



大学生を対象とした 量子技術に関する印象の 聞き取り調査

Authors

肥後 楽	大阪大学 社会技術共創研究センター 特任研究員
長門 裕介	大阪大学 社会技術共創研究センター 特任助教
鹿野 祐介	大阪大学COデザインセンター／社会技術共創研究センター 特任助教

協力

共同研究「安心・安全とGo Boldを両立するイノベーションのための人文社会科学研究 ～社会を知り、社会を変えるための実践的ELSI (Ethical, Legal and Social Issues) 研究～」参画メンバー
(岸本 充生・標葉 隆馬・森下 翔・鈴木 径一郎・永山 翔太 (株式会社メルカリ R4D / Researcher)・久保 健治 (株式会社メルカリ R4D / Researcher)・寺元 健太郎 (株式会社メルカリ R4D / Research Engineer))

目次

はじめに／調査の位置付け	3
1. 英国の先行事例.....	5
1.1. 概要	5
1.2. QTPD の特色	6
2. 阪大 FGI の概要.....	8
2.1. フォーカス・グループ・インタビュー（FGI）の設計	8
3. 各セクションでの発話抜粋.....	10
3.1. 自己紹介・アイスブレイク	10
3.2. セクション 1-1 「量子」という言葉を聞いた時の第一印象	11
3.3. セクション 1-2 「量子○○」を作る	15
3.4. セクション 2 「量子○○」という単語群を見て	15
3.5. セクション 3 量子コンピューターの社会実装に対する期待・懸念	18
3.5.1. 文系 1 グループ	19
3.5.2. 文系 2 グループ	21
3.5.3. 理系グループ	24
3.6. 量子技術研究者への質問	26
4. 英国 QTPD との比較.....	28
4.1. セクション 1 について	28
4.2. セクション 2 について	30
4.3. セクション 3 について	30
5. 量子技術の専門家からのコメント	36
5.1. 量子技術へのイメージ	36
5.2. 社会実装への期待	38
5.3. 社会実装への懸念	38
6. まとめ	40
7. 参考文献	42
8. 付録資料	45

はじめに／調査の位置付け

ELSI センターでは、2022 年 2 月に「大学生を対象とした量子技術に関する印象の聞き取り調査」を実施した。

量子技術は新たな価値創造の中核となる強みを有する基盤技術として近年注目されているが、先端的な科学技術であるが故に、市民の量子技術に対する印象や認知の程度、将来の社会実装に関してどの程度関心が持たれているのか、どのような点について期待／懸念が持たれているのかなど、日本の市民の理解・関心・イメージがほとんど把握されていない。そのため、将来的な社会実装の際に生じるコンフリクトや、それを防ぐためにどのような場が必要なのか予測することが難しい。

ある分野の科学技術について早期に社会からの印象が特定の方向に固まってしまうことは、該当分野の政策・制度の方向性の固定化、ひいては研究の可能性の矮小化につながる危険をはらむ（標葉 2020）。このような「社会技術的想像のロックイン（Imaginary Lock-In）」（Mikami 2016）の弊害を防ぐために、実際に社会実装される前から市民の科学技術に対するイメージの相場感を把握することは重要である。

人々が持つ社会技術的想像（socio-technical imaginary）を抽出する方法は模索がなされており、テクノロジーアセスメントの試みでは様々な分析アプローチが既に活用されている。しかし、その方法論は徐々に確立されつつあるものの、実践知としてグッドプラクティスを生成・蓄積することが課題となっている。

一方、量子技術をテーマにした市民参加型議題抽出の先駆的な事例として、2017 年にイギリスで実施されたパブリックダイアログ（Quantum Technologies Public Dialogue、QTPD）がある。このダイアログは、量子技術に関する期待や懸念、要望などを含んだ市民の知識と意見を掘り下げるべく、英国工学物理学研究会議の主導によって行われたものである。イギリスは国家戦略の一部として量子技術の実用化に向けた研究を進めており、2014 年以降、巨額の投資を行っているが、量子技術の社会実装が本格化する前に市民の意識を反映したガバナンス体制を確立する必要に迫られていることが伺える。

調査は以上のような背景を踏まえ、上記パブリックダイアログの事例を参照点としながら、量子技術に対する現段階での市民の印象や、将来的な社会実装に対する期待・懸念について現状を把握することを目的に実施した。

この ELSI NOTE では、まず今回参照点とした英国パブリックダイアログ（英国 QTPD）と、ELSI センターが大学生に対して実施したフォーカス・グループ・インタビュー（阪大 FGI）の概

要・設計について報告する。次に、阪大 FGI により得られた発言から、一部を抜粋して紹介する。また、英国 QTPD と阪大 FGI、それぞれの参加者の量子技術への印象や社会実装への期待・懸念に関する発言を抽出し、比較することを試みる。さらに、ELSI センターが共同研究を実施する mercari R4D の量子技術研究者から得られた阪大 FGI へのコメントについても合わせて紹介する。

1. 英国の先行事例

まず、先行事例として2017年に英国で実施された「量子技術パブリックダイアログ」(Quantum Technologies Public Dialogue、以下、QTPD)の概要を以下で紹介するⁱ。

英国は、2014年に2億7000万ポンドの予算を投じて、英国国家量子技術プログラム(UK National Quantum Technologies Programme; UKNQTP)を実施したⁱⁱ。同プログラムの下で、ヨーク大学、バーミンガム大学、オックスフォード大学、グラスゴー大学の4大学に国家量子技術ハブ(National Quantum Technologies Hub)が研究拠点として設置され、産官学一体となった量子技術の実用化に向けた研究が行われているⁱⁱⁱ。

しかし、このような国家戦略としての多額の投資にもかかわらず、量子技術に関する国民の関心に注意を向ける調査・研究はこれまでほとんど行われていなかった。この間隙を埋めるために実施されたのがQTPDである。

1.1. 概要

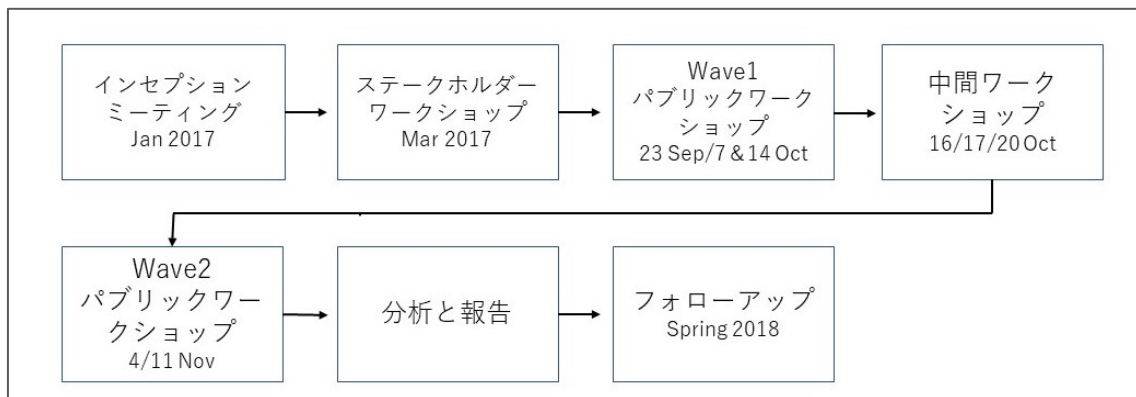
- 期間：2017年9月-11月
- 参加者：77名(年齢、性別、社会的地位、学歴、科学への関心、エスニシティーなどの要素を踏まえて英国の人口動態に沿うように調整)
- 実施拠点：国家量子技術ハブとして指定された4拠点(ヨーク大学、バーミンガム大学、オックスフォード大学、グラスゴー大学)
- 委託事業者：英国工学物理学研究会議(EPSRC)の委託を受けてKantar Media社が実施
- 目的：
 - 公衆の願望、価値観、ジレンマ、優先事項、懸念を含む、量子技術に対する一般市民の認識を掘り下げること
 - 国家量子技術プログラムとより広範な量子技術コミュニティから出現するすべての量子技術とそのデバイスについて、一般の人々に関心を促し、周知すること
 - 専門家、研究者、一般市民の間の対話の場を創り出し、量子技術コミュニティに情報を提供すること
 - 量子技術に関するあらゆる問題について、多様な背景を持つ幅広い一般市民から、

幅広い経験と意見を集めること

- 量子デバイスと技術の応用と使用に関する世論を求め、新規かつ関心に即した方向性と目的を特定すること
- 対話の結果を、国家量子技術プログラムの次の段階における研究とイノベーションの優先事項に役立てること

1.2. QTPD の特色

QTPD の特色は、多様なバックグラウンドをもった参加者 1 人ずつに Wave1 と Wave2 の 2 段階に分けて量子技術についての関心と意見を聴取した点にある (図 1)。つまり、Wave1 では参加者の量子及び量子技術に関する知識と関心を調査した上で、イメージ、期待、懸念を予断なく聞き出すことに主眼があり、各量子技術ハブの研究成果についてのレクチャーやラボの見学といったアクティビティー (Interim Activity) を経て、Wave2 では Wave1 からの意識の変化や「研究者、産業界、政府への要望」「望ましい量子技術のガバナンス体制」や「一般市民の量子技術に関する関与のあり方」などの応用的な話題を聴取する設計となっている^{iv}。



(図 1) QTPD のスケジュール

(“QUANTUM TECHNOLOGIES PUBLIC DIALOGUE REPORT.”, P. 6 より作成)

ただし、以下の点については留意が必要である。

報告書の付録(Appendix)によれば、Wave1 の段階でもハンドアウトやビデオを用いて量子力学の基礎と量子技術の概要、及び英国での取り組みについて最低限のインプットを行ってから対話を行い、意見を聴取している^v。したがって Wave1 についても、期待や懸念を聞き出す際に完

全に知識のない状態で参加者が発言しているとは限らない。また、各段階を通して、一方通行的なインプットだけでなく専門家との質疑応答の機会やポスター発表を見ながらアンケートシートを埋めるなどのワーク、グループディスカッション、ゲーム形式のプレゼンテーション、ワークショップなど積極的な参加姿勢を促すような配慮がなされている。さらに、進行役であるファシリテーターや同席する専門家に対しても、複数の心得や質問が出なかった場合の対応などが細部にいたるまで決められており、出来るだけ多くの参加者から多様な意見を引き出すような設計となっている。

2. 阪大 FGI の概要

2.1. フォーカス・グループ・インタビュー（FGI）の設計

今回の調査では、大阪大学の学部生 9 人に対し、フォーカス・グループ・インタビューを実施した。インタビューの司会は執筆者（肥後）が担当した。インタビューへの参加者は、機縁法により大阪大学の学部生から選出した。参加者は所属学部によって文系・理系を区別し、文系同士、理系同士で 3 人 1 組のグループに分けられ、約 2 時間のインタビューの中で、司会者からの問いかけに応えたり、他の参加者の意見についてコメントを述べた。

参加者には事前にテーマを「先端的な科学技術について」とだけ説明し、量子技術が主題となることは当日まで伏せていた。また、インタビュー実施中も PC やスマートフォン等で量子技術について情報収集しないように指示した。

インタビューは、新型コロナウイルス感染症予防の観点から、対面ではなくオンライン会議ツール zoom を用いたオンライン形式での実施とした。ビデオカメラは動画視聴時の約 15 分間を除いて常にオンの状態にしておくように指示した。

フォーカス・グループ・インタビューは、下記のプログラム構成で実施した。全体をセクション 1 からセクション 3 までの 3 部構成に分け、全体の所要時間はおおよそ 2 時間とした。

- 各フォーカス・グループ・インタビューのプログラム構成
 - 調査趣旨の説明（15 分）
 - 自己紹介・アイスブレイク（10 分）
 - セクション 1（15 分）
 - セクション 2（20 分）
 - 動画視聴（15 分）
 - セクション 3（35 分）
 - ラップアップ・セッション（10 分）
 - 終了

実施日時	参加者属性				
	グループ名	記号	学部	性別	学年
2022年 2月18日 10:00 12:00	文系 1	A	経済学部	男性	3年
		B	文学部	女性	2年
		C	外国語学部	男性	3年
2月21日 10:00 12:00	理系	D	薬学部	女性	2年
		E	基礎工学部	女性	1年
		F	工学部	男性	3年
2月22日 13:00 15:00	文系 2	G	文学部	女性	2年
		H	人間科学部	女性	1年
		I	外国語学部	女性	2年

(図2) : 阪大 FGI の参加者属性

セッション1では何も資料を提示しない状態で、量子技術についてどのような知識や印象があるのか、どこで量子という言葉や量子に関する情報を耳にしたことがあるのかについて意見を訊ねた。

セッション2では、量子技術に関係する単語群を列挙したスライド資料を見せながら、知っている言葉、知らない言葉、気になる言葉、わからない言葉について自由に回答してもらった^{vi}。

セッション3では、日本経済新聞による youtube チャンネル「日経電子版 朝刊1面を読む。」に公開されている動画を資料として用いた^{vii}。約15分間の動画視聴後、量子コンピューターの将来的な社会実装に対する期待や不安について参加者間でディスカッションした。

3. 各セッションでの発話抜粋

本章では、3組の阪大 FGI で参加者から得られた発言を紹介する。抜粋の形は短い発言の場合「」書きで、それ以外はインデックス引用の形で提示する。また、事例中のキッコウカッコ〔〕は著者による挿入をあらわす。なお、各発言について読みやすさを考慮し、文意を損ねない程度に「あの一」「えっと」等の発言を削除・改変している。

3.1. 自己紹介・アイスブレイク

- 「最先端の科学技術」として量子技術について発言する参加者はいなかった
- 全てのグループで AI という言葉が「最先端の科学技術」のイメージとして挙げられた
- 映画などフィクションの世界から科学技術を連想する参加者が複数人みられた
- 科学技術全般に対して「縁遠い」「興味がない」など自分と遠い感覚を持つことを表明する参加者もいた

自己紹介・アイスブレイクでは、自分の名前と学部を述べた後、「最先端の科学／テクノロジー」と聞いて思い浮かんだことについて自由に話すよう指示した。なお、アイスブレイクの段階では、今回のフォーカス・グループ・インタビューのメインテーマが量子技術であることは伏せたまま進行した。

この問いかけに対して、下記のような回答が得られた。

B: AI とかロボットっていうイメージが強くて、私文学部だからっていうのもあると思うんですけど、数学とか理科がすごい苦手で、高校生ぐらいの時から。授業とかでも、テクノロジーとか科学とか言われたら結構敬遠しちゃう方で、だからすごい自分にとっては遠い存在っていうイメージがあります。あとは、たぶん AI とかにひきずられていると思うんですけど、すごい非人間的なイメージがあります。

この段階では、量子技術に関して発言する参加者はいなかった。一方、全てのグループにおいて「AI, ロボット」について最先端のイメージを持っていると発言する参加者があり、現在の最先端の科学／テクノロジーのイメージとしては「AI」「ロボット」の方が「量子」よりも広まっていると考えられる。

科学技術の特定の分野を挙げる他に、映画などフィクションの作品について述べたり、家電製

品など身近な商品に使われている技術をイメージしたと回答したりする参加者もいた。

また、「自分とは関係ない話だと思う」「あまり興味がない」など、科学技術という言葉に対して心理的に遠いイメージを抱いているという回答もあった。

D：私はあまり学部がらそんなに科学技術とか詳しくないし、あんまり興味もないのでそんな詳しくないんですけど、私の中でのイメージは、イメージっていうか、実現して欲しいものっていうのが車の完全自動運転があったらすごい便利だなと思ってちょっと期待してます。あまり知らないんです。すみません。

3.2. セクション 1-1 「量子」という言葉を聞いた時の第一印象

- 「量子力学」という言葉は全員が聞いたことがあると答えた
- 理系、物理系、情報系の分野の言葉だというイメージがある
- 量子技術に関する情報源として、ニュース・雑誌・SNS・書籍が挙げられた
- 「量子について、高校までの学校教育で習ったことがあるか」という問いについて、「ある／ない」という回答が、文系・理系どちらにも混在していた
- SNS や書籍での取り上げられ方から、量子に「うさんくさい」「あやしい」というイメージを持つ参加者もいた

セクション 1 では、まず今回の FGI のテーマが「量子」「量子技術」であることを告げ、これらの言葉について思い浮かぶイメージと、生活している中で、どこで「量子」という言葉を耳にした記憶があるかについて尋ねた。

「「量子」という言葉を一度も聞いたことがない」と答える参加者はいなかったが、「自信を持って「量子」や「量子技術」について説明できる」と回答する参加者もいなかった。

① 「量子」という言葉の喚起するイメージ

原子、分子、電子など、高校までの学習過程で履修した理科系科目の中で習った言葉と関係し

ているのではないかという予測を述べる者が複数人いた。原子・分子が目に見えないくらい小さいと習ったことから、量子についても「とても小さい」というイメージを持っていると話す参加者もいた。

また、最初に量子という言葉に対する印象や知っていることを質問した段階で、どのグループにおいても「量子力学という単語を聞いたことがある」、「量子力学という言葉しか知らない」などの形で、量子力学という言葉について言及された。量子力学という言葉を知らないと答える参加者はいなかった。

H：えっと私は量子っていうのは言葉としては一応知ってはいるんですけど、なんかそれについて全然全くどういうものかっていうのが全然分からなくて。イメージ的には何か分子とか原子とかいう。ちっちゃい科学的な世界の中の一つなのかなっていうイメージで。

② これまでの教育課程で量子について習ったことがあるか

文系・理系どちらの参加者についても、「高校で量子について習ったことがある」「習ったことはない」という答えが混在していた。

「習ったことがある」と回答した参加者については、数学の教員が担当する情報の授業の中でコンピューターのプログラミングの話の一環として「量子」「何ビット」という言葉を聞いた記憶がある、という報告や、物理や科学の授業の中で単語は耳にした記憶があるという発話があった。一方、理系の参加者で、高校生の時に物理を選択していたが、授業の中で量子について習った記憶はないと回答する者もいた。

B：私は情報の授業っていうのがあって。中高一貫校だったんですけど、中3から高1ぐらいにかけて情報っていう授業があって、数学の先生が担当してたんですけど、量子も聞いたことあるような気がするし。何ビットがどうたらとか、パソコンのデータについてみたいな、そういう知識を得る授業があって。若干プログラミングみたいなのでしたんですけど。そこで量子って言葉が出てきたので、パソコンの中の話なんかなっていうのはイメージがありました。

E：授業の中で、正々堂々と扱うっていう感じじゃないんですけど、電子配置は量子力学的に…みたいな感じで出てきたり、豆知識っぽくとか、雑学っぽく、物理の原子分子だったり、あと科学の原子に近いほうの分野、その結合とかであま。量子力学っていう形ですかね？でちょこちょこ授業とかには出てたかなって感じはします。

(Eの発言を受け、「Fさんはどうでしたか」と司会者に問われて)

F: いやでも、高校で量子なんてこと聞いたイメージがないです。

③ どこで聞いたことがあるか

「量子」という言葉を見聞きした場面については、雑誌・書籍、SNS、ニュースなどが挙げられた。ニュースの中には、ノーベル賞受賞のニュースで聞いたことがありそうだという声があったが、具体的な受賞者やニュースで見聞きした時期を覚えている者はいなかった。

A: ニュースで、それこそ量子力学っていう言葉と、量子の揺らぎみたいな言葉を聞いて、あ、揺らぐんだと思ったイメージだけ。

C: でもやっぱり映画とかニュースとか、そういうものを見てると。時々科学系のニュースとかだとちょっと耳にするかなってのはありますね。

④ 怪しい、うさんくさいイメージ

量子という言葉について、うさんくさい、怪しいというイメージを持ったことがあるという話をする参加者もいた。

これらの参加者は、SNSの中で量子力学について批判されている場面を見たという経験や、本の中で「思いのままに動く」など現実離れした現象について語られる際に量子力学とその性質を説明する文章を読んだという経験から、量子力学について怪しげなイメージを持つに至ったということだった。

A: なんかも、たまに巷でちょっとうさんくさい科学として量子力学みたいな話を聞くのは、twitterとかを見てたらあるかなと思って。だからちょっとうさんくさいイメージがついてるっていうか、よくわかんないし。難しいし、ちょっとなんかうさんくさいところで使われているらしいっていうイメージから、ちょっと敬遠しがちなものかなと思います。

僕が理解したのは量子力学っていう言葉が流行ってて、あんまり知らない人でも意外と使いがちで、でもなんかそれってエセ科学じゃない?みたいな感じで叩かれているのを見て、あ、いやだなあと思って、すごい嫌な記憶なんですよね、それ。Twitterの嫌な側面を見たなみたいな感じで。そのときにあまり耳慣れなかったので、逆に引かかっ

たっという感じ。

G：本で読んだんですけど。ちょっと怪しげな本で。引き寄せの法則っていう本なんですけど、その中で少しだけ量子力学の話が出てきて、でそれが。波として現れて、思いのままに動くみたいな研究されてたのをふと思い出しました^{viii}。

⑤ 量子について知っていること

理系のグループでは、「シュレーディンガーの猫」のエピソードを知っているという参加者が複数人いた。また、必ずしも正確ではないにせよ、そのエピソードがどのようなものか、説明することもできた^{ix}。他の文系グループでは「シュレーディンガーの猫」という単語は出てこなかった。

F：物理はあんまり専門じゃなくて、量子力学が残っちゃうんですけど。なんかシュレーディンガーの猫とか、そういう話ぐらいしか知らなくて。

司会者：もう少し詳しく、こんな話でこら辺が量子っぽいみたいなことを、お話していただけそうだったら話してもらえますか？

F：シュレーディンガーの猫っていうのが、箱の中に猫と、一時間に一回毒ガスが発射される装置。何か一緒に閉じ込めてこう見えない箱、中が見えない箱に閉じ込めるんですけど。で30分たったタイミングで、その猫が生きてるか死んでるかという話なんですよ。

(中略)その猫が実際に生きてるか死んでるかを実際に箱を開け無い状態ではまだ五分五分でしか分からなくて、実際にその猫が生きてるか死んでるか確かめる為には、その箱を実際に開けて中身を見るしかないっていうこのなんか状態を見るまで確定しないっていう、こういう現象がその量子力学の根底の考え方というか、なんか…ということに近いだよみたいな、エピソードを聞いたことがあって。

3.3. セクション 1-2 「量子〇〇」を作る

- 多くの参加者が「量子」のあとに既存の科学用語や製品名（コンピューター、電卓、顕微鏡など）をつけて用語を作った。

続いて、「量子の後ろに言葉を足して、ありそうな単語を作る」という課題を課した。この問いの狙いは、参加者が量子という言葉に関連しそうな言葉としてどのような言葉を連想するのか把握することだった。問いに対しては、各参加者より以下の回答が得られた。

- ・ A：量子のゆらぎ、量子力学、量子科学
- ・ B：量子数学、量子計算、量子コンピューター
- ・ C：量子測定、量子演算、量子計算
- ・ D：量子生命情報、量子論
- ・ E：量子型電卓、量子制御装置、量子空間
- ・ F：量子空間、量子テレビ、量子ラジオ、量子化
- ・ G：量子物理学、量子環境学、量子周波数
- ・ H：量子工学、量子分解、量子電解
- ・ I：量子コンピューター、量子顕微鏡、量子砲

3.4. セクション 2 「量子〇〇」という単語群を見て

- 「量子アニーラ」「量子コヒーレント制御」については、全員が初めて見聞きした言葉だと回答した
- 量子に紐づく言葉の傾向として、「理系学問に関連する言葉ばかりである」という結論に達したグループと、「情報系の言葉がくっついている場合が多い」という結論に達したグループがあった

セクション2では、およそ20分の時間の中で、資料の中にある単語群について話し合った。司会者が資料を提示し、3分程度読み込む時間を取った後、「資料の中で気になる言葉」「わからない言葉」「資料を見て気づいたこと」について話し合った。

セクション2で使用した資料は、量子技術イノベーション戦略の付属資料「「量子技術イノベーション戦略」が対象とする技術の範囲(案)^{x)}」の中から、量子という言葉が含まれる語を抽出して作成した^{xi)}。

① 気になる言葉

自分が身近に使って知っているものや、もともと興味のある分野に近そうな印象を与える言葉に紐づいている量子〇〇には、興味を持ちやすい可能性が伺えるということが下記の発話からわかる。

B: インターネットとかソフトウェアとか、知ってる言葉と結びついてたら、私でも分かりそうだなって思って。そっちの方がどういうものなのか知りたいなあとか、ちょっと興味あるなと思いました。量子インターネットですかね? [インターネットは]いつも身近に使ってるので。どんな種類のインターネットなのかなってというのは、ちょっと説明聞いたら分かりそうだから、興味あるなって思いました。

E: 気になるのは、インターネットとかセキュリティ、暗号、情報処理、通信。制御モデリング情報科学とか結構多くて、割と情報系に絡みそうなのが全般に多いので、特にそこ中心に全体的に気になるかなっていう感じです。

② わからない言葉

「量子アニーラ」「量子コヒーレント制御」という言葉については、参加した全員が「初めて見た(聞いた)」「全く意味を想像できない」と回答した。この2つの語については、今回の参加者にとってはこれまでに聞きしたことのない言葉であり、またその意味するところについても全く想像することができなかった。

G: 気になったのは、量子アニーラと量子コヒーレント制御ってなんだろうっていう風に思いました。何か他はなんとなく想像が付きそうな感じはするんですけど、そもそも聞いたことのない単語が混じっているなって。

③ 気づいたこと

量子という言葉に紐づく語の多様さについて、多様な言葉に繋がっていることが不思議に感じられるというコメント（C）が見られた一方、Fのように紐づく言葉が「理系学問」に関連する言葉に偏っているという気づきを述べる者（F）もいた。

C: 不思議だなって思ったのが、量子AIと量子生命技術ですか? AIが非生命であったり、機械、人工物っぽくなって思うのに、一方で生命技術っていうちょっと生き物系というか、バイオ的なものにもつながる。対立関係、対立じゃないけど、似て非なる存在なのに両方につくってどういうことなんだろうなとは感じました。

F: アニーラとかって何も聞いたことないですけど、この感じで見ると、きっと情報系なり工学系なり、理系学問のなんかだろうなとは思いました。例えば量子小説とか量子音楽とかこの中にあったら、アニーラも、もしかしたらそういうのかなと思うかもしれないんですけど、見た感じ全部理系学問で、予想通りっちゃ予想通りというか。

さらに、別のグループでは量子と結びついている語について、「理系」という括りではなく「情報系」の言葉が多いように見られるという意見もあった。このグループでは、下記のHの発言をきっかけに、「情報の授業の中でアルゴリズム、ビット数などの言葉を聞いたことがあるので、もしかすると量子ビット実装、量子アルゴリズムなども「情報関連」の言葉なのではないか」など、最初に資料を見た時の印象以上に「情報関連」の言葉が多く登場しており、量子と情報分野との結びつきが強いのではないかという意見が対話の中で形作られていった。

H: 量子インターネットとかセキュリティとかコンピューターとか、なんか情報産業系のことが結構多いなって。理系っぽいというより、情報系のイメージの方が強いなあと感じました。

司会者: 情報系は理系とはちょっと別のジャンルなイメージ?

H: 理系ではあるんですけど、がっつり理系というよりは、情報はまた別のところにあるみたいなイメージがあります。情報処理とかソフトウェアとか? なんかセキュアクラウドとかも〔情報系に〕入りそう。

3.5. セクション 3 量子コンピューターの実装に対する期待・懸念

【期待】

- バッテリーの充電、渋滞の解消など、今あるものがより便利になったり、身近に既存の問題を解決したりする応用については肯定的な意見が多く聞かれた

【懸念】

- 全てのグループで技術の悪用の危険性について言及されたが、心配の程度は様々だった
- 量子コンピューターを持つ国（人）・持たない国（人）の間で格差が生まれることを懸念する声があがった
- 人間の判断力を奪ってしまうのではないかという懸念が示された
- 単語の意味が従来と量子技術の解説で用いられる際に異なるように感じられ、理解が難しいという指摘があった

【その他】

正しい知識を得ることの必要性とリテラシー教育の重要性が指摘された。

セクション 3 は、量子技術の中でも特に量子コンピューターに焦点を絞ってインタビューを実施した。最初に 15 分程度の動画を視聴した後、各参加者が動画についてコメントし、実現してほしい応用分野や、量子コンピューターが社会実装される際の懸念をテーマにディスカッションを行った。

資料として用いた動画は、日経新聞の youtube チャンネル「日経電子版 朝刊 1 面を読もう。」に掲載されている動画「【わかりやすい】量子コンピューター解説 実用化はいつ？どんな分野に応用できる？」（2021 年 7 月 30 日公開）である^{xii}。この動画では、前半に量子コンピューターの仕組みについて解説し、後半に量子コンピューターがどんな分野に応用できると考えられているのか、8 つの具体例を挙げて紹介している^{xiii}。

量子コンピューターについて知識が全くない参加者でも短時間で基本的な理解が得られること、具体的な応用分野について紹介があることの 2 点から、量子技術の実装についてディスカッションするための資料として適切であると判断し、この動画を使用した。

3.5.1. 文系1グループ

① 量子コンピューター実用化への期待

このグループではまず、量子コンピューターの社会実装について、日常生活の中で使用される場面の具体的な紹介があったことで身近に感じたというコメントが全員から寄せられた。

また、動画の中で言及されていた悪用の危険性について、実用化まで10年、20年先だと紹介されていたことから、「悪用されることへの不安はあるが、その頃には対抗する術があるのではないか」という楽観的な気持ちになるという意見も述べられた。

具体的な研究開発の応用については、バッテリーの充電、交通渋滞の解消、新薬の開発への量子コンピューターの応用について早く実現してほしいという意見があった。また、日常生活の中で不便に感じている部分が、量子コンピューターを使った技術によって解消される可能性があるということに対して期待を持てるという声が上がった。

A：災害時の適切な避難ルートってすごいありがたいんじゃないかなと思って。結構災害時の判断って難しいと思うんですね。その避難所に行った方が安全か、家に残った方が安全かとか、どのルートを通って行ったら多分安全かって災害ごとに異なったりすると思うので、地震の時とか洪水の時で違うと思うので、そういうのをいろいろ教えてくれるってすごい役に立つなと思いました。なので、これはちょっと早めに開発してもらえるとありがたいと思います。

B：長持ちするバッテリーっていうのが、それ〔スライドのイラストを示して〕車の絵が書いてあると思うんですけど、多分スマホとかパソコンとかそういうのにもバッテリーってあるので、そういうのにも応用してくれたらありがたいなと思います。

② 社会実装への懸念

一方で、社会実装に対する懸念について問うと、交通渋滞の解消という応用について「実際にコンピューターが指示した方向に従う人と従わない人が出るのではないか」「災害時に、コンピューターの指示した避難ルートに避難して何らかの事故等に遭ってしまった場合、どうなるのか」などの疑問が出た。また、「みんながコンピューターに頼ると人間が自分で判断できなくなってしまうのではないか」という不安も寄せられた。

さらに、「量子コンピューターの技術を用いた災害時の避難ルートシミュレーションに従って避難をしたのに事故が起こった場合、誰が責任をとるのか」という疑問も呈された。基本的には

使用した本人が責任を負うのではないかという意見にまともりつつも、素人に制御できない、コントロールできない技術を用いることに対する不安が表明された。

B：今までそういうのあんまりなかったから、私もそのまま自己責任になってしまうのかなと思うんですけど。やっぱり私たち人間のそういう計算能力よりも遥かに上回っているから、やっぱり私たち素人には制御できないし、そのなんだろう？なんか、それが壊れたときに、どう対処もできないから、それがちょっと怖いなって言う風には思いました。

③ 情報を調べることの重要性和難しさ

これらのディスカッションを通じて、参加者間では「新しい技術を何となく使うのではなく、自分なりに調べてから使うことが重要だ」という意見が一致した。

しかし、どのように先端的な科学技術やその技術が実用化された製品について知識を得られるかという点について話を進めると、正しい知識を得ることの難しさや積極的に知識を得ようと動くことの難しさについて多くの声が上がった。

例えば、どこから知識を得るべきかという問題については、「膨大な情報が渦巻いている中でどうやって正しい知識を見つけられるかという点が不安だ」という意見や、「情報を目にしたとしても、自分の意見として形になるまで深く考える時間を取ることが難しいのではないか」という意見が出された。

情報を取得し深く考えるための一つ的手段として、上記のような「他者との議論を通じて科学技術について深く考えたり、一つの見方を掘り下げたりすることも大切なのではないか」という発言も見られた。

C：多分調べるとかじゃなくて、なんだろうな、こういう風な便利なんだけど、危険な面もあるよねっていうのを少しぐらいは念頭に入れておかないといけないのかなあっていう感じなんですかね？

僕とか絶対ほかの人も大多数はそうかもしれないけど、絶対調べるっていうのが億劫な人が多いので。それこそ本当になんか新しいのが出た、すごい役に立つ、じゃあ使おうっていうふうな。なんだろう、安易な道しかとらない人がやっぱりいるから。そういうのに関しては、使ったり、そう思うのはいいけど、やっぱどっかで、なんだろう。少しぐらい疑問とか持つべきなのかなっていうふうには感じます。たぶん言うよりも難しい

でしょうけど。

A：例えばこの場みたいな、教室で話し合うみたいなものが。まあ、大学でも小中高でもそれから社会人になってからでも少しでもあると、考える場として結構いいのかなと思いました。

考えて、ちょっと問題意識を持つと、調べるってハードルが下がるとして。結構こういうグループインタビュー的なものって大事なんじゃないかなって感じがします。

3.5.2. 文系2グループ

① 言葉の使われ方への疑問

このグループでは、動画前半で説明されていた量子コンピューターの仕組みについて、「うまく理解できていない」という声が上がった。量子コンピューターが行う計算についての解説と合わせて、「私たちが生きている世界の例に当てはまらない領域でことが進んでいるように感じる」と話す参加者もいた。また、下記のように、解説の中で使用されていた「計算」という言葉が、自分が思っている「計算」という言葉の意味とは違う用いられ方をしているように感じるという意見もあった。

I：映像の中で何回も使われてた計算っていう単語とか、いろんな単語があったと思うんですけど、計算だと私は勝手に今まで数学の問題を、方程式を解く感じの計算っていう感じで考えてたんですけど、多分全くそれと同じ意味ではないんだろうなって言うのを、途中から薄々感じて。

そういう言葉の、なんて言うんですかね？前提というか、概念っていうのが最初から多分理系の方、そういう分け方じゃないのかもしれないんですけど、あんまりわかんないと理解もなんかちょっと、もう少し難しくなっちゃったりしているのかなっていうのも思いました。

② 量子技術の研究開発をめぐる国際的な競争

量子技術の研究開発について、国際的な競争や駆け引きがあるのではないかと予測する参加者もいた。また、国際的な研究開発の競争に打ち勝つために、国からの資金が多く投じられている分野なのではないかという意見もあった。

H：量子コンピューターを作れるのが、限られた人ってということで。こういう技術を手に入れてく中でも国際的な駆け引きというか、そういうのがまた生まれて来てしまうのかなとも思う。

I：駆け引きってというか争いの的なのは多分資金の問題とかであると思うんですね。

科研費とかどんどん日本は研究に国が出すお金が減ってるとか、理系の方が多くて文系の方が少ないだとか、そういう問題も結構聞くので、多分この量子系の研究はまだお金をかけられている方なんじゃないかって勝手に想像してるんですけど、お金をかけられているってことは、それこそ国際的に 2029 年までに 100 万量子ビットのやつ〔コンピューター〕を開発したりっていう競争があるから、日本もそこに乗ろうとしてて。だからこそ、ちゃんとお金かけてもらえてるっていうところがあるんだろうなとは思っています。

③ 悪用への懸念

文系 1 グループでは実用化が 10 年以上先のため楽観視するムードが強かった悪用の危険性について、このグループでは「今は大丈夫というが、いつから大丈夫ではなくなるのかわからないことが怖い」という逆の意見が出た。また、「いつまでが大丈夫で、いつからか大丈夫じゃなくなるのかわからない。大丈夫じゃなくなってしまってからでは遅いのではないか」という不安を表明する参加者もいた。

悪用をどのように防ぐかという問題については、研究開発を進める専門家が悪用を制御する方法を考えることも大切だが、使う人のモラルやリテラシーによる部分も大きいのではないかという意見もあった。

H：懸念として今は暗号を簡単に解読はできないって言ってたけど、今はってというのが怖いなあと思って。いずれできるようになっちゃったらどうすんだらうって。

④ 実用化への期待、懸念

このグループでは、実用化される分野について「身近である」という言葉をキーワードに話が展開された。中でも、長持ちするバッテリーについて身近な印象を持ち、開発されたら便利だろうという発言が多かった。

食料増産、人工光合成、金融市場のシミュレーションについては、技術が実現することにイメ

ージを持てるが、具体的に量子コンピューターがどのように使われるのかという部分がわからないという意見が寄せられた。

避難ルートのシミュレーションについては、文系1グループと同じく、「提示された最適ルートに従って避難したにも関わらず被害が生じる危険があるのではないか」という懸念や、「常に最適解をコンピューターが提示するようになると人間の判断力が鈍ってしまうのではないか」という不安が表明された。

G: 2番の安くて長持ちするバッテリーが身近かなと思います。で、あとコロナの中でやっぱり新薬ワクチンとか、開発を各国みんな急いでと思うので、1番の画期的な新薬っていうのもすごくなにかこう。ちょっと言葉はわからないんですけど、なんかこうすごく大事だなんて思います。

I: 金融市場の方は多分動画でもいっぱい触れられてたとは思んですけど、これはなんだろう？コンピューターとか、そういうコンピューターの計算した結果を持っている会社とか個人とかによって結構差が出てくるようになるのかなと思いました。

H: 5番〔避難ルートの最適化〕がぱっと見た時に便利そうだなと思ったんですけど、やっぱりなんかこう、本当に最適なルートで、ちゃんと道がある所なのかとかいう〔G,I〕話を聞いて何か、熊本地震の時^{xiv}やったかにハザードマップでは津波が来ないってされてたところにも、津波が来て、小学校の大半の人がなくなっちゃったみたいなのが思ったと思うんですけど、情報があまりにも信頼性が高すぎると、それを信じすぎるあまりに目の前のことから目をそらしちゃうような気がするなっていうのは確かに思って。そういう風に情報が発達しすぎることによって、人間がちゃんと考えれなくなるっていうのは怖いなと思いました。

⑤ 専門家が研究開発を進めることへの懸念

研究者など、量子技術の専門家が研究開発を進めることに対する不安について語る参加者もいた。今後どのように利用されるのか、社会実装された際にどのようなリスクが生じるのか明らかでない状態で、どこまで研究開発を進めるべきかについて、研究をしてほしくないと言はできないが、研究開発を進められることについてためらいがあることがわかる。

これに対して、別の参加者からは「実際に悪用されたり、被害が生じたりしていない状況で、どこまで研究開発を進めて良いのか考えることは難しいと思う」というコメントがあった。

G：リテラシーももちろん大事だけど、興味の赴くままに研究開発して行くのもなんかちょっと微妙かなとか思ったりもします。どうなんですかね？そうになると研究できなくなりますよね。

3.5.3. 理系グループ

① 量子コンピューターが実装される分野について

理系グループでも、はじめに動画を見た感想について参加者が自由に述べた。「自分の研究に関係する分野にどのように量子コンピューターが応用できるか興味がある」という声や、「核融合や暗号解読など、これまでの生活で見聞きして興味を持っていた分野に量子技術が応用できるのではないかと感じた」という意見など、「量子コンピューターをどのように用いることができるか」という部分に焦点を当てた発言が多かった。

また、複雑な事象の分析、特に確率的な事象に関するものについては既存のコンピューターよりも量子コンピューターに大きなアドバンテージがあると考えたという発言もあった。

F：動画とちょっと離れるんですけど、シミュレーションでめっちゃめっちゃ時間がかかるっていうの聞いたことがあったのが、核融合の開発をされている方の記事か何かを読んだことがあって。

核融合は、実際にやってみてこうなりましたっていうことが簡単にはできないので、えらいことになっちゃうので、シミュレーションするしかないんですけど、なんかすごいコンピューターがめっちゃめっちゃ、何千年も動かさないといけないようなレベルみたいなことを聞いたことがあって。量子コンピューターっていうのができると、そういう現実では実際に引き起こせないことなんかをシミュレーションできるようになるのかなということを感じました。

E：個人的に一番印象に残ったのは、金融関連とか渋滞の回避とか、なんでしょう？確率関連といますか？そういうのが結構多いなという。

シミュレーションもそうなんですけど、私個人的になんかシミュレーションってコンピューターに合わないよなっていうのはすごい前から思ってた。だってなんて言うんですかね。ただの掛け算とかならまだしも 01 っていう二つしかないのに対して多様な確率を考えて動きを予測するってなんか合わないんじゃないかなみたいな事を漠然と思ってたので、その 01 っていう根底の概念から変わってる量子だったら、確かに本当に漠

然としたイメージで、私の意見が的を得ているのかわからないんですけど、確率的なものには、相性がもしかしていいんじゃないかなってというのが一番印象というか感想としては、大きかったです。

② 量子技術の応用の分類

量子技術の社会実装への期待について司会者に問われた時、参加者の一人が動画資料で紹介された8つの応用の仕方を「過去の情報をもとに未来を予測する」「過去の情報を分析して最適解を見つける」という2つのタイプに分類することができるのではないかと発言した。この発言をきっかけに、スライドに示される具体的な応用への期待・懸念ではなく、量子コンピューターによる応用をどのような分野で展開したいかについて、自身の専門に引きつけながら参加者が意見を述べ始めた。

E：1から8とバーって見てて、私が思ったのは、全体的に経験とか過去の情報っていうのが必要なのは間違いないことで、でその中でざっくり2つに分けられる感じがして。

例えば1から8までで言うと3,5,6が過去の情報を元に未来を予測するタイプのもので、それ以外が過去の情報をひたすら蓄積して、分析していった最適解を見つける物っていう感じがして。

D：私はさっき創薬の部分に焦点を当てて話したんですけど、臨床の分野でも応用できたりしないのかなって言うのは凄く気になりました。(中略)この薬を投与したら、この臓器のこの部分にこういった作用するから、こういう病気の人にも合うみたいな、病気に対する副作用とかも予測できたら。そういう臨床の段階って、やっぱり人を使うしかならないと思うんですけど、リスクをできるだけ減らした状態で研究ができたほうがいいと思うんで、そういった段階でのシミュレーションっていうのもできたら、すごい便利なんじゃないかなって。

③ 量子コンピューターの社会実装への懸念

理系グループのディスカッションでは、文系グループに比べて研究開発に対する懸念の発言が少なく、司会者が「リスクを引き起こすなど、不安を感じる部分があるか」と問いかけるまで具体的な懸念についての発言がなかった。セクション3の中での懸念に関する議論の時間の割合も短くなった。

具体的に出てきた懸念としては、下記のような「今までのコンピューターと量子コンピューターが併存する時期に、社会的な格差や混乱が生まれるのではないか」「技術の悪用を防ぐ法整備などが遅れるのではないか」という懸念のほか、「量子状態は不安定な状態で、制御が難しいのではないか」という意見も見られた。

F：量子コンピューターに関わるっていうか量子コンピューター以外でもそうだと思うんですけど、技術のシフトする段階、普通の今までのコンピューターから量子コンピューターが使えるようになって行く途中は、きっといろんな問題が出てくるんじゃないかなとは思いますが。

D：何か新しい技術が開発されると、悪用っていうのもありますし、できることが広がると新しい悪用の仕方も生まれて、でもそれを規制する法律がないみたいな感じの状況もありそうで、そうなった場合に法律の整備っていうのは多分時間がかかると思うんですけど、そういうのがちゃんと追いつけるのかっていうところの不安とかもあるんじゃないかなってちょっと感じました。

3.6. 量子技術研究者への質問

FGI の最後に、現在量子技術の研究開発を進めている専門家に質問したいことを参加者に尋ねたところ、以下のような質問が寄せられた。

① 量子コンピューター、量子の仕組みや概念に関する質問

- そもそも量子とはどのようなもので、どのように応用できるのかを知りたい
- 量子技術に応用されている量子的考え方とは何か
- 量子コンピューターとノイマン型コンピューターの向き不向きは何か
- 量子コンピューターのデメリットや危惧すべき点は何か
- 量子コンピューターがノイマン型コンピューターに置き換わることはあり得そうか
- 量子ビットという概念について。どういう概念なのか
- 量子コンピューターはどのような風に万能なのか

② 量子コンピューターの社会実装に関する質問

- 量子コンピューターが実用化された時に、どういうところが一番大きく変わるのか
- 量子技術が発展して私たちの生活に浸透した時、私たちの生活のどこが一番変化するのか
- 一般の人が量子コンピューターが取り入れられた機能や技術を使用する時に、どのような知識や情報を身につけていれば、安全に使用することができるのか
- 万能なコンピューターによって誰（国、開発者／利用者、企業／民間など？）が得するのか

③ 研究環境、研究者の心理に関する質問

- 量子の研究をしていて、技術開発を目の前で見ている、不安に思うことはあるか
- 危険な方向に使われたりしないか、こうやって使ったらすごい危険だなんて気づいてしまった時、どんな風に思っているのか
- 十分な研究費を得ることが難しいと思ったことがあるか
- 日本と他の国で研究費に関わる状況に違いはあるか

以上を見る限り、まず量子技術一般に関する理解は、少なくとも今回のインタビュー企画に参加した大学生（特に文系学生）には完全には定着していないことが伺える。ただし、量子力学や量子技術について好奇心・知識欲がまったくないわけでもないようである。

また、量子技術の専門家に対して、量子技術の発展に関わるステークホルダーの特定や、研究開発に関するリスク分析やテクノロジーアセスメントなど、社会受容性を高めるための施策について問う声があったことも注意すべきだろう。

4. 英国 QTPD との比較

本稿では阪大 FGI と英国 QTPD での参加者の発言を比較することを試みる。もちろん、我々の入手できる報告書には参加者のすべての発言が記録されているわけではないし、参加者の人数・バックグラウンド、インプットに用いた資料の質・量など阪大 FGI と英国 QTPD の結果を単純に比較することはできない。しかし、今後日本において量子技術に関する参加型議題共創の場を設計するにあたって若干の傾向を指摘しておくことは有意義だろう。

4.1. セクション 1 について

英国 QTPD 報告書では、参加者のほとんどが「量子 Quantum」という語を認知しているものの、量子及び量子技術のイメージについては「量子技術はよく知られていない、理解されていないために、参加者はこの単語から狭い範囲の表層的なレベルの連想をする傾向があった」としている (p. 11)。

ここで「表層的なレベルの連想 surface level associations」とされているものは、

- 先端科学、物理学、数学、「純粋科学 pure science」
- Back to the Future (『バック・トゥ・ザ・フューチャー』) や Quantum Leap (『タイムマシンにお願い』) といった大衆文化
- 宇宙や惑星
- iPhone や Apple watch、高速コンピューターといったデジタルガジェット
- 量子という言葉が売り文句になっている家電・家事製品 (キッチン用品・洗剤など)

などが挙げられる。

“Back to the Future film … Is this a bit ‘quantum’, because it’s do with that DeLorean car that can travel through time?”

「映画の『バック・トゥ・ザ・フューチャー』はちょっと量子的ではないですか？時間旅行ができるデロリアン号が出てくるので」 (Wave 1, Birmingham)

“Not knowing much, or anything, about the topic, I struggle to have much

of a feeling about it.”

「そういう話はほとんど何も知らない、いや全然知らないので、なんとも思
い難くて混乱してしまいます」(Wave 1, Birmingham)

一方で、科学に強い関心をもつ少数の参加者のなかには、原子や粒子といったものとの関連を
予測する者もいた。とりわけ、オックスフォード大学拠点の参加者のなかには「CERN

(欧州原子核研究機構)」など実際に量子技術の研究を行っている組織名や「重ね合わせ」、「ハ
ッキングされないコンピューター」などの量子科学と量子技術に一定の知識を持っている参加者
が若干名存在した。報告書はこれについて、地域的な特性によって STEM^{xv}関係の職に就いてい
る家族や知人がいたり、そもそも科学に関心のある参加者が多かったためとしている(p. 12)。

*“It’s very futuristic, the cutting edge of physics so I think the idea of two
particles can be in two places at the same time which conjures up science
fiction like teleportation, that kind of thing.”*

「とても未来的で、物理の最先端ですよ。2つの粒子が同時に2つの場所
に存在するというのは、テレポーテーションとか、そういう SF を思い起こ
させるので」(Wave 1, Oxford)

また、量子技術に関する情報ソースとしては以下のものが挙げられている。

- テレビの一般向け科学番組・ドキュメンタリー (The Big Bang Theory を含む) ^{xvi}
- SF を含む大衆文化
- ラジオ、テレビ、ネットニュース、新聞など

情報ソースについても、オックスフォード大学拠点の参加者は、身近な友人や家族から実際に
量子技術について触れる機会を得ている場合があった。このような参加者は、QTPD について最
初から知識と自信をもって参加したと見なされている。しかし、全体を通して量子について学校
で習ったとする参加者はいなかった(p. 13)。

以上を踏まえれば、阪大 FGI の参加者は英国 QTPD の参加者の平均に比べて概して量子及び
量子技術についての理解度は高いと考えられる。とりわけ、文系の学生でも高校段階で習ったと
申告している場合があるのは特筆すべきである。

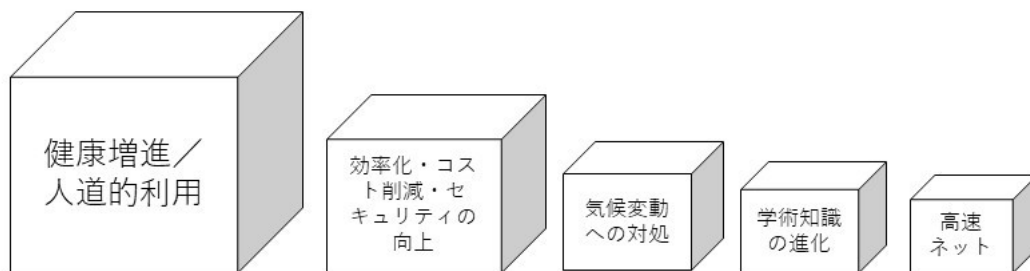
また、英国 QTPD でも量子との関連を売り文句にしたキッチン用品や洗剤などを連想する参加者がいたが、阪大 FGI で「怪しい」「うさんくさい」と言われた疑似科学的な量子論との関係も含めて、量子技術の一般的イメージに疑似科学的なものが含まれていることを真剣に受け止めるべきだろう。

4.2. セクション 2 について

セクション 2 に直接対応する事項は英国 QTPD には存在しない。

4.3. セクション 3 について

英国 QTPD 報告書は、量子技術のなかでも「個人と社会に最も良い影響を与えると思われる技術の利点を強調する傾向があった」としている (p. 21)。その結果、量子技術の優先度 priority としては、(1)健康関連技術 (MRI の性能向上、創薬の効率化)、(2)人道的利用 (捜索・救助)、(3)効率化・コスト削減・セキュリティの向上、(4)気候変動への対処、(5)学術知識の深化、(6)高速インターネットという順位になった (図 2)。また、創薬が捗ることによって NHS (National Health Service; 国民保険サービス) の国民が負担するコストの削減が期待できる、輸送の効率化によって気候変動の悪影響も改善できる、量子コンピューターは従来型のコンピューターより電力消費が少ないことが期待される、といった複合的な効果を期待する参加者もいた(pp. 24-26)。



(図 2) 参加者の考える量子技術の優先度

(“QUANTUM TECHNOLOGIES PUBLIC DIALOGUE REPORT.”, p. 22 より作成)

“Anything that can help the medical profession, that can detect various

diseases early and possible cures, can only be a good thing.”

「様々な病気を早期に発見したり、可能な治療を見つけ出して医療従事者の助けになるようなものならなんでも、良いこととしか言えません」(Wave 2, York)

“Natural disasters are becoming more frequent and more deadly. Quantum technology seems to be a major ‘positive’ in... preventing such major death and destruction.”

「自然災害の増加はより頻繁に大量の死者を出すことになります。量子技術はそうした多くの死者や被害を防ぐにあたって最適なものに見えます。」(York wave 1)

“People will be happier, I mean what else is there than satisfaction and happiness because people get very stressed when they’re trying to get from A to B.”

「人々はより幸せになるでしょう。A地点からB地点に移動しようとするとき人々は沢山のストレスを抱くので、〔渋滞や満員電車が解消された〕そういう場所では満足と幸せばかりがあるということです。」(Wave 1 Oxford)

これらの優先順位についても、阪大 FGI と英国 QTPD ではディスカッションの対象となる技術の範囲が異なる(阪大 FGI では量子コンピューターを中心に考えているのに対し、英国 QTPD では磁気イメージングやセンサーなども対象にしている)ことから単純な比較はできない。しかし、創薬の効率化や避難・救助といった人道利用、環境問題といった身近で一般的な問題の解決につながる技術に注目する点では共通している。

量子技術の社会実装に関連する懸念について、英国 QTPD 報告書は(1)量子技術以外の技術にも一般に適用される懸念と、(2)量子技術に固有の懸念に分けて考察を行っている。

(1)量子技術以外の技術にも一般に適用される懸念とは、「誰がその技術を管理し、責任を負うのか」「その技術を私企業が公益を犠牲にして利用するおそれはないか」「国内あるいは国際間の格差を生むおそれはないか」「その技術によって既存の雇用が維持されなくなるのではないか」といったものである。

“I just think that driverless cars are a nonsense really. I just don’t understand how a driverless car is going to drive on the same road as me...I

don't get that. I don't think it is safe either...and we're talking about culpability on driverless cars. If I have an accident, whose fault is it?"

「自動運転車はまったくもってナンセンスだと思います。私はどうやって自動運転車と同じ道路を運転するかなんて想像もつかないのです。ましてやそれが安全だとは思えません。自動運転車が責任を負いうることについて話合っているけども、もし事故にあったら誰の過失ということになるんでしょうか。」(Wave 2, Birmingham)

"It will be big governments or big hospital trusts or whatever can see that but availability worldwide to Joe Public I can't see happening in my lifetime."

「巨大な政府や大病院といったところではそうしたもの〔量子技術〕が見られるかもしれませんが、ごく普通の人たちがどこでも利用可能になるということは自分が生きているうちには来ないでしょうね。」(Wave 2, York)

(2)量子技術に固有の懸念については、「犯罪者やテロリストによるより巧妙で大規模なサイバー犯罪の増加」「専制的な国家や悪意ある団体や個人による量子センシングを用いたプライバシー侵害」「量子センシングや磁気イメージングによる資源発見競争の激化」などが挙げられている。

"If you want to plan any attacks, if any part of your organisation wants to communicate with each other you can do it total secrecy, no-one will ever eavesdrop on anything you've got to say so you will get 100% of your intended impact without anyone knowing."

「もし攻撃の計画を立てようとするなら、組織内で連絡を取り合う際には、それらは誰にも盗聴されることなく、意図した効果を誰にも知られることなく完全に得ることができるのです。(Wave 2, York)

"I'd say encryption has to come first...it needs to be developed before the computers."

「暗号が先にあるべきです。コンピューターの前に暗号を先に開発する必要があります。」(Wave 2, York)

ただし、多くの参加者はこれらの懸念を考慮に入れても量子技術全体については価値あるものと考えているし、(1)量子技術に関連するリスクは新しいものではない、(2)必ずしも量子技術に限った話ではない、(3)技術の悪用は不可避であると考えられる、といった事項を考慮に入れると

懸念は緩和されたと報告書は結論している (pp. 35-37)。

また、制度的な対応として、多くの参加者は「商業化に先立って設置される、強力で独立した（したがって、政府や公的機関による悪用を告発できる）ガバナンス体制」を望んでおり、私企業の利益が公益よりも優先される可能性に歯止めをかける必要を感じていると報告している (p. 38)。この傾向はとりわけ健康分野において顕著である。

“There’s a question mark really on whether the oversight group is independent and if they are independent surely they should be having conversations with the public.”

「監理団体が本当に独立しているかには疑問符が付きます。もし本当に独立しているのであれば、公衆との対話が必要になるはずです。」(Wave 2, York)

“You can’t let them do whatever they feel is necessary, you’ve got to have some regulation and controls, it’s getting that balance correct.”

「彼ら〔企業〕が必要だと感じていることをなんでもやらせるままにはできません。なんらかの規制と管理が必要だし、適正なバランスを取らなければならぬのです。」(Wave 2, York)

“If they are developing something that’s going to be helpful to people but it’s not going to be profitable, medicine for example, if those technology companies aren’t investing because it’s not going to be profitable at the end of the day ...potentially you’re missing out on cures for illnesses because it’s not profitable...that’s where the government come in. Extra funding can be found if it is in the national interest.”

「医療のような、人々の役に立つものを開発していても、結局は利益にならないからという理由でテクノロジー企業が投資をしなければ、利益にならないからと病気の治療法を失う可能性があります。そういうときが政府の出番なのです。公益に適うのであれば、追加の資金を持つてくることのできるからです。」(Wave 2, Birmingham) “

ステークホルダーごとの期待については、政府やテクノロジー企業に比して学界への期待と信頼が顕著に高いことが特筆される。学者は専門的な知識だけでなく、技術に関するより広い倫理的・社会的な影響を勘案できる能力をもっていると多くの参加者は考えている(pp. 40-41)。ただし、これについて参加した専門家のなかにはこれを学界に対する過大評価とする者もあり、

オックスフォード大学拠点の参加者からは研究者と産業界の間で不透明な資金のやり取りがあることを指摘する声もあったとされている(p. 41)。また、一般市民の声を反映させることは全体として重要であると認識されているものの、現状の関心と知識の度合いからして十分に機能できるか不安視する意見もあった(pp. 42-43)。反対に、過度な規制によって英国が量子技術分野において世界から立ち遅れることを懸念する声もあった(p. 45)。

“These are the people [academics] who know most, and we should let them get on with it.”

「学者たちが一番よく知っているのだから、彼らに任せておくべきでしょう。」
(Wave 2, Glasgow)

“The public lead trends and interests in new tech, so let them be more aware.”

「大衆が流行や関心をリードするのだから、もっと大衆を意識するべきです」
(Wave 2, Birmingham)

“We will have very little input at all and I don't know what input you can have...”

「私たちはほとんどなにも意見できませんし、どんな意見が求められているかもわかりません。」 (Wave 2, York)

“They [companies] should be monitored but there should be room for them to innovate. Not to have the pressures on them right from the start so they won't be able to make things, they don't have the freedom to explore.”

「企業は監視されるべきではあるが、イノベーションを起こす余地を残す必要があります。初っ端からプレッシャーをかけてモノづくりができなくなったり、探求の自由がないことはあってはならない。」 (Wave 2, Oxford)

想定される懸念やガバナンス体制へのあり方については、英国 QTPD では Wave2 の中心的課題となっているため、阪大 FGI よりも広い観点から検討がなされている。しかし、量子コンピューターが完全に普及するまでの格差の指摘や悪用の可能性への懸念などはおおむね共通している。また、量子技術をめぐる開発競争が国家的利益の問題であり、その観点から投資が行われている状況についても共通する指摘があった。

より特徴的なのは、英国 QTPD ではあまり話題になっていなかった、テクノロジーへの依存が

高まることによって人間的な判断能力が衰えてしまうことへの懸念が、阪大 FGI では 2 つの文系グループで集中的に議論された点である。英国 QTPD では脱人間化 de-humanisation への懸念は雇用問題や自動化に伴う責任の所在が中心であったのに対し、人間的な判断そのものの価値が話題となったのは注目に値する。

5. 量子技術の専門家からのコメント

大阪大学社会技術共創研究センターと株式会社メルカリの研究開発組織「mercari R4D」は、2021年4月から共同研究「安心・安全と Go Bold を両立するイノベーションのための人文社会科学的研究～社会を知り、社会を変えるための実践的 ELSI (Ethical, Legal and Social Issues) 研究～」を実施している^{xvii}。プロジェクトが取り組む「ELSI 研究テーマの探索」の一環として、ELSI センターのメンバーと mercari R4D 量子情報技術研究プロジェクト^{xviii} (量子チーム) のメンバーは、量子技術分野における ELSI や、将来的な量子技術のテクノロジーアセスメントに関するディスカッションを重ねてきた。

今回の調査については、3回のフォーカス・グループ・インタビュー実施後、各回を文字起こししたデータを匿名化した上で共有し、専門家の視点から参加者の発言について講評を依頼した。その結果得られたコメントの一部を以下に引用する。

5.1. 量子技術へのイメージ

① 「量子技術」の捉えどころのなさ

量子コンピューターの応用範囲の広さについて、参加者から「自分の中で今まで結びついていなかった分野で量子コンピューターの応用が進められていることが印象に残った」という感想があった。研究者からは、「このように量子技術がどのような分野に応用されるのかがイメージしにくく、またその範囲も広範にわたることが量子コンピューターのとっつきにくさ、馴染みにくさの一因ではないか」という意見が述べられた。

② 量子現象を体験することの難しさ

動画の中で解説される量子コンピューターの計算方法について、参加者から「私たちの生きている世界の例には当てはまらない領域でことが進んでいる感じがする」という発言があった。「このような、現実世界で生きている中で起こる事象と紐づけて理解することが難しいという感覚が、量子について理解する際の大きな障壁になるのではないか」というコメントが研究者からあった。

また、理系グループにおいて「シュレーディンガーの猫」に関する話が量子と結びつくイメージとして挙げられたことについて、「本来ミクロな世界で起こっていて人が体験できない量子現象を、現実世界における寓話として説明している点が印象に残りやすいのではないか」という意

見も寄せられた。

③ 理解増進に向けた活動への示唆

FGI では、「量子」もしくは「量子技術」についてどこで聞いたことがあるか? という問いに、ニュース・雑誌・SNS・映画など、様々な場面で語られた。これに対し、「例えば中学・高校で学習するような物理や、大学で学ぶ他の科学的分野も含め、諸分野において同様の問いを投げかけた場合、どのような回答が得られるのか調査することにより、量子技術が社会に浸透するためのヒントを得られるのではないか」というコメントもあった。

④ 「量子=情報系」というイメージ

高校での情報の授業で「量子」という言葉を耳にしたことがあるという声や、セクション2の資料を見ながら「情報系の言葉と量子が紐づきやすいように見える」という意見が形成されたことについて、一部の研究者からは「「情報系」という印象を持たれたことは意外である」という声があがった。

また、「アメリカでは QIS (Quantum Information Science) ^{xix} という語が強調して言及され、量子情報科学への重点的な予算措置が行われているのに対し、現状日本における量子技術の重点領域としては必ずしも量子情報科学への偏重があるわけではない」という指摘もあった。「このような状況にも関わらず、市民のレベルで単純に「理系」ではなく「情報系」のイメージがあるという意見が多く見られたことを興味深く感じた」というコメントもあった。

⑤ 擬似科学と量子力学

「量子」という言葉から、胡散臭さ、怪しさを連想するという意見が複数見られたことについて、「量子力学が直感的に理解することが難しい故に敬遠されたり、擬似科学というレッテルの中に巻き込まれやすいのではないか」というコメントがあった。

また、量子力学の中の一部が「うさんくさい科学」のイメージを持たれているのではなく、量子力学という分野全体にうさんくさい印象を持っていると捉えられる発話が見られたことに対する危機感が表明された。

⑥ 専門用語から想像される意味の乖離

文系2グループの議論では、量子コンピューターの仕組みに関する解説で用いられた「計算」という言葉を例に挙げながら、「同じ単語でも、自分たちが捉えている言葉の意味と、量子技術について説明する際に用いられる際の意味が異なっているように感じられる」という意見が参加者間で一致した。

これに対し、研究者から「確かに専門用語として用いる際に、意味を限定し、通常の用いられ方とは違う、馴染みのない意味で同じ語を用いているケースがあるかもしれない。」というコメントがあった。また、「このような混乱を生じさせやすい言葉があることを認識し、市民への説明の際にはわかりやすく言い換えるなどの配慮を意識的に行う必要があるのではないか」という指摘もなされた。

5.2. 社会実装への期待

① 量子コンピューターを用いたシミュレーションの用途

理系グループの議論では、「量子コンピューターが完成した際には、膨大な時間がかかる現実ではできないことをシミュレーションによりできるようになるのではないか」という発言があった。

これについて、研究者からは「このような量子技術の専門家ではない者からもたらされるピュアな発想が、思わぬ発見につながる可能性もある。」というコメントがあった。

5.3. 社会実装への懸念

① 人間の判断力を奪ってしまうのではないかという懸念

量子コンピューターが普及し、様々な判断をよりコンピューターに任せるようになった場合、人の判断力が低下してしまうのではないかという懸念が参加者から表明されたことは、研究者にとっては意外な反応だった。

「人間では処理しきれないことをコンピューターに任せることができる」というポジティブな捉え方だけでなく、コンピューターに判断を任せすぎることの弊害についてより強い反応が示されたことに驚いた」というコメントが寄せられた。

② 量子技術に関するリテラシー

阪大 FGI の中では、先端的な科学技術やその技術の実装について、正負の両面に関して自ら知識を得て判断すべきだが、どのように正確な情報であるか否かを判断し、どこで正確な知識を得るべきか難しいという意見や、情報を手に入れるためのアクションを毎回積極的に起こすことは難しいのではないかという議論があった。

正しい情報の取得やそれに基づき適切に情報を利用する情報リテラシーの力を高めることの重要性については、研究者・市民双方に共通した認識があることが伺える。

さらに、これらの議論を受け、「どのような形になるかまだ判然としないが、量子技術独自の「量子リテラシー」がこれから形成されていくのではないか」という指摘が研究者からあった。

③ 格差と競争の問題

量子コンピューターと今までのコンピューターが混在する段階では、量子コンピューターを持つ国（人）と持たない国（人）の間で格差が生まれるのではないかという議論が複数のグループで見られた。

これに対し、研究者からは「各国間で競争が生まれることが技術を発展させる要因になっている側面もあるのではないか」という指摘が寄せられた。

④ 悪用への懸念と防御策

FGI では、量子技術を悪用する人が出るのではないかという懸念や、科学技術の発展に法整備が追いつかず、悪用を規制する法律がない状態が生まれてしまうのではないかという懸念が複数の参加者から表明された。これに対し、研究者から「法整備は、法を気にする相手にしか効果を発揮できない。法整備と共に、技術によって悪用を防ぐ方策を模索した方がよいのではないかと考える。しかしながら、イノベーションを阻害する形では絶対にあってはならない。」というコメントが寄せられた。

また、暗号を解読されるリスクに関して、2つのグループで「楽観視している」「具体的にいつから大丈夫ではなくなるのか。大丈夫でなくなってから対処しては遅いのではないか」と相反する意見が出たことについて、研究者から「リスクの程度を伝える方法を考える必要がある」という指摘がなされた。

6. まとめ

今回実施した阪大 FGI では、量子技術への印象・期待・懸念について下記のような結果が得られた。

■ 「量子」「量子技術」の第一印象

- 「量子」「量子力学」という言葉は全員が聞いたことがあると答えた
- 「量子」という言葉には、理系、物理系、情報系の分野の言葉だというイメージがある
- 量子技術に関する情報源として、ニュース・雑誌・SNS・書籍が挙げられた
- 「量子について、高校までの学校教育で習ったことがあるか」という問いについて、「ある／ない」という回答が、文系・理系どちらにも混在していた
- SNS や書籍での取り上げられ方から、量子という言葉に「うさんくさい」「あやしい」というイメージを持つ参加者もいた

■ 量子技術への期待

- バッテリーの充電、渋滞の解消など、今あるものがより便利になったり、身近に既にある問題を解決したりする応用については肯定的な意見が多く聞かれた

■ 量子技術への懸念

- 全てのグループで技術の悪用の危険性について言及されたが、心配の程度は様々だった
- 量子コンピューターを持つ国（人）・持たない国（人）の間で格差が生まれることを懸念する声があがった
- 人間の判断力を奪ってしまうのではないかという懸念が示された

■ その他

- 正しい知識を得ることの必要性とリテラシー教育の重要性が指摘された

- 単語の意味が従来と量子技術の解説で用いられる際に異なるように感じられ、理解が難しいという指摘があった

今回実施した「大学生を対象とした量子技術に関する印象の聞き取り調査（阪大 FGI）」は、量子技術に対する現段階での市民の印象や、将来的な社会実装に対する期待・懸念について現状を把握することを目的として実施した。

阪大 FGI の参加者は、大阪大学の学部生という極めて偏った範囲の中から抽出している。あくまでも将来的に量子技術をテーマとした市民参加型議題共創の場を構想するための予備調査という位置付けであるため、より多くの発言を得ることを最優先事項とし、参加者間の会話のしやすさを確保すること、科学技術に対する知識・興味の度合いをある程度揃えることを目的に対象者を大学生に限定した。

また、単純な比較は出来ないものの、阪大 FGI と英国 QTPD の双方には一定程度共通した期待や懸念があるように思われる。特に身近で一般的な問題の解決につながる技術に注目する点や量子技術を持つ者と持たざる者の格差に対する懸念などはほぼ同様の指摘がみられた。一方で、量子技術に過度に依存することで人間の判断能力に悪影響が出る、といった阪大 FGI にしか見られない指摘もあった。

今後、本格的に市民の量子技術へのイメージや社会実装への期待・懸念について把握するためには、より多様な参加者へと調査の範囲を広げる必要がある。とりわけ、量子力学の理論や知見を拡大解釈して用いている自己啓発やスピリチュアルが市民にどれくらい浸透し、影響を与えているか、あるいは量子技術の成果を応用したと称する化粧品や健康関連商品、キッチン用品などが消費者にどのようなイメージを持たれているかといった観点からの調査も有意味だろう^{xx}。

さらに、市民の側がどう受け止めているのかという側面だけではなく、量子技術の研究者・専門家側の問題意識や、社会実装にあたって事前に把握しておきたい論点、市民と対話したいテーマ等について整理することも必要である^{xxi}。

これらの段階を経て、はじめて多様なステークホルダーによる量子技術をテーマとした参加型議題共創の場を創造することが可能になるだろう。

7. 参考文献

Mikami, K. [2015] “State-Supported Science and Imaginary Lock-in: The Case of Regenerative Medicine in Japan”, *Science as Culture*, vol.24, pp.183-204

NQIT “Quantum Technologies Public Dialogue Report.” (最終閲覧日 2022 年 5 月 24 日)
https://www.lib.keio.ac.jp/hiyoshi/files/services/seminar/10_sist022020.pdf

内閣府「量子技術イノベーション戦略（最終報告）」（最終閲覧日 2022 年 5 月 24 日）
<https://www8.cao.go.jp/cstp/tougosenryaku/ryoushisenryaku.pdf>

標葉隆馬 [2020] 『責任ある科学技術ガバナンス概論』，ナカニシヤ出版。

ⁱ 英国 QTPD の概要と報告書は以下から入手できる。”Quantum Technologies Public Dialogue Report.”UK Networked Quantum Information Technologies Hub Website

<<https://nqit.ox.ac.uk/content/quantum-technologies-public-dialogue-report.html>> (最終閲覧日 2022 年 5 月 24 日)

ⁱⁱ “Overview of programme.” UK National Quantum Technologies Programme Website
 <<https://uknqt.epsrc.ac.uk/about/overview-of-programme/>> (最終閲覧日 2022 年 5 月 24 日)

ⁱⁱⁱ “UKNQT Hubs.” UK National Quantum Technologies Programme Website
 <<https://uknqt.ukri.org/about/uknqt-hubs/>> (最終閲覧日 2022 年 5 月 24 日)

^{iv} パブリックワークショップの前には Kanter media 社と EPSRC、NQTP の作業部会及び戦略アドバイザーボードが合同でパブリックダイアログ全体の設計を行うインセプションミーティングを行った上で、研究者・企業代表・政策担当者が参加して各種の情報提供や事前予測のためのステークホルダーワークショップを開催して準備にあたっている。

^v 報告書の付録(Appendix)は UK Networked Quantum Information Technologies Hub Website では公開されていないが、EPSRC への問い合わせにより入手できる。

<https://www.ukri.org/what-we-offer/browse-our-areas-of-investment-and-support/quantum-technologies-theme/>

vi 資料に抽出した言葉は、量子イノベーション戦略の付属資料から「量子」が含まれる語を選択して書き出し作成した。付録資料を参照。

vii 「【わかりやすい】量子コンピューター解説 実用化はいつ？どんな分野に応用できる？」
(2021年7月30日公開) <https://youtu.be/6bliAuk1WF4> (最終閲覧日 2022年5月24日)

viii 「引き寄せの法則」は、ニューソートや自己啓発などに広く共有されている信念であり、宗教色の強いものから科学に基づくものまで様々ではあるが、ポジティブな思考や感情そのものがポジティブな経験や出来事を生み出すという点ではおおむね一致している。2006年に出版されたロンダ・バーン『ザ・シークレット』（邦訳は角川書店、2007年）は世界的なベストセラーになったが、この「引き寄せの法則」を取り上げ、量子力学に基づいた理論であると主張している。しかし、多くの科学者たちはこの点について疑似科学の一種であると批判している。

ix 「シュレーディンガーの猫」は1935年に物理学者エルヴィン・シュレーディンガーが提示した思考実験であり、量子力学の一般向けの解説書などでも頻出である。この思考実験が提案された背景や含意についてはここでは詳述しないが、「放射線を検知して毒ガスが発生する仕組みの箱の中に放射性物質と猫を入れる。このときこの放射性物質が原子崩壊して放射線を生じさせる確率は50%である」という設定の下で、猫の生死は箱を開ける前に決定されているか、それとも生存と死亡が共に50%であるような「重ね合わせ」の状態になっているかが問われる。確率的にしか記述できない量子的現象のようなミクロな世界の出来事を猫の生死のようなマクロな出来事に置き換えたときの反直観性を説明するために用いられることが多い。続く学生Fの説明は、量子力学のもとでは原子の崩壊は決定論的なものではなく確率的なものであり、毒ガスの発生がそのような確率的なものに依存していることについての説明がなく、単に「一時間に一回毒ガスが発射される」とする設定の理解にやや不正確さがある。しかし、多少不正確ではあっても「量子」という言葉からキーワードとして「シュレーディンガーの猫」を思いつき、ある程度の説明を試みることができたということにここでは注目している。

x 内閣府「量子技術イノベーション戦略（最終報告）」（最終閲覧日 2022年5月24日）

<https://www8.cao.go.jp/cstp/tougosenryaku/ryoushisenryaku.pdf>

xi 付録資料スライド p.6 を参照。

xii 「【わかりやすい】量子コンピューター解説 実用化はいつ？どんな分野に応用できる？」
(2021年7月30日公開) <https://youtu.be/6bliAuk1WF4> (最終閲覧日 2022年5月24日)

^{xiii} 動画視聴後のディスカッションは、動画で使用された「どんな分野に応用できる？」というタイトルのスライドを画面共有で表示しながら進化した。付録資料スライド p.9 を参照。

^{xiv} 2016 年の熊本地震では津波は起きていない。ここで H が触れているのは、東北地方太平洋沖地震で起こった石巻市立大川小学校における津波被害についてではないかと考えられる。

^{xv} Science, technology, engineering, and mathematics の頭文字をとったもので、いわゆる理系分野の総称を指す

^{xvi} The Big Bang Theory (『ビッグバン★セオリー ギークなボクらの恋愛法則』) はアメリカの恋愛コメディドラマ。主人公たちは物理学者という設定であり、スティーブン・ホーキングやジョージ・スムートといった実在の著名な物理学者が客演しているほか、作中でさまざまな物理学に関する知識やギャグが披露される。科学監修は UCLA の物理学者が行っており、一般向け科学番組に準ずるものと考えられたと思われる。

^{xvii} ELSI センター ウェブサイト 株式会社メルカリとの共同研究「安心・安全と Go Bold を両立するイノベーションのための人文社会科学研究～社会を知り、社会を変えるための実践的 ELSI (Ethical, Legal and Social Issues) 研究～」 <https://elsi.osaka-u.ac.jp/research/1028> (最終閲覧日 2022 年 5 月 24 日)

^{xviii} mercari R4D Quantum Research <https://r4d.mercari.com/quantum> (最終閲覧日 2022 年 5 月 24 日)

^{xix} QUANTUM INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY WORKFORCE DEVELOPMENT NATIONAL STRATEGIC PLAN

<https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2022/02/QIST-Natl-Workforce-Plan.pdf> (最終閲覧日 2022 年 5 月 24 日)

^{xx} 中国ではすでに疑似科学的な量子商品（化粧品や健康関連商品）が一種のブームになっており、市場監督当局が規制や取り締まりを行っていることが報道されている。これについては次の記事「「病気が治る」「シワが消える」 中国で増え続けるニセ科学の「量子商品」」, 東方新報, 2021-6-26, AFP BB NEWS <<https://www.afpbb.com/articles/-/3352878>> (最終閲覧日 2022 年 5 月 24 日) を参照してほしい。

^{xxi} 英国パブリックダイアログでは、市民参加のワークショップ (wave1) に先だちステークホルダーワークショップと題した専門家のみが参加するワークショップを実施している。量子技術に対して市民がどのように反応するのか、事前に専門家間で検討されていたことがわかる。

8. 付録資料

大阪大学

フォーカスグループ・インタビュー資料



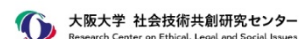
大阪大学 社会技術共創研究センター
Research Center on Ethical, Legal and Social Issues

実施日：2022年2月22日
研究実施者：肥後 楽

Osaka University
Research Center on
Ethical, Legal and
Social Issues

Osaka University

本日の予定



大阪大学 社会技術共創研究センター
Research Center on Ethical, Legal and Social Issues

- 12:50 会場オープン
- 13:00 概要説明（同意書・アンケート・諸注意）
- 13:15 自己紹介
- 13:25 セクション1
- 13:40 セクション2
- 14:00 動画視聴
- 14:15 セクション3
- 14:50 まとめ
- 15:00 完全終了

自己紹介

- ・お名前と所属する学部
- ・「最先端の科学技術」「最先端の科学」「最先端のテクノロジー」ときいて
思い浮かぶモノ・イメージは？

※実際にあるモノでも、これからできそうなコトでも、「かわいい」など
イメージを表す形容詞でも構いません。

インプット用資料① 本日のテーマは…

量子

セクション(1)

- ・量子 と聞いて思い浮かぶイメージは？
- ・日常生活の中で、量子という言葉を目にしたことがありますか？
(例：アニメ、映画、ニュース・報道、友達との会話、)

インプット用資料① 量子〇〇 で検索してみると…



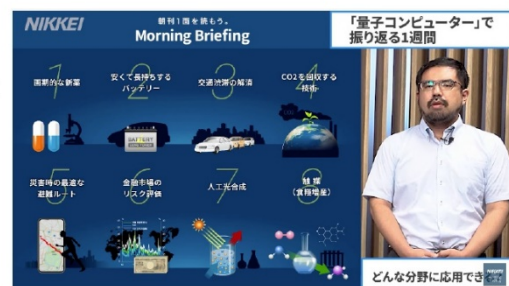
セクション(2) 資料①を眺めてみて…

- ・気になる言葉はありましたか？わからないと思った言葉はどれですか？

インプット用資料②

【わかりやすい】量子コンピュータ解説 実用化はいつ？どんな分野に応用できる？
日経電子版 朝刊1面を読もう。2021年7月30日公開 <https://youtu.be/6bliAuk1WF4>

- ・イントロ
- ・量子コンピュータって何？スパコンと何が違う？
- ・量子コンピュータが速く計算できる仕組み
- ・日本で商用機が稼働する意義
- ・素材開発のシミュレーションに応用
- ・量子コンピュータが得意なシミュレーションとは
- ・脱炭素にも応用可能？
- ・金融派生商品の価格予測も
- ・渋滞回避に最適なルート検索
- ・インターネットの「暗号」が解読されるリスクは？
- ・仮想通貨の価値が下がる？
- ・実用化へ課題となる「エラー訂正」



Osaka University



【わかりやすい】量子コンピュータ解説 実用化はいつ?どんな分野に応用できる?
日経電子版 朝刊1面を読もう。2021年7月30日公開 <https://youtu.be/6bliAuk1WF4>

大阪大学 社会技術共創研究センター
Research Center on Ethical, Legal, and Social Issues

企業が想定する量子コンピューターの
主な応用例

社名	概要
トヨタ自動車	素材開発や渋滞回避
三菱ケミカル	LEDや太陽電池の開発
JSR	フォトリソトや液晶ディスプレイ材料の開発
みずほFG、MUFG、三井住友信託銀行	資産構成の最適化や精緻な信用評価
ボーイング(米)	材料の耐久性などの評価
ダイムラー(独)	EV用電池の開発
エクソン	素材開発や海上輸送の効率化
モービル(米)	燃料効率化
ゴールドマン・サックス(米)	金融商品のリスク評価、価格予測

ELSI

2022/2/22

9

Osaka University

セクション(3) 資料②動画をみて…

大阪大学 社会技術共創研究センター
Research Center on Ethical, Legal, and Social Issues

- ・自分の生活にどのような変化がありそうだと思いますか？
- ・こんなことができるようになってほしい/逆にこれはやってほしくないということがありましたか？

ELSI

2022/2/22

10

Osaka University

終わりに…

 大阪大学 社会技術共創研究センター
Research Center on Ethical, Legal and Social Issues

・今日の感想を教えてください。

ご協力、ありがとうございました。

ELSI

2022/2/22

11

ELSI NOTE No. 18
大学生を対象とした
量子技術に関する印象の聞き取り調査

令和4年6月29日



大阪大学 社会技術共創研究センター
Research Center on Ethical, Legal and Social Issues

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-8
大阪大学吹田キャンパステクノアライアンス C 棟 6 階
TEL 06-6105-6084
<https://elsi.osaka-u.ac.jp>

 大阪大学