あなたの音楽はどこから？一素数から。

～量子回路での確率1/3の検討と量子コンピュータを用いた音楽作成アプリの開発～

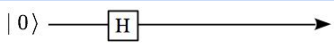
群馬県立尾瀬高等学校　田中花菜

研究の概要

近年、量子コンピュータの研究・開発が加速している。量子コンピュータが得意とする問題は、組合せ最適化問題、量子化学計算、機械学習、量子シミュレーションなど限定的ではあるが、創薬、材料開発、人工知能、金融、交通渋滞の緩和などの幅広い産業と社会に大きな影響を与えると期待されている。但し、量子コンピュータを絶対的に信頼して使用するためには、誤り訂正という技術の開発が今後必要である。

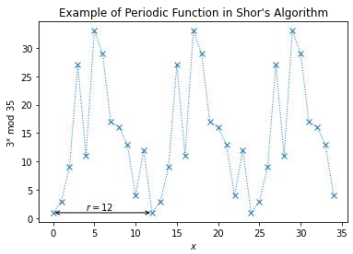
本研究では量子コンピュータの**確率的に複数の解を出すという特性**を生かして音楽を作成することを考えた。というのも、**音楽のような芸術は正解が無いため、この量子の特性は音楽と相性が良いのではないか**と考えたからである。**量子コンピュータが得意な素因数分解と量子の確率的要素**を組み込み、量子の特性を生かした音楽作成の方法を提案することにした。実際には古典コンピュータのプログラムと量子コンピュータの併用という方式だが、この方法を使えば、**「誰でも・簡単に・あっという間に」**音楽を作成することが可能であると考えた。音楽作成の過程で用いる量子回路を実装したところ、確率的要素を持ち、音楽作成に用いるために必要とする想定通りの挙動を示したため、量子コンピュータを用いた音楽作成の実現可能性を示すことができた。

音楽作成の流れ



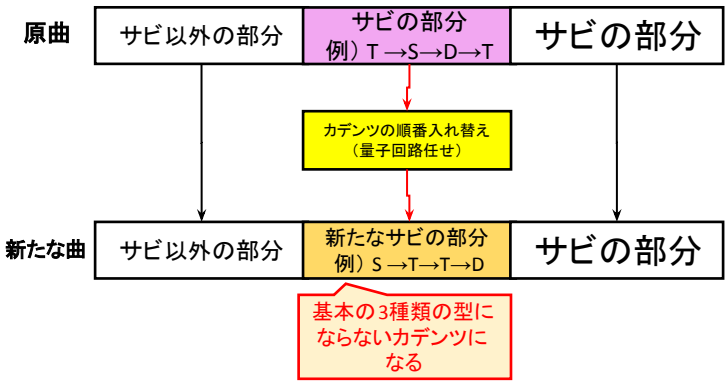
①ユーザが好きな音楽をアップロードし、主キーと曲の長さを選択

②AI がアップロードされた曲を解析し [4]、曲のカデンツと互いに素な自然数を取得

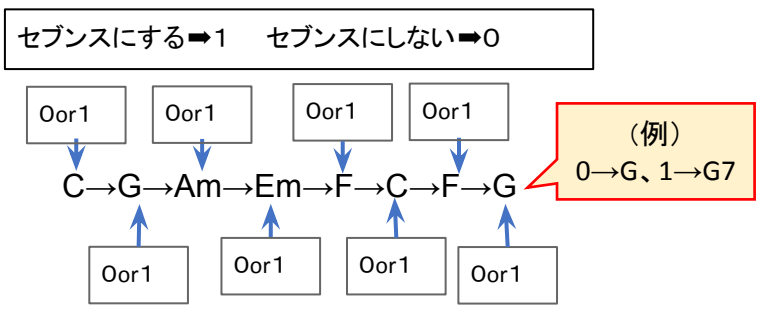


③量子ゲートで**ショアのアルゴリズム**[5]を実行し、周期的な自然数を取得

④取得した自然数からサビの部分のカデンツを**量子ゲート**で変換



⑤古典コンピュータを使ってカデンツからどのコードを使用するか選択し、決定したコードーつひとつに対して、セブンスにするかどうかを**量子ゲート**で決定



⑥古典コンピュータでコードをまとめあげて完成

量子回路の実装

GoogleCollaboratoryを使用

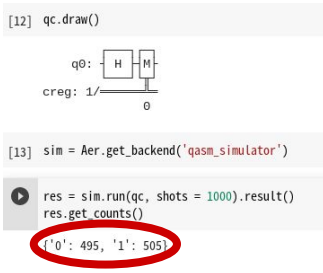
今回は実現可能であることを示すために、まずは量子コンピュータにてランダムに値を得る乱数回路を実装・動作させた確率決定の研究を行った。

実験1　2パターンのうちランダムに1つを選択する

実験2　4パターンのうちランダムに選択する

結果・考察「想定通りの挙動を示した」

(1)量子回路が実行できた。
(2)計算回数を1000回としたときも、すべての出力パターンを**ほぼ等確率で出現**させることができた。
(3)**ビット数を1増やすと組み合わせの数が2倍に増加**するため、**1回の計算で3分の1の確率を出すことはできていない。**
(4)2のn乗分の1以外の確率を作り出す方法は？
(5)**任意のn/m(n,m>0)の確率**を作り出す方法は？



結論「実現可能性が高い」

(1)確率的な選択をすることが確認できたため、**量子回路での音楽作成が可能**であると考えられる。
(2)**任意のn/m(n,m>0)の確率**を作り出す方法の研究を重ねていく。

参考文献

[1]コード進行を適当に作る時に知っておきたいルールやコツの解説(ダイアトニックコード、カデンツ、強進行など)|うちやま作曲教室
https://sakkyoku.info/beginner/make-chordprogression-randomly/
[2]量子回路 https://qiskit.org/textbook/ja/ch-algorithms/defining-quantum-circuits.html
[3]量子回路図 https://learn.microsoft.com/ja-jp/azure/quantum/concepts-circuits
[4]2022 年】既存の音楽から楽譜・コード譜をつくるアプリおすすめランキング TOP9
https://app-liv.jp/hobbies/musics/2873/
[5]ショアのアルゴリズムで 21 を素因数分解!量子コンピューターの基礎から解説!|東大医学部生の相談室
https://todai-counseling.com/?p=573