

ほらいずん

未来科学技術の 20 年後評価

— 科学技術予測調査で取り上げたトピックの実現状況 —

科学技術予測・政策基盤調査研究センター 研究官 黒木 優太郎、専門職 横尾 淑子

.....

【概要】

実施から 20 年が経過した第 7 回科学技術予測調査 (2001 年) の中で取り上げた科学技術トピック (中長期的に実現が期待されていた研究開発課題) が実際のどの程度実現しているかについて評価を行った。全体では約 7 割のトピックが実現しており、分野別に見ると、情報・通信分野、環境分野、製造分野の実現割合が高く、保健・医療分野の割合が低かった。新型コロナウイルス感染症流行前の調査であるが、感染症及び新しい生活様式に関するトピックが取り上げられていた。感染症関連では、新興・再興感染症に関するトピックは少なく、また全般的に実現していないトピックが多かった。新しい生活様式関連では、デジタル化・自動化・遠隔化のトピックが取り上げられており、実現と評価されたトピックが多かった。

キーワード：科学技術予測，デルファイ，新興・再興感染症，新しい生活様式

.....

1. はじめに

科学技術庁 (当時) は、1971 年に科学技術発展の中長期展望に関する「科学技術予測調査」^{注 1}を開始した。科学技術・学術政策研究所は、5 回目の調査 (第 5 回調査と記す。以降同じ) (1992 年) から調査を担当し、2019 年に第 11 回調査¹⁾結果を公表した。

社会変化、科学技術動向、政策ニーズなどに対応して、調査回ごとに新しいアプローチを取り入れているが、その中で唯一継続的に実施しているのが「デルファイ調査」²⁾である (図表 1)。「デルファイ調査」とは、専門家アンケートにより科学技術の中長期発展を展望する調査で、質問を繰り返して意見を収れんさせるデルファイ法を用いている。具体的には、向こう 30 年間に実現が期待される研究開発課題として科学技術トピック (以降、トピック) を数百件設定し、専門家にそれらの重要度や実現時期などを尋ねるアンケートを 2 回繰り返して再考を促し、確度を高める。

当センターでは、2021 年 9 月～2022 年 3 月、調査実施から 20 年以上が経過した第 5 回調査 (1992 年)³⁾、第 6 回調査 (1997 年)⁴⁾、第 7 回調査 (2001 年)⁵⁾を対象として、当時取り上げたトピックの実現状況評価を実施した。本稿では、第 7 回調査の評価結果を中心に紹介する。

2. 調査方法

評価対象は、第 6～7 回調査の全トピック及び第 5 回調査の未実現トピック (2009 年に実施した実現状況評価において「未実現」と評価されたトピック) である。同一あるいは修正して複数回取り上げたトピックを第 7 回調査トピックで代表させる形で整理し、評価対象トピック 1596 件を設定した。

実現状況については、評価実施時点で「実現済」、「一部実現」、「未実現」の 3 段階評価とし、それぞれの理由も尋ねた。一次評価 (インターネット検索によ

注 1 第 1～7 回調査までは「技術予測調査」、第 8 回調査以降は「科学技術予測調査」であるが、本稿では「科学技術予測調査」を総称として用いる。

図表 1 科学技術予測調査の歴史



る情報収集)、二次評価（専門家ネットワーク^{注2}を活用したアンケート）を経て、直近の第11回調査の分野別分科会委員を中心とする専門家パネルが評価を確定した。ただし、第7回調査トピックで代表させたため、第5回調査及び第6回調査については、実現状況が確定できないトピックが一部存在する。なお以降では、「実現済」及び「一部実現」を合わせて「実現」と呼ぶ。

3. 全体概要

各調査回の実現状況

第7回調査の全トピック1065件のうち実現したトピックの割合は72%、2021年までの実現が予測されていたトピック993件（全トピックの約9割）に限定すると実現割合は74%である。

図表2は、調査実施から20年後の各調査回の実現割合である。第1~5回調査までは実現したトピックの割合は6割程度であるが、第6~7回調査では7割を超えた。2000年代に入り、着実な科学技術進展が見られたと推察される。

各分野の実現状況

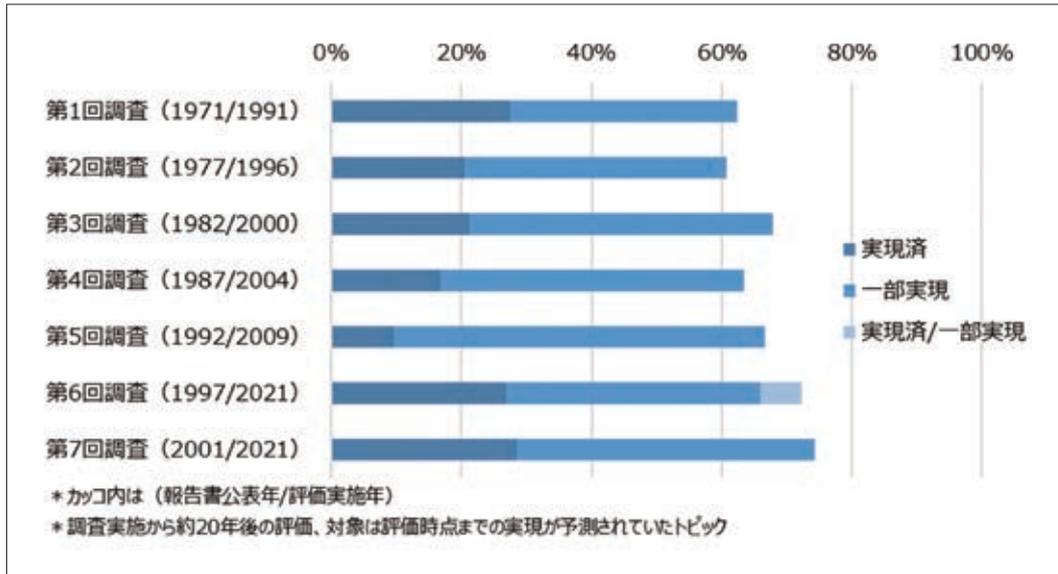
第7回調査の各分野における実現したトピックの割合を図表3に示す。2021年までの実現が予測されていたトピックのうち実現したトピックの割合が最も高い分野は、情報・通信分野（95%）であり、次いで、環境分野（92%）、製造分野（92%）の実現割合が高い。一方実現割合が低いのは、保健・医療分野（42%）である。

未実現トピック

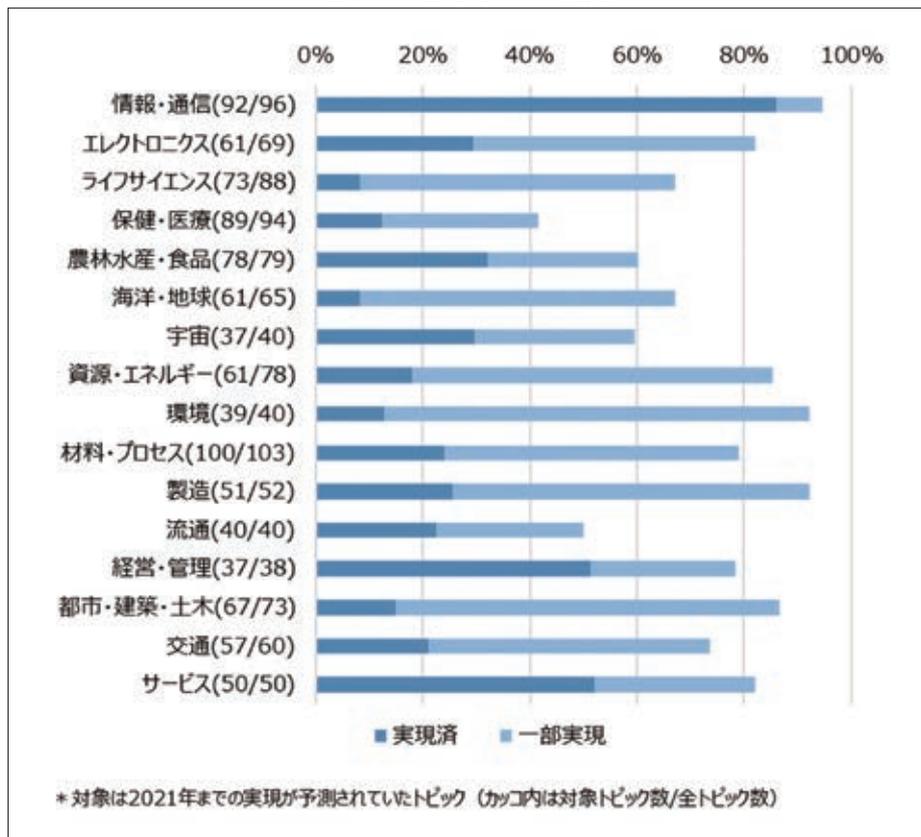
第7回調査全トピックのうち「未実現」と評価されたトピックは303件で、その6割に当たるトピックについて「技術的問題」が未実現の理由として挙げられている。分野別に見ると、エレクトロニクス分野及び保健・医療分野では、未実現トピックのうち9割のトピックについて技術的問題が挙げられている（図表4）。該当トピック数は少ないが、「社会的問題」が多く挙げられたのは環境分野であり、次いで製造分野、経営・管理分野、サービス分野でも比較的多く挙げられている。「コスト等問題」については、海洋・地球分野、都市・建築・土木分野、交通分野が、「ニーズ小」については流通分野、経営・管理分野が

注2 当センターが運営する、科学技術等の専門家から動向や見解等を収集するための2,000人規模のネットワーク。

図表 2 各調査回の実現割合（20 年後評価）



図表 3 各分野の実現割合



比較的多い。

4. 新興・再興感染症及び新しい生活様式に関する考察

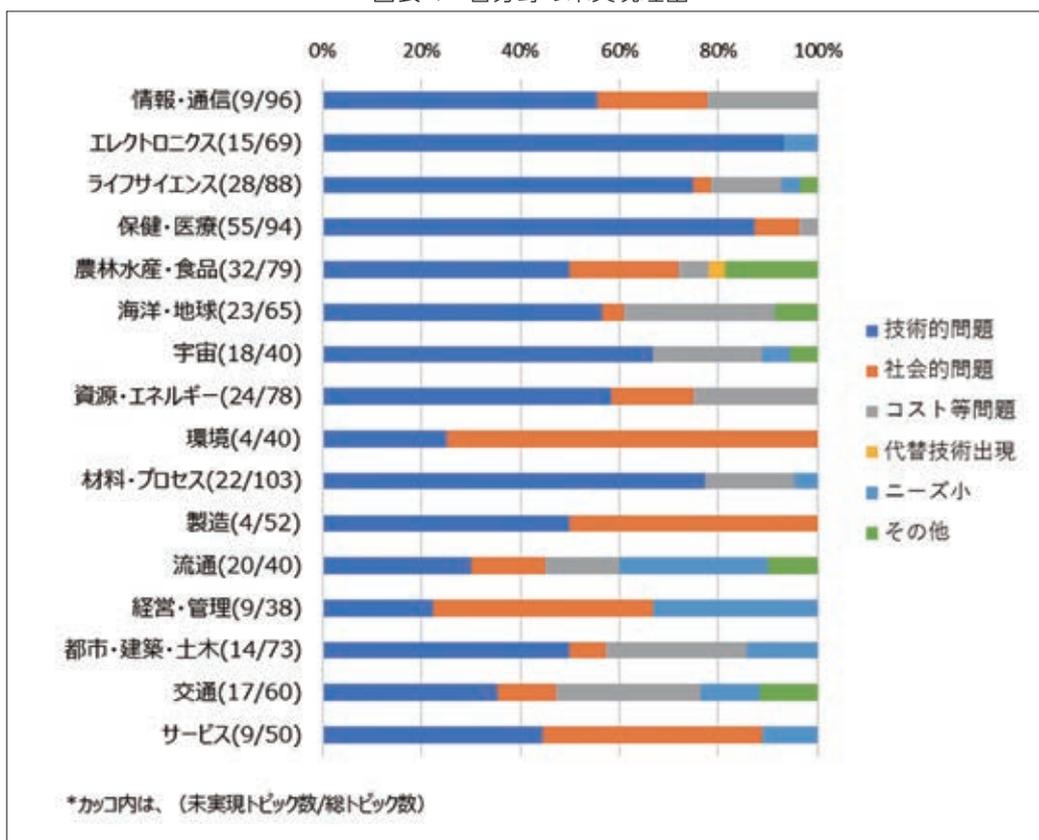
ここでは、未実現トピック数が多かった保健・医療分野のうち、特に感染症関連トピックについて考察す

る。また、それに関連し、近年の新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の流行を受けて注目される、新しい生活様式に関わるトピックについても考察する。

トピック例

まず、感染症及び生活様式に関連する第7回調査トピックを概観する。第7回調査を実施した2001

図表4 各分野の未実現理由



年当時は COVID-19 の流行は起きていないが、感染症や生活様式はいずれも以前からトピックとして取り上げられていた。特に、2002～2003 年の重症急性呼吸器症候群 (SARS) の流行等を受け、以後、新興・再興感染症に関わるトピック数が増加した。例えば直近の第 11 回調査 (2019 年)⁶⁾ もまた COVID-19 流行前の実施であるが、感染有無・感染性等を検知・判定する超軽量センサー、網羅的感染症サーベイランスシステムによる流行予測、新興感染症のヒトへの影響予測・評価システム、細胞内オルガネラ間移動を標的とした新規感染制御技術、人獣共通感染症病原体等の動物体内からの排除技術、高度な室内健康環境モニタリング、気候変動に起因する感染症等に関する情報システムなどが取り上げられている。

ヒトの感染症に関する第 7 回調査トピック例を図表 5 に示す。新興・再興感染症に関するトピックは 1 件である。全体的に未実現のトピックが多い。

生活様式のうち、特に COVID-19 の流行後に「新しい生活様式」としても着目されたデジタル化・自動化・遠隔化に関するトピック例を図表 6 に示す。実現したと評価されたトピックが多いが、遠隔医療の普及は未実現とされた。

実現又は未実現の理由

続いて、実現又は未実現の理由について、二次評価 (専門家ネットワークを活用したアンケート) における自由記述回答の事例を見る。飽くまでも事例であり、コストやニーズ等、その他の理由も十分あり得ることには留意されたい。

実現の事例

図表 7 に実現の事例を挙げる。デジタル化、自動化、遠隔化といった新しい生活様式については、政策的取組のほか、COVID-19 の流行が実現を促進する要因となったことが伺える。

未実現の事例

図表 8 に未実現の事例を挙げる。個々の技術は進展している一方で、治療薬や医療機器としての普及等の社会実装におけるハードルの高さがあるほか、社会的理解や人の移動などの社会的要因が伺える。

5. おわりに

第 5～7 回科学技術予測調査で取り上げたトピックの実現状況評価を行った。調査実施から 20 年が経過した第 7 回調査では、全トピックの 9 割に当たる

図表 5 感染症関連トピックの例

トピック	実現予測年	実現状況
細菌の同定と薬剤感受性の評価が1時間以内で可能な自動機器が普及する。	2010	未実現
20~30年に1~2回接種すればよいインフルエンザワクチンが開発される。	2014	未実現
ポリオ・麻疹ウイルスが天然痘のように制圧され、ワクチン接種が不要になる。	2016	未実現
宿主の感染防御能を阻害しない抗がん剤・免疫抑制剤が開発され、医原性日和見感染が激減する。	2017	未実現
世界規模のサーベイランスシステムにより、現在未知の強力な病原体の出現が早期に明らかにされ、世界的な流行が事前に阻止される。	2017	未実現
血液からウイルスを除去する方法が普及する。	2017	実現

図表 6 新しい生活様式関連トピックの例

トピック	実現予測年	実現状況
届出、手続きなどに関してネットワークによる役所の窓口サービスが普及する。	2009	実現
主な店舗は、完全にショールーム化し、人々は、カタログやネットワークを介した検索・注文で、宅配もしくはコンビニや駅等でいつでも商品を受け取れるようになる。	2010	実現
在宅勤務により仕事を行う勤労者の割合が30%を超える。	2014	実現
健康状態が家庭においてチェックでき、異常の際は在宅のままで適切な診断が受けられるシステムが普及する。	2014	未実現
電子マネー等の普及により、8割以上の店舗のレジが無人化する。	2016	実現

図表 7 実現理由の事例（自由記述回答から抜粋）

トピック	届出、手続きなどに関してネットワークによる役所の窓口サービスが普及する。
実現理由	2004年に国税電子申告・納税システム、2008年に府省共通研究開発管理システムが開始されており、一部では電子申告や電子申請が利用されてきた。現在、デジタル庁の設置に向けて、本格的な普及が模索されている。
トピック	在宅勤務により仕事を行う勤労者の割合が30%を超える。
実現理由	新型コロナウイルス感染症の拡大による必要性・切迫性がなければ実現しなかった。
トピック	電子マネー等の普及により、8割以上の店舗のレジが無人化する。
実現理由	<ul style="list-style-type: none"> ・8割とまではいかないが、スーパー、コンビニなどで、無人レジの設置が進みつつある。電子マネーの普及のほか、コロナ対策による。 ・大型小売店やコンビニなどでは無人レジが普及しているが、中小小売店では普及していない。 ・8割とまではいかないと思うが、中年層、低年齢層を中心に電子決済は大きく普及しているように思われる。今後は高齢者への普及促進（電子決済への理解の深化）、災害時の停電対応、個人情報流出の防止措置などが重要になるように思われる。

993件のトピックが2021年までに実現すると予測されていたが、そのうち7割が実現していると評価された。

第1回調査（1971年）を見ると、COVID-19流行により大きく進展したトピックや直近の第11回調査でも継続して取り上げられたトピックが見られる（図表9）。近年、科学技術や社会の長期展望がますます難しくなっているが、顕在化しつつある、あるいは今後想定される社会の諸課題に対応するとともに、どのように長期的視点を取り込んで不確実な未来に対応するかが今後の検討課題である。

よりよい未来をつくるため様々な未来の方向性や

在り方について検討する調査研究活動において、出現する確率は低いが出現した際のインパクトが大きい事象をワイルドカードと呼ぶ。COVID-19流行はその一事例であった。一方、例えば感染症関連では、HIVを根治させる治療法について核酸ワクチンに対する期待が挙げられるなど、実現の兆しとも言える専門家の意見が得られた。こうしたワイルドカードやブレークスルーの可能性など不連続な事象に関する情報がトピック設定やアンケート集計処理の中で失われることのないよう、今後も引き続き動向を注視する必要がある。

図表8 未実現理由の事例（自由記述回答から抜粋）

技術的要因の事例

トピック	細菌の同定と薬剤感受性の評価が1時間以内で可能な自動機器が普及する。
未実現理由	シーケンサーやMS技術*により、比較的短時間での解析は可能になったとはいえ、それらを医療機関で汎用的に実施するような状況には至っていない。 *質量分析法(Mass Spectrometry: MS)

社会的要因の事例

トピック	ポリオ・麻疹ウイルスが天然痘のように制圧され、ワクチン接種が不要になる。
未実現理由	社会全体で、世界中で対象となる感染症が撲滅されるまで継続的なワクチン接種が必要であることが理解され、撲滅に至るまで接種率を維持することができないと難しい。
トピック	世界規模のサーベイランスシステムにより、現在未知の強力な病原体の出現が早期に明らかにされ、世界的な流行が事前に阻止される。
未実現理由	新型コロナウイルスのゲノムがわずか2週間で解読され、新たな変異株の変異も次世代シーケンサーを用いて1週間またずに同定されるという意味において、サーベイランスシステムの向上は著しい。しかし、サーベイランスが世界的な流行の阻止に効果的かということとは感染力の高さや人の移動など様々な因子によって影響され、容易ではない。

技術的要因と社会的要因が混在した事例

トピック	20～30年に1～2回接種すればよいインフルエンザワクチンが開発される。
未実現理由	ウイルスの変異速度の方が早い。インフルエンザの生活環や変異の仕組みを前提にすると、長期的に有効なワクチンの開発はほぼ不可能と思われる。 オルセタミビルのような治療薬もあるので、ワクチンへの社会的ニーズはそこまで高くはない。企業にとって開発の動機付け（利益確保）がないと難しいかもしれない。

図表9 第1回調査トピックの例

トピック	実現予測年
テレビ電話などの映像表示装置による住宅セールスが実用化する。	1988
テレビ電話、テレックスなどの開発によりオフィスとの情報連絡システムが確立し、一般事務部門で在宅勤務制度を認める企業が出現する。	1990
コンピュータを使った模擬装置（シミュレータ）の技術が進み、現実を遥かに超える大掛かりな各種レジャー用シミュレータを備えたレジャー施設が実現する。	1991
カラーテレビ電話による患者－医師間のネットワークが確立し、在宅で診断がうけられるようになる。	1997
選挙や国民投票が家庭内からでも行えるようなシステムが確立する。	1998
炊事、洗濯、掃除などの家事労働を処理する家事ロボットが実用化され、主婦の職場復帰に貢献するようになる。	1999
人間の五感（味覚・臭覚を除く）のような入力機能をもつコンピュータが開発される。	2001年以降

参考文献・資料

- 1) 第11回科学技術予測調査：
<https://www.nistep.go.jp/research/science-and-technology-foresight-and-science-and-technology-trends>
- 2) デルファイ調査検索：<https://www.nistep.go.jp/research/scisip/delphisearch/start/>
- 3) 第2調査研究グループ、「第5回技術予測調査」、NISTREP Report No.25（1992年11月）：
<https://hdl.handle.net/11035/538>
- 4) 技術予測調査研究チーム、「第6回技術予測調査」、NISTEP Report No.52（1997年6月）：
<https://hdl.handle.net/11035/613>
- 5) 科学技術動向研究センター、「第7回技術予測調査」、NISTEP Report No.71（2001年7月）：
<https://hdl.handle.net/11035/596>
- 6) 科学技術予測センター、「第11回科学技術予測調査 デルファイ調査」、調査資料－292（2020年6月）：
<https://doi.org/10.15108/rm292>