

○山田智子（宮城大事業構想学研），藤井章博（文科省・科学技術政策研）

概要

本研究では科学技術政策の中で「情報通信分野」に焦点を当て、この分野に関連する調査研究文書を解析した。分野を特徴づける語彙に関する「シソーラス分析」を実施し、対象となる文書の特徴と相互関係を検証した。分析の対象として、文部科学省科学技術政策研究所が実施した「デルファイ調査」と「注目科学技術領域の発展シナリオ調査」で蓄積され、一般に公開されている資料を利用した。本分析は、科学技術政策の観点から特定の科学技術分野の変化を視覚的に把握する目的で行った。近年注目されているネットワーク分析の手法が、こうした文書間の関係、文書の分析にも有効であると考えられる。

1. はじめに

本研究は、情報通信分野の科学技術予測調査文書を事例として、文書の関係を定量的に分析し、特定科学技術分野の特徴を抽出した上で文書間の相互関係を把握し、政策文脈で分野の特徴を理解することを目的としている。

近年、ネットワーク分析^{[1][2]}が社会科学の多様な調査研究で盛んに使われている。人間関係などのネットワークを図にし、その構造を把握・分析するものである。

本研究では、情報通信分野の科学技術予測調査文書を事例としてネットワーク分析を行い、この分野の特徴を分析する。分析対象とする文書として文部科学省科学技術政策研究所^[1]が実施した技術予測調査「科学技術の中長期的発展に係る俯瞰的予測調査」^[2]より「デルファイ調査」^[3]と「注目科学技術領域の発展シナリオ調査（以下「発展シナリオ調査」）」^[4]で蓄積された技術予測文書を利用した。これらの資料に対して、(1)デルファイ調査結果と発展シナリオ調査の対応関係、(2)発展シナリオの相互関係、の構造を把握・分析を行った。定量的分析には形態素解析ツール「KH Coder」^[5]を使用し、発展シナリオの解析を行った。また、構造の把握には、ソーシャルネットワーク分析ソフトウェア「UCINET」^[7]を用いてネットワーク分析を行った。

2. 技術予測調査

2.1 背景

本分析では文部科学省科学技術政策研究所が実施してきた技術予測調査を利用した。以下でこの調査から得られる文書について概要を説明する。

文部科学省科学技術政策研究所は、30年に渡り技術予測調査としてデルファイ法を用いてきた。しかし、環境の変化や今後の科学技術政策の検討をするためには、デルファイ調査を補い、俯瞰性を高めることが必要である。以上の理由により、新たに発展シナリオ調査を含む3つの調査が実施された。

2.2 デルファイ調査

デルファイ調査とは、科学技術の中長期発展に関する専門家の見解を把握するためのアンケート調査である。デルファイ法を用いて、1971年より、8回実施されている。

デルファイ調査の特徴は、以下の通りである。

- ①科学技術のほとんどの分野を網羅していること、
- ②数千名の専門家の協力を得て実施する大規模な調査であること、
- ③今後30年間という長い期間を展望していること、
- ④過去35年にわたり、ほぼ同一の調査設計のもと継続的に実施されてきたこと、などである。

デルファイ法は全員参加式であるが、匿名方式であるから特定の人の意見に影響されず、極端な意見を排除するという特徴をもつ。利点は判断を必要とする問題を冷静に、客観的に探ることができ、不利な点は、「もっと良い技術が存在するだろう」旨の質問が蔓延することである。

第8回の調査では、次の2点を導入した。第1は、「分野・領域・予測課題」という階層構造である。第2は、技術の発展段階ごとの設問設定である。

2.3 注目科学技術領域の発展シナリオ調査

第8回の俯瞰的予測調査から取り入れられた、注目科学技術領域の発展シナリオ調査（以下「発展シナリオ調査」）は、科学・技術・社会の各分野において、主観的かつ規範的な将来のビジョンを描いてみるという意味において、従来から予測調査として行なわれてきたデルファイ調査を補完する位置付けにある。発展シナリオ調査は、その調査方法自体が我が国の俯瞰的な予測調査としては初めての試みである。

一方、将来の科学技術政策に対する具体的な戦略・戦術を考えるために、これまでも種々の調査が行われている。しかし、その多くは、過去・現在の状況分析をもとに、個々の問題点を

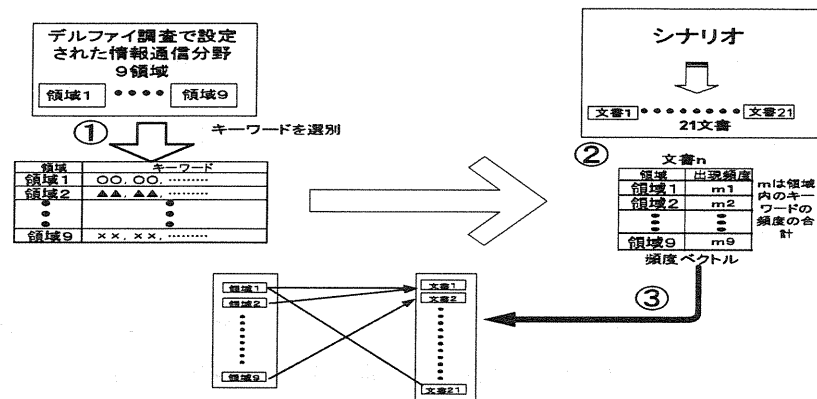


図1 デルファイ調査結果と発展シナリオ調査の対応関係の分析プロセス概念図

解決しようとするものである。しかしながら、想定される戦略（将来のビジョン）が、過去あるいは現在の問題への解決方法になり、戦術（対策）が後手に回る、という可能性がある。発展シナリオ調査では、将来ビジョンの不確定さという懸念をあえて容認したうえで、過去・現在の状況分析をもとに、まず、将来の発展シナリオを描き、その発展シナリオに向けてとるべきアクション（戦略・戦術）を引き出そうとするものである。発展シナリオ調査では、今後10～30年程度を見通した場合に、社会・経済的な貢献が大きい科学技術領域、革新的な知識を生み出す可能性を持つ領域などを48領域を抽出されている。

3. 分析手法

3.1 デルファイ調査結果とシナリオ調査の対応関係の分析

デルファイ調査では有識者が検討し、科学技術全体を13の調査対象分野に分けている。情報通信は分野の一つで各分野には技術の範囲を規定する「領域」が定義されている。これは有識者のパネルによって議論の上で定められたもので、この「領域」を以下で述べる分析の基本単位として利用することにする。これにより「領域」と発展シナリオ調査で得られた文書との対応関係を分析し、分野の持つ特徴を分析する。

今回は13分野の中から、「情報通信」分野を対象に分析を行った。情報通信分野には表1に示す9領域が設定され、領域毎に各キーワードを選別した。

情報通信分野9領域と発展シナリオ文書の対応関係を調べるため、図1に図示したプロセスにより以下のプロセスで分析を行った。

- ①：それぞれの領域を特徴付けるキーワードを選別し、得られたキーワード群により分析対象の領域とした。
- ②：発展シナリオ調査から表2に示した21のシナリオを選び、①で得た領域毎のキーワードにより、各シナリオの（キーワード）頻度ベクトルを作成した。
- ③：領域の集合とシナリオ文書の集合を異なる頂点集合とする

2部グラフを作成し、頂点間のラベルとして出現頻度を付加した。

例えば、図1中の m_2 は、領域内のキーワードの出現頻度の合計を表し、表1で示したシナリオの一つ、例えば「3. 宇宙科学」を文書 n とし、その中でキーワードの出現頻度を計測した。これが m_2 となる。

表1 領域毎に選別したキーワード

情報通信の領域	選別したキーワード
1 超大型情報処理	高速、デジタル、広域、大量、技術、情報、モバイル、相互、融合、メディア
2 ハイブリッドデバイス・コンピュータ	高性能、科学、産業、高度、ハードウェア、ソフトウェア、ネットワーク、処理、資源
3 ヒューマンサポート(人間の知能支援)	能、支援、人、自然、環境、環境、記憶、整理、自律、判断
4 超トランスパレント環境(空間共有/ヒューマン・インターフェース(人間の能力支援))	感覚、仮想、空間、リアリティ、遠隔、感性、ロボット、共有、触覚
5 情報セキュリティ	安心、安全、社会、通信、防犯、監視、プライバシー、著作権、個人、ウィルス、スパム、防犯
6 社会システム化のための情報技術	ブロードバンド、生活、行政、セキュリティ、医療、金融、利用、法律、教育
7 情報通信新原理	量子、暗号、基礎、理論、独創、研究
8 ユビキタスネットワーク	IC、タグ、RFID、次世代、家電、ナノ
9 大規模ネットワークに耐えるソフトウェア技術	SOA、分散、複雑、大規模

表2 選択したシナリオ

シナリオ	テキストのバイト数
1. GPS技術による情報サービス	31.4KB
2. ヒューマノイド(人型ロボット)技術	40.6KB
3. 宇宙科学	89.9KB
4. 感覚補綴(ほてつ)技術	48.7KB
5. 環境修復技術	23.3KB
6. 環境問題解決のための科学技術指標	31.6KB
7. 基礎科学の位置付け	74.0KB
8. 経済変動の予測技術	35.6KB
9. 計測技術	11.6KB
10. 芸術文化遊びと科学技術	30.1KB
11. 災害後の復旧	30.9KB
12. 自動車社会	26.5KB
13. 情報技術による生物模倣	33.1KB
14. 情報通信システムにおける超低消費電力技術	21.6KB
15. 情報投資による効率向上	42.1KB
16. 超高速大容量ネットワーク	15.1KB
17. 超多品種少量自動生産システム	27.0KB
18. 長寿社会に対応する再生医療	45.9KB
19. 燃料電池開発と社会への普及	30.8KB
20. 計算機シミュレーションによる材料設計	34.9KB
21. 予防医学とリンクした食品科学	16.4KB

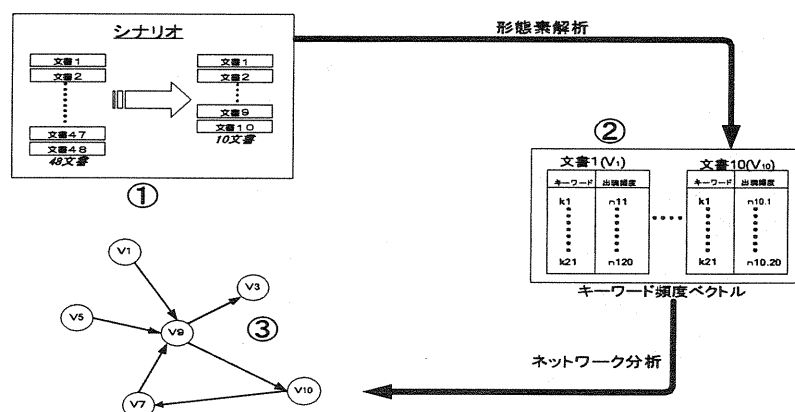


図2 シナリオの相互関係の分析プロセス概念図

分析で留意した点は、対応する領域を過不足なく正確に表すキーワードを選定するように努めたことである。考察で得られたグラフにより、領域群とシナリオ群の関係が視覚化でき、出現頻度の値が大きければ大きいほど、両者にはより密接な関係である。

3.2 シナリオの相互関係の分析

次に科学技術の特徴を抽出した上で、発展シナリオの関係の分析を行うために別のキーワードのセットを選別した。

表3 選別したキーワード

技術, ロボット, 科学, 工学, 処理, システム, 情報, 生産, 農業, コンピュータ, 基礎, 領域, 意識, 開発, 構造, 支援, 社会, 食料, 進展, 脳, 力

一方、発展シナリオ調査よりシナリオ文書を選択した。選択したシナリオは、以下である。

表4 シナリオ相互関係分析のために選択したシナリオ

シナリオ	テキストのバイト数
1. 情報通信環境	25.0KB
2. 科学技術進化モデルの再構築	22.0KB
3. ナノバイオ技術を利用した創薬	24.5KB
4. 脳科学に基づく認知と情動神経機構の統合的理解	21.7KB
5. 五感を活用するコミュニケーション	41.8KB
6. 超大容量情報処理デバイス	21.7KB
7. 生活支援ロボティクス	26.5KB
8. ソフトウェアエンジニアリング	43.2KB
9. 量子情報技術	27.3KB
10. 社会インフラの再生と維持管理	29.3KB

次に、シナリオ間の相関関係を分析するために行ったプロセスを示す。

- ①: 48あるシナリオ文書から表4の10文書を選んだ。
- ②: 別に選んだ技術分野のキーワード群により、各文書に対し

てキーワードの出現頻度を表す頻度ベクトルを形態素解析ツールを用いて作成した。

- ③: ②で得たベクトルの内積を求め、文書間の関連度を計算した。この値はシナリオ間の相関を見るため、大きければ大きいほど、両文書の関連性は高いと判断できる。③では関連性が高い関係だけを表示する。

- ④: 関連度に関値を設け、閾値以上の関係だけを視覚化したネットワーク図を作成した。

4. 分析結果

4.1 デルファイ調査結果とシナリオ調査の対応関係の分析

図3は、デルファイ調査9領域とシナリオ調査との対応関係を表した2部グラフである。この図において、領域(d i)とシナリオ(S j)が無向辺で連結していることは、3.1で述べたように、S jにd iで選別したキーワードの出現頻度がある閾値以上であることを意味する。図3は閾値100の場合のグラフである。

この図より、領域1「超大規模情報処理」(図3中、d 1)で揚げたキーワード、高速、デジタル、情報、モバイル等は、どのシナリオにも出現し、近年の高度情報化・デジタル・モバイル社会の進展と重要性がこの分析からも裏付けられる。同様のことが、ハードウェア、ソフトウェア、ネットワークなどのキーワード群で代表される領域2「ハイプロダクティビティコンピューティング」(図3中、d 2)についても言える。

一方、コンピュータやネットワークなどよりは最近の話題であるセキュリティ、ユビキタス領域などは、前者と比較するとその出現頻度が低く、今後重点的に効果的な施策や事業が必要とされる領域であることがグラフから見て取れる。他の閾値についても同様のグラフを得た。

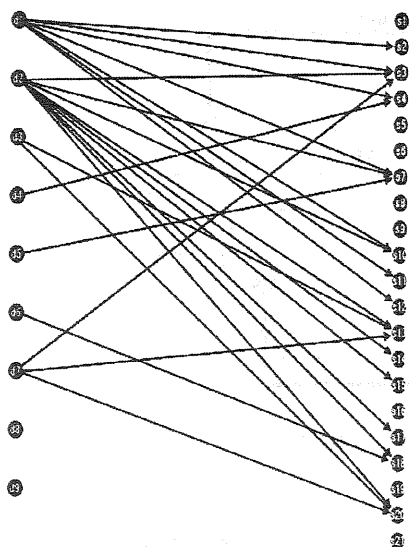


図3 デルファイ調査の領域 (d) とシナリオ (S) (表2より) 対応関係の2部グラフ (閾値=100)

4.2 シナリオの相互関係の分析

図4は、シナリオ間のネットワーク図である。頂点として表現したシナリオ S_i 、 S_j 間が有向辺で結合していることは、シナリオ S_i と S_j には意味的にある程度近い関連性があることを示す。正確には、両シナリオのキーワード頻度ベクトルの内積がある値 (閾値) 以上であることを表す。ここでは、入次数による中心性を視覚化する目的有向グラフで表現した。

その結果、⑨のシナリオ「量子情報技術」が他の分野と相関性が高いことが分かる。すなわち、「基礎研究でありながら関連分野の他の研究とどれも関係がある」ということが言える。

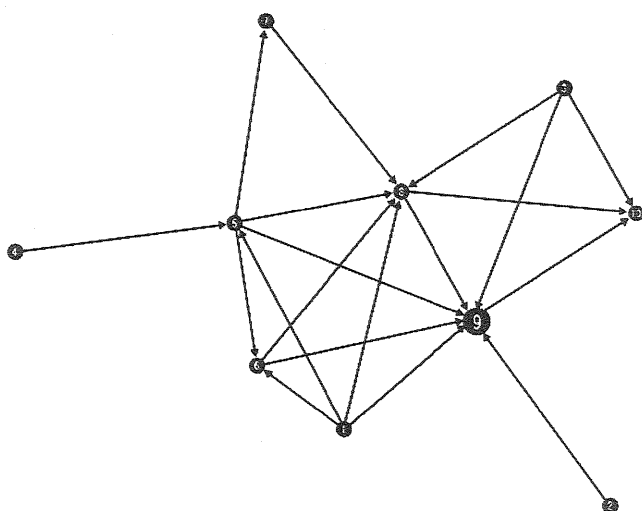


図4 シナリオ文書 (表4より) の相互関係のグラフ

5. むすび

本稿では、科学技術政策「情報通信分野」に焦点を当て、当該分野に関連する調査研究文書を解析した。分野を特徴づける語彙に関して「シソーラス分析」を実施し、対象となる文書の特徴と相互関係を検証した。分析の対象として、文部科学省科学技術政策研究所が実施した「デルファイ調査」と「注目科学技術領域の発展シナリオ調査」で蓄積され、一般に公開されている資料を利用した。本分析は、科学技術政策の観点で特定の科学技術分野の変化を視覚的に把握する目的で行った。近年注目されているネットワーク分析の手法が、こうした文書間の関係、文書の分析にも有効であると考えられる。

今後の課題としては、抽出したキーワードの適正、妥当性を克服するために、知識システムの分野で盛んに研究が行われている、オントロジー^[10]技術を用い、キーワードの作成を行うことが考えられる。

オントロジーとは「知識システムを構築する際の構成要素として用いられる基礎概念・語彙の体系」と言われており、知識ベースを構築する際の背景のバックボーンに情報を提供する為、知識の共有・再利用に大きく貢献すると考えられている。

謝辞

本研究で取り上げた科学技術予測調査に関しては、桑原輝隆 文部科学省科学技術政策研究所総務研究官にご指導を賜りました。また、東京大学先端科学技術研究センター教授馬場靖憲先生には、ネットワーク分析手法をはじめとし、研究上のご指導を賜りました。ここに記して感謝の意を表したいと存じます。

参考文献

- [1] 科学技術政策研究所 <http://www.nistep.go.jp>
- [2] 「科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査 一概要版一」 NISTEP REPORT No. 98 2005. 5 科学技術政策研究所
- [3] 「科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査 デルファイ調査」報告書 NISTEP REPORT No. 97 2005. 5 科学技術政策研究所
- [4] 「科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査 一注目科学技術領域の発展シナリオ調査一」報告書 NISTEP REPORT No. 96 2005. 5 科学技術政策研究所
- [5] Theodore Jay Gordon 「THE DELPHI METHOD」1994
- [6] KH Coder <http://khc.sourceforge.net>
- [7] UCINET <http://www.analytictech.com/>
- [8] 安田雪「ネットワーク分析」2002 新曜社
- [9] 安田雪「実践ネットワーク分析」2003 新曜社
- [10] 樋口理一郎「オントロジー工学」2005 オーム社