世界の幸せをカタチにする。
Creating Peace & Happiness for the World
Musashino University
武蔵野大学 学術機関リポジトリ
Musashino University Academic Institutional Repository

その学問領域とは別の分野を専門として持つ受講者がメイン層である講義を行う際に講義者として心がけていること

メタデータ	言語: Japanese 出版者: Musashino University Smart Intelligence Center 公開日: 2024-03-25 キーワード (Ja): 副専攻, 高等教育, 社会人教育 キーワード (En): 作成者: 朝倉, 大樹 メールアドレス: 所属:
URL	https://mu.repo.nii.ac.jp/records/2000204

一般論文

その学問領域とは別の分野を専門として持つ受講者がメイン層である講義を行う際に講義者として心がけていること

What you try to do as a lecturer when giving a lecture to a main audience of students who specialize in a field other than that of your discipline

朝倉大樹
株式会社オレンジテクラボ/武蔵野大学 非常勤講師

概要

株式会社オレンジテクラボという企業において量子 AI コンピューティング部門のパートタイムのリサーチャーを務める筆者は，縁あって 2023 年度に武蔵野大学副専攻 AI 活用エキスパートコースにおいて非常勤講師として人工知能実践プロジェクトの授業を担当した．このコースの受講生は各々主専攻の専門領域を持ち，AI に関しては本来の専門ではない．本稿では，このような学生を指導するにあたり，同企業において量子情報の非専門家たちと実施してきた勉強会での経験と対比しながら，AI の非専門家である副専攻コースの学生たちを指導する際に心がけるべき観点に関して論じる．

キーワード： 副専攻，高等教育，社会人教育

1. はじめに

筆者は株式会社オレンジテクラボ（以下，弊社と記します）の量子 AI コンピューティング部門に所属し，量子情報の分野に関するパートタイムのリサーチャーを務めている．この度縁あって 2023 年度の 1 - 2 学期に武蔵野大学副専攻 AI 活用エキスパートコースにおける人工知能実践プロジェクトにおいて非常勤講師を務めることとなり，本稿を執筆する機会を得た．

ここで上記の「副専攻 AI 活用エキスパートコース」とは，武蔵野大学に 2019 年 1 月に開設された Musashino University Smart Intelligence Center（通称 MUSIC）が運営する副専攻のコースのことであり，「人工知能実践プロジェクト」とはそのコースにおける卒業研究に相当する“指導教員の下で，自分で定めたテーマに関連した人工知能技術（AI）を活用したサービスを企画立案し，その実践を通じて有用性を検証するプロジェクトを行う” ゼミ形式の授業［1］のことを指す．同センターは，武蔵野大学において “世の中で着目されている DX を適用した大学の DX，教育の DX 化を経て AI（人工知能）がキャンパスや教育実践現場で普遍的に存在する AI-Ready-University と命名されたビジョンの実現に向けた戦略的な先導役としての期待役割を担なっている” 機関であり［2］，上記の副専攻 AI 活用エキスパートコースを武蔵野大学の副専攻として，すなわち，所属する学部・学科で学ぶ専門分野とは異なる種類の専門を学ぶことのできるもう一つの専攻［3］として武蔵野大学の学生に提供している．

非常勤講師という学外者として，この副専攻 AI 活用エキスパートコースの最も素晴らしいと考えるところの一つは，同コースが所属する学部・学科で学ぶ専門分野とは異なる種類の専門を学ぶことのできる場であることだと考える．事実，この副専攻 AI 活用エキ

スパートコースに在籍することが可能であるのは武蔵野大学のデータサイエンス学部を除く全ての学部の学生であり，そこでは文系も理系も一切関係なく全員が一から AI について学習を進めるのだ．自分自身の専門とは異なる領域の勉強を行うことはとても素晴らしい学問への携わり方であり，大学生のうちにそれを専門の教員の下で単位を取得出来る正規の講義として数年間に渡って受講出来るというのはまたとない経験であろう．

ただし綺麗事だけでは済まされない．上述した「自分自身の専門とは異なる領域の勉強を行うこと」というのは，その学習者にとって，とても難しく厳しい学問への携わり方でもあるからだ．

弊社において筆者が主催している勉強会では，筆者の専門分野である量子情報理論の様々なトピックについて学習する機会を提供している．2019 年 6 月に筆者が弊社にジョインした直後に発足し 2024 年 2 月現時点で 150 回程続くこの勉強会は参加メンバーの協力もあってとても平和的に運営されているものの，しかし，筆者を除く全員が量子情報についてほとんど触れたことがなかったこともあり「自分自身の専門とは異なる領域の勉強を行うこと」の難しさと厳しさが何度も何度も露わとなった．後述するように，こちらの意図がまるで伝わらず誤解も多く，量子情報理論のとあるトピックについて学習をしようという話になったのに参加メンバーの予備知識の欠落によって本論に入る前のもはや量子情報とはそれ程関係のない周辺分野の勉強に数回の勉強会を丸々と費やさなければいけなくなったこともしばしばであり，勉強会開催を開始した直後は困難の嵐であった．幸い，そういった難しさや厳しさのせいで致命的に運営に支障が生じたこと・参加メンバーの脱退が続いてしまったことなどはないものの，それはこの勉強会がゆったりと極めてマイペースに運営することを許されているからに他ならない．後述するように様々な工夫を施しているなかで，

- 期限を設けることなく参加者達が納得するまで一つのテーマを何度も何度も再訪して取り上げても構わない
- 講師役である筆者以外の全ての参加メンバーは他者からの強制的な課題などを負わない

という二点は，量子情報理論とは別の分野を専門として持つ受講者がメイン層である弊社の勉強会において，極めて重要であったと考える．もっと直接的に言い換えると，もしこの勉強会が

- タイトなタイムスケジュールをこなす必要がある
- 各種の課題や成果物の作成を行わなければいけない

これらのうちのどちらか一つの要素でも持っていた場合，上述した難しさや厳しさを一定以上緩和することも出来ず，半年と持たず崩壊していただろう．

一方，副専攻 AI 活用エキスパートコースの人工知能実践プロジェクトは，その成り立ちからして「わずか三か月で」「同コースの修了式兼成果発表会にて公開される研究成果を挙げなければいけない」ため，上記の要素を二つとも色濃く持っている．

こう書くと，筆者が，副専攻 AI 活用エキスパートコースの人工知能実践プロジェクトに対して，不適切な程に厳しい条件下で成果の創出を求めているという印象を持っていると思われてしまうやもしれない．確かに各種期日のタイトさにいささか翻弄されてしまったことは事実だが，それは誤解である．

というのも，弊社は企業や法人における企業研修・社会人研修を実施しているのであるが，筆者がティーチングアシスタントとして携わった全ての業務において，「それまでその分野を専門としたことがなく」「専門や所属組織はばらばらな」受講者の方たちに「数日 (!!) という極めてタイトな期限の中で」「特定の学問領域のトピックス群を教えきる」必要があった．要するに，当該分野におけるスペシャリストを目指す学生達が集う国際レベルの研究大学の研究室であったり，近隣分野において実績を積み重ねてきた研究者達から構成される大企業の最先端のラボなどの最高峰の環境を除くと，大多数の学生および社会人はその学問の学習を開始する時には前提知識や基礎学力に穴がある状態で目標である

学問領域を学習し始めなければいけないし，その学習に十全な時間を割くことも現実的には難しいというのが現在の日本の高等教育・リスキリングの実情なのかもしれない．にもかかわらず，社会人になってからそれまで専門としてこなかった分野を学ぶ必要が生じることは，全く珍しいことではない．

以上を踏まえると，それを元々の専門としているデータサイエンス学部を除く全ての学部の学生が履修可能な副専攻 AI 活用エキスパートコースにおいて，そういった経験を学生時代に AI というこれからの時代に必須となる学問領域を対象として行う場が提供されていることは，その卒業研究として上記のような特徴を持つ人工知能実践プロジェクトが実施されていることと併せてたとえ上述した困難があろうとも，極めて有益なことであろう．

本稿では，タイトルにもある通り，それまでその分野を専門としてこなかった受講者の存在とそれに対する講師側のあるべき姿勢を論じる．ここで「受講者」といういささか抽象的な単語を用いているのは，本稿においては，前段落で述べたような「その時点で所属している学部・学科で学ぶ専門分野とは異なる種類の専門」分野を学ぶ学生と，所属組織の都合上あるいは御自身の能動的なリスキリングなどの一環として「かつて所属していた学部・学科で学んでいた専門分野とは異なる種類の専門」分野を学ぶ社会人の方という，異なる二つのタイプの学習者の方たちの両方を対象に据えているためである．本来であれば異なる両タイプの学習者ですが，以下の節で明らかになる通り，その講義において心がけるべき内容は驚くほど似通っている．本稿が，量子情報や AI を専門外から初めて学ぶ方々と，それらの分野を専門家として初学者に教える方々の一助となれば幸いである．

2. 量子情報の文献の公開性に関する認識について

弊社において量子情報の勉強会を開始した直後筆者が最も驚いたことの一つに，勉強会に参加するメンバー間で arXiv (https://arxiv.org/) についての認識に大きな差があったことが挙げられる．Cornell 大学が管理するプレプリントサーバである arXiv は数学，物理，情報理論などの分野におけるプレプリントが投稿される．この arXiv に投稿されたプレプリントは全世界どこからでも，それこそ大学や研究機関に所属していない人の自宅からであっても，無料かつ合法的に閲覧出来る状態に置かれる．

こういったサーバは arXiv の他にもたくさん存在する．例えば，Cryptology ePrint Archive(https://eprint.iacr.org/) には暗号理論のプレプリントが，bioRxiv (https://www.biorxiv.org/) には医学や生物学のプレプリントがそれぞれ投稿される．量子情報やその周辺の分野の論文のプレプリントは，暗号理論のカラーが強いために Cryptology ePrint Archive へと投稿されるものと量子情報理論の知見を生物学に応用しているがために bioRxiv に投稿されるものを除くと，arXiv に投稿される．

また arXiv には投稿しないポリシーを持った研究者であっても，科学者・研究者向けの SNS であるところの ReseachGate (https://www.researchgate.net/) や，分散型バージョン管理システム Git の仕組みを利用してソースコードを公開出来る GitHub や所属している研究機関の公式のホームページに，プレプリント・プレゼンテーション資料・講義資料・それらの中で用いたプログラミングのコードを公開している人は少なくない．特に，量子情報の理論的な研究領域においては，そのプレプリントが論文出版社に受理されることが決定すると，著者達が草稿を arXiv 始めとする web 上での公開場所において accepted version へと差し替えるアップデートを行うということもしょっちゅうである．つまり，この経緯を辿った論文は，その学術的な内容については出版社から売り出されているものと全く変わらない状態で，全世界から誰しもが無料かつ合法的に閲覧可能な状態に web 上に置かれているのだ．専門書や教科書についても全く同様であり，量子情報の専門書や教科書の少なくないものについて，製品版とほとんど変わらないバージョンの草稿が arXiv や著者本人のホームページ上で公開されている．

さて，本節においてここまで述べてきたことは，知っている方からすると全く当たり前のことである．量子情報およびその隣接分野を専門とする研究者の方や学習者の方にとっては，その大半がまったくの自明で説明不要のことに違いない．にもかかわらずここまで文字数を費やして説明を行ったのは，本節冒頭でも触れたように，量子情報におけるこういった arXiv などを用いた文献の公開性の高さというのが，量子情報を専門としない多くの人にとって馴染みのないの驚くべきものであり，この馴染みのなさが当該分野を専門としない学習者とその専門家である講義者の間の非常に大きな認識の齟齬の根幹を成すものであると考えるためである．

このことを初めて明確に認識したのは，理系ではないバックグランドを持ったメンバーが何人もいる弊社でのとあるミーティングにおいて，web 上に存在する学術論文の取り扱いというトピックが挙がった時であった．議題の性質上，自然な成り行きとして arXiv にも話題が及んだのだが，その際の説明は上で述べたよりももっともっと基本的なところから説き始める必要があったのだ．最初は当たり前の説明に時間を無駄に費やしてしまっている可能性を危惧としていたが，arXiv のシステムを喋る際のオーディエンスの新鮮な驚きのこもった反応を見るに，まったくそんなことはないようであった．

さらに言えば，理系の大学や大学院を出て，ある程度研究・開発に携わった経験がある方であっても，上述したような量子情報の arXiv を含む web 上での公式的な論文および専門書の公開性の高さには戸惑うケースが少なからずあるということも記しておくべき事実である．筆者のいる部門に参加するメンバーのうちの何人かは企業の研究や開発の部門に在籍していた経験を持っており，そこでは社外秘の成果が主であったり，成果を公表するにしても論文という形ではなくコンファレンスなどにおける発表を初出とするケースが主流であるという．こういった環境においては「誰でも見える場所に置いておく論文なり専門書の草稿というのは，所詮，海の物とも山の物ともつかないものなのだろう」という見解が自然と形成されてしまうようであり，理系分野の論文を読んだり書いたりした経験がある方であっても，その分野の最高峰の論文雑誌に掲載が決まるような論文の草稿までもが arXiv 上にアップロードされていることであったり，その分野において標準的に広く参照されているような最高レベルの専門書や教科書が arXiv や著者本人のホームページで正式に公開されていることはかなりの驚きと違和感をもたらすようだ．

このような web 上における文献の公開性の高さについての認識の齟齬は，実は，量子情報をそれを専門としない方が学ぶうえで最初に大きく躓くポイントたりうると筆者は考える．量子情報とこれまで接点がなかった初学者の方が，web 上には誰でも安心して読める状態になっている最高品質の論文や教科書の草稿が沢山公開されているにも関わらずそれにアクセスすることなく通り過ぎてしまうこと，それらを怪しい低質なものだと誤解して避けてしまうことというのは，筆者が想定していたよりも遥かに多く起こってしまうことが分かったからである．

本段落で述べるのは筆者の経験の中でも最も端的に上述の認識の齟齬が露呈した例である．勉強会が始まって二三ヶ月経った頃のこと．その当時勉強をし始めたトピックスに対して，参考文献に上で述べたような arXiv と著者本人のホームページに製品版となんら遜色のない形で公開されている有名教科書をふたつ程挙げた際，それが草稿版であるという事実によって，一部の参加者から警戒を持たれてしまったのだ．その警戒とは「web 上に落ちている草稿版を用いようなんて，著作権は大丈夫なのか？」というものと「仮に著作権的に問題ないものだったとしても，製品版があるにも関わらず web 上に無料公開されているものの品質なんてたかが知れているのでは？」というものであった．筆者がこの公開性の高い教科書を参考文献としてセレクトしたのは，それで質・量ともに十分だったからというそもそもの理由の他に，量子情報を学ぶ必要はあるけれどしかしそれを直接の専門とするまでにはいかないゼミ参加者に対して有料の教科書の購入を薦めるよりも無料で公開されているものを引用・参照する方が参入障壁が低いだろうと考えたためである．そういった筆者なりの配慮によるものだったのだが，しかし，結果として警戒を招くことにな

ってしまった．誤解があったままではどうしようもないので，その場で，本節でこれまで述べてきた事情を詳述し，さらに，Google Scholar を用いてその教科書の引用数の高さを一緒に確認した．ちなみにこのとき紹介した二つの教科書というのは，量子シャノン理論について基礎から執筆当時の最先端まで書き尽くした Wilde の教科書 [4] と計算量理論についての世界の標準的な大学における定番であるところの Arora-Barak の教科書 [5] である．これらはどちらも押しも押されぬ不動の評価を得ている名著であり，そして同時に，きちんとした製品版がケンブリッジ大学出版 (https://cambridge-university-press.jp/) から出ているにかかわらず，そのドラフト版が前者は arXiv において後者は著者 Arora の所属するプリンストン大学の公式ホームページ (https://theory.cs.princeton.edu/complexity/) においてそれぞれ公開され続けている教科書である．そういったわけで，知っている人からすればどちらも「最も高いオープンアクセスを備えるその分野における最高品質の教科書」であるのだが，その分野を専門としない初学者の方にそれを説明するのは極めて難しい．筆者が「Google Scholar を用いてその教科書の引用数の高さを一緒に確認する」という露骨な方法で説得を行ったのはだからである．教える側が筆者と同じような配慮から同じようなテキストを教科書指定することは多くあるため，これに近しい誤解が多く起きてそれが一定期間解けないことがあっても不思議ではないであろうと推察する．このやり取りのすぐあとに上述のミーティングの一件があり，筆者が自分が全く当たり前だと思っていた「arXiv や研究者個人の HP に大量の論文や教科書が無料で公開されていること」が多くの人にとって少しも当たり前のことではないんだと，認識を改める必要を強く感じた次第である．

3. 公開されている AI の新技術に関する認識について

武蔵野大学副専攻 AI 活用エキスパートコースにおける人工知能実践プロジェクトにおいても同様の認識あるいは想定の差は存在していた．

本 2023 年度の AI に関する最もホットなニュースは，間違いなく高性能かつ日常会話的なチャット機能付き AI の登場であろう．最も有名な ChatGPT を始めとしてありとあらゆるツールやサービスが矢継ぎ早に生まれており AI を専門とするメンバーが複数在籍している弊社でも日夜様々なニュースがシェアされている状況にある中で，筆者も当たり前のようにいくつかのものを日常的に使用している．そういった環境にいるが為に，筆者は同プロジェクトが開始して 3-4 回目の授業の時，担当している学生達に以下のようなことを述べた：

- 昨今登場したチャット機能付き AI には様々なものがあって，用途や目的によってその特徴や出来ることは異なること．
- しかし，共通しているのは，それらのほとんど全てが高い性能を持っていて我々の作業のうちのいくつかを完全に代替してくれること．
- その一方で，現時点では何も考えずにボタンをポチっと押せばそれで全てを実行してくれる程便利でも万能でもないこと．
- 特に AI にその作業をきちんとしたクオリティで・自分の望む作業を正確に実行させる為に頑張る必要があるのは，AI 側ではなく我々人間側であること．
- その為には，生成 AI に関するプロンプトについても，元々の作業が属する領域についても，あるいは，もっと一般に自分が用いる生成 AI が現状どれくらいの能力を有するのかについても勉強する必要があること．
- したがって，生成 AI は修業的観点によって使用を禁止されるべきものなどでは決してないこと．
- むしろそれらを精確に用いることを目的として自分自身の知識をビルドアップさせる必要性を促しているものであること．
- ただし，5 年後 10 年後になったら本当に「何も考えずにボタンをポチっと押す」

だけでもよくなっている可能性のあること．

- その時はこれらのコメントを「あの非常勤の教員の言っていたことは，いかにも 2023 年的なものだったね」ときっぱり棄却してくれて問題ないこと．

すなわち「学生の皆さんも当然のようにそれらを駆使しているのだろう」という仮定を勝手に当然のように置いたうえで，その使用を推奨しつつもそれに依存し過ぎるのは倫理的に良い悪いどうこうという以前に不可能であるという現状を伝えた．

ところが．このコメントに対する学生の反応は，普段のアクティブなものとは打って変わって，極めて静かだった．どうやら話を聞くところによると，筆者が指導を担当させて頂いた 8 人の学生のうち 2023 年 6 月当時においてはわずか 1 人を除いてチャット機能付き AI を日常的に用いる生活はしたことがなかったそうなのだ．それどころか，全員がその大流行そのものは知っていたにもかかわらず，半数以上の学生がこれまで一回も使ったことがないとのこと．つまりそもそも上述の仮定は全く間違っており，てんで見当違いな想定の下，筆者は上記をさも分かったような顔をしてコメントしてしまったのである．

最初は，大変失礼ながら，武蔵野大学では一面的で守旧的な考えによって学生のチャット機能付き AI の使用が全面禁止されていたりするのだろうか？ だとするとそれと真正面からバッティングするような指導をいち学外者が行ってしまったのだけれど...などと危惧してしまったのだが，そういったことは当然ながら一切行われていないとのこと．ではどうして？ と当初こそ当惑したのだが，よくよく冷静になってみると，この学生達のチャット機能付き AI への静観は下記のような理由によってごくごく自然に起こったことに過ぎなかったのである．

前述のように，筆者の担当した学生に限らず AI 活用エキスパートコースに在籍している学生は全員非情報系の学部が主専攻である．そうすると，チャット機能付き AI を含むこういったテクノロジーに関する知識の大半は，同コースの授業において取得することになる．すると，この時点で最も直近にソースを提供してくれたであろう授業は去年度 2022 年度の 3-4 学期のそれであり，その時点では確かに Stable Diffusion は話題になっており実際に講義で触れられたということだが，チャット機能付き AI が話題になる前夜であった．2023 年度になってから開始され筆者も担当した同コースの卒業ゼミに対応する人工知能実践プロジェクトはゼミ形式の授業であり，日程もタイトであったため，そういったチャット機能付き AI に関する一般論を講義する余裕はどこにもない．したがって，2023 年度に筆者が担当した学生が，チャット機能付き AI について静観していたとしても，それはある意味で仕方のないことなのである．

ここで前段落における「チャット機能付き AI を含むこういったテクノロジーに関する知識の獲得源の大半は同コースの授業にあるだろう」という想定に違和感を覚えた方がおられるかもしれない．実際，関連論文が前節で述べた arXiv などのプレプリントサーバに山のごとく大量に投稿され続けており，英語に苦手意識があったとしてもコンピュータやソフトウェア関連の技術に関するブログ形式の記事を投稿できるコミュニティであるところの Qiita（https://qiita.com/）や Zenn(https://zenn.dev/）にはこれらに関するたくさんの日本語記事が存在している．したがって日本語に情報源を限定したとしてもいくらでも流行したての熱気を身にまとったニュースはそこかしこに無料で公開されているわけである．しかし，まさに前節で申し上げた通り，これはスペシャリストないしはヘビーユーザー的視点によるものである．非専門家の学習者の方からすると，それらの記事の存在はまったく未知なるよく分からない存在なのであり，何なら「一部の人々がやたら騒いでいる」というプラスではない印象を抱きうる新技術なのである（これは武蔵野大学に限った話ではない．高等教育機関に属する同年代の非情報系の学生の授業を担当している先生複数人から，同様の静観がチャット機能付き AI に対して行われたという話を聞いている）．

前節と本節を踏まえて，それまでその分野を専門としてこなかった受講者の方たちに講義する側が心得ておく必要のある最も重要なことの一つとして

非専門の学習者，特に初学者にとっては，講師側が空気のごとく全く当たり前にその恩恵を得ている web 上に無料でかつ合法的にオープンに公開されている情報のソースの存在というのは，まったく自明のものではない．それどころかそれらは「まったく未知なるよく分からないが，しかし一部の人々が熱狂的に騒いでいる」ものでありそれを専門としない自分たちは近づかないでおこうという恐怖の対象たりうる

ということが挙げられるというのが筆者の結論である．この事実に対する認識が講師側と受講者側でずれたままだと，いくら講師側が（おそらくはほとんどの場合は親切心によって）オープンに公開されている様々な教材たりうる情報のソースを提示したところで，それらは全く無意味なものとなってしまうからである．前節の経験を持っていたにもかかわらず勝手な想定のもとでチャット機能付き AI に関する筆者のコメントは，恥ずかしいことに，まさにその反面教師的な一例なのであろう．この認識の相違は

片方にとってはそれが全くの当たり前のことである一方
片方にとってはそれは一切当たり前ではない

という教育や研究などに依らずごくごく一般的にありとあらゆることに生じうる認識のずれの些細な一例に過ぎないはずである．そしてその意味において，これは言われてみれば極々当たり前のことなのではあるのだが，であるからこそ自戒を込めて心得ておく必要のあることだとそう考える次第である．

なお，上のような状況を踏まえて，筆者はその講義期間中に次節で述べるいくつかの講義資料においてチャット機能付き AI については補足説明を行った．それが功を奏したからかどうかは不明だが，筆者が指導を担当した 8 名の学生のなかから，最終的にはプログラミングコードの作成を補助するタイプのチャット機能付き AI を用いて，立派なソースコード付きのプロジェクトの成果物をほぼ独力で作成した学生が現れたのは大変頼もしくまた嬉しいことであった．

4. その学習が難しく感じるのは，それが量子情報のトピックだからか？

量子情報がここまで有名になったそのきっかけの一つは，Shor の記念碑的論文［6, 7］にある．この Shor の結果は「古典計算機ではまともな時間で解くことが出来ずだからこそ暗号に用いられる素因数分解は，量子計算機を使うとあっというまに解ける」と評されるものだが，これはかなり不正確なステートメントである．例えば “まともな時間” とは何かということが未定義であるし，“解くことが出来ない” というのも「現時点で既知のアルゴリズムでは」という注が必要だからである．

このように書くと「なるほど．上述の結果を理解する為には，量子コンピュータの原理を詳細に理解する必要があって，それは確かにとても難しそうだ」と思われるかもしれない．たしかに Shor の論文の証明を一行ずつ全部追うのであれば，量子情報理論の基礎を学ぶ必要があるが，本節で取り扱うのはその前の段階の学習についてである．すなわち Shor のこの結果の学習の第一段階には，まず，上に出て来た「古典計算機では素因数分解をまともな時間で解くことが出来ない」というステートメントを理解することが必要であり，ここにおいては量子情報理論の知識は一切不要かつ全く別の学問領域の知識が必要なのである．その学問分野は計算量理論という．計算量理論は，現在では量子情報理論とも緊密に結びついて発展している分野だが，もともとは量子情報という言葉が誕生するずっと前から存在している分野である．この分野で最も有名なのは間違いなくクレイ数学研究所が 100 万ドルの賞金を懸けている未解決問題 P vs NP 問題であろう．実際，弊社の勉強会の参加メンバーの中に，今例に挙げた P vs NP 問題という単語を聞いたことのないは一人もいなかった．しかし裏を返すと，それ以上のことを知っている参加者も一人もおら

ず，結果として勉強会の数回分を，量子情報とは関係のない計算量理論の初歩の初歩の部分の学習に費やすこととなった．量子情報という学問の火付け役である Shor の仕事がどうすごいのかをその概要を理解しようとするというのも，参加メンバーにとってはなかなか大変なことであった．この例で顕著なように，量子情報の何らかのトピックを学習しようとする際，

それが「量子情報」であるという以前の段階に学習の困難が存在する
ことが非常に多いのである．あるいはより直接的に言い換えると
その量子情報のトピックを学習するために必要な
別の/それよりも初等的な分野の基礎知識が圧倒的に不足
していることが全く珍しいことではない

のである．上で挙げた例ですと計算量理論という分野の基礎知識がその「以前の段階」で必要になるものであるが，そもそも量子情報は全て複素数体上の線形代数の言葉で記述されている．線形代数は全世界の理系の大学生が一般教養で習う科目だが，しかしそれを学んでいても，量子情報を初めて学ぶ方に，そこで求められる分の知識が全て揃っていることは稀であろう．ましてや文系であった方にとっては記述言語であるものが数式である時点で，心をくじくのに十分であるようだ．

この問題は，量子情報理論においてはそれが積み上げ型学問であることからより分かり易くなっているだけであって，他分野においても事情は同様である．すなわち，それまでその分野を専門としてこなかった受講者の方が，学習を開始したものの躓きくじけてしまうのは，

その分野そのものが難しいからではなく，
その周辺分野やその土台を成す基礎学力・基礎知識が不完全である為である

という状況は，おそらくその分野を専門としてきた講師側の我々が想像するよりもずっと多いのだというのが筆者の意見である．これは自ら覚悟を決めてその隣接分野から量子情報に研究や勉強を行うべく参入した学生の方であったり，その専門分野について最先端まで研究を積んだ経験を持つような社会人の方であるならばともかく，それまでその分野を専門としてこなかったが成り行きで/仕事の都合上しかたなく/新たに興味がわいて量子情報に（あるいは AI に）触れるようになった学習者の方の場合，クリティカルな障害足りうる．

事実，上記の例以外にも，筆者が弊社の勉強会で「あ，まずい．参加者の多くを振り落としてしまった」と感じる瞬間のほとんどが量子情報の中の話ではなく，それに行き着くまでの部分で生じている．

5. その研究が難しく感じるのは，それが AI のトピックだからか？[1]

武蔵野大学副専攻 AI 活用エキスパートコースにおける人工知能実践プロジェクトにおいても全く同様のことはその都度その都度生じた．以下の例はデータクレンジングの際に生じたことである．筆者が担当した学生は AI ツールを使ってサービスの提案などを行う

[1] 本節にはその細部の記述を意図的にぼかして記した箇所が存在する．万が一にも学生達のプライバシーに抵触してはいけないからである．前節の弊社の勉強会と本節の副専攻 AI 活用エキスパートコースの研究の差異は，前者には社外に公開された状態にある成果物が存在しない一方，後者には学外の参加者を許容した成果物の発表会が設けられている点にあり，これはその為の措置である．

という研究を行っていたのだが，こうような AI ツールを用いて収集したデータというのはしばしば人間にとっては使いにくい形状をしている．これを整える作業がデータクレンジングなのであるが，我々のグループではこの作業の多くを Excel で行った．Excel そのものについては，多くの学生が習熟していたものの，データクレンジングという作業自体は初めての方が多く，これについて指導を行う場面が多くあった．その指導の際に（万が一にも学生のプライバシーに抵触しないように詳細はぼかすものの）「これこれこういう時には関数を用いるとよい．一方で，これこれこういう作業については全くそうではなく，Excel のしかるべき機能を用いて行うべきである」という趣旨の発言を行ったところ，この一部について更なる説明を行う必要が生じ，そこで非常に新鮮な反応を受けたことが複数回あった．それは「関数」という単語についてである．関数とは，その関数の定義域の集合に属している元をインプットすると，しかるべき手続きを経てその関数の値域の集合に属する元をアウトプットを生じるシステムのことである．Excel に即して述べると，関数とは，その関数の引数（達）として適切なものを代入するとしかるべき手続きに従って計算を行ってくれるものであり，その関数の引数への代入が不適切なものであった場合はエラーを返すもののことだと言えよう．すなわち我々が行った Excel を用いたデータクレンジングにおいては，

- それを行う必要に迫られているデータに Excel の何らかの関数を適応させることが可能であり，それを行うだけで事足りる場合
- それを行う必要に迫られているデータに直接 Excel の関数を適応させることは不可能であるが，しかるべき Excel の機能を用いたあとであればそれが可能となる場合
- それを行う必要に迫られているデータに直接 Excel の関数を適応させることは不可能もしくは不要であり，しかるべき Excel の機能のみを用いる場合

があり，これらの違いを説明しようとしたのが上記の発言だったのである．関数という単語を聞いたことのない学生は，もちろん，一人もいなかった．しかし関数の定義域の概念についての説明と，それをデータクレンジングの作業を行っている今の状況に限定して行った説明については，とても新鮮な反応を受けることとなった．

この追加説明は，クリティカルに学生達の研究の進行を阻害したものではなかった．しかし，このあとも AI ツールにおいて収集したデータを研究に活用していくなかで陰に陽に必要となる数学知識について，同様の追加の説明を行うことが何度もあった．筆者が担当した学生達は一人一人独立したテーマを取り扱っており，従って，その指導は一人一人異なるものであるが，上で述べたような数学に関する追加説明に関する指導については別であり，実質的に同じ内容を異なる研究を行っている学生達に説明することが少なくなかった．

すなわち，AI を用いたその研究における難しさの少なからずが，AI ではないものに関する難しさや知識の不足に起因するものである可能性は高いのである．前節と本節では「量子情報/AI を」「社会人/大学生が」「勉強する/研究する」というように全く異なるものを取り扱っているにもかかわらず，その分野でない部分の知識や経験の不足によって当該分野の勉強/研究に難しさを覚えるという構図が全く同じであることは強調するに値する．そしてこの「その分野でない部分の知識や経験の不足によって感じる難しさ」は，その分野ではない分野を専門とする受講者の方にとっては，よりシビアに感じるものとなるのではないだろうか？ 何故ならば，その分野を専門とする受講者の方にとっては，その分野を学ぶ為に必要なその分野ではない分野の知識を補うということはその方にとっての二つ目の学問の勉強である一方，その分野を専門としない受講者の方にとっては，三つ目（四つ目・五つ目...）の学問の勉強になるからである．

研究や勉強というのはそういうものでは？と言われればそれまでである．他の分野と完全に独立しており，その分野を自己完結的に学ぶだけで，成果を挙げる/まとまったトピックを学習を行うことが出来るような学問分野など存在しないはずだから．但し，再度強

調するが，本稿で主たる対象に据えている当該分野とは別の分野を専門としている受講者の方たちに対してはこの問題はよりシビアであり「そういうものでしょう」の一言で済ますわけにはいかない状況が多々あるというのが筆者の経験に基づいた結論なのだ．

じゃあなにか特効薬はあるのか，というと，そのような都合の良いものなど全く存在しないのだろう．その都度その都度，必要な知識を補填し，積み上げていくしかない．しかしそうであったとしても，そういった受講者の方たちを教える講師側として

こちらの想定していない，その分野の周辺分野に関するポイントで
それを専門としない受講者の方たちがつまずく可能性は多いにある

ということを想定しておくことは大事なことであろう．少なくともこの視点を持つようになってからは，筆者は次節とその次の節で述べるテーマであるところの資料の作成や授業外の課題について迷うことが各段に少なくなった．

6. 長く続く量子情報の勉強会における課題と資料の作成方法

弊社における量子情報の勉強会は，筆者がジョインした直後の 2019 年 6 月から 2024 年 3 月現時点までで 150 回開催されている．コロナ以前はハイブリッド形式で，コロナ以降は完全オンライン形式で行われており，特に後者の形式になってからは毎回一つ以上の資料を作成しそれを参加メンバーと共有している．したがって，弊社の勉強会の資料というのは 100 以上存在するのだが，そのなかで筆者がホームワークや課題（例えば，この資料のここからここを次回までに読んでおいて，など）を出したことは 5 回もない．さらに言えば，そもそもこれらの資料のうち，参加メンバーの半数以上に読んで欲しいと書いたものも 10 個もない．

別に弊社の勉強会について自虐風自慢をしたいのではない．勉強会に参加している弊社および弊社の関連会社のメンバーを見限っているわけでもない．そうではなく，ある時点から「そうあるべきだ」と思い，このスタイルを貫いているのである．

量子情報理論というのは，応用研究と基礎研究の距離が極めて近いことで有名であり，したがってその学習は強く積み上げ型の性質を帯びる．すなわちその資料のその箇所を正確に読むためには，その箇所より前に書かれている関連した全ての箇所を理解していないといけないのである．これを他に本業があり，他の分野を専門とする社会人学習者に強いるのは，ほとんど不可能である．

ではどうやって勉強会を 100 回以上も開催しているのか．次の三点を守ることによってその継続が保たれているのではと考える．

まず第一に，主催者である筆者がひたすら資料を作成しアップロードしておいて，そのなかから参加者の方が興味をもったものだけを選んで読めるようにしておくようにするのである．すなわち，重複と繰り返しと冗長性を一切厭わずに，何度も何度も同じ内容を語る資料を用意しておくのである．

第二に，そうやってストックを用意することと同時並行的に，それぞれの資料一つ一つについて厳密性を犠牲にした数式を極力抑えた説明文章を作成しておく．そして各回の勉強会のページ（それはクローズドな Facebook のグループにおいて行われている）には，その回の講義動画と PDF 資料の他にプレーンテキスト形式にてその説明文章を置いておく．そうしておくことで，もしその回の講義資料を読み通せなくても，その回に何のトピックを学習したのか・そのトピックの細部はともかく大枠はどういったものなのか・（もしそういったものが存在するのであれば）それが実社会にどういった影響を及ぼしうるのか，ということを参加メンバーに共有しているのだ．したがって，本節冒頭で「資料は 100 以上存在するがほとんど全て読まれなくてよいと思って作っている」と書いたが，これは正確には「その資料において何が成されたのか・そのアウトラインはどういったものについ

ては，ほとんど全ての参加メンバーに読んで欲しいと思って作っているが，一方で，それの詳細版であるところの 100 以上存在する資料そのものについては完全に任意としている」とでも書くべきものである．

第三に，これは前段落において「全ての参加メンバー」ではなく「ほとんど全ての参加メンバー」としたこととも関連するのだが，弊社の勉強会は年単位で不参加であるメンバーも排除せず，勉強会のメンバーになる/を辞める出入りについては完全に自由としている．本業が忙しい，そもそも別会社に移っている，量子情報理論に興味を失った，家庭の事情が出来た．理由はなんであれ，それを専門としない社会人学習者の方に年単位の継続的な参加を求めるということこそが，全くの間違いなのだ．これは積み上げ型の学問であるところの量子情報理論を腰を据えてじっくり学ぼうということとは相容れない考え方であろう．しかしだからといって「やる気を保ちつつ学習を続けられる人以外は参加するな」というわけにはいかない．あっという間に参加者が 0 となってしまうことは明白だからである．

であるならば，落としどころをどこに定めるか？ということを考えて筆者が得た結論が上述したような「講師側が環境を（出来ればクローズドな環境を）用意しておいてそこに資料をストックしておく．それによって，リアルタイムでは密な参加が出来なくとも，その後に時間が出来た・モチベーションを得た参加者がいつでも学習を開始出来る状況を整えておく．そういった参加者が存在しない場合でも，時間がなくとも・継続的な学習が出来なくとも読むことの出来るアウトラインはその資料とは別途に用意しておき，これについては『ほとんど』全ての参加メンバーにリアルタイムで共有してもらう．特に，課題については，原則出さない・出しても完全任意提出とする」という方法なのである．

7. 短い期間で AI ツールを用いた成果物を作成する必要のある講義における資料と授業時間外のタスクについて

武蔵野大学副専攻 AI 活用エキスパートコースにおける人工知能実践プロジェクトにおいても，同様のことを実施した．すなわち，二つの学期で 14 回ある授業において，九つの資料を用意したのだが，このうち筆者が担当した学生 8 名全員に読むようにお願いしたのは一つのみで，うち三つはたった 1 人に向けて作成した資料なのである．

具体的には，投稿した順に「Google スプレッドシートの使い方とエクセルの初歩について［8]」「Google Colaboratory の使い方とプログラミング言語 Python の pandas ライブラリについて[9]」「 2023 年現在の chat 機能付き AI は極めて有用であるが同時に不完全でもあること［10]」「理系科目におけるディスカッションでの質疑応答で何を問われるのか・それにどう解答すればいいのか［11]」「学生から出た質問に対して，朝倉が解答するのではなくそれを Bing AI に肩代わりさせる実験［12]」「理系科目におけるレポートや報告書のまとめ summury パートでは何を述べる必要があるのか［13]」「平均と分散の定義とその意味．特に前者のみならず後者が必要となる状況について［14]」「テキストマイニングをして得られた単語の出現回数を成分とするベクトル間のコサイン類似度を求めるプログラムについて［15]」「番号を入力するとそれに応じた jpg ファイルが出力されるプログラムについて［16]」となっている[2]．

これらのうち［11］のみが全員に読むように指示した資料だが，別にそれを読まないと

[2] これらのうち資料［9］については，ブラウザ上でプログラミング言語 Python のコードを記述出来る Google Colaboratory にて公開しており，且つ，学生のプライバシーに干渉する可能性のない資料となっているため，Reference にて URL を添えた．武蔵野大学の Google アカウントを所持している方であれば閲覧が可能であるという設定にしましたので，ご興味を持たれた方は御覧頂ければ幸いである．

解けないような課題や口頭試問を課したこともないし，資料に記した内容と同じことであっても必要であるならば重複を厭わずに説明し直すことにした．

さすがに学外関係者に対してもその成果物を公開する研究を行わなければいけない研究プロジェクトである以上，授業時間外のタスクを一切仮定しないわけにはいかない．しかし，進捗に不安を感じたらそれがどんな些細なことであっても相談してよいこと・主専攻の授業の忙しさについても（限度はあるものの）配慮を行うことは強調し，授業時間外のタスクの存在による精神的負荷を軽減することに努めた．

この目的の為に，学期の後半では週に一回のオンライン上のオフィスアワーを設けた．特に，

- オフィスアワーというものが，研究や授業に関することであればどんなことであっても相談・雑談・開示してもよい時間であること
- その時間内であれば一切のアポイントメントは不要であること
- 資料［11］においては理系学問における勉強・研究における質疑応答の方法について論じたもののであり，それらは，普段の授業の進捗報告や成果発表においては守ることが推奨されているものの，このオフィスアワーに限ってはそれを破って「何が分からないかすら分からないしどう言語化・質問してよいかすら分からない」ふわっとした状況で来訪してもらっても全く構わないこと

の三点を強調した．二点目についてはより強く「オフィスアワーに限った話だけれど，オフィスアワーに行くと授業中に筆者と約束していたとしても，その時間に他の用が出来てしまったならば連絡なくキャンセルしてくれてよい．その時間帯は zoom の前で私はぼんやり待っているだけだから気にしなくてよい」ということも申し添えた．このことは，本研究プロジェクトは基本的にオンライン上で行われるものであり，普段の（即ち，筆者のこのオフィスアワーを除く全ての）授業外のミーティングについては武蔵野大学の Teams において緊密な（したがって当然上述のような無断キャンセルなどが大いに問題となる）やり取りを行うことが推奨されていたことを踏まえての補足であった．筆者が担当した学生に限らず武蔵野大学の学生は皆さん真面目で几帳面であり，授業外のやり取りの全てがスムーズかつ時間厳守でありそれ自体は大変素晴らしいことなのであるが，しかし一方で，このオフィスアワーを設置したもともとの目的である「授業時間外のタスクの存在による精神的負荷を軽減する」ということの達成の為には，オフィスアワーに限りその礼儀正しさを逸脱したとしてもよく「話したい時に，話したいタイミングで，話す相手（筆者）のことを考慮せずに」広義の意味で副専攻に関することを話すことで軽減する精神的負荷があるのであればそれを遠慮せずに行って欲しかったのである．

このオフィスアワーに関しての補足発言が顕著な例なのだが，前節と本節を通しての結論は，

ややもすると非常識だと評されてしまうような
（特にその分野を専門とする学生・社会人の方には不適切である可能性が高いような）
方策が，その分野以外に専門を持つ受講者の方がメイン層である講義を行う際には
必要となることもある

ということだ．特に，講義時間外の課題やミーティングの設置や資料の作成についてはそういった措置が必要とされることは非常に多く，その分野を専門としてきたであろう講義者は柔軟に対応することが求められるのだと考える．

8. 結論

前節までは量子情報や AI をそれを専門としない方が学ぶ上で生じる困難であったり障害がどういったものか・そういった受講者がメイン層である講義を行う際に講義者として

筆者が何を心がけているかということを「文献の公開性の高さと公開されている情報の存在に関する認識（第 2, 3 節）」「その周辺分野や土台となる基礎分野との関係性（第 4, 5 節）」「課題や資料に対する取り組む姿勢（第 6, 7 節）」というキーワードを軸にして論じてきた.

以上の議論はともすると「量子情報や AI の学習というのは，それを専門としない方にとっては，教える側も教わる側も困難や苦節が多くあり，それを行うことが尋常ならざる努力を必要とする」という印象を抱かせてしまうものかもしれない．量子情報には積み上げ型の学問の側面があり，プログラミングには（いくらチャット機能付き AI の補助が優れたものになろうとも）経験を積む他ないという側面がある以上，まったく努力せず一夜漬けのような場当たり的な勉強でマスター出来るものではないのはその通りである．また，量子情報にしろ AI にしろ，その話題性からか，時に不正確なニュースが報じられることもあるが，そういった大量のニュースをきちんと見定めてきちんとした理解をするためにも一歩ずつの着実な学習は不可欠であり，楽に短時間で学ぼうとする姿勢はそういったニュースに踊らされる可能性を生み出すという意味でむしろ害にすらなり得るというのも厳しい事実である.

しかし，2024 年現時点において，学習の環境が整いだしているということもまた事実である．この数年において，多くの大学および大学院において授業のオンライン化ハイブリッド化が促進されたが，それによって，量子情報や AI の諸分野においてもその分野の第一人者である研究者達が自らの講義動画をフルパッケージで公式にアップロードすることがなんら珍しいことではなくなった．様々なブラウザ上で完結するプログラミングサイトの登場やチャット機能付き AI の目覚ましい進化は多くの学問の学習のハードルを引き下げてくれるであろう.

本稿で述べきたことの大半は，量子情報や AI の学習そのものについてではなく，謂わばそれらの学習のその手前の段階に横たわる困難や認識の差についてである．もともと当該分野に一定の素養を持っておられた学習者の方にとっては，とりたてて問題とならない事柄ばかりであるに違いない．しかし現実には，そういった経験のない方が量子情報に/AI に触れ学習を開始する状況というのは現時点で既に多く存在している．そういった方々も含めてより多くの人が，本稿で述べてきたような困難にかかずらうことなく，より正確な知識や技術や経験を得ることを心から願っている.

謝辞　株式会社オレンジテクラボにおける量子情報の勉強会に参加してくださっている皆様には，筆者の 150 回を超える勉強会に付き合ってくださっていることに，深く感謝申し上げます．武蔵野大学副専攻 AI 活用エキスパートコースにおける人工知能実践プロジェクトにおいて朝倉が担当させて頂いた 8 名の学生の皆様に感謝申し上げます．同プロジェクトにおいて一緒にタッグを組んでグループを運営してくださった武蔵野大学データサイエンス学部データサイエンス学科岡田龍太郎助教に感謝申し上げます.
最後に CNRS/IN2P3/IJCab Université Paris-Saclay の宮﨑彬氏には，この原稿の前バージョンの執筆に際して大変有益なアドバイスとディスカッションをして頂きました．感謝申し上げます.

参考文献

[1] 武蔵野大学公式サイト > HOME > 大学案内 > 研究所・センター > MUSIC > 副専攻（AI 活用エキスパートコース）. https://www.musashino-u.ac.jp/guide/facility/MUSIC_center/submajor_aiexpert.html.（参照日時：2024 年 3 月 10 日）.
[2] 上林憲行. “巻頭言：MUSIC の紀要の発刊に寄せて”. Musashino University Smart Intelli-gence Center 紀要（第 1 号 Mar. 2020), p. 3.
[3] 武蔵野大学履修要覧公式サイト > 学部 > 学部共通カリキュラム > 副専攻（AI 活用エキ

スパートコース）. https://risyuyouran.musashino-u.ac.jp/faculty/curriculum-faculty/ai/.（参照日時：2024 年 3 月 10 日）.
[4] Mark M. Wilde. Quantum Information Theory. Cambridge University Press, 2013. doi: 10.1017/CBO9781139525343. url: https://arxiv.org/abs/1106.1445.
[5] Sanjeev Arora and Boaz Barak. Computational complexity: a modern approach. Cam-bridge University Press, 2009. url: https://theory.cs.princeton.edu/complexity/.
[6] Peter W. Shor. “Algorithms for quantum computation: discrete logarithms and factor-ing”. Proceedings 35th Annual Symposium on Foundations of Computer Science. IEEE Comput. Soc. Press. doi: 10.1109/sfcs.1994.365700. url: https://doi.org/10.1109/sfcs.1994.365700.
[7] Peter W. Shor. “Polynomial-Time Algorithms for Prime Factorization and Discrete Log-arithms on a Quantum Computer”. SIAM Journal on Computing 26.5 (1997), pp. 1484–1509. doi: 10 . 1137 / S0097539795293172. arXiv: quant - ph / 9508027.
url: https : //doi.org/10.1137/S0097539795293172.

実践プロジェクトで作成した資料

[8] 朝倉大樹. “2023 年度武蔵野大学人工知能実践プロジェクト補足資料その 1：Google スプレッドシートの使い方とエクセルの初歩について”. (2023 年 6 月 20 日公開)
[9] 朝倉大樹. “2023 年度武蔵野大学人工知能実践プロジェクト補足資料その 2：Google Colaboratory の使い方とプログラミング言語 Python の pandas ライブラリについて”. https://colab.
research.google.com/drive/1GXAVqvLP_gpI7r3c4erGWGz_jB87Uq_T?usp=sharing. (2023 年 6 月 20 日公開)
[10] 朝倉大樹. “2023 年度武蔵野大学人工知能実践プロジェクト補足資料その 3：現時点での AI の能力について”. (2023 年 6 月 21 日公開)
[11] 朝倉大樹. “2023 年度武蔵野大学人工知能実践プロジェクト補足資料その 4：発表の質疑応答における合格基準をクリア出来るライン”. (2023 年 7 月 13 日公開).
[12] 朝倉大樹. “2023 年度武蔵野大学人工知能実践プロジェクト補足資料その 5：実際の Bing AI のやり取り”. (2023 年 7 月 13 日公開)
[13] 朝倉大樹. “2023 年度武蔵野大学人工知能実践プロジェクト補足資料その 6：研究成果物の「まとめ」パートでは何を述べるべきか？”. (2023 年 7 月 26 日公開)
[14] 朝倉大樹. “2023 年度武蔵野大学人工知能実践プロジェクト補足資料その 7：数値の集団の標準的な測り方の代表例としての平均と分散”. (2023 年 7 月 27 日公開)
[15] 朝倉大樹. “2023 年度武蔵野大学人工知能実践プロジェクト補足資料その 8：テキストマイニングなどで得られたデータ間の単語の出現頻度のコサイン類似度を求める方法”. (2023 年 7 月 30 日公開)
[16] 朝倉大樹. “2023 年度武蔵野大学人工知能実践プロジェクト補足資料その 9：番号を入力すると，それに応じて png ファイルなどの写真が出力するプログラム”. (2023 年 7 月 30 日公開)