

Title	超長期の科学技術と社会の課題の把握のための定性的 将来予測の取組み
Author(s)	大竹, 裕之; 平澤, 冷; 野呂, 高樹
Citation	年次学術大会講演要旨集, 32: 14-18
Issue Date	2017-10-28
Type	Conference Paper
Text version	publ isher
URL	http://hdl.handle.net/10119/15015
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

1 A 0 5

超長期の科学技術と社会の課題の把握のための定性的将来予測の取組み

○大竹裕之、平澤 玲、野呂高樹（公益財団法人未来工学研究所）

1. はじめに

本調査は、21 世紀が始まり約 15 年を経過した今日、世界がグローバル化、多極化する中で、国家的、社会的、経済的環境が複雑化する中、我が国においては、少子高齢化、人口減少、それに伴う地方衰退が重要課題として顕在化し、気候変動、自然災害、感染症、資源確保等の地球規模にまたがる問題の深刻の度合いが増している。一方で、科学技術の飛躍的な進展、中でも ICT の急速な発展は、情報、人、組織、物流、金融等の既存の異なる産業構造が相互に結びつき影響を与え、新しい社会的・構造的変革をもたらしている。こうした世界の急速なネットワーク化は、新たな価値やグローバルに適用される社会的、経済的なシステムやルール等の構築、それに向けた科学技術の寄与・貢献を強く迫っている。

本調査は、こうした基本認識に立ち、超長期（50～100 年先）の「科学技術と社会」の予測で求められる検討要素、検討の枠組みを整理し、外層的な将来予測で把握することが難しいトピック（もしくは課題）を検討するための方法や枠組みを提示する。

2. 超長期の「科学技術と社会」の予測

（1）超長期の「科学技術と社会」の予測事例

超長期の「科学技術と社会」の将来予測として、報知新聞が 1901 年正月（1 月 2、3 日号）に掲載した記事「二十世紀の豫言」は代表的な事例である。「二十世紀の豫言」は、19 世紀における世界の進歩（蒸気力や電気力の活用、教育の進展）を踏まえ、20 世紀の社会で呈出する社会の現象（23 項目）を示した。現在までに、無線電信及電話（携帯電話）、遠距離写真（写真転送）、暑寒知らず（エアコン）、植物と電気（植物工場）、買物便法（EC サイト、宅急便即日配送）等をはじめ、半数以上の項目は実現に至っている。例えば、無線電信及電話では、マルコーニの無線電信の公開実験が 1890 年代半ばに実施されており、科学技術シーズをもとに 100 年間で実現しうる姿を示した。

1988 年には、週刊誌『This is 読売』では、21 世紀を迎えるにあたり「二十世紀の豫言」のレビューを実施している。この中で、小松左京氏は予測できなかったものの特徴として、①予測時点で数名のみ知り得た技術の進展と社会変化、②科学的解明に係る事象（特殊相対性理論の存在以前の予測：核爆弾等）、③巨大技術の応用（月面着陸及び着陸中継の視聴等）を挙げた。



図 1 報知新聞（1901 年 1 月 2、3 日紙面「二十世紀の豫言」
出典：報知新聞、1901 年 1 月 3 日紙面。

それ以外の超長期の社会の予測では、政教社が 1920 年 4 月に発刊した『百年後の日本』は、研究者に限らず、国会議員、軍人、小説家等の著名人 250 名が 100 年後の日本について述べたものである。将来社会に係るトピックでは、「おそろしく西洋風に」（思想・生活・政治・経済・社会・文化の西洋風化）、「地球が惑星と衝突」、「国威頗る振わず」（米中連携）、「平和な社会」（貧富別、都会-田園別、筋肉労働-能力労働別のない社会の現出）等を挙げた。1960 年には、科学技術庁監修で『21 世紀への階段』が出版された。『21 世紀への階段』は、研究者を中心に 50 年先の科学技術の進展をベースとした将来予測であり、原子力技術の活用（原子ランプ、原子力発電、原子力船、原子力ロケット）、人間の代用品の量産（労働からの解放、電子頭脳、機械による経営）、長命の退屈（60 歳壮年時代の到来）、台風・地震

の制御、都市と農村の連携（高速交通、双子都市）、性と眠りの制御（人工冬眠等）、極微の制御（癌組織の破壊、細胞の遺伝的性質の変更）、極大世界（宇宙利用）、半獣半神（高分子時代）、太陽との平和共存（太陽光発電、太陽エネルギー缶詰）等を挙げた。

近年では、英「エコノミスト」誌が『2050年の世界』に次いで、2017年に『2050年の技術』を発刊した。『2050年の技術』では、科学の進歩と技術の限界（ムーアの法則終焉後、AI、デジタル革命の生産性向上の限界等）を踏まえ、産業と生活、社会と経済の状況を示した。具体的には、2050年には、AIの変化の恩恵が万人に共有され雇用破壊のコストは社会全体で引き受けることや、企業や個人の情報資産を預かる「データ銀行」の登場（無料サービスを利用するにはプライバシー情報提供）、オンライン講義による教育格差の縮小等が挙げられた。予測にあたっては、ジャーナリストに加え、科学者、起業家、研究者、SF作家等と協力し執筆した。

これら過去の超長期の予測で挙げられたトピックは、数多く実現に至っている。その理由として、一つはシーズブッシュ型の技術が比較的ドミナントで展開できた時代であったことに起因し、もう一つは、社会的ニーズが明確であったことが挙げられる。結果として、異なる技術で実現を迎えたものも多い。

表 1 「二十世紀の豫言」で予測された社会の現象（予測項目）

予測項目(23項目)	
無線電信及電話、遠距離写真、野獣の滅亡、サハラ砂漠(沃野化)、七日間世界一周、空中軍艦空中砲台、蚊及蛇の滅亡、暑寒知らず、植物と電気(電気力で野菜成長)、人声十里に達す(伝声器の改良)、写真電話、買物便法、電気の世界、鉄道の速力(東京～神戸間2時間半)、市街鉄道、鉄道の聯絡、暴風を防ぐ、人の身幹(運動及び外科手術により六尺以上)、医術の進歩(電気針、電気切開等)、自動車の世、人と獣との会話自在、幼稚園廃止(人智は遺伝にて発達)、電気輸送	
予測項目例	内容
無線電信及電話	無線電話(東京～ロンドン、ニューヨーク間)で友人と対話 ☞携帯電話、国際電話で実現
遠距離写真(写真)	東京の新聞記者は編集部に居ながら電気力にて欧州の状況を写真で得られる ☞写真転送で実現
植物と電気	電気力を以て野菜を成長し、そら豆は橙大、菊・牡丹・薔薇は緑黒の花を開く。北寒帯のグリーンランドに熱帯の植物成長するに至らん ☞植物工場で実現
暴風を防ぐ	気象上の観測術が進歩して天災の来る一カ月前に予測でき、暴風が起こる場合は大砲を空中に放ち雨となす。地震の動揺は免れざるも家屋道路の建築は損害を免る ☞(一部実現)

出典：報知新聞、1901年1月2、3日紙面より、未来工学研究所作成。

（2）超長期の予測における検討情報

これまでの将来社会に係る予測文献から「科学技術と社会」の将来予測に向けて参考となる知識は、技術的トレンド、政治的トレンド（ビジョン等）、経済的トレンド（産業構造、人材システム）、社会的トレンド（人口構造、地域性・特質等）、地政学的要因の5つに大別される。

技術的トレンドは、外挿的な科学技術予測として、文部科学省が5年に一度実施している「科学技術予測調査（以下、デルファイ調査）」がある。同調査の予測対象期間は、概ね30年後までを対象とし、科学技術トピックの設定にあたっては15年後の技術的実現が見込まれる課題を設定し、多くの専門家を対象に調査を実施している。デルファイ調査は、探索的な予測手法であり、科学技術課題は現在からの外挿したものが中心である（近年は、将来社会課題の抽出を目的としたワークショップも併せて実施し、科学技術予測調査として規範的な要素を取り入れている）。このため、超長期の科学技術の進展を考慮した科学技術トピックの設定は難しく、将来社会に大きな影響を与える科学技術とその社会影響を評価するためには、超長期的視点を有する予測の取組みは有用と考える（この点では、Wild cardsにも類似した要素がある）。

政治的トレンドとは、戦略・政策等で掲げられたビジョンに相当するものである。「ビジョンは、策定者の願望を反映させるのみならず、将来にどのように関わっていくかも考慮し策定されるものであり、フォーキャストとは異なる思想で策定されるもの」[6]である。このため、政治的トレンドに係る文書の多くは、概ね15年先を見据えた内容となっている。経済的トレンドでは、産業構造や人材・教育システムに係る動向が必要とされる。このうち、人材・教育システムに係る動向は、人材育成等に関することから、約30年後までの時間幅で検討が可能である。

社会的トレンドは、主に人口構造、地域性・地域固有の特質（民族の実態。例えば日本人の特質等）

があげられる。例えば、日本人の特質に関しては、個人レベルではリスク回避傾向や既存枠内で極める（改善）を、社会・組織レベルでは集団主義的秩序や場で形成される組織（Tangible な相互接触重視）等と分析される[7]。これらの要素は向こう 50 年先までは引き続き継承されていくものと想定できる。

超長期の将来予測で、現在と共通する要素として挙げられるものが、地政学的要因である。100 年先においても、天変地異による大規模な自然災害や戦災等を外せば、社会生活を成立しうる地理的位置は変わらないため、確度の高い将来情報であると言える。それ以外で超長期の将来予測において、“確かな知識”とされるものは、資源、気候環境、人口（出生率を含む）等がある。

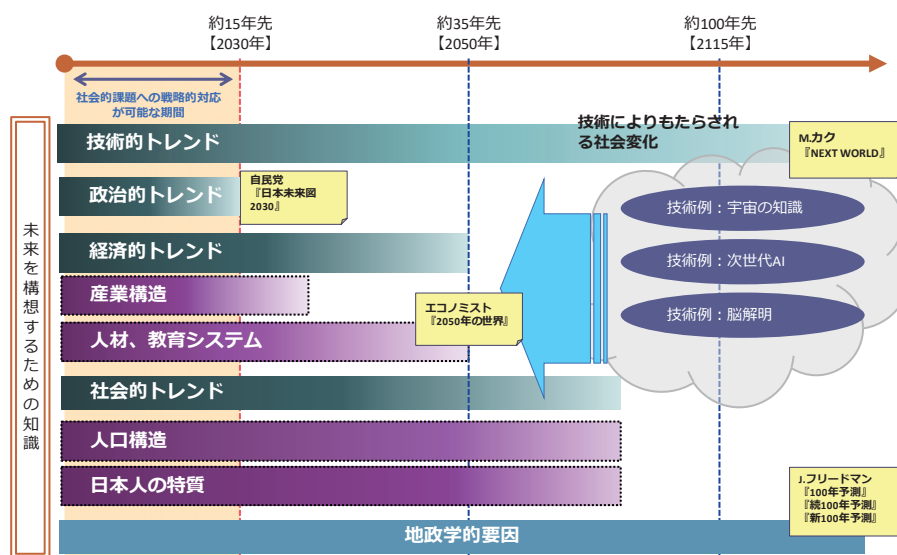


図2 将来予測に向けて参考となる知識（未来を構想するための知識）

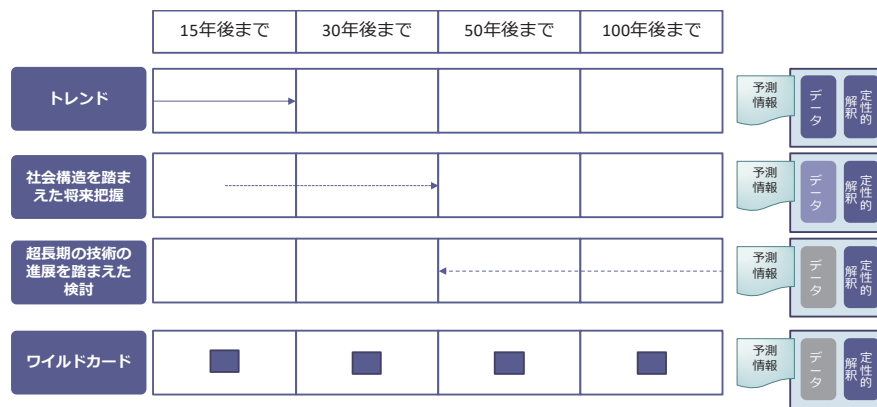
出典：未来工学研究所作成

（3）短中期の将来予測情報と超長期の将来予測情報の差異

「科学技術と社会」を取り巻く将来の課題抽出に向けて、我が国のみならず、欧米等でフォーサイト活動は活発に行われている。2010 年前後には、欧州委員会の研究・イノベーション総局のプロジェクトにおいて、“The World in 2025”、“Global Europe 2030-2050”等の予測活動が行われた。これらは、テーマ別の科学技術トピックに焦点を当てた予測ではなく、地政学的変化、人口移動、経済発展、国際貿易、貧困等の社会的課題のトレンドを把握し、資源問題や、移民、都市化を伴う文化的衝突における緊張関係を Wild cards の視点を加味し検討を行っている。これらを踏まえ、新たな生産・消費モデル、都市と地方の動的関係、男女・世代間バランスの姿を示している。

これら将来社会の方向性を指し示す上で、将来予測に係る情報の構造は、経済的、社会的トレンドに基づく確実性の高いデータ（多くは外挿的なデータ）を踏まえた定性的な状況分析からなる。将来予測情報の信頼性は、データの根拠等で担保される。これらの予測情報を示すことが可能な時間軸は概ね 15 年程度先であり、前述の欧米フォーサイトにおいても同様のアプローチをとっている。他方、外挿的予測で 15 年以上先を検討する場合においては、社会構造を踏まえた各種要因の把握が必要である。この場合は、経済的トレンドである産業構造の動向はトレンドから見通すことは難しく、社会構造を踏まえ“あるべき”姿等を予め提示する必要がある。

超長期の予測情報は、どのような情報の構造を有するか。前述のとおり、超長期の予測を支えるデータは限られることから、定性的解釈に基づく情報に依拠する。このため、質の高い情報（メタ知識等）の抽出が必要となる（情報抽出の仕組みの方法論）。また、超長期の予測に資する情報の要件として、社会的インパクトを与えるイベント（社会に大きな影響をもたらす科学技術等）をあげることができる。



注）本図におけるデータは、外挿的なデータの意味（技術的、経済的、社会的トレンド等）

図3 将来予測に係る情報の構造

出典：未来工学研究所作成

上記の観点を含め、弊所が 2016 年度より事務局として関わる超長期の科学技術と社会に係る課題把握のための有識者検討会（未来社会研究会）での取組みを報告する。

3. 2100 年の「科学技術と社会」の予測（超長期の将来社会の検討例）

超長期の科学技術と社会の課題を把握するため、新技術振興渡辺記念会の支援により、未来社会研究会（座長：松本紘 理化学研究所理事長）を設置し、9 回にわたる検討を実施した。研究会での検討範囲とする超長期とは、100 年先であり、100 年先の科学技術到達点（到達するであろう科学技術）を踏まえ、将来社会の在り方、人間の生存環境（家族、学校等を含む）、新たな競争要素（多様性、データ保有力）に関する検討を行った。研究会の構成は、100 年先の科学技術と社会の関係性を継続的に検討するための「コアメンバー」（9 名）と、テーマ別の「専門メンバー」で構成し、検討を実施した。

各回の主な検討内容と研究会での議論で提起されたキーワード等は下記の通りである。

表 2 検討内容

開催回	テーマ	主なキーワード
第 1 回 (全体討議)	・100 年先を見据えた徴候 (未来技術、宗教・哲学、社会制度)	民間研究資金の加速／心理、宗教との論争／ 不変とされる制度の崩壊・転換／都市－農村の倫理 観の保持
第 2 回 (全体討議)	・制約条件下で生まれる社会変化 (資源、弱者救済、倫理観) ・社会の新たな競争要素(多様性、データ) ・国家のあり方	資源制約の解消(資源入手)／担い手不足の解消(動 物活用)／文化・倫理観の劣化と格差拡大／データ保 有力＝競争力の社会／国家、資本のあり方
第 3 回 (全体討議)	・科学技術が駆動する未来社会 (宇宙利用、エネルギー、人工知能、人口問題、社会 の仕組み)	モノを運ばなくてよい時代／AI に関わる社会 (AI 格、心 を持つ AI、ベーシックインカム、幸せの解明)
第 4～9 回 (テーマ別 討議)	・AI の進展可能性と対応課題 ・デジタル化時代の科学技術と社会 (倫理、哲学) ・闊達に生活できる期間の延伸と医療 ・カタストロフィー的事象の生存 (災害: 火山噴火等) ・大規模災害を克服する都市 (情報通信、物流)	Insidable AI／記録のあり方／権利の変化／AI 社会の 自己決定的個人の維持の可能性／人間性の再定義 ／生存の概念の変化、社会保障の担い手／災害予 測、避難・疎開計画の整備／自律分散型情報インフ ラ、クラウド社会及び第 4 次産業革命型物流の脆弱性

4. まとめ（考察）

超長期の科学技術と社会の検討の特徴は、長期的な科学技術の方向性（例えば、シンギュラリティ）を中間地点として捉え、科学技術と社会の到達点を踏まえた議論が可能になったことがあげられる。前述の未来社会研究会の議論から、超長期の将来社会を見据えた場合の課題として、弊所では下記の 4 点を論点としてまとめた（研究会としての 100 年先の未来予測は別途公表予定）。一つ目は、“人生が長くなる” 社会のありよう（人生 120 歳社会）を、二つ目は物質科学としての脳科学を活用した社会（行動

把握、パーソナライズの進展社会)を、三つ目として環境条件、社会条件の変化に対応した生存(パーソナルAI、ヴァーチャルな活動場の一般化≒分散居住)を、四つ目として既存コミュニティ(国家、経済、行政、科学)の成立要件の再定義等を論点としてまとめた。これらの検討を通じて、外挿的な予測では、課題設定することが難しい論点を抽出することができた。

類似の将来予測として、欧州では、社会的インパクトは大きいものの、低確率な事象(ワイルドカード)を検討する取組みとして、iKnow プロジェクトが行われた。iKnow の iBank では、ワイルドカードが Web 上で集積し(約 440 件)、ワイルドカードが出現した生活の姿を示している(ビジネスモデルと産業環境、教育研究環境、消費者・市場・ライフスタイル、政治と国際問題、健康と生活の質、セキュリティと防衛)。下表は、現在～2050 年に係るワイルドカードを示したものであるが、超長期の技術的变化に伴う予測も多く見受けられる。

表3 iKnow でとりあげられたワイルドカード(想定時期:現在～2050 年まで)

現在～2050 年を想定したワイルドカード
主要な火山噴火、人間と動物のコミュニケーション、外来文明の発見(エイリアン)、メキシコとグアテマラの統一、生産技術の拡大による構造的失業状況対応、動物病(犬猫からの感染/ペットレス社会)、中国崩壊(金融危機)、RSA 暗号のクラック(銀行・ATM 不全)、地球温暖化、全ての情報の利用可能、読み書きから視覚リテラシーの移行、持続可能なイノベーション(貧困の終焉)、気候災害(スーパーストーム)、全ての人へのパーソナライズ栄養・薬、ウィルスを用いた行動変容(遺伝子工学を用いた兵器)、紛争における民間人救済(ウェブ技術活用)、科学者の廃止(研究におけるホームレス等の人間のモルモット化、悪用)、藻類バイオ燃料最大生産国オーストラリア、シリコンのようなグラフェン、西半球氷床崩壊(主要沿岸大都市の水没)、藻類生産による水質浄化、医薬品・化粧品動物実験の終了、航空機バーチャルシミュレーションによるリスク(事故の続発)、個人向け未来計画ツールキットの幅広い利用(個人自身の先物取引)、ハイビルド店舗で使用可能な不可視スプレー、監視カメラ(CCTV)の世界的な禁止、微量汚染物質の大気浄化、全国的エネルギーグリッドの不要(家庭での自給自足)、2030 年までに藻類に液体燃料がシフト、Cold fusion…その他

出典: <http://wiwe.iknowfutures.eu/> より未来工学研究所作成

本調査では、過去の「科学技術と社会」に係る超長期の将来予測(50～100 年先)の取組みや超長期の「科学技術と社会」の将来検討を踏まえ、短中期の将来予測では、検討対象に入れることのできない要素を議論するための取組みや特徴等を整理した。超長期の「科学技術と社会」の検討を行うことで、科学技術が急速に進展する現在において、外挿的な予測では検討しにくい、将来の課題を把握し有用な示唆を得ることができた。超長期の将来予測では、R. Popper の“Foresight Diamond”にあるように Creativity が求められる。このため、有識者による継続的な予測活動等が中心的な方法となる。今後に向けては、超長期の予測に係る手続き、方法論の違いによる課題抽出の差異等を深めていきたい。

謝辞

本研究は、一般財団法人新技術振興渡辺記念会の「未来社会に関する検討情報についての調査研究」の一環で実施した。貴重な検討機会をいただき、感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 報知新聞、「二十世紀の豫言」1901 年 1 月 2 日、1 月 3 日記事。
- [2] 科学技術庁監修『21 世紀への階段』弘文堂、1960 年。
- [3] エコノミスト『2050 年の技術』文芸春秋、2017 年。
- [4] 政教社『百年後の日本(復刻版)』、ジェーアンドジェーコーポレーション、2002 年。
- [5] 未来工学研究所「第 4 期科学技術基本計画及び科学技術イノベーション総合戦略における科学技術イノベーションのシステム改革等のフォローアップに係る調査(我が国及び国際社会の将来の社会像に関する知見の把握・分析)」(三菱総合研究所再委託)、2014 年。
- [6] 未来工学研究所、「日本の長期ビジョン策定の在り方に関する調査研究」調査報告書、一般財団法人新技術振興渡辺記念会委託調査、2011 年 12 月。
- [7] 未来工学研究所、「科学技術を契機とする我が国未来社会形成のための政策的対応に関する調査研究」新技術振興渡辺記念会委託調査、2016 年 12 月。
- [8] Popper, R. (2008) Foresight Methodology, in Georghiou, L., Cassingena, J., Keenan, M., Miles, I. and Popper, R. (eds.), The Handbook of Technology Foresight, Edward Elgar, Cheltenham, pp. 44-88.