向にある。

実現時期が早いと予測された課題は、「都市・建築・土木」分野、「海洋・地球」分野等でその比率が高く、社会的インフラストラクチャの整備・充実や気象観測・予測技術等の早期展開が期待される。

これに対して、実現時期が遅いと予測された課題は、「ライフサイエンス」分野、「宇宙」分野等でその比率が高い。脳機能の解明、アルツハイマー型痴呆の治療、有人宇宙船の火星着陸のように、基礎研究や大規模技術開発に関するものが多く、いずれも長期的な取り組みが必要な課題である。

一般的に関心が高いと思われる課題の例およびその実現予測時期を表4に示す。なお、ここで表示した課題は全文ではなく省略形である。

次に、データベース、情報検索等の情報管理に関連すると思われる課題を抽出し、その実現予測時期と重要度「大」の回答の比率を併せて、年表としてまとめたものを表5に示す。

3. 3 実現に際しての阻害要因

予測課題全体としては、図3に示すように、技術的阻害要因(全課題の83%)、市場における競争

表3 全分野を通じて重要度「大」の比率が80%以上の課題(43課題)

(注)：課題の前の番号は当該分野の課題番号を示す

課 題	重要度「大」の比率(%)	実現予測時期(年)
(社会生活) 10 現在大気汚染の原因とされている汚染物質(NO _x 等)を除去する技術が <u>実用化される</u> 。	94	2003
(保健・医療) 4 <u>ほとんどすべての種類のかんについてがん化の機構が解明される</u> 。	93	2010
(素粒子) 72 演算速度10TFLOpsを超えるコンピュータが <u>実用化される</u> 。	93	2004
(ライフサイエンス) 42 がんの転移を防ぐ有効な手段が <u>実用化される</u> 。	92	2007
(生産) 30 二酸化炭素の吸収, 人工光合成, 廃棄物の無害化技術, 砂漠化防止技術等の技術開発が進み, 全世界的に地球環境保全対策が <u>普及する</u> 。	91	2011
(情報・エレクトロニクス) 2 <u>10ナノメートルの最小寸法をもつパターンが自由に加工できる技術が実用化される</u> 。	90	2003
(情報・エレクトロニクス) 3 <u>1チップ当たり1ギガビットメモリ級以上の超LSIが実用化される</u> 。	90	2002
(海洋・地球) 73 被害の発生が予想されるマグニチュード <u>7以上</u> の地震の発生の有無を <u>数日程度以前に予測できる技術が開発される</u> 。	88	2010
(鉱物・水資源) 19 都市ゴミから有価物を回収するための <u>経済的な分別, 分離法が実用化される</u> 。	88	2001
(宇宙) 11 人工衛星を利用した世界的航空管制システムが <u>実用化される</u> 。	87	2001
(ライフサイエンス) 12 <u>全部のがん抑制遺伝子が同定され, がん化との関係が解明される</u> 。	87	2009
(ライフサイエンス) 75 アルツハイマー型痴呆等の老人性痴呆が治癒 <u>可能となる</u> 。	87	2015

課 題	重要度「大」の比率(%)	実現予測時期(年)
(ライフサイエンス) 74 アルツハイマー型痴呆が <u>予防可能となる</u> 。	86	2011
(素粒子) 73 書込速度毎秒1ギガバイト以上の大容量記録装置が <u>実用化される</u> 。	86	2004
(保健・医療) 7 動脈硬化のメカニズムが <u>解明される</u> 。	86	2004
(ライフサイエンス) 40 がんの発生を予防する薬が <u>開発される</u> 。	85	2013
(農林水産) ② 遺伝子操作による作物の品種改良(収量, 耐病性, 耐寒性等)が <u>実用化される</u> 。	85	2002
(ライフサイエンス) 41 血清等を用いた高感度かつ簡便ながんの早期診断技術が <u>開発される</u> 。	85	2001
(ライフサイエンス) 23 がん細胞を正しい分化の方向に誘導して正常化させる治療が <u>一般化する</u> 。	83	2015
(都市・建築・土木) 65 商業用原子力発電所の廃止措置に対応できる, 安全でかつ合理的な解体撤去技術が <u>確立される</u> 。	83	2004
(ライフサイエンス) 29 太陽エネルギーの生物化学的エネルギー化技術(変換, 貯蔵等)が <u>実用化される</u> 。	83	2009
(都市・建築・土木) 51 都市廃棄物を半減させるような廃棄物再利用技術が <u>開発される</u> 。	83	2004
(環境) 11 地球温暖化に伴う農業生産への影響が <u>全球的に求められる</u> 。	83	2004
(環境) 12 世界の二酸化炭素の排出量が現在の20%減まで <u>低下する</u> 。	83	2015

(表3 続き)

課 題	重要度「大」の比率(%)	実現予測時期(年)
(ライフサイエンス) 11 免疫応答の分子生物学的機構の全貌が解明される。	84	2008
(エネルギー) 28 高レベル放射性廃棄物の固化体の処分技術が実用化される。	84	2009
(生産) 72 コンビナート、原子力施設等の安全装置が初期微動の段階でいち早く作動し、地震による施設等の破壊を防止するシステムが普及する。	84	2006
(材料・プロセス) 38 常温に転移点をもつ超電導体が開発される。	84	2017
(生産) 28 不用製品の回収・処理に関する製造者責任が法的に規定されることにより、使用材料のほとんどが再利用できる設計・生産・再利用システムが普及する。	84	2004
(ライフサイエンス) 94 砂漠化を防止するための耐乾燥性・耐塩性植物の育種が実用化される。	83	2009
(保健・医療) 16 アルツハイマー型痴呆に有効な予防法が開発される。	82	2011
(ライフサイエンス) 22 細胞がん化におけるシグナル伝達の全貌が解明される。	82	2007
(海洋・地球) 40 地球を取巻くオゾン層の形成・変動・消滅の機構が解明される。	81	2002
(環境) 4 オゾン層を破壊せず、地球温暖化の点でも問題がないフロン・ハロン代替品が実用化される。	81	1998
(交通) 5 現在の新幹線設備を利用して時速300kmで環境基準を満たして連続走行可能な車両が実用化される。	81	1998
(材料・プロセス) 22 変換効率が50%以上の積層太陽電池が実用化される。	80	2010

課 題	重要度「大」の比率(%)	実現予測時期(年)
(生産) 2 常温超電導材料が工業製品に多用される。	80	2008
(海洋・地球) 76 火山噴火の2～3日前の予測が確実にできるようになる。	80	2006
(海洋・地球) 77 火山噴火による火砕流、熱雲の発生と規模が予測できるようになる。	80	2005
(ライフサイエンス) 63 老化の機構が解明される。	80	2013
(海洋・地球) 80 大気、海洋、海底にまたがる二酸化炭素の移動と貯蔵の全体像が解明され、化石燃料の利用と地球環境保全のバランスを維持する技術が開発される。	80	2011
(環境) 32 窒素酸化物0.1～0.2g/kmの排出規制が可能な技術がほとんどの車種に普及する。(重量ディーゼル車での現状は4～5 g/km程度、ガソリン乗用車の昭和53年規制値は0.25g/km)	80	2003
(農林水産) 69 微生物や酵素等で自然に無害な物にまで分解される生分解性の包装資材が、一般に広く用いられるようになる。	80	2003

表4 関心が高いと思われる課題の例およびその実現予測時期

2001年	<ul style="list-style-type: none"> ・都市ゴミから有価物を回収する経済的な分別、分離法の実用化 ・家庭用メガネなしの立体テレビの実用化 ・腎、心、肝等の臓器移植が欧米なみに行われる
2002年	<ul style="list-style-type: none"> ・1ギガビットメモリ級以上の超LSIチップの実用化 ・遺伝子操作による作物の品種改良（収量、耐病性、耐寒性等）の実用化
2003年	<ul style="list-style-type: none"> ・都市ゴミ等を可燃物、金属、ガラス類等に自動分別する技術システムの普及 ・高密度運行と安全性向上に対処する、航空機の位置・時間管理システムの開発 ・がんの早期発見体制が充実して、がんの5年生存率の平均が70%を越える ・在宅で健康状態がチェックでき、適切な診断が受けられるシステムの実用化 ・テレビ電話等の発達により面談・折衝以外の一般事務部門で在宅勤務が普及 ・排泄や入浴等の看護を対象者に合わせて行う多目的看護ロボットの実用化
2004年	<ul style="list-style-type: none"> ・大気中の二酸化炭素の発生と消滅の正確なメカニズムの解明 ・マイクロマシンが、バイオ、微細加工、半導体製造等の作業において実用化 ・通勤利用に耐える充電容量のバッテリーが開発され、電気自動車が普及
2005年	<ul style="list-style-type: none"> ・血液透析に代替する、装着もしくは埋込型人工腎の開発
2006年	<ul style="list-style-type: none"> ・火山噴火の2～3日前の確実な予測 ・AIDSの治療法の確立
2007年	<ul style="list-style-type: none"> ・住宅電力供給用の太陽電池の普及 ・最高時速500km程度の超電導磁気浮上鉄道の実用化 ・動脈硬化の非常に有効な治療法の実用化
2008年	<ul style="list-style-type: none"> ・77k以上の臨界温度をもつ超電導材料を用いた産業用電気機械の普及 ・オゾンホール修復用の航空機搭載型粒子加速器の開発 ・リアルタイム日英間自動通訳電話の開発 ・地震、地滑り等の地域予知防災システムの普及
2009年	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽エネルギーの生物化学的エネルギー化技術（変換、貯蔵等）の実用化
2010年	<ul style="list-style-type: none"> ・材料中にセンサ・プログラミング・エフェクタ機能を有する智能化材料の開発 ・人間の記憶・認識・学習のメカニズムの解明及び計算機応用のためのモデル化 ・ヒト染色体のDNAの全塩基配列の決定 ・マグニチュード7以上の地震の発生の有無を数日前に予測する技術の開発 ・すべての種類のがんのがん化機構の解明
2011年	<ul style="list-style-type: none"> ・アルツハイマー型痴呆に対する有効な予防法の開発
2013年	<ul style="list-style-type: none"> ・老化の機構の解明
2015年	<ul style="list-style-type: none"> ・月面上に南極の昭和基地のような宇宙観測用恒久有人基地が実現
2017年	<ul style="list-style-type: none"> ・常温に転移点をもつ超電導体の開発

表5 情報管理に関連すると思われる課題およびその実現予測時期

(注) 課題の前の番号は当該課題が所属する分野における課題番号を示す

実現予測 時期(年)	課 題	分 野	重要度「大」 の比率(%)
2000	61 海外の日本人学校や家庭で、通信衛星により日本国内の教育情報ネットワークを利用するシステムが普及する。	社会生活	21
2001	40 日常生活に必要な各種の生活情報(検索、案内、予約、注文等)をホームターミナルにより随時得られる対話型映像情報システム(静止画、動画、ハードコピー、音声等の機能を有する)が普及する。	社会生活	16
2002	39 パターン認識技術が発達し、手書きの日本語が読めるようなコンピュータがサービス業に普及する。	生産	23
	54 書類・統計の編集、作成、保管、検索及びオフィス間の文書通信、会議等がすべて電子化されたオフィスシステムが普及する。	生産	27
	25 土質、地質、気象等設計条件の統一的なデータベースが整備され、計画や設計に自由に利用されるようになる。	都市・建築・土木	51
	19 異種な通信網の相互接続が容易に行われるようなプロトコル自動変換技術が実用化される。	通信	59
	99 全国の医師に対し、最新の医学知識をオンラインで提供するようなセンターができ広く利用されるようになる。	保健・医療	47
2003	87 1テラバイトの情報容量のデータベースから任意の情報を10秒以内に検索することができるシステムが開発される。	情報・エレクトロニクス	46
	53 外国語資料を日本語に翻訳し、日本語を外国語に翻訳できる自動翻訳装置がオフィスに普及する。	生産	45
	2 土地の所有、利用、取引等の情報が一元的に整備され、土地政策や都市計画に活用される。	都市・建築・土木	45
	55 打合せ等のスケジュール管理、あいまいな命令からの確にデータベース等との自動アクセスによりデータ検索を行う人工知能と通信機能を盛込んだ秘書代りとなるワークステーションが実用化される。	通信	17
	56 音声、文字、静止画、動画像等、マルチメディア間を自動的に変換する電子メール通信システムやデータベースシステムが実用化される。	通信	32
	57 手書き漢字の認識率が99%を越える文字認識技術が普及する。	通信	28
	60 音声・画像理解機能、パーソナルデータベース機能を有し、質問すると音声と映像ですぐ答の返ってくる知識探求、コンサルテーションシステム(百科事典や制度・法律相談システム等)が実用化される。	社会生活	19
	82 国内各地及び外国の言語、風土、慣習、社会制度等に関するビデオ教材のデータベースが整備され、家庭や企業から随意にアクセスできるシステムが普及する。	社会生活	16
2004	104 金属腐食に関するデータベースが整備され、金属材料の腐食寿命予測法が確立される。	材料・プロセス	34
	63 電子化された文書通信(電子化新聞等)が家庭に普及する。	情報・エレクトロニクス	25
	75 情報システムの端末を兼ねるホームコンピュータシステム(家庭内の機器制御、家計・健康等の管理、対話型学習装置としての利用等が可能)が普及する。	情報・エレクトロニクス	16

実現予測 時期(年)	課 題	分 野	重要度「大」 の比率(%)
2005	38 全世界のほとんどの国を覆う国際 ISDN が形成され、国内 ISDN から自動接続が <u>可能</u> となる。	通信	78
	66 教材知識と教授方略の知識データベースを有し、教師の授業イメージを対話的に抽出して、CAI ユースウェア（利用ソフトウェア）を自動生成するシステムが <u>開発</u> される。	社会生活	9
	86 写真のような複雑な <u>2次元パターン</u> を <u>人間なみの</u> 速さで検索できる技術が <u>実用化</u> される。	情報・エレクトロニクス	46
	97 <u>行書程度</u> の手書きの日本語が読める装置がオフィスで <u>普及</u> する。	情報・エレクトロニクス	11
	103 知識表現の標準化が進み、既存の知識データを利用した大規模エキスパートシステムの <u>短期開発</u> が <u>可能</u> となる。	情報・エレクトロニクス	33
	31 電子図書館（文字、図書、静止画、映画、テレビ、記録フィルム等のビデオライブラリ）から広帯域回線を経由して静止画像又は動画像を検索する通信システムが <u>普及</u> する。	通信	27
2006	98 健康状態が家庭において <u>チェック</u> でき、異常の際は <u>在宅のままで</u> 適切な診断が受けられるシステムが <u>実用化</u> される。	保健・医療	46
	31 大気、水質等の各汚染因子の <u>地球的規模</u> のモニタリングが一般化し、衛星通信等により環境情報の国際的 <u>一元化</u> システムが <u>完成</u> する。	環境	55
2007	91 <u>図面を含む</u> 文章が理解できるシステム（例えば特許公報の要約）が <u>実用化</u> される。	情報・エレクトロニクス	38
	93 音声入出力による <u>ポータブル型</u> 自動通訳器（簡単な日常会話を双方に通訳する）が <u>商品化</u> される。	情報・エレクトロニクス	37
2008	80 必要な組成、組織、物性をもった <u>固体触媒</u> のコンピュータ支援材料設計法が <u>実用化</u> される。	材料・プロセス	39
	92 日本語の文章を音声入力（ <u>不特定話者による連続単語発声</u> ）することにより、漢字混じり文に変換する汎用的な音声タイプライタが <u>普及</u> する。	情報・エレクトロニクス	30
2009	45 全ての加工技術を、加工物の形状と特性、加工エネルギーと加工変換で体系化したエンジニアリングデータベースが <u>完成</u> する。	生産	26
2010	94 図書、資料の要約・抄録を自動的に行う装置（要求により <u>任意の</u> 圧縮比で出力ができる）が <u>開発</u> される。	情報・エレクトロニクス	25
	7 <u>ヒト</u> 染色体の DNA の全塩基配列が <u>決定</u> される。	ライフサイエンス	65
2011	71 人工知能やコンピュータシミュレーションによる森林、水、土等の環境保全と農林生態系の調和を図る管理システムが <u>実用化</u> される。	農林水産	65
2014	6 <u>ヒト</u> の全タンパク質のデータライブラリーが <u>完成</u> する。	ライフサイエンス	61

表2 アンケート調査の回収状況および回答者の内訳

課題数	回収状況				回答者の内訳 (第2回アンケート調査)													単位：人		
	第1回アンケート調査		第2回アンケート調査		性別		年 代						職 業					職 種		
	対象者数 (人)	回収数 (人)	回収率 (%)	回収数 (人)	回収率 (%)	男	女	20代	30代	40代	50代	60代	70代以上	会社関係者	大学関係者	公設研究所	団体関係者	その他	研究開発従事者	それ以外
1,149	3,334	2,781	83	2,781	86	2,312	27	8	111	724	1,054	410	32	879	864	349	203	42	1,834	498

表6 各阻害要因別の比率の高い課題 (比率の上位2位までの課題)

区分	該 該 課 題	回答比率	分野
技術的	4. 高分子ゲルが、機能性材料として、人工筋肉、バイオリアクター、情報処理素子等に実用化 44. 人間なみの感度と密度をもつ触覚センサの実用化	100% 99%	生産 情報・エレクトロニクス
制度的	2. 土地の所有、利用、取引等の情報が一元的に整備され、土地利用計画に活用 1. 立地政策や都市建設 3. 大都市圏の広域総合管理技術の確立	93% 81% 81%	都市・建築・土木 都市・建築・土木 都市・建築・土木
文化的	86. 腎、心、肝等の臓器移植が現在の欧米なみに実施 24. 自然保護の観点から、ミンクク等の天然物の普及 触れられる各種人工製品の普及	77% 67%	保健・医療 社会生活
コスト面	15. 住宅電力供給用に太陽電池が普及 26. 下水及び排水の処理技術が普及し、小規模な工場等における回収循環型システムを利用したパーソナルテクノロジー 33. レコングラフ型システムがオフィスに普及	91% 91% 91%	エネルギー 鉱物・水資源 通信
資金的	5. 月面上に南極の昭和基地のような宇宙観測用恒久有人基地の実現 33. 有人軌道間輸送システムの開発	89% 89%	宇宙 宇宙
人材の養成・確保	26. 植物における情報受容機構の解明 10. 脳の発生・成長過程が分子レベルで解明	56% 55%	ライフサイエンス ライフサイエンス

回答比率: 例示した各課題における当該阻害要因の選択比率を示す

表7 研究開発水準の内外比較

課 題	実現予測時期	実現に際しての阻害要因	国際共同開発の必要性
日本優位の課題	比較的早い	コスト面の要因が多い	低い
海外優位の課題	比較的遅い	資金的な要因が多い	高い

力の問題等のコスト面の阻害要因(同32%)、研究開発資金の確保等の資金的阻害要因(同16%)の順となっている。なお、各阻害要因別の比率の高い課題の例を表6に示す。

3. 4 国際共同開発の必要性

予測課題全体の中で国際共同開発の必要性が極めて高い課題としては、地球環境問題のような地球的規模の推進が不可欠な課題、遺伝子、脳等の基礎原理の解明のような人類共通の知的ストック形成に貢献する課題、宇宙開発のような大規模研究課題等が挙げられる。

3. 5 現在の研究開発水準の内外比較

予測課題全体について「日本優位」と「海外優位」の課題を比較すると、実現予測時期とその阻害要因、国際共同開発の必要性について表7のとおり際立った対照がみられる(図4, 図5を参照)。

これは、「日本優位」の課題には、「実用化」または「普及」の段階にある課題が多く、「海外優位」の課題はまだ「解明」または「開発」の段階で、基礎的・長期的・大規模な課題が多いことによると考えられる。

我が国としても、現在「海外優位」とされた課題も含め、基礎的・長期的・大規模な課題により積極的に取り組んでいくことが求められており、特に研究開発投資や国際共同開発の面で国の果たすべき役割は大きいと思われる。

また、分野ごとの傾向をみると、図6に示すように、「宇宙」、「ライフサイエンス」、「保健・医療」の3分野においては「海外優位」と指摘された比率がかなり高かったが、他の分野では「日本優位」

と「海外優位」でそれ程大きな差はみられない。

3. 6 今後の技術発展の方向について

今回の予測状況を踏まえ、今後進展が期待される技術課題群を各分野ごとに「注目領域」として特定し、概観した。表8には、そのタイトルを記す。

また、分野横断的にみて、今後の技術発展の方向を示唆する領域としては、「原理・現象の解明が重視される領域」、「知的機能の付加が重視される領域」、「環境問題との関わりが重視される領域」が挙げられる。

(1) 原理・現象の解明が重視される領域

今回の調査で予測された課題は計77課題と、前回調査(51課題)より大幅に増加しており、基礎研究重視の反映と思われる。

この領域の課題には、脳・神経系の課題、病気や老化に関する課題、ライフサイエンスの基礎的課題が極めて多い。これは、これらの分野にはまだ未解明の部分が多いためと思われる。

個別の課題についてみると、技術面だけでなく、人材の養成・確保面の阻害要因の高い課題(脳の分子レベルでの解明等)が比較的多い。また、研究開発水準面で海外優位と認識された課題(アルツハイマー型痴呆の機構解明等)が多く、国際共同開発の必要性の高い課題(がん化機構の解明等)も多い。本領域における予測課題の例を表9に示す。

(2) 知的機能の付加が重視される領域

今回の調査で予測された課題は計225課題と、前回調査(102課題)より倍増しており、本領域が先端科学技術の発展方向を示唆していると考えられ

図4 「日本優位」/「海外優位」の課題の実現予測時期の分布

(注)1. 上記各区分のほか、アンケート調査では「阻害要因」について「研究開発体制面」及び「その他」を設けたが、該当課題がいずれも皆無であるため省略してある。

2. 「阻害要因」については、複数回答(二つ以内)が可となっているため、「技術的」から「人材の養成・確保面」までの比率の合計は100%を超えている。

図5 「日本優位」/「海外優位」の課題の研究開発推進に関する調査項目への回答傾向

る。この領域の課題には、人工知能を応用した自然生態系のシュミレーション、ロボット、輸送機械における知的システム、人工現実感等の様々な分野への応用技術が挙げられる。

個別の課題についてみると、研究開発水準面で日本優位と認識された課題（知能型建設ロボット等）が比較的多く、我が国の研究が進んでいる領域と言える。また、技術面だけでなくコスト面（多目的看護ロボット等）資金面（海洋変動のモデル予測等）の阻害要因も高い課題が多い。本領域における予測課題の例を表10に示す。

(3) 環境問題との関わりが重視される領域

地球環境問題に対する関心が大きいこともあり、今回の調査で予測された課題は計204課題と、

多くの課題が取り上げられた。この領域の課題には、環境変動の測定・監視・予測、原理・メカニズムの解明、環境破壊の未然防止・低減化、破壊された環境の修復等に関する課題等が挙げられる。

個別の課題についてみると、地球温暖化、オゾン層破壊、廃棄物対策等に関する課題が多い。技術面だけでなくコスト面（都市ゴミから有価物回収等）、資金面（オゾン層の機構解明等）の阻害要因も高い課題が多い。また、国際共同開発の必要性の高い課題（二酸化炭素の排出削減等）が比較的多い。本領域における予測課題の例を表11に示す。

表9 原理・現象の解明が重視される課題（例）

金属とポリマーの界面の接着機構の解明（2002年）
識別機能に關与する免疫担当細胞の機能の解明（2004年）
マグマの挙動等、火山に關する一連のプロセスの解明（2005年）
シグナル伝達分子の構造と機能の完全な解明（2007年）
発生・分化の分子機構の概要の解明（2009年）
すべてのがんのがん化機構の解明（2010年）
老化の機構の解明（2013年）
1.9 Kの宇宙背景ニュートリノの検出（2015年）
脳のニューロン活動と思考過程との關係の解明（2018年）

表8 各分野において進展が期待される領域（注目領域）のタイトル

1. 材料・プロセス分野	(1) 原子・分子レベルでの構造制御と評価 ー操作技術と計算機シミュレーションー (2) 界面制御による機能発現 (3) 極限材料の追求と複合・ハイブリッド化 (4) 化学プロセスのフロンティア
2. 情報・エレクトロニクス分野	(1) システム巨大化に対する人間の能力の限界突破への期待
3. ライフサイエンス分野	(1) がん研究の進展 (2) ゲノム全一次構造決定とその分析 (3) 発生・分化及び形態形成の分子機構 (4) 脳の高次機能（認識・記憶・思考） (5) 植物の諸機能の解明とその高次の変化 (6) タンパク質工学 (7) データベースとバイオインフォマティックス
4. 宇宙分野	(1) 有人宇宙開発への展開 (2) 宇宙科学技術の国際的展開
5. 素粒子分野	(1) 素粒子研究が展開する極限技術とその波及効果 (2) 素粒子研究と宇宙研究の接点をもたらす世界観の変革
6. 海洋・地球分野	(1) 地球の自然観測の発展 (2) 大量情報処理の活用と教育の体系化及び国際化
7. 鉱物・水資源分野	(1) 資源開発における省力化・無人化 (2) 水循環の予測、特に温暖化現象の影響の解明と対応
8. エネルギー分野	(1) 非化石燃料系への技術シフト (2) 質を考慮したエネルギーの合理的利用技術
9. 環境分野	(1) 地球環境変動の監視・解明・予測 (2) リサイクル社会実現のための技術
10. 農林水産分野	(1) 生産性向上と環境保全との調和
11. 生産分野	(1) 人間社会との関わり (2) 今後の生産技術を方向づける技術
12. 都市・建築・土木分野	(1) 情報社会のコミュニティ「仮想都市」 (2) ニューフロンティア空間への展開 (3) 生産性の向上と安全性の確保
13. 通信分野	(1) 通信のパーソナル化 (2) ネットワークサービスの競争とインテリジェント化 (3) 高度放送技術の展開 (4) 未来を切り拓く新通信技術
14. 交通分野	(1) 交通管制技術とそれに対応した交通システムの再構成 (2) 材料の進歩と高性能化 (3) 高速化の展開 (5) 環境にやさしい交通 (6) 新しいコンセプトの交通システム
15. 保健・医療分野	(1) 糖尿病の克服 (2) 神経・筋疾患の克服 (3) 老化研究の展望 (4) 人工臓器の進展 (5) バイオサイエンスにおける展望 (6) 予防医学の水準の向上
16. 社会生活分野	(1) 科学技術の展開と価値観・行動様式の変化 (2) ゆとり・充実感の実現に向けて (3) 排泄への対応ー新しい文化づくり (4) 科学技術と心理的ボーダー (5) 教育情報ネットワークの構築

表 10 知的機能の付加が重視される課題（例）

各種作業を行う知能ロボットが土木工事現場に導入（2001年）
人工現実感型モニターによる商品企画・販売等の実用化（2002年）
走行自動車を把握し、都市内交通流を最適制御する管制システムの普及（2003年）
航空機の高密度運行と安全性向上のための位置・時間管理システムの開発（2003年）
排泄や入浴等を看護対象者に合わせて行うロボットの実用化（2003年）
人体埋込型装置による病状の診断・治療，健康管理の実用化（2006年）
リアルタイムで動作する日英間自動翻訳電話の開発（2008年）
血管中を自走するマイクロ装置の実用化（2009年）
オフィス，工場，家庭で不特定の人にサービスするロボットの普及（2010年）
故障箇所を発見し，自分で修理できるロボットの開発（2011年）
寿命を知らせる構造材料の開発（2011年）
人工抹消神経の開発（2015年）

表 11 環境問題との関わりが重視される課題（例）

オゾン層を破壊しないフロン・ハロン代替品の実用化（1998年）
都市ゴミから有価物を回収する経済的分別・分離法の実用化（2001年）
資源として回収しやすい製品設計技術の普及（2002年）
窒素酸化物の排出規制が可能な技術がほとんどの車種に普及（2003年）
大気中の二酸化炭素の発生と消滅の正確なメカニズムの解明（2004年）
河川，湖沼等の水質浄化技術の実用化（2005年）
住宅電力供給用の太陽電池の普及（2007年）
ガソリン自動車なみの走行性能を有する電気自動車の普及（2008年）
砂漠化防止用の耐乾索性・耐塩性植物の実用化（2009年）
野生生物の保護を含めた地域環境管理技術の実用化（2011年）
東京湾等の閉鎖系水域で水泳が可能（2013年）
二酸化炭素の排出量が現在の20%減まで低下（2015年）

但「わからない」及び「無記入」を除いた各選択肢の回答割合の合計を課題数で割った比率を百分率で示す。

図 6 現在の研究開発水準の内外比較の分野別傾向

参考 1

第1回調査（1971年）の結果の評価・分析

第1回調査当時に予測した課題が現時点で実現しているかどうかの評価を試みた。第1回調査の時の予測課題は5部門にわかれ、合計644課題であるが、そのうち530課題を調査の対象とした（1991年以前に実現すると予測された課題および1992年以降に実現すると予測され既に実現した課題）。部門ごとに評価を行った結果は以下のとおりであり、部門によってかなりの差がみられるものの、実現又は一部実現した課題の割合は64%となった。（表12）

また、実現および非実現と評価された課題についてその理由を検討したが、複雑な要因が絡み合っていることがしばしばであり、理由の特定が困難なものが多い。その中で比較的明確なものを、表13のようにいくつかのカテゴリーに分類して、分析した。

表12 部門別の実現率等

部 門	対象課題数	実現課題数	一部実現課題数	非実現課題数	実現率（%）	一部実現を含む実現率（%）
社会開発	119	23	47	49	19	59
情 報	96	40	35	21	42	78
医療保健	73	21	36	16	29	78
食糧農業	92	22	45	25	24	73
工業・資源	150	41	30	79	27	47
合 計	530	147	193	190	28	64

（注）実現率：530課題に対する実現課題数の比率

一部実現を含む実現率：530課題に対する実現課題数と一部実現課題数の合計の比率

表13-① 「実現」と評価された課題の例

実 現 の 理 由	課 題 例
基盤技術の進展	生体細胞の組織培養法による高分子生理活性物質（例えばインシュリンなど）の生産が企業化される。
制度的枠組みの確立	人工衛星を利用した世界的気象観測システムが実現する。
コストダウン	水深200m以上の大陸棚斜面において、石油を経済的に採掘することが可能になる。
既存技術の限界突破	情報システム用などのディスプレイとしてプラズマセル式，EL素子式，液晶セル式のものが実用化される。
強いニーズ	公害についての監視・測定・予知及び警報のための各地域ごとの（東京都とその周辺数県を含む程度）情報処理ネットワークが確立する。

表 13-② 「非実現」と評価された課題の例

非 実 現 の 理 由	課 題 例
技術的問題	情報検索などの大容量記憶を実現するためのレーザ・ホログラフィを使用した光メモリーが実用化される。
社会・制度・文化的問題	各地域ごとに（府県別程度）全病院・全医師の保有するカルテを集中的に管理する医療用データ・バンクがつくられる。
市場競争力の問題	合成紙の使用量が、紙の50%となる。
競合（代替）技術の存在	トンネル掘削等における効率化のために、プラズマによる掘削技術が実用化される。
ニーズの弱さ	隣接する建物などに悪影響を及ぼすことなく処理が可能となる、高層建築の特殊技術が実用化される。

参考 2

技術予測調査の利用状況

技術予測調査の結果は多方面でさまざまに利用されているが、平成元年に約250社の民間企業を対象に利用状況を調査したところ、以下のように、多くの企業が本調査の意義を高く評価している。

- ①研究開発・技術開発の計画、事業計画の立案に役立てるため利用——72.5%
- ②中期（5～10年後）の技術動向を把握するため利用——60.7%
- ③予測のため選出された課題の内容そのものに関心を持って利用——59.9%

付録

イラストで見る技術予測

今回の調査では、結果をわかりやすく表現するために、いくつかの視点別に図示しやすい予測結果を集めてイラストを作成した。その中から、「家庭の未来」、「保健・医療の未来」、「都市・交通・通信の未来」および「宇宙の未来」のイラストをそれぞれ図 A, B, C, D に示す。

図A 家庭の未来

図B 保健・医療の未来

図C 都市・交通・通信の未来

図D 宇宙の未来