

# アニーリングマシンによるルート最適化技術の開発 —アニーリングマシンを用いた宅配ルートの最適化—

## 1. 背景

本プロジェクトの背景として、排気ガスによる環境汚染、運送業者の人員不足、交通渋滞などの社会問題が挙げられる。これらの社会問題を解決する技術として、アニーリングマシンを用いたルート最適化技術に着目した。ルート最適化技術は組合せ最適化問題に帰着される。そこで、組合せ最適化問題の計算を高速に処理できるアニーリングマシンを用いて、高速なルート最適化技術を開発することで、移動の効率化が実現できると考えた。

本プロジェクトではルート最適化の中でも、宅配ルートの最適化を対象とする。ルート最適化技術により、トラックの無駄な動きが最小化され、排気ガスの減少やガソリンの使用量削減につながり環境汚染の改善が期待される。また、効率的な巡回が可能になり、人員不足の問題を解決できる。将来的に、この技術がコミュニティバスやレンタカーといった他種の車両に応用されることで、交通流が分散し、交通渋滞の解消につながると考えられる。

## 2. 目的

本プロジェクトでは、アニーリングマシンを用いて、リアルタイムでの利用者の要求や交通渋滞などの情報を反映させた宅配ルートを最適化するアルゴリズムを開発し、効率的な宅配ルートの探索を可能とするアプリケーションの開発を行う。

## 3. ソフトウェア開発内容

### 3.1 開発の概要

大規模マシン用(富士通デジタルアニーラ用)、小規模マシン用(D-Wave2000Q 用)のそれぞれについてアルゴリズムを考案した。

また、アルゴリズムを元にアニーリングマシンを用いて宅配ルートの探索を可能とする Web アプリケーションを開発した。

### 3.2 問題設定

本プロジェクトでは、1台の車両で複数の配達先を巡回する際に移動時間が最小となるルートをアニーリングマシンを使って求めた(図1)。配達では、「駐車可能箇所まで車両で移動し、車両を降りて台車に荷物を積み、台車で今の駐車可能箇所から配達する荷物を配達し終わったら、車両に乗って次の駐車可能箇所まで移動する」という流れを繰り返すものとする。また配達先の中には配達時間が指定されているものがあるとする。ここで、配達時間指定とは1日の配達可能時間のうち、2-3時間ごとに区切られた配達時間枠のいずれかに配達希望されていることを表す。車両は配達時間枠ごとに各地域の営業所を出発し、最終的に営業所に戻ることをとする。各配達時

間枠において、配達時間が指定されている配達先を優先的に回るようなルートを求める。時間が足りずに各配達時間枠で配達できなかった時間指定なしの配達先は、次の配達時間枠で配達することとする。また、交通渋滞を回避するために、Google Maps API を利用して、一方通行や渋滞などの交通情報を考慮した上で、最短となる2点間のルートと移動時間を算出する。

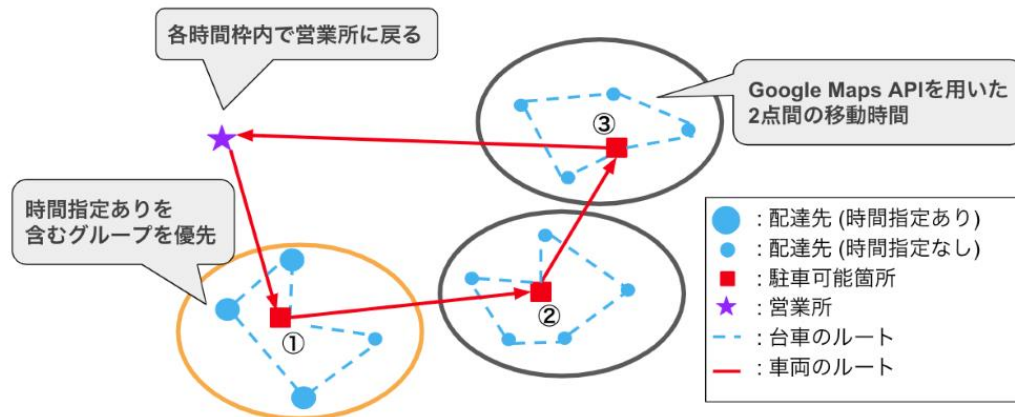


図 1:本プロジェクトで開発した宅配ルート最適化の概要

### 3.2 アルゴリズムの詳細

以下のように順を追ってルートを求める。

1. 台車で配達する配達先ごとにクラスタリング
2. クラスタリングされた配達先ごとに駐車可能箇所の割り当て
3. 台車で配達先を回る部分の巡回セールスマン問題 (TSP)
4. 営業所からスタートして車両で駐車可能箇所を回る部分の TSP

「1. 台車で配達する配達先ごとにクラスタリング」は「3. 台車で配達先を回る部分の TSP」のグループ分けのために行うもので、配達先間の距離と時間指定の有無を考慮して複数グループに配達先をクラスタリングする。

「2. クラスタリングされた配達先ごとに駐車可能箇所の割り当て」では、「1. 台車で配達する配達先ごとにクラスタリング」でクラスタリングされたグループごとに重心を取り、その重心から近い順に2箇所ずつ駐車可能箇所を割り当てる。

「3. 台車で配達先を回る部分の TSP」では、配達先のグループに割り当てられた各駐車可能箇所ごとに各グループの配達先を巡回する通常の TSP を解く。

「4. 営業所からスタートして車両で駐車可能箇所を回る部分の TSP」では、マシンによって2種類のモデルを使い分ける。1つ目は時間指定ありの配達先を含むグループを必ず先に回る、大規模マシン用のモデルである。2つ目は時間指定ありの配達

先を含むグループを優先的に回る、小規模マシン用のモデルである。

### 3.3 Web アプリケーションの詳細

考案したアルゴリズムを元に、宅配ルートを探索する Web アプリケーションを開発した（図 2）。Web アプリケーションフレームワーク Django を用いた。

ドライバー用の配送ルート検索機能（図 3）、荷物の受取人用の配達予定日時の確認機能、配達予定日時の変更機能がある。

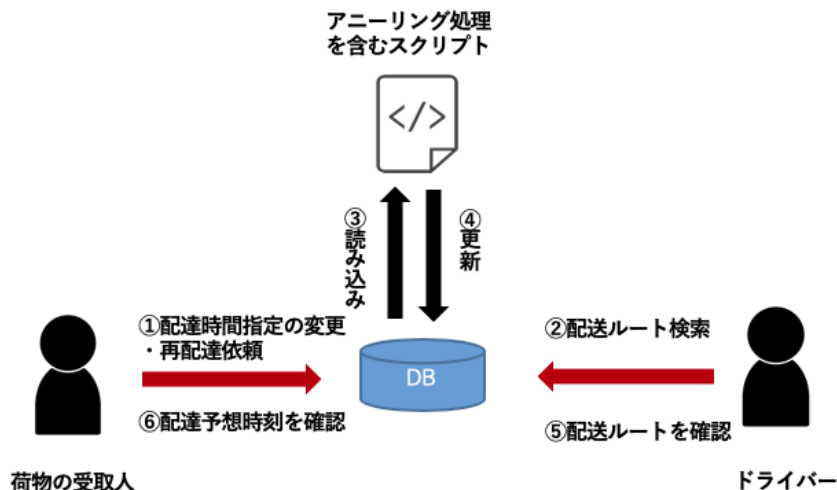


図 2: Web アプリケーションの構成図

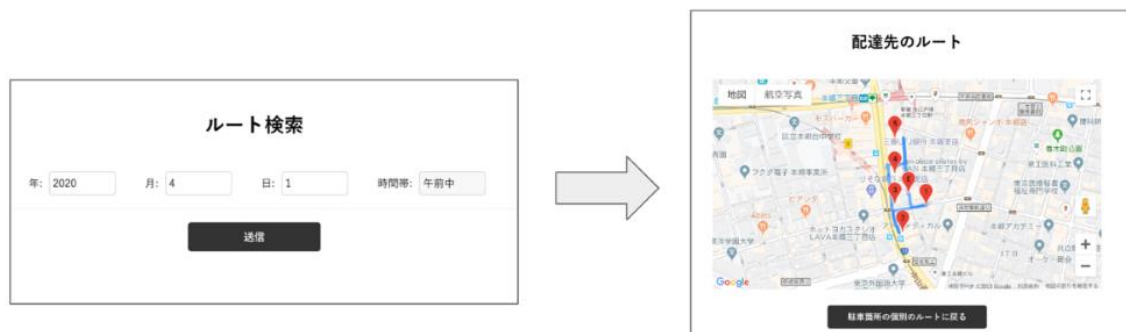


図 3: 配送ルート検索機能の画面

## 4. 新規性・優位性

アニーリングマシンを用いて、宅配ルートの最適化を可能とするアルゴリズムを考案し、それを可能とするアプリケーションの開発を行ったことが、本プロジェクトの大きな新規性と言える。また、アニーリングマシンの特性を考慮して問題規模に応じたアルゴリズムの構築を行ったことや、入力データを変更することでリアルタイムでの時間指定の変更への対応をしたことも新規性として挙げられる。

問題規模に応じたアルゴリズムの構築については、配達時間枠を超えてしまうことが想定される大規模用と、配達時間枠内に回りきれることが想定される小規模用

に分けて、使用するアニーリングマシンの特性を踏まえてアルゴリズムを構築した。問題サイズを分けてアルゴリズムを構築することにより、配達先の数に合わせたルート最適化を可能にした。

また、リアルタイムでの時間指定の変更への対応については、時間指定の変更や再配達依頼に対してのルート算出を可能にしたことが、本プロジェクトの新規性と言える。従来では、時間指定の変更や再配達依頼の受付締切時間が、配達時間帯開始1時間以上前であった。しかし開発したソフトウェアでは、時間指定の変更や再配達依頼を、配達時間帯開始の約10分前までの締切にし、受付時間の延長を可能にした。

また、仮想データを用いて、配送ルート最適化を富士通デジタルアニーラを用いて行ったところ、大規模用のモデルでは「Apple社製のMacBookPro(Intel core i5搭載)」を使用した場合でのシミュレーテッドアニーリングで求めた配達時間と比べて、約50分の配達時間の短縮を達成した(図4)。

小規模用モデル (配達先数 24箇所)			大規模用モデル (配達先数 60箇所)		
	総配達時間	実行時間		総配達時間	実行時間
SA	1時間46分	約3分	SA	5時間49分	約10分
D-Wave	1時間32分	約4分	デジタルアニーラ	4時間57分	約10分

図4: 配送ルート最適化の実行結果

## 5. 期待されるユーザー価値と社会へのインパクト

宅配便の配達において、時間指定などの様々な状況を考慮した上で宅配先の最適な巡回ルートを求めるための新しいアルゴリズムの開発は有用である。

プロジェクト成果を利用するユーザーは、運送業者と荷物の受取人を想定している。運送業者は宅配ルートをリアルタイムで求めるために利用し、荷物の受取人は配達時間指定の変更や再配達依頼、配達予定時刻の確認を行うために利用する。

この開発アプリケーションをユーザーが利用することで、最適な宅配ルートを得ることができるため、配達時間の短縮に繋がる。

ユーザーの利用が拡大することで、トラックの無駄な動きが最小化され、排気ガスの減少やガソリンの使用量削減につながり環境汚染の改善が期待される。また、効率的な巡回が可能になり、人員不足の問題を解決できる。

## 6. 氏名(所属)

大石 美賀 (お茶の水女子大学 理学部情報科学科)

松本 奈紗 (お茶の水女子大学 理学部情報科学科)