

提案コンセプト説明

本資料の著作権は、日本アイ・ビー・エム株式会社（IBM Corporationを含み、以下、IBMといいます。）に帰属します。

ワークショップ、セッション、および資料は、IBMまたはセッション発表者によって準備され、それぞれ独自の見解を反映したものです。それらは情報提供の目的のみで提供されており、いかなる参加者に対しても法律的またはその他の指導や助言を意図したものではなく、またそのような結果を生むものでもありません。本資料に含まれている情報については、完全性と正確性を期するよう努力しましたが、「現状のまま」提供され、明示または暗示にかかわらずいかなる保証も伴わないものとします。本資料またはその他の資料の使用によって、あるいはその他の関連によって、いかなる損害が生じた場合も、IBMまたはセッション発表者は責任を負わないものとします。本資料に含まれている内容は、IBMまたはそのサプライヤーやライセンス交付者からいかなる保証または表明を引きだすことを意図したものでも、IBMソフトウェアの使用を規定する適用ライセンス契約の条項を変更することを意図したものでもなく、またそのような結果を生むものでもありません。

本資料でIBM製品、プログラム、またはサービスに言及していても、IBMが営業活動を行っているすべての国でそれらが使用可能であることを暗示するものではありません。本資料で言及している製品リリース日付や製品機能は、市場機会またはその他の要因に基づいてIBM独自の決定権をもっていつでも変更できるものとし、いかなる方法においても将来の製品または機能が使用可能になると確約することを意図したものではありません。本資料に含まれている内容は、参加者が開始する活動によって特定の販売、売上高の向上、またはその他の結果が生じると述べる、または暗示することを意図したものでも、またそのような結果を生むものでもありません。パフォーマンスは、管理された環境において標準的なIBMベンチマークを使用した測定と予測に基づいています。ユーザーが経験する実際のスループットやパフォーマンスは、ユーザーのジョブ・ストリームにおけるマルチプログラミングの量、入出力構成、ストレージ構成、および処理されるワークロードなどの考慮事項を含む、数多くの要因に応じて変化します。したがって、個々のユーザーがここで述べられているものと同様の結果を得られると確約するものではありません。

記述されているすべてのお客事例は、それらのお客様がどのようにIBM製品を使用したか、またそれらのお客様が達成した結果の実例として示されたものです。実際の環境コストおよびパフォーマンス特性は、お客様ごとに異なる場合があります。

IBM、IBM ロゴは、米国やその他の国におけるInternational Business Machines Corporationの商標または登録商標です。他の製品名およびサービス名等は、それぞれIBMまたは各社の商標である場合があります。現時点でのIBMの商標リストについては、ibm.com/trademarkをご覧ください。



はじめに

- 当資料は、「IBM Community Japan ナレッジモール研究」におけるテーマ「量子コンピューターの活用研究－機械学習・量子化学計算・組み合わせ最適化への適用－」の研究成果物である。
- 当ワーキンググループ(WG)では、量子コンピューターの活用研究に関する検討を行った結果、量子人材の育成に関する提案を行うこととした。当資料では、この提案のコンセプト説明を行う。
- WGメンバー

所属	氏名	役割
(株)アークシステム	遠藤 尚宏	
鹿島建設(株)	岡野 高志	
(株)オージス総研	長尾 倫子	
スミセイ情報システム(株)	荘司 耕平	リーダー
名村情報システム(株)	佐藤 誠	サブリーダー
花王(株)	平澤 公浩	
日本IBM(株)	村田 大輝	コーディネーター
日本IBM(株)	沼田 祈史	アドバイザー

※ 成果物における用語の定義・用法等について

当WGの成果物は、量子コンピューターに関するさまざまな情報を調査・収集したうえで作成しているが、中には学術的に断定されていないものや研究段階のもの、量子コンピューター業界で共通的に定義されていない用語などが含まれることがある。
極力、一般的な定義や呼称等を掲載するよう務めたが、必ずしもそうではないものがあることをご了承ください。

まずは「Q検定サンプル問題」にチャレンジ！

- 本題に入る前に、Q検定（Quantum検定）のサンプル問題にチャレンジしてみてください。

⇒ サンプル問題は、[こちら（GoogleForms）](#)です。QRコードからもアクセスできます→



Q検定サンプル問題

- さて、何問正解しましたか？

20～18問	あなたは 上級者 です！ 基礎レベルの知識を再確認して、応用レベルにチャレンジしてみましょう
17～15問	なかなかの知識レベル、 中級者 です！ 基礎レベルでしっかり学んでいきましょう。
14問以下	まだまだ、 初級者 です！ リテラシーレベルから知識を習得していきましょう。

- 当WGではチャレンジいただいた「Q検定」をはじめ、量子人材育成を目的とした教材などを提案しています。当資料から読み進めていただき、量子人材育成の重要性と提案施策についての理解を深めていただければ幸いです。



成果物のフォルダ構成

- 当WGの成果物は、以下のフォルダ構成で格納している。

📁 1.提案コンセプト説明	当資料(提案コンセプト資料)の格納フォルダ。
📁 2-1.基礎・リテラシーレベル_シラバス 📁 2-2.基礎・リテラシーレベル_テキスト 📁 2-3.基礎・リテラシーレベル_Q検定	「基礎レベル」および「リテラシーレベル」の教材を格納。
📁 3-1.応用レベル_シラバス 📁 3-2.応用レベル_テキスト 📁 3-3.応用レベル_Q検定	「応用レベル」の教材を格納。 今回は「量子機械学習」を応用分野のターゲットとしている。



研究テーマの背景 - 全体像

- 量子コンピュータは、社会環境や技術環境などの環境変化を背景に、新たな技術領域としての活用が模索されている。しかし、技術活用においてはその技術を利用できる**専門人材**や一定の技術理解を持った**ユーザー**の存在が必要となる。
- そこで当WGでは、量子コンピュータ活用の前提となる量子人材の育成に注目し、**育成方法を提案**することとした。

背景・課題認識

施策(課題対応)

研究テーマ

環境変化

【社会環境】

- ・ 新型コロナウイルス
- ・ ニューノーマル、働き方変革
- ・ **デジタル化の加速**

【技術環境】

- ・ デジタル技術
- ・ 技術多様化・高度化
- ・ **IT人材不足**

1. 環境変化によりデジタル化が加速。
技術環境におけるIT人材不足が問題となっている。

2. 第四次産業革命においては量子
コンピュータがひとつの技術領域
として注目されている。

4. 量子コンピュータの利活用においては、
開発者の育成だけではなく、
ユーザーのリテラシー向上も必要となる。

5. 量子バイリンガル人材の育成を主として、
ビジネスユーザーのリテラシー向上など、
量子コンピュータの利活用を幅広く推進
するための手法を提案する。

第四次産業革命

- ・ デジタル革命
- ・ DX、デジタル化
- ・ 技術領域
AI、IoT、ブロックチェーン、
量子コンピュータ
- ・ 人材育成領域 (IPA:ITSS+)
データサイエンス、アジャイル、
IoTソリューション、セキュリティ

量子コンピュータ(ユーザー)

- ・ ビジネスユーザーの育成
リテラシーの向上

量子コンピュータ(開発・利用者)

- ・ 研究開発(大学、産学連携)
- ・ 現実課題への適用(企業、産学連携)
- ・ 量子人材育成
量子ネイティブ人材(学生中心)、
量子バイリンガル人材(隣接分野から)
- ・ コミュニティの形成

3. 当研究においては、人材育成の領域として
データサイエンス(機械学習)に注目した。

量子バイリンガル人材

- ・ 人材育成領域
量子化学、
組み合わせ最適化、
量子機械学習

研究テーマ

量子人材の育成

- ・ 量子バイリンガル人材
(基礎～量子機械学習)
- ・ ビジネスユーザーのリテラシー向上



研究テーマの背景 - 量子人材の必要性

- 研究テーマの決定後、「量子人材の必要性」に関し議論を行い、ふたつの結論を導き出した。

- ① 量子人材の育成は、関連する業界および企業にとって重要な取組みである。
- ② 量子人材は、新たなIT人材像のひとつとして育成を推進すべきである。

量子コンピュータの難しさ

- 量子コンピュータの原理の理解には量子力学や数学等の知識が必要であり、理解には相当の時間を要する。また、量子コンピュータは古典コンピュータの延長線上にはないため、直感的な理解が難しい点もひとつの障壁となり得る。
 - 量子コンピュータの現状はアルゴリズムをアセンブラで書いていたころのような状況(さながら1950年代の様相)であり※、量子コンピュータの利用においては、量子アルゴリズムそのものを理解するといった高い専門知識が要求される。
- ※ 出展: 科学技術振興機構 研究開発戦略センター「戦略プロポーザル みんなの量子コンピューター」

量子人材の必要性

- 企業においては、競争優位性を高める施策として近い将来に量子コンピュータのビジネス利用が推進される可能性がある。
- 一方で量子コンピュータは、その理解の難しさから多くの誤解が生じている。今後、活用の幅を拡げていくためには量子コンピュータの概念や特徴、優位性等の理解と活用を推進できる基礎知識(リテラシー)を持った人材の育成と配置が必要となる。
- 量子人材の育成は、一部機関(NICT、東京大学等)による取組みにとどまっており、その中心は若い世代である。そのため、現状の育成環境は不十分であり、既存IT人材に対する育成も必要であると考えられる。
- 量子人材育成には相当の時間を要するため、可能な限り早い段階で育成に着手すべきである。

量子人材育成による期待効果

- リテラシーの浸透により誤解が解消され、ユーザーサイドからのアプローチが促進される。
- 早い段階で育成を開始することで企業内に高度な人材を育成でき、技術活用における競争優位性を高められる。
- 量子人材の増加により業界のすそ野が広がり、エコシステムの形成が促進される。



提案における4つのポイント

当提案にはさまざまなアイデアが盛り込まれているが、特に重要な4つのポイントをあげる。

① 量子人材の **類型** を定義

1. 量子ネイティブ人材
2. 量子バイリンガル人材
3. ビジネスユーザー

② 量子人材の **レベル** を定義

1. リテラシーレベル
2. 基礎レベル
3. 応用レベル

③ 量子人材を効率的に育成する「**エコシステム**」のコンセプト提案

④ 量子人材育成で活用できる **教材一式** および **検定試験** の提案

- リテラシーレベル : 難しい量子関連のキーワードをスライド1枚で説明する「**1枚説明**」資料を作成
- 基礎レベル : 1枚説明に加え、内容を掘り下げたより詳しい説明を行う「**詳説**」を添付
- 応用レベル : 専門性の高い内容を扱う**テキストおよび実装コードのセット**を提供
- Q検定 : 量子人材育成の推進で活用できる**検定試験**の提案



量子人材の「類型定義」と育成対象

- 量子人材の育成検討にあたり、当WGでは量子人材を3つの類型で定義した。
 1. **量子ネイティブ人材**
学生時代から量子コンピュータや量子力学に慣れ親しんでいる人材を指す。
NICT(情報通信研究機構)※¹や東京大学※²などでは、量子ネイティブ人材の育成を推進している。
 2. **量子バイリンガル人材**
量子以外の専門分野の人材が、量子分野の専門性も獲得している人材を指す。※³
現時点では、本格的な量子バイリンガル人材育成の取組みは限定的である。
 3. **ビジネスユーザー**
量子コンピュータのビジネス利用におけるユーザーとなる人材を指す。
たとえばAIでは、経営層やマネージャーでも一定のリテラシーが求められる※⁴とされているが、量子についても同様に一定のリテラシーが必要であると考えられる。
リテラシーの獲得による目標は、専門人材等との最低限のコミュニケーションと意思決定を行うことである。
- 当WGでは、量子ネイティブ人材の育成は既に取り組みが推進されていることから、まだ取り組みが推進されていない「**量子バイリンガル人材**」および「**ビジネスユーザー**」に関する量子人材育成に注目し、育成の提案を行うこととした。

※¹ NICT『2021年度 量子ネイティブ人材育成プログラム「NICT Quantum Camp」参加者募集のお知らせ』

※² 東京大学「量子ネイティブ育成センター」

※³ 日経XTECH「デジタルツイン／DX この先勝ち残るために必要なものは」

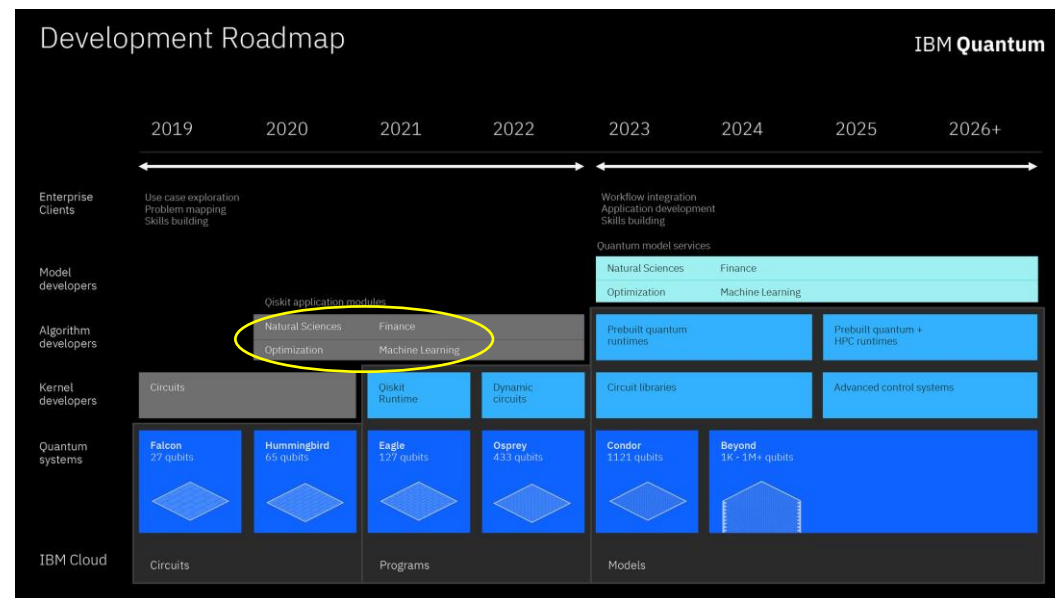
※⁴ 日経ビジネス「これからのマネジメントに必須なAIリテラシー」



量子バイリンガル人材について

- 量子バイリンガル人材における応用分野の専門性については、量子関連企業のロードマップ等を参考にとすると、以下の人材が想定される。
(これらは研究テーマとも合致する)
 - 量子機械学習 (AI、データサイエンス)
 - 組合せ最適化
 - 量子化学
- 今回は、以下の理由により「**量子機械学習**」に注目することとした。
 - ロードマップにおいて、より近い将来での応用が期待されていること
 - 参加メンバーの興味・関心が最も高かったこと

出展: IonQ、IBM

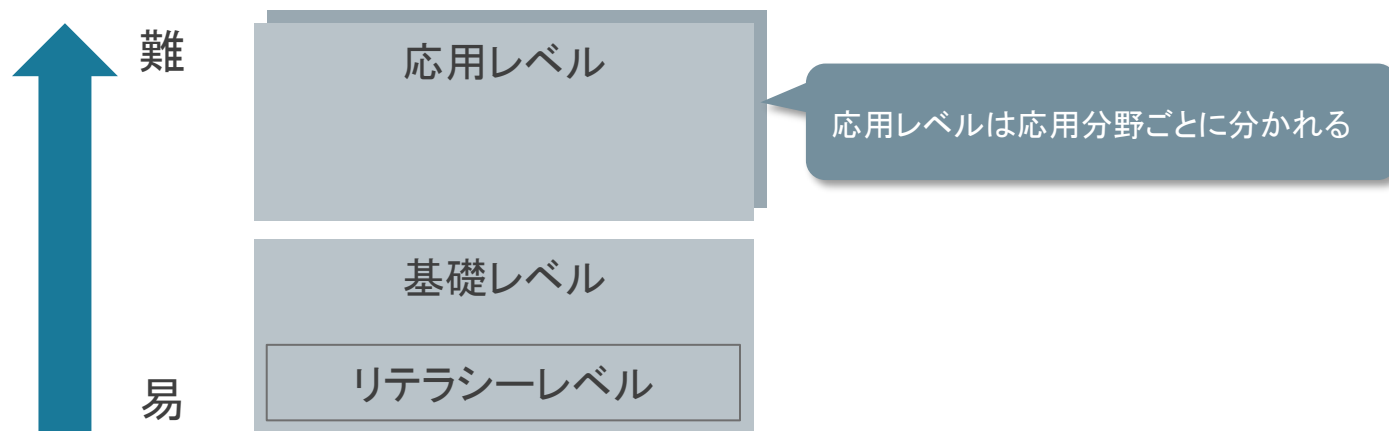




量子人材の「レベル定義」

- 量子人材の育成検討にあたり、当WGでは量子人材のレベルを3段階で定義した。
- 量子人材育成の対象は、リテラシーから高い専門性まで、幅広いレベルが想定される。
当提案では推進レベルをリテラシーレベル、基礎レベル、応用レベルの3段階で整理する方針とした。
- 一部の成果物の扱いにおいては基礎レベル、応用レベルの2段階とし、リテラシーレベルは基礎レベルに含むものとした。

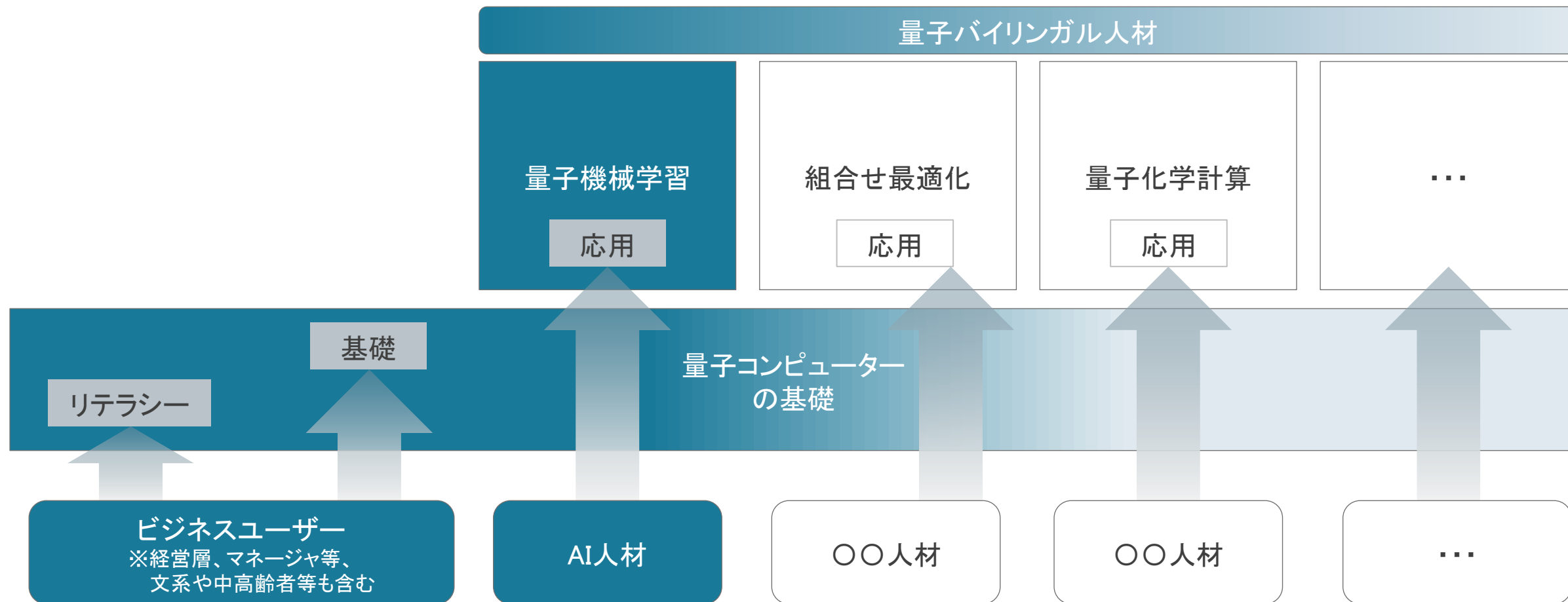
基礎レベル	● 特定分野に限定しない量子コンピュータの基礎的な知識レベル。 歴史、概念、理論および技術に関する基礎的なキーワード等を理解するレベルを想定する。
リテラシーレベル	● 基礎レベルには、量子コンピュータの利用者として必要となるリテラシーレベルの知識が含まれる。 ⇒ 文系や管理者層等をターゲットとした、概念理解(基礎の基礎)レベルを想定。
応用レベル	● 量子コンピュータを特定の応用分野で活用できる知識レベル。 ● 応用分野ごとに異なる育成方法(教材)をとることを想定する。 ⇒ 当WGでは「量子機械学習」のみを取り扱う。





量子人材育成の全体像

- ここまでの量子人材育成に関する定義等を整理すると、下図のようになる。
- 色のついている箇所が、今回の検討スコープとなる。





エコシステムの提案について

- 量子人材を効率的かつ効果的に育成するためには、ビジネス観点が必要不可欠となる。
- たとえば、量子人材へのスキル転換を促すにしても、収益性のあるビジネス(あるいは収入源になり得る活動)がなければスキル転換のメリットは見出しづらい。一方で、新たなビジネスアイデアの創出やビジネスモデルの構築には、非常に大きな労力と投資を伴うため個別企業での取り組みでは限界がある。
- そこでヒントになるのが「エコシステム」である。
たとえばクラウド分野では、OSやアプリなどの協業や分業によってエコシステムが急速に発展しており、ビジネス面での成果が見られる。また、クラウド活用のテクノロジーである「クラウドネイティブ」においては、時間をかけながらも重厚なエコシステムを形成しており、今も発展を続けている。IoT領域に目を向ければ、「データエコシステム」の形成などが推進されている。
このような事例から、量子コンピュータ業界においてもエコシステムはひとつの重要な役割を果たし得ると考えることが出来る。
- エコシステムのメリットには、認知度の向上、市場やオープン・イノベーションの創出といった事由があげられ、まさにこれからの量子コンピュータ業界に必要な要素であると考えられる。
- そこで当WGでは、量子コンピュータ業界におけるエコシステムの構築を提案することとした。

参考:

[CNCf Cloud Native Interactive Landscape](#)

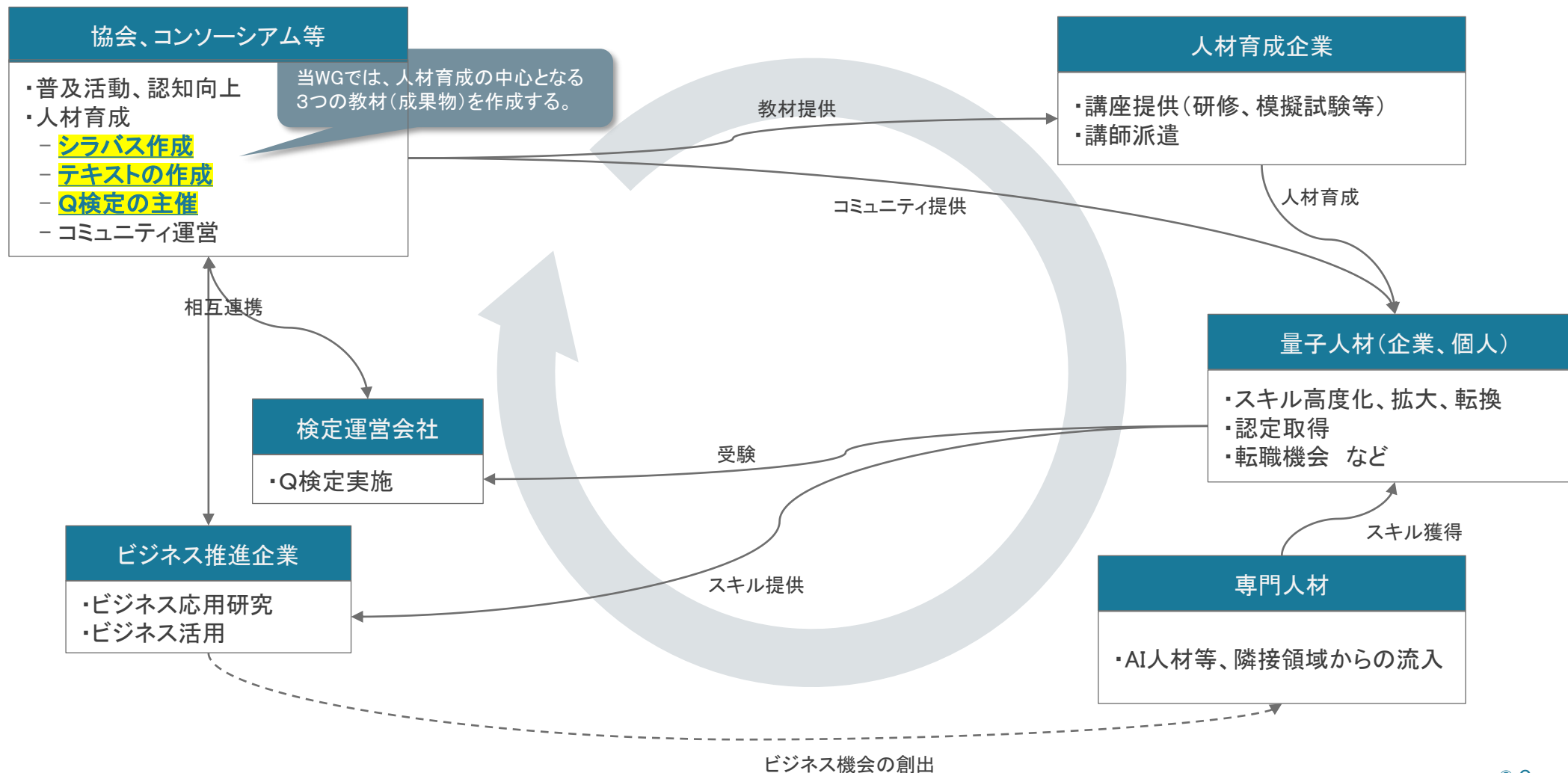
[Digital shift times「エコシステムとは？語源やメリットについて分かりやすく解説！」](#)

[労務SEARCH「エコシステムとは？ITや経営やで必要とされる背景やメリット、導入方法を紹介！」](#)

[IoTNEWS「IoTにおけるエコシステムとは」](#)

エコシステム(全体像) と の成果物作成スコープ

- 量子人材の育成戦略においても、エコシステムの形成がひとつの重要な方策になり得ると考え、これを提案(下図)する。
 - エコシステムは、企業や専門人材、業界の推進主体等が相互連携することにより成立する。
 - エコシステムの形成および活動推進のためには、関連企業等が積極的に取り組む必要がある。
- 当WGでは、この中でも人材育成に直接関わる教材(シラバス、テキスト、Q検定)が重要であると考え、成果物の作成スコープとした。





教材について

- 量子人材育成の教材として、以下を提案する。

1. シラバス

量子人材として学習すべき量子コンピュータに関する項目を整理した一覧。レベル別に作成する。

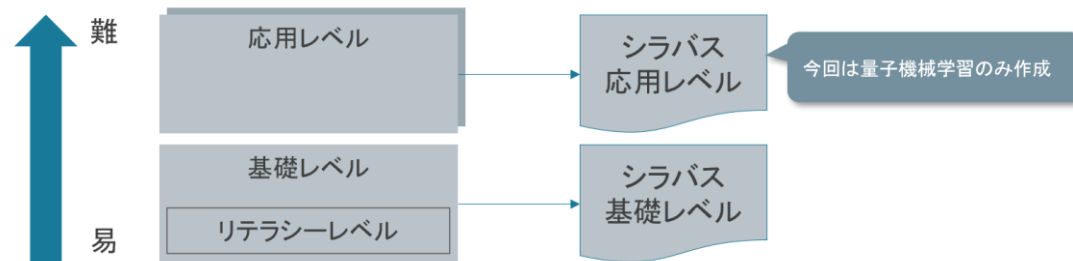
2. テキスト

シラバスの各項目を説明する。レベル別に作成する。基礎レベルは1枚説明と詳説で構成する。

3. Q検定

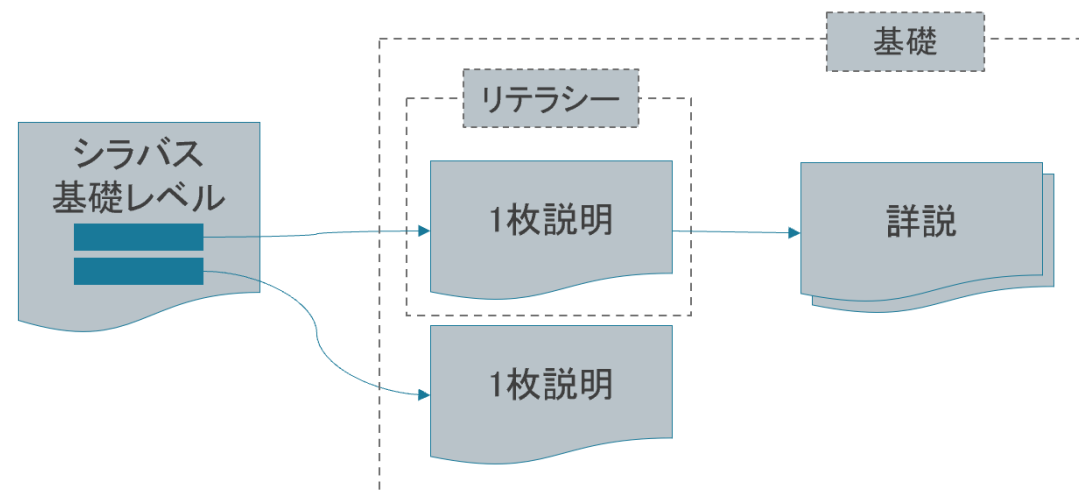
量子人材のスキルレベルをはかるための検定試験。シラバスの項目に関する知識を問う。リテラシー、基礎、応用の3レベルとし、応用レベルについては分野別に検定試験を行うものとする。

- シラバスの構成



- 教材構成(基礎・リテラシーレベル)

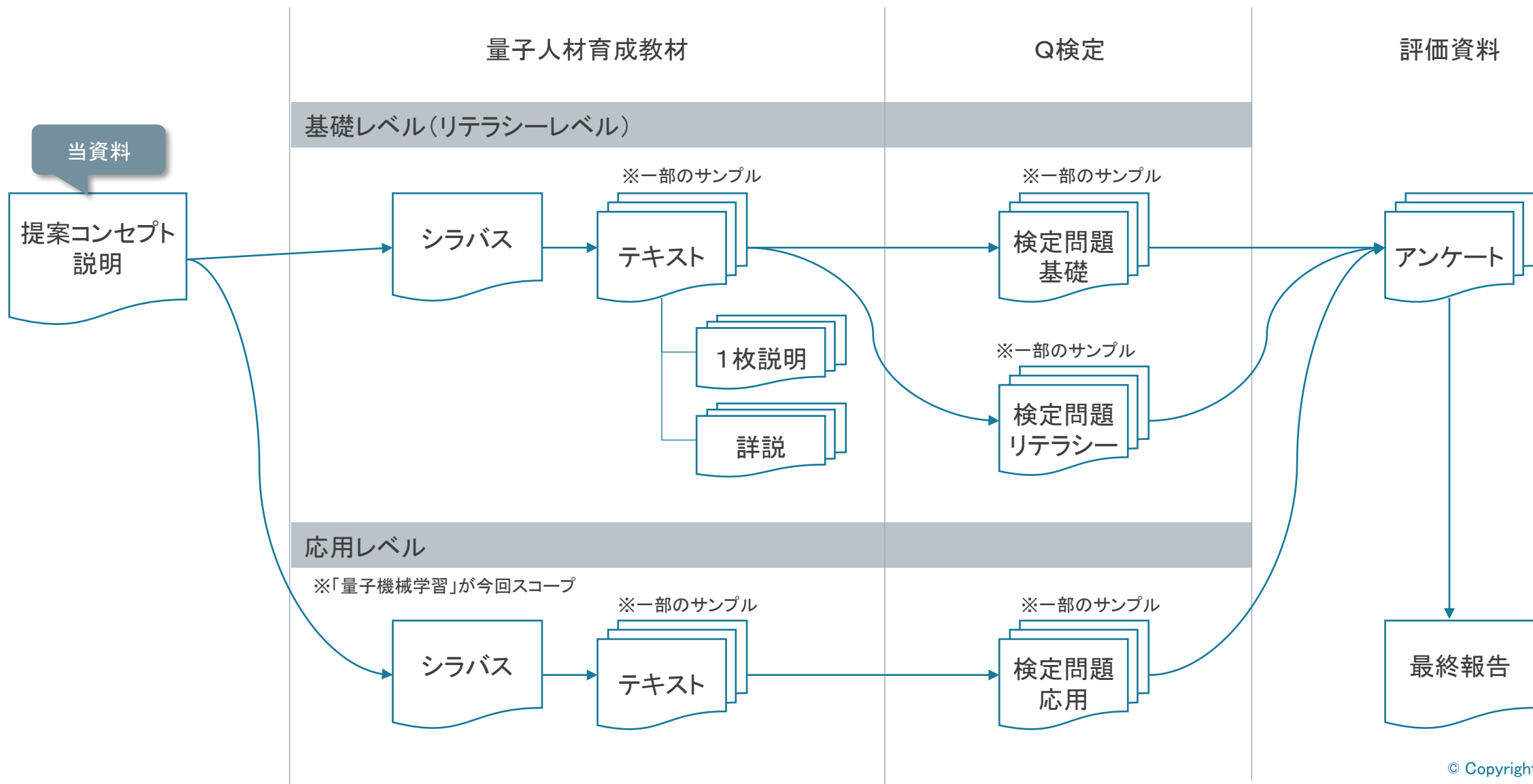
1枚説明はリテラシーおよび基礎レベル、詳説は基礎レベルを対象に作成。レベルごとに参照すべき項目はシラバスを参照。





教材・成果物の全体像

- 当WGで提案する教材および、作成する成果物の全体像は以下のとおり。





成果物一覧(詳細説明)

- 当WGで作成する最終成果物は下表のとおり。

提案コンセプト説明 ※当資料	当WGにおける提案のコンセプト説明を行う。					
シラバス	量子人材として学習すべき項目を整理した一覧。レベル別に作成する。 基礎レベルのシラバスでは、レベルや役割ごとの知識を「知識マップ」として整理。 → 概念理解と実装知識(実装者に必要と考えられる知識項目)のふたつの観点でマッピングを行った。					
テキスト ※一部のサンプル	シラバスの各項目を説明する。レベル別に作成する。 基礎レベルでは「1枚説明」と「詳説」で構成する。 <table><tr><td>1枚説明</td><td>項目をスライド1枚で説明することを試みるもので、概念レベルでの理解を助ける。 基礎レベルおよびリテラシーレベルを対象とする。 ベルごとに参照すべき項目はシラバスを参照。</td></tr><tr><td>詳説</td><td>1枚説明では説明しきれない事項やより深い知識を得るための資料。 基礎レベルを対象とする。</td></tr></table>		1枚説明	項目をスライド1枚で説明することを試みるもので、概念レベルでの理解を助ける。 基礎レベルおよびリテラシーレベルを対象とする。 ベルごとに参照すべき項目はシラバスを参照。	詳説	1枚説明では説明しきれない事項やより深い知識を得るための資料。 基礎レベルを対象とする。
1枚説明	項目をスライド1枚で説明することを試みるもので、概念レベルでの理解を助ける。 基礎レベルおよびリテラシーレベルを対象とする。 ベルごとに参照すべき項目はシラバスを参照。					
詳説	1枚説明では説明しきれない事項やより深い知識を得るための資料。 基礎レベルを対象とする。					
検定問題 ※一部のサンプル	Q検定用のサンプル問題。 レベルごと(リテラシー、基礎、応用)に作成し、応用レベルは「量子機械学習」を対象とする。					
アンケート	当WGのコンセプトおよび成果物の有用性等を確認するために行うアンケート。 アンケート結果は、最終報告での評価のために使用する。					
最終報告	すべての成果物およびアンケート結果による最終報告を行う。					



教材の維持管理について

- 量子コンピュータはハードウェア・ソフトウェアの開発やビジネス適用の模索が続いており、今回作成した教材および成果物は時間の経過により陳腐化することは避けられない。
- 教材の有用性等を維持するためには、継続的なコンテンツの更新が必要となる。
- 今後、更新を継続していくためには次のような施策が考えられる。

ICJのWGによる維持管理

量子コンピュータに関するテーマが継続となる場合、新たに初学者が参加する可能性がある。当研究での成果物は初学者向けの学習コンテンツでもあることから、学習段階でそのまま利用することができる。新たなWGは当成果物を学習教材として利用しつつ内容を更新していくことで、コンテンツの維持管理を行う。
限られた参加者により品質を維持できる一方、活動の継続および持続的なナレッジの形成といった課題がある。

オープン化による維持管理

教材をWiki等によりオープン化することで、有志による維持管理を行う方法が考えられる。コミュニティが形成できなければ維持が難しいという課題がある。

エコシステムによる維持管理

コンテンツの維持管理は、今回提案したエコシステムにおいては「協会、コンソーシアム等」の役割になる。将来的にエコシステムが実現できた場合、当コンセプトおよび成果物を引き継いで、コンテンツの維持・管理を継続する。

以上