

予測オープンプラットフォームの取組

2016年 8月

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

小柴 等、赤池 伸一、林 和弘

NISTEP NOTE(政策のための科学)は、科学技術イノベーション政策における「政策のための科学」に関する調査研究やデータ・情報基盤の構築等の過程で得られた結果やデータ等について、速報として関係者に広く情報提供するために担当グループまたは著者が取りまとめた資料である。

NISTEP NOTE (Science of Science, Technology and Innovation Policy) is published as outputs of researches for “Science of Science, Technology and Innovation Policy,” as well as results from data and information infrastructure, and it aims to circulate under the name of research group or author(s) as a preliminary report to the party concerned.

【調査研究体制】

小柴 等	科学技術予測センター 研究員
赤池 伸一	科学技術予測センター センター長
林 和弘	科学技術予測センター 上席研究官

【Authors】

Hitoshi KOSHIBA	Ph.D., Research Fellow. Science and Technology Foresight Centre, National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), MEXT
Shinichi AKAIKE	Ph.D., Director. Science and Technology Foresight Centre, National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), MEXT
Kazuhiro HAYASHI	Senior Research Fellow. Science and Technology Foresight Centre, National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), MEXT

本報告書の引用を行う際には、以下を参考に出典を明記願います。

Please specify reference as the following example when citing this NISTEP NOTE.

氏名(必要に応じて記載)、「予測オープンプラットフォームの取組」, *NISTEP NOTE(政策のための科学)*, No.22, 文部科学省科学技術・学術政策研究所.

DOI: <http://doi.org/10.15108/nn22>

Hitoshi KOSHIBA, Shinichi AKAIKE, Kazuhiro HAYASHI, “Development of Foresight Open Platform,” *NISTEP NOTE(Science of Science Technology and Innovation Policy)*, No.22, National Institute of Science and Technology Policy, Japan.

DOI: <http://doi.org/10.15108/nn22>

予測オープンプラットフォーム開発に向けた取組

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

小柴 等、赤池 伸一、林 和弘

要旨

本レポートでは、科学技術予測センターで開発している、予測活動を支援するための仕組みである予測オープンプラットフォーム（予測 OPF）の構想と現状について述べる。

予測 OPF は、サービス工学における共創の概念や政策における情報利活用のサイクルも念頭に利活用に関する人的・制度的側面まで考慮しながら、また、集合知やオープン・サイエンスも踏まえて、共創的に開発している予測のための仕組みである。

技術面においては、ビッグデータの解析などに用いられているデータ・サイエンスの知見を活用し、本研究所をはじめ政策当局や専門家、一般市民などステークホルダー間での円滑な情報流通を支援しようとしている。

現在は情報源や手法を探索的に充実しており、当所の予測活動の一部であるデルファイ法の分析を支援する機能（課題間の類似度分析、回答者属性による回答結果詳細分析、など）や、ニュースリリースなど社会状況の把握に必要な情報を収集・分析する機能、アンケートの自由記述内容を話題ごとに分類する機能、これらの結果を2次元上のマップ（無向グラフ）で表示する機能、などの実装を行っている。これらは Web アプリケーションとして提供され、基本的にインタラクティブな操作を行うことができるため、分析者は「データの管理・処理」と切り離されて、分析に注力できる。上述したとおり、情報源や手法を探索的に充実している段階であるため、実装した各機能についての有機的な結合にまでは至っていないものの、戦略的創造研究推進事業等において国がトップダウンで定める戦略目標等の策定過程において、予測 OPF の一部が実際の政策検討に係る分析の中でも活用されつつある。

Development of Foresight Open Platform

Hitoshi KOSHIBA, Shinichi AKAIKE, Kazuhiro HAYASHI, Science and Technology Foresight Centre, National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), MEXT

ABSTRACT

In this article, we report one of the foresight supporting system (i.e. Foresight Open Platform.)

Today, science and technology change quickly, and social too. Therefore, we have to provide a report of foresight for precision political decision quickly. Furthermore, now we live in information society, so that many kinds of big-data are collect in both world of cyber and physical.

Now we constructed one of intelligent support tools for foresight. It provides some functions such as; collecting some data (ex. S&T News, press release, etc.) , Web-based questionnaire, data analysis (natural language processing, machine learning, etc.), data visualization.

We expect that our system becomes a useful tool for new generation of policy making with society.

目次

1	はじめに	1
2	背景・目的	1
3	予測 OPF の構想	4
3.1	予測 OPF の概念	4
3.2	サービス、価値共創の視点に基づくシステム開発	5
3.3	予測 OPF に関する人的側面	7
4	予測 OPF の現状	11
4.1	予測 OPF v.2016.05	11
4.2	予測作業の高速化：第 10 回科学技術予測調査内での試行	18
4.3	予測作業の高度化：戦略目標等の策定に資する調査での試行	20
4.4	予測関連データの収集・分析	22
4.5	その他の応用例	22
5	まとめと今後の課題	23
	参考文献	24

1 はじめに

情報技術の進展等により、様々なモノやコトが瞬時に結び付き価値を生み出している。こういった動きは、社会環境の急激な変化を生み出している。例えば、科学技術に限って考えてみても、個別の研究分野内でも情報技術によって様々な変化が起きている。また異なる研究分野や、科学技術以外の要因との相互作用の中から生まれてくる変化なども多く発生しつつあると考えられる。

ところで、我が国では科学技術の中長期的発展の方向性に関する知見を得るための科学技術予測調査を、1970年代から実施してきた。この予測調査は主に有識者からなる委員会やワークショップ、インタビュー、アンケートなどを中心に、また、頻度としてはおおよそ5年に1度の単位で実施してきた。これらの手法は、原理的には予測が困難である将来の状態を専門家の知見をベースに解き明かそうとする試みであり、このプロセスは合理性を有していると考えられる。

その一方で、前述したような社会状況の急激な変化に対応するために、これまでの手続を発展させて、より迅速に的確な予測を提供する必要性が高まってきた。

これを受け、科学技術予測センターでは、社会状況の急激な変化を寄りの確に捕捉し得る予測活動への発展を念頭に、予測活動を支援するためのシステムとして予測オープンプラットフォーム(予測OPF)を構想し、試作・試験運用を開始している。この活動は「政策のための科学」等にも資する動きとなっている。

本稿では、この予測OPFの構想と試験運用の状況等について述べる。

2 背景・目的

■社会を取り巻く状況 平成28年1月に閣議決定された第5期科学技術基本計画[1](以下、基本計画)などでも指摘があるとおり、情報技術の進展等により、様々なモノが瞬時に結び付き価値を生み出している。また、同じく基本計画では冒頭で「我が国、そして世界は激動の中にある。」と指摘した上で、社会の状況について以下のような記載を行っている。

我が国を取り巻く経済・社会は、大きな変革期にある。

21世紀に入り、科学技術は大きな進展を遂げてきた。これに加えて、近年、情報通信技術(ICT)の急激な進化により、グローバルな環境において、情報、人、組織、物流、金融など、あらゆる「もの」が瞬時に結び付き、相互に影響を及ぼし合う新たな状況が生まれてきている。それにより、既存の産業構造や技術分野の枠にとらわれることなく、これまでにはない付加価値が生み出されるようになってきており、新しいビジネスや市場が生まれ、人々の働き方やライフスタイルにも変化が起ころし始めている。また、経済・社会の成熟化に伴い、人々の関心が「もの」から「コト」へと変化するなど価値観が多様化してきている。従来のように技術革新の追求にとどまるのではなく、ユーザーの多様な要望や共感に応える新しい価値やサービスを創出することが求められている。

つまり、情報技術によって社会環境が大きく・急速に変わりつつある状況を指摘している。具体的には、1. 変化の速度が向上していること、2. 科学技術と社会の関係性が変化していること、3. 関連

して、分野を超えた相互作用が活発化していること、が指摘されていると言える。

■これまでの予測活動 科学技術予測センター（以下、予測センター。旧称：科学技術動向研究センター）では、科学技術の中長期的発展の方向性に関する知見を得るための科学技術予測調査を 1970 年代からおおよそ 5 年おきに実施してきた。

ここでは、専門家の集合知を活用した未来予測手法の一つであるデルファイ法を活用し、今後 30 年間という中長期の未来展望を取りまとめてきた。具体的には、有識者からなる委員会やワークショップ、インタビューを通じて、デルファイ法の調査対象となる「課題」を抽出し、その後、複数回のアンケートにより実現可能性や実現時期、課題の重要度や国際競争力などを収集してきた。また、デルファイ法の結果に基づいて政策オプションなどの検討に資する「シナリオ」の作成なども行ってきた。この取組は、原理的には予測が困難である将来の状態を専門家の知見をベースに解き明かそうとするものであり、そのため、主に「対面」「手作業」を中心として行っていた。

これらの手法・手続は他国でも採用されており、一定の手続的合理性や有用性が認められている。

■予測活動の有していた課題 しかしながら、前述したような社会的状況を鑑みるに、「対面」「手作業」を中心とした作業だけでは、時間的・範囲的に十分に対応できない状況が生じている。

例えば、2015 年に実施された第 10 回科学技術予測調査 [2, 3] は、おおよそ 2 年をかけて行われた。科学技術予測調査は 20 年から 30 年後を念頭にした中長期的展望を描くものであり、この観点からは 2 年は誤差の範囲と言える程度の時間である。しかし、急速に変化している状況下では、調査開始時と報告書完成時で前提となる状況が異なってしまう、将来見通しの再考が必要となることも考えられる。

また、これまで「健康・医療」「宇宙・海洋」など研究分野ごとに有識者を募り、主にこの“研究分野”を中心として議論を進めてきたが、研究分野をまたいだり、社会との相互作用の中で生まれてくる（共創される）ような新たな科学技術については検知することが難しい、といったことも考えられる。さらに、従来の研究分野に絞った議論についても、分業化が進み内部構造が細分化されるにしたがって、同一分野内でも全体を俯瞰しながら議論のできる研究者の確保が困難になることが予想される。

以上の背景より、予測活動を行う中で少なくとも 1. 社会変化の速度に追従するための予測の高速化、2. 多様な科学技術、社会に関する要因やそれらの相互作用など大規模情報の収集・理解、という二つの要求に応える必要が出てきた。

また、文部科学省科学技術・学術政策研究所は国の科学技術政策立案プロセスの一翼を担うために設置された試験研究機関であり、行政ニーズを的確にとらえ、意思決定過程への参画を含めた行政部局との連携、協力を行うことが期待されている。つまり、科学技術予測調査も政策立案に資することを目的としており、そのためには以前から行われてきた行政側との対話も引き続き重要な項目となる。

したがって、予測活動のステークホルダー¹は、予測センターはじめ NISTEP の関係者、行政関係

¹ 状況に応じて結果を利用する立場であったり、要求や意見を出す立場であったり、若しくは、分析・考察を行う立場で

者、科学技術に関する有識者、市民など多様であり、これらステークホルダーのインタラクションも考慮する必要がある。

■開発の目的 これらの背景・要件を考慮して、予測活動を支援するためのシステムである予測オープンプラットフォームの開発と構築を行う。

このシステムは端的には要件である予測の高速化と、科学技術に関する広範なデータの収集・分析を支援するものである。ただし、ステークホルダーとのインタラクションが念頭にあるため、開発についてはアジャイル開発²を念頭に一部共創的に構築する。詳細については後述する。

以上より、開発の目的は「予測の高速化と、科学技術に関する広範なデータの収集・分析を支援するシステム」の構築と、そのための「ステークホルダーを巻き込んだシステム開発と予測実施プロセス」の確立の2点となる。

あたり、ステークホルダーの役割は必ずしも静的ではない。

² ここで言うアジャイル開発は、ユーザ側の要求などが明確ではないような状況下で、対話を通じて要求を掘り起こすとともに、迅速にモックアップを作成して提供し、その仕様を通じて要求の明確化や新たな要求の掘り起こしも行うことで、ボトムアップかつ柔軟にシステムを構築していくようなものである。

3 予測 OPF の構想

3.1 予測 OPF の概念

これまで述べてきたとおり、従来の科学技術予測調査だけでは近年求められている社会課題解決に向けて十分に対応できない状況も生じてきており、その利用・開発プロセスなど人的側面も含んだ、「予測のための新たな仕組み」が必要とされている。

そこで、科学技術予測センターでは“予測の高速化と、科学技術に関する広範なデータの収集・分析を支援するシステム”として予測オープンプラットフォーム (Open Platform) の開発を行っている。

予測 OPF における“オープン”は ICT の進展やデジタル技術の活用 に 依 拠 し た 複 数 の 意 味 を 有 し ている。

最も狭い意味では、予測 OPF をオープンソースとして提供する、ということになる。オープンソースとして提供することにより、例えば他国でも予測 OPF を用いた予測が実施される可能性があり、そうすると多国間比較なども容易となるほか、メンテナンスや機能の拡充の点でもメリットが得られる可能性がある。

また、ICT の活用によって予測作業への参加をよりオープンにする、という意味もある。これまでの予測は、デルファイ法をはじめ“専門家・有識者”を対象に意見を収集・分析してきた。これは今後も有用かつ重要と思われる。一方、複数分野をまたがるような形で新規に発生する課題や、社会との関連性が高いような領域においては従来想定していたような“専門家・有識者”、例えば「その分野の博士号を持つ研究者」のような組織化された専門家という立場の人物が存在しないことも多い。“集合知”や“シチズンサイエンス”、シチズンサイエンスの延長としての“オープンサイエンス”、の観点からも、より多くの意見が収集できることは望ましく、ICT の活用によって「よりオープンに予測活動を行う」、という意味でもオープンという言葉を用いている。なお、回答者の属性を収集することで、従来どおりの専門家に限った意見の分析も可能である。

関連して、得られた結果のデータなど、その成果をオープンにする、という意味もある。これまでの予測では、例えばデルファイ法で収集したアンケートの結果は、その集計結果を主に冊子の形で公開していた。これについても、上述したオープン・サイエンスの観点や、いわゆる“オープン（ガバメント）データ” [4] の観点からよりオープンな形で提供する、という意味でもオープンという言葉を用いている。この際、単に集計結果を提供するだけでなく、様々な観点からの集計を行ったり、更に高度な分析などを行うためのツールもセットで提供することで、様々なステークホルダーが多様な視点・観点から予測を行うことも可能とする。

このように、予測に関する広い意味での“オープン”なプラットフォームを目指す、という構想に基づいて予測オープンプラットフォームと呼称している。

これらの思想の背景には、サービス工学やサービス・イノベーションループを通じた価値共創の視点があり、開発もこれらに基づいて行う。詳細については後述する。

3.2 サービス、価値共創の視点に基づくシステム開発

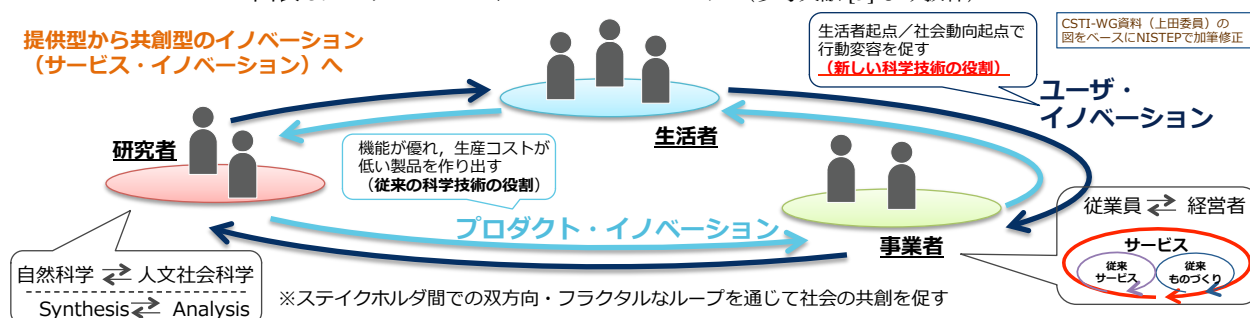
3.2.1 サービス工学・価値共創

サービス工学の詳細については他稿 [5] に譲り割愛するが、基本計画にもある「価値」の生成、授受などに関する学問と言える。

ここでいう「サービス」は飲食や小売といった、「サービス業」の意味ではなく、モノやコト、ハードやソフトなどを超えた価値の授受に関するより広範な概念であり、「サービス工学」は、このサービスという概念の構成に関する学問である。このサービス工学における重要な概念として「価値共創」があり、いわゆる従来型の提供者から利用者への一方的な価値提供だけでは社会的余剰は生じず、提供者と消費者が一体となって価値を「共創」することが重要である、といった指摘がなされている。

一方で、「共創」は名前のおり共創のものであるので、事前に価値を設計することが困難で、サービスの提供者と利用者のインタラクションを通じて実現される。例えば上田 [6, 7] は、提供者が価値を設計して利用者に提供する従来のイノベーションを「プロダクト・イノベーションループ」、利用者からの要求など社会的要請から生み出されるタイプのイノベーションを「ユーザ・イノベーションループ」と名付け、この両方のループを通じて価値共創がなされるとして、これを「サービス・イノベーションループ」と名付けている (図表 3.1)。

図表 3.1 サービス・イノベーションループ (参考文献 [3] より抜粋)



政策を含め、多様なステークホルダーの合意形成は基本的に、このサービス・イノベーションループを通じた価値共創によって実現なされていると推察される。したがって、予測 OPF を設計する上でも、単に情報システムを構築するのではなく、ステークホルダーもシステム要素の一つとして捉え、新たな価値が創発されるような仕組みをデザインしておくことが重要と思われる。このようなサービス工学を意識したシステム構築は過去にも事例がある (例えば文献 [8]) が、ここでも、古典的なシステム開発の手法であるウォーターフォール型の開発スタイル (始めに設計を行い、工程表に沿って順次開発を進めるスタイル) はなじまず、いわゆるアジャイル型 (要求やシステムの全体像を定義、設計してからシステムを構築するのではなく、モックアップ (簡易なシステムなど) も用い、顧客との対話を通じて要求を発掘しながら迅速に開発を進めるスタイル) が適切であると思われる。

3.2.2 手続等、制度、人的要件

人間や手続を系に含む動的なシステム全体については、情報の活用などに関しての考察が必要なほか、「共創」の性質上事前に設計の難しい部分もある。ただし、一部については事前に想定・設計が可能なものもあり、開発の進展によって柔軟に変更することを必須の要件とした上で、最初期には以下の点を検討した。

- 想定される利用者（ステークホルダー）
- 想定される利用手続

これらについても考慮し、そのインタラクションによってシステムを継続的に共創していく点に、サービス、価値共創の視点に基づくシステム開発の特徴がある。

ただし、これら個々の要素に関連する内容はそれぞれ多岐にわたるため、節を改め、3.3節にて詳述する。

3.2.3 情報システムの要件

ステークホルダーを巻き込んだ形でのシステムの開発、また、各種のオープンを意識するという面に対して、人間や手続を系に含まない「情報システム」の面でも幾つかの補足的な要件が発生する。

まず、ステークホルダーにシステムを利活用してもらう必要があるが、特に行政側のユーザにとって専用のアプリなどをインストールさせることはハードルが高い。データ管理の面でもスタンドアロンのアプリは好ましくない。これらの面から、インターネットブラウザから利用することのできるウェブ・アプリケーションの形態が望ましい。

また、政策の意思決定に資するデータ・情報を提供する、という全体目的を鑑みると、保有・提示するデータの中には行政ネットワーク外に出すことがふさわしくないものも将来的に発生する可能性がある。そこでウェブ・アプリケーションの分析・可視化部分については、ローカルエリア内だけに閉じたとしても運用できること（外部ネットワークやサービスを前提としないこと）が望ましい。

その他の点、例えば具体的な情報の収集、分析、可視化などの具体的な技術要素については、いわゆる「データ・サイエンス」の枠組で扱われる議論そのものであって、特に予測ならではといった論点は現状では多くないとみられる。

例えば、アンケートの自由記述や、論文の概要、ブログ記事のような事柄は、自然言語処理における様々な技術やツール（例えば、形態素解析やトピックモデルなど）で処理できる。

教師あり・教師なし、強化学習など様々な種類の機械学習のライブラリも多数提供されており、こういったツールを用いて、同一の・異なる種類のデータを何らかの基準で分類したり、人手で取り扱えない規模のデータセットを精査可能な範囲にまで次元圧縮することも、ある程度容易になっている。

またデータなどの関係について分析するためのネットワーク分析についても様々なツールが提供されている。

兆しの検出などに用いる異常検知・変化点抽出についても、幾つかの有用なアルゴリズムが提案さ

れている。

これらのデータや分析結果をブラウザ上でインタラクティブに可視化する仕組みとしては、Javascript ベースの描画ライブラリである D3.js のような仕組みが充実しており、構造・非構造データを問わず様々なデータを適切かつ組織的に管理するためのデータベース技術も多く提供されている。

したがって、要素技術については新たにその技術自体を開発する必要性が少ないと見積もることができる。むしろ人間を含めたシステム全体のデザインの中で、これらの要素技術をどのように組み合わせるかにこそ、予測における特異性が生じてくるものと思われる。

3.3 予測 OPF に関する人的側面

3.2.2 節で述べたとおり、予測 OPF の開発においては、開発者や利用者もシステムの要素として捉え、これらのインタラクションを通じて価値を共創することが基本方針であることを述べた。

そこで、本節ではこの手続を含む人的側面について簡単に確認する。確認すべき事柄は以下のとおりである。

- 想定される利用者（ステークホルダー）
- 想定される利用手続

3.3.1 想定される利用者（ステークホルダー）

第 10 回科学技術予測調査においては、行政側からの要請、予測センターの知見によって調査すべき分野等が選定され、それに応じて有識者や一般市民に意見を聴取し、予測センターが取りまとめ・分析・考察を実施して行政側に返す、というプロセスが取られた。

これを発展させ、将来、予測 OPF で想定されるステークホルダー及び役割は以下のとおりである。

NISTEP スタッフ 予測 OPF の最もプリミティブな利用者。予測 OPF を用いて従来の予測活動を実施（予測領域の選定、情報収集、分析・考察、政策オプション作成）する。

行政官 個別の予測に関する要望を NISTEP に寄せるほか、結果の活用（政策立案など）を行う。また、自ら予測 OPF を用いて分析なども行う。

有識者 予測センターからの依頼などに応じて、予測 OPF を通じ意見の入力等を行う。また、自ら予測 OPF を用いて分析など（例：研究の位置付け、方向性の検討）も行う。

一般市民 予測 OPF を通じ意見の入力等を行う。また、自ら予測 OPF を用いて分析など（例：未来予測マップの作成、小説執筆など創作活動への活用、商品開発への活用）も行う。

予測 OPF を通じて、それぞれがデータを提供するだけでなく、独自の分析・活用ができるようになるなど、より積極的・主体的に予測に関与できるようになる点に特徴がある。

3.3.2 想定される利用手続

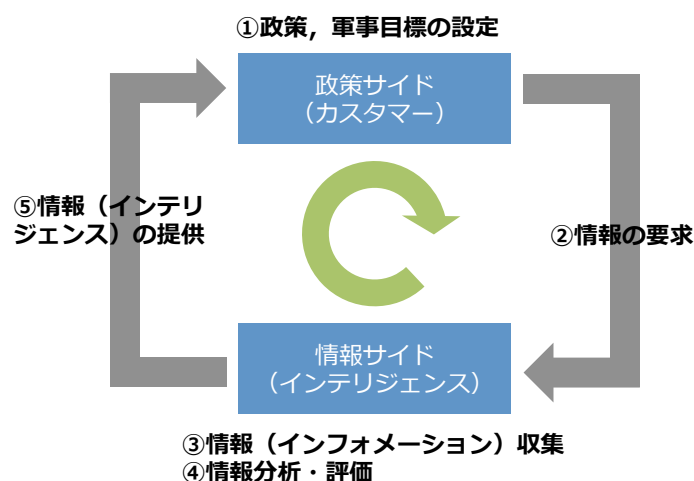
前節などでも述べたとおり、予測 OPF はこれが構築されることによって、各ステークホルダーに対して独自の予測をも可能にする新しい機能と価値を提供するが、その主たる目的は“政策に資する情報の提供”にある。したがって、情報の要求と提供や、自発的に収集分析した情報の提供などいわゆる情報の利活用サイクルに従った情報の利活用を想定する。

▼ コラム：インテリジェンス・サイクル

科学技術予測やその関連における情報利活用の手続についてのまとまった文書や事例は見当たらないが、スコープを広げて、政策等における情報の活用に目を向けると、特に軍事史研究等の分野で様々な概念や事例の研究が行われている。

例えば文献 [9] では、インテリジェンスを「政府の組織によって分析・加工され、政策や戦略の指針となる情報」と定義した上で、これらのインテリジェンスを活用するための仕組みとして、“インテリジェンス・サイクル”といった概念が特に米国と英国において提示・研究されていることを紹介している。

この“インテリジェンス・サイクル”について、文献 [10] では図表 A1 のような整理を行っている。



図表 A1. インテリジェンス・サイクル (文献 [10], p.318 図⑦を基に作成)

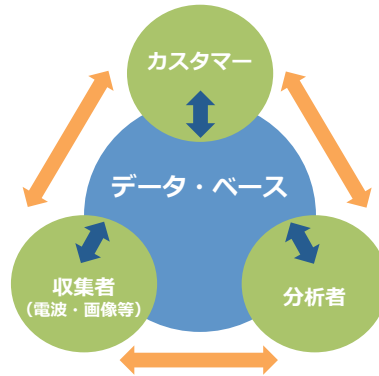
基本的に、情報に関する作業は政策サイド (カスタマー) からの依頼に応じ、情報サイド (インテリジェンス) が情報の収集、分析、評価を行って、政策サイドに返す、ようなもので、返ってきた情報をみて、政策サイドは必要に応じて再び要求を出す。というサイクルになっている。

文献 [10] では「どのような優秀な情報機関が存在していても、それを何らかの目的につなげることができなければ、それは宝の持ち腐れとなる。したがって、インテリジェンスサイクルは、インテリジェンスとカスタマーを結びつける重要な概念である。」としている。

文献 [9] ではさらに、このインテリジェンス・サイクルに関して深い論考を行った Herman の論文 [11] についても紹介している。ここでは、Herman の主張として上述した政策サイド起因の情報要求に従うインテリジェンス・サイクルの流れ“プル (Pull)”だけではなく、「政策サイドにとって有益であろうと情報サイドが判断した情報を自発的に提供する」情報サイド起因の“プッシュ (Push)”というサイクルの流れがあり、その有用性を指摘している点が記載されている。

また、文献 [12] では、これらの一方向に流れるサイクルは古典的なモデルであって (情報技術が高度化した) 現状には即していないとし、インテリジェンス・サイクルにおけるアクターをカスタマー、収集者、分析者に再整理した上で、各アクターが相互に情報をデータベースに投入したりアクセスし、その上で相

互に要求も出し合いながら作業するようなモデルへの更新が必要となっていることを指摘している（図表 A2）。



図表 A2. インテリジェンス・サイクル（文献 [12],p.25 を基に作成）

米国の統合参謀本部が作成した文献 [13] でも、政策等における情報の利活用について、文献 [12] の思想と類似したインテリジェンス・プロセス (The Intelligence Process) を提示しており、ここでも、基本的には情報の要求から提示は一定のプロセスに従うものの、このプロセスは状況に応じてショートカットされたり意思決定者が必要な生データにアクセスできたりする、といったモデルが示されている（図表 A3）。



図表 A3. インテリジェンス・プロセス（文献 [13],Figure I-3 を基に作成）

これまでの予測に関する作業を概観すると、科学技術予測調査は情報の利活用サイクルで言えば、情報サイド（予測センター）の知見に基づいて情報を提供する Push のサイクル、行政サイドからの要請に応じて適時応答する情報が Pull のサイクルであったと言える。

予測 OPF はどちらかという、これを文献 [12] や文献 [13] のモデルに変換し、各ステークホルダーからの情報へのアクセス性を改善するとともに、即応性と調査範囲を拡大しようとする試みと言

い換えることができる。

つまり、予測 OPF は情報の利活用サイクルにおいては、各ステークホルダーが生データを含む、様々なレベルの予測情報にできるだけすぐにアクセスできるようにしつつ、どのステークホルダーがどのような情報にアクセスしているかのログ自体も蓄積することで、相互の関心なども雰囲気 (Awareness) として共有しながら、各自が各々の役割・立場に応じた深い分析・洞察や適切な要求を出し合える環境・仕組みを構築することを目指している、と表現することができる。

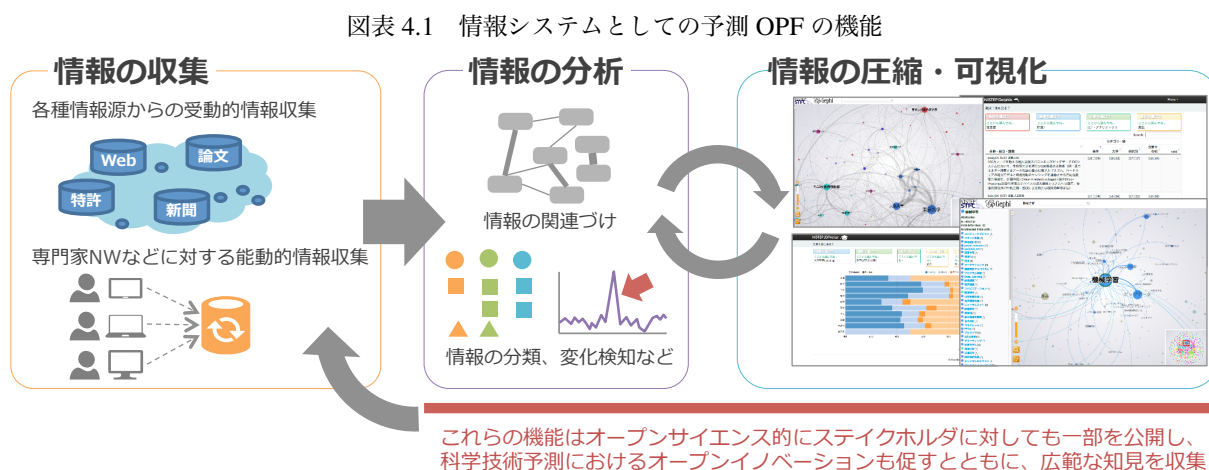
その他、各種の文献からの示唆としては、政策 (行政) 側との緊密な対話・連携が必須のものであり、システムは情報サイドの都合だけで構築できるものではないことが示されている。これはサービス工学的なステークホルダーを含めた形でのシステムデザインの必要性を強調するものであり、我々の開発方針を支持していると捉えることができる。

4 予測 OPF の現状

予測 OPF は共創的に開発するという特性上、事前に全ての機能を開発することができなかった。同じく、この開発スタイルにより一般的な論文のスタイルにのっとった記述が困難である。以下では、まず何度かの試行を経て進んできた予測 OPF の現状及び経緯を紹介する。

4.1 予測 OPF v.2016.05

現状（2016年5月現在）における情報システムとしての予測 OPF は基本的なデータマイニングの仕組みをフォローするものとなっている。具体的には、図表 4.1 に示したとおり、情報を収集し、分析し、可視化する仕組みを構築している。



4.1.1 情報の収集と蓄積

このデータを含む情報の分析に先立って、分析の対象となるデータや情報は最重要の要素である。

■情報収集スタイルによる情報種別 収集するデータについて、予測センターでは潜水艦のソナーに着想を得て、アクティブ (Active:能動) とパッシブ (Passive:受動) の2種類に分けて整理している。

アクティブな情報収集は、専門家に対するアンケートやインタビューなど、予測センターをはじめとする収集者が設定した内容について、直接質問・聴取するものである。自身で内容や聴取対象を設定できることから、ある程度領域や粒度のそろった深い情報の聴取が可能である。既存のデルファイ調査はアンケートであるのでこちらに相当する。

パッシブな情報収集は、Web上のデータを収集 (Crawling) することをイメージしている。基本的には予測センターなど収集者側の意図とは関係なく生成されたデータを収集するものである。例えば、論文や特許は科学技術政策を考える上でも重要なデータとなるが、収集者側の意図とは無関係に生成されているため、分析したい内容に対して必要・十分なものがあるとは限らない。広く浅く、全体を俯瞰するような種別のデータとなる。

■パッシブ情報の収集に対するスタンス アクティブ情報については、質問紙法、構造化インタビュー、半構造化インタビュー、参与観察など社会学をはじめ様々な分野で調査方法が確立されており、予測活動の中でも方法論が存在していると想定される。

一方、パッシブ情報はこれまで十分に対応できていなかった部分があり、これらの背景から、現状の予測 OPF においてはパッシブ情報の収集を特に支援している。

パッシブ情報に属するデータや情報は時間の経過とともに価値を失うものや、時系列で蓄積されることで価値が向上するものもある。加えて、現状ではどのような情報が予測活動にとって有効であるかも明らかではないし、現状有効であったものが将来的には価値を減じたり、現状においては有用ではない情報が将来的に価値を生じる可能性もある。

3.2.3 節にて述べたとおり、大量のデータや情報を分析するための要素技術は多数開発されており、活用も容易であるという背景も加味すると、できるだけ幅広く最新の情報を収集し、蓄積しておくことが望ましい。

一方で、予測センターのリソースだけであらゆる情報を網羅することも困難である。そこで、現状では現実的な範囲で収集可能なデータを、できるだけ自動的に収集する仕組みを構築している。

■現在収集しているパッシブ情報 現在収集しているパッシブ情報の種類や収集手法、蓄積されているデータ量を図表 4.2 に示した。このほか、NISTEP 全体としては論文や特許などに関する更に多くのデータも有しており、これらのデータも掛け合わせながらデータの分析に当たっている。

図表 4.2 現在収集しているパッシブ情報（一部）

データ	情報源	収集手法	蓄積データ数
日本語論文データ	CiNii	定期, 手動	約 130 万件
大学等ニュースリリース等	各機関 Web サイト	自動, 毎日	約 10 万件
企業ニュースリリース	各企業 Web サイト	購入	約 11 万件
科学技術白書	文部科学省	定期, 手動	54 年分
情報工学系会議のプログラム	各会議 Web サイト	不定期, 手動	約 50 回分

図表 4.2 のうち、「大学等ニュースリリース等」については、大学や研究機関のニュースリリースや、科学技術関連のニュース記事を自動収集しているもので、毎日 1 回各機関のサイト等を巡回して情報を収集している。収集・表示インタフェイスを図表 4.3 に示した。

4.1.2 情報の分析

情報の分析については、予測に有用な分析手法を検討している状況で、様々な既存手法を適用した分析を試みている段階にある。

例えば自由記述コメントや論文概要など、いわゆる非構造データについては、形態素解析にかけて単語に分解して、構造データはそのままの形で、トピックモデルを用いた分類を行ったり、要素間の類似度を算出する、単語の共起関係からなるネットワークを構築してコミュニティを検出する、といった処理を行っている。また、これらの手法を組み合わせた時系列文書の変遷分析 [14] など

図表 4.3 大学等ニュースリリース等の収集機能 (Horizon Crawler)

The screenshot shows the Horizon Crawler web interface. At the top, there is a navigation bar with 'HORIZON CRAWLER' and several menu items: '研究機関管理', 'クローラ管理', '分析ツール', and '管理ツール'. Below the navigation bar is a 'Home' link. The main heading is 'HORIZON CRAWLER'. A brief description follows: '本システムは、ホライズンスキヤニングに関わるプレスリリースの収集と閲覧を行うモノです。プレスリリースからの研究開発および産業動向の簡易分析機能もついています。'

There are two main sections:

クローラ履歴(新着5件)

クローラ履歴一覧

ID	日時	クローラ対象	新着	内容	実行方法	結果	操作
26074	2016-05-18 02:18:52	九州大学 プレスリリース	1	他のクローラ対象により、1件のデータを取得しました。	CRON	成功	詳細
26073	2016-05-18 02:18:52	九州大学 研究成果	1	クローラ処理により、1件のデータを取得しました。	CRON	成功	詳細
26068	2016-05-18 02:18:43	NHE NEWS WEB 科学ニュース	5	クローラ処理により、5件のデータを取得しました。	CRON	成功	詳細
26067	2016-05-18 02:18:30	マイナビニュース テクノロジー	12	クローラ処理により、12件のデータを取得しました。	CRON	成功	詳細
26063	2016-05-18 02:17:51	東京大学 医学系研究科 広報・プレスリリース	1	クローラ処理により、1件のデータを取得しました。	CRON	成功	詳細

プレスリリース収集状況(新着10件)

クローラ結果一覧

ID	日付	記事の種類	タイトル	クローラ対象	操作
135649	2016-05-17	解明 (わかった)	脳の神経活動の空間パターンは脳血流のパターンに写し取られる～安静時脳活動の詳細な時空間構造を神経発火と脳血流の両面から解明～	九州大学 プレスリリース 九州大学 研究成果	分析 詳細
135648	2016-05-17		情報通信・放送の分野で功績の技術者など表彰	NHE NEWS WEB 科学ニュース	分析 詳細
135647	2016-05-17		日本語学校の学生が犠牲に 感染広がり9人発症	NHE NEWS WEB 科学ニュース	分析 詳細
135646	2016-05-17		脳科学研究で連携強化へ G7 科学技術相会合が閉幕	NHE NEWS WEB 科学ニュース	分析 詳細

行っている。

前述のとおり、これらは基本的に収集してきたデータに対して既存手法をそのまま、若しくは組み合わせ合わせて適用しているもので、新たな手法自体を提案・開発しているものではない。

今後注目される技術としてはデータからの変化点・異常検出が挙げられる。

4.1.3 情報の圧縮・可視化

収集・蓄積された（アクティブを含む）情報や分析結果の圧縮・可視化については、分析者が定型かつ複雑な作業を迂回して仮説生成などの分析作業に集中できることを念頭に、インタラクティブ性の高いインタフェースを採用しながら開発を行っている。

ここでは Javascript ベースの可視化ライブラリである D3.js や、ネットワーク分析ツールである Gephi³のプラグイン Gexf-JS Web Viewer⁴を用いて目的を達成している。

情報の圧縮については、最も単純には蓄積しているデータの記述統計を出力する、といった形で提供する。やや高度なものでは 4.1.2 節で述べた各種の手法が情報圧縮にも対応しているほか、多次元尺度法など、一般的な手法で実現している。

仕掛け自体はこのように非常にシンプルであるものの、例えば、これまで困難であったアンケート項目間のクロス分析や、回答者の属性や回答内容に応じた層化などを実現している。

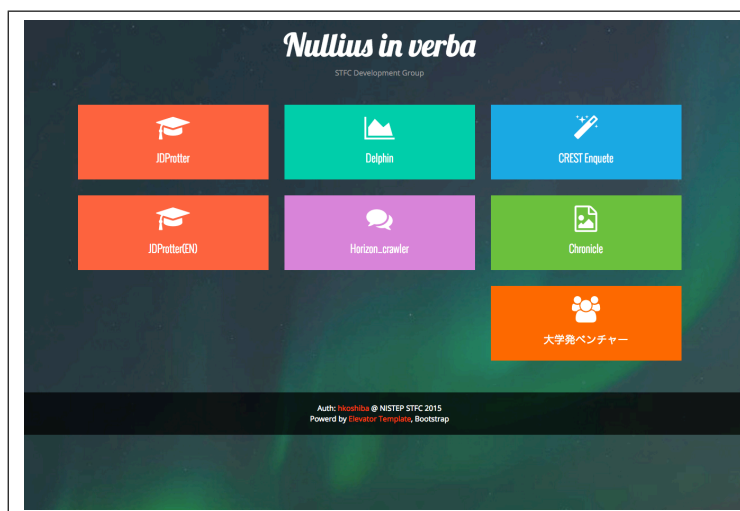
³ <https://gephi.org/>

⁴ <https://marketplace.gephi.org/plugin/gexf-js-web-viewer/>

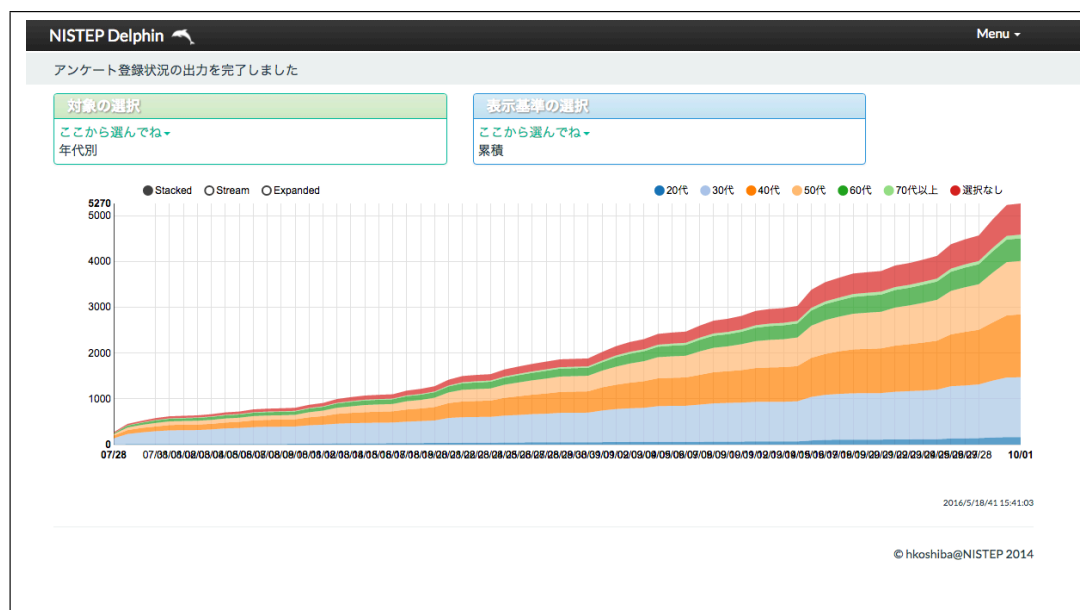
可視化例の一部を図表 4.4 から 4.10 に示す。各機能は基本的に画面遷移をほとんど伴わないインタラクティブな操作が可能で、例えば、棒グラフは表示形態を積み上げにしたり、属性ごとにばらして並べたり、特定の属性を消去したり、といった作業も容易に実現できる。また、csv 形式でデータをダウンロードできる。ネットワークなどのデータは拡大縮小して、全体感を把握したり、細部を確認することが容易にできる。

これらの機能はステークホルダーの対話に応じて機能を拡充したり削除をした結果として実装されている。

図表 4.4 予測 OPF トップページ



図表 4.5 アンケート回答者数、日ごと推移 (回答者年代別)



図表 4.6 アンケート項目間比較

NISTEP Delphin Menu ▾

完成！他も見る？

設問を選ぼう

ここから選んでね
重要度

基準を選ぼう

ここから選んでね
年代?

分野を選ぼう

ここから選んでね
ICT・アナリティクス

種別を選ぼう

ここから選んでね
実数

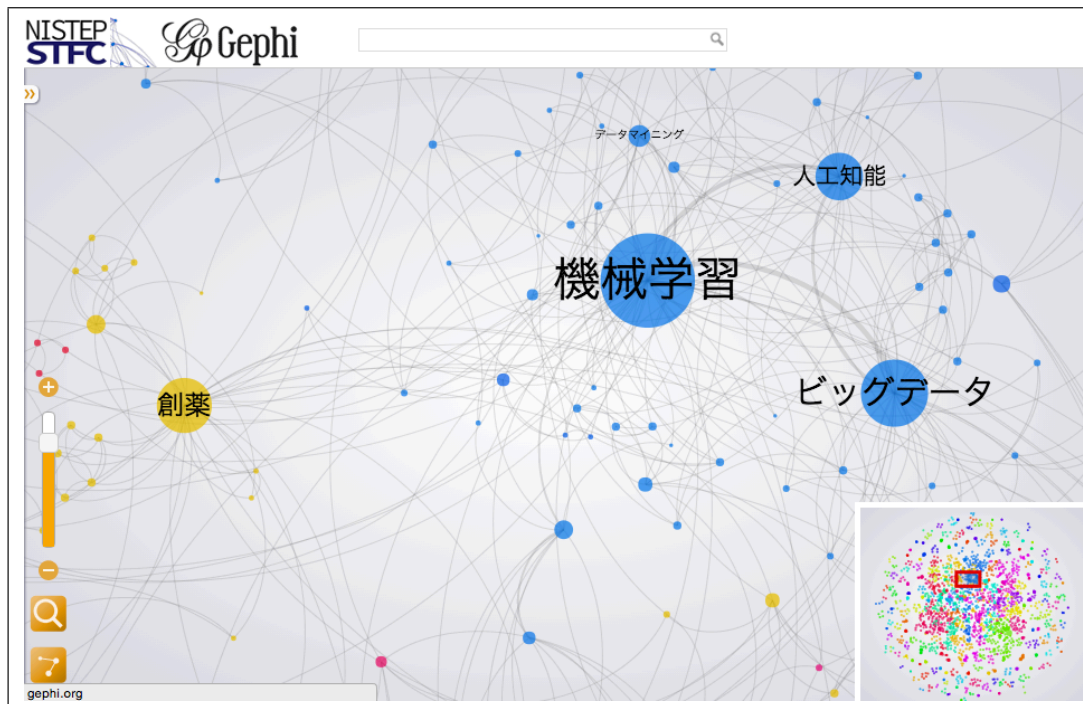
Search:

分野・細目・課題	全体	カテゴリ別			
		青年 ▾	中年 ▾	老年 ▾	なし ▾
0101_003 【ICT】 細目:人工知能 高齢者や障害のある人が、人間による介護なしに普通の社会生活を送ることができるような自立支援システム	3.7 (174)	3.9 (32)	3.7 (94)	3.5 (23)	3.8 (25)
0107_065 【ICT】 細目:ソフトウェア 物理的誤動作が人間の命や健康に影響を与えるシステム（ロボット、自動運転車、医療システムなど）のソフトウェアを解析し、安全に動作することを確認する技術	3.6 (70)	3.9 (14)	3.6 (38)	3.7 (7)	3.4 (11)
0108_069 【ICT】 細目:HPC エクサスケール・ペタスケールのHPC・ビッグデータ処理技術の社会現象・科学・先進的ものづくりなどへの適用による革新（例：全地球規模社会シミュレーション・病理診断や治療に繋がる脳や人体の機能シミュレーション・通常のシミュレーションの数万倍の大量な計算を要する逆問題を解くことによる設計最適化）	3.7 (154)	3.8 (50)	3.7 (70)	3.6 (11)	3.8 (23)
0101_002 【ICT】 細目:人工知能 危険を伴う道路・鉄道・電線などのメンテナンス作業を、専門知識とスキルをもつ多数の作業員と連携しながら行うロボット（社会実装：メンテナンス作業の過半数がロボットによって行われる）	3.6 (155)	3.8 (32)	3.6 (81)	3.5 (22)	3.5 (20)
0108_073 【ICT】 細目:HPC 100万ノードを超える超大規模スパコンおよびビッグデータIDCシステムにおいて、性能電力比を現在の100倍高める技術（例：高エネルギー消費するデータ転送の最小化等アルゴリズム、ハードウェアの電力モデルと環境情報のセンシングを連動させる自動消費電力最適化、近閾値電圧(Near threshold voltage)回路やSilicon Photonics次世代省電力デバイスの超大規模システムへの適用、先進的液浸冷却や熱圧縮・回収による新たな超高効率冷却法）	3.8 (104)	3.8 (29)	3.8 (53)	3.6 (5)	3.9 (17)
0109_080 【ICT】 細目:理論 プライバシーを保ったデータ活用手法の開発とその理論的保証（技術的実現：安心な電子投票や電子カルテ共有を実現するための、プライバシー情報を漏らさずにデータを活用する手法開発と理論的保証、社会実装：理論的安全性を与える標準化と法規制を基盤にした安全性の社会への説得と、それによるデータ活用による社会発展）	3.7 (70)	3.8 (24)	3.7 (33)	3.2 (5)	3.5 (8)

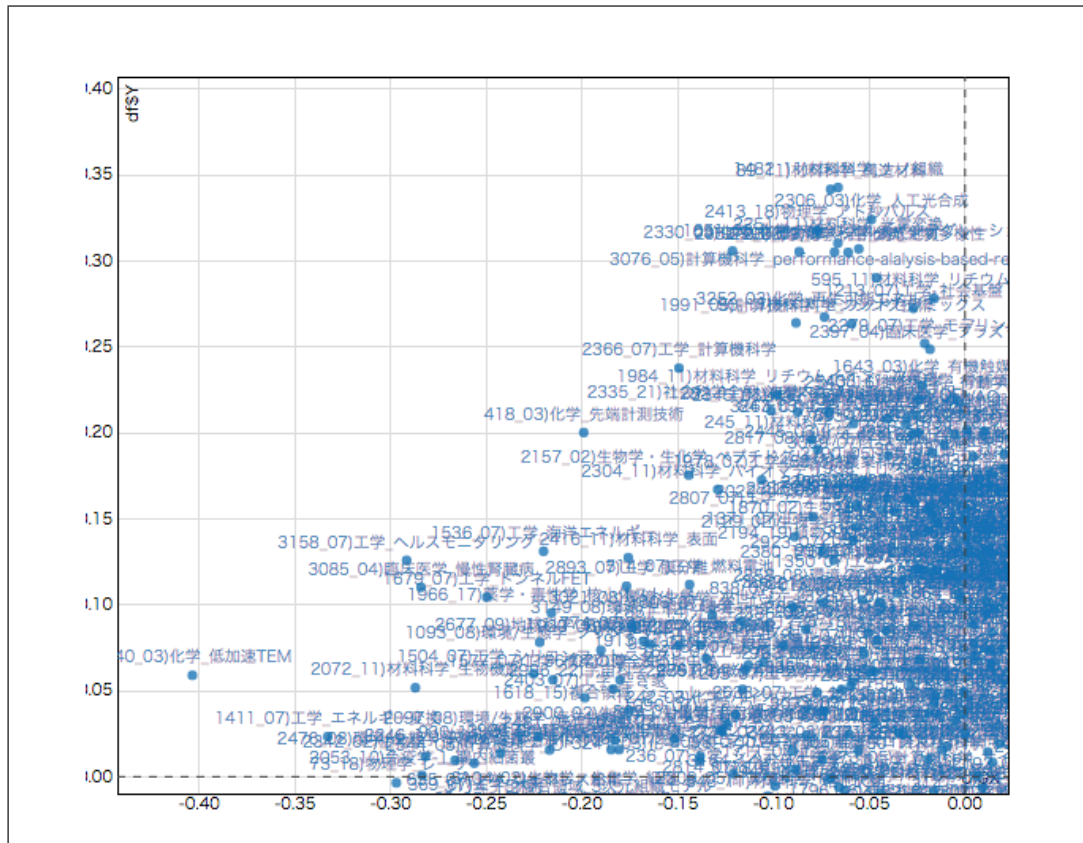
図表 4.7 アンケート個別設問内の回答分布（年代別）



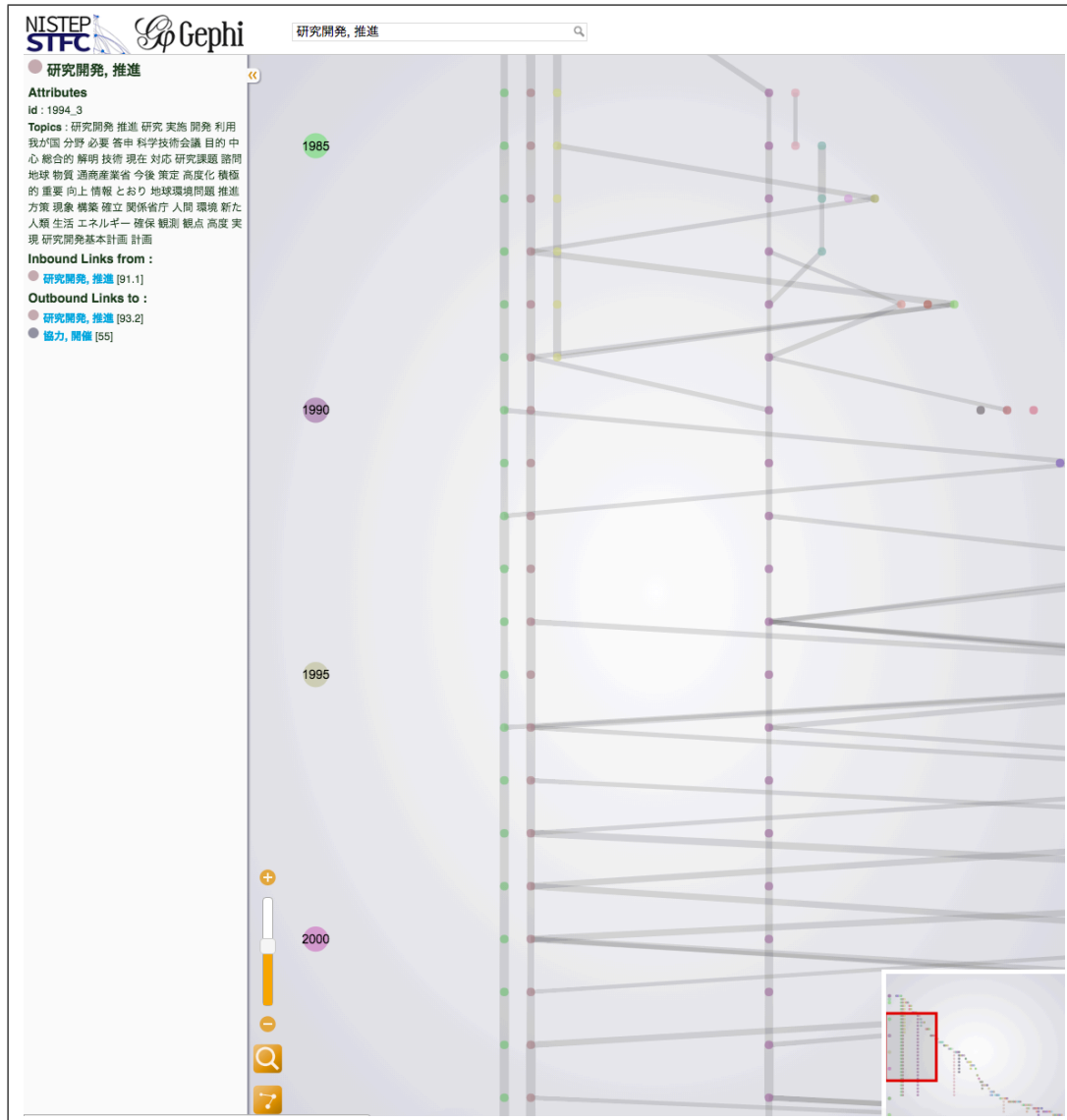
図表 4.8 アンケート回答キーワードの共起関係可視化



図表 4.9 自由記述内容の類似度マッピング



図表 4.10 時系列文書の変遷可視化



4.2 予測作業の高速化：第 10 回科学技術予測調査内での試行

事前に要求や機能が定義できないような領域で共創的に（サービス工学的に）開発を行う上では、確実に必要とされており、利用者が明確な箇所から作業を進めることが望ましい [8]。

そこでまずは第 10 回科学技術予測調査においてデルファイ法によるアンケート結果の集計を高速化、高度化することから始めた。

第 10 回科学技術予測調査以前は紙ベースでデルファイ法によるアンケートを行っていたが、第 10 回科学技術予測調査では、これを Web アンケートに移行するべく試行をしていた。しかしながら、結果は csv の形式で提供されており、調査分野ごとに割り振られた担当者が、表計算ソフトを用いて適時必要な集計を行うことになっていた。

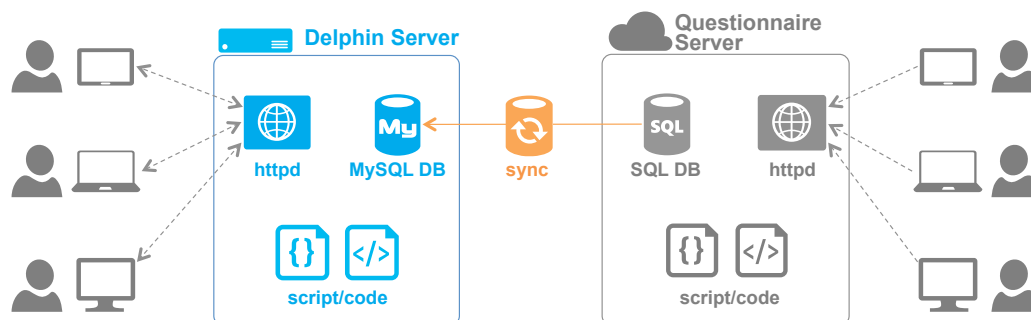
ここで分析担当者は必ずしも情報技術の専門家ではないため、大量データの取扱いは得意ではなく、単純集計を行いグラフ化するだけでも多大な時間を費やしていたり、あるアンケート項目の結果を年代や博士号の有無といった回答者の属性ごとに区切って出力する、といった単純集計よりわずかに範囲を広げた分析に興味があっても実現できない、といった状況が散見された。また、担当者ごとにデータを管理するために、取りまとめたデータの形式が統一されていない、操作ミスなどにより、オリジナルデータが失われる可能性があるなどデータの正当性が担保されない、といった状況も散見された。

そこで、予測 OPF のファーストステップとして、この集計・可視化を提供することに目標を定めて、この機能を Delphin と名付け、予測 OPF の開発を開始した。

Delphin は基本的には、各分析者が行っている作業を自動化しようとしたものである。さらに、これに付随してデータをデータベースで一元管理することになるため、各担当者はデータの管理についても感知する必要がなくなった。また、自然言語処理などの手法を取り入れて、これまで定量的な解析のできていなかった、「科学技術予測課題」の間の関係性（分野・細目間での類似性）や、自由記述コメントの分析・可視化を行う仕組みなども実装した。

機能の詳細等については参考文献 [15] に譲り、ここでは割愛するが、図表 4.11、4.12 に示したような構成・出力を実現し、予測調査の中で活用した。

図表 4.11 Delphin の構成図（参考文献 [3] より抜粋）



図表 4.12 “Delphin” の画面出力例 (参考文献 [3] より抜粋)



- 1: 特定課題のデルファイラウンドごとの比較
- 2: 1をさらに専門調査員とそれ以外で層化
- 3: 2の実現年 (10年刻みで集約)
- 4: 2の実現年 (1年刻みで集約)
- 5: 重要度の課題間比較 (実数)
- 6: 重要度の課題間比較 (順序)
- 7: 自由記述の係り受け解析結果

結果として、分析担当者はこれまで確認しづらかった年代ごとの回答特性の違いなども、容易に確認できるようになった。また、これまではアンケート期間が完了するまで、状態を把握することが困難であったが、適時、状況を確認できるようになった。

関連して、利用者から分野ごとの回答者数状況も可視化してほしいという要望が寄せられ、機能の追加実装も行った。これにより、分野ごとの回答者数の偏りなどが把握できるようになり、回答数の伸びが思わしくない箇所については、追加の回答を募るなどの施策を実施できた。

4.3 予測作業の高度化：戦略目標等の策定に資する調査での試行

科学技術予測調査は予測センターが自ら企画し実施するものであるが、行政の求めに応じて実施する予測調査も存在する。

例えば、予測センターでは、戦略的創造研究推進事業等において国がトップダウンで定める戦略目標等の策定に活用することを目的に、基礎研究を初めとした研究動向の分析に資するアンケートに協力を行っている。具体的な協力内容は予測センターが有する約 2,000 名の有識者へのアンケート送付と、その結果の取りまとめである。

そこで、この調査も予測 OPF の開発プロセスに組み込んで、予測に関する分析機能の強化・行政側の政策決定支援に取り組んでいる。

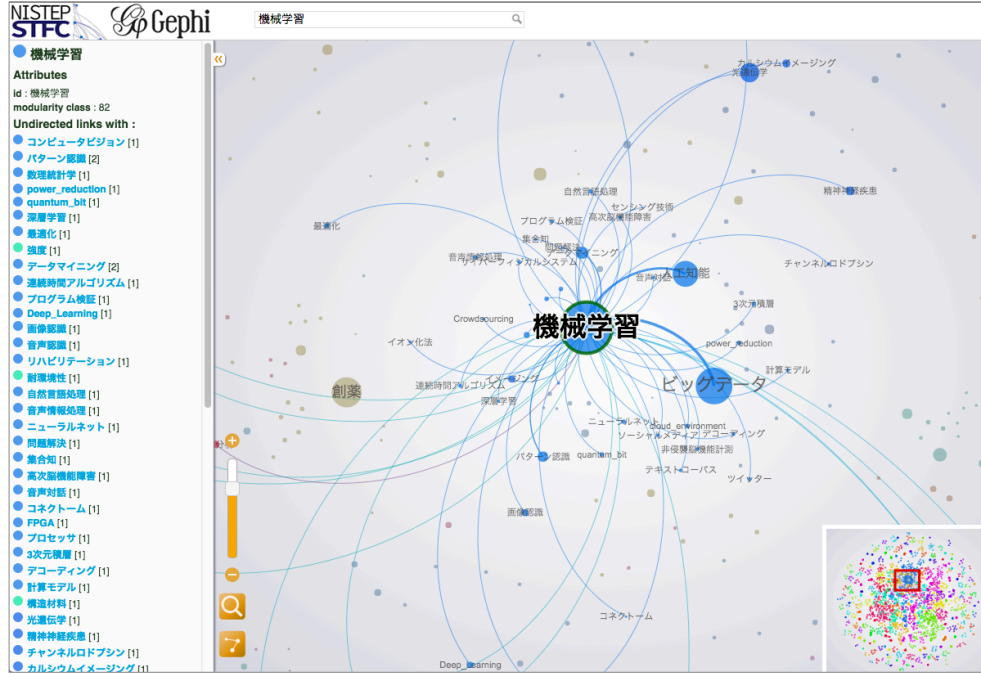
この研究動向アンケートでは、サイエンスマップをはじめとする様々な資料を基に、今後重点的に投資することで大きな進展が見込まれる研究動向の概要、関連するキーワードや研究者を質問している。予測センターでは、「ネットワーク（無向グラフ）」を用いた関係の可視化、による分析支援に取り組んでいる。

例えば、キーワードとして「ビッグデータ、人工知能」という回答と、「人工知能、機械学習、行動予測」という回答があったとする。このとき、「ビッグデータと人工知能」「人工知能と機械学習」「人工知能と行動予測」「機械学習と行動予測」の間にそれぞれ関連があるとみなし、線をつないでマップとして表示する。これにより、「ビッグデータと行動予測に関係があるかもしれない」など、単なる文字の羅列や、カウントアップだけでは得にくい気づきが得られる可能性がある。可視化した例を図表 4.13,4.14 に示した。

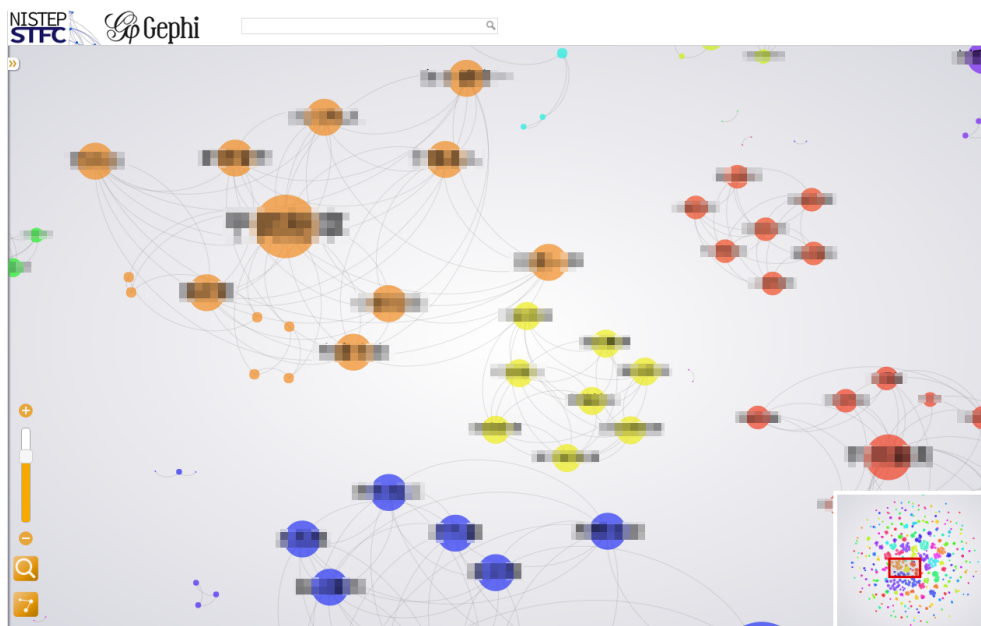
関連する研究者についても同様であり、異なるキーワードや研究者集団をつなぐハブになる研究者を見付けられる可能性がある。

これらの結果については、戦略目標等の策定に携わる文部科学省内の関係者に対して Web を通じて提供しており、実際の政策検討に利用いただいた。

図表 4.13 キーワードによるネットワークの例



図表 4.14 研究者によるネットワークの例（※掲載に際し実名部分にモザイク処理を適用）



4.4 予測関連データの収集・分析

予測 OPF のモジュールとして Delphin を開発したことにより、予測調査の一部について高速化できることのめどがついた。また、これに加えて実施した戦略目標等の策定に資する調査への協力を通じて、分析・可視化についても一部試行できた。

しかしながら、データの中でもパッシブ情報の収集は未着手であったほか、分析・可視化についても多くの検討の余地を残していた。

そこでパッシブ情報を収集し、その時系列的発展を自動的に分析・可視化する仕組みを構築した [14]。

ここでは、まず 53 回（53 年）分の科学技術白書を対象に、記述内容の時系列的発展・縮退の自動抽出と可視化を試み、科学技術政策の変遷を俯瞰することを試み [14]、一定の有用性を確認した。

しかしながら、科学技術政策については、インテリジェンス・サイクルのカスタマーである行政官は日常業務の中で周知していることもあいまって、単体ではトリビアにしかならず、社会の動きなど他の情報との連携が必要であることが明らかになった。

社会の情報については、すぐに利用可能で有用そうなデータもないことから、情報の収集の仕組みから着手し、大学・研究機関等のニュースリリースや科学技術関連ニュースを自動収集する仕組みである Horizon Crawler（4.1.1 節参照）を構築するとともに、東証 1 部上場企業のうち 200 社のニュースリリースについてそれぞれ 5 年程度分を購入し、社会側の科学技術に関連した動向の分析を実施している。

4.5 その他の応用例

科学技術の動向を予測する上では、論文や特許といったデータだけでなく、博士人材の就業状況や、科研費をはじめとするファンドの状況など様々な要素が関連する。

NISTEP では、論文の書誌データの分析や、大学発ベンチャーの特許分析、博士人材の追跡調査、科学技術に関するファンドの分析などを行っており、これらのデータも予測に有用と言える。また、これらのデータの分析にも予測 OPF の一部機能は有用と考えられる。

そこで、現在予測 OPF では博士人材追跡調査や大学発ベンチャー特許データ、ファンディングのデータも取り込んで分析・可視化する仕組みも盛り込んでいる。

現状では各分析は独立した機能となっており、連携をしていないが、将来的にはこれらのデータを連係させ、予測に活かせるようにする計画である。

5 まとめと今後の課題

本レポートでは、科学技術予測センターで開発している予測オープンプラットフォーム（予測OPF）の構想と現状について述べた。

予測OPFは、サービス工学における共創の概念や政策における情報利活用のサイクルを念頭に利活用に関する人的・制度的側面まで考慮しながら、また、集合知やオープン・サイエンスも踏まえて、アジャイル的に開発している予測のための仕組みである。

技術面においては、ビッグデータの解析などに用いられているデータ・サイエンスの知見を活用し、ステークホルダー間での円滑な情報流通を支援しようとしている。

現在は情報源や手法を探索的に充実している段階であり、各機能の有機的な結合にまでは至っていないものの、一部は政策意思決定や分析の実務の中で活用が進められつつある。

予測OPFの取組は第5期科学技術基本計画に言う、Society5.0や「政策のための科学」を体現するものでもあり、今後も共創的に価値を高めていく予定である。またその際に、JST RISTEX(社会技術研究開発センター)の政策のための科学(SciREX)プログラムで構築されている枠組みなど、類似関連する取組とも連携し、効率的・効果的な作業の推進を行いたい。

■今後の課題 今後の課題としては以下のようなものが挙げられる。

- 一般市民を含む、非組織的な専門家の参画と利用の手続
- 上記の組織による権威付けや品質の担保がなされていない専門家の“正当性”と成果の質の確保
- オープン・クローズ戦略

参考文献

- [1] 内閣府総合科学技術・イノベーション会議. 第5期科学技術基本計画. (平成28年1月22日, 閣議決定). URL: <http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html>.
- [2] 文部科学省科学技術・学術政策研究所. 第10回科学技術予測調査 分野別科学技術予測, (2015年9月). URL: <http://hdl.handle.net/11035/3079>.
- [3] 文部科学省科学技術・学術政策研究所. 第10回科学技術予測調査 国際的視点からのシナリオプランニング, (2015年9月). URL: <http://hdl.handle.net/11035/3079>.
- [4] 小柴等, 林和弘. オープンデータによるオープンサイエンスの推進. 人工知能 (人工知能学会誌), Vol. 31, No. 2, pp. 262–268, (2016年3月). URL: <http://ci.nii.ac.jp/naid/40020750066/>.
- [5] 吉川弘之. サービス工学序説 –サービスを理論的に扱うための枠組み–. *Synthesiology*, Vol. 1, No. 2, pp. 111–122, (2008年8月). URL: <http://dx.doi.org/10.5571/synth.1.111>.
- [6] 上田完次. 研究開発とイノベーションのシステム論. 精密工学会誌, Vol. 76, No. 7, pp. 737–742, (2011年1月). URL: <http://dx.doi.org/10.2493/jjspe.76.737>.
- [7] 上田完次. 人工物と価値の共創: インタラクティブ・ソサイエティの時代のドミナント・ロジック. 設計工学 (日本設計工学会誌), Vol. 49, No. 7, pp. 319–327, (2014年7月).
- [8] 小柴等, 竹中毅, 本村陽一. ステイクホルダ分析と実データに基づく経営者支援システムの開発. 人工知能学会「社会におけるAI」研究会 第14回研究会, (2012年3月). URL: <https://goo.gl/a1cFD0>.
- [9] 小谷賢, 落合浩太郎, 金子将史. 世界のインテリジェンス – 21世紀の情報戦争を読む. PHP 研究所, (2007年).
- [10] 石津朋之, 永末聡, 塚本勝也. 戦略原論. 日本経済新聞出版社, (2010年).
- [11] Michael Herman. *Intelligence Power in Peace and War*. Cambridge University Press, (1996年).
- [12] 太田文雄. 国際情勢と安全保障政策. 芙蓉書房出版, (2010年).
- [13] Joint Chiefs of Staff. The Joint Publications: JP 2-0, Joint Intelligence, (2013年10月). URL: http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jointpub_intelligence.htm.
- [14] 小柴等, 林和弘. オープンな行政文書を対象としたトピック変遷の分析: 科学技術白書の時系列分析. 第12回情報プロフェッショナルシンポジウム, Vol. 2015, pp. 115–118, (2015年12月). URL: https://www.jstage.jst.go.jp/article/infopro/2015/0/2015_115/_article/-char/ja/.
- [15] 小柴等, 林和弘, 重茂浩美, 古川貴雄, 小笠原敦. デルファイ調査分析システム “Delphin” の構想と開発. 研究・技術計画学会 第29回年次学術大会講演要旨集, (2014年10月). URL: <http://hdl.handle.net/10119/12549>.

NISTEP NOTE(政策のための科学)
No.22

予測オープンプラットフォーム開発に向けた取組

2016年8月

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
小柴 等、赤池 伸一、林 和弘

〒100-0013 東京都千代田区霞が関 3-2-2 中央合同庁舎第7号館 東館 16階
TEL: 03-3581-0605 FAX: 03-3503-3996

Development of Foresight Open Platform

August 2016

Hitoshi KOSHIBA, Shinichi AKAIKE, Kazuhiro HAYASHI
Science and Technology Foresight Centre
National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP)
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan

<http://doi.org/10.15108/nn22>



<http://www.nistep.go.jp>