

Title	ELSIの観点から見た第11回科学技術予測調査結果の特徴
Author(s)	小林, 俊哉
Citation	年次学術大会講演要旨集, 36: 486-489
Issue Date	2021-10-30
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/17926
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

ELSI の観点から見た第 11 回科学技術予測調査結果の特徴

小林 俊哉（九州大学）

kobayashi.toshiya.303@m.kyushu-u.ac.jp

はじめに

「科学技術予測調査」は、1971 年（昭和 46 年）以来、半世紀に亘って、文部科学省（2001 年以前は科学技術庁）により、おおそ 5 年に一度の頻度で実施されてきた大規模社会調査である。調査実施時点で実現されていない科学技術トピック（実現が期待される研究開発課題のこと）の実現時期を専門家へのデルファイ法によるアンケート（同一内容の質問を 2 回繰り返す調査手法）により予測を行うことを手法の一つとしている。

2019 年には最新の第 11 回科学技術予測調査結果が、科学技術・学術政策研究所（NISTEP）により公表されている。同調査では専門家への質問事項の一つとして、科学技術トピックの実現予測時期に加えて、実現に必要な政策手段として「倫理的・法的・社会的課題への対応」を設定している。「倫理的・法的・社会的課題」は、英文表記の *Ethical, Legal and Social Issues* の頭文字をとって ELSI とも表現される概念である。この概念は、新規科学技術を研究開発し、社会実装する際に生じうる、技術的課題以外のあらゆる課題を含むものとされる¹。個々の科学技術トピックへの専門家の ELSI に関する評価結果を一つの軸として第 11 回科学技術予測調査結果の特徴の抽出を試み、その結果を報告する。

1. 第 11 回科学技術予測調査の概要

「科学技術予測調査」は、2021 年現在で全 11 回の調査が完了している。その成果はわが国の科学技術政策立案の基礎資料として重視されている。科学技術予測は単に「特定の科学技術トピックがいつ頃実現するか」を予測するだけではなく、科学技術トピックの重要性、日本の国際競争力、実現に向けた政策手段に関する多面的な分析のための基礎資料として活用されている。何よりも重要な点は、予測を試みる科学技術トピックに対する専門家の現時点での意識を把握することができることである。

最新の第 11 回調査（2019 年）では、2050 年までの科学技術トピックの将来展望を行っている。国内第一線の専門家 5,352 名を対象として、「健康・医療・生命科学分野」、「農林水産・食品・バイオテクノロジー分野」、「環境・資源・エネルギー分野」、「ICT・アナリティクス・サービス分野」、「マテリアル・デバイス・プロセス分野」、「都市・建築・土木・交通分野」、「宇宙・海洋・地球・科学基盤分野」の 7 分野に属する 702 件の科学技術トピックを設定し、その「科学技術の実現予測時期」、「社会的実現予測時期」、「専門度」、「重要度」、「国際競争力」、「実現に向けた政策手段」の回答結果をウェブアンケート形式により収集している。

「専門度」とは、回答者に「高」（現在、当該科学技術トピックに関連した研究又は業務に従事している）、「中」（過去に当該科学技術トピックに関連した研究又は業務に従事したことがある。あるいは、隣接領域の研究又は業務に従事している等により、当該科学技術トピックに関連した専門的知識をある程度持っている）、「低」（当該科学技術トピックに関連した専門的な本や文献を読んだり、専門家の話を聞いたりしたことがある）、「全くなし」の 4 択から択一で選択を求める。「全くなし」の場合は、以降の設問への回答から外れることになっている。この回答結果から、科学技術トピックの実現時期の信頼性を、ある程度推し量ることができる。

「重要度」とは、30 年後の望ましい社会を実現する上で、日本にとっての現在の重要度とされている。具体的には、社会経済発展への寄与、地球的規模の諸課題の解決、生活者ニーズへの対応、人類の知的資源の拡大のいずれかの面からみた、あるいは複数の面からみた、日本にとっての現在の重要度を意味する。「非常に高い」、「高い」、「どちらでもない」、「低い」、「非常に低い」、「わからない」から択一で回答する。

「国際競争力」とは、科学技術トピックに関する日本の競争力について 5 段階で評価するもので、現在の日本の置かれた国際競争力の状況であり、主に科学技術の研究開発又はその事業化において

日本が有する優位性（当該分野の発展をリードしている等）を評価する。選択肢は「重要度」と同一である。

「実現に向けた政策手段」は、科学技術トピックの科学技術的実現に向けて求められる政策手段について「人材の育成・確保」、「研究開発費の拡充」、「研究基盤整備」、「国内連携・協力」、「国際連携・標準化」、「法規制の整備」、「倫理的・法的・社会的課題（ELSI）への対応」、「その他」の8選択肢から当てはまるものをいくつでも任意回答するよう設定されている。なお「ELSI 対応」はガイドライン策定、社会的コンセンサスづくりなどが実例として説明されている²。

本報告では、「ELSI 対応」の調査結果に着目し、国内第一線の専門家の ELSI 観について検討する。

2. 「ELSI 対応」が重視される科学技術トピックとは—生命科学分野、ICT 分野に多い

先ず『調査資料-292 第 11 回科学技術予測調査デルファイ調査』（文部科学省 科学技術・学術政策研究所 科学技術予測センター）から「ELSI 対応」が重視された分野と科学技術トピックを紹介する。先ず 7 分野の中で「実現に向けた政策手段」の中で「ELSI 対応」が選択された割合が高かった分野は、「健康・医療・生命科学分野」と「ICT・アナリティクス・サービス分野」の 2 分野が 20%を超えており際立って高かった。他の 5 分野は「農林水産・食品・バイオテクノロジー分野」と「都市・建築・土木・交通分野」が 10%に届いているが、それ以外は 10%未満であった³。

次に「ELSI 対応」が選択された割合が高かった個別の科学技術トピックの上位 10 トピックを以下の表 1 に示す。

表 1 「倫理的・法的・社会的課題（ELSI）への対応」が多く選択された科学技術トピック
（社会的実現年について上位 10 位の順位付けを行っている）

分野	科学技術トピック	科学技術的実現年	「ELSI 対応」重視の割合	社会的実現年	「ELSI 対応」重視の割合
生命科学	84: 新生児期からのゲノム情報の活用のための ELSI（倫理的・法的・社会的課題）の解決策	2028 年	70%	2032 年	73%
生命科学	15: 次世代ゲノム編集技術による、遺伝子修復治療や単一遺伝病の治療を広く実現する遺伝子治療法	2029 年	53%	2033 年	72%
生命科学	16: 先天性遺伝子疾患を対象とした安全性の高い子宮内遺伝子治療法	2032 年	58%	2037 年	71%
生命科学	13: 動物の胚とヒト幹細胞由来細胞のキメラ胚（動物性集合胚）から作出されるヒト移植用臓器	2031 年	61%	2035 年	69%
ICT	380: 機械（AI、ロボット）と人間の関係について社会的合意に達する（新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する）	2035 年	62%	2035 年	69%
農林水産	160: 遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタ	2029 年	54%	2034 年	69%
生命科学	73: プレシジョン医療の実現や医療の質向上に資する、IC チップが組み込まれた保険証等による病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム	2026 年	60%	2029 年	67%
ICT	388: ブロックチェーン技術を用いた、出生から現在に至るまでの健康・医療・介護等情報の紐づけデータに基づく、健康維持システム（未病社会を実現）	2028 年	56%	2033 年	67%
生命科学	74: ゲノム・診療情報、およびウェアラブルセンサーやスマートデバイスにより得られる生体・行動情報を継続的に収集した健康医療データベース（大規模コホート研究の推進に資する）	2027 年	56%	2029 年	64%
都市建築	568: レベル 5 の自動運転（場所の限定なくシステムが全てを操作する）	2030 年	37%	2034 年	63%

資料出所：文部科学省 科学技術・学術政策研究所 科学技術予測センター

『調査資料-292 第 11 回科学技術予測調査デルファイ調査』（I）42 頁 2020 年 6 月

一見して明らかなように、生命科学分野の「新生児のゲノム情報活用」や「次世代ゲノム編集技術」のような生命倫理に深く関係する科学技術トピックや、ICT 分野では AI や個人情報の取り扱い技術など情報倫理が深く関係する科学技術トピックが上位を占めていることが分かる。また ICT 分野に分類されていても健康医療に関わる科学技術トピックも散見される（388 番の科学技術トピック）。以上の結果から、ゲノム関連、個人情報、AI 関連の科学技術トピックが、ELSI 対応が政策手段として重要だと考える専門家が多いことが分かる。

3.何が「ELSI 対応」重視の判断に影響するのか

本節では専門家による「ELSI 対応」重視の判断に影響を与える要素は何かを検討したい。

「ELSI 対応」重視上位 10 科学技術トピックについて、回答者である専門家の「専門度」に関する自己評価、「重要度」、「国際競争力」の評価、「科学技術的実現年」の一覧を表 2 に示す。

先ず「専門度」が「高」の割合は 10 科学技術トピックの平均でみると 13.6%と高いとは言えない。先述のように「専門度」が「高」であるとは「現在、当該科学技術トピックに関連した研究又は業務に従事している」専門家のことである。個々の科学技術トピックは、かなり具体的な先端技術であるため、当該技術の詳細について詳しい専門家が必ずしも回答者として適切にマッチングされないことも多いと考えられるので、これはやむえない結果であると思われる。このことから、当該技術の詳細について詳しくないという事情に由来する懸念が「ELSI 対応」重視という評価に結びつくということも考えられる。

表 2 「ELSI 対応」重視上位 10 位科学技術トピックに関わる専門度、重要度、国際競争力、科学技術的実現年の一覧

分野	科学技術トピック	科学技術的実現年	専門度（高）の割合	重要度（高）の割合	国際競争力（高）の割合
生命科学	84: 新生児期からのゲノム情報の活用のための ELSI（倫理的・法的・社会的課題）の解決策	2028 年	10%	53%	19%
生命科学	15: 次世代ゲノム編集技術による、遺伝子修復治療や単一遺伝病の治療を広く実現する遺伝子治療法	2029 年	18%	77%	38%
生命科学	16: 先天性遺伝子疾患を対象とした安全性の高い子宮内遺伝子治療法	2032 年	6%	45%	17%
生命科学	13: 動物の胚とヒト幹細胞由来細胞のキメラ胚（動物性集合胚）から作出されるヒト移植用臓器	2031 年	10%	52%	39%
ICT	380: 機械（AI、ロボット）と人間の関係について社会的合意に達する（新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する）	2035 年	12%	73%	28%
農林水産	160: 遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタ	2029 年	14%	65%	45%
生命科学	73: プレシジョン医療の実現や医療の質向上に資する、IC チップが組み込まれた保険証等による病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム	2026 年	11%	75%	29%
ICT	388: ブロックチェーン技術を用いた、出生から現在に至るまでの健康・医療・介護等情報の紐づけデータに基づく、健康維持システム（未病社会を実現）	2028 年	8%	71%	24%
生命	74: ゲノム・診療情報、およびウェアラブルセンサーやスマートデバイスにより得られる生体・行動情報を継続的に収集した健康医療データベース（大規模コホート研究の推進に資する）	2027 年	18%	79%	38%
都市建築	568: レベル 5 の自動運転（場所の限定なくシステムが全てを操作する）	2030 年	29%	78%	48%

資料出所：文部科学省 科学技術・学術政策研究所 科学技術予測センター

『調査資料-292 第 11 回科学技術予測調査デルファイ調査』 2020 年 6 月

次に「重要度」評価の影響を検討する。専門家が当該科学技術トピックの「重要度」について、「非常に高い」、「高い」を選択した割合を「専門度」と同じく表 2 に示す。10 トピック中 9 トピックが 50%を超えている（10 トピック平均で約 68%）ので、社会的に重要性が高い科学技術トピックには「ELSI 対応」が重要になるという専門家の判断は首肯できる。先述のように「重要度」とは定義上「30 年後の望ましい社会を実現する上で、日本にとっての現在の重要度」という定義が設定されているからである。

三番目に「国際競争力」の観点からの評価である。「重要度」と同様に、専門家が当該科学技術トピックの「国際競争力」について、「非常に高い」、「高い」を選択した割合を「専門度」、「重要度」と同様に表 2 に示す。最も高いトピックでも課題番号 568 の 48%であり、平均すると 32.5%となる。国際競争力が高いとは言えない（50%を超えない）トピックが多いということが分かる。このことの結果として、将来、海外からの技術輸入によって国内に社会実装されるトピックであるとも言えるので、そのことが「ELSI 対応」が重要になるという専門家の評価につながっている可能性があるのではないかと考えられる。

最後に「科学技術的実現年」の観点からの検討を行う。10 科学技術トピック中の 6 トピックが予測年から 10 年以内に実現できるという判断が専門家によって示されている。さらに社会的実現年も、表 1 に示すように概ね科学技術的実現年から 5 年程度で社会実装可能になるという判断が専門家によってなされている。トピック 73 やトピック 74 のように向こう 5 年ほどの短期間で実現可能というトピックもあれば、トピック 380 のように科学技術的実現年と社会的実現年が同時というトピックもある。このことから、ある程度近未来に科学技術トピックが社会実装可能になるという見込みが「ELSI 対応」が重要になるという判断につながっていると考えられる。

以上の結果から、専門家が「ELSI 対応」が重要になるという判断に影響する要因として、専門家の「専門度」に由来する「必ずしも当該科学技術トピックについて詳しくない」という事情に由来する懸念、当該トピックが社会的に重要であるという判断、当該トピックの国際競争力が低いことから海外からの技術導入という予想に由来する懸念、科学技術的実現年と社会的実現年が近い将来であることから早い段階での「ELSI 対応」が重要になるといった要因が浮かび上がったという可能性がある。

以上の判断の成否については、第 11 回科学技術予測調査にご協力いただいた専門家へのインタビュー調査が必要であると考えます。

4. 今後の展望

本報告で、以上の分析を行った理由は、報告者が若手研究者向けの「ELSI」への意識を啓発することを含んだ研究倫理教育のあり方について教育実践と研究を行っており、研究者の倫理感を強める要因として何があるのかに強い関心を持っていることによる。科学技術予測調査は、わが国の第一線専門家の意識調査としては大規模で、半世紀に亘る期間継続してきた調査で、その信頼性は高いと考えられることから、同調査結果のデータから専門家の「ELSI」への意識に関わる要素の抽出を試みた。なお報告者は、本学会の第 33 回年次学術大会において「第 10 回科学技術予測調査に見る専門家の倫理感の検討（2D18）」と題する報告を、第 10 回科学技術予測調査結果を基に専門家の倫理観に関する検討を行っているので、そちらもご閲覧いただければ幸いである⁴。

今回の検討では、「ELSI 対応」重視の科学技術トピックとして上位 10 位を対象にしたが、「ELSI 対応」重視が予想されるエネルギー分野や環境分野等についても検討を行う所存である。

¹大阪大学 社会技術共創研究センター「ELSI とは」より https://elsi.osaka-u.ac.jp/what_elsi
2021 年 8 月 17 日閲覧

²文部科学省 科学技術・学術政策研究所 科学技術予測センター『調査資料-292 第 11 回科学技術予測調査 デルファイ調査』(I)-37 頁 2020 年 6 月

³文部科学省 科学技術・学術政策研究所 科学技術予測センター『調査資料-292 第 11 回科学技術予測調査 デルファイ調査』(I)-18 頁～12 頁 2020 年 6 月

⁴小林 俊哉「第 10 回科学技術予測調査に見る専門家の倫理感の検討（2D18）」
研究・イノベーション学会 第 33 回年次学術大会 2018 年 10 月 28 日（東京大学）