

従来のコンピュータと量子コンピュータ

竹内 康太 (Kota Takeuchi)
広島大学 先進理工系科学研究科

授業の目標

従来のコンピュータと量子コンピュータの違いを把握し、量子コンピュータの利点を理解する。

今回、紹介すること

- 従来のコンピュータと量子コンピュータの違い
- 量子コンピュータの得意なこと、活躍する場面

キーワード

ビット・量子ビット、重ね合わせ、並列計算

こんなことを聞いたことはありませんか？

最近よく耳にする「量子コンピュータ」。計算のとても速いコンピュータだと言われていますが、従来のコンピュータと何が違うのでしょうか？また、どんな点で優れているのでしょうか？

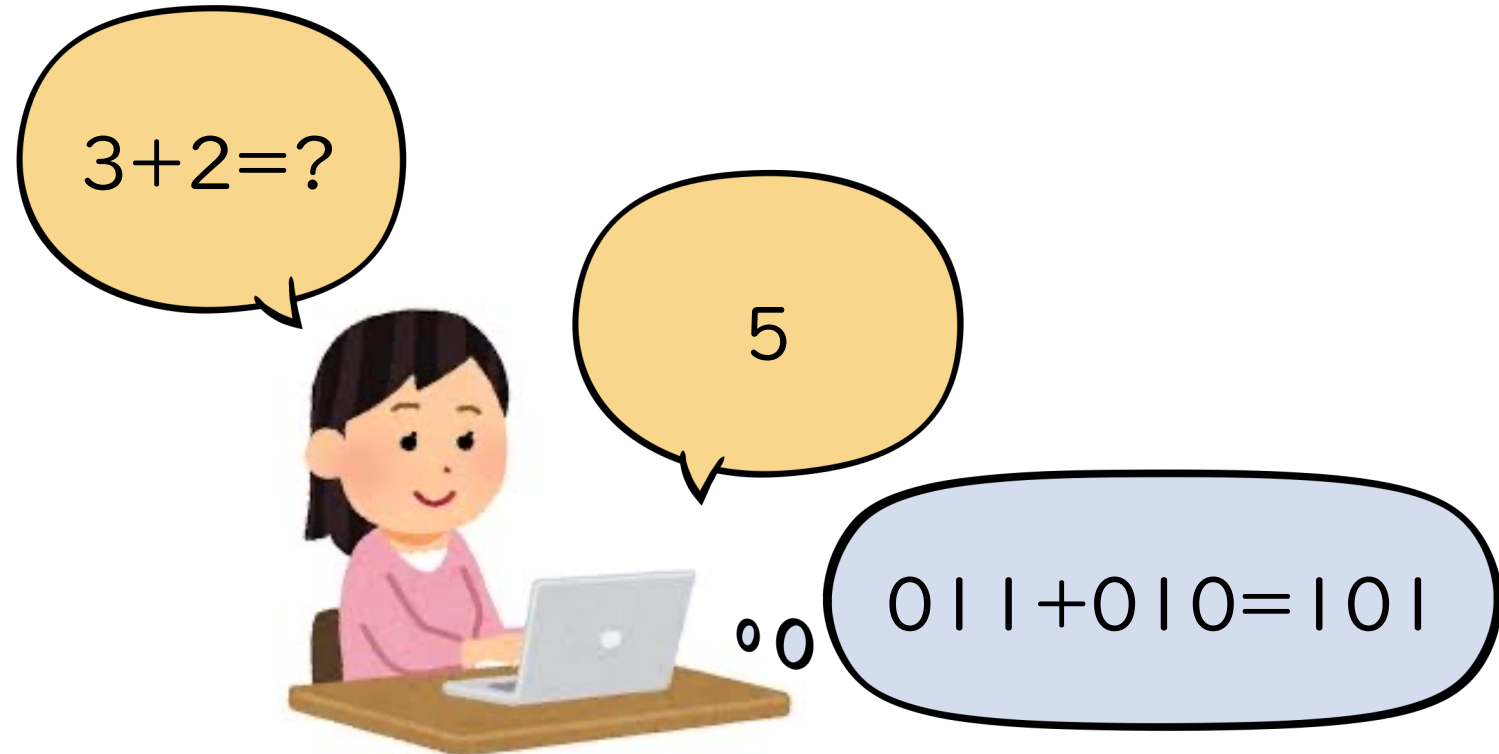


従来のコンピュータ

従来のコンピュータ: 「ビット」で情報を扱い、計算などの処理を行う。

ビット: コンピュータが扱う情報(データ)の最小単位。0か1の2通りをとる。

数字	ビット
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101



量子コンピュータ

量子コンピュータ: 「量子ビット」で情報処理を行う新しいコンピュータ。
量子ビット: 0と1が量子的に重ね合わさった状態のこと。

ビット: 0か1の**いずれか**を表す

量子ビット: 0と1を**同時に**表す



または



00

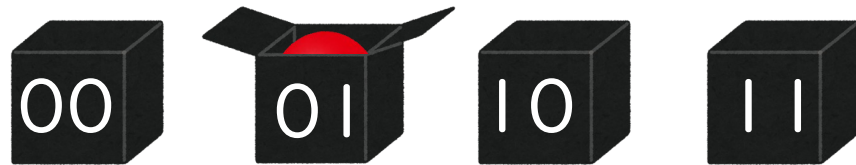
「0になるかもしれないし、
1になるかもしれない」

量子コンピュータによる並列計算

量子コンピュータでは、複数の情報を同時に扱うことで、多くの計算を並列的に進める。

従来のコンピュータ

2ビットで4つの状態の
いずれかを1つずつ扱う



量子コンピュータ

2量子ビットで4つの状態を
同時に扱う



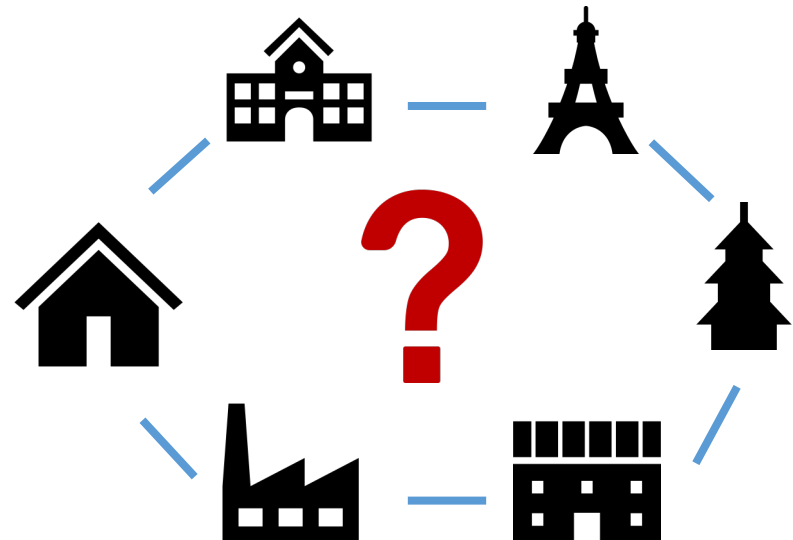
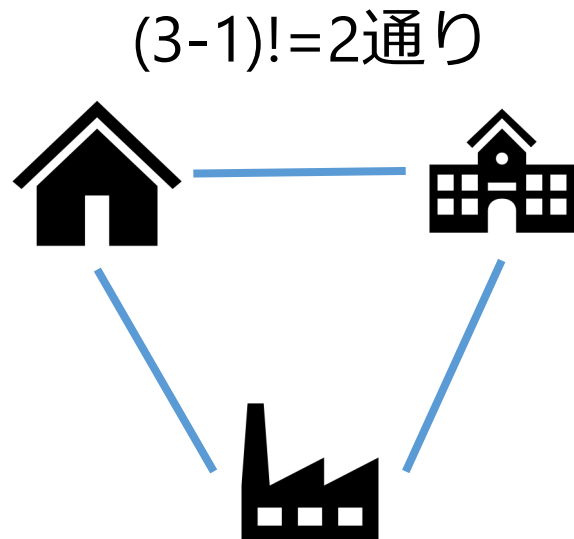
例題

巡回セールスマン問題を考えます。

すべての都市を1回ずつ訪れ、出発点に戻る経路の数を数えてみましょう。

3都市の場合、可能な経路は **2通り** です。

では、6都市の場合、何通りあるのでしょうか？

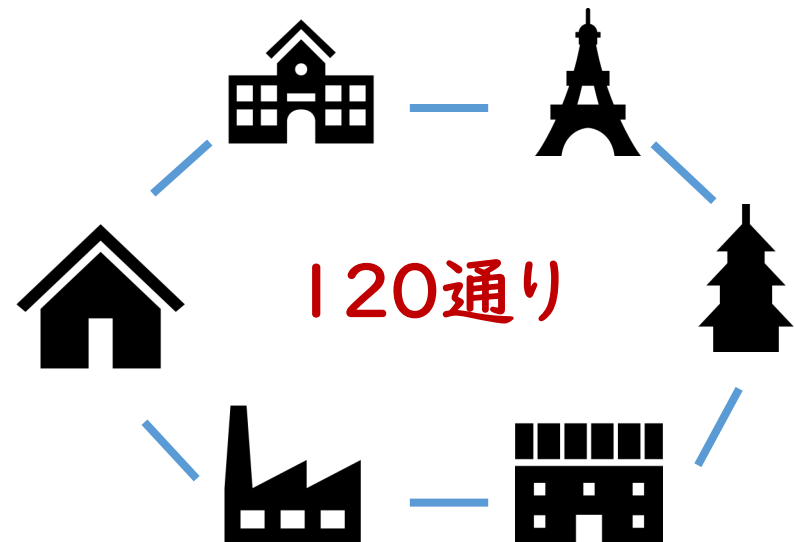


解答例

出発点を1つに固定すると、残りの都市の並び方の数だけ経路が存在します。6都市の場合、出発点を除く5都市の並べ方は

$$5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 120 \text{通り}$$

したがって、6都市の巡回経路は **120通り** です。



Q&A

「0と1が同時に存在する状態」って、本当にありえるのですか？

ありえます。量子力学が支配するミクロの世界は、複数の状態(固有状態)が重なり合った状態になっていて、観測されるまで特定の状態に定まらないという性質があります。量子ビットは0と1の両方の可能性を同時に持った状態(重ね合わせ状態)にあり、観測した瞬間に0か1のいずれか一つに定まります。

Q&A

量子コンピュータは、普通のパソコンの代わりになるのですか？

いいえ。現段階では、私たちが普段使っているパソコンは量子コンピュータに置き換わらないでしょう。文章作成や日常的な計算は従来のコンピュータが得意で、量子コンピュータは探索問題や最適化シミュレーションなど、主に産業分野で必要とされる計算を補助する役割が期待されています。

量子コンピュータの得意なこと

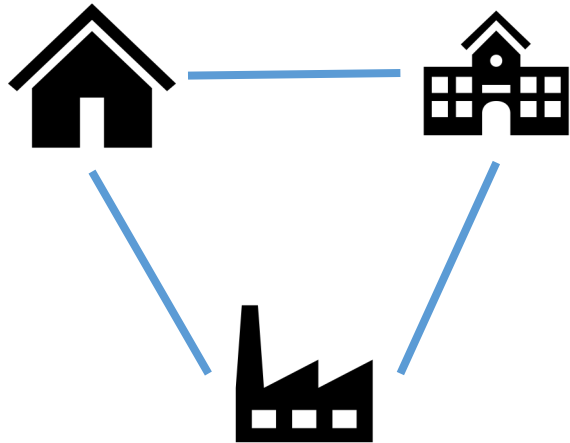
量子コンピュータは1つずつ順番に調べる必要がある問題を、並列的に高速で処理する。

- データベース探索
 - 膨大なデータの中から条件に合うデータを探し出す問題
- 最適化シミュレーション
 - 無数の組み合わせの中から「最も良い解」を求める問題
- 暗号解読
 - 膨大な候補の中から正しい暗号鍵を見つけ出す問題

例：巡回セールスマン問題

全ての都市を一度ずつ訪れ、出発点に戻る最短経路を求める問題

$(3-1)! = 2$ 通り



- 都市数が増えると、探索すべき経路数は急増する
 - 6都市では120通り
 - 11都市では362万通り以上
- 最短経路を見つけるために
 - 従来のコンピュータは経路を逐次的に調べる
 - 量子コンピュータは複数経路を同時に調べる

量子コンピュータと社会

量子コンピュータは、次世代の技術として、産業や社会の多様な課題解決への活用が期待されている。

- **物流/交通分野**
 - 配送ルート最適化、渋滞や遅延を抑える効率的な輸送計画
- **創薬/材料分野**
 - 分子や材料の性質を高精度にシミュレーションし、新薬や新素材を効率的に開発する
- **金融分野**
 - 市場変動や金利変化などの複雑な市場条件を反映した、より精度の高いリスク評価モデルの構築

まとめ

この講義では以下を紹介しました。

- 量子コンピュータは、0と1を同時に表す「量子ビット」を用いて情報を処理する。
- 量子コンピュータは、逐次的に調べるのが大変な探索問題や最適化シミュレーションなどの計算を得意とする。
- 量子コンピュータは、物流・創薬・金融分野など、幅広い分野での活用が期待されている。

課題

日常生活や自分の専門分野で、「選択肢が多すぎて、一つずつ試すのが大変」な問題を1つ挙げてみましょう。その問題が、量子コンピュータの強みを生かせる問題かどうか考えてみてください。