

# 量子インスパイアード最適化ソリューション SQBM+™のクラウドサービス SQBM+™ Cloud on Azure Quantum

SQBM+™ Cloud on Azure Quantum: Cloud Service for SQBM+™ Quantum-Inspired Optimization Solution

泉 泰一郎 IZUMI Yasuichiro 村山 勝人 MURAYAMA Katsuhito 奥野 舜 OKUNO Shun

東芝デジタルソリューションズ(株)は、東芝の量子コンピューターの研究過程で発明したシミュレーテッド分岐(SB)アルゴリズムに基づき大規模な組み合わせ最適化問題を高速・高精度に解ける量子インスパイアード最適化ソリューションSQBM+™を開発し、提供している。

今回、Microsoft社のAzure Quantumのクラウドサービスとして、SQBM+™ Cloud on Azure Quantumをリリースした。SaaS (Software as a Service) サービスとしてツールやサンプルプログラムの利用が可能で、利用者の負担になっていたSQBM+™の固有パラメーターの調整を不要にしたことで、すぐに使用できる。

Toshiba Digital Solutions Corporation has been developing and providing SQBM+™, a quantum-inspired optimization solution that is capable of solving large-scale combinatorial optimization problems with high accuracy and at high speed based on the Simulated Bifurcation Algorithm (SB Algorithm).

We have now launched SQBM+™ Cloud on Azure Quantum, which operates as a cloud service of Microsoft Azure Quantum. SQBM+™ Cloud on Azure Quantum allows users to swiftly realize solutions by using tools and sample programs in the form of software as a service (SaaS), while also eliminating the need to adjust specific parameters of SQBM+™ that tended to place a burden on users.

## 1. まえがき

SQBM+™は、組み合わせ最適化問題を解くクラウドサービスである。SBアルゴリズムによって、大規模な組み合わせ最適化問題の近似解が高速に得られる<sup>(1), (2)</sup>。東芝デジタルソリューションズ(株)は、このSBアルゴリズムをクラウドサービス上に実装し、SQBM+™として、ユーザーとの評価や実運用への適用を進めてきた。

今回、このSQBM+™を、Microsoft社が提供する量子コンピューティングプラットフォームAzure Quantum上のサービスとして実現した。これは、今すぐ使える環境とパラメーター調整の自動化によって、SQBM+™を手軽に評価・利用できる環境を提供するものである。

## 2. SQBM+™を実問題に適用していく上での課題

### 2.1 導入及び評価の容易な環境の実現

SQBM+™は、これまでクラウドサービス上の仮想マシン上で動作するソフトウェアサービス製品として提供してきた。しかし、クラウドサービス上の環境構築、更にはプログラミング環境やベンチマーク環境などの準備が、ユーザーによるSQBM+™利用の第一の障壁となることが多かった。そこ

で、より多くの幅広いユーザーがSQBM+™を評価できるように、これらの負担をできるだけ軽減することが求められた。

### 2.2 試行錯誤によるパラメーター調整負担の解消

SQBM+™には、最適化問題の計算の性質を制御する固有パラメーターがある。高速に高精度な解を得るには、解くべき最適化問題に応じてこれらのパラメーターを調整する必要があるが、その調整方法には一定の規則がない。そのため、良いパラメーターを探すために何度もSQBM+™の計算を繰り返す試行錯誤が発生し、SQBM+™の高速・高精度な特長を損なってしまうことがあった。

## 3. SQBM+™ Cloud on Azure Quantum による課題解決

### 3.1 Azure Quantum による利便性向上

SaaS型のAzure Quantumは、次のような、導入・利用をしやすくする機能や特長を備えており、SQBM+™でこれらを活用できるようになった(図1)。

(1) Azureのサブスクリプションを持つユーザーであれば、ブラウザ上の数クリックだけでサービスの利用開始が可能で、サービスの利用はブラウザ内の操作で完結できる。

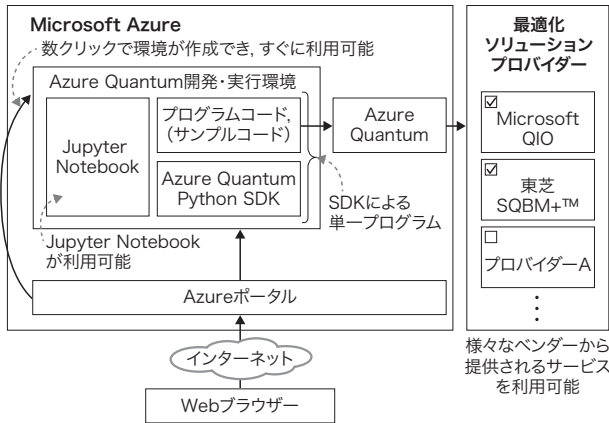


図1. Azure Quantumの特長

Azure Quantum上で動作することによって、SQBM+™サービスの導入、利用、評価がしやすくなる。

Features of Azure Quantum

(2) 量子関連技術やAI技術の場で多用されるJupyter Notebook環境と、そのサンプルコードがあらかじめ用意されているので、事例を参考にしながらの最適化ソリューションの開発が、すぐにできる。

(3) SQBM+™を含む、様々なプロバイダーの最適化サービスや量子コンピューターをこの1か所で利用でき、インターフェースはSDK (Software Development Kit) によって統一されているので、各プロバイダーのサービスを単一のプログラムコードで比較評価できる。

### 3.2 パラメーター自動調整機能の提供

パラメーターの最適値を自動で調整して最良解を返すインターフェースを実現した。具体的には、ベイズ最適化手法を活用し、SQBM+™サービス内部で複数回の最適化計算を行いながら、より良いパラメーターを自動探索するようにした。これにより、ユーザーは解くべき最適化問題の入力データだけをSQBM+™に投入することで、パラメーター調整の試行錯誤なしに、最良解が得られるようになった。

図2は、SBアルゴリズムにおける時間ステップ幅を表すパラメーター  $dt$  を例に、その自動調整の様子を示したものである。 $dt$  の値によって解の精度は大きく変化する。従来は、 $dt$  の値の試行錯誤によって最良解を探し当てる必要があったが、パラメーター自動調整機能を使うことで、試行錯誤なしに1回の試行だけで、最良解を返せたことが分かる。

## 4. あとがき

SQBM+™は最大10万変数からなる大規模問題へも適用可能な最適化ソリューションである。パラメーターの自動調整機能を持ったSQBM+™をAzure Quantumで利用可能

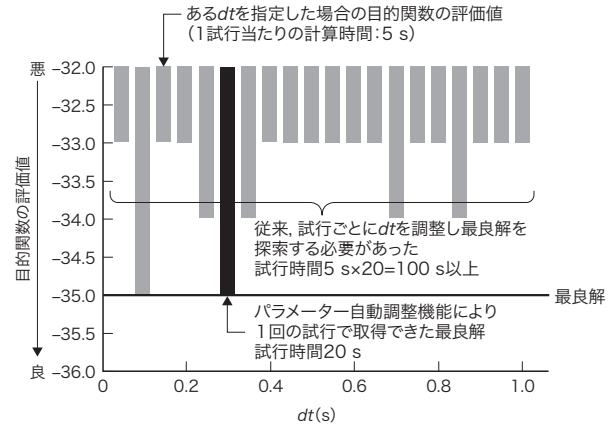


図2. SQBM+™のパラメーター自動調整の例

時間ステップ幅のパラメーター  $dt$  の都度調整による繰り返し計算では100 s以上、パラメーター自動調整機能では20 sで最良解が得られた。

Example of automatic tuning of parameters of SQBM+™

にすることで、高速・高精度なSQBM+™をより手軽に利用できるようにした。これにより、Azure Quantumの利便性とあいまって、SQBM+™の評価や実運用への適用がより進むことが期待できる。今後も引き続き、性能強化や機能強化などで、より広範に組み合わせ最適化問題を解けるようにしていく。

## 文献

- Goto, H. et al. Combinatorial optimization by simulating adiabatic bifurcations in nonlinear Hamiltonian systems. Science Advances. 2019, 5, 4, eaav2372.
- Goto, H. et al. High-performance combinatorial optimization based on classical mechanics. Science Advances. 2021, 7, 6, eabe7953.

・Microsoft, Azureは、Microsoft Corporationの米国及びその他の国における商標又は登録商標。

・Jupyterは、NumFOCUS, Inc.の商標又は登録商標。



泉 泰一郎 IZUMI Yasuichiro  
東芝デジタルソリューションズ(株)  
ソフトウェアシステム技術開発センター  
情報処理学会会員 技術士(情報工学部門)  
Toshiba Digital Solutions Corp.



村山 勝人 MURAYAMA Katsuhito  
東芝デジタルソリューションズ(株)  
ソフトウェアシステム技術開発センター ソフトウェア開発部  
Toshiba Digital Solutions Corp.



奥野 舜 OKUNO Shun  
東芝デジタルソリューションズ(株)  
ソフトウェアシステム技術開発センター ソフトウェア開発部  
Toshiba Digital Solutions Corp.