

流通業界における最適化問題と  
量子コンピュータによる解決の可能性

2019年8月  
イノベーション推進部

志賀野 芳宏

## 1. はじめに

---

「少子高齢化」「労働人口の減少」「ドライバー不足に起因する物流クライシス」。流通業界を取り巻く状況は、年々厳しさを増している。

これらの状況を少しでも改善するため、業界内外で情報システムやテクノロジーを活用した「効率化」や「労働力強化（増加）」が提案、開発されている。

現状、これらのソリューションは、「同じ動作を繰り返す物事に対して、人の介入を限りなく減らす」という考え方が主流となっている。つまり「答えがわかっている」ことの解決を指向していると言える。

一方で、「現場でのセオリーは確立されているが、最も効率的か判定が難しい問題」も多くある。例えば、「ルートセールスにおける訪問順番」「小売店における従業員のシフト作成」など、一般的に「最適化問題」に類別される問題である。

この問題の解決には、最適化ソルバと呼ばれる解析関数を使う手法が活用されており、現在も引き続き研究、実践がなされている。この手法の課題として、解くべき問題の複雑さに比例して、最適解（最も効率的な状況）に近づくための演算時間が延びる。演算するためのリソースのコストが上がる。という課題が挙げられる。近年この課題への解決法として、量子コンピュータを活用した「量子アニーリング（量子焼きなまし法）」の利用を模索する動きが現れた。

本レポートでは、流通業界における最適化問題とその解法に活用可能な「量子コンピュータ」についての、関わりについて記述する。

## 2. 流通業界における「最適化問題」

### 2. 1. 最適化問題とはなにか

最初に、一般的な定義における最適化問題について例示する。

#### 【例1】ナップザック最大化問題

手元にあるナップザックには「30Kg」までもものを入れることができる。リスト1のアイテム群から「最も利便性が高い」組み合わせを選択しなさい。

No.	品名	重量[Kg]	利便性
1	預金通帳	1	10
2	印鑑	1	15
3	携帯ラジオ	2	55
4	日用品	3	50
5	着替え	4	40
6	食料	5	50
7	食器	7	30
8	ノートパソコン	8	35
9	水	7	60
10	金塊	8	80

リスト1 避難用品候補のリスト

既往（オペレーションズリサーチ）の手法を用いた回答を下記に示す。

```
1 from ortoolpy import knapsack
2
3 # アイテムの重量
4 Item_weight = [1, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 7, 8]
5
6 # アイテムの利便性
7 Item_value = [10, 15, 55, 50, 40, 50, 30, 35, 60, 80]
8
9 # 制約条件指定：最大30kg
10 Max_weight = 30
11
12 result = knapsack(Item_weight, Item_value, Max_weight)
13
14 print('最大利便性: {} / 組み合わせ: {}'.format(result[0], result))
```

最大利便性:350.0 / 組み合わせ:(350.0, [1, 2, 3, 4, 5, 8, 9])

図1 既存手法による解析結果

上記結果から、1, 2, 3, 4, 5, 8, 9の組み合わせが最大利便性を確保することがわかった。

No.	品名	重量[Kg]	利便性
1	預金通帳	1	10
2	印鑑	1	15
3	携帯ラジオ	2	55
4	日用品	3	50
5	着替え	4	40
8	ノートパソコン	8	35
9	水	7	60

リスト2 利便性を最大化したリスト

【例題2】ルートセールス最適化

図2のような30個のポイント（青点）をすべて経由する最短ルートを示せ。



図2 30個のポイント

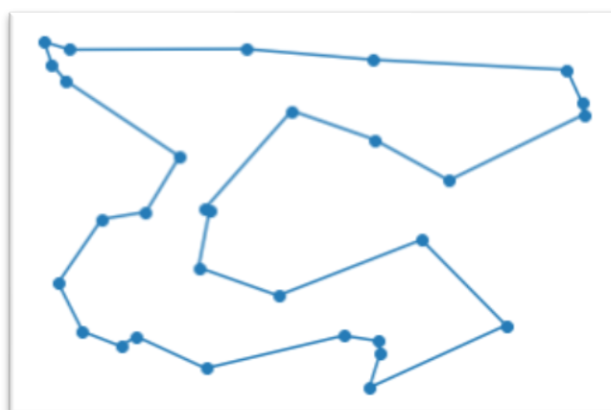


図3 30個のポイントをすべて経由する最短ルート

上記のように、「制約条件が存在し、複数の組み合わせが考えられる状況下で、最大の利益を得るための組み合わせを模索する試み」を「最適化問題」という。

## 2. 2. 流通業界における最適化問題

流通業界において発生している、最適化問題を下記に例示する。

- (1) 業務量に応じた効率的な勤務シフト  
従業員各自の技能が、「業務を円滑に行うために必要な技能の総量」を満たす状態にできるシフトの作成が必要である。  
従業員の「休暇要望」「労働時間」「給料」「技能」といった制約条件を考慮しながら「最適なシフト」を構築する最適化問題である。
- (2) 売上金額最大化に向けた棚割り構築  
カテゴリ（棚）ごとに売上げの金額が最大になるよう、複数メーカーの製品の棚割りを作成する必要がある。  
商品の「大きさ」「利益率」「人気」「販促量」などの制約条件を考慮しながら、「最も売上金額の大きな棚割り」を構築する最適化問題である。
- (3) 配送トラックへの商品積み込み作業  
複数商品または、複数のセンターを経由するトラックに荷物を積み込む場合、複数の積み込み方法が存在する。  
トラックや積み込みされる商品の「形状」「大きさ」といった制約条件を考慮しながら、「無駄のない積み込み」を考える最適化問題である。

## 2. 3. 最適化問題と量子コンピュータの関連

上記の流通業界の課題については数学的手法を利用して、最適解に近い結果を出力し人手で微調整を行うなど、システムによるサポートも実現している。

数学的手法の課題として、制約条件の増加に比例した計算量の増加が挙げられており、この問題は、単純な計算時間または、計算資源の増加に直結する。

このような背景から、計算資源に「量子コンピュータ」を活用した最適化問題の解決が検討され始めている。

量子コンピュータとは、イジングモデルといわれる「格子状のビット列」に問題（制約条件）をマッピング（プログラミング）し、イジングモデルの変化を物理的に観測する形で計算を行うコンピュータである。

最適な状態と制約条件を超電導回路にプログラミングする（関数を作る）  
= 超電導回路に対して、温度が下がってきたら「1になりたがる」と「0になりたがる」という設定を行う

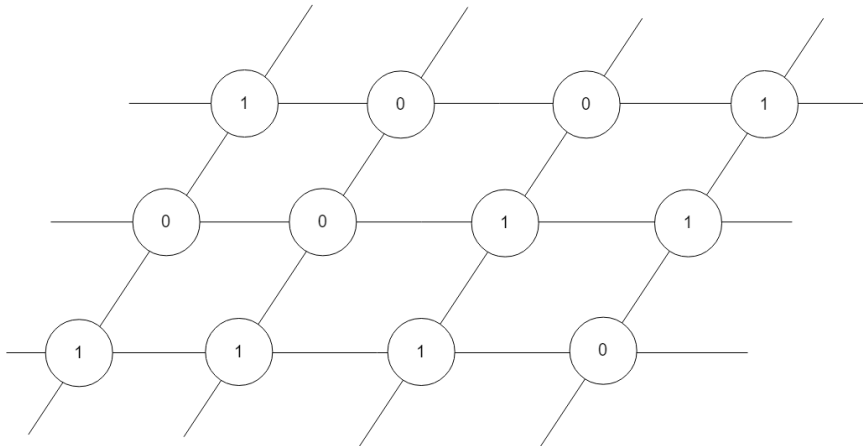


図4 イジングモデルのイメージ

現在、量子コンピュータには二つの方式がある。

- 量子ゲート方式
- 量子アニーリング方式

「量子ゲート方式」はアメリカの IBM 社から一般公開されている。

「量子アニーリング方式」も、カナダの D-Wave 社がサービス提供を開始した。

量子アニーリング方式を使って、日本でもいくつかの組織で活用に向けた取組みが始まっている。



図5 「D-Wave2000 Q」  
D-Wave 社 Web サイトより引用

#### 2. 4. 量子コンピュータを活用した最適化問題の解法

上記のように、量子コンピュータの実用化に伴い、数学的手法以外の最適化問題へのアプローチが可能となった。流通業界を含めた「実務への応用」を検討した場合、機械学習を活用した「予測」との連携により、発展的な応用が可能と考える。

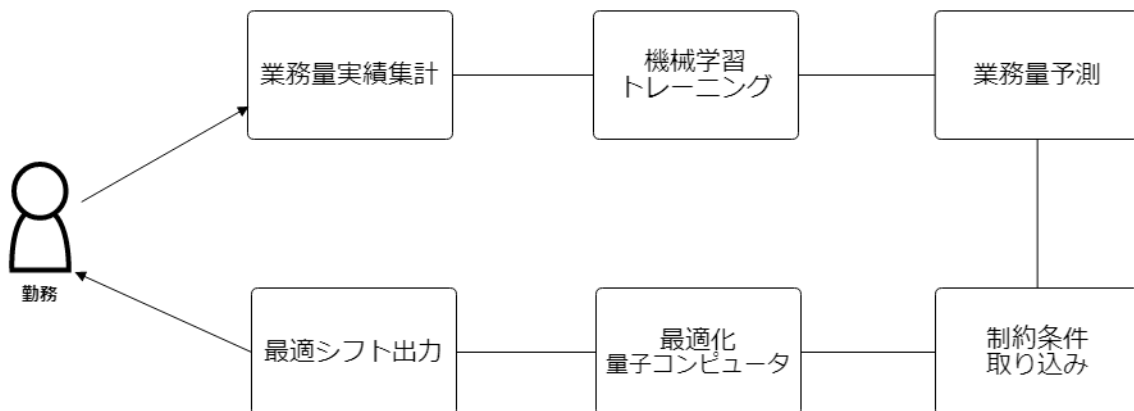


図6 機械学習と量子コンピュータを活用したシフト最適化

### 3. まとめ

---

流通業界の最適化問題とその解決手段としての、量子コンピュータの活用について、説明してきた。

現在、量子コンピュータの機能や処理を完全に理解するためには、非常に高度な物理学、数学の知識が必要とされる。

一方で、専門家の努力によって、これらのシステムを活用した実証実験を行う環境は整い始めている。

機械学習と量子コンピュータの処理を組み合わせることにより、これまで個人の経験や勘に頼らざるを得なかった複雑な業務においても、省力化や自動化の恩恵を得ることが可能となる。

今後は実証実験等を通じて、量子コンピュータの活用可能性をより深く検討していきたい。

以上