

平成 25 年 5 月 28 日



日本初のゲームによるオープンサイエンス・プラットフォーム 『meQuanics』体験版（ウェブアプリケーション）を公開

情報・システム研究機構 国立情報学研究所(所長 喜連川 優)の根本香絵教授とその研究チームは、量子コンピュータ研究における喫緊の課題「いかに回路を小さくするか？」をそのままコンピュータ・ゲームにした『meQuanics』(メカニクス)体験版（ウェブアプリケーション）を、オープンサイエンスのプラットフォームとして5月28日から正式公開します。

ICT を用いて効率的なサイエンスのあり方を提案するオープンサイエンスが世界的に注目を集めています。中でも、誰でも気軽に参加できる「ゲーム」形式が、生物・医療分野などで成功を収める事例が出てきました。

量子コンピュータ・ゲーム『meQuanics』では、大規模量子情報処理の実現へ向け現在最も有力視されている「トポロジカル誤り訂正」と呼ばれる手法を忠実に再現しているのが、大きな特徴です。今回のリリースを皮切りに、今後スマホ等の携帯用 アプリケーションへの展開も予定しており、データの集積による集合知で難題解決のスピードアップを図ります。

【背景】

●オープンサイエンスへ向けて

現在、量子コンピュータを実現しようという研究が、世界中で精力的に進められています。量子コンピュータを構成する回路のサイズが、より小さければ小さいほど、より早く実現化できることが期待されています。その答えを、“たくさん目の発見”によってスピードアップしようというのが、『meQuanics』の試みです。『meQuanics』のそれぞれのパズルは想像力によるものではなく、厳格に科学的な原理に基づいた量子回路として動作するよう作られています。開発は最先端の量子情報科学研究者が行っており、量子力学のルールが支配する量子の世界を、正確に再現しています。

一方で、『meQuanics』はパズル感覚で遊べる、楽しいゲームの開発を目指しています。その第一弾としてリリースするこのたびの〔体験版〕でも、その様子をご覧いただくことができます。一方で『meQuanics』は、まだ進化の途上にあるゲームです。量子情報処理の領域への分野横断的な参加をより活発化させ、広く科学者・研究者の意見を取り入れたいと考えています。その後、いよいよクラウドソーシングの機能をいっそう統合・発展させた、より多くの方に身近なゲームとして、iOS、Android、Windows、MacOS、Linuxといったさまざまなプラットフォーム対応版を発表していく予定です。

●科学的ゲームの歴史

近年、クラウドソーシングを科学的な研究分野に活用し、科学の課題をゲームに組み込んで、多くの人々に参加してもらうことで開発のスピードアップを図る手法が成功を収め始めています。特に生物・医療の分野で先駆的な取り組みが多く、タンパク質の分子構造を組み込んだ、ワシントン大学の「foldit -Solve Puzzles for Science(<http://fold.it/portal/>)」、また癌治療の分野で、コンピュータ解析で発見できないために現在のところ人間の目に頼っている癌異変部位の早期発見に“citizen scientists”の力を借りようという、Google, Amazon, Facebook, Cancer Research UKによる「GeneRun(開発名)」などがあります。

これを量子コンピュータの構築に活用した、日本初のゲームによるオープンサイエンス・プラットフォームが『meQuanics』です。しかも『meQuanics』は、これまでの科学的なゲームにはない特徴をいくつか備えています。まず、わかりにくい量子性を量子回路で表現することにより、科学的な予備知識がなくてもプレイできることが挙げられます。そして、量子的な振る舞いを視覚的に表現し、量子の奇妙な世界をゲームの——特にルールの中に——そのまま再現しているのが、研究者から一般のゲーマーまでの幅広い方々に、「量子情報を自分の手で操る」を体験いただき、最先端研究にふれていただくことができます。

【『meQuanics』が可能にするもの】

●『meQuanics』の科学的最先端性

『meQuanics』に組み込まれている科学的課題は、その基になる知見が生まれたのがほんの1年前にようやく科学者の間で議論されるようになったというほど、最先端的なテーマです。パズルの様子は量子コンピュータがどう動くかを表現しており、パズル構造を一回り小さくすれば回路は小さく、また処理時間は短くなり、将来実際に動作する量子コンピュータも速くすることができます。より詳しく言うと『meQuanics』は、トポロジカル・量子コンピューティングと呼ばれるモデルに基づいて構成されています。

このモデルでは、量子回路を組み上げる際、大規模な立体(3D)の格子構造をとります。(『meQuanics』のゲーム画面には描かれませんが、パズルはたくさんの量子的な構成要素が積み重なった、格子状の構造体にとり囲まれているのです。)『meQuanics』では、この大きな格子の構成物のなかにある量子回路と量子情報をパズルで表現しており、パズルピースは接続され、組み合わせることによって、一定のアルゴリズムを実現します。

●「トポロジカル誤り訂正」について

大規模量子コンピュータ、量子情報処理を考える際、「エラー訂正」という課題は不可欠であることが知られています。現在私たちが使っているような“古典的”コンピュータでも——その半導体プロセスににしてもメモリにしても——いずれもエラーとの戦いであり、エラー訂正が必要なのは、広く知られています。しかしながら量子コンピュータの場合、この基本的な問題に加えて、いつでもどこでも、あらゆる過程で、エラーが生じます。この実に困った事実は、1990年代半ば頃から科学者

たちの間で議論されるようになりました。量子情報処理の致命的弱さとも言えるこの問題は、しかし、科学者たちによってやがて克服され、現在では専門に扱う1分野にまで成長・発展しています。『meQuanics』ではこのうち、トポロジカル・量子コンピューティングで有力な「トポロジカル誤り訂正」という方法によって、データを守っています。「トポロジカル誤り訂正」は、現在もっとも将来性を託された、エラー訂正の新しい方法のひとつです。

デジタル信号で0または1という値をもつ情報処理の単位は「ビット」ですが、「エラー訂正」とは基本的に、この1つのビット情報を、たくさんのビットによって守ろうというものです。量子コンピュータの場合、基本となる単位は「量子ビット(キュービット)」ですが、やはり同様に、たくさんの量子ビットによって1つの量子ビット情報を守ります(これが、そのまま『meQuanics』のパズルに表現されています)。キュービットからは、ビットと同様に0または1の値を読み出すことができますが、読み出すまでは0であると同時に1であるという量子特有の「重ね合わせ状態」として存在しています。奇妙な量子力学的現象の代表例であり、またこれこそが量子コンピュータのパワーの源であり、逆にエラー訂正が必要な理由でもあるのです。

●量子コンピュータのアルゴリズム

もし量子コンピュータが現実のものとなったら、どんなプログラムを走らせたいでしょうか?——いちばん有名なのは、やはり1994年の「ショアのアルゴリズム」でしょう。指数的に高速化する量子コンピュータの可能性を、最初期に示したアルゴリズムの1つで、現在もインターネットで使われている鍵暗号方式を破るものとして、当時、非常に大きな注目を集めました。しかし、量子コンピュータにできることは、もちろんそれだけではありません。ピーター・ショアの提案以来、量子コンピュータの優位性を示す、多くの刷新的なアルゴリズムが提案されており、この流れは現在も続いています(提案の長いリストは Quantum Algorithm Zoo | Algebraic and Number Theoretic Algorithms を参照)。『meQuanics』でのあなたのプレイが回路の最適化につながり、将来、量子コンピュータの実際のアルゴリズムとして活かされる——それは決して夢ではないのです。

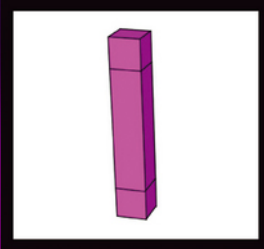
【『meQuanics』体験版について】

未来の量子コンピュータを積んだ「船」を操作することで、ゲームが進行します。そのコアにあたるのが、画面に現れるカラフルなパズル。ツールボックスを使って、パズル全体のサイズをなるべく小さくしてください。小さくすればするほど、船はぐんぐんスピードアップします。

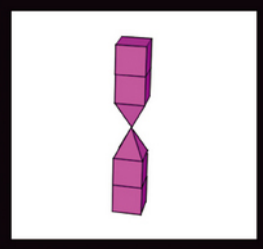
1 パズルに使うことができるパズルピースは、以下の3種類です。

+ パズルの種類

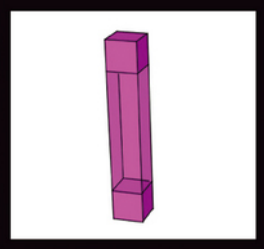
パズルに使うことができるパズルピースは、以下の3種類です。



ブロック



インジェクター



キャップ

2 カメラツールで各種ビュー切替ができます。

+ カメラ・ツール

プレイ中に「F1」キーまたは「HELP」キーを押すとヘルプ画面が現れます。



カメラ・ツール：

右クリック+マウス操作 = カメラの方向切替
 スクロール (トラックパッドでは二本指のスクロール) = ズームイン/ズームアウト
 シフト+マウス操作 = カメラの水平移動
 T/Y/G/H/B/Nキー = ビューの6方向切替
 Jキー = 俯瞰ビューの種類切替

3 基本操作:パズルピースは、一定のルールに従って、3次元的に動かすことができます

+ 基本ツール



基本操作：

どのパズルピースも選択後、3次元的に動かすことができます。ブロック、インジェクター、キャップの3種類のパズルピースはいずれも、選択すると同時に6方向（上下左右前後）の矢印が表示されます。矢印をクリックすると矢印の軸に沿ってパズルを動かすことができ、その際以下のルールが適用されます。

1. 他のパズルピースを越えて動かすことはできません。
2. 他のパズルピースに接して置くことはできません。

プレイ中、パズルを置いてはいけない場所へ移動しようとする時、動かせない部分が赤く示され、マウスを離すと（ルールに沿った）元の位置に戻ります。
 コントロールキーを押しながら選択すると、複数のパズルピースを選択できます。コントロールキーを押しながら操作することによって、たくさんパズルピースを一度に操作可能です。

4 カッター・ツール、テレポーション・ツール、ブリッジ・ツール、スイッチ・ツールなどのパワフルな「アドバンスツール」で、さらに量子コンピュータをチューンアップできます。

★アドバンス・ツール



インジェクターの操作：

インジェクターは、「injector move」ボタンをクリックするか、Aキーを押しながら操作して、同じ色のブロックの上へポイントへ動かすことができます。

インジェクターの動かす方には、以下のようなルールがあります。他のパズルを越えて動かす際、ルールに合っている場合は、マウスを離した時に配置される様子が表示されます。ルールに合っていない場合は、動かすことができません。

1. インジェクターを移動することができるのは、同じ色のブロックの部分だけです。
2. ブロックが7つ以上つながった交点を通過して、動かすことはできません。



カッター・ツール：

長いブロックはカッター・ツールで切ることができます。カッター・ツールを使うには、「Split Tube」ボタンをクリックするか、Zキーを押しながらブロックを選択します。カッター・ツールでブロックを選択すると、そのどこもカットしたいかも、画面でたずねてきます。

1つのブロックを複数箇所カットした場合、同様の操作で1つにまとめることができます。切り口をまとめるには、「Simplify button」ボタンをクリックするか、Xキーを押します。



テレポーション・ツール：

インジェクターを「テレポーション」によって他の色のブロックへ動かすことができます。テレポーション・ツールが使えれるのは以下の場合に限ります。

1. 図のように、1つのブロックを取り囲んで、ループ状にパズルピースが構成されていて、そのループの中にインジェクターを1つだけ含む場合。

インジェクターに「テレポーション」を行うには、インジェクターが1つしか含まれない、小さなループ状の構成をしなければなりません。テレポーション・ツールを使うには、「Teleport」ボタンをクリックするか、Sキーを押しながらインジェクターを選択します。テレポーションが行われると新しい位置にインジェクターが置かれ、元のインジェクターは削除されます（テレポーションが行えない場合は動きません）。



ブリッジ・ツール：

2つの閉じたループは、つなぐことができます。たとえばキャップを合ませず、インジェクターを含むような2つの閉じたループをつなぐと、つながったループは同じ色になります。

2つの閉じたループをつなぐには、それぞれのループ上のブロックを最小サイズにカットしてから選択します。「Control」ボタンを押しながらクリックして2つのブロックを選択し、「Bridge」ボタンをクリックするか、Vキーを押して2つのループを選択します。また、2つのループは繋がって、間に他のパズルピースがあっても構いません（ループに合わない場合は選択できません）。連結されると、2つのパズルは同じ色になります。



スイッチ・ツール：

ブロックを一軸を軸として、他端を同じ色のブロックに沿って動かすことができます。「alt」キーを押しながらブロックを動かすと、スイッチ・ツールとして動作します。スイッチ・ツールを使って動かす際には、ブロックはインジェクターやキャップを通り越すことはできません。

このスイッチ・ツールは、ブリッジ・ツールでつないだ図解に使うと、最大の効果が発揮でき、またパズルを小さくするのにたいへん効果的です。

詳しくは、以下のサイトをご覧ください↓
<http://www.qis.ex.nii.ac.jp/mechanics/>

<<本件に関する問い合わせ先>>

国立情報学研究所 教授 根本 香絵

TEL: 03-4212-2561

E-mail: nemoto@nii.ac.jp

<<報道に関する問い合わせ先>>

国立情報学研究所 総務部企画課 広報チーム(担当: 坂内)

TEL: 03-4212-2164

E-mail: bannai@nii.ac.jp

5