

戦略プロポーザル

複雑社会における 意思決定・合意形成を支える情報科学技術

STRATEGIC PROPOSAL

Information science and technology for decision-making
and consensus-building in a complex society

研究開発戦略センター(CRDS)は、国の科学技術イノベーション政策に関する調査、分析、提案を中立的な立場に立つて行う公的シンクタンクの一つで、文部科学省を主務省とする国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)に属しています。

CRDSは、科学技術分野全体像の把握(俯瞰)、社会的期待の分析、国内外の動向調査や国際比較を踏まえて、さまざまな分野の専門家や政策立案者との対話を通じて、「戦略プロポーザル」を作成します。

「戦略プロポーザル」は、今後国として重点的に取り組むべき研究開発の戦略や、科学技術イノベーション政策上の重要課題についての提案をまとめたものとして、政策立案者や関連研究者へ配布し、広く公表します。

公的な科学技術研究は、個々の研究領域の振興だけでなく、それらの統合によって社会的な期待に応えることが重要です。「戦略プロポーザル」が国の政策立案に活用され、科学技術イノベーションの実現や社会的な課題の解決に寄与することを期待しています。

さらに詳細は、下記ウェブサイトをご覧ください。

<http://www.jst.go.jp/crds/about/>

エグゼクティブサマリー

本プロポーザルでは、個人や集団の意思決定・合意形成の困難化という問題に対して、情報科学技術を活用した解決の必要性を述べ、取り組むべき研究開発課題を示す。本プロポーザルで目指すのは、「複雑社会において、個人・集団が主体性や納得感を持って意思決定できるような、情報科学技術を活用したより良い仕組みの実現」である。

「意思決定」は、個人や集団がある目標を達成するために、考えられる複数の選択肢の中から1つを選択する行為である。このとき、選択の拠りどころとなるものは個人の価値観であるが、集団における意思決定のケースでは、関係者（メンバーやステークホルダー）全員の価値観が必ずしも一致するとは限らない。関係者内で選択肢に関する意見が分かれたとき、その一致を図るプロセスが「合意形成」である。

我々は日々さまざまな場面で意思決定を行っている。そして、クリティカルな場面での意思決定ミスは個人や集団の状況を悪化させ、その存続・生存さえも危うくする。例えば、企業の経営における意思決定ミスは、企業の業績悪化・競争力低下を招き、国の政策決定・制度設計における意思決定ミスは、国の経済停滞や国民の生活悪化にもつながる。また、個人の意思決定における判断スキル・熟慮の不足は、その個人の生活におけるさまざまなリスクを高めるだけでなく、世論形成・投票等における集団浅慮という形で、社会の方向性さえも左右する。

今日、上述のような意思決定ミスを起こすリスクの増大、つまり、意思決定の困難化が起きている原因には、情報科学技術の発展が少なからぬ影響を与えている。元来、主体性や納得感を持った意思決定は、個人や集団における熟慮・熟議から生まれるものである。熟慮・熟議からこそ、さまざまな要因・影響の可能性を考慮し、自分の価値観や集団内の多様な価値観も踏まえた、最良の解を見つけ得る。しかし、情報科学技術が発展した今日、人間には熟慮・熟議が困難な事態がたびたび起きるようになった。

その原因の1つは、情報爆発や社会のボーダーレス化により、意思決定に関わる要因・影響にさまざまな可能性が生じ、その広がりや人間の頭では考えられないほどになってしまったことである。しかも、激化する競争環境において、意思決定にますますスピードが求められるようになり、要因・影響の可能性を十分に考えきれないまま意思決定をせねばならない状況が頻繁に発生する。

また、別な側面から考えられる2つ目の原因は、この状況において、悪意・扇動意図を持って、他者の意思決定に影響を与えるような情報操作が容易になってしまったことである。実際に、ソーシャルメディア上でのフェイクニュースやデジタルゲリマンダーと呼ばれる行為が、世論形成や選挙結果に影響を及ぼし、社会問題化している。

意思決定・合意形成問題は、主に人文・社会科学分野で古くから取り組まれてきた問題であるが、上記のような原因の解決には情報科学技術によるアプローチが不可欠である。そして、本プロポーザルで目指すのは、熟慮・熟議を困難にした原因を解決するための情報科学技術の研究開発を推進し、個人や集団の主体性・納得感を持った意思決定を支援・促進する仕組みを創出することである。

上述の第一の原因に対して取り組みが必要な研究開発課題は、人間が取りこぼしてしまう膨大な可能性を調べ上げ、その中から有効な候補を高速に見つける技術である。例えば、個人や集団の意思決定の場面において、人間の限られた思考範囲を超えて、さまざまな要因・影響の可能性を踏まえた有効な選択肢を提示する技術や、多数の関係者間の交渉（合意形成）の場面において、人間には思い描けないほどの膨大な条件の組み合わせの中から、適切な合意点の候補を見つけ出して提示する技術等があげられる。

第二の原因に対して取り組みが必要な研究開発課題は、悪意・扇動意図を持った情報操作を回避する技術や、そのような情報操作に対する耐性を高める技術である。例えば、意思決定の根拠として信憑性の低い情報（フェイクニュース等）を判別・排除する技術や、多数の関係者間の合意形成や投票の場面において、健全性・公正性を保証する理論やそれを阻害しようとする行為が無効になるようなメカニズムの設計技術等があげられる。

さらに、これらに共通する基礎的な研究開発課題として、多数の関係者間の合意形成、集団の意思決定を扱うための、社会的価値観やさまざまな人間の価値観が混在している状況下での意思決定・合意形成を支援する技術が重要である。

昨今、人工知能（AI）分野において、意思決定の支援や自動化のための技術開発が活発になっている。特に機械学習・最適化技術に基づく解（選択肢）の生成は、ビジネスの現場への適用も進んでいる。しかし、現状、1つの評価関数が定められるような条件下、いわば価値観が共有されている状況下での選択肢（論理性・合理性に基づく解）を求めるものが主である。

一方、社会的価値観やさまざまな人間の価値観が混在している状況下で、人間は論理性・合理性だけでなく共感・賢慮等によって解を見出している。そこで、この研究開発課題への取り組みでは、AI的なアプローチに加えて、脳科学、認知科学、計算社会科学、心理学、経済学、政治学、法学、倫理学等の考え方や知見を取り込んでいくが必要になる。また、人間の意思決定に関する原理追究・現象分析を深めることに加えて、それを実際の意思決定・合意形成問題に適用できるように、システム実装にまでつなげることが求められる。

昨今の世界動向を踏まえると、ここで述べた個人・集団の意思決定支援技術の研究開発に対して、国として早急に施策を講じることが求められる。すなわち、ソーシャルメディアを用いた世論誘導・政治操作等、好ましくない使われ方が世界的に社会問題化しており、放っておけばこの問題は急速に拡大する。また、意思決定力を強化することは競争環境において生き残るために必然の方向であり、他国の動向を様子見しているだけでは、産業・政策・研究開発・安全保障等、さまざまな面の国際競争において手遅れになる恐れがある。この分野の取り組みで先行している米国でさえ、2016年の米国大統領選挙はロシアによる米国世論の操作を受けたとも言われており、わが国にとってもリスクが高まっている喫緊の課題である。

推進施策の面では、シーズプッシュ型ではなく問題解決型の基礎研究としてマネジメントし、文理分野横断で研究者リソースを共通の問題意識・ビジョンのもとに束ね、社会からのフィードバックを受けるプロセスを短いサイクルで回して、アプローチ・技術の効果と社会受容性を高めていくのが効果的である。

Executive Summary

This proposal outlines the need to utilize information science and technology in resolving increasing difficulties associated with individual and group decision-making and consensus-building, and presents research and development (R&D) challenges that must be addressed. The target of this proposal is the “implementation of a better mechanism that enables individuals and groups to make their decisions based on their own initiative and consent by utilizing information science and technology in this complex society.”

“Decision-making” refers to the behavior of an individual or group to select one option out of multiple possible alternatives to attain a given objective. While values of the individual provide the foundation for the selection process, decision-making in a group setting is another story because the values of all concerned parties (members or stakeholders) do not necessarily coincide. When opinions on the alternatives of those concerned are divided, they seek to close the gap through a process called “consensus-building.”

We make decisions every day in various situations of our lives. A mistake in decision-making in critical situations can deteriorate the conditions of the individual or group and endanger their continued existence or even survival. For instance, a mistake in business decision could lead to decline in corporate earnings and competitiveness. An oversight by a government in its policymaking and institutional design could result in stagnation in the nation’s economy and lower standard of people’s living. Also, the impact of inadequate judgement skills and lack of serious thinking in individual decision-making could spread beyond the individual experiencing higher risks in various aspects of their personal life to perhaps even influence the direction of society in the form of collective indiscretion (groupthink) in the formation of public opinion, voting and other areas.

The development of information science and technology has had significant influences on the above-mentioned increasing difficulty in decision-making. Essentially, decisions based on one’s own initiative and consent should be borne out of serious thinking by each person and serious discussions in a group. It is through serious thinking and discussions that the best solution may be derived after examining the potential of various factors and influences, and respecting one’s own values and diverse values of the group members. With the development of information science and technology, however, humans today are faced with a situation where they find it difficult to engage in serious thinking and discussions.

One cause behind this phenomenon is that information explosion and borderless development of society have led to the emergence of various factors and influences

associated with decision-making, which have burgeoned in scale that transcends human thinking. Moreover, the need to speed up the decision-making process in an environment of intensifying competition has often created a situation where decisions must be made without having the time to give sufficient thought to the possibilities of various factors or influences.

As another cause that can be considered from a different angle, this situation has enabled individuals to manipulate information with malicious or provocative intent in ways that influence the decision-making of other individuals. As a matter of fact, fake news on social media and acts known as digital gerrymandering have become social problems, given their influence on the shaping of public opinion and election results.

Although issues involving decision-making and consensus-building are problems that have traditionally been addressed primarily in the humanities and social science domains, approaches based on information science and technology are essential to the resolution of the causes shown above. This proposal seeks to create a mechanism that supports and encourages individuals and groups to make decisions based on their initiative and consent by promoting R&D in information science and technology to resolve the causes that have made serious thinking and discussions difficult.

The R&D challenges that need to be tackled regarding the first cause mentioned above involve technology that investigates the vast potential that humans often fail to identify and finds an effective option among them at high speed. Examples include: the technology to present effective alternatives that consider the potential of various factors and influences beyond the limited scope of human thought in individual and group decision-making situations; and technology to indicate the options that serve as appropriate common ground among the immense combinations of conditions that could not possibly be conceived by humans in negotiation scenes among numerous concerned parties (consensus-building).

The R&D challenges that need to be tackled in relation to the second cause engage technology to circumvent manipulation of information with malicious or provocative intent, and technology that raises tolerance on such information manipulation. Examples include: the technology to identify and delete information with low reliability (such as fake news) as grounds for decision-making; theories that guarantee integrity and fairness of the consensus-building process among multiple concerned parties as well as voting situations; and the design of mechanisms that invalidate the behaviors that seek to obstruct the integrity and fairness.

Furthermore, as a basic R&D challenge common to all the above, importance should be placed on technology that supports decision-making and consensus-building in a situation where social values and values of different people that facilitate

consensus-building among numerous concerned parties and collective decision-making exist side by side.

Recently, technological development to support or automate decision-making is being actively pursued in the field of artificial intelligence. Notably, the generation of solutions (alternatives) based on machine learning and optimization technology is being increasingly applied to business scenes. However, most such applications today seek to obtain alternatives (logicality- or rationality-based solutions) under conditions where only one evaluation function is given, or in other words, in situations characterized by shared values.

On the other hand, in situations where social values and values of different people exist side by side, humans have reached solutions not only through logicality/rationality but also by employing sympathy, wisdom and other aspects. The activities to respond to R&D challenges therefore need to adopt thinking and knowledge in other fields such as brain science, cognitive science, computational social science, psychology, economics, political science, law and ethics. In addition to deepening the pursuit of principles and phenomenon analysis of human decision-making, these findings will need to be fulfilled in the form of system implementation to enable their application to actual problems associated with decision-making and consensus-building.

In view of the recent global trends, the government is called on to launch urgent measures for promoting R&D of technology that supports individual and group decision-making. In other words, the undesirable usage of social media resulting in manipulation of public opinion and politics, among others, has become a social problem globally, which is certain to intensify if no step is taken. The strengthening of decision-making is the inevitable direction if we are to survive in this competitive environment. The nation could fall behind in international competition in many different areas such as industries, policies, R&D and national security if it simply assumed a wait-and-see attitude by observing how other countries would act. This is an urgent challenge with mounting risks for Japan, considering that public opinion in the U.S., a leading player in this field, is said to have been manipulated by Russia during the 2016 presidential elections.

R&D management in this area will need to be optimized for problem-solving type basic research, not for “seeds push” type. It is effective to emphasize cross-sectional efforts across humanities and sciences to integrate researchers’ resources under a common problem awareness and vision and to enhance social receptivity and the effect of approaches and technologies by receiving feedback from society in short cycle.

目 次

エグゼクティブサマリー

Executive Summary

1. 研究開発の内容	1
2. 研究開発を実施する意義	4
2－1. 現状認識および問題点	4
2－2. 社会・経済的効果	12
2－3. 科学技術上の効果	13
3. 具体的な研究開発課題	16
3－1. 研究開発課題の概要	16
3－2. 研究開発成果の社会実装形態	17
3－3. 技術シーズと挑戦方向	19
4. 研究開発の推進方法および時間軸	25
付録1. 検討の経緯	27
付録2. 国内外の状況	34
付録3. 専門用語説明	38
付録4. 参考文献	40

【コラム】

- ① 意思決定とは、合意形成とは
- ② ソーシャルメディアと意思決定
- ③ ソフィアとフロネシス

1. 研究開発の内容

「複雑社会における意思決定・合意形成を支える情報科学技術」とは、個人や集団の意思決定・合意形成の困難化という問題に対して、情報科学技術を活用した解決を目指すものである。解決に向けて、「複雑社会において、個人・集団が主体性や納得感を持って意思決定できるような、情報科学技術を活用したより良い仕組みの実現」に取り組むことを提案する。その全体像を図1に示し、その内容を以下で説明する。

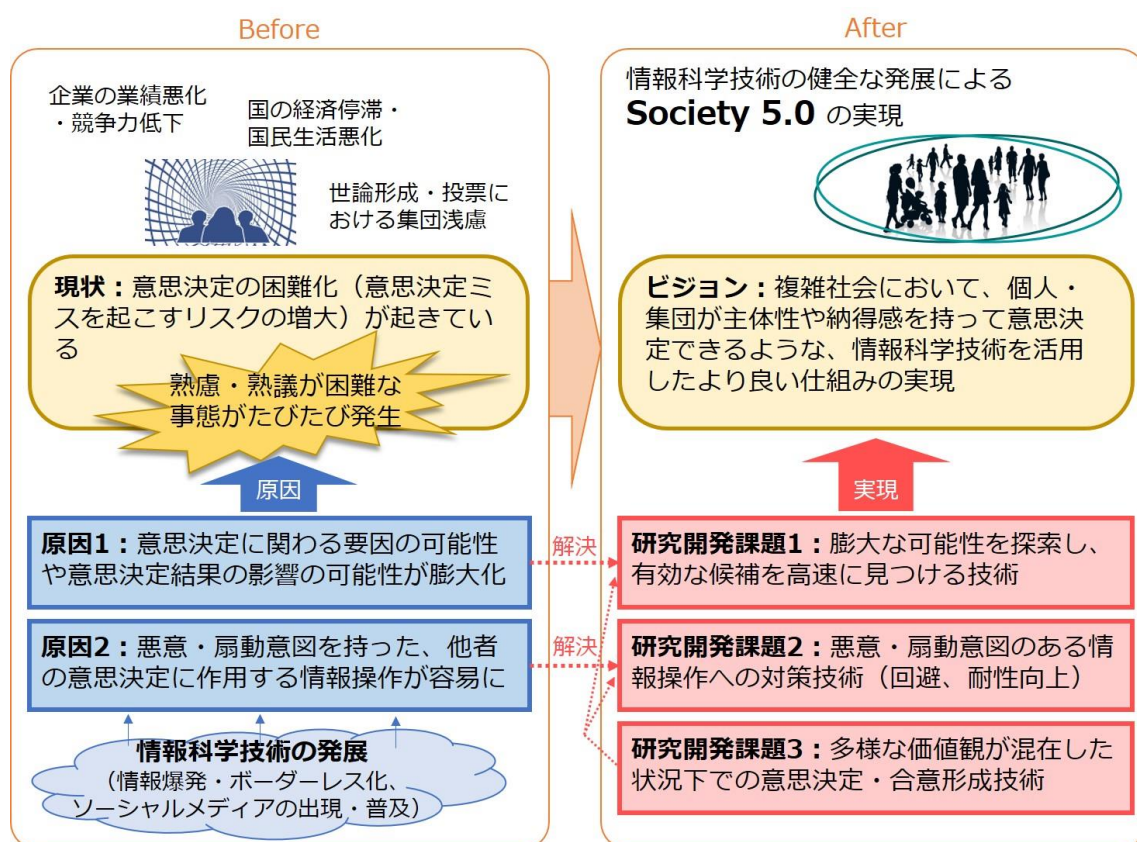


図1 研究開発の内容

今日起きている意思決定の困難化（意思決定ミスを起こすリスクの増大）の原因には、情報科学技術の発展が少なからぬ影響を与えている。元来、主体性や納得感を持った意思決定は、個人や集団における熟慮・熟議から生まれるものである。熟慮・熟議からこそ、さまざまな要因・影響の可能性を考慮し、自分の価値観や集団内の多様な価値観も踏まえた、最良の解を見つけ得る。しかし、情報科学技術が発展した今日、人間には熟慮・熟議が困難な事態がたびたび起きるようになった。

その原因の1つは、情報爆発や社会のボーダーレス化により、意思決定に関わる要因・影響にさまざまな可能性が生じ、その広がりや人間の頭では考えられないほどになってしまったことである。しかも、激化する競争環境において、意思決定にますますスピードが求められるようになり、要因・影響の可能性を十分に考えきれないまま意思決定をせねばならない状況が頻繁に発生する。

また、別な側面から考えられる 2 つ目の原因は、この状況において、悪意・扇動意図を持って、他者の意思決定に影響を与えるような情報操作が容易になってしまったことである。実際に、ソーシャルメディア上でのフェイクニュースやデジタルゲリマンダーと呼ばれる行為が、世論形成や選挙結果に影響を及ぼし、社会問題化している^{[19][20][23][24]}。

意思決定・合意形成問題は、主に人文・社会科学分野で古くから取り組まれてきた問題であるが、上記のような原因の解決には情報科学技術によるアプローチが不可欠である。そして、本プロポーザルで目指すのは、熟慮・熟議を困難にした原因を解決するための情報科学技術の研究開発を推進し、個人や集団の主体性・納得感を持った意思決定を支援・促進する仕組みを創出することである。人間の意思決定のコンピューターによる代行を進めようというのではなく、意思決定における人間の熟慮や熟議を支援・促進することに主眼を置く。

上述の第一の原因に対して取り組みが必要な研究開発課題は、人間が取りこぼしてしまう膨大な可能性を調べ上げ、その中から有効な候補を高速に見つける技術である。例えば、個人や集団の意思決定の場面において、人間の限られた思考範囲を超えて、さまざまな要因・影響の可能性を踏まえた有効な選択肢を提示する技術や、多数の関係者間の交渉（合意形成）の場面において、人間には思い描けないほどの膨大な条件の組み合わせの中から、適切な合意点の候補を見つけ出して提示する技術等があげられる。

第二の原因に対して取り組みが必要な研究開発課題は、悪意・扇動意図を持った情報操作を回避する技術や、そのような情報操作に対する耐性を高める技術である。例えば、意思決定の根拠として信憑性の低い情報（フェイクニュース等）を判別・排除する技術や、多数の関係者間の合意形成や投票の場面において、健全性・公正性を保証する理論やそれを阻害しようとする行為が無効になるようなメカニズムの設計技術等があげられる。

さらに、これらに共通する基礎的な研究開発課題として、多数の関係者間の合意形成、集団の意思決定を扱うための、社会的価値観やさまざまな人間の価値観が混在している状況下での意思決定・合意形成を支援する技術が重要である。

昨今、人工知能（AI）分野において、意思決定の支援や自動化のための技術開発が活発になっている。特に機械学習・最適化技術に基づく解（選択肢）の生成は、ビジネスの現場への適用も進んでいる。しかし、現状、1つの評価関数が定められるような条件下、いわば価値観が共有されている状況下での選択肢（論理性・合理性に基づく解）を求めるものが主である。

一方、社会的価値観やさまざまな人間の価値観が混在している状況下で、人間は論理性・合理性だけでなく共感・賢慮等によって解を見出している。そこで、この研究開発課題への取り組みでは、AI 的なアプローチ研究に加えて、脳科学、認知科学、計算社会科学、心理学、経済学、政治学、法学、倫理学等の考え方や知見を取り込んでいくことが必要になる。また、人間の意思決定に関する原理追究・現象分析を深めることに加えて、それを実際の意思決定・合意形成問題に適用できるように、システム実装にまでつなげることが求められる。

このような研究開発課題への取り組みにおいては、シーズプッシュ型ではなく問題解決型の基礎研究としてマネジメントし、文理分野横断で研究者リソースを共通の問題意識・ビジョンのもとに束ね、社会からのフィードバックを受けるプロセスを短いサイクルで回して、アプローチ・技術の効果と社会受容性を高めていくのが効果的である。

【コラム①】 意思決定とは、合意形成とは

本稿では「意思決定」「合意形成」を次のような意味で用いている。

「意思決定」は、個人や集団がある目標を達成するために、考えられる複数の選択肢の中から1つを選択する行為である。このとき、選択の拠りどころとなるものは個人の価値観であるが、集団における意思決定のケースでは、関係者（メンバーやステークホルダー）全員の価値観が必ずしも一致するとは限らない。関係者内で選択肢に関する意見が分かれたとき、その一致を図るプロセスが「合意形成」である。

意思決定に関する先駆的な研究として、1978年にノーベル経済学賞を受賞したハーバート・A・サイモンの取り組み^{[1][2]}が有名である。サイモンは意思決定プロセスを、(1)情報 (Intelligence) 活動、(2)設計 (Design) 活動、(3)選択 (Choice) 活動というステップで構成されるとした。(1)で意思決定に必要な情報を収集し、(2)で考えられる選択肢をあげ、(3)で選択肢を評価し、どれを選択するか決定する。これらのステップにおいて、必要な情報をすべて集めることができ、可能性のあるすべての選択肢をあげることができ、各選択肢を選んだときに起こり得るすべての可能性を列挙して評価することができるならば、合理的に最良の選択が可能になる。しかし、現実にはそのようなすべての可能性を考えて意思決定することはできず、人間が合理的な意思決定をしようとしても限界がある。このサイモンが導入した「限定合理性」(Bounded Rationality)という概念は、意思決定に関する研究発展の基礎となった。サイモンは、経営の本質は意思決定だと考え、限定合理性を克服するための組織論も展開した。

この概念を用いるならば、今日、情報化の進展に伴い、人間の意思決定の限定合理性がますます顕著になった状況だと言える。この状況に対して、本プロポーザルは、情報科学技術を活用したアプローチによって、限定合理性の克服を目指す。

一方、合意形成については、国内各地で20件以上の社会的合意形成プロジェクトを実践してきた桑子敏雄のとらえ方^{[3][4]}が参考になる。桑子は「合意形成は話し合いによって対立・紛争を解決する」「合意形成は対立する人びとが意見を変えて同じ意見をもつことである」「合意形成は妥協や譲歩ではない」「社会的合意形成とは不特定多数のステークホルダーによる合意形成である」「社会的合意形成は創造的なプロセスである」「社会的合意形成は一つのプロジェクトである」「社会的合意形成はプロジェクトマネジメントを必要とする」等と述べている。

合意形成は妥協や譲歩ではなく、創造的に解を見出すものと言い、そのプロセスをプロジェクトマネジメントだととらえている点が興味深い。対立する価値観の間で、勝ち負けをつけるのではなく、止揚（アウフヘーベン）を導くものと言えるかもしれない。

2. 研究開発を実施する意義

2-1. 現状認識および問題点

2-1-1 意思決定の困難化

我々は日々さまざまな場面で意思決定を行っている。そして、クリティカルな場面での意思決定ミスは個人や集団の状況を悪化させ、その存続・生存さえも危うくする。例えば、企業の経営における意思決定ミスは、企業の業績悪化・競争力低下を招き、国の政策決定・制度設計における意思決定ミスは、国の経済停滞や国民の生活悪化にもつながる。また、個人の意思決定における判断スキル・熟慮の不足は、その個人の生活におけるさまざまなリスクを高めるだけでなく、世論形成・投票等における集団浅慮という形で、社会の方向性さえも左右する。

そういった近年の意思決定ミスを起こすリスクの増大、言い換えれば、意思決定の困難化という問題について、その具体的なシーンをいくつか取り上げて説明する。

(1) 個人の意思決定シーンにおける問題の一例

SNS（Social Networking Service）等のソーシャルメディアを用いた政治操作、いわゆる「デジタルゲリマンダー」の脅威が顕在化してきた。デジタルゲリマンダーによって、2016年の米国大統領選挙の結果が左右されたとも言われる^[24]。また別の事例として、Facebook等のSNSのタイムラインに表示する投稿を操作することで、選挙に行くという行動を喚起することが可能だという実験結果がある^[25]。SNSのプロフィール分析による個人の支持政党判定と、この選挙行動の喚起手法を組み合わせれば、特定政党支持者の投票率アップも可能になってしまうと危惧される。

ソーシャルメディア空間で起きている現象：

**フィルターバブル/
エコーチェンバー/同調圧力**

自分と異なる意見は
聞かない/聞こえない

自分の価値観に
合った情報ばかりが
集まる

**自分に
心地良い
情報空間**

内容を丁寧に読まず、
一次情報も確認せずに
反射的に支持表明

いいね!

フェイクニュース
の真偽は気にかけない
(思考誘導されやすい)

判断スキル・熟慮の不足が
個人生活の様々なリスクを高め、
世論形成・投票等における
集団浅慮という形で
社会の方向性さえも左右する

ソーシャルメディア等を用いた政治操作
デジタルゲリマンダーの脅威

図2 個人の意思決定シーンにおける問題

また、ソーシャルメディア上の人々の振る舞いについて、「フィルターバブル」「同調圧力」「エコーチェンバー」等と名付けられた現象が特徴的だと指摘されている。これらはいずれも、意見（価値観）が自分に近い人としかつながらず、自分の意見に沿った情報しか見ないというタコツボ化の傾向を意味している（コラム②）。反対意見には耳を貸さないとか、反対意見を持つ相手と強く対立するとか、意見の二極化を招く。

さらに、これらに絡む形で、デマやフェイク（偽の）ニュースの流通が止められない状況になっている。デジタルゲリマンダーの手段としてフェイクニュースは乱用されているし、フィルターバブル内では自分の意見に沿っているならば、フェイクニュースも真だと信じ込む。その際、ソーシャルメディアにおける支持表明（Facebook の「いいね！」や Twitter のリツイート等）は、投稿内容を丁寧には読まず、ましてその根拠になる一次情報の確認もすることなく、反射的に行われることが少なくない。

ここであげたような問題は、ソーシャルメディアが普及した今日、視野狭窄・集団浅慮が起きやすくなっているということである。これは国の方向性を決めるような選挙・投票の結果や世論形成をも左右しかねない。本来であれば、多様な価値観・立場からの意見にも耳を傾けて、熟慮・熟議を行うことで、より良い意思決定結果を導くべきところである。

【コラム②】ソーシャルメディアと意思決定

ソーシャルメディアが人間の意思決定に影響を与えていることを、2-1-1（1）や図2で言及した。そこで見られる特徴的な現象・行為について、それらの関係も含めて補足する（詳細は参考文献[18]～[25]）。

まず、タコツボ化傾向が起りやすい。その一つが「フィルターバブル」である。パーソナライズされた情報フィルターや仲の良い友人とだけつながった SNS 等では、自分の好みに合った情報にしか触れない傾向が強まる。この状態が「フィルターバブル」と呼ばれる。人間は元来、自分の考えに合う情報ばかり集めたがる傾向（「確証バイアス」と呼ばれる）を持っており、「フィルターバブル」は意図せずして個人が陥りやすい状態である。

それに加えて、SNS コミュニティ内のインタラクションによってタコツボ化が強まる現象がある。考え方や好みの似た人々が集まった SNS では、発信した情報に賛同・同調する人たちが多く、反響が大きくなりやすい。この現象が「エコーチェンバー」（反響室）と呼ばれる。また、そのような状況では異論を挟みにくく、「同調圧力」に飲み込まれやすくなる。

このような形でタコツボ化したコミュニティ内に、うまく情報を流し込むと、その情報が一気に広まり、受け入れられやすい。しかも、それが偽の情報（デマ、フェイクニュース）であったとしても信じられてしまいやすい。このような効果を利用して、特定の政党や候補者に投票を誘導する等の政治操作を行う行為が「デジタルゲリマンダー」と呼ばれる。

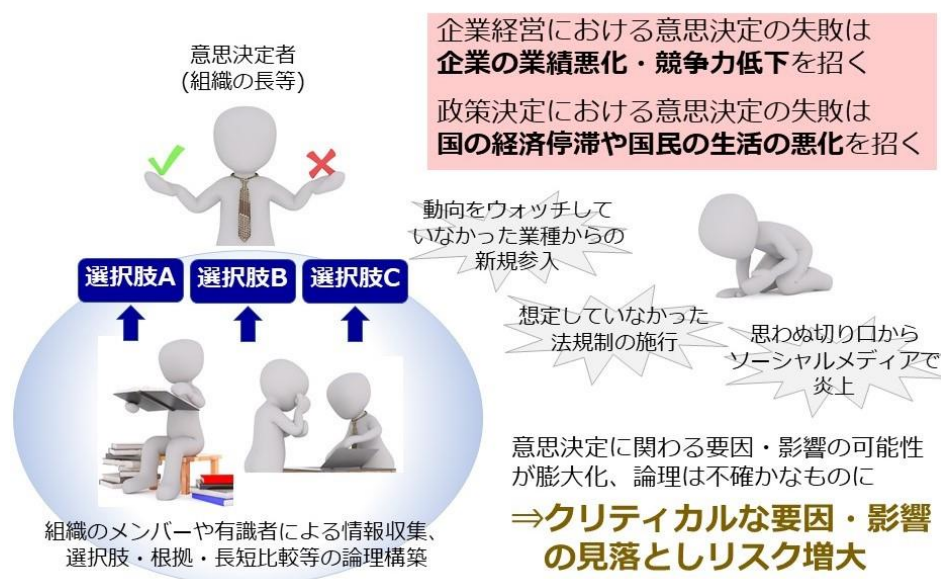


図3 企業経営・政策決定の意思決定シーンにおける問題の一例

(2) 企業経営・政策決定の意思決定シーンにおける問題の一例

企業経営や政策決定における意思決定は、意思決定者（組織の長等）が最終的な判断を行うが、そのための選択肢やそれらの根拠・長短比較等の情報収集・論理構築のプロセスは、多くの場合、（意思決定者の意向や知見も踏まえつつ）その組織のメンバーや有識者の参画によって実行される。先に述べたような意思決定に関わる要因・影響の可能性が広がったことによって問題が生じるのは、この情報収集・論理構築のプロセスの労力や品質である。

例えば企業経営のシーンでは、競争がグローバル化しており、新たな競合企業は世界のあらゆる地域から出現し得る。顧客の抱える問題に対する解決策はさまざまなアプローチが可能であり、動向をウォッチしていなかった業種からの新規参入もあり得る。想定していなかった法規制が施行されたり、思わぬ切り口からソーシャルメディアの炎上¹ が起きたりもする。企業経営上の意思決定に際して考慮しなければならない要因は膨大になっており、限られた人的リソースで対応できる限界を超え、その状況で考えられるアクションの選択肢やその根拠は不確かなものになりがちである。このプロセスにかけられる時間は限られており、クリティカルな要因や影響を見落としリスクは高まっている。

これに関連して、医療診断の分野等で AI 技術の活用によって、人間の見落としを補完しようという事例が出てきている。医療診断に関わる医療知識の蓄積が膨大になり、かつ、新たな知識も次々に追加されることから、人間の医師がすべてをカバーするのは困難になりつつある。この問題に対して、AI 技術を用いた膨大な知識の探索によって、患者の診断に関わる人間の医師の見落としを補完しようという試みが進められており、それが効果を示した具体事例も現れている^[35]。しかし、本節で取り上げた企業経営や政策決定の分野では、問題がより難しい。つまり、この分野では、医療診断のような特定分野の専門知識に

¹ ここで「炎上」は、いわゆる「ネット炎上」のことである。文献[19]では「ある人物や企業が発信した内容や行った行為について、ソーシャルメディアに批判的なコメントが殺到する現象」と定義している。

とどまらず、複数分野の専門知識とそれを組み合わせた分野横断的推論が必要とされる。特定分野の知識や分野特化の技術では不十分である。

公共性の高いシステム・施策について関係者の合意形成で難航、
住民の納得感が低下、地域に不満が蓄積



図4 自治体・地域コミュニティの合意形成シーンにおける問題の一例

(3) 自治体・地域コミュニティの合意形成シーンにおける問題の一例

廃棄物処理施設等の設置・運営に関わる問題、自治体再編問題をはじめ、公共性の高いシステム・施策について関係者の合意形成に難航するケースがしばしば話題になる。この種の問題は、従来から厄介な問題として認識されている NIMBY 問題(NIMBY=Not In My Back Yard、必要性は認めても自分の居住地域には建てて欲しくない類の施設に関する問題)を含んでいる。しかし、最近はそれだけでなく、問題に関係するステークホルダーの増加や関係者の価値観の多様化・対立の傾向があり、ときには(1)(2)で触れたような要素も絡んで、問題の解決が難しくなっている。これは、自治体や地域コミュニティ等において、公共性の高いシステム・施策は、その影響が及ぶ範囲・規模が大きく、さまざまなシステム・制度が複合的に絡むようになってきたことによる。

2-1-2 意思決定の困難化の背景・原因

前節で意思決定の困難化(意思決定ミスを起こすリスクの増大)が起きているいくつかのシーンを取り上げたが、その原因には、情報科学技術の発展が少なからぬ影響を与えている。

まず、情報科学技術の発展に伴い、情報爆発や社会のボーダーレス化が進んだことが、難しい意思決定シーンを増やすことになったのは間違いない。50年前であれば、リーチ可能な物理的距離の制約は顕著で、限られた情報源や人脈から得られる情報をもとに意思決定するしかなく、その意思決定結果として実行するアクションの影響が及ぶ範囲も概ね事前に想像できる範囲であった。しかし、情報爆発とボーダーレス化によって、物理的距離の制約は薄れ、意思決定の際に関わり得る要因やアクションの影響の及び得る範囲に、膨大な可能性が生じるようになった。しかも、産業界・学术界ともグローバルな競争は激し

くなっており、意思決定の迅速さも同時に求められている。このような意思決定に関わる要因・影響のさまざまな可能性の広がり、人間の頭で考えられるレベルを超えたものになってきており、クリティカルな可能性の見落としによる意思決定ミスリスクは高まっている。

また、情報科学技術の発展は、ウェブやソーシャルメディアのような新しい情報発信・コミュニケーション手段を生み出した。このような手段の活用によって、これまでにない大規模な集団での合意形成が可能になったり、ウェブやソーシャルメディアが世論形成・流行作り等に大きく関わったりと、不特定多数の人々への働きかけや意思決定のスタイルが大きく様変わりした。しかし、これによって、悪意・扇動意図を持った、他者の意思決定に作用する情報操作も容易になってしまった。フェイクニュース、炎上、フィルターバブル等の現象が多々発生し、健全な議論が困難であるとか、集団浅慮に陥るとか、世論誘導・政治操作に悪用される等の社会問題も起きている。そこには、人間の意思決定・合意形成が、ただ論理性や合理性によるものではなく、多様な価値観が混在・対立する中での相互作用（他者とのやり取りの中で生まれる価値観・考え方の変化や感情等）にもよるという複雑な側面が見られる。

以上の2点（改めてまとめると下記）が、意思決定の困難化の主要な原因と考えられる。

原因1： 意思決定に関わる要因の可能性や意思決定結果の影響の可能性が膨大化し、その広がりが人間の頭では考えられないほどになってしまった

原因2： 悪意・扇動意図を持った、他者の意思決定に作用する情報操作が容易になってしまった

➡ 人間には熟慮・熟議が困難な事態が引き起こされる

元来、主体性や納得感を持った意思決定は、個人や集団における熟慮・熟議から生まれるものである。熟慮・熟議からこそ、さまざまな要因・影響の可能性を考慮し、自分の価値観や集団内の多様な価値観も踏まえた、最良の解を見つけ得る。しかし、情報科学技術が発展した今日、上記のような原因によって、人間には熟慮・熟議が困難な事態がたびたび引き起こされるようになってしまった（前出の図1参照）。

2-1-3 情報科学技術によるアプローチと国の科学技術政策の必要性

個人・集団の意思決定は古くから検討されてきた問題である。しかし、近年の情報科学技術の発展、ウェブやソーシャルメディアの普及によって、意思決定問題は新たな様相を呈するようになった。そして、既に説明したように、これまでとは異なる難しさが生じている。

前節では近年の意思決定の困難化について2つの主要な原因を指摘したが、これらの原因の解決には情報科学技術によるアプローチが不可欠である。また、情報科学技術を発展させてきた学术界・産業界として、利便性・快適性等の「光の側面」だけを訴求するのではなく、弊害・懸念等の「影の側面」の問題を解決していくことにも社会的な責任がある。

そこで、本プロポーザルで目指すのは、個人・集団が主体性や納得感を持って意思決定できるような、情報科学技術を活用したより良い仕組みの実現である。情報科学技術によって前述の2つの原因に対処し、人間が十分に熟慮・熟議できるような仕組みを実現する。

AI技術の進歩が著しく、人間の代わりにコンピューターが自動実行するタスクが増えつつある。そのタスクの中で見れば、従来は人間が意思決定していた部分をAIが代行したと言える。しかし、常に、それらのタスクを定義し、実行を指示し、結果を評価する等、上位の意思決定をするのは人間である。本プロポーザルは、人間の意思決定のAIによる代行をいっそう進めようというものではなく、必ず人間が行わねばならない意思決定において、人間が主体となってより適切かつ迅速にできるように、情報科学技術により人間の熟慮・熟議を支援することに主眼がある。

情報科学技術による支援ではあるが、それが意思決定の支援という場合、人間が主体と言いながら、実態は思考誘導になるのではないかという懸念は付きまとう。これに対しても、ある選択肢に関して賛否両面の意見を示すことでバイアスや偏向を減らす等、人間の熟慮・熟議を支援・促進するという考え方が大切である。また、懸念を考慮しながら、放置するのではなく少しでも良い方向へ向かうように取り組みを進めていくことが重要である。



図5 意思決定・合意形成技術の野放し・様子見に関する懸念

昨今の世界動向を踏まえると、本プロポーザルで述べる人間の意思決定・合意形成を支援する技術の研究開発に対して、国として早急に施策を講じることが求められる。その理由は次に述べる2点である。

第一の理由は、デジタルゲリマンダーやフェイクニュースのようなソーシャルメディアを用いた世論誘導・政治操作等、好ましくない使われ方が既に世界的に社会問題化しているためである。また、フィルターバブルやエコーチェンバーの現象が集団浅慮の傾向を強めるという懸念もある。このまま放っておくと、これらの問題（情報科学技術の発展に伴う「影の側面」）が急速に拡大するだろうと強く懸念される。この分野の取り組みは米国が先行しているが、その米国でさえ、2016年の米国大統領選挙はロシアによる米国世論の操作を受けたとも言われており^[24]、わが国にとっても喫緊の課題である。

第二の理由として、様子見をしていると、産業・政策・研究開発・安全保障等、さまざまな面の国際競争において、日本は手遅れの状況になる恐れがある。意思決定力を強化することは、競争環境において生き残るために必然の方向であり、この方向への技術開発は誰が主導することになろうと間違いなく進む。AI 技術に隣接した技術領域であることから、ここでも米国、あるいは、「GAFA」と呼ばれる巨大 IT 企業（Google、Apple、Facebook、Amazon）が主導する可能性が高い。情報科学技術は指数関数的な発展・普及を示す傾向があり、様子見をしているうちに、後追いではもう差が詰められない事態になってしまう。しかも、意思決定力の優位性は、産業・政策・研究開発・安全保障等、さまざまな面の国際競争力に結びついてくる。

2-1-4 取り組み状況

情報科学技術による意思決定・合意形成の強化に関する研究開発は、AI やデータサイエンスの研究分野での取り組みが活発化している。この方向性として Gartner が示したデータ分析の発展段階（図 6）がよく知られている。Gartner は、データ分析の発展段階を、記述的分析（Descriptive Analytics）、診断的分析（Diagnostic Analytics）、予測的分析（Predictive Analytics）、処方的分析（Prescriptive Analytics）という順に発展するとしている。この発展段階において、状況を把握・分析する記述的分析・診断的分析の段階や、次を予測する予測的分析の段階では、問題解決にまで至らない。どのようなアクションを取るべきかまで示してくれる処方的分析が可能になってこそ問題解決に直結する。現在、機械学習技術の著しい進化によって、予測的分析は精度が大きく向上し、商品・電力等の需要予測、機器・部品等の故障や劣化の予測、地域の犯罪リスクや店舗適性の予測等、さまざまなビジネス応用に活用されるようになった。次の発展として期待が高まっているのが、処方的分析である。

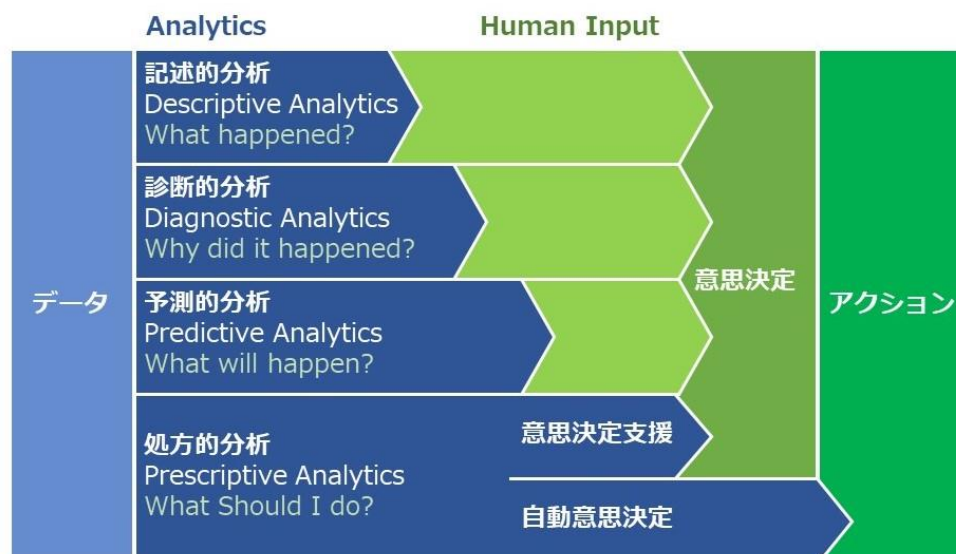


図 6 データ分析の発展段階（出典：Gartner）

処方的分析は、コンピューターが問題解決のためのアクションを決定して、それを起動することまで自動的に実行する「自動意思決定」と、コンピューターはアクションの選択肢やそれに準ずる情報を提示するところまでで、最終的な意思決定とその結果としてのアクションの実行は人間が行う「意思決定支援」という2タイプがある。この2タイプは、問題の性質の違いによって分かれる。すなわち、コスト削減、売上向上、期間短縮、的中率向上のような明確な評価軸が定められるケースは、その評価軸において最適解を見つけることができれば、それを自動選択することで「自動意思決定」が可能になる。これに対して、明確な評価軸が定められないケースや、人それぞれに応じて評価軸が異なるケースは、最終的な意思決定は人間に任せる「意思決定支援」という形が適する。

機械学習技術を用いた予測的分析の発展として技術開発が進んでいるのは「自動意思決定」のタイプである。例えば、強化学習技術を用いた産業用ロボットの制御（ピッキング等）、異種混合学習技術を用いた上水道の配水計画の最適化や小売店舗における商品の自動発注（発注計画の自動化）等、さまざまな成果が出始めている。今後、新たな技術的アプローチによって高度化が求められるのは「意思決定支援」のタイプであり、本プロポーザルのターゲットである。

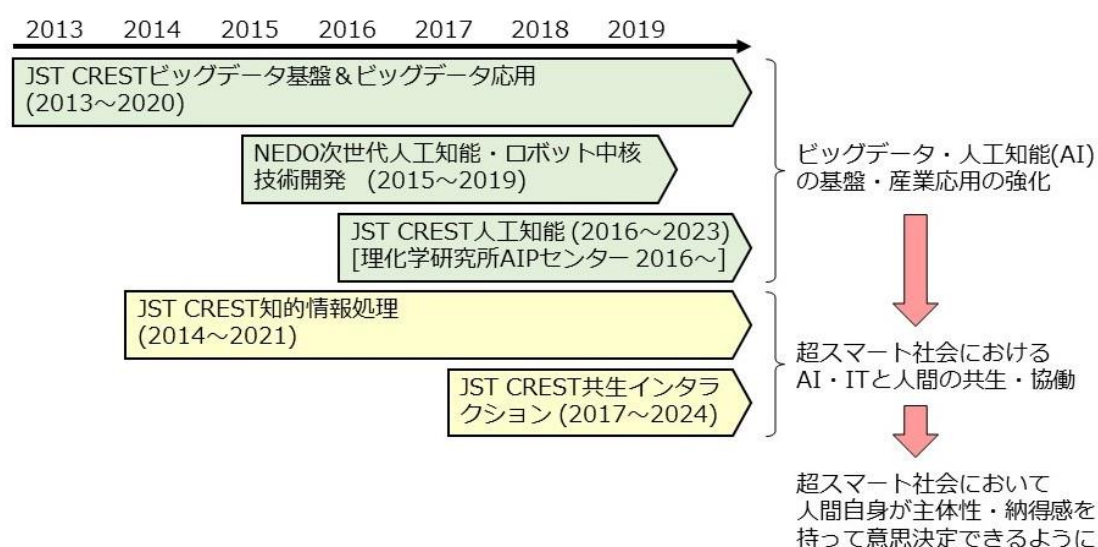


図7 情報科学技術分野の関連する政策動向

一方、わが国の情報科学技術分野の政策動向において、本プロポーザルは図7のように位置付けられる。図7には特に国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）や国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）によるファンディングプログラムをあげた。その動向として、まず国際的な競争が激化しているビッグデータ技術およびAI技術に関する基盤強化から産業応用強化まで重点投資が進められている。特に人工知能技術戦略会議が国の司令塔として創設され、文部科学省・経済産業省・総務省の3省連携体制で推進されている。さらに、それを踏まえた新たな展開として、ビッグデータを含むITやAIと人間の関わりに目が向けられるようになった。すなわち、第5期科学技術基本計画で国が目指す「超スマート社会」におけるAI・ITと人間の共生・協働を支える研究開発が強化されるようになった。

本プロポーザルは、ある意味、このような流れを受け、より人間の側に立って、将来の姿を描いたものである。AI・IT があらゆるところに組み込まれた超スマート社会において、人間自身が振り回されず、流されず、主体性・納得感を持って意思決定できるように、情報科学技術が人間を支えることを目指している。

国際的な研究論文の動向については、情報科学技術分野における意思決定・合意形成に関わる論文数が急激に増加している（詳細は付録2を参照）。また、人文・社会科学分野においても、ビッグデータのアプローチによる意思決定・合意形成の研究に関する論文数が増えており、文理融合的な研究分野として発展しつつあると考えられる。

このような国際的な論文動向に対して、日本からの研究論文数はまだ非常に少ない。ただし、国際的な研究成果を出している研究者は日本にもいるので、研究活動がまだ断片的で、大きなムーブメントが形成できていない状況と見られる。

2-2. 社会・経済的效果

2-2-1 さまざまな意思決定・合意形成問題の解決への貢献

繰り返しになるが、本プロポーザルで提案するのは「複雑社会において、個人・集団が主体性や納得感を持って意思決定できるような、情報科学技術を活用したより良い仕組みの実現」を目指す研究開発の推進である。情報爆発、社会のボーダーレス化、ウェブやソーシャルメディア上での情報操作等の影響を受けて、個人・集団の意思決定に際して、人間が十分な熟慮・熟議を行うのが困難な事態がたびたび起きるようになった。この問題に対して、情報科学技術を活用した仕組みによる解決を目指す。

これによって、例えば、2-1-1 であげたような（1）個人の意思決定、（2）企業経営・政策決定の意思決定、（3）自治体・地域コミュニティにおける合意形成のシーン等で、意思決定ミスや合意失敗のリスクを回避したり、低減したりできるようになる。

（1）個人の意思決定シーン

ソーシャルメディアを用いた個人の思考誘導、自分と意見（価値観）の近い人や情報にしか目を向けない傾向が生み出す集団浅慮化、それらが招く世論形成の偏向等、個人の意思決定が陥りやすいリスクに対して、異なる価値観の意見にも目を向けた熟慮が促され、リスクを下げる事が可能になる。

（2）企業経営・政策決定における意思決定シーン

意思決定者（組織の長等）による最終的決定のための情報収集・論理構築のプロセスにおいて、意思決定に関わる要因・影響のさまざまな可能性を検討・評価した適切な選択肢と根拠を組み立てることが可能になり、意思決定におけるクリティカルな要因・影響の見落としリスクを下げる事が可能になる。

(3) 自治体・地域コミュニティにおける合意形成シーン

廃棄物施設の設置・運営や自治体再編等、公共性の高いシステム・施策に関して、関係者が増加し、関係者の価値観の多様化・対立が起きやすいという問題に対して、相互理解と熟議が促進され、合意が形成されやすくなる。

これら3つは代表的なシーン例であり、本プロポーザルは、これらに限らず、さまざまなシーンにおいて個人・集団の意思決定ミスを起こすリスクの回避・低減につながる。2-1-1で述べたように、意思決定ミスは国・企業・個人の存続・生存さえも危うくし、その社会的・経済的なダメージは大きい。本プロポーザルの効果としては、そのダメージの回避・低減に加えて、国・企業・個人の競争力向上、人材の育成、関連するビジネスの成長、産業活性化等が期待できる。

2-2-2 Society 5.0 への貢献

わが国は第5期科学技術基本計画で「超スマート社会」の実現（Society 5.0）を掲げている。超スマート社会は「必要なもの・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会のさまざまなニーズにきめ細かに対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といったさまざまな違いを乗り越え、生き活きと暮らすことのできる社会」であり、その実現には、ビッグデータ、AI、IoT等をはじめとする情報科学技術の大きな貢献が期待されている。

しかし、生き活きと暮らすことのできる社会の豊かさは、ものやサービスの提供だけで得られるものではない。情報科学技術の発展は、効率性・利便性・快適性だけでなく、視野狭窄・集団浅慮、思考誘導、対立強硬化といった弊害ももたらし得る。2-1-1に示した(1)(2)(3)は、まさに超スマート社会の実現（Society 5.0）に向けて解決されなければならない問題（影の側面）の例示である。

すなわち、本プロポーザルで目指す、個人・集団の主体性や納得感を持った意思決定を可能にする情報科学技術の研究開発は、人間の内面の成熟も含む豊かでサステナブルな社会を支えるものであり、超スマート社会の実現（Society 5.0）のために不可欠な取り組みである。加えて、この取り組みでは、情報科学技術によって論理性・合理性だけでなく共感・賢慮を支援しようとしており、これは人間を中心に考える超スマート社会のあり方において、大切にされるべきポイントだと考える。

2-3. 科学技術上の効果

科学技術上の効果について、新たな挑戦領域としての位置付け、科学技術政策面からの意義、人材育成面での効果という3点を述べる。

まず1点目として、「多様な価値観が混在する状況下での意思決定・合意形成」という新たな挑戦領域への取り組みを推進する意義がある。

図8に意思決定問題の分類として、(A) 価値観が共有されている状況下での意思決定と、(B) 社会的価値観やさまざまな人間の価値観が混在している状況下での意思決定という分

け方を示した。2-1-4および図6で述べた自動意思決定は、昨今のAI研究の中心になっている機械学習技術・最適化技術を活用するものだが、これは基本的に1つの評価関数が定められるような条件下、いわば価値観が共有されている状況下で成り立つものである。これは図8の(A)に相当する。

それに対して、本プロポーザルがターゲットとする課題解決では、図8の(B)への取り組みが必要になる。つまり、社会的価値観やさまざまな人間の価値観が混在している状況下での意思決定・合意形成が、新たな挑戦領域として設定される。(A)は1つの価値観・評価関数が定義され、論理性・合理性が規範となる世界だが、この(B)への取り組みでは、論理性・合理性だけでなく、人間の多様な価値観が混在・対立する中での相互作用(他者とのやり取りの中で生まれる価値観・考え方の変化や感情等)に関するモデル・理論が必要になり、新たな技術チャレンジが求められる。



図8 意思決定問題の分類と挑戦領域

2点目として、科学技術政策面からの意義について述べる。現在、AI技術での国際競争が激化しており、2-1-4でも述べたように、わが国でも重点投資・戦略強化が図られている。しかし、米国や中国と比較したとき、資金・人材の量的な面ではまだまだ十分とは言えず、より骨太化が必要である。本プロポーザルは、以下のような面で、その打ち手になり得る。

(B)に関する研究は、AI研究の発展というだけでなく、計算社会科学、脳科学、認知科学、心理学、経済学、政治学、社会学、法学、倫理学等と重なる学際領域への取り組みと考える必要がある。これはAI研究の側から見ると、AI研究の発展に向けて、より広い研究リソースが集まることを意味する。一方、AI以外の上記関連分野の側から見ると、国が重点投資・強化するAI技術の成果を取り込んで、研究を発展・加速させることにつながる

る。このような分野融合による研究体制の骨太化は今後ますます重要になっていくものと考ええる。

3点目として、人材育成面での効果について述べる。まず、上述の分野融合の取り組みという面から、情報科学技術と人文・社会科学の両面を備えた人材の育成にもつながる。さらに、この取り組みは、単なる要素技術の研究を進めるだけでなく、それらを社会課題解決に結びつけることのできる研究者人材の育成にもつながる。

【コラム③】 ソフィアとフロネシス

本プロポーザルをまとめるに先立ち、2017年6月19日に科学技術未来戦略ワークショップを開催した（付録1の（2））。このワークショップにおいて藤山知彦から、図8の（A）を「ソフィア」、（B）を「フロネシス」ととらえる見方が示された^[38]。その要点は以下の通りである。このような見方は、ある意味、本プロポーザルにおいて、情報科学技術の従来の枠組みを超えた技術チャレンジが求められることを示唆している。

アリストテレス（紀元前384～紀元前322、古代ギリシアの哲学者）は「ニコマコス倫理学」^[9]の中で、知識をソフィアとフロネシスという2種類に分けている。ソフィアは一つに定まる真理で、図8で言えば（A）の世界に該当する。一方、フロネシスは、日本語では賢慮や実践知と言われ、真理が一つ定まるものではない世界にあっても、中庸をもって最善の手を見出すことができる知である。図8の（B）の世界における合意形成にはフロネシスが必要になる。つまり、（B）の世界に取り組むには、（A）の世界で有効だったソフィアのアプローチでは限界があり、フロネシスのアプローチにジャンプしなければならない。

ソフィアとフロネシスに類することを、ジャンバッティスタ・ヴィーコ（1668～1744、イタリアの哲学者）は著書「学問の方法」^[9]の中でトピカとクリティカと言っており、ブレーズ・パスカル（1623～1662、フランスの哲学者・科学者）は著書「パンセ」^[10]の中で幾何学の精神と繊細の精神と言っている。また、東洋では聖徳太子（574～622）が「十七条憲法」^[11]において「以和貴」（和を以て貴しとなす）と言っているのも、これに通じる。

3. 具体的な研究開発課題

3-1. 研究開発課題の概要

2-1-2において、意思決定の困難化の主要な原因が次の2点であることを述べた(再掲)。

原因1: 意思決定に関わる要因の可能性や意思決定結果の影響の可能性が膨大化し、その広がりや人間の頭では考えられないほどになってしまった

原因2: 悪意・扇動意図を持った、他者の意思決定に作用する情報操作が容易になってしまった

➡ 人間には熟慮・熟議が困難な事態が引き起こされる

この熟慮・熟議を困難にした原因には、情報科学技術の発展が少なからぬ影響を与えていることから、その裏返しとして、情報科学技術によるアプローチが有効である。

これら2つの原因を解決するための研究開発課題は、次のような情報科学技術の創出である(既に第1章で述べた通り)。

研究開発課題1 (原因1の解決): 人間が取りこぼしてしまう膨大な可能性を調べ上げ、その中から有効な候補を高速に見つける技術

研究開発課題2 (原因2の解決): 悪意・扇動意図を持った情報操作を回避する技術や、そのような情報操作に対する耐性を高める技術

これらの研究開発課題の例としては、次のようなものが考えられる。

研究開発課題1の例:

- 個人や集団の意思決定の場面において、人間の限られた思考範囲を超えて、さまざまな要因・影響の可能性を踏まえた有効な選択肢を提示する技術の研究開発
- 多数の関係者間の交渉(合意形成)の場面において、人間には思い描けないほどの膨大な条件の組み合わせの中から、適切な合意点の候補を見つけ出して提示する技術の研究開発

研究開発課題2の例:

- 意思決定の根拠として信憑性の低い情報(フェイクニュース等)を判別・排除する技術の研究開発
- 多数の関係者間の合意形成や投票の場面において、健全性・公正性を保証する理論やそれを阻害しようとする行為が無効になるようなメカニズムの設計技術の研究開発

また、2－3で述べたように、従来のAI技術（特に機械学習・最適化）に基づくアプローチと対比したとき、次のような側面の研究開発課題も重要である。

研究開発課題 3： 多数の関係者間の合意形成、集団の意思決定を扱うための、社会的価値観やさまざまな人間の価値観が混在している状況下での意思決定・合意形成を支援する技術

この研究開発課題3への取り組みにおいては、2－3で述べたように、AI技術からのアプローチだけでなく、脳科学、認知科学、計算社会科学、心理学、経済学、政治学、法学、倫理学等の考え方や知見を取り込んでいくが必要になる。その際に、特に次のような点が重要である。

- 人間の多様な価値観が混在・対立する中での相互作用（他者とのやり取りの中で生まれる価値観・考え方の変化や感情等）に関するモデル・理論の創出
- 人間の意思決定に関する原理追究・現象分析を深めることに加えて、それを実際の意思決定・合意形成問題に適用できるように、システム実装にまでつなげる

意思決定の困難化の主要な原因と、研究開発課題との関係等について、前出の図1にまとめている。原因1・2と研究開発課題1・2は直接的な対応関係にあるのに対して、研究開発課題3は、原因との直接的な関係というよりも、研究開発課題1・2の解決に共通する基礎的な研究課題として位置付けられるものである。

3-2. 研究開発成果の社会実装形態

ここでは、前節に示した研究開発課題への取り組み成果が、例えば、どのような形態で社会実装され、原因1・2の解決につながるかについて述べる。ただし、研究開発課題3は、前節でも述べたように、研究開発課題1・2と組み合わせる形で原因1・2の解決に貢献するものなので、以下では、研究開発課題1への取り組みによる原因1の解決と、研究開発課題2への取り組みによる原因2の解決という2ケースについて、社会実装形態を例示する。なお、これらは一例であり、これらと異なる社会実装形態もあり得る。

（1）研究開発課題1の成果の社会実装形態 ＜原因1の解決＞

研究開発課題1「人間が取りこぼしてしまう膨大な可能性を調べ上げ、その中から有効な候補を高速に見つける技術」の成果の社会実装形態としては、例えば、個人・集団に寄り添うエージェントシステムが考えられる。昨今、Apple Siri、Amazon Echo（Alexa）、Google Homeといった対話エージェントシステムが市場で話題になっている。これらは個人や集団の傍に置かれて、音声対話を通して、サービスを提供してくれる。今後このような実装形態が市場に広がっていくと予想されるが、その形態の延長として、意思決定や合意形成を支援してくれるエージェントシステムがイメージできる（図9）。

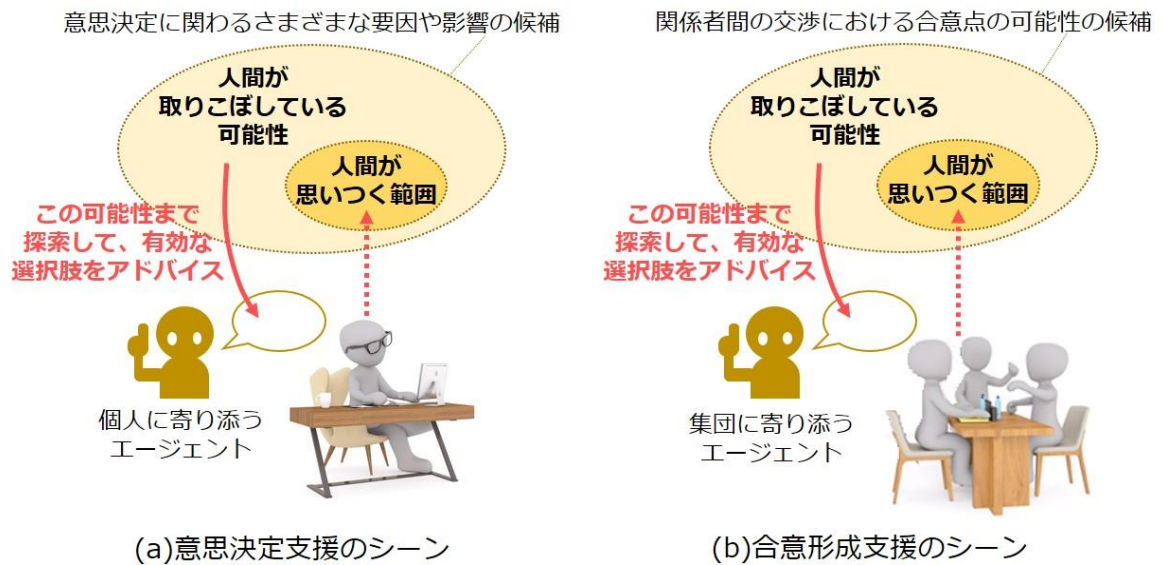


図9 個人・集団に寄り添うエージェントシステム

個人（や集団）の意思決定の際に、意思決定に関わるさまざまな要因や影響の可能性が膨大になり、人間に思いつくことができるのは、その膨大な可能性の一部になる。このとき、図9（a）に示したエージェントは、人間が取りこぼしている可能性まで調べ上げ、その中から有効な候補を高速に見つけ出し、それらを選択肢として人間に示してくれる。

多数の関係者間の合意形成の際も同様で、関係者間の交渉において、各自の主張・想定する条件の組み合わせは膨大になる。このとき、図9（b）に示したエージェントは、人間が取りこぼしている可能性まで調べ上げ、その中から合意点になるかもしれない有効な候補を高速に見つけ出し、それらを選択肢として人間に示してくれる。

なお、これらのケースにおいて、人間が取りこぼしている可能性まで探索するためには、因果関係推論のための技術・知識が必要である。また、その結果、得られた可能性をすべて提示したのでは、量が膨大になってしまうため、人間の価値観や状況に応じた絞り込みの技術も必要である。その際に、絞り込むための制約条件を得るためには、人間の嗜好や状況を取得・解釈する技術も必要である。さらに、選択肢を人間に提示する際に、提示の仕方によって人間が受け入れるか否かも異なってくるため、適切な提示のための技術も必要である。

（2）研究開発課題2の成果の社会実装形態 ＜原因2の解決＞

研究開発課題2「悪意・扇動意図を持った情報操作を回避する技術や、そのような情報操作に対する耐性を高める技術」の成果の社会実装形態としては、例えば、意見集約のためのプラットフォームが考えられる。ここでの意見集約のためのプラットフォームとは、意見発信・収集、議論・交渉、選択・投票等のサービス機能を幅広いユーザーに提供するためのソフトウェア基盤を意味する。そして、このソフトウェア基盤の持つ機能の中に、悪意・扇動意図を持った情報操作を回避する技術や、そのような情報操作に対する耐性を高める技術を組み込み、健全な意見集約を可能にする（図10）。

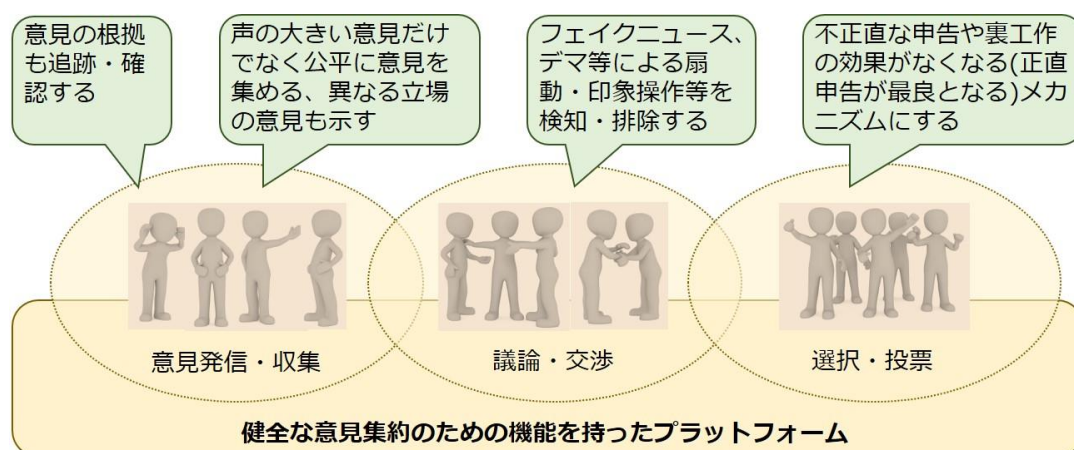


図 10 意見集約のためのプラットフォーム

健全な意見集約のための機能の例は、図10に示したが、例えば、意見発信・収集においては、意見の根拠も追跡・確認する機能、声の大きい意見だけでなく公平に意見を集める機能、異なる立場の意見も示す機能、議論・交渉においては、フェイクニュースやデマ等による扇動・印象操作を検知・排除する機能、選択・投票においては、不正直な申告や裏工作の効果がなくなる（正直申告が最良となる）メカニズム等が考えられる。

3-3. 技術シーズと挑戦方向

研究開発課題1・2・3の解決に向けて、関連する現状の技術シーズを例示するとともに、今後のさらなる挑戦方向について述べる。

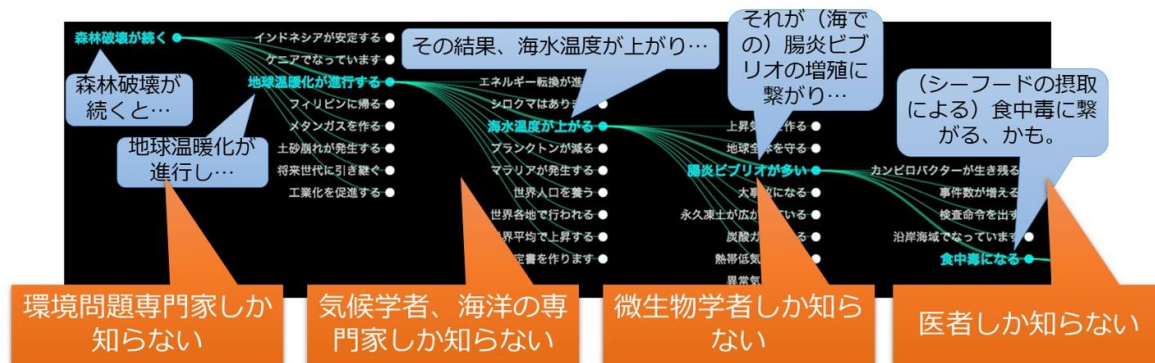
3-3-1 研究開発課題1への取り組み

研究開発課題1：人間が取りこぼしてしまう膨大な可能性を調べ上げ、その中から有効な候補を高速に見つける技術

国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）で開発された WISDOM X は、40 億ページ以上のウェブ情報を収集・分析した結果を知識として用いることで、自然言語による質問に回答するシステムである（詳細は報告書[38]の2.1）。WISDOM X が扱える質問文は「なに？（いつ／どこ／だれ）」「なぜ？」「どうなる？」「それなに？」という4タイプであるが、このうち特に、原因・理由を尋ねる「なぜ？」タイプや、結果・影響を尋ねる「どうなる？」タイプは、因果関係推論技術によって実現されるものである。

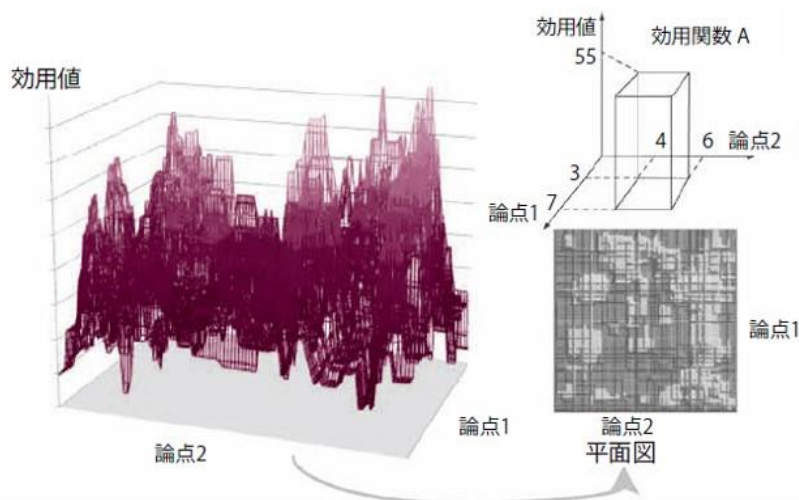
この技術は、意思決定に関わる要因・影響の膨大な可能性を調べ上げるための基礎技術になる。図11に WISDOM X における「どうなる？」タイプの質問結果の例を示した。この例では「森林破壊が続くとどうなる？」という質問に対して、どのようなことが起こり得るか、因果関係をつないで、さまざまな可能性を派生させて示している。この例において、異なる分野の専門知識をつないで推論が進められているが、同じことを一人の人間が

行うことは極めて難しい。すなわち、人間が見落としてしまう可能性をコンピューターならば見つけることができる。



[出典] <http://wisdom-nict.jp/> および 文献[38]の 2.1

また、合意形成に向けた交渉を、人間に代わってコンピューターが高速に実行する自動交渉エージェント技術の開発も進められている。これは、各エージェント（ある種の AI プログラム）が相手に提示すべき合意条件案の生成と、提示された合意条件案に対する受諾／拒否の判断を自動で行う技術である。この分野では、国際自動交渉エージェント競技会 ANAC（International Automated Negotiating Agents Competition）が開催されている。2010 年に第 1 回が開催されて以来、毎年開催されており、日本からも伊藤孝行らがその立ち上げ・推進に貢献してきた^{[26][27]}。



自動交渉エージェント技術においては、各エージェントが人間の価値観を定量化したものに相当する効用関数（事前に定義される）を持ち、これに基づいて合意形成案の生成や判断を行う。交渉における複数の論点が独立ならば、効用関数は比較的単純な形になるが、現実の問題では論点間に相互依存関係があり、効用関数は非線形で複雑なものになる（図 12）。このような複雑な効用関数に基づく交渉では、条件の組み合わせが膨大になり、その

膨大な組み合わせの中から合意点の候補を探索しなければならない。自動交渉エージェントはこの探索と交渉を人間とは桁違いの速度で実行する。

AI 技術の急速な普及につれて、自動運転・交通システム、エネルギーシステム、製造業バリューチェーン等、社会のさまざまなシーンにおいて、自動交渉エージェント技術が使われていくに違いない。このような動向を見据えて、産業競争力懇談会（COCN）では、自動交渉プロトコルの策定・標準化、ユースケース分析、実験特区検討等を含む政策提言活動に、産業界横断で取り組んでいる^[28]。この活動は 2016 年度にスタートし、2017 年度は 20 組織がそのメンバーとなっている。

また、2017 年 6 月には Facebook から、深層学習を用いた自動交渉技術の発表^[29]があり、話題になった。人間と互角以上の交渉力を持ち、嘘をつくことで交渉を有利に運ぶ作戦さえも学習したということである。

以上、研究開発課題 1 の技術シーズ例として、因果関係推論技術と自動交渉エージェント技術を中心に紹介した。これらは有力な技術シーズであるが、研究開発課題 1 のためには、さらなる技術チャレンジが必要である。

例えば、膨大な可能性を探索することに加えて、人間の価値観に合わせて選択肢を絞り込む技術も重要である（人間の多様な価値観を理解する技術も含む）。

因果関係は無条件には成立せず、成立の前提条件があるケースが多い。逆に、本来成立するはずの因果関係に関する知識が欠落していて推論できないケースもある。そこで、因果関係推論の精度と頑健性を両立させるため、因果関係の連結性評価の技術が重要になる。

影響予測のために因果関係知識に加えてシミュレーションも活用される。より複雑な現象や人間行動に対応できるようなシミュレーションの改良・活用も重要である。

現状の自動交渉エージェントでは効用関数（価値観）は事前に与えて固定である。しかし、人間の場合、相手とのやりとの中で人間の価値観自体が変化して、合意に至ることも多々ある。相手との相互作用による価値観の変化を扱える自動交渉技術が求められる。

3-3-2 研究開発課題 2 への取り組み

研究開発課題 2： 悪意・扇動意図を持った情報操作を回避する技術や、そのような情報操作に対する耐性を高める技術

ビッグデータ分析の広がりにつれて、それを活用して社会の現象や人間行動を理解しようとする計算社会科学の分野が活性化している。その中で、ソーシャルメディアと意思決定の関係分析も盛んに取り組まれている。例えば、笹原和俊らは、SNS におけるエコーチェンバー現象をモデル化し、コミュニティの分断が引き起こされることをシミュレーションによって再現した（図 13）^[22]。また、遠藤薫らは、SNS の種類によって、形成される社会関係のタイプが異なる様子を詳細に分析した^[18]。このようなソーシャルメディアにおける現象・人間行動の理解は、研究開発課題 2 の対策を考えるための基礎となる。コミュニティの分断を引き起こさないためには、どのような情報提示が有効か等の検討につながる。

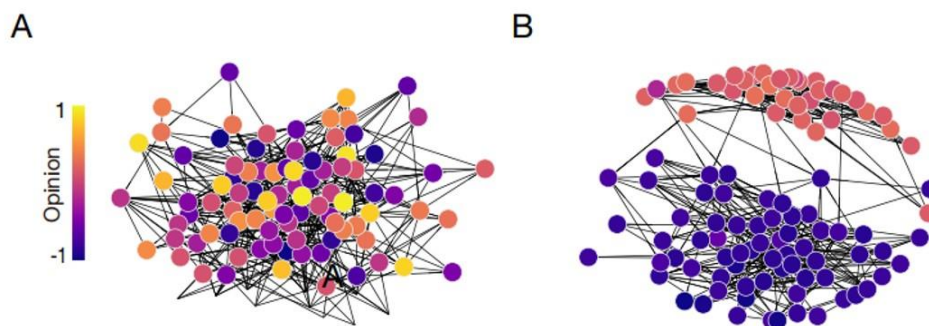


図 13 シミュレーションによるエコーチェンバーの生成（出典：文献[22]）



図 14 言論マップ

[出典] <http://www.el.ecei.tohoku.ac.jp/stmap/>

また、乾健太郎・岡崎直観らは、ウェブ上の大量テキストの自然言語処理によって、ある言明に対する賛成意見・反対意見やその根拠等、テキスト間の意味的関係を分析・整理する言論マップを開発した（図 14）。このような分析結果を示すことは、意見の信憑性判断を助けることになり、コミュニティの分断・二極化を回避するのにも役立つ。さらに、乾・岡崎らは、デマ等の誤情報や風評がネット上でどのように伝播するか、世論形成にどのように影響するか等の分析も行っている^[31]。

また、好ましくない情報操作への耐性を高めるためには、メカニズムデザインの技術・理論も有効である。メカニズムデザインは、参加者の真の選好を引き出し、集団として社会的に望ましい意思決定を行うためのルールを設計する技術・理論である（横尾真らの取り組みがよく知られており、詳細は報告書[38]の 2.5）。オークション、リソースマッチン

グ、投票のルール設計等で実績がある。ルールをうまく設計しておくことで、集団の意思決定や合意形成の際に、声の大きな意見に引きずられたり、デマやフェイクニュースによる扇動に大きく影響を受けたりといったことを、起こりにくくすることが可能になる。

以上、研究開発課題 2 の技術シーズ例として、ソーシャルメディアの分析技術、自然言語処理技術、メカニズムデザイン技術を中心に紹介した。これらは有力な技術シーズであるが、研究開発課題 2 のためには、さらなる技術チャレンジが必要である。

前出の図 10 に、研究開発課題 2 の成果の社会実装形態として、健全な意見集約のためのプラットフォームのイメージと機能例を示した。ここに示した機能例の実現を想定するならば、ウェブやソーシャルメディア上で発信される多様なテキスト表現とさまざまなコンテキストに対する自然言語処理やソーシャルメディアの分析技術等のさらなる精度向上と頑健化が必要である。また、フェイクニュースやデマの判別・検知に関わる意見の根拠の追跡や信憑性の評価は、試みが始まっているが、とても難度の高い技術チャレンジである。また、悪意・扇動意図をもった情報操作を排除したり、無効にしたりすることを、メカニズムデザイン技術によって実現するためには、さまざまなケース／シーンが想定される中から、ルール設計が馴染むケース／シーンをうまく切り出してアプローチしていくことが必要と考えられる。

3-3-3 研究開発課題 3 への取り組み

研究開発課題 3：多数の関係者間の合意形成、集団の意思決定を扱うための、社会的価値観やさまざまな人間の価値観が混在している状況下での意思決定・合意形成を支援する技術

既に述べたように、2-3における図 8 の (A) の領域への取り組みは、2-1-4 および図 6 で述べた自動意思決定のタイプの問題として、深層学習・深層強化学習や異種混合学習をはじめとする機械学習技術^[34]を用いた解法の発展が著しく、産業界での適用も活発になっている。

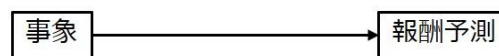
研究開発課題 3 は図 8 の (B) の領域に取り組むことを狙っており、2-3 でも述べたように、意思決定・合意形成に際して、論理性・合理性だけでなく、人間の多様な価値観が混在・対立する中での相互作用に関するモデル・理論が必要になる。そのため、機械学習技術だけでなく、3-1 で述べた通り、脳科学、認知科学、計算社会科学、心理学、経済学、政治学、法学、倫理学等の考え方や知見を取り込んでいくが必要になる。

例えば、脳科学分野において、脳の意思決定メカニズムの研究が進んできており、モデルフリーシステムによる潜在的な意思決定と、モデルベースシステムによる顕在的な意思決定が協調および競合しつつ、人間の意思決定が動作していることがわかってきた (図 15) ^[17]。モデルフリーシステムは、事象と報酬との関係を直接経験に基づき確率的に結び付ける。モデルベースシステムは、事象と報酬との関係を内部モデルとして構築し、直接経験していないケースについても予測を可能にする。このようなメカニズムで成り立っていることは、意思決定が論理性・合理性だけによるものではないことの裏付けになると

もに、情報科学技術による意思決定支援を設計する上で参考になる。AI 分野で近年、実用的な成果につながっている強化学習のアイデアも、このような脳のメカニズムと結びつくものである。

(A) モデルフリーシステム（潜在的・大脳基底核）

事象と報酬の関係を確率的（自動的）にコード



(B) モデルベースシステム（顕在的・前頭前野）

事象と報酬の関係を内的処理を介してコード

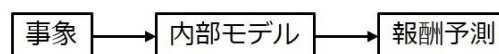


図 15 脳のモデルフリーシステムとモデルベースシステム（出典：文献[17]）

また、行動経済学の分野で 2002 年にノーベル経済学賞を受賞したダニエル・カーネマンが示した、直観的な「速い思考」のシステム 1 と論理的な「遅い思考」のシステム 2 というモデル^[15]も、上記のような脳のメカニズムに沿っている。

行動経済学の分野では、2017 年にリチャード・セイラーもノーベル経済学賞を受賞したが、彼の提唱する「ナッジ」（nudge）という考え方^[12]も、研究開発課題 3 の参考になる。ナッジは、注意や合図のために人の横腹を特にひじでやさしく押したり、軽く突いたりすることである。情報科学技術による意思決定支援の際に、人間の思考を誘導することについて、倫理面も含めて考えていく必要があるが、このナッジという考え方は、意思決定における人間の主体性を確保するために有用である。

人間の間の交渉では、相手の立場・価値観を理解することで、自分の価値観が変化し、合意形成に至ることもある。このような側面に関して、ゲーミフィケーションのアプローチがある。ゲーミフィケーションは、社会的・組織的な行為や活動をゲームと捉えて、世界を解釈し、新しいシステムのデザインにつなげる方法である^[33]。ある設定の下でゲームをプレイしてみた結果、相手の立場・価値観の理解につながる可能性がある。また、VR（仮想現実：Virtual Reality）の技術を使って、相手の立場を迫体験することも、同様の効果が見込める。

以上に例示したように、脳科学、認知科学、計算社会科学、心理学、経済学、政治学、法学、倫理学等の分野での知見を取り込むことは、研究開発課題 3 に有用である。ただし、技術チャレンジとして、人間の意思決定に関する原理追究・現象分析を深めることで知見を得ることにとどまってしまうと、それを実際の意思決定・合意形成問題に適用できるように、システム実装にまでつなげることが必要である。

4. 研究開発の推進方法および時間軸

本プロポーザルで提案する取り組みは、情報科学技術分野の基礎研究としての特性を考慮して推進することが肝要である。そのため、特に留意すべき点を3つあげる。

第一点として、シーズプッシュ型ではなく、問題解決型の基礎研究としての推進体制やファンディングスキームをとることが望ましい。

旧来のシーズプッシュ型の基礎研究は、コアとなる要素技術の性能や実用性を高めていくリニアな研究開発モデルに基づいている。ファンディングもそのリニアな発展を加速・強化する目的が主である。

しかし、情報科学技術分野では問題解決型の研究開発が主流になってきている。本プロポーザルも3-1で述べたように問題解決型である。問題解決型における基礎研究の進め方の一つは、ある要素技術をリニアに発展させるのではなく、問題に対して、異なる要素技術を用いた複数通りの解法に関する研究開発を並行して実行し、その中から筋の良いアプローチを見極め、さらに、それらを組み合わせた統合的な解法へと発展させることで対策を創出するというものである。本プロポーザルについても、この進め方が適する。その際、問題に対するアドホックな対応ではなく、基礎研究として、原理を押さえるチャレンジングな取り組みに力を入れたい。

このようなタイプの研究開発には、ファンディングスキームとして、ステージゲート方式が適する。統合的な解法が見えた段階で、情報科学技術分野としては、ビジネスモデルも意識した研究開発フェーズへ移行させるのがよい。

第二点として、実社会の具体的な問題への適用によって社会からのフィードバックを受けるプロセスを、短いサイクルで回していくのが効果的である。

第一点で述べたように、本取り組みでは複数通りのアプローチを試み、その解法の効果や筋の良し悪しを見極める。加えて、2-1-3で述べたような「影の側面」の懸念も生じている。そのような懸念を早期に見つけて対策を考えたり、解法の効果や筋の良し悪しを見極めたり、社会受容性を高めたりといった実験的な取り組みには、上述のように、社会からフィードバックを受けるプロセスを短いサイクルで回していくのが有効である。

その際、社会実装の実験内容・プロセスは、原則公開で進めるようにするのがよい。どのような取り組みが進められているか、どのような条件でどのような結果が得られているのかを公開して、さまざまな視点から議論し、問題点の指摘やその解決のためのアイデアを得ることが、リスクの早期回避や知見の共有につながると考える。ただし、慎重論が強くなりすぎると、実験的な取り組みの意味がなくなってしまうため、特区等の施策活用の工夫を検討していくのがよい。

第三点として、初期段階から分野横断で研究者を共通の問題意識・ビジョンのもとに束ねる研究開発マネジメントによって、研究者層の厚みと技術の国際競争力を高める。

本取り組みは、3-1で述べた通り、AI、計算社会科学、脳科学、認知科学、心理学、経済学、政治学、社会学、法学、倫理学等が重なる学際的な取り組みであり、それを活か

して、2－3で述べたような、昨今の AI 分野強化を踏まえた研究体制の骨太化も狙っている。

これまでの有識者インタビューを通して、本プロポーザルと共通の問題意識を持っている研究者が非常に多く、かつ、さまざまな技術分野にわたっていることがわかったが、各研究者それぞれの取り組みは全体の問題意識に対してまだ断片的なものにとどまっている感が強い。分野横断の連携・統合による骨太化を進め、技術の国際競争力を高めることを狙う。

情報科学技術分野と人文・社会科学分野の連携の仕方は、具体的な問題に対する問題の定式化の段階から共同で取り組むことが望ましい。情報科学技術の側で扱いやすい形の問題にしてしまうと、人文・社会科学の側から結果に対して駄目出しするとかではなく、具体的な問題に対する定式化において意識合わせをすべきと考える。つまり、実社会への適用において発生するさまざまな制約事項を、アルゴリズム・原理のレベルで扱うのか、運用上の制約（法規制等）の形で扱うのかによって、技術的なアプローチは変わってくる。シーズプッシュ型ではなく問題解決型の基礎研究だということを、第一点において述べたが、問題解決型では特にこのような連携の仕方が望ましい。

本プロポーザルの推進においては、上記の3点に留意しながら、分野横断で研究者リソースを共通の問題意識・ビジョンのもとに束ねて、効果と懸念の早期見極めのための実験的な取り組みの後押しをすることや、アドホックな対応ではなく原理を押さえた基礎研究と対策創出を推進することが重要である。

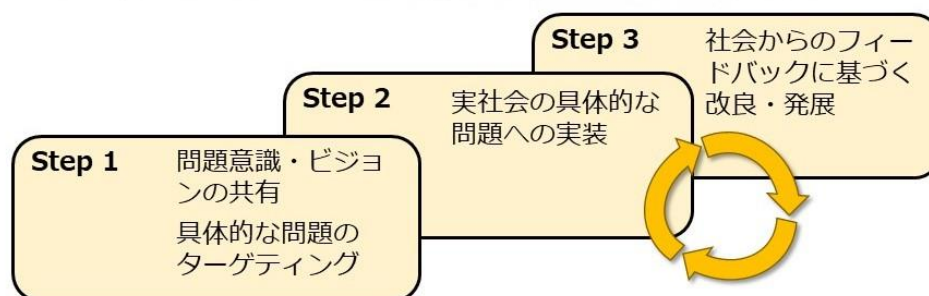


図 16 研究開発の取り組みステップ

時間軸の面では、2－1－3で述べたように、様子見をしていると手遅れとなる喫緊の問題である。速やかに実行に移し、推進ステップとしては、まず研究開発の初期段階（2年目から3年目頃）で、部分的でも小規模な社会実装を開始し、段階的に技術を改良・拡張していくようなイメージになる。5年目頃には、一部の機能でも、大規模な社会実装に進められるものとする。

手始めの Step 1 では、学会等でのムーブメントの活性化も進める。既に 2018 年 6 月に開催される人工知能学会全国大会（第 32 回）では、本プロポーザルの問題意識に沿ったオーガナイズドセッション提案が採択され、具体的な研究開発成果やアプローチに関する議論が進むと期待できる。

付録1. 検討の経緯

国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター（CRDS）では、2016年度の戦略スコープ策定委員会において、戦略プロポーザルを作成すべきテーマの候補として、本テーマを選定し、検討チームを発足させた。本検討チームは2016年5月から活動を開始し、約2年間にわたって検討を進めてきた。その間、有識者インタビューやワークショップも開催し、本テーマの研究開発状況の把握や研究課題・方向性の議論を深めてきた。

以下に、有識者インタビューとワークショップの概要を示す。

（1）有識者インタビュー

本プロポーザルの作成にあたり、研究内容や推進体制、研究シーズ等について意見をうかがうため、関連する研究領域に高い専門性を有する有識者への個別インタビューやワークショップを実施した。2016年10月～2017年11月に実施し、以下の方々からお話を聞いた（50音順、敬称略、所属・役職はインタビュー実施当時）。

青山秀明	京都大学大学院 理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻 教授
石田亨	京都大学大学院 情報学研究科 社会情報学専攻 教授
和泉潔	東京大学大学院 工学系研究科 システム創成学専攻 教授
伊藤孝行	名古屋工業大学大学院 工学研究科 教授
岩野和生	三菱ケミカルホールディングス 執行役員 Chief Digital Officer
植田一博	東京大学大学院 情報学環・学際情報学府 教授
遠藤薫	学習院大学 法学部 教授
江間有沙	東京大学 教養教育高度化機構 特任講師
大沼進	北海道大学大学院 文学研究科 人間システム科学専攻 准教授
岡崎直観	東京工業大学 情報理工学院 情報工学系 教授
神里達博	千葉大学 国際教養学部 教授
神鳥敏弘	産業技術総合研究所 人間情報研究部門 情報数理研究グループ
川越敏司	公立はこだて未来大学 システム情報科学部 複雑系知能学科 教授
河原大輔	京都大学大学院 情報学研究科 知能情報学専攻 准教授
木嶋恭一	大東文化大学 経営学部 経営学科 特任教授
黒橋禎夫	京都大学大学院 情報学研究科 知能情報学専攻 教授
桑子敏雄	コンセンサス・コーディネーターズ 代表理事
坂上雅道	玉川大学 脳科学研究所 教授
笹原和俊	名古屋大学大学院 情報学研究科 複雑系科学専攻 助教
佐藤健	国立情報学研究所 情報学プリンシプル研究系 教授
鈴木久敏	情報・システム研究機構 機構本部 監事
高田知紀	神戸市立高等工業専門学校 都市工学科 准教授
高橋正道	富士ゼロックス 秘書室 担当マネージャ（社長秘書）
田中秀幸	東京大学大学院 情報学環・学際情報学府 教授

寺野隆雄	東京工業大学大学院 総合理工学研究科 知能システム科学専攻 教授
鳥澤健太郎	情報通信研究機構 データ駆動知能システム研究センター長
中川裕志	東京大学 情報基盤センター 教授
中島秀之	東京大学大学院 情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻 特任教授
中田登志之	東京大学大学院 情報理工学系研究科 ソーシャル ICT 研究センター 教授
鳴海拓志	東京大学大学院 情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻 講師
西田豊明	京都大学大学院 情報学研究科 知能情報学専攻 教授
浜屋敏	富士通総研 経済研究所 研究主幹
平川秀幸	大阪大学 コミュニケーションデザインセンター 教授
藤代裕之	法政大学 社会学部 准教授
藤原義久	兵庫県立大学大学院 シミュレーション学研究科 教授
松原仁	公立はこだて未来大学 システム情報科学部 複雑系知能学科 教授
本村陽一	産業技術総合研究所 人工知能研究センター 首席研究員
森千春	読売新聞 論説委員
森尾博昭	関西大学 総合情報学部 総合情報学科 教授
森永聡	NEC データサイエンス研究所 主席研究員
山川義徳	内閣府 革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) プログラスマネージャー
山口真吾	慶應義塾大学 環境情報学部 准教授
山口高平	慶應義塾大学 理工学部 管理工学科 教授
横尾真	九州大学大学院 システム情報科学研究院 主幹教授
鷲尾隆	大阪大学 産業科学研究所 教授

また、個別インタビューではないが、東京大学本郷キャンパスにて開催された第16回情報科学技術フォーラム (<http://www.ipsj.or.jp/event/fit/fit2017/>) における下記の企画セッションでの講演・議論も参考にさせていただいた。

2017年9月12日(火) 9:30~12:00

「デジタルゲリマンダーの脅威 ～ネットとAIから民主主義は守れるか～」

https://www.ipsj.or.jp/event/fit/fit2017/FIT2017_program_web/data/html/event/eventA7.html

《講演&パネリスト》(講演順)

須川賢洋	新潟大学 法学部 助教
湯浅塁道	情報セキュリティ大学院大学 学長補佐、情報セキュリティ研究科 教授
板倉陽一郎	ひかり総合法律事務所 弁護士(パートナー)
藤代裕之	法政大学 社会学部 准教授
櫻井祐子	産業技術総合研究所 主任研究員

(2) 科学技術未来戦略ワークショップ

本プロポーザルの作成にあたり、下記の通り、科学技術未来戦略ワークショップを開催した。その詳細についてはワークショップ報告書 CRDS-FY2017-WR-05 を発行済みである。

<http://www.jst.go.jp/crds/report/report05/CRDS-FY2017-WR-05.html>

「複雑社会における意思決定・合意形成を支える情報科学技術」

【開催日時】 2017 年 6 月 19 日（月） 13:00～18:00

【開催場所】 JST 東京本部別館 2 階 A1 会議室

【プログラム】（敬称略）

総合司会：茂木強（JST-CRDS）

13:00～13:05 開会挨拶：木村康則（JST-CRDS）

13:05～13:15 資料確認、メンバー紹介

13:15～13:45 趣旨説明：福島俊一（JST-CRDS）

《目指すべき方向性と具体的取り組み事例の発表》

13:45～14:15 鳥澤健太郎（情報通信研究機構）：

意思決定のツールとしての自然言語処理

14:15～14:45 遠藤薫（学習院大学）：

複雑社会における意思決定・合意形成を支える情報科学技術
—— 社会情報学／計算社会科学の視点から

14:45～15:15 寺野隆雄（東京工業大学）：

意思決定と合意形成を支援する
エージェントモデルとゲーミングシミュレーション

15:30～16:00 伊藤孝行（名古屋工業大学）：

エージェント技術による
人間のコレクティブインテリジェンスの促進

16:00～16:30 横尾真（九州大学）：

マーケットデザイン

《コメンテーターからのコメント》

16:30～16:40 福島俊一（JST-CRDS）：主要論点に関する整理

16:40～16:50 平川秀幸（大阪大学）

16:50～17:00 藤山知彦（JST-CRDS）

17:00～17:10 浜屋敏（富士通総研）

17:10～17:20 和泉潔（東京大学）

17:20～17:30 岩野和生（三菱ケミカルホールディングス）

17:30～17:55 全体討議（ファシリテーター：福島俊一）

17:55～18:00 閉会挨拶：木村康則（JST-CRDS）

(3) インタビューやワークショップで得た主なコメント・示唆

《意思決定・合意形成問題のとらえ方》

- 社会科学や政治学で、意思決定や合意形成の良さには2通りある。出た結論の良さ（妥当性、実体的な正当性）とプロセスの良さ（手続き的な正当性、透明性、提供される情報の偏りのなさ、発言の機会の平等性）。
- 合意形成は4通りに分類できる。公的な合意形成、共創的な合意形成、対立的な合意形成、継続的な合意形成という4通り。
- 合意形成は単なる意見集約でも妥協の産物でもない。一見対立的な問題でも、一段高次の、公共的に望ましいと皆が認める価値への止揚を導く。
- 合意形成には3つのレベルがある。対立・紛争の回避、納得と創造的提案、主体的実践の契機創出という3つ。
- 良い社会とは、普通の人自身が自身の価値判断で普通に行動することにより、資源の効率的な利用、環境への配慮等の社会的要求も同時に満足される社会。そのためには、良い制度設計が必要（正直申告が最良等）。
- 良い結論に達するかは社会的成熟度が関係してくる。社会的成熟度を上げることも必要。
- ITによって膨大な量を効率的に扱うだけでなく、意思決定・合意形成の結果が本質的にどう変わるのか。人間の価値観・アイデンティティーが変わり、ある意味で人間の進化にもつながる面があるのではないか。
- 意思決定・合意形成問題は古い問題で常に難しい。何が新しい問題なのかを明確化すべき。
- 個別のAIが多数稼動（乱立）する時代に、各AIがそれぞれの目的達成に個別に動いていると衝突も発生し、必ずしも全体最適にならない。AI間の交渉・協調・連携のための仕組みが必要になる。相手の動きを予測するよりも、一定の手順で教え合うことで、より簡単に最適な結果を見つけられる。
- 合意形成ではコンピューターに任せられない、人間でないといけない部分が残る。そういう面で、政治学、社会学、経済学、心理学等との協働が重要。論理を超えた話として、和解、手打ち、許し、忘却等もある。
- ビジネス・経営において、共創・オープンイノベーションが重要になってきており、ステークホルダー間の合意形成は複雑で難しい問題になっている。ただし、イノベーションは合意よりも信念から生まれるという考えもある。
- 今後、企業間での交渉の際に強いエージェントを持つことは産業競争力にも直結する。AI間自動交渉を用いた製造業のグローバル・チェーンへの自動接続については、ドイツ・韓国を中心に日本抜きで欧米垂での標準化を進める動きもある。
- 科学と政治という重要課題に、意思決定・合意形成のための情報科学技術は深く関わってくる。リスクアセスメント、リスクマネジメントにも関わる。
- 経済的価値は価格の市場メカニズムによって合理的に最適化されるが、経済的価値だけでなく多様な価値観に基づく意思決定・合意形成が必要になっている。これを可能にするのはICT技術ではないか。

《意思決定・合意形成支援のための知見》

- 意思決定・合意形成そのものよりも、決定・合意をすべき内容を設定するための「問い」を作ること、あるいはそれを実現する「場」が重要。
- 合意の意味や合意形成の考え方が日本と欧米では大きく異なる。日本は皆が同じバックグラウンドを持っていることを期待・想定。欧米は個人毎にバックグラウンドが違うことが前提で、その違いを理解し合う (agreement of disagreement)。
- 欧米とは異なる日本型のスタイルを強みにできる。交渉は、欧米にとっては勝ち負けだが、日本人は合意形成によって価値観の共有を求める。自動交渉エージェントも現状は欧米的な勝ち負けである。
- 合意形成のファシリテーションでは、なぜその意見を持つに至ったかという、背後にあるインタレストを明らかにすることが重要。そのインタレストは、その人の局所的風土性の中で形成されたものと理解することが、共有可能な要素の発見につながる。
- 対話の継続そのものが手続き的公正を高め、社会的受容性を高める。
- 行動経済学で言われるナッジ (nudge)、軽く押してやることによって、うまく全体を回していくことができる。
- 機械にやってもらっている感を持たせず「行為主体感」を感じられるようにすると、学習効果・参加感・責任感を生むことができる。
- 推論技術の課題は、知識のスパース問題、同義の多様な表現の集約、all・almost・some 等の論理、条件付きの因果関係、確率的な因果関係の扱い等。
- 多属性意思決定に関する方法論の一つとして AHP (Analytic Hierarchy Process、階層分析法) がある。人による属性の構造や重みの違いを、履歴等からうまく獲得して表現できるようになると、より早くより質の高い合意形成が可能かもしれない。
- 一時的に意見を共存並立させる accommodation もある。西欧的な方法は弁証法論的な正反合で、対立をうまく止揚し、より上位での合意を目指す方法。東洋的な方法は時間の流れの中で一時的に accommodate する方法、ある時期は A 案で、その後は B 案でいくことを保障する等。時間経過の中で人の考え方や状況が変わってくることもある。
- 個人が誰でも自分の意見表明できるようにすることが、よりよい集団合意につながる。ただし、意見の真の分布はわからない。ある意見が表明されると、それ以前と意見の分布が変化するという量子力学的な性質がある。
- Wisdom of Crowds、集団において多様なメンバー (考え方) から意思決定する方が良い結果が得られることが統計的にわかっている。その検証段階は終わり、より少数のメンバーでも良い結果を得る方法の研究に移ってきた。
- VR 等の ICT 活用による人間の能力拡張・体験拡張には倫理的な議論が伴う。使う側が気付いている、または、了解している状況であることが最低限必要。生身の人間ではなく、そのような拡張された人間が、人間として再定義されていく可能性もある。

《意思決定・合意形成問題への取り組み方》

- 情報学や人工知能の技術・研究者を仲介として、社会科学の理論を結び付け、実践的な理論のレベルに発展させることで、制度を自動設計したり、人の選好を学習して制度を最適化したり等、新しい社会科学理論の新展開が期待できる。
- フロネシスの領域への取り組みが重要。ただし、合意に向けて協力しやすい問題だけにアプローチするのではなく、合意に向けた協力が難しい問題にも目を向けて、最初から分けすぎないで取り組んだ方がよい。
- 最適解が決まる世界と、一つの解が定まらない世界という視点は重要。曖昧な部分、残余を残しつつ、やわらかい合意形成システムが重要になっていく。その中で、デジタル技術やシミュレーション技術によって何度でも試行錯誤できる。
- ITは人間の考え方を変える技術。思考に関わる教育はリスクがあり、難しく、手間も時間もかかる。社会からのフィードバックを軽く速く受け取れるような仕組みを、早い段階から作って回すべき。
- 社会の構造として、階層構造は効率性・経済性が高く、フラットな構造は格差が少なくなる。それらをミックスした構造はそれらのメリットやデメリットを中和する。
- 大規模議論では、消極性の問題に対する活性化と、炎上等の問題に対するマネジメントの両面が必要。ファシリテーターの導入が有効である。フラットな多数の人々の貢献+少しのマネジメントがうまくいく。
- こういう問題は社会課題解決の専門家から始めるべき。日本は要素技術研究に偏重している。コミュニティ作りから手を打つことが必要。日本は弱く、米国が先行している。
- IoT・センサーネットワークを用いた物理的な状況の把握も、合意形成や議論の支援として有用かもしれない。

《ソーシャルメディアと意思決定》

- 現代のコミュニケーション空間は、マスメディア、サイバー（SNS等）、直接対話といった異なるタイプのものが重層的に相互作用、複雑化しており、炎上等の病理的な現象が起きやすくなっている。
- メディアの進化により、これまで以上に公共性に対する意識や社会的つながりを活用する能力の高さが求められる。そのつながりの弱いところで、炎上等の問題が起きやすい。
- フィルターバブルは善悪両面があり、このトレードオフに必ずしも解はない。むしろ、説明性を確保すべき。リコメンドでは、意図的にフォーカスを散らしたり、混ぜたりすることで、狭くしすぎずに多様性を確保する方法がある（トピックダイバーシティ）。
- SNSでの同調圧力・フィルターバブルは外部情報を絞り、視野狭窄を招く。一方、思考誘導に対し、外部情報に対するシールドが必要という考えもある。メディアや教育も思考誘導の面はある。選択肢を制限せず、ある主張にカウンター情報も並べるのがよい。

- 人間は自分に都合のよい情報を求める傾向があり、これはどうしようもない。最近では既存メディアの信頼性が低下しつつあり、一方で根拠のないニュースを人や AI が生産できるようになるのが怖い。
- SNS による政治操作・プロパガンダは、大衆をある思想の方向に誘導したいというよりは、トラブルや社会分断を引き起こすことで国力を低下させようという意図だと思う。米国の大統領選挙をはじめ、この手の情報操作は社会問題化しており、日本も例外ではない（例えば憲法改正の国民投票等）。
- フェイクニュースだけでなくフェイク広告のたちが悪い。パーソナライズされた広告他の人には見えないため、取り締まりも難しい。
- 現状、法律でデジタルゲリマンダーは禁止できない。
- フェイクニュースや世論操作、意思決定ミスや合意失敗による企業経営や市場へのマイナスインパクトは大きく、それを回避することは市場・経済の健全な成長にもつながる。
- コンピューテーションとジャーナリズムの融合が、米国では進んでいる。
- 個人がネット上で複数ペルソナを持つことによるストレスという話は聞いたことがない。むしろ社会適応できない問題を抱える人たちに役立つ面がある。キャラクターを作るのは実社会でもあり、ネットなりの計画的な作りこみもある。
- ネットでの情報発信リーダーは、目立ち認知してもらうためにアイデンティティーを明確化する。その一方、自分は埋没しても、リーダーを追いかけることで安心感・社会的承認欲求を得る人たちもいる。
- ネット・SNS では、ある話題に集中し、対立が目立ってくると、その人について断片的にしか見えなくなってくる。日常生活であれば、総合的な人間性がアイデンティティーとしてとらえられているはずなのだが。

《人工知能と意思決定》

- AI によるレコメンドをただそのまま受け入れていると、人間の判断能力が低下していく懸念がある。能力向上の支援も考えねばならない。
- 自分で考えるよりも AI に判断を任せた方が適切な結果が得られると、それを「神」と思う人もあり得る（一種の宗教になる）。最近では短絡的・表層的な反応が増えており、いろいろな論点から自分で考えさせるような教育が必要。
- 政策決定の現場に AI が貢献するのは難しい。政策決定者には上澄みの情報（十分に議論された結果の選択肢）が集まるので、そこに AI が新たな価値を追加できるとは思えない。その上澄み情報が作られる前段階の情報収集・分析や、選択結果のシミュレーションが高い精度でできて比較できるならば、貢献できる余地があるかもしれない。
- 医療診断は、発生頻度の高い症例に対してはマニュアル化しておけばよいので、ロングテールの症例で AI 支援が有効。限られた時間の中で迅速で正確な判断が必要な災害対策時も AI 支援が効果的。
- 専門分野の壁を越えて、一気通貫で分析・推論することは、人間にはできないことで、AI 技術の活用が有効である。
- AI に説明責任が必要と言われるが、説明され理解したいのは技術屋の立場。一般の人々にとっては、説明責任よりもむしろトラストがキーなのではないか。

付録2. 国内外の状況

関連する技術俯瞰を行うにあたり、個人や集団の意思決定・合意形成プロセスのモデルを、図 17 のように描いた。

図 17 において、下半分のやや太い赤矢印の流れは、各個人における意思決定のプロセスを描いたものである。「状況把握・要因探索」→「解候補の生成・評価」→「行動の選択・実行」という 3 ステップは、コラム①で触れたサイモンによる「情報活動」→「設計活動」→「選択活動」という 3 ステップにも対応している。

図 17 の上半分に置いた「意思決定促進機能」の部分は、各個人の意思決定プロセスからすると、メタな位置付けになる。「問題設定・論点整理・解法アプローチ選択」は、そもそも意思決定の対象となる問題をどう定式化するかを扱う。どう問題を設定・定式化するかによって、問題の解きやすさや解法アプローチも異なってくる。「集団の状況把握と相互理解の促進」および「集団の合意形成と“価値観の止揚”の促進」は、集団での意思決定・合意形成に関わるステップである。

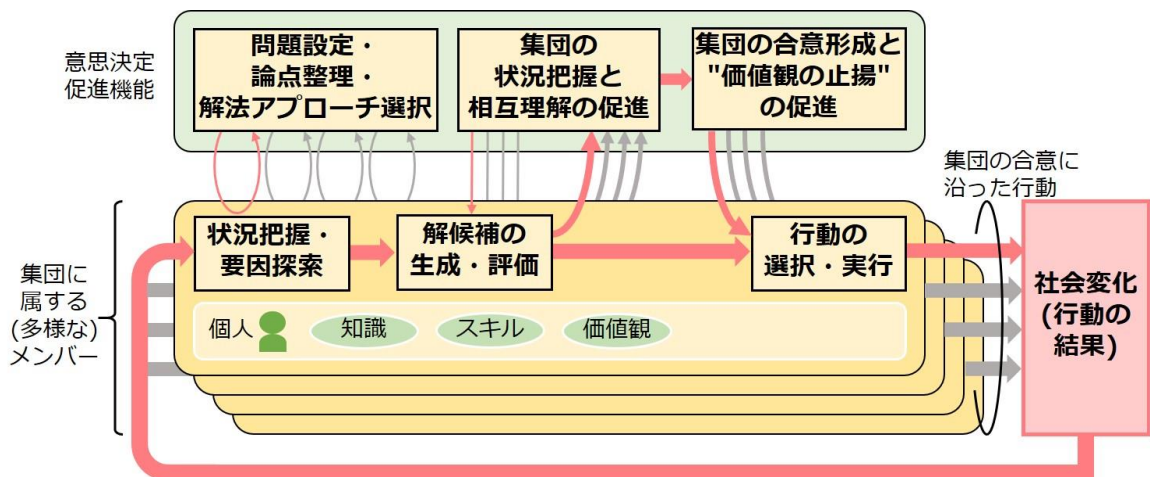


図 17 意思決定・合意形成プロセスのモデル

図 17 に示した意思決定・合意形成プロセスのモデルをベースとして、既存の技術分野を対応付けたのが図 18 の技術俯瞰図である。このように関連技術分野をとらえた上で、各分野の状況調査や、付録 1 に示したような有識者インタビューを実施した。その結果に基づき、各分野の状況を簡単にまとめたのが図 18 である。また、日本、米国、欧州という地域単位で注目動向をまとめると、以下の通りである。

- **日本：** CREST「エージェント技術に基づく大規模合意形成支援システムの創成」（名古屋工業大学 伊藤孝行）、科研 S「持続可能な発展のための資源配分メカニズム設計理論の構築」（九州大学 横尾真）等の先端的取り組みはあるが、まだ大きな流れにはなっていない。

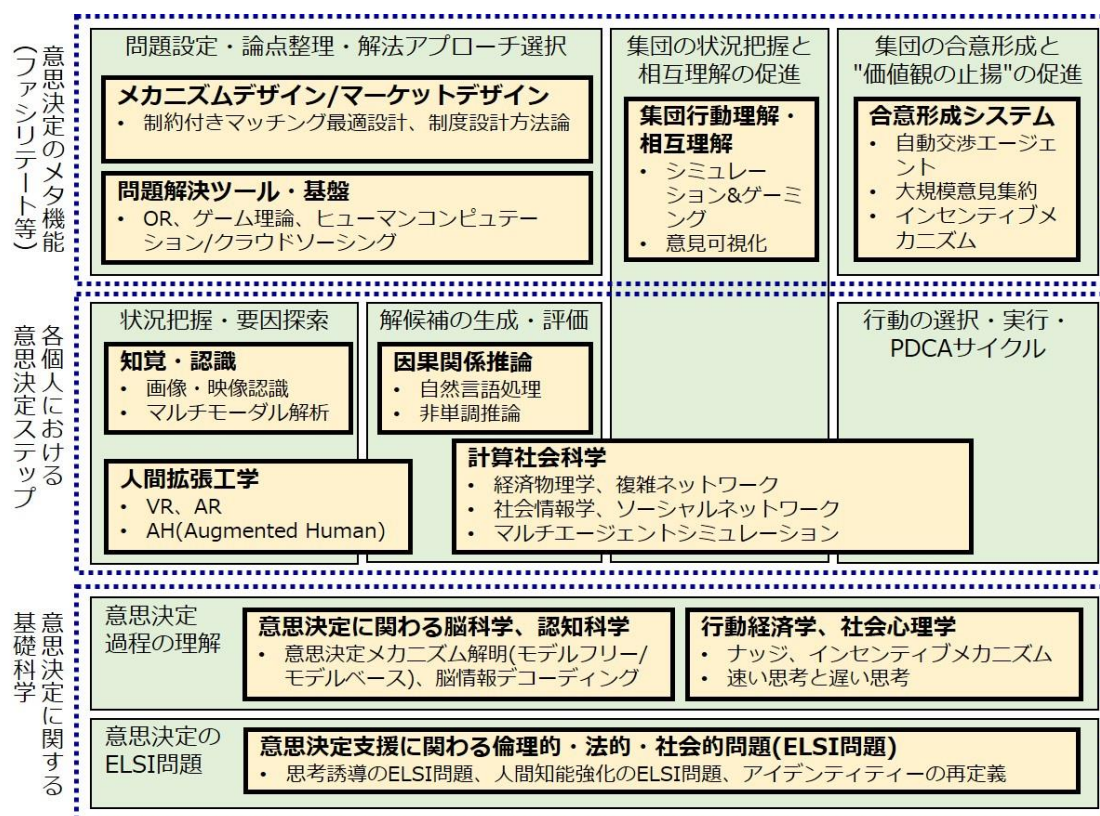


図 18 意思決定・合意形成に関わる技術俯瞰図

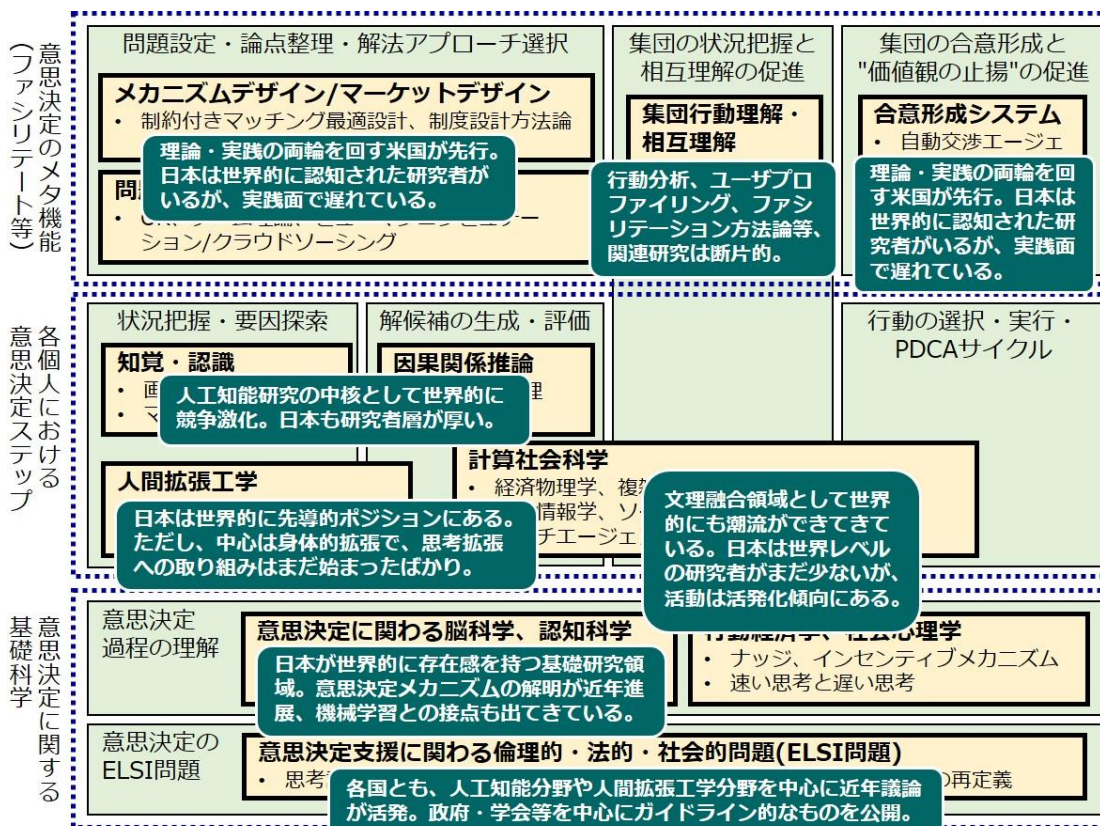
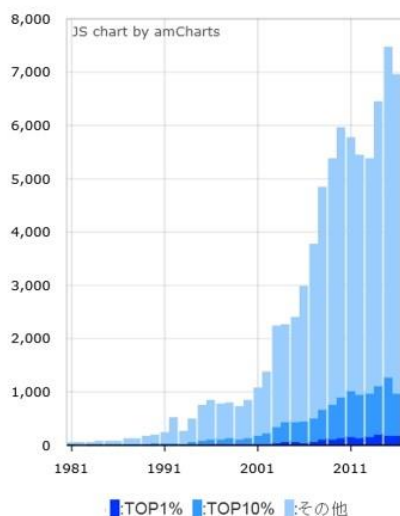


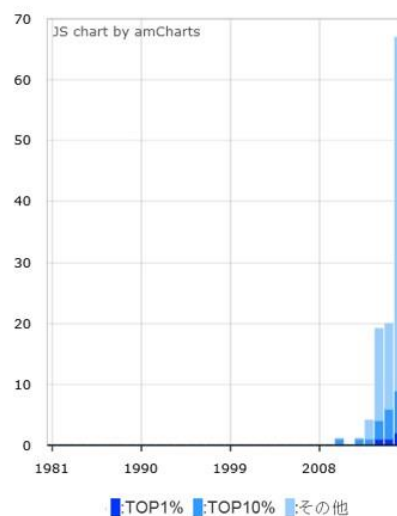
図 19 意思決定・合意形成の関連分野の状況

- **米国：** MIT Center for Collective Intelligence (CCI) のオンライン大規模意見集約、スタンフォード大学の討論型世論調査等、この分野の基礎研究が根付いている。さらに、基礎研究と産業応用が両輪で回っている。
- **欧州：** 自動交渉に関する基礎研究・応用に力を入れている (Imperial College London、Oxford University、Centrum Wiskunde & Informatica 等)。また、市民からの意見集約・合意形成のためのシステム (Citizen Science) への取り組みも盛んである。

(a) コンピュータ科学分野 and ("decision making" or "consensus")



(b) 社会科学分野 and "big data" and ("decision making" or "consensus")



(c) 国別TOP 1%論文数の推移

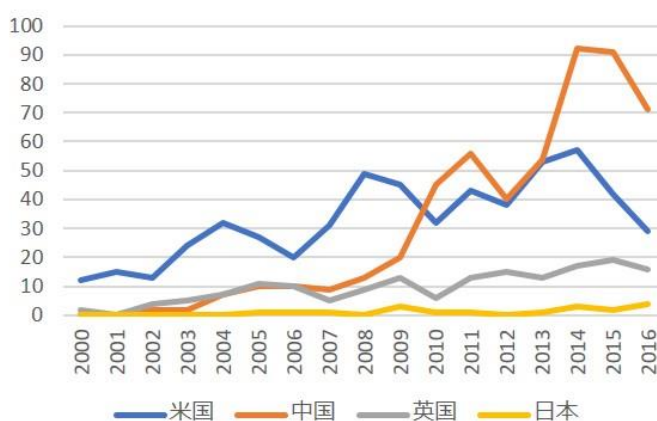


図 20 論文数の時系列統計

また、論文数の時系列統計の簡単な調査結果を図 20 に示す。

これらはいずれも Scopus の論文データをもとに、「意思決定」(decision making) または「合意」(consensus) をキーワードに含む論文数の時系列変化をグラフ化したものである。図 20 のグラフ (a) はコンピューター科学分野の中での傾向を示しており、グラフ (b)

は社会科学分野でビッグデータのアプローチをとっていると思われる論文群の中での傾向を示している。(a) (b) でも TOP 1%論文や TOP 10%論文の比率が示されているが、(c) はコンピューター科学分野 (= グラフ (a)) における TOP 1%論文に着目して、日本、米国、中国、英国の論文数の推移を示したものである。これらのグラフから、以下のような傾向が読み取れる。

- 情報科学技術分野における意思決定・合意形成に関わる論文数が急激に増加している。また、人文・社会科学分野においても、ビッグデータのアプローチによる意思決定・合意形成の研究に関する論文数が増えており、文理融合的な研究分野として発展しつつあると考えられる。
- このような国際的な論文動向に対して、日本からの研究論文数はまだ非常に少ない。ただし、国際的な研究成果を出している研究者は日本にもいるので、研究活動がまだ断片的で、大きなムーブメントが形成できていない状況と見られる。

付録3. 専門用語説明

- **意思決定 (decision-making)、合意形成 (consensus-building)**

「意思決定」は、個人や集団がある目標を達成するために、考えられる複数の選択肢の中から1つを選択する行為である。このとき、選択の拠りどころとなるものは個人の価値観であるが、集団における意思決定のケースでは、関係者（メンバーやステークホルダー）全員の価値観が必ずしも一致するとは限らない。関係者内で選択肢に関する意見が分かれたとき、その一致を図るプロセスが「合意形成」である。

- **ソーシャルメディア (social media)、SNS (social networking service)**

「ソーシャルメディア」は、インターネットを利用して誰でも手軽に情報を発信し、相互のやりとりができる双方向のメディアである。「SNS」はソーシャルメディアの一つであり、個人間のコミュニケーション機能をベースとして、社会的ネットワークの構築を支援・促進するサービスである。SNSの例としてFacebookやTwitter等があげられ、SNSではないソーシャルメディアの例としてブログ、電子掲示板、YouTube等があげられる。

- **確証バイアス (confirmation bias)、フィルターバブル (filter bubble)、エコーチェンバー (echo chamber)、デジタルゲリマンダー (digital gerrymandering)**

コラム②参照。

- **集団浅慮・集団思考 (groupthink)**

1972年に社会心理学者のアーヴィング・ジャニスが提唱した概念「groupthink」で、日本語では「集団浅慮」や「集団思考」と訳されている。集団で決めた事項が大きな過ちにつながる現象を意味する。個人で熟慮すれば避けていたのに、集団でいることでほかのメンバーを頼って自分で考えなかったり、集団としての利害関係を意識して異論が言いにくかったり、時間的な制約があったりといった要因が考えられる。

- **NIMBY 問題 (NIMBY problem)**

NIMBY（ニンビー）は「Not In My Back Yard」（我が家の裏には御免）の略語で、「施設の必要性は認めるが、自らの居住地域には建てないでくれ」と主張する住民たちや、その態度を指す。忌避施設、迷惑施設、嫌悪施設等を対象とした反対運動が該当する。

- **行動経済学 (behavioral economics)**

「行動経済学」は、心理学的に観察された事実を経済学の数学モデルに取り入れていく研究手法とされる。人が必ずしも合理的に行動しないことに着目した観察・説明によって、人間の意思決定に関して、興味深い知見を得ている。特に、注意や合図のために人の横腹を特にひじでやさしく押したり、軽く突いたりする「ナッジ」(nudge)はマーケティング等への応用も進められている。

- **計算社会科学 (computational social science)**

「計算社会科学」は、大規模な社会データを情報技術によって取得・処理し、分析・モデル化して、人間行動や社会現象を定量的・理論的に理解しようとする学問である。サイバー空間内での操作やインタラクションの膨大な履歴や、実世界からのさまざまなセンシングデータ等、人間の行動や社会の現象に関するビッグデータの収集・分析が可能になってきたことから、そのようなデータとコンピューターによる解析技術を活用する方向で、社会科学が新しい展開を見せている。

- **エージェント (agent)**

本稿の中で「エージェント」は、ユーザーや他のソフトウェアとの仲介的な関係において動作する「ソフトウェアエージェント」(software agent)の意味で用いており、その中でも特に、状況認識・分析・学習等の人工知能的なアルゴリズムを組み込んだ「知的エージェント」(intelligent agent)を指す。複数のエージェントによって、人々の行動や社会の現象をシミュレーションする「マルチエージェントシステム」(multi-agent system)は意思決定における結果の予測・評価にも使われる。

- **メカニズムデザイン (mechanism design)**

「メカニズムデザイン」は、参加者の真の選好を引き出し、集団として社会的に望ましい意思決定を行うためのルールを設計する技術・理論である。オークション、リソースマッチング、投票のルール設計等で実績がある。例えば、姑息なかけひき等をしていても効果がなく、参加者が自分の選好を正直に申告すれば、集団として望ましい結果が得られるようなルールを設計する。

- **ゲーミフィケーション (gamification)**

「ゲーミフィケーション」は、社会的・組織的な行為や活動をゲームと捉えて、世界を解釈し、新しいシステムのデザインにつなげる方法である。ゲームと捉えることで、社会的・組織的な行為や活動に、能動的に楽しむ要素を持ち込む。ただし、この用語自体はジェイン・マクゴニガルの2011年の著書で初めて使われたが、その後、さまざまな定義がなされているのが実態である。

付録4. 参考文献

《経営、マネジメント、哲学における意思決定・合意形成》

- [1] ハーバート・A・サイモン著、二村敏子・桑田耕太郎・高尾義明・西脇暢子・高柳美香訳、「新版 経営行動：経営組織における意思決定過程の研究」、ダイヤモンド社（2009）
- [2] ハーバート・A・サイモン著、稲葉元吉・吉原英樹訳、「システムの科学 第3版」、パーソナルメディア（1999）
- [3] 桑子敏雄著、「社会的合意形成のプロジェクトマネジメント」、コロナ社（2016）
- [4] 桑子敏雄著、「わがまち再生プロジェクト」、角川書店（2016）
- [5] 特集「意思決定を極める」、DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー、2014年3月号、ダイヤモンド社（2014）
- [6] 特集「意思決定の罫」、DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー、2016年1月号、ダイヤモンド社（2016）
- [7] 特集「しなやかな交渉術」、DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー、2016年5月号、ダイヤモンド社（2016）
- [8] アリストテレス著、高田三郎訳、「ニコマコス倫理学」（上下巻）、岩波文庫（改版）、岩波書店（1971）
- [9] ジャンバッティスタ・ヴィーコ著、上村忠男・佐々木力訳、「学問の方法」、岩波文庫、岩波書店（1987）
- [10] パスカル著、前田陽一・由木康訳、「パンセ」、中公文庫、中央公論新社（1973）
- [11] 「十七条憲法」、Wikipedia、<https://ja.wikipedia.org/wiki/十七条憲法>

《行動経済学、心理学、脳科学と意思決定》

- [12] リチャード・セイラー&キャス・サンスティーン著、遠藤真美訳、「実践 行動経済学」、日経 BP 社（2009）
- [13] アレックス・ペントランド著、小林啓倫訳、矢野和男解説、「ソーシャル物理学：「良いアイデアはいかに広がるか」の新しい科学」、草思社（2015）
- [14] 矢野和男著、「データの見えざる手：ウェアラブルセンサが明かす人間・組織・社会の法則」、草思社（2014）
- [15] ダニエル・カーネマン著、村井章子訳、「ファスト&スロー：あなたの意思はどのように決まるか？」（上下巻）、早川書房（2014）
- [16] 阿部修士著、「意思決定の心理学：脳とこころの傾向と対策」、講談社（2017）
- [17] 坂上雅道・山本愛実、「意思決定の脳メカニズム—顕在的判断と潜在的判断—」、科学哲学 42-2（2009）
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpssj/42/2/42_2_2_29/pdf

《ソーシャルメディアと意思決定》

- [18] 遠藤薫著、「ソーシャルメディアと〈世論〉形成」、東京電機大学出版局（2016）
- [19] 田中辰雄・山口真一著、「ネット炎上の研究」、勁草書房（2016）
- [20] 藤代裕之著、「ネットメディア覇権戦争：偽ニュースはなぜ生まれたか」、光文社新書、光文社（2017）
- [21] 藤代裕之著、「ソーシャルメディア論：つながりを再設計する」、青弓社（2015）
- [22] 笹原和俊・Giovanni Luca Ciampaglia・Alessandro Flammini・Filippo Menczer、「エコーチェンバーの生成ダイナミクス」、人工知能学会全国大会（第31回）論文集 4N1-OS-01a-1、人工知能学会（2017）
<https://kaigi.org/jsai/webprogram/2017/pdf/213.pdf>
- [23] 長倉克枝、「ネットで軽くなる「事実」の重み」、日経サイエンス 2017 年 7 月号（特集：トランプ vs 科学）、日経サイエンス社（2017）
- [24] 小特集「デジタルゲリマンダとは何か―選挙区割政策からフェイクニュースまで」、情報処理 2017 年 12 月号（第 58 巻 第 12 号）、情報処理学会（2017）
- [25] Robert M. Bond, Christopher J. Fariss, Jason J. Jones, Adam D. I. Kramer, Cameron Marlow, Jaime E. Settle and James H. Fowler, “A 61-million-person experiment in social influence and political mobilization”, Nature volume 489, pages 295–298 (13 September 2012)
<https://www.nature.com/articles/nature11421>

《人工知能、エージェントと意思決定・合意形成》

- [26] 伊藤孝行、「マルチエージェントの自動交渉モデルとその応用」、情報処理 2014 年 6 月号（第 55 巻 第 6 号、特集：マルチエージェントシミュレーション）、情報処理学会（2014）
- [27] 伊藤孝行・金森亮・チャクラボルティ シャンタヌ・大塚孝信・原圭佑、「未来の社会システムを支えるマルチエージェントシステム研究(1) ―経済パラダイム、交渉エージェント、交通マネジメント―」、人工知能学会誌 2013 年 5 月号（第 28 巻 第 3 号、特集：エージェント）、人工知能学会（2013）
<http://www.itolab.nitech.ac.jp/~ito/papers/itota-jsai2013-1.pdf>
- [28] 森永聡ほか、「人工知能間の交渉・協調・連携」、産業競争力懇談会（COCN）2017 年度プロジェクト中間報告、2017 年 10 月 13 日
<http://www.cocn.jp/thema98-M.pdf>
- [29] Mike Lewis, Denis Yarats, Yann N. Dauphin, Devi Parikh, Dhruv Batra, “Deal or no deal? Training AI bots to negotiate”, Facebook code (15 June 2017)
<https://code.facebook.com/posts/1686672014972296>
- [30] ケビン・メイニー、「フェイスブックの辣腕 AI 交渉人は、相手の心を読みウソもつく」、ニューズウィーク日本版 2017 年 9 月 5 日号
<https://www.newsweekjapan.jp/stories/world/2017/09/ai-20.php>

- [31] 岡崎直観、「言語処理がつなぐビッグデータと社会」、言語処理学会 20 周年記念シンポジウム招待講演、2014 年 10 月
http://www.anlp.jp/anniversary/20th_sympto/slide_okazaki.pdf
- [32] 横尾真、「メカニズムデザインと最適化」、論理と推論の理論・実装・応用に関する合同セミナー招待講演、2013 年 7 月 25 日
http://www.edu.kobe-u.ac.jp/istc-tamlab/cspsat/pdf-open/cspsat2_seminar06_yokoo.pdf
- [33] 寺野隆雄・小山友介、「ゲーミフィケーション：世界をゲームとしてデザインする」、計測と制御 2015 年 7 月号（特集：デザイン学のインパクト）、計測自動制御学会（2015）
https://www.jstage.jst.go.jp/article/sicejl/54/7/54_494/_pdf
- [34] 福島俊一・藤巻遼平・岡野原大輔・杉山将、「ビッグデータ×機械学習の展望：最先端の技術的チャレンジと広がる応用」、情報管理 2017 年 11 月号（第 60 巻 第 8 号）、科学技術振興機構（2017）
https://www.jstage.jst.go.jp/article/johokanri/60/8/60_543/_pdf/-char/ja
- [35] 「AI、がん治療法助言 白血病のタイプ見抜く」、日本経済新聞 2016 年 8 月 4 日
<http://www.nikkei.com/article/DGXLZ005697850U6A800C1000000/>
- [36] NHK スペシャル取材班著、「人工知能の「最適解」と人間の選択」、NHK 出版新書 534、NHK 出版（2017）

《科学技術振興機構の報告書》

- [37] 「研究開発の俯瞰報告書：システム・情報科学技術分野（2017 年）」、CRDS-FY2016-FR-04、科学技術振興機構（2017 年 3 月）
<http://www.jst.go.jp/crds/report/report02/CRDS-FY2016-FR-04.html>
- [38] 「科学技術未来戦略ワークショップ報告書：複雑社会における意思決定・合意形成を支える情報科学技術」CRDS-FY2017-WR-05、科学技術振興機構（2017 年 10 月）
<http://www.jst.go.jp/crds/report/report05/CRDS-FY2017-WR-05.html>

■戦略プロポーザル作成メンバー■

総括責任者	木村 康則	上席フェロー	(システム・情報科学技術ユニット)
チームリーダー	福島 俊一	フェロー	(システム・情報科学技術ユニット)
チームメンバー	小山 健一	主任調査員	(研究プロジェクト推進部)
	鈴木 慶二	副調査役	(情報企画部)
	高島 洋典	フェロー	(システム・情報科学技術ユニット)
	中村 亮二	フェロー	(環境・エネルギーユニット)
	馬場 寿夫	フェロー	(ナノテクノロジー・材料ユニット)
	藤井 新一郎	フェロー	(システム・情報科学技術ユニット)
	峯畑 昌道	フェロー	(海外動向ユニット)
	茂木 強	フェロー	(システム・情報科学技術ユニット)
	山田 直史	フェロー	(システム・情報科学技術ユニット)
	横井 伸司	主任調査員	(戦略研究推進部)
	渡邊 勝太郎	主査	(情報企画部)

※お問い合わせ等は下記ユニットまでお願いします。

CRDS-FY2017-SP-03

戦略プロポーザル

複雑社会における意思決定・合意形成を支える情報科学技術

STRATEGIC PROPOSAL

Information science and technology for decision-making
and consensus-building in a complex society

平成 30 年 3 月 March 2018

ISBN 978-4-88890-585-5

国立研究開発法人 科学技術振興機構 研究開発戦略センター
システム・情報科学技術ユニット
Systems / Information Science and Technology Unit
Center for Research and Development Strategy
Japan Science and Technology Agency

〒102-0076 東京都千代田区五番町 7 番地

電 話 03-5214-7481(代表)

ファックス 03-5214-7385

<http://www.jst.go.jp/crds/>

©2018 JST/CRDS

許可無く複写／複製することを禁じます。

引用を行う際は、必ず出典を記述願います。

No part of this publication may be reproduced, copied, transmitted or translated without written permission. Application should be sent to crds@jst.go.jp. Any quotations must be appropriately acknowledged.

ATTAATC A AAGA C CTAAC T CTCAGACC

CT CTCGCC AATTAATA

TAA TAATC

TTGCAATTGGA CCCC

AATTCC AAAA GGCCTTAA CCTAC

ATAAGA CTCTAACT CTCGCC

AA TAATC

AAT A TCTATAAGA CTCTAACT CTAAT A TCTAT

CTCGCC AATTAATA

ATTAATC A AAGA C CTAAC T CTCAGACC

AAT A TCTATAAGA CTCTAACT

CTCGCC AATTAATA

TTAATC A AAGA C CTAAC T CTCAGACC

AAT A TCTATAAGA CTCTAACT

ATTAATC A AAGA C CT

GA C CTAAC T CTCAGACC

0011 1110 000

00 11 001010 1

0011 1110 000

0100 11100 11100 101010000111

001100 110010

0001 0011 11110 000101

ISBN 978-4-88890-585-5

