

# 基礎レベル: シラバス

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様事例は、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](http://ibm.com/trademark)をご覧ください。

■シラバス 基礎レベル(リテラシーレベルを含む)

| シラバス             |                    |                  |                                    |     | 知識マップ<br>○概念(必須)、△概念(推奨)、◎実装 |       |                         | 成果物<br>○:あり、-:なし、<br>未:今回未作成 |            |
|------------------|--------------------|------------------|------------------------------------|-----|------------------------------|-------|-------------------------|------------------------------|------------|
| 大項目              | 中項目                |                  | 小項目                                | 細項目 | リテラシーレベル                     | 基礎レベル | (参考)<br>応用レベル<br>量子機械学習 | テキスト<br>1枚説明                 | テキスト<br>詳説 |
| 1 量子コンピュータとは     |                    |                  |                                    |     | ○                            | ○     | ○                       | ○                            | ○          |
| 2 量子とは           |                    |                  |                                    |     | ○                            | ○     | ○                       | ○                            | -          |
| 3 量子力学           | 1                  | 波と粒子の二重性         |                                    |     | △                            | ○     | ○                       | ○                            | ○          |
|                  | 2                  | 量子重ね合わせ          |                                    |     | ○                            | ○     | ○                       | ○                            | -          |
|                  | 3                  | 量子もつれ            |                                    |     | ○                            | ○     | ○                       | ○                            | ○          |
|                  | 4                  | トンネル効果           |                                    |     | -                            | ○     | ○                       | ○                            | ○          |
|                  | 5                  | ハミルトニアン          |                                    |     | -                            | ○     | ○                       | ○                            | -          |
| 4 量子コンピュータの仕組み   | 1                  | 古典との違い           | 1 QPU、演算装置、ハイブリッド                  |     | ○                            | ○     | ○                       | ○                            | ○          |
|                  | 2                  | 量子ゲート方式          | 1 量子ゲートの概要                         |     | ○                            | ○     | ○                       | ○                            | -          |
|                  | 3                  | 量子アニーリング方式       | 1 量子アニーリングの概要                      |     | ○                            | ○     | ○                       | ○                            | ○          |
| 5 量子コンピュータの適用分野  | 1                  | 組合せ最適化           |                                    |     | ○                            | ○     | ○                       | ○                            | -          |
|                  | 2                  | 量子化学計算           |                                    |     | ○                            | ○     | ○                       | ○                            | ○          |
|                  | 3                  | 機械学習             |                                    |     | ○                            | ○     | ○                       | ○                            | -          |
|                  | 4                  | 量子通信             |                                    |     | ○                            | ○     | ○                       | ○                            | ○          |
|                  | 5                  | 暗号化              |                                    |     | ○                            | ○     | ○                       | ○                            | -          |
|                  | 6                  | その他量子情報技術        |                                    |     | ○                            | ○     | ○                       | ○                            | ○          |
| 6 量子コンピュータの現状    | 1 量子ゲートコンピュータ      | 1 変遷             | 1 NISQ-(今ここ)→量子超越→汎用マシン            | ○   | ○                            | ○     | ○                       | ○                            | ○          |
|                  |                    | 2 種類             | 1 超電導、イオントラップ、シリコン量子ビット、フォトニクス、光量子 | ○   | ○                            | ○     | ○                       | ○                            | ○          |
|                  |                    | 3 ベンダー           |                                    | ○   | ○                            | ○     | ○                       | ○                            | -          |
|                  |                    | 4 利用方法           | 1 クラウド型:プログラミング→シミュレーター→実機テスト→後処理  | △   | ◎                            | ◎     | ○                       | ○                            |            |
| 7 量子ゲート          | 1 量子ビット            | 1 古典ビットと量子ビット    | 1 Qubit                            | △   | ○                            | ○     | 未                       | 未                            |            |
|                  |                    | 2 量子ビットの見える化     | 1 ブロッホ球、ブラケット記法                    | △   | ○                            | ○     | 未                       | 未                            |            |
|                  | 2 量子コンピューティングの基礎   | 1 単一量子ビットゲート     |                                    | -   | ◎                            | ◎     | 未                       | 未                            |            |
|                  |                    | 2 複数量子ビットゲート     |                                    | -   | ◎                            | ◎     | 未                       | 未                            |            |
|                  |                    | 3 もつれ            |                                    | -   | ◎                            | ◎     | 未                       | 未                            |            |
|                  |                    | 4 位相キックバック       |                                    | -   | ◎                            | ◎     | 未                       | 未                            |            |
|                  | 3 量子プログラミング        | 1 量子ビット表現・表示     |                                    | -   | ◎                            | ◎     | 未                       | 未                            |            |
|                  |                    | 2 量子回路           |                                    | -   | ◎                            | ◎     | 未                       | 未                            |            |
|                  |                    | 3 繰り返し実行と結果の解釈   |                                    | -   | ◎                            | ◎     | 未                       | 未                            |            |
|                  |                    | 4 シミュレータ         |                                    | -   | ◎                            | ◎     | 未                       | 未                            |            |
|                  |                    | 5 実機             |                                    | -   | ◎                            | ◎     | 未                       | 未                            |            |
|                  | 4 量子プロトコルとアルゴリズム基礎 | 1 量子回路でのアルゴリズム表現 |                                    | -   | ◎                            | ◎     | 未                       | 未                            |            |
|                  |                    | 2 アルゴリズム基礎       | 1 ドイッチ-ジョサ、ベルンシュタイン・ヴァジラニ、サイモン     | -   | ◎                            | ◎     | 未                       | 未                            |            |
|                  |                    | 3 周期性            | 1 量子フーリエ変換                         | -   | ◎                            | ○     | 未                       | 未                            |            |
|                  |                    | 4 量子位相推定         |                                    | -   | ◎                            | ○     | 未                       | 未                            |            |
| 5 アルゴリズム2、量子振幅増幅 |                    | 1 ショア、グローバー      | -                                  | ◎   | ○                            | 未     | 未                       |                              |            |

■シラバス 基礎レベル(リテラシーレベルを含む)

| シラバス         |                     |                           |   | 知識マップ<br>○概念(必須)、△概念(推奨)、◎実装 |       |                         | 成果物<br>○:あり、-:なし、<br>未:今回未作成 |            |
|--------------|---------------------|---------------------------|---|------------------------------|-------|-------------------------|------------------------------|------------|
| 大項目          | 中項目                 | 小項目                       | 細項目   | リテラシーレベル                     | 基礎レベル | (参考)<br>応用レベル<br>量子機械学習 | テキスト<br>1枚説明                 | テキスト<br>詳説 |
| 8 量子ゲート (続き) | 1 量子アプリケーションのアルゴリズム | 1 HHL-線型方程式               |   | —                            | ○     | ○                       | 未                            | 未          |
|              |                     | 2 VQE-分子シミュレーション          |   | —                            | ◎     | ○                       | 未                            | 未          |
|              |                     | 3 QAOA-組合せ最適化             |   | —                            | ◎     | ○                       | 未                            | 未          |
|              |                     | 4 Grover-充足可能性問題          |   | —                            | ○     | ○                       | 未                            | 未          |
|              |                     | 5 量子古典ハイブリッド・ニューラル・ネットワーク |   | —                            | △     | ○                       | 未                            | 未          |
| 9 応用数学       | 1 代数学               | 1 線形代数                    | 1 状態ベクトル、ベクトル空間、加算・スカラー乗算                         | —                            | ○     | ○                       | 未                            | 未          |
|              |                     |                           | 2 行列基本計算、共役転置、逆行列、行列式                             | —                            | ○     | ○                       | 未                            | 未          |
|              |                     |                           | 3 内積・固有ベクトル・固有値                                   | —                            | ○     | ○                       | 未                            | 未          |
|              |                     |                           | 4 エルミート行列、ユニタリ行列                                  | —                            | ○     | ○                       | 未                            | 未          |
|              | 2 解析学               | 1 微積分学                    | 1 偏微分、微分方程式                                       | —                            | —     | ○                       | 未                            | 未          |
|              |                     |                           | 2 フーリエ変換、離散フーリエ変換                                 | —                            | ○     | ○                       | 未                            | 未          |
|              |                     | 2 複素数                     | 1 基本計算、複素共役、オイラーの公式                               | —                            | ○     | ○                       | 未                            | 未          |
|              |                     | 3 関数解析                    | 1 線形最適化問題、非線形最適化問題                                | —                            | —     | ○                       | 未                            | 未          |
|              |                     |                           | 2 ヒルベルト空間   | —                            | ○     | ○                       | 未                            | 未          |
|              | 3 確率論               | 1 基礎概念                    | 1 標本空間、事象、確率空間、確率測度                               | —                            | —     | ○                       | 未                            | 未          |
|              |                     |                           | 2 確率変数、確率分布、期待値、分散、尤度                             | —                            | —     | ○                       | 未                            | 未          |
|              |                     | 2 重要定理                    | 1 大数の法則、中心極限定理                                    | —                            | —     | ○                       | 未                            | 未          |
|              | 4 統計学               | 1 推定                      | 1 点推定、区間推定、信頼区間                                   | —                            | —     | ○                       | 未                            | 未          |
|              |                     | 2 検定                      | 1 帰無仮説、対立仮説                                       | —                            | —     | ○                       | 未                            | 未          |
|              |                     |                           | 2 検定統計量、有意確率                                      | —                            | —     | ○                       | 未                            | 未          |
|              |                     | 3 ベイズ統計学                  | 1 ベイズの定理、ベイズ推定、事前確率、事後確率                          | —                            | —     | ○                       | 未                            | 未          |
| 10 プログラミング   | 1 計算機科学             | 1 計算理論                    | 1 計算量、チューリングマシン                                   | △                            | ○     | ○                       | 未                            | 未          |
|              |                     | 2 暗号理論                    | 1 公開鍵暗号   | —                            | ○     | ○                       | 未                            | 未          |
|              |                     |                           | 2 量子暗号  | —                            | ○     | ○                       | 未                            | 未          |
|              | 2 ソフトウェア開発          | 1 Python                  | 1 環境構築  | —                            | ◎     | ◎                       | 未                            | 未          |
|              |                     |                           | 2 基本ライブラリ知識 (Numpy, Sympy, Matplotlib)            | —                            | ◎     | ◎                       | 未                            | 未          |
|              |                     |                           | 3 機械学習・ライブラリ知識 (scikit-learn, TensorFlow, Pandas) | —                            | —     | ◎                       | 未                            | 未          |
|              |                     |                           | 4 量子コンピュータ・ライブラリ知識 (qiskit, Cirq, blueqat)        | —                            | ◎     | ◎                       | 未                            | 未          |