

Kawasaki Quantum Summer Camp 2025

量子ゲート基礎 IBM Quantum Composer

Jul 30, 2025

沼田祈史
Kifumi Numata
IBM Quantum

IBM Quantum Platform

Untitled circuit File Edit View Help Save file ↴

Operations Left alignment

H	\oplus	\oplus	\oplus	\otimes	I
T	S	Z	T^\dagger	S^\dagger	P
RZ	\otimes^z	$ 0\rangle$		•	if
\sqrt{X}	\sqrt{X}^\dagger	Y	RX	RY	RXX
RZZ	U	RCCX	RC3X	⊕	

```
graph TD; subgraph Circuit [Quantum Circuit]; H1[q0] -- "H" --> C1[q1]; C1 -- "CNOT" --> C2[q2]; end; M1[c3] -- "Measurement" --> C2;
```



IBM Quantum

いつも使っている
コンピューターのビット

0 または 1

どちらか

コイン

表

おもて



コイン

裏

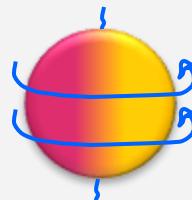
うら

量子コンピューターの
量子ビット

0 と 1

両方

くるくる回っているコイン（イメージ）



測定すると表か裏にバシッと決まる

いつも使っている
コンピューターのビット

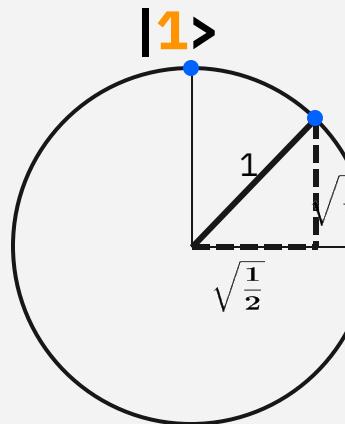
0 または 1

どちらか

量子コンピューターの
量子ビット

$\alpha \times |0\rangle + \beta \times |1\rangle$

0と1の「重ね合わせ」

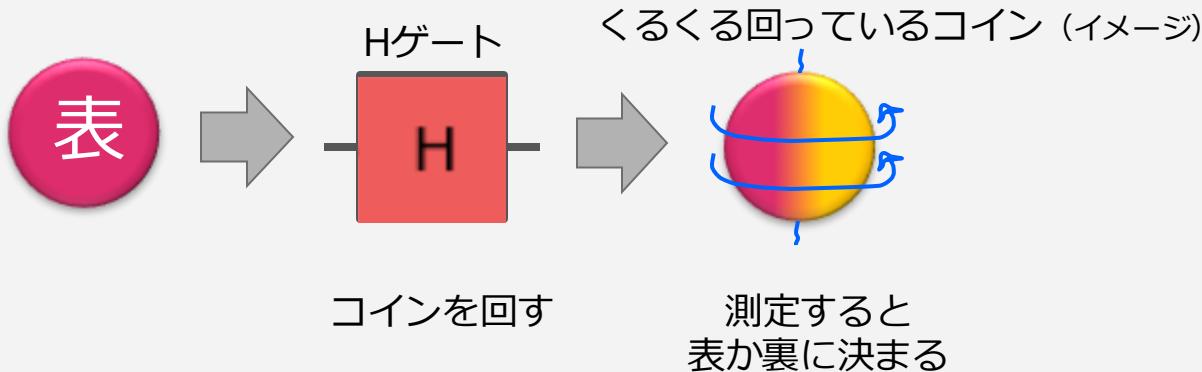
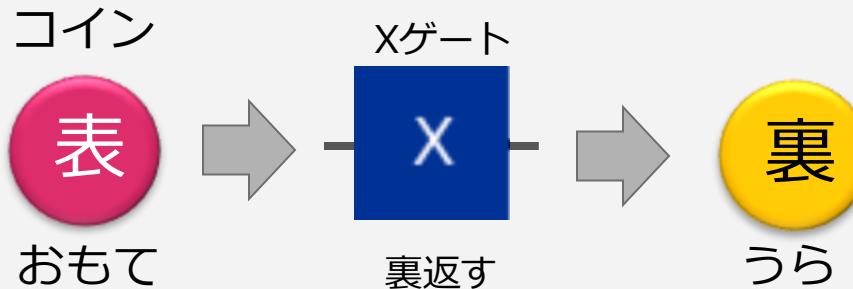


$$|0\rangle = 1 \times |0\rangle + 0 \times |1\rangle$$

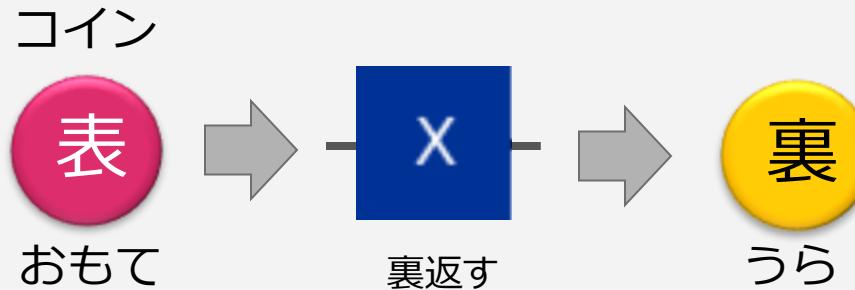
$$|1\rangle = 0 \times |0\rangle + 1 \times |1\rangle$$

|>:量子ビットを表す記号

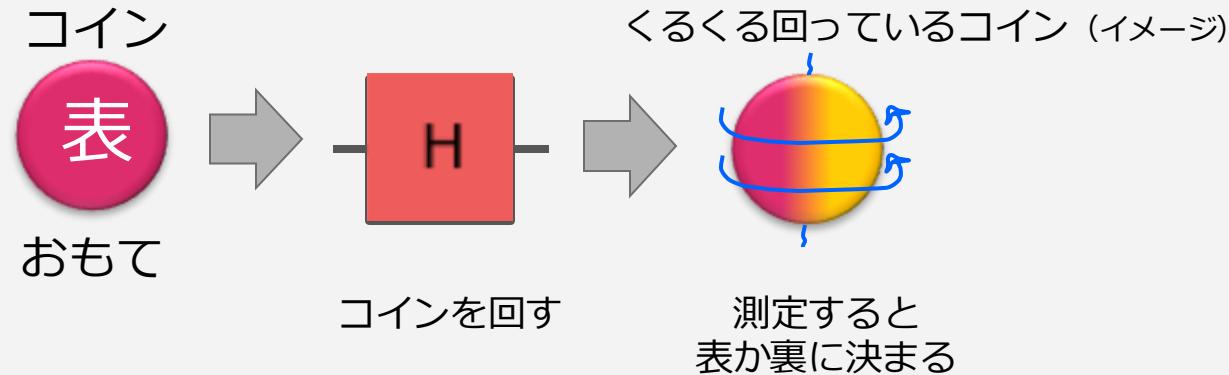
量子コンピューターの計算方法



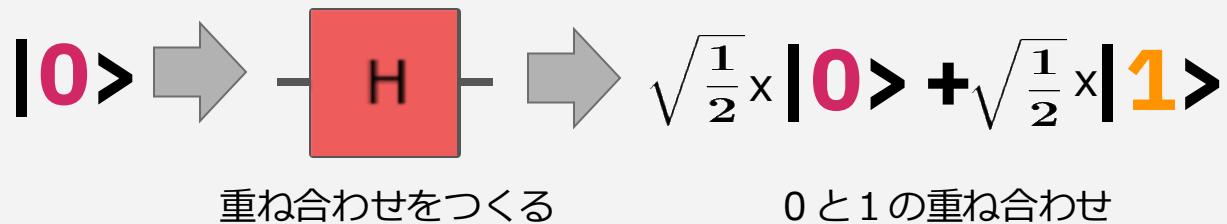
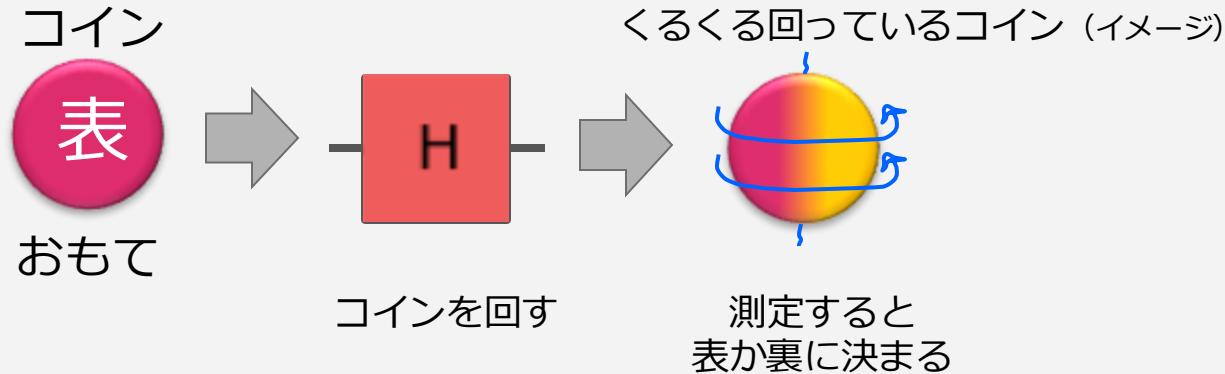
Xゲート



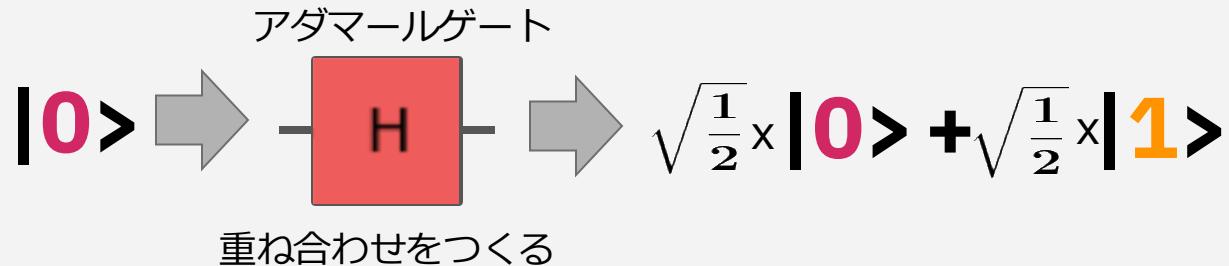
Hゲート



Hゲート



量子コンピューターの計算方法



ハンズオン: IBM Quantum Composer

<https://quantum.cloud.ibm.com/composer>

短縮URL: ibm.biz/cmpsr25

The screenshot shows the IBM Quantum Platform interface. At the top, there's a navigation bar with 'IBM Quantum Platform' and a search icon. Below it is a menu bar with 'Untitled circuit', 'File', 'Edit', 'View', 'Help', 'Save file', 'Set up and run', and a gear icon.

The main area features a quantum circuit editor with a toolbar containing various quantum gate icons (H, T, RZ, etc.) and a register declaration section. A code editor on the right displays OpenQASM 2.0 code:

```
OPENQASM 2.0;
include "qelib1.inc";
qreg q[4];
creg c[4];
```

ハンズオンの資料

URL: ibm.biz/kwskgit

「day2」 フォルダー
の
20250730_Composer.pdf



quantum-tokyo / kawasaki-quantum-camp

Code Issues Pull requests Actions Projects Wiki Security Insights Settings

kawasaki-quantum-camp Public Edit Pins Unwatch 2

main 1 Branch 0 Tags Go to file Code

kifumi Merge pull request #16 from quantum-tokyo/kifumi 215a32d · 43 minutes ago 107 Commits

Commit	Message	Time
2022	update readme	2 years ago
2023	create 2023 folder	last year
2024	updated readme	44 minutes ago
day1	move folders	54 minutes ago
day2	move folders	54 minutes ago
day3	move folders	54 minutes ago
.gitignore	upload day1 materials	3 years ago
LICENSE	Create LICENSE	6 months ago
README.md	updated readme	44 minutes ago
vector_matrix.pdf	Add files via upload	last year

README Apache-2.0 license

Kawasaki Quantum Summer Camp 2025

1量子ビット回路

The screenshot shows the Qiskit Terra interface for creating quantum circuits. On the left, there's a sidebar with icons for file operations like 'New', 'Open', 'Save', and 'Import'. The main area has a toolbar with 'Operations' (containing a search bar), 'Left alignment', and an 'Inspect' toggle. Below that is a grid of quantum gates: H, CNOT, Toffoli, Swap, X, Y, Z, T, S, RZ, and various rotation gates (R_x, R_y, R_z). A blue box highlights the '+' gate. To the right are four qubits labeled q[0], q[1], q[3], and c4, each with a small trash bin icon. The bottom right shows a code editor with Python code for initializing a quantum circuit.

```
from qiskit import QuantumCircuit
from numpy import pi
qreg_q = QuantumRegister(4)
creg_c = ClassicalRegister(4)
circuit = QuantumCircuit(qreg_q, creg_c)
```

マウスでq[1]をクリックするとゴミ箱マークが出てくるので、クリックして消します。
q[0]だけにして、1量子ビット回路の準備をします。

1量子ビット回路

The screenshot shows the IBM Quantum Composer interface. On the left, there's a sidebar titled "量子ゲート" (Quantum Gates) with a search bar and a grid of gate icons. A red circle highlights the CNOT gate icon. A red arrow points from this icon to the "量子回路" (Quantum Circuit) area in the center. The central area is titled "量子回路" and shows a circuit with one qubit register "q[0]" and four classical bits "c4". A red arrow points from the CNOT icon towards the circuit. On the right, there's a panel titled "Qiskit" which displays the generated Qiskit code:

```
from qiskit import QuantumRegister, ClassicalRegister, QuantumCircuit
from numpy import pi
qreg_q = QuantumRegister(1, 'q')
creg_c = ClassicalRegister(4, 'c')
circuit = QuantumCircuit(qreg_q, creg_c)
```

量子ゲートをマウスでドラッグ&ドロップして、
量子回路を作ります。
右側には、Qiskitのコードが自動生成されます。

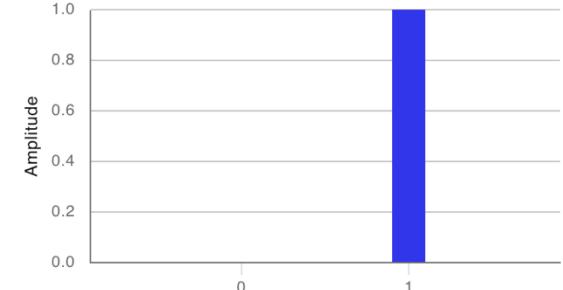
1. Xゲート(NOTゲート)

図の回路を作ってみてください。

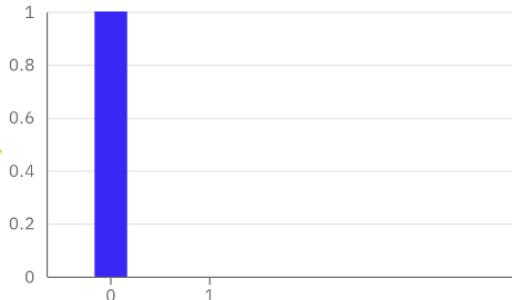
下に表示される棒グラフの変化を確認しましょう。



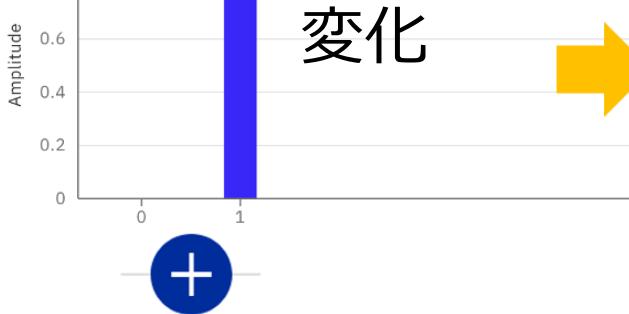
左下のグラフは青棒の
「Statevector」表示に
してください。



初期状態は $|0\rangle$



$|1\rangle$ に
変化

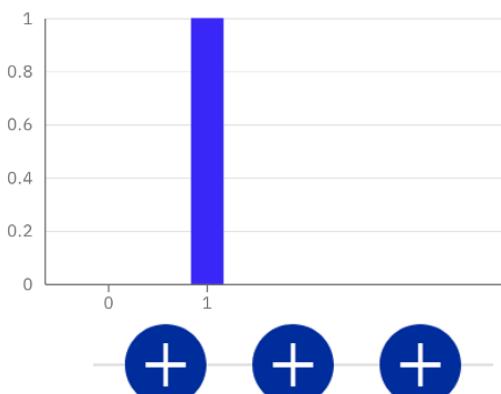
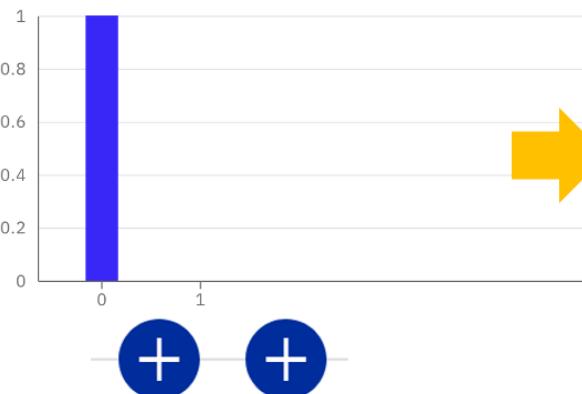


棒グラフ (Statevector 表示) は
量子ビットの状態

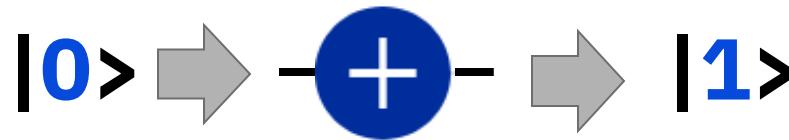
$\alpha \times |0\rangle + \beta \times |1\rangle$
の α, β (確率振幅) です。

$$|0\rangle = 1 \times |0\rangle + 0 \times |1\rangle$$

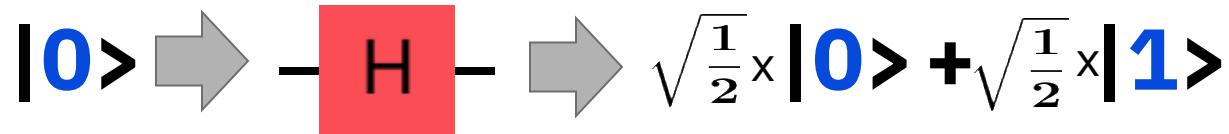
$$|1\rangle = 0 \times |0\rangle + 1 \times |1\rangle$$



量子コンピューターの計算方法

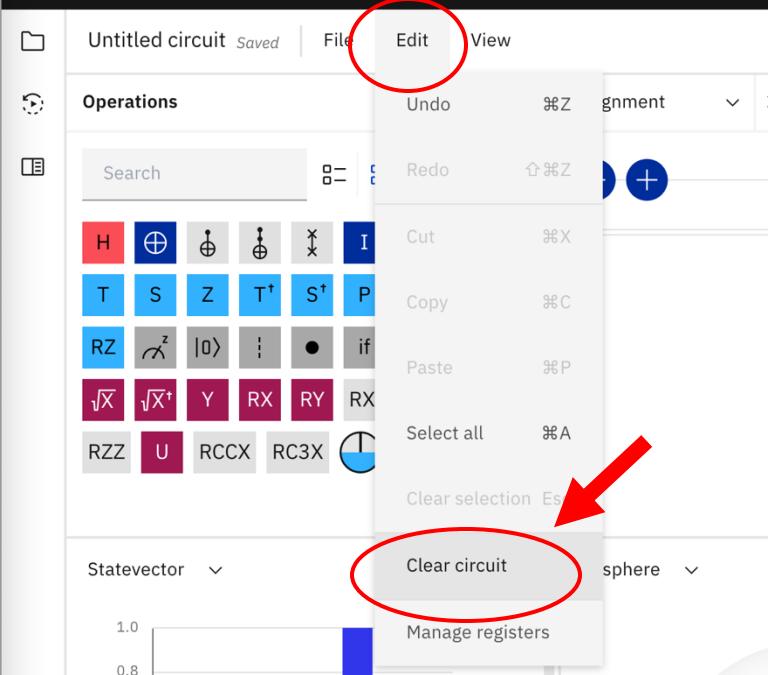


ノット（反転）ゲート

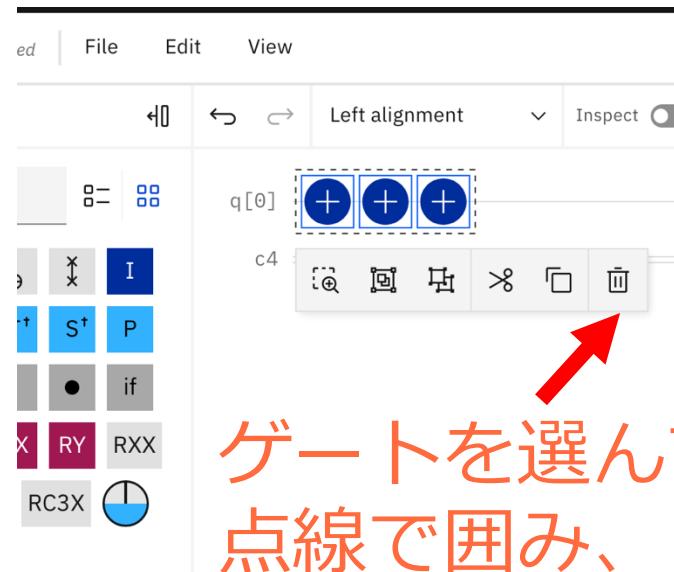


重ね合わせをつくる

置いたゲートを取り除く



または

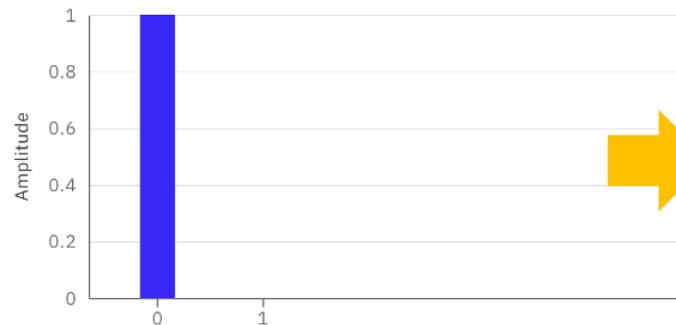
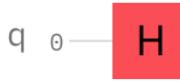


ゲートを選んで
点線で囲み、
ゴミ箱マークを
クリック

2. Hゲート

図の回路を作ってみてください。下に表示される棒グラフの変化を確認しましょう。

2-1)



重ね合わせ



例えば1000回同じ状態を作って、測定すると約500回は0が観測され、約500回は1が観測される状態。

$$|0\rangle = 1 \times |0\rangle + 0 \times |1\rangle$$

$$\begin{aligned} & 0.707 \times |0\rangle + 0.707 \times |1\rangle \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} \times |0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} \times |1\rangle \end{aligned}$$

2. Hゲート

図の回路を作ってみてください。下に表示される棒グラフの変化を確認しましょう。

2-1)



2-2)



2-3)



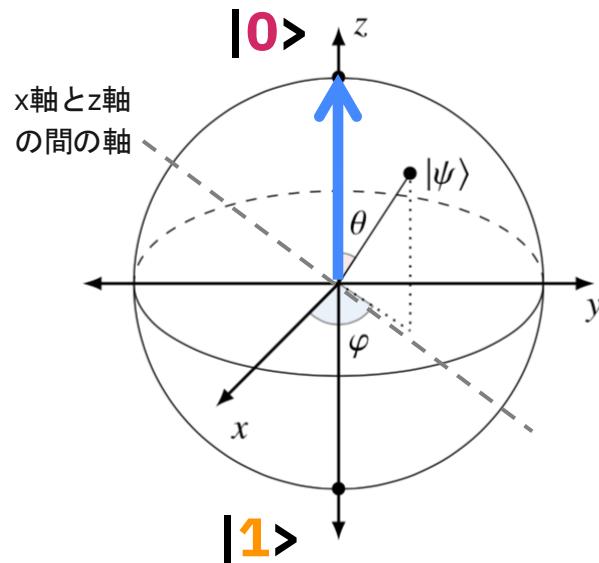
量子コンピューターの計算方法

$$|0\rangle \xleftarrow{H} \sqrt{\frac{1}{2}}|0\rangle + \sqrt{\frac{1}{2}}|1\rangle$$

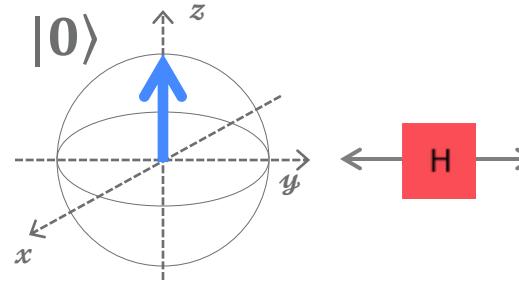


$$|1\rangle \xleftarrow{H} \sqrt{\frac{1}{2}}|0\rangle - \sqrt{\frac{1}{2}}|1\rangle$$

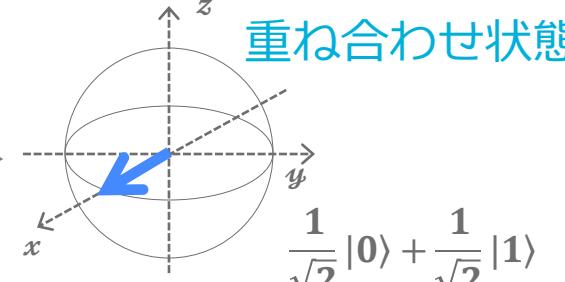
ブロツホ球



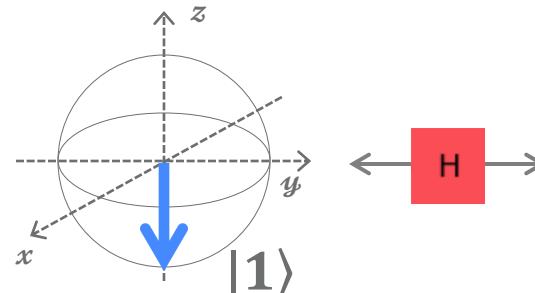
北極 : 0の確率が100%



赤道 : 0と1が50%ずつの
重ね合わせ状態



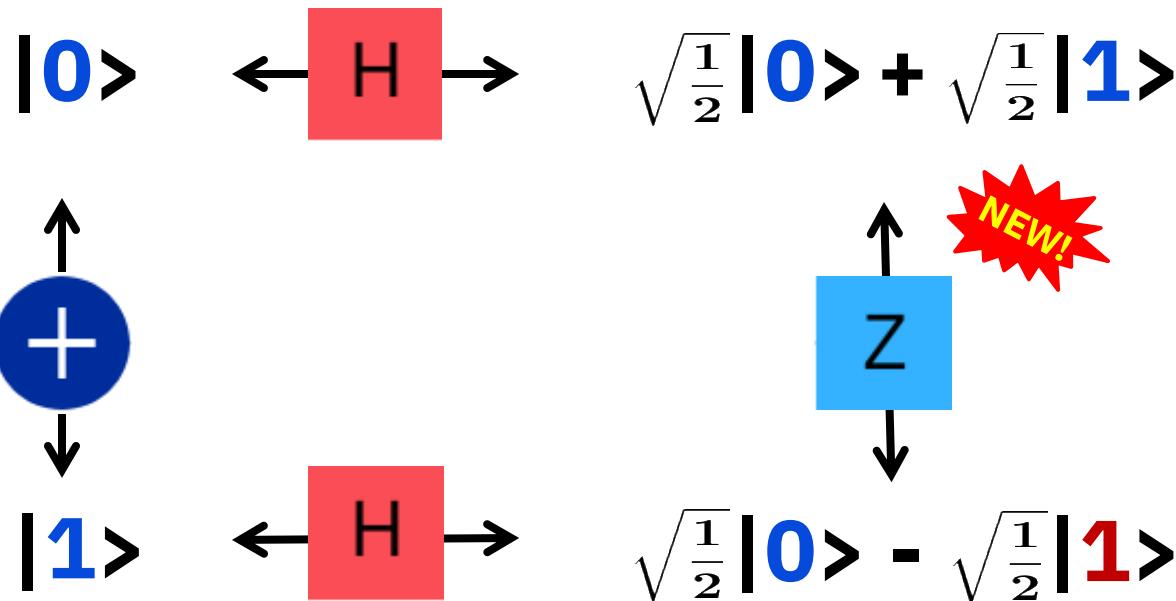
南極 : 1の確率が100%



$$\frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle - \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle$$

量子コンピューターの計算方法



3. Zゲート

図の回路を作ってみてください。下に表示される棒グラフの変化を確認しましょう。

3-1)



3-2)



3-3)

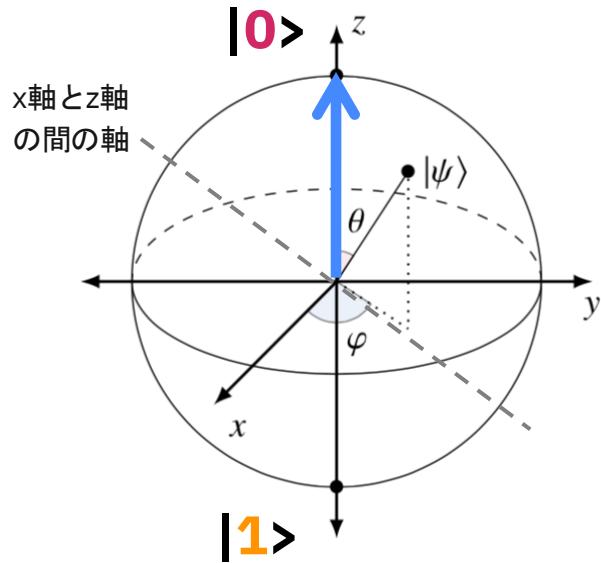


量子コンピューターの計算方法

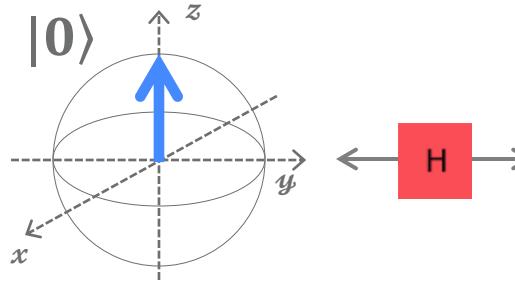


1の符号を反転する

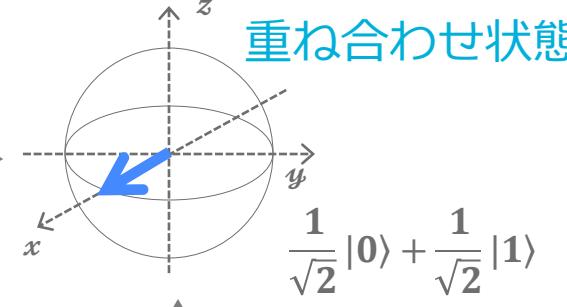
ブロツ木球



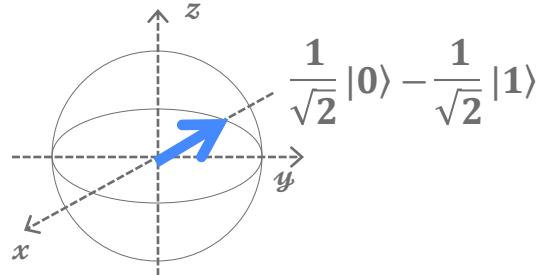
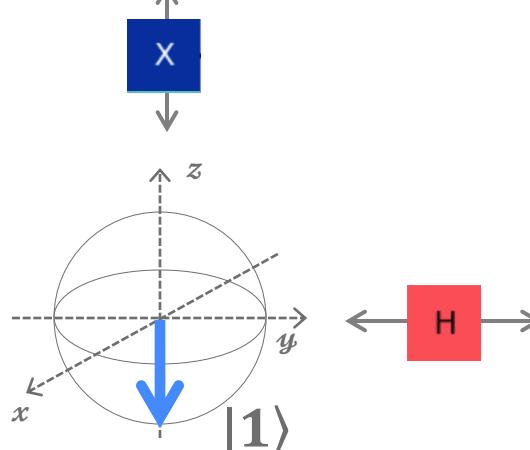
北極 : 0の確率が100%



赤道 : 0と1が50%ずつの
重ね合わせ状態

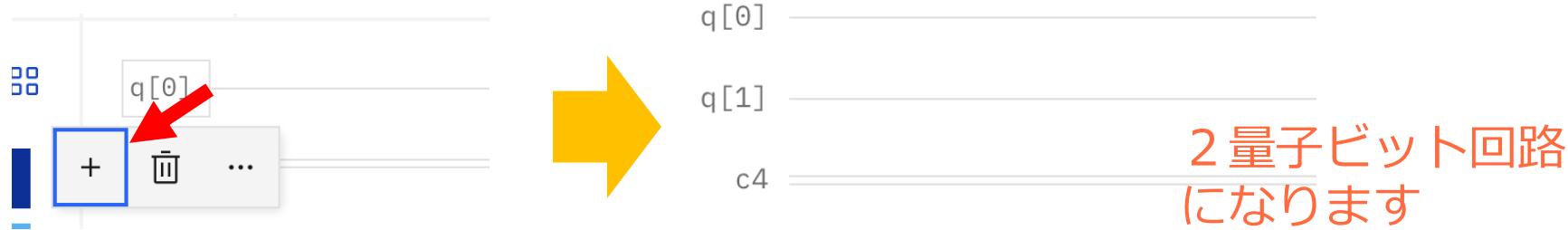


南極 : 1の確率が100%



4. 量子重ね合わせ

q[0]をクリックして、さらに「+」マークをクリックして、2量子ビットの回路を準備します。



図の回路を作ってみてください。下に表示される棒グラフの変化を確認しましょう。

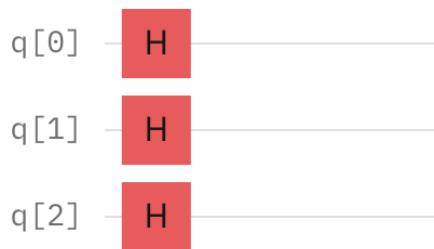
4-1)



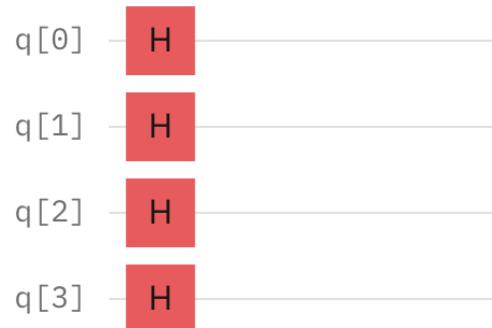
さらにq[1]をクリックして、さらに「+」マークをクリックして、3量子ビット、4量子ビット、5量子ビットの時の重ね合わせ状態を確認します。



4-2)

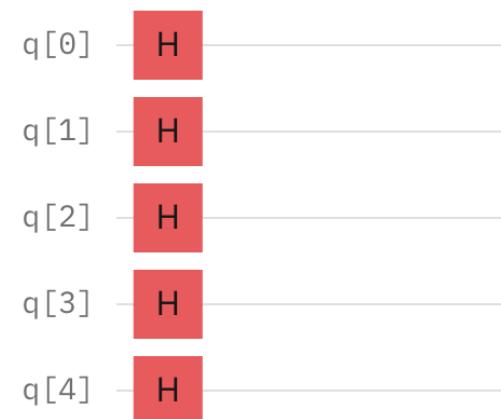


4-3)

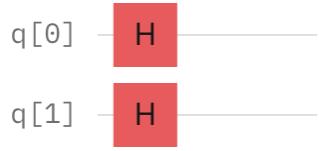


今回は重ね合わせ状態は表示されません

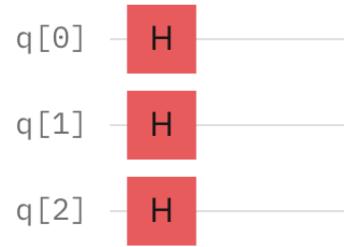
4-4)



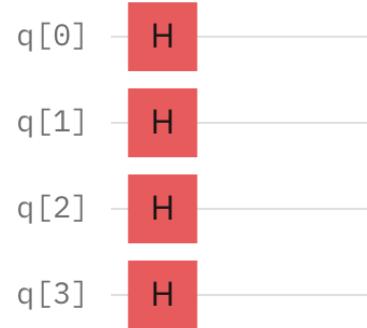
4-1)



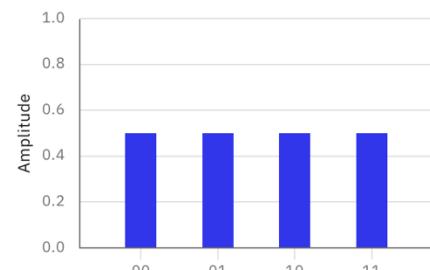
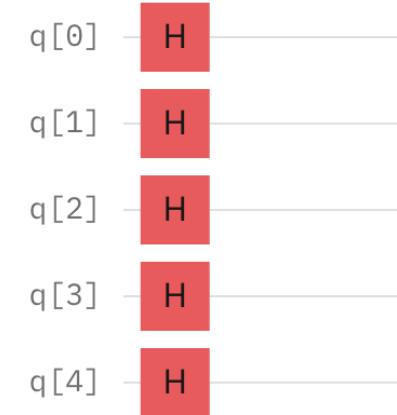
4-2)



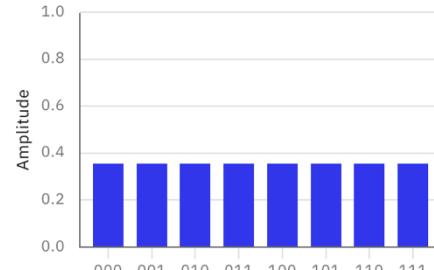
4-3)



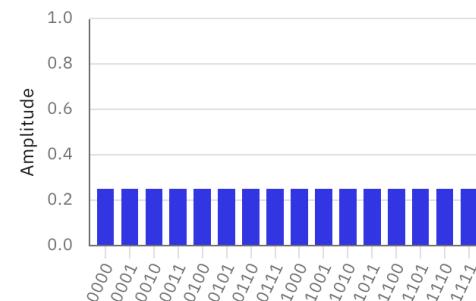
4-4)



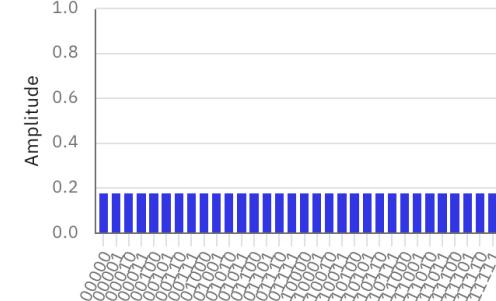
4個



8個



16個

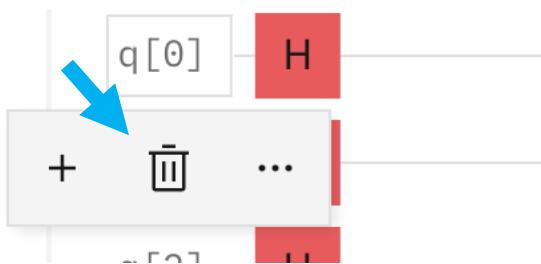


32個

量子ビット数(n)が増えるにつれて、量子状態が倍々に(2^n 個に)増えていくことがわかります。

2量子ビット・2古典ビットの状態を作る

$q[0]$ をクリックして、さらに「ゴミ箱」マークをクリック、を繰り返して、2量子ビットの回路を準備します。



2量子ビット回路
にします

次に、 $c4$ をクリックして、「-」マークをクリックするを2回繰り返して、2古典ビットにします。



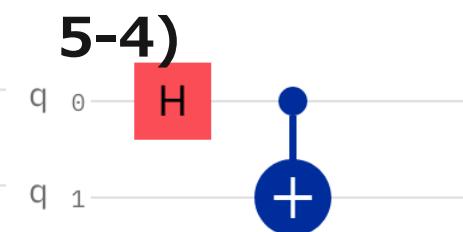
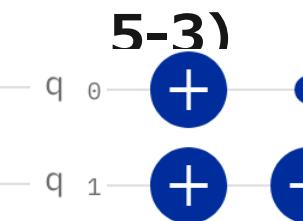
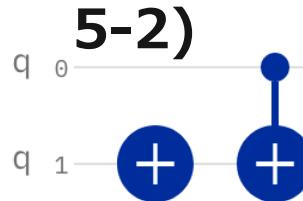
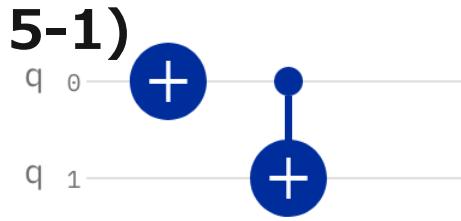
2古典ビットになります

5. CNOTゲート(制御Xゲート)

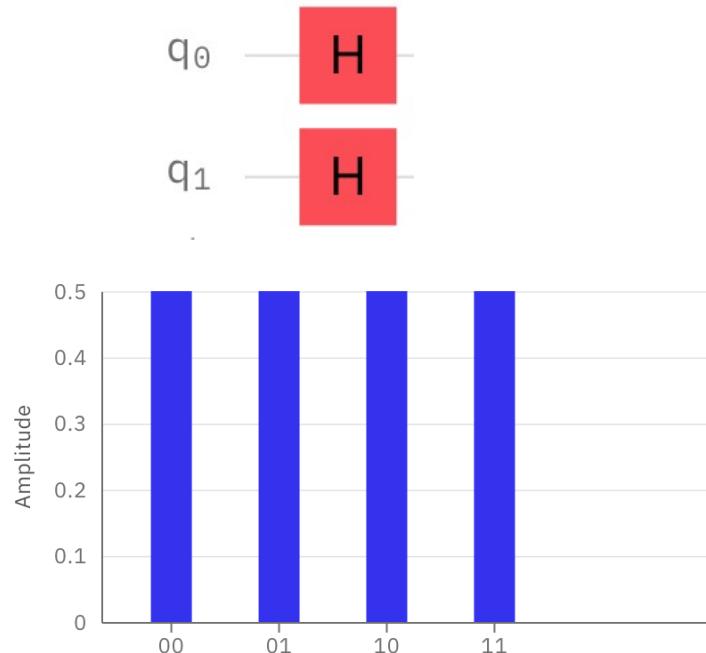
制御ビットが $|1\rangle$ のときのみ、目標ビットを反転（NOT）するゲートです。



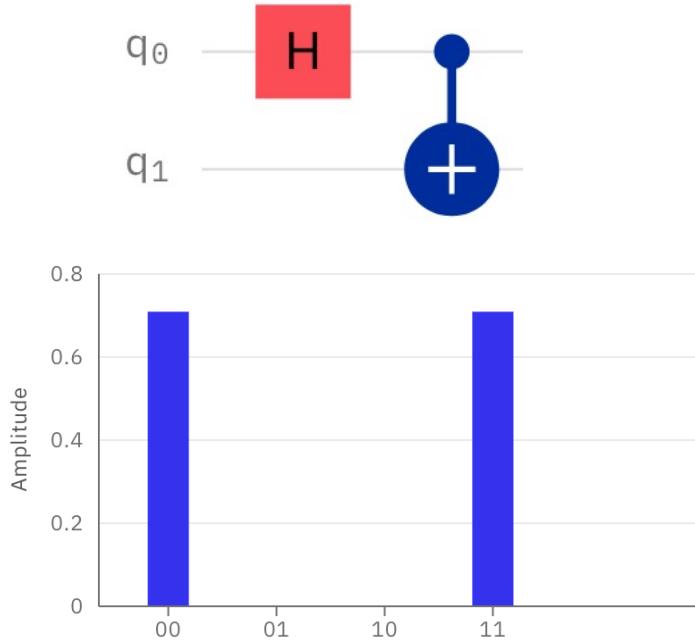
入力		出力	
目標ビット	制御ビット	目標ビット	制御ビット
0	0	0	0
1	0	1	0
0	1	1	1
1	1	0	1



量子重ね合わせ

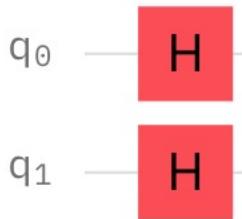


量子もつれ (エンタングルメント)



CNOTゲートは、
エンタングルメントを作ります。

量子重ね合わせ



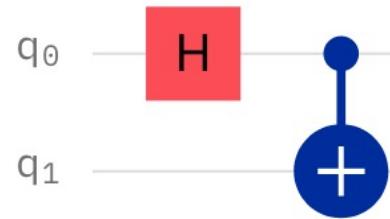
0 0 ... 25%

0 1 ... 25%

1 0 ... 25%

1 1 ... 25%

量子もつれ (エンタングルメント)



0 0 ... 50%

0 1 ... 0%

1 0 ... 0%

1 1 ... 50%

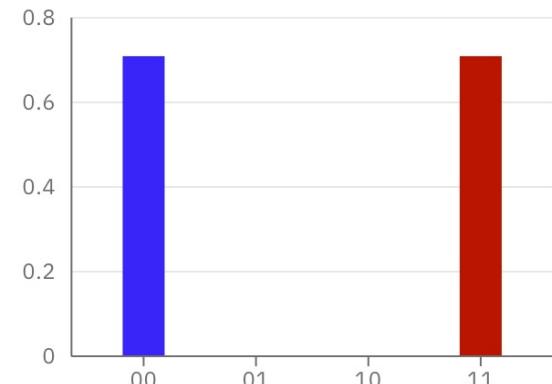
1量子ビット目が0だと分かったら
2量子ビット目も0

時間の余った人はトライしてみましょう：

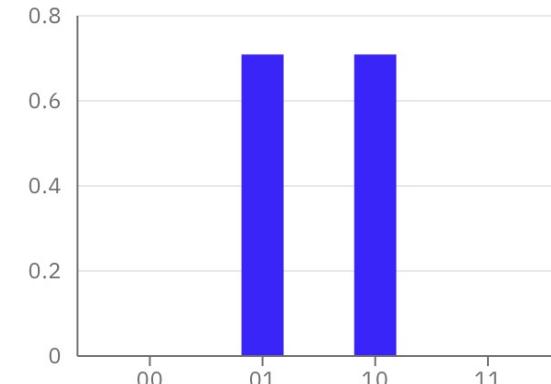
応用問題

2量子ビットのエンタングル状態を作ってみましょう。
答えは一つではないので、どんな作り方でもOKです。

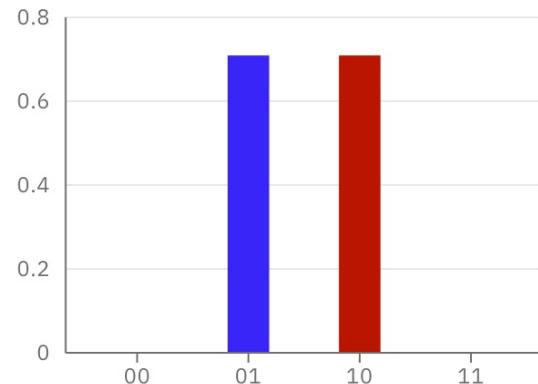
$$(1) \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle - |11\rangle)$$



$$(2) \frac{1}{\sqrt{2}}(|01\rangle + |10\rangle)$$



$$(3) \frac{1}{\sqrt{2}}(|01\rangle - |10\rangle)$$

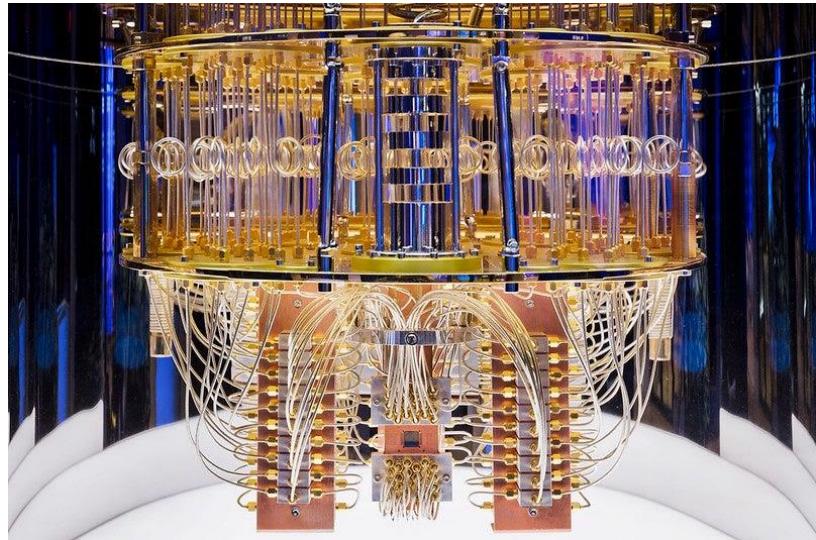


Kawasaki Quantum Summer Camp 2025

IBM Quantumのアカウントの設定

Jul 30, 2025

沼田祈史
Kifumi Numata
IBM Quantum



川崎市
KAWASAKI CITY



IBM Quantum

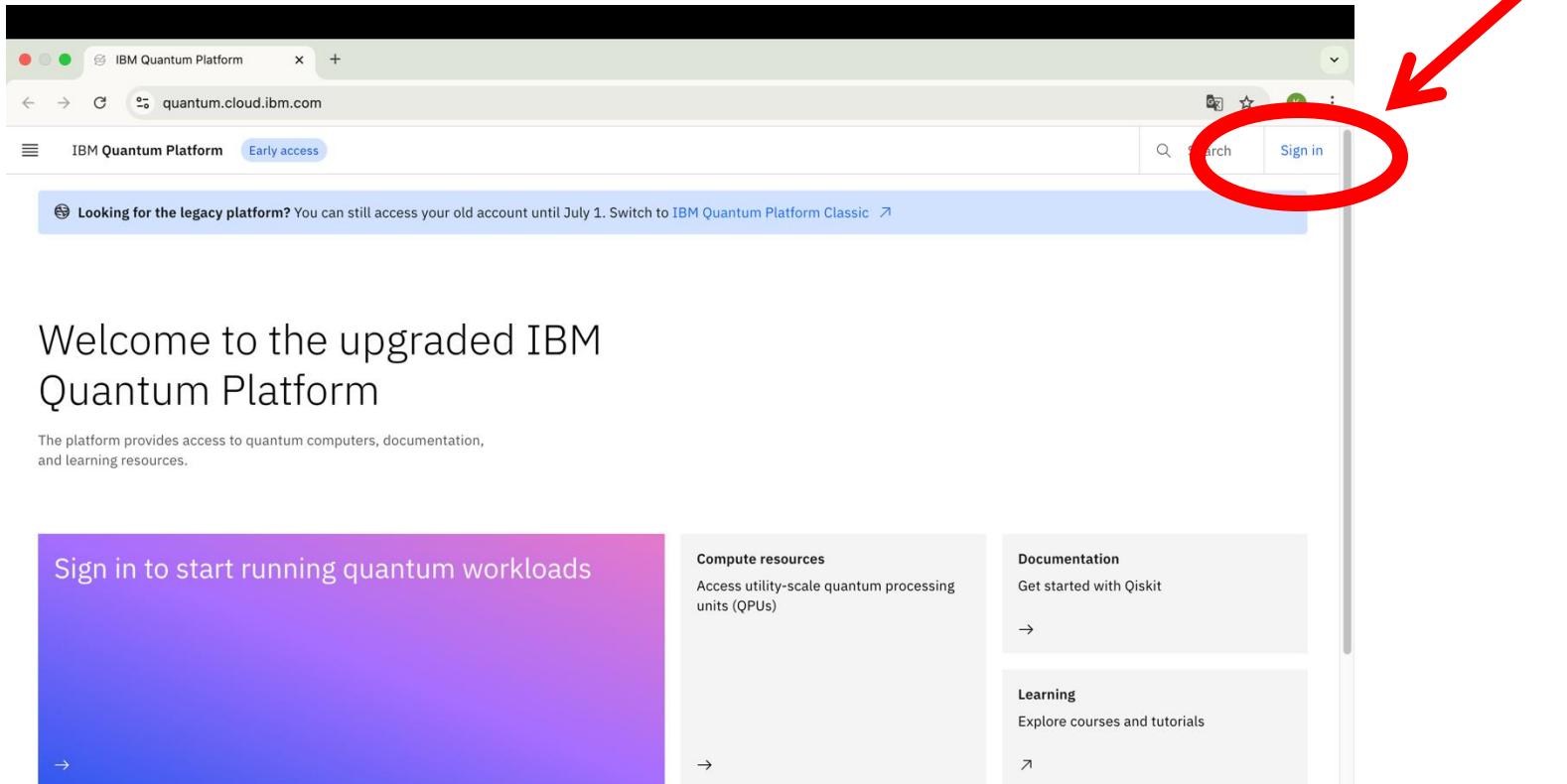
**本物の量子コンピューターにインターネット経由で計算
をさせる時に必要になるアカウントを作成します！**

もくじ

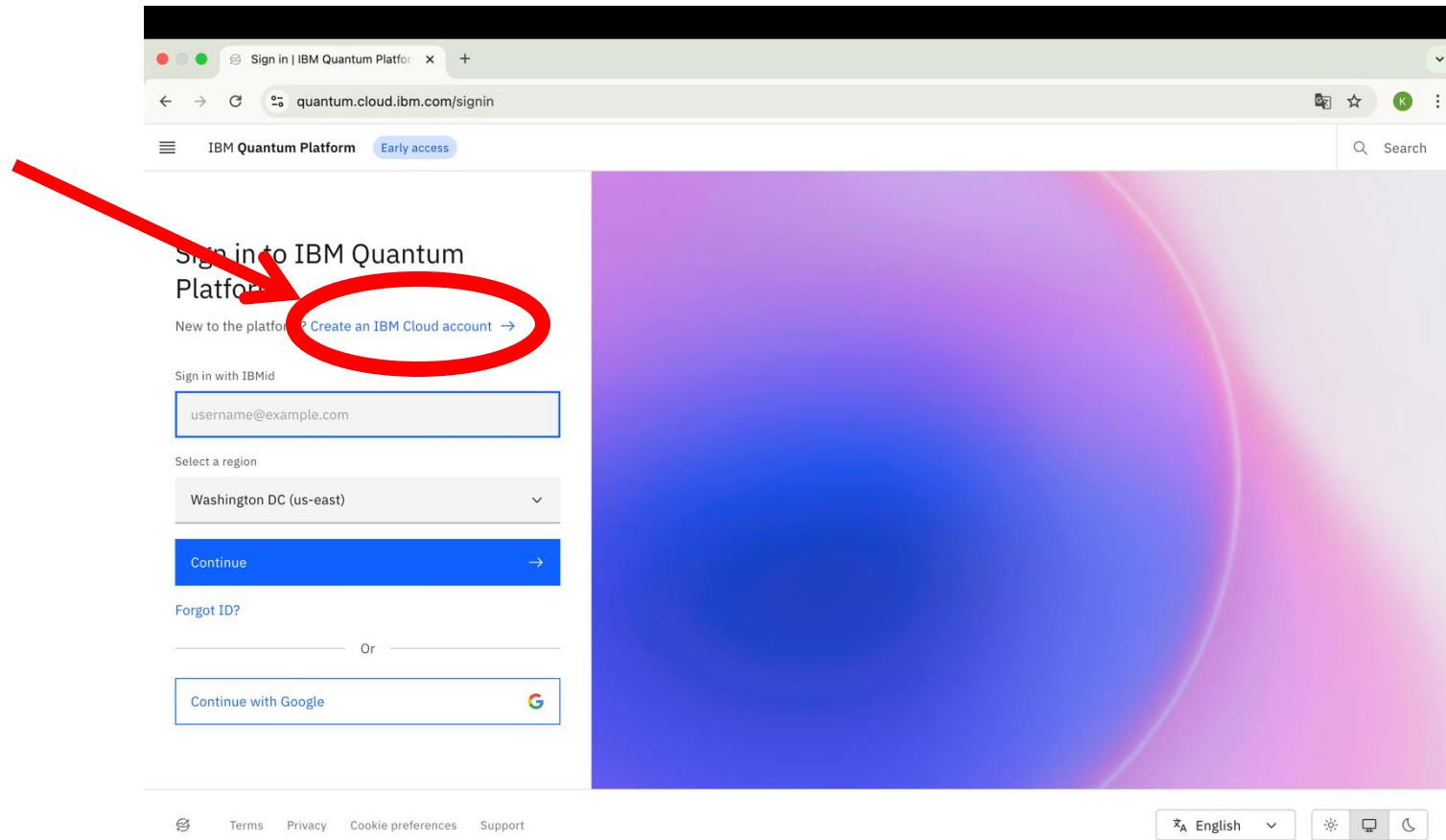
- 1. Feature code で IBM Cloud account を作る**
- 2. Instance を作り、CRNを得る**
- 3. API key をダウンロードする**

1. Feature codeでIBM Cloud accountを作る

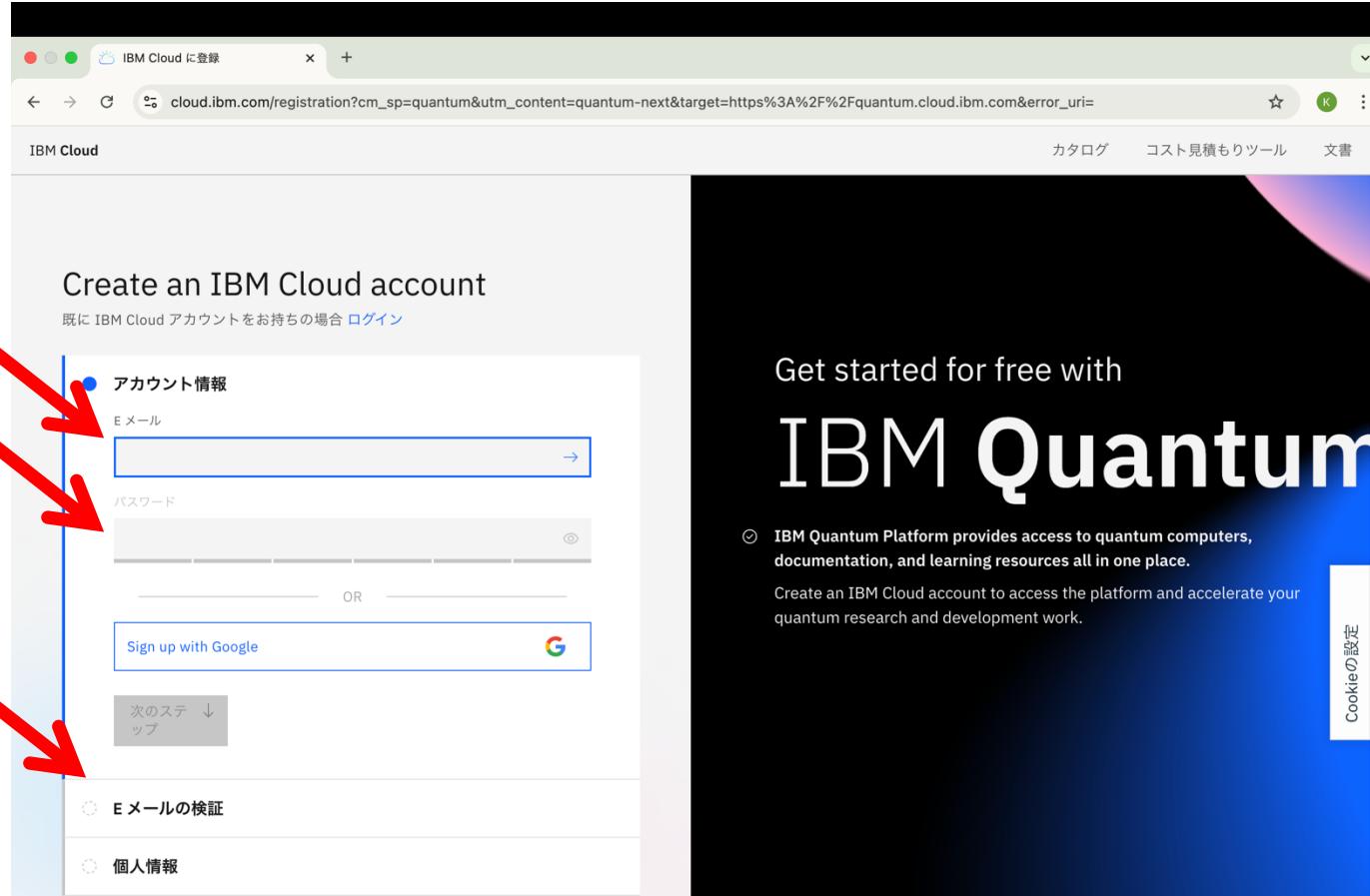
ウェブブラウザーで <https://quantum.cloud.ibm.com/> にいき、「Sign in」をクリックします。



「Create an IBM Could account」をクリックします。



「Eメール」と「パスワード」を入力し、「Eメールの検証」をクリックします。



メールを確認し、「検証コード」を入力します。

The screenshot shows a web browser window for 'IBM Cloud に登録' (Register for IBM Cloud) at the URL cloud.ibm.com/registration?cm_sp=quantum&utm_content=quantum-next&target=https%3A%2F%2Fquantum.cloud.ibm.com&error_uri=. The page title is 'Create an IBM Cloud account'. A red arrow points to the '検証コード' (Verification code) input field, which is currently empty. The page also displays a promotional banner for 'IBM Quantum'.

Create an IBM Cloud account

既に IBM Cloud アカウントをお持ちの場合 [ログイン](#)

アカウント情報

numata[REDACTED].jp
.....

E メールの検証

7 行の検証コードを numata[REDACTED].jp に送信しました。
このコードは 30 分間有効です。

検証コード

検証コードが必要です。

次のステップ
再送コード

個人情報

アカウントに関する注意事項

Get started for free with
IBM Quantum

IBM Quantum Platform provides access to quantum computers, documentation, and learning resources all in one place.
Create an IBM Cloud account to access the platform and accelerate your quantum research and development work.

「名前」、「姓」などを入力します。

The screenshot shows the 'Create an IBM Cloud account' page. On the left, there is a vertical navigation bar with three tabs: 'アカウント情報' (selected), 'E メールの検証', and '個人情報'. Below this, there are fields for '名前' (Name) and '姓' (Last Name). The 'Name' field has a red border and a red error message '名前が必要です。' (Name is required). The 'Last Name' field is empty. Red arrows point from the text '「名前」、「姓」などを入力します。' to the 'Name' and 'Last Name' fields. On the right, there is a large promotional section for 'IBM Quantum' with the text 'Get started for free with IBM Quantum' and a description of the platform's features.

IBM Cloud

Create an IBM Cloud account

既に IBM Cloud アカウントをお持ちの場合 [ログイン](#)

アカウント情報

E メールの検証

個人情報

名前

姓

役割を教えてください

オプションの選択

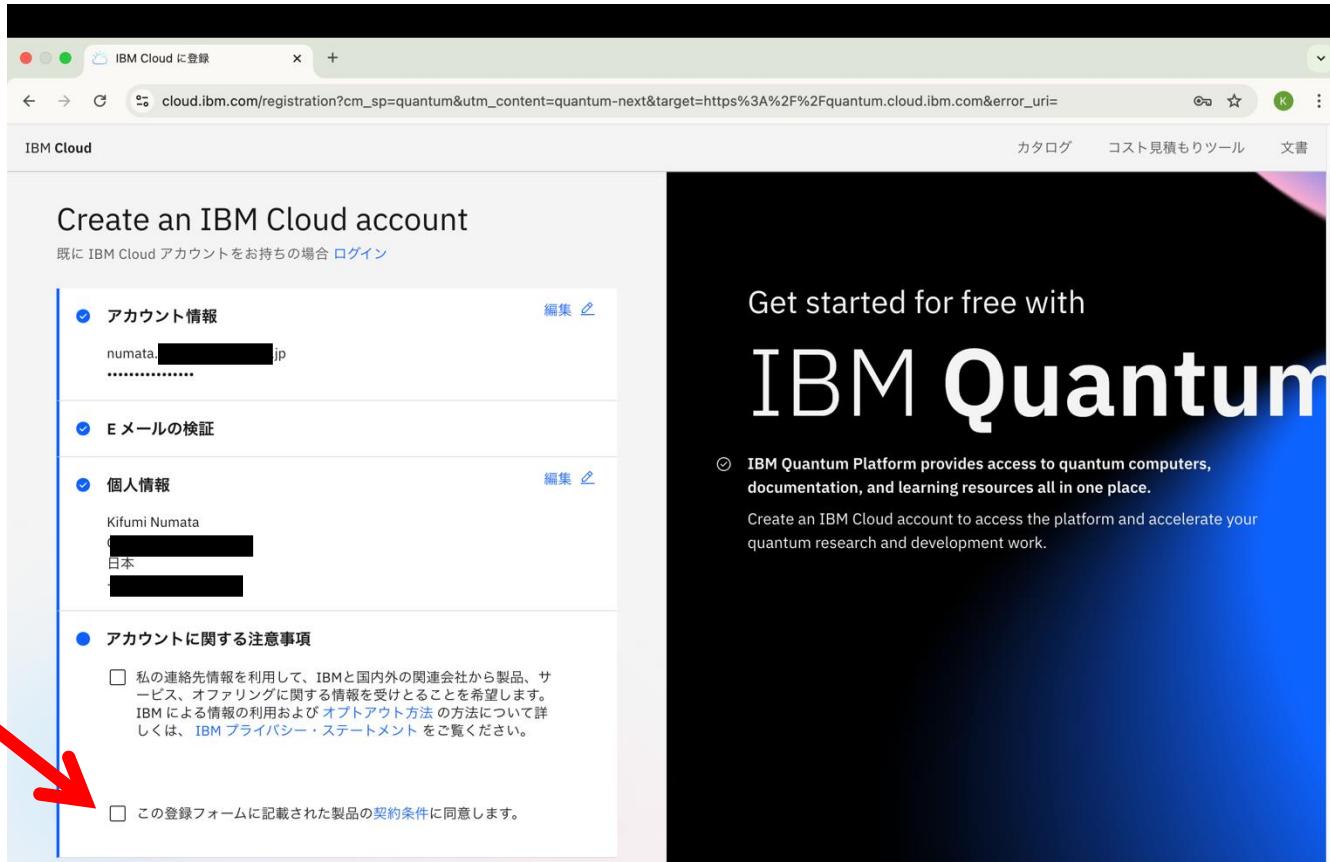
会社名

Get started for free with
IBM Quantum

IBM Quantum Platform provides access to quantum computers, documentation, and learning resources all in one place.

Create an IBM Cloud account to access the platform and accelerate your quantum research and development work.

「アカウントに関する注意事項」を確認してチェックします。



「コードを使用して登録する」をチェックします。

本人確認

● アカウント情報

○ コードを使用して登録する

アカウント登録

会社名 個人

次のステップ

○ 会社情報

○ 請求処理情報

○ クレジット・カード情報

アカウントの作成

本人確認

cloud.ibm.com/registration/payment?state=https%3A%2F%2Fquantum.cloud.ibm.com&utm_content=quantum-next

IBM Cloud

カタログ コスト見積もりツール 文書

② セキュア検証

ID を確認するためにクレジット・カード情報を要求します。IBM Cloud の無料層の制限を下回る使用量については課金されません。

③ 200米ドルのクラウド・クレジットで開始できます

このクレジットでIBM Cloud製品をお試しください。30日間ご利用になります。

④ 常時無料の製品も充実

IBM Watson® APIが含まれています。これらの製品には有効期限がなく、課金されることもありません。詳しくは、www.ibm.com/cloud/free を参照してください。

© Copyright IBM Corp. 2014. 2025. All rights reserved.

メールを確認し、「Kayla Lee」からの「Start your journey on upgraded IQP」というのメールの中からfeature codeをコピーします。

Start your journey on upgraded IQP 外部 受信トレイ ×

Kayla Lee <Kayla.Lee@ibm.com> 2025/05/15 1:15 ★ ⌂ ⌂

To 自分 ▾

日本語に翻訳 X

Hi Kifumi Numata,

Thanks for being a Qiskit Advocate! As a special member of the community, we're providing you with a feature code to extend the length of your trial account on IBM Cloud.

Your assigned feature code is 36b5██████████9, which should be applied at time of registration using the instructions below. Feature codes are unique alphanumeric codes that can only be applied once and only applied to new accounts. If you already have an account on IBM Cloud, you cannot use this feature code.

To get started with your code, create an account at <https://quantum.cloud.ibm.com/> and select "Register with a code." You can then enter in your feature code and follow the rest of the instructions. You can see how many days are left in the trial by going to Manage > Account > Account Settings at the top of the screen.

If you are having any problems applying the feature code, please respond to this message and we will try to help.

Enjoy your quantum access!

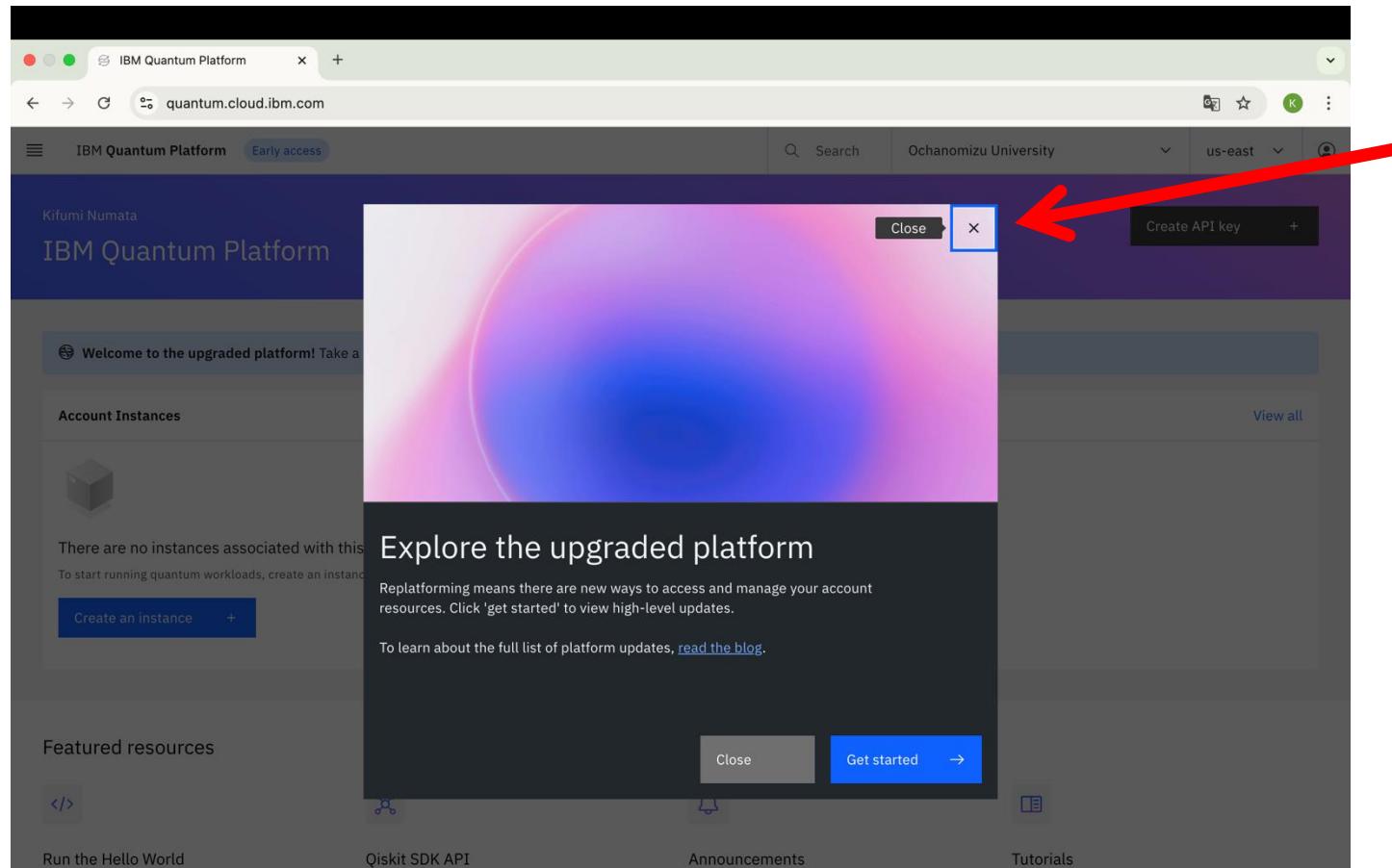
Best,
The team at IBM Quantum

ここの英数字をコピーします。

コピーしたfeature codeを「コードの入力」に貼り付けします。

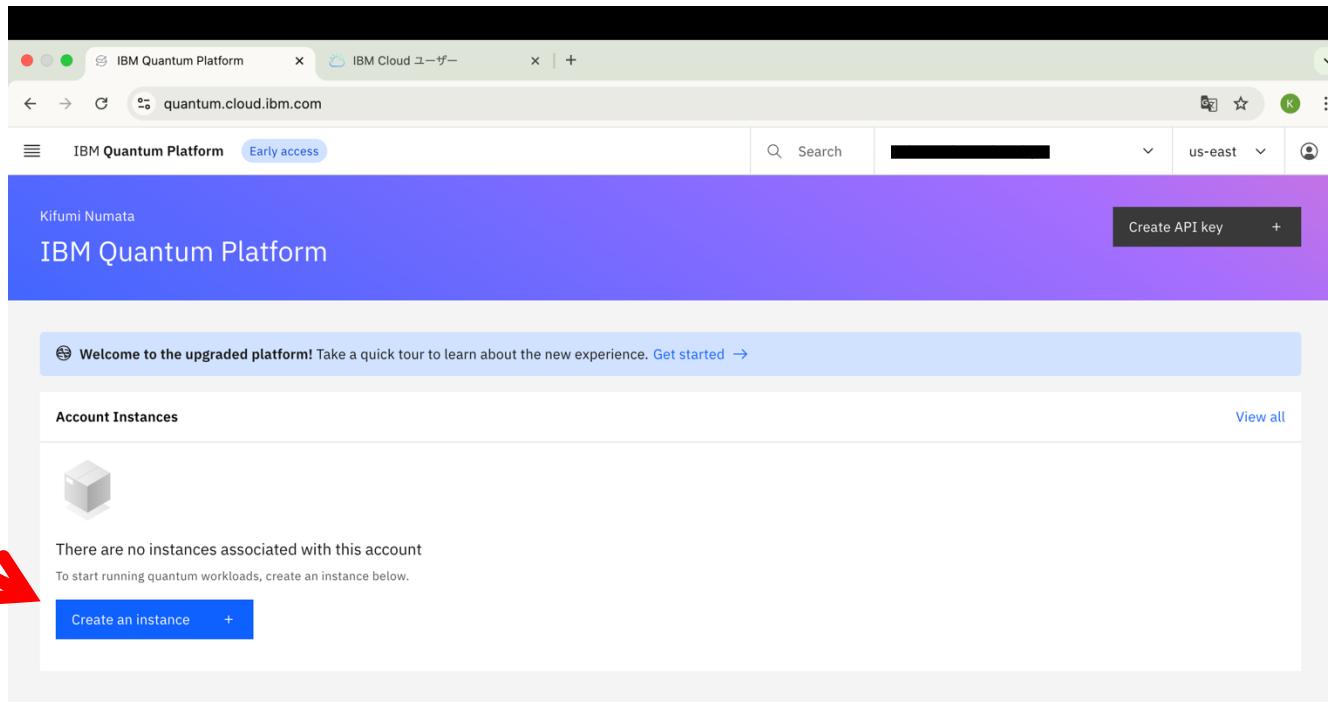
The screenshot shows a web browser window for IBM Cloud registration. The URL in the address bar is `cloud.ibm.com/registration/payment?state=https%3A%2F%2Fquantum.cloud.ibm.com&utm_content=quantum-next#`. The page title is "本人確認". On the left, there's a section titled "コードの適用" with a note: "提供されたコードを入力してください。このコードは1つのアカウントにのみ適用可能で、削除することはできません。" Below this is a "コードの入力" field with a placeholder "コードを入力". To the right of this field is an "アカウント ID" field containing a blacked-out account ID. A large red arrow points to the "コードの入力" field. On the right side of the page, there are three other options: "セキュア検証" (Secure verification), "200ドルのクラウド・クレジットで開始できます" (Start with 200 USD cloud credit), and "常時無料の製品も充実" (A wide range of free products available). At the bottom left, there's a "アカウントの作成" button.

IBM Quantum Platformにログインできます。
ポップアップウィンドウを閉じるには右上「X」をクリックします。



2. Instance を作り、CRNを得る

「Create an Instance」をクリックします。



Featured resources



Run the Hello World



Qiskit SDK API

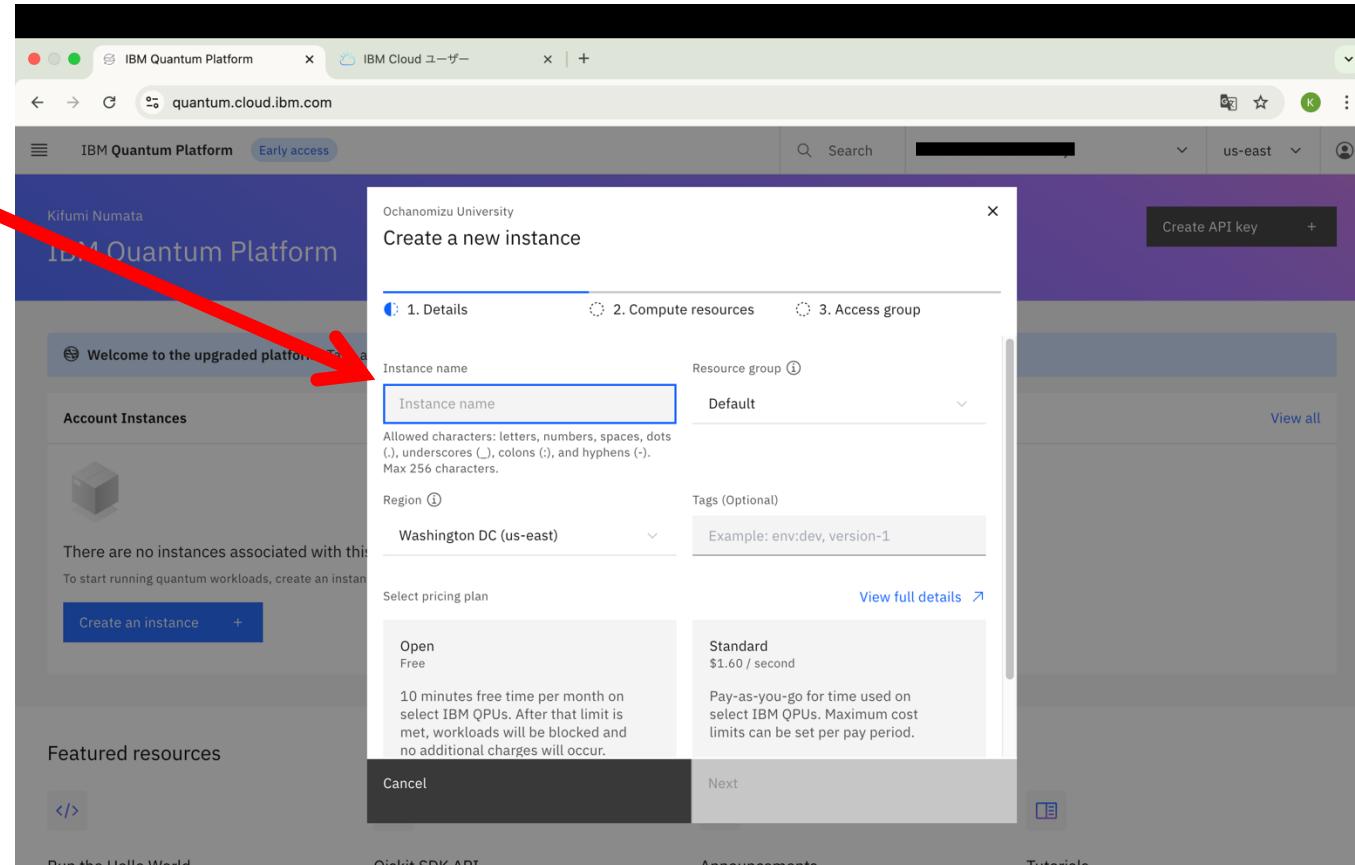


Announcements

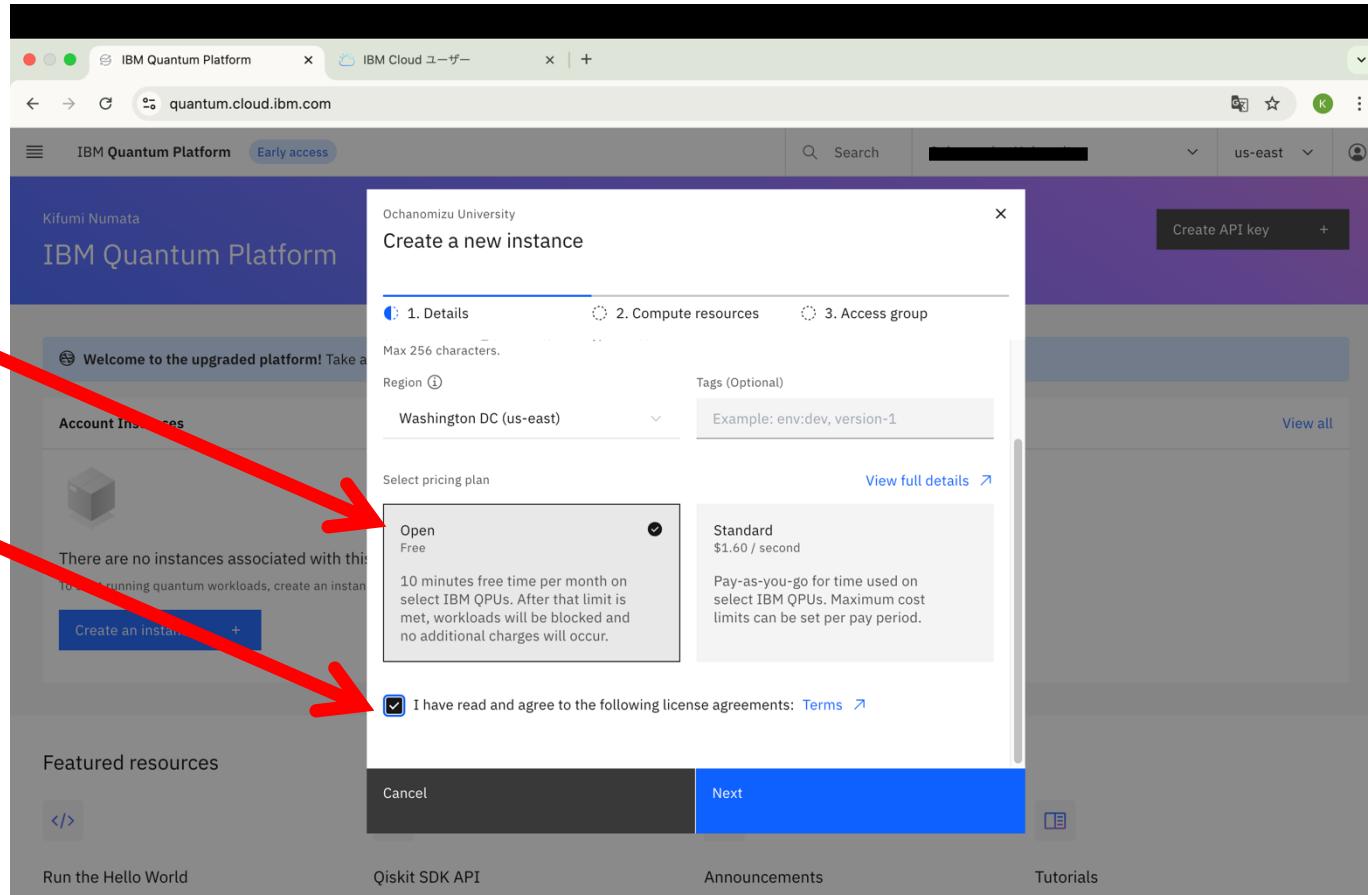


Tutorials

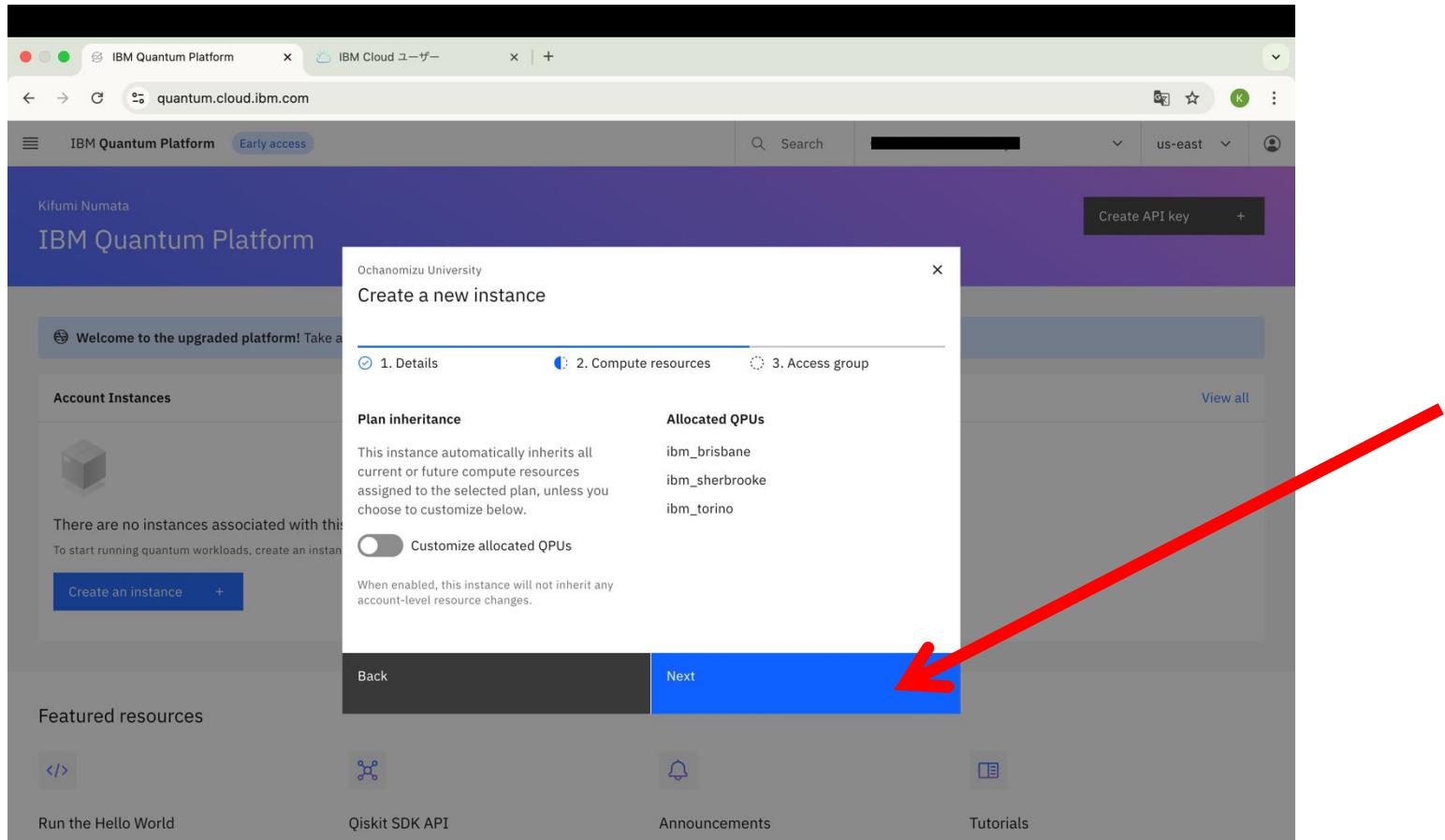
「Instance name」に好きな名前を入れます：「Open instance」など。



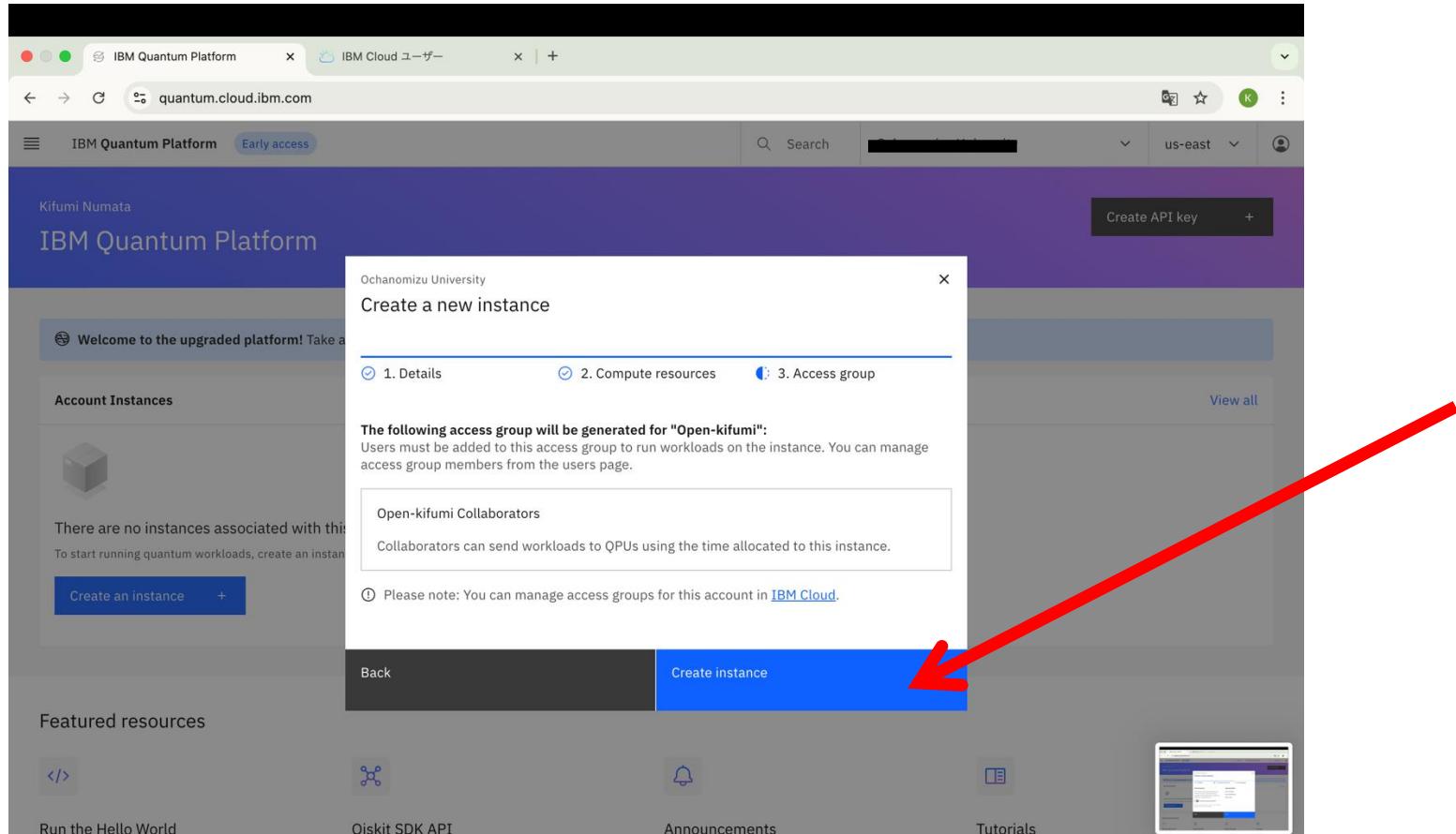
「Open」を選択し、Termsを確認してチェックボックスをクリックします。



「Next」をクリックします。



「Create Instance」をクリックします。



Instanceが作されました。このトップページからCRNをコピーできます。

The screenshot shows the IBM Quantum Platform interface. At the top, there are two tabs: "IBM Quantum Platform" (selected) and "IBM Cloud ユーザー". The URL in the address bar is quantum.cloud.ibm.com. The main header includes "IBM Quantum Platform" and "Early access", along with a search bar and dropdown menus for "us-east" and "Manage instance access".

A prominent blue banner at the top says "IBM Quantum Platform". Below it, a message reads: "Welcome to the upgraded platform! Take a quick tour to learn about the new experience. [Get started →](#)".

The "Recent workloads" section shows a single item: "Open-kifumi" (Status: Open, Usage: 10m remain). A red arrow points from the right side of the screen towards the "CRN" field next to this entry.

The "Instances" section also lists "Open-kifumi" with the same status and usage information. A "View all" link is present above both sections.

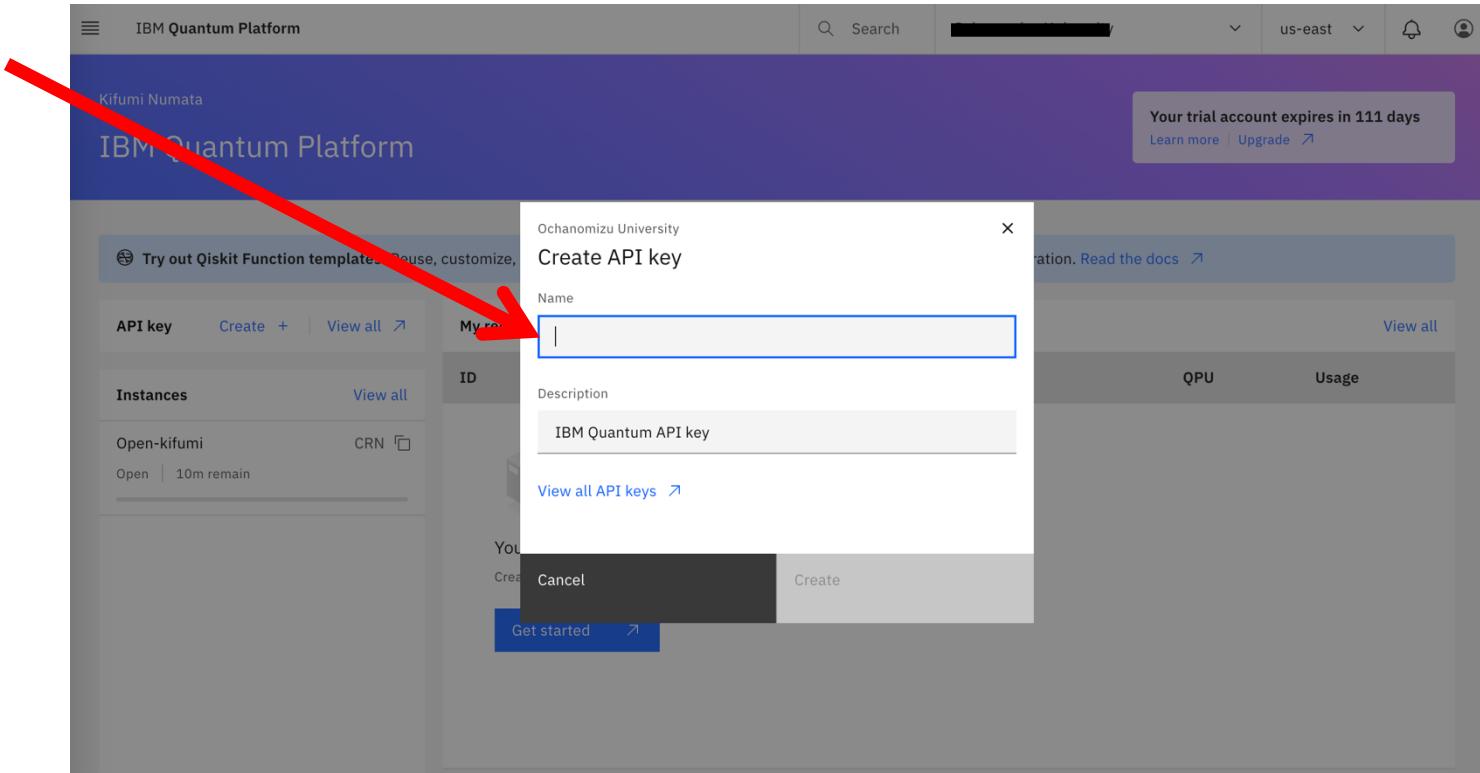
At the bottom, there are buttons for "Get started" and "View all QPUs". The QPU section shows three entries: "ibm_torino" (green dot), "ibm_brisbane" (green dot), and "ibm_sherbrooke" (green dot).

3. API key をダウンロードする

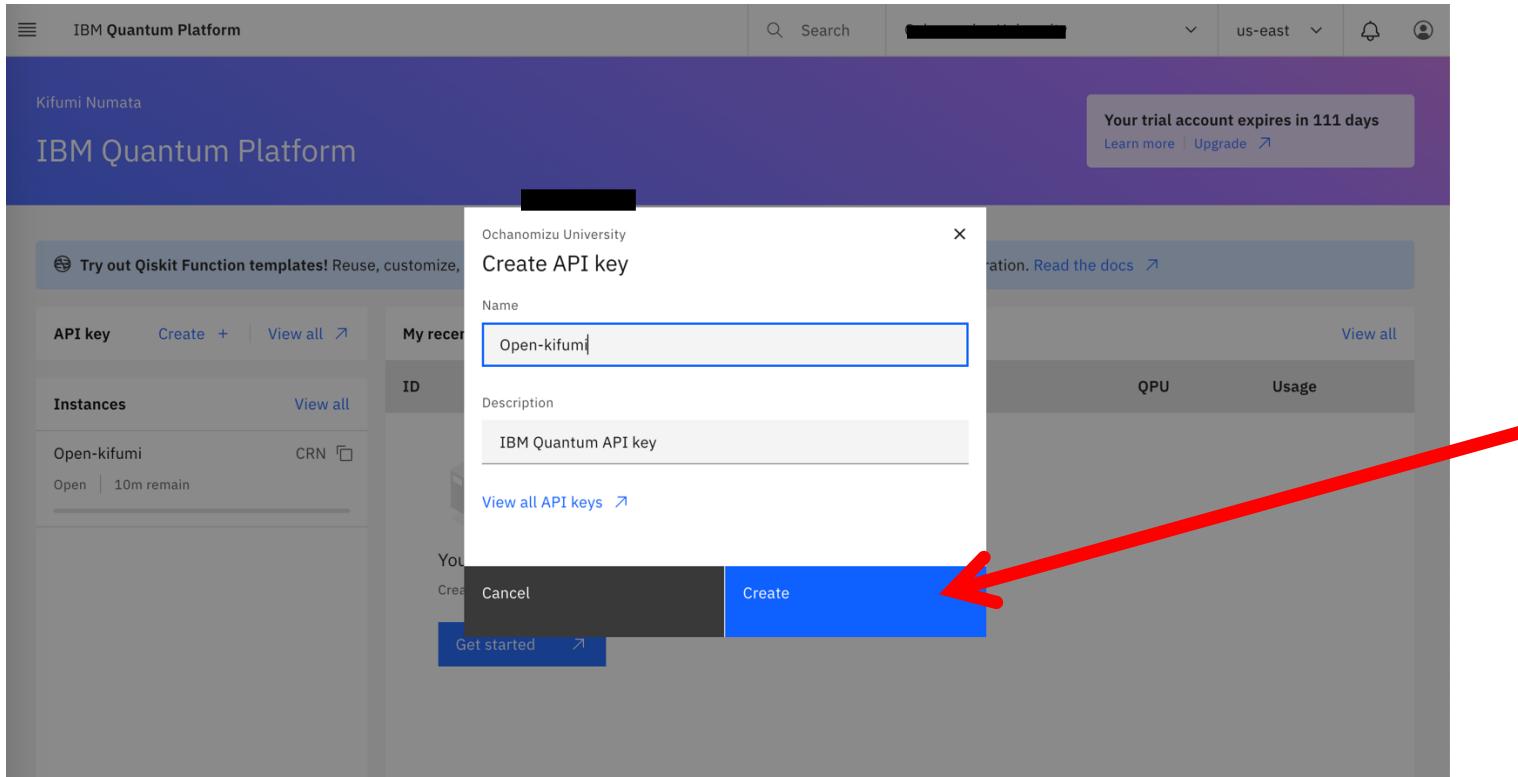
API keyのとなりの「Create +」をクリックします。

The screenshot shows the IBM Quantum Platform dashboard. At the top, there is a navigation bar with the text "IBM Quantum Platform", a search bar, and a dropdown menu set to "us-east". A notification bell icon is also present. Below the navigation bar, the user's name "Kifumi Numata" is displayed. On the right side of the header, a purple banner states "Your trial account expires in 111 days" with links to "Learn more" and "Upgrade". The main content area has a blue header bar with the text "Try our Qiskit Function templates! Reuse, customize, and deploy pre-built code examples to accelerate your applications exploration. Read the docs". Below this, there are two tabs: "API key" (selected) and "Create + | View all". A large red arrow points to the "Create +" tab. To the right, there is a section titled "My recent workloads" with a table. The table has columns: ID, Status, Instance, Created (sorted), QPU, and Usage. There is one entry: "Open-kifumi" with status "Open" and "10m remain". Below the table, it says "You don't have any workloads yet!" and "Create and run a quantum workload by following the instructions below." with a "Get started" button. At the bottom, there is a "QPUS" section with "View all" and three entries: "ibm_torino", "ibm_brisbane", and "ibm_sherbrooke", each with a green dot.

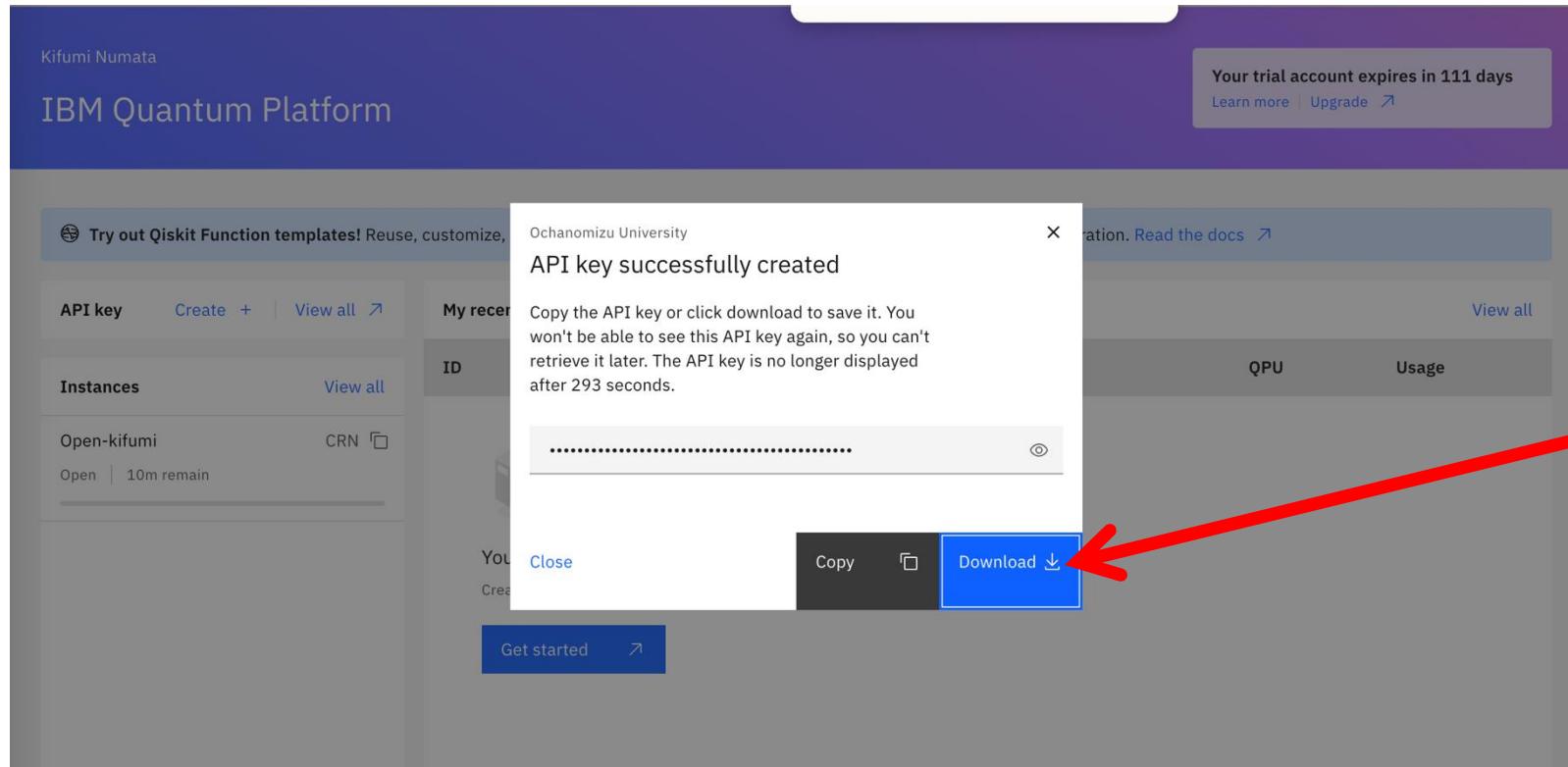
「Name」を入力します。（自分の名前など）



「Create」をクリックします。



API keyを「Copy」するか、または、「Download」をクリックし、保存します。



ダウンロードしたファイル「apikey.json」をダブルクリックして開くと、API keyを確認できます。



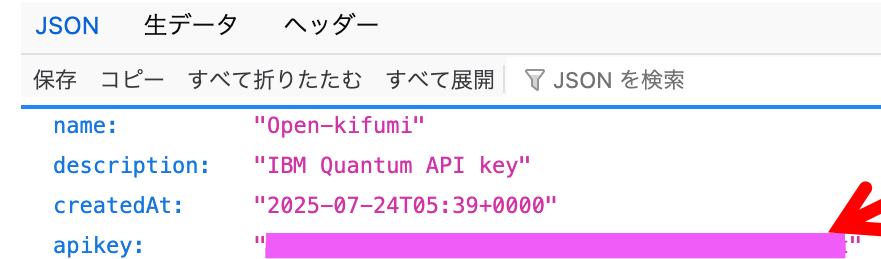
The screenshot shows a JSON viewer interface with the following data:

```
JSON 生データ ヘッダー  
保存 コピー すべて折りたたむ すべて展開 | JSON を検索  
  
name: "Open-kifumi"  
description: "IBM Quantum API key"  
createdAt: "2025-07-24T05:39+0000"  
apikey: "XXXXXXXXXX"
```

A large red arrow points from the right side of the image towards the obscured API key value in the 'apikey' field.

まとめ：

ダウンロードしたファイル「apikey.json」をダブルクリックして開くと、API keyを確認できます。

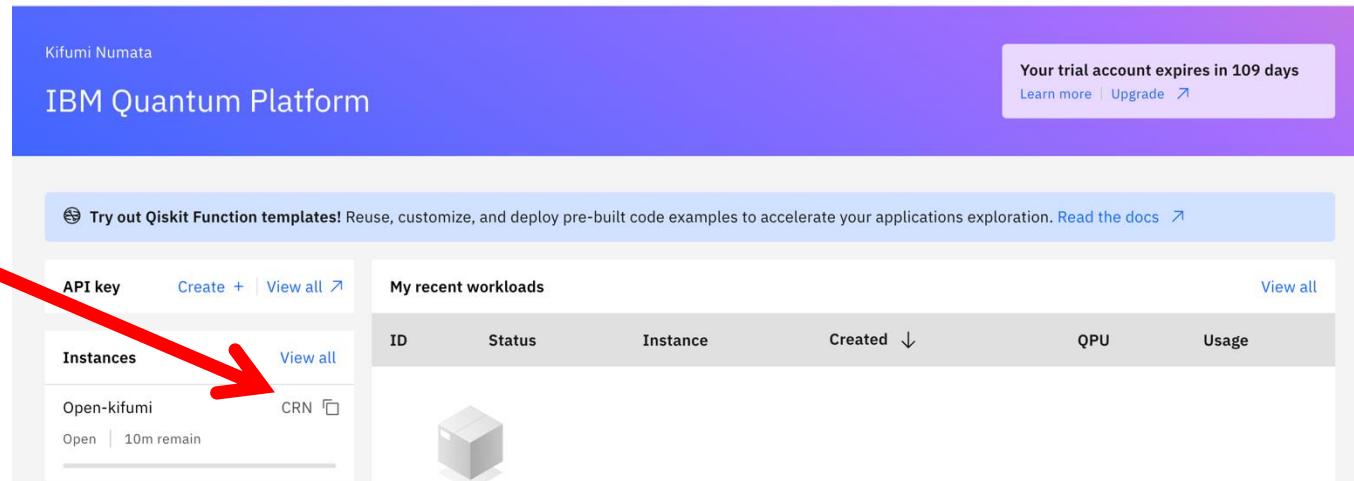


A screenshot of a JSON editor interface. At the top, there are tabs for "JSON", "生データ" (Raw Data), and "ヘッダー" (Header). Below the tabs are buttons for "保存" (Save), "コピー" (Copy), "すべて折りたたむ" (Collapse All), "すべて展開" (Expand All), and "JSON を検索" (Search JSON). The main area displays a JSON object with the following fields:

```
name: "Open-kifumi"
description: "IBM Quantum API key"
createdAt: "2025-07-24T05:39+0000"
apikey: "XXXXXXXXXX"
```

The "apikey" field is highlighted with a pink rectangle, and a red arrow points from the text above to this highlighted area.

<https://quantum.cloud.ibm.com/> からCRNをコピーできます。



A screenshot of the IBM Quantum Platform dashboard. The header includes the user's name "Kifumi Numata", the platform name "IBM Quantum Platform", and a message about a trial account expiring in 109 days with links to "Learn more" and "Upgrade".

The main area features a callout "Try out Qiskit Function templates! Reuse, customize, and deploy pre-built code examples to accelerate your applications exploration. [Read the docs](#)".

On the left, there is an "API key" section with "Create + | View all" buttons, and a table titled "Instances" showing one entry: "Open-kifumi" with a "View all" button and a "CRN" column containing a redacted value.

On the right, there is a table titled "My recent workloads" with columns: ID, Status, Instance, Created (sorted), QPU, and Usage. A "View all" button is also present.

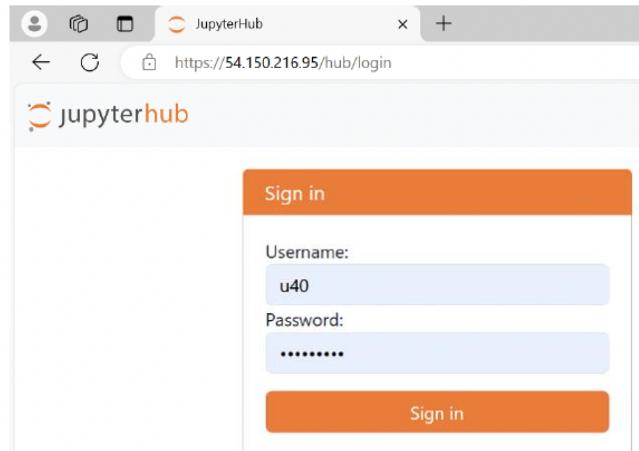
A large red arrow points from the text above to the "CRN" column in the "Instances" table.

JupyterHubでの実行

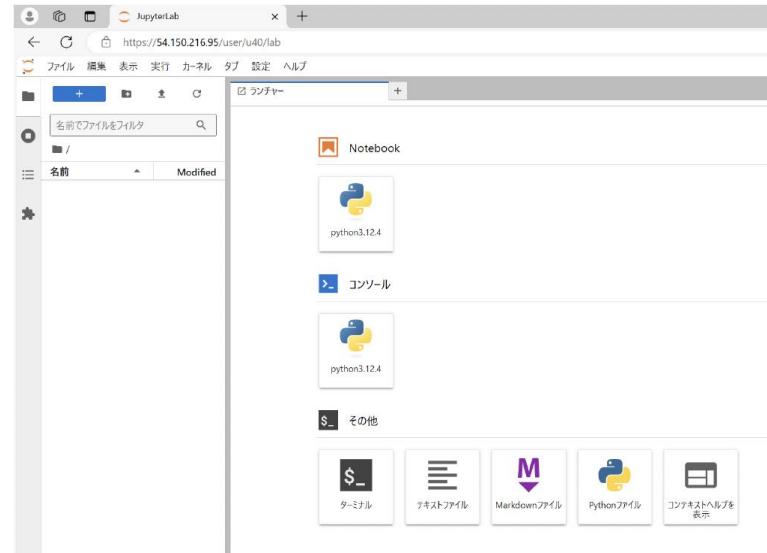
(1) Webブラウザー（Edge、Safari、Chrome、Firefoxなど）で
<https://54.178.57.208/>にログイン。



(2) ユーザ名とパスワード（メールで配布）を
入力して、「Sign in」をクリック。



(3) この画面になつたら成功です！



Kawasaki Campが終わった後、Qiskitを実行する場合

(1) Google Colabatory (<https://colab.research.google.com/>) を使う。

毎回、以下のコマンドを最初に実行する必要があります。

```
!pip install qiskit qiskit[visualization] qiskit-ibm-runtime qiskit-aer
```

```
!pip install qiskit-algorithms qiskit-nature scikit-learn
```

```
!pip install --prefer-binary pyscf
```

参照：https://quantum-tokyo.github.io/introduction/get_started/colab.html

(2) qBraid (<https://www.qbraid.com>) を使う。

参照：https://quantum-tokyo.github.io/introduction/get_started/qbraid.html

