

## フードロス削減のための 廃棄食品回収再配布タスクへのオープンデータと整数線形計画法の適用

金子 格<sup>†</sup>

Itaru Kaneko

湯田 恵美<sup>†</sup>

Emi Yuda

岡田 仁志<sup>‡</sup>

Hitoshi Okada

### 1. はじめに

我々は日本が取り組むべき SDGs[1]の中でも重要な課題である食料の公正かつ効率的な消費のため、フードロス[2][3]を低減するために利用できる手法の一つとして、利用できるオープンデータ、利用できる整数線形計画法のアルゴリズムについて調査し、期待できる効果について検証を進めている[4][5]。

### 2. 店舗位置のオープンデータ

今回検討したのは、オープンデータを用いて売れ残り食材の回収と配布を行うシステムをアドホックに効果的に構築しうるシステムである。

食材の回収はコンビニから行うことを想定すると、余剰食材があるコンビニの位置情報から巡回ルートが瞬時に作成できれば、このルートにそって余剰食材を効率的に回収し、それを適切な方法で利用すればフードロスの低減に役立つ。このような改修ルートの作成はコンビニの通常業務にはないからオープンデータ等を使ってアドホックに生成できると便利である。

コンビニの所在地は利用した地図情報サービスのジャンル検索で取得できる。地図情報サービスのジャンル検索は商業施設などを、ジャンルを指定して検索できる機能である[6]。地図情報サービスによるコンビニ所在地の取得方法を図 1 に示す。

```
url = 'https://www. navitime. co. jp/category/ssss/cc'
```

図 1 地図情報サービスからの住所取得

地図情報サービスには地域、店舗種別を指定して店舗の住所を獲得するサービスがある。そこでその機能を利用して店舗の一覧を住所一覧の形で取得した。利用した地図情報サービスでは ssss は店舗の id で、たとえばあるコンビニエンスストアチェーンなら 0201001001 という id を指定する。また cc は都市の id であり、仙台市青葉区の場合は id は 04101 である。地図情報サービスを用い、このクエリを実行すると、現状では 95 店舗の店舗一覧とその住所が得られる。

ここで得られるのは通常の住所をテキスト形式であらわしたテキストデータである。この住所のテキストデータのままだでは巡回経路探索には適さない。そこで住所のテキス

トデータを緯度、経度であらわした二次元座標に変換する必要がある。

この変換には google の api サービスの中の geocoding を利用できる[7]。図 2 に geocoding を利用した変換方法を示す。

```
gmaps = googlemaps. Client(key=googleapikey)
result = gmaps. geocode([csvRows])
```

図 2 geocoding による住所座標変換

この csvRows は地図情報サービスで取得した住所を表す文字列である。Result として座標値が得られる。

今回は収集の順路のみを求めたが配布の経路も同様に最適化するなら、コミュニティセンターなどの配布場所の情報を同様に取得する必要がある。これについては、たとえば仙台市を例にとるとオープンデータとして提供されている[8]この場合も各施設の位置情報はテキストの住所形式であるが、コンビニエンスストアの場合と同様に geocoding API を用いて座標に変換できる。

### 3. 数線形計画法の適用

本研究では、余剰食品の収集と配布を効率化するため、整数線形計画法を適用して巡回路を得られるかを検証した。つまり、上記で取得した位置情報による巡回路をめぐる巡回セールスマン問題として解けるかを検証した。

巡回セールスマン問題は、標準的な最適化問題の一つであり、その解法ツールはいくつか整備されている。計算量が多い困難な最適化問題であるが、近年の計算速度の向上により、数十か所程度の順路の問題であれば比較の実用的な時間で解くことが可能である。

解法ツールとしては Mathworks Inc の MATLAB のライブラリなどで標準的なツールが提供されている[9]。ライブラリ中の Optimization toolbox を見るとその中に、「ソルバーベースの混合整数線形計画法」があり、さらにその中に「巡回セールスマン問題」が解法ツール群の一つとして含まれている。

整数線形計画法は、その名の通り整数の解空間において線形の目的関数の最適化を求める問題である。巡回セールスマン問題の目的関数はあらゆる経路の中で巡回経路を選択する問題であり、N 個の経路中 M 個の経路を選ぶ問題は N 次元のベクトル中 M 個を選択して与えられた条件を最小化する最適化問題と同じであるから、N 次元 2 値の整数線形計画法問題として扱われる。

線形計画法の解法にはソルバーベース、解法ベースのアプローチがある。

問題ベースのアプローチでは、まず制約条件をたとえば prob1 に設定し、図 3 のステートメントで問題を設定する。

<sup>†</sup> 東北大学 Tohoku University

<sup>‡</sup> 国立情報学研究所 NII

```
[sol, fval] = solve(probl);
```

図 3 MATLAB solver による問題設定

```
[x, fval] = intlinprog(f, intcon, A, b, Aeq, beq, lb, ub);
```

図 4 MATLAB solve により問題を解くステートメント

probl は問題を設定するオブジェクトで、属性として目的関数などを持っている。

ソルバーベースのアプローチではこのような問題を定式化したあと図 4 のようなステートメントで問題を解く。

f はコスト関数、intcon は整数値のとりうる値、A、b は不等式制約である。

Mathworks の線形計画法問題のソルバーは

intlinprog が整数線形計画法のソルバーであり、linprog が整数ではない線形計画法のソルバー、つまり非整数解を含む場合のソルバーである。

これらのツールを用いて仙台市青葉区のコンビニエンスストアチェーン A の位置情報を用いて経路を試算した。

#### 4. 実験の目的と結果

本研究では、以下の確認をも目的として、仙台市青葉区のコンビニエンスストアの巡回経路をオープンデータから整数線形計画法を用いて算出した。

- (1). このツールを使って巡回セールスマン問題を解くという手法は実用的だろうか？
- (2). どの程度の計算時間が必要だろうか？

以下の結果が得られた。

仙台市青葉区のコンビニエンスストアは容易に得られ、図 5 に示す 95 の位置情報を取得した。

経路の算出はノート PC 上で 5 分程度で終了した。十分短い時間で良好な結果が得られることがわかる。結果を図 6 に示す。

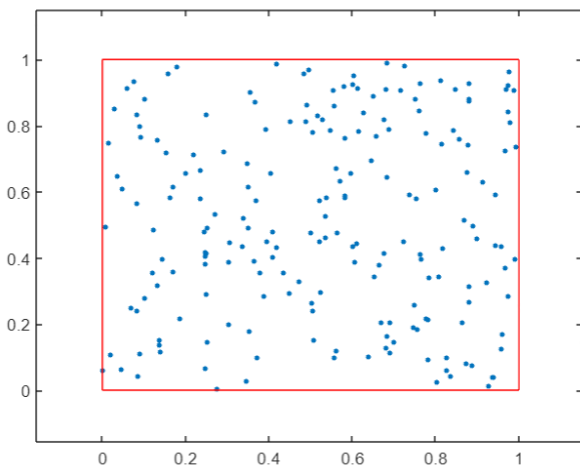


図 5 仙台市青葉区のコンビニエンスストアチェーン A の位置情報

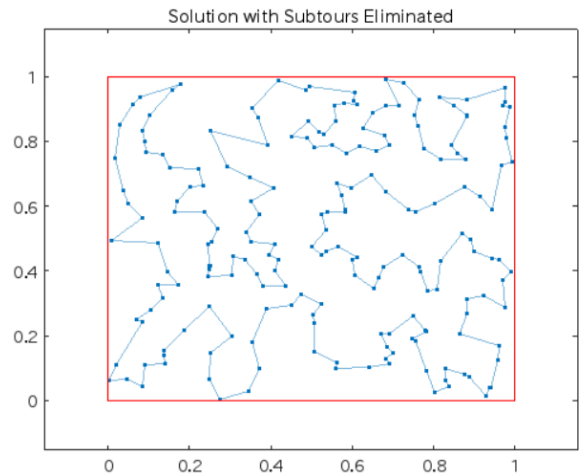


図 6 仙台市青葉区のコンビニエンスストアチェーン A の整数線形計画法による巡回経路の解

#### 5. おわりに

整数線形計画法とオープンデータの組み合わせにより、フードロスの低減に役立つ巡回計画を簡単に立案できることを示した。今日このようなツールが手軽に使えることはもっと周知されるべきだと考える。また同様の手法はフードロス以外にも適用可能であるので、本結果を参考に他の分野でも、積極的に利用することで、DXやSDGsに資することができると思われる。

#### 謝辞

本研究は 2022 年度 国立情報学研究所 公募型共同研究 (戦略研究公募型研究) の助成を受けて実施した。

#### 参考文献

- [1] 外務省、SDGsとは?、<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/about/index.html> (2022/5/10 取得)
- [2] 日経新聞、「フードロス」削減、自治体と事業者の連携進む、日経電子版 2022/1/12、<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOCC056MF0V00C22A1000000> (2022/5/10 取得)
- [3] 農林水産省 食品リサイクル・食品ロス [https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syoku\\_loss/161227\\_4.html](https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syoku_loss/161227_4.html) (2022/5/10 取得)
- [4] 湯田 恵美、金子 格、岡田 仁志、フードロス再配分の重要性：朝食と学力・集中力の関連性に着目して、情報処理学会研究報告、研究報告電子化知的財産・社会基盤 (EIP)、2022-EIP-96(24),1-6 (2022)
- [5] 金子 格、湯田 恵美、岡田 仁志、オープンデータを活用したフードロス回収における経路最適化、研究報告電子化知的財産・社会基盤 (EIP)、2022-EIP-96(25),1-6 (2022)
- [6] NAVITIME、ジャンルから探す、NAVITIME、<https://www.navitime.co.jp/category/>、(2022/5/10 取得)
- [7] Google、Geocoding API version 1, 2、<https://www.geocoding.jp/api/> (2022/5/10 取得)
- [8] 仙台市、オープンデータカタログ、仙台市、<http://www.city.sendai.jp/opendata/index.php> (2022/5/10 取得)
- [9] Mathworks、MATLAB ドキュメント、<https://jp.mathworks.com/help/>、(2022/5/10 取得)