



量子・AIハイブリッドの基礎を学習するセミナー 第三部

DEVEL株式会社

大規模な交通渋滞解消問題

概要

- ・前回のワークショップで行った問題を大規模にした結果を紹介する。
- ・検討する問題の計算量について述べる。

目的

- ・第一部、第二部で行ったワークショップを元にどのくらいの規模の問題を検討すべきかイメージしてもらう。
- ・量子アニーリングを使うことでどのような効果が期待できるかをイメージしてもらう。

前回のワークショップの内容

実問題である交通渋滞解消問題について考えてみる。

背景

現在のカーナビシステムでは、基本的に出発地点から目的地点までの最短経路が提案される。この経路は個人にとって最適な経路である。しかし全員が最短経路を選択すると、交通渋滞が引き起こされ全体の旅行時間(目的地点までに要する時間)が多くなる可能性がある。

目的

交通渋滞を緩和したい。

課題

交通渋滞を予想して、混雑が見込まれる場合は経路を変更させる。

前回のワークショップの内容

交通渋滞解消問題を量子アニーリングと古典 AIを用いて解いてみる。

<https://arxiv.org/pdf/1708.01625.pdf>

古典AI

曜日と時刻から回帰分析を用いて混雑度を予測する。

量子アニーリング

一定以上混雑している場合は別の経路を提案する。



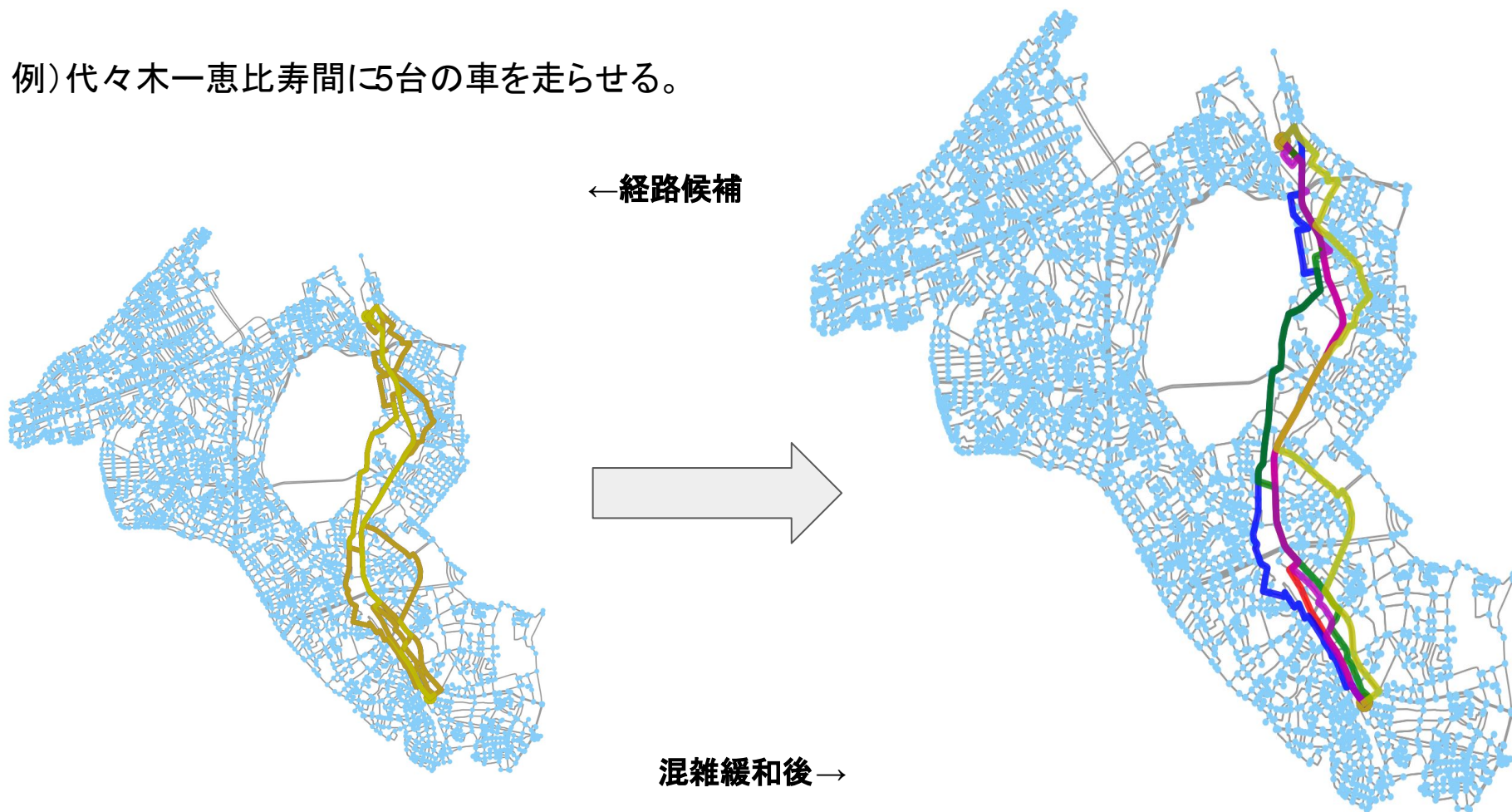
例) 北京の交通最適化

右上の図は北京の空港と市内を行き来する車について最適化を行った結果を示している。

図のヒートマップの部分に車が密集している。→結果からわかる通り渋滞が緩和されている。

前回のワークショップの内容

例) 代々木一恵比寿間に5台の車を走らせる。



今回の内容

交通渋滞解消問題を量子アニーリングと古典AIを用いて解いてみる。

<https://arxiv.org/pdf/1708.01625.pdf>

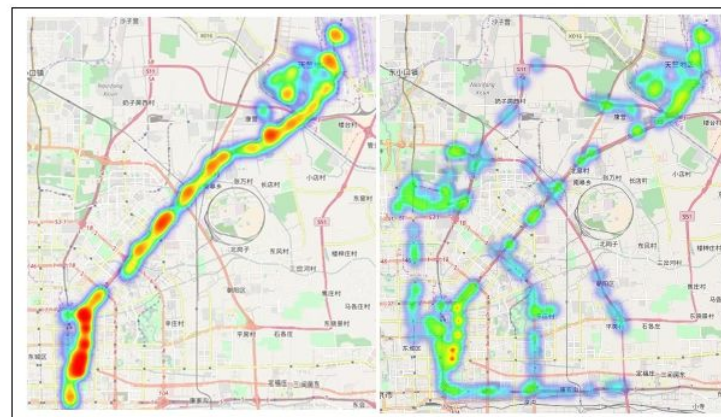
古典AI

曜日と時刻から回帰分析を用いて混雑度を予測する。

量子アニーリング

一定以上混雑している場合は別の経路を提案する。

→量子アニーリング部分の規模を大きくする。



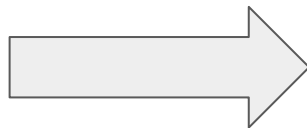
大規模な交通渋滞解消問題

例) 渋谷区に適当に何台か車を走らせる(始点と終点が車によってそれぞれ異なる)。

以下は5台の例



最短経路のみを列挙した場合



混雑緩和後

大規模な交通渋滞解消問題

先ほどの例の規模を拡大させる。

渋谷区に適当に1000台の車を走らせる(始点と終点がそれぞれ異なる)。

各車は渋滞回避のため10本の経路が提案されていると仮定。

問題規模

経路数は全部で5,000本 (500×10)

組み合わせの数は2の5000乗存在

2の100乗で31桁。

2の5000乗は約1501桁。



経路のイメージ
これは100台の場合

大規模な交通渋滞解消問題

問題規模と計算量

日本一のスーパーコンピュータである富岳は
一秒間で44京2010兆回計算を行う。

今回の2の5000乗の組み合わせは？

→ 2.41×10^{467} 乗 秒かかる。

→ 7.64×10^{451} 乗 年かかる。

理論的に計算は不可能。

→どのようにして解決させる??



https://scienceportal.jst.go.jp/newsflash/20221115_n01/

大規模な交通渋滞解消問題

メタヒューリスティック法

膨大な組み合わせが発生する難度の高い最適化問題を解くための経験的手法(ヒューリスティクス)。

→厳密解を求められるとは限らないが計算量に依存せずに実行することが可能。

主なメタヒューリスティックアルゴリズム

- ・局所探索法
- ・模擬(量子)アニーリング
- ・遺伝的アルゴリズム
- ・量子アニーリング

大規模な交通渋滞解消問題

今回扱う大規模な問題

渋谷区に適当に500台の車を走らせる(始点と終点がそれぞれ異なる)。

使用したマシン

擬似(量子)アニーリングマシン

SX-Aurora TSUBASA(NEC)

パッケージ

NEC Vector Annealing



<https://jpn.nec.com/nec-vector-annealing-service/index.html>

最大で**30万量子ビット規模**の組み合わせ最適化問題を解くことが可能。

今回の問題では5,000量子ビットの規模で計算する。

大規模な交通渋滞解消問題

なぜ擬似量子アニーリングマシンなのか。

扱える問題規模が大きくなる。(以下は最大数)

量子アニーリングマシン(D-Wave社):5627量子ビット

擬似量子アニーリングマシン(Fujitsu社):10万量子ビット

擬似量子アニーリングマシン(NEC社):30万量子ビット

大規模な問題の場合、他のアルゴリズムよりも良い解を得る可能性がある。

先ほどのアルゴリズムは解が毎回ランダムで出力される。

アルゴリズムによって解の領域が異なる。

→複数のアルゴリズムを併用して最も良い解を導く。

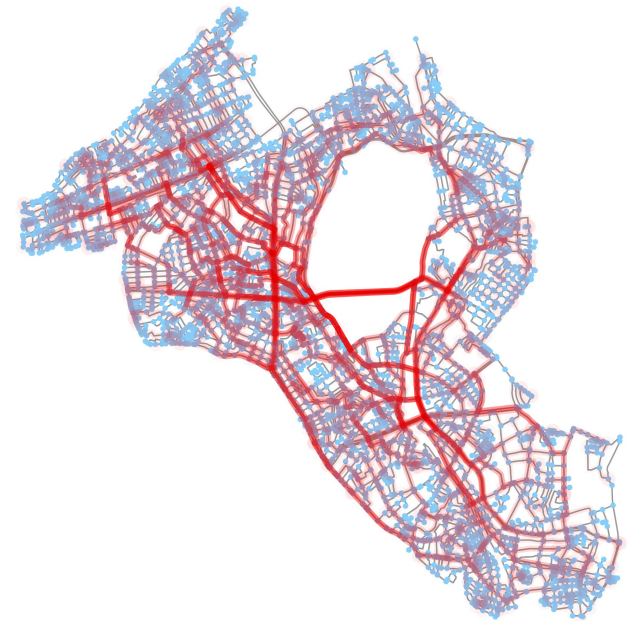
大規模な交通渋滞解消問題

結果

渋谷区に適当に500台の車を走らせる(始点と終点がそれぞれ異なる)。



最短経路のみを列挙した場合



混雑緩和後

