

巡回セールスマン問題の解法を取り入れた即時経路探索による 現地調査支援システムの開発

杉浦 史門・中村 和彦・福本 壘・中山 悠

Development of Field Survey Assisting System Providing On the Spot Routing Functions With Partly Adopted Solution Method of The Traveling Salesman Problem

Shimon Sugiura, Kazuhiko Nakamura, Rui Fukumoto and Yu Nakayama

Abstract: Computer system that can be used by multiple users for field survey is under development. The system has a function of displaying the place and the route to the next site which enables us to reduce the amount of survey time. When it comes to determining the next site, it was solved by greedy algorithm which would cause increase in the total traveling length of survey. This determining process has been revised and incorporated the solving methodology of travelling salesman problem. Operations test showed better result than one by greedy algorithm.

Keywords: 現地調査 (Field Survey), 経路探索 (Route Search), Open Cafe System, FOSS4G, 巡回セールスマン問題 (Traveling Salesman Problem)

1. はじめに

自然環境分野において、現地調査は重要なデータ取得手段の一つである。Wagtendonk and De Jeu (2007) では現地調査におけるモバイル GIS 活用の有効性が示されている。複数人で効率的に調査を行う場面では、調査地点を巡回する順番や巡回経路等の調査計画を準備し共有することが必要となる。しかし、事前の計画通りに調査が進捗しない場合が多く、状況に応じて即時に調査計画を更新・共有することが重要となる。調査の進捗状況の変動は、調査者の増減、機器の不具合や作業の習熟度などに起因する。つまり、短時間で大量の調査やそのマッピングをする高速性だけでなく、状況に応じて対応する即時性が要求される。

その手段として、中山ほか (2011) および杉浦 (2010) に基づいて、経路探索機能を実装した現地調査支援システム (杉浦ほか, 2011) がある。このシステムは、位置が既知の調査地点間を効率的に移動するために、調査進行状況や、条件の変化に対応した即時の経路再探索機能を実装している。最後に調査した調査地点からもっとも近い調査地点を順次検索し、最短経路を示すことが可能である。調査者は手元の画面に表示された調査地点および道順に従って巡回することで、効率的に調査地点を調査することができる。本稿では、杉浦ほか (2011) のシステムで実装された即時の経路再探索機能に巡回セールスマン問題 (以下 TSP) の解法を取り入れることとした。これにより、移動距離が少なくなるよう移動したものの、離れた場所にある調査地点が置き去りにされたまま調査が進行したために、全体最適が図れず全体経路長が増大する点を改善する。

杉浦史門 〒102-0074 東京都千代田区九段南 3-9-11-902

NP0 法人 オープンコンシェルジュ

Phone: 070-5029-2705

E-mail: shimon@openconcierge.org

2. 課題と方針

2. 1 システム開発方針

本稿で扱う現地調査は、場所が既知の調査地点間を複数の調査者が同時に移動して巡回し、調査を行うという状況を想定している。

即時性を担保するため、最新の調査状況を共有し、各調査者が随時参照できるように、調査結果はサーバに蓄積する。調査者はノート型パソコン等のwebブラウザ搭載の可搬型機器をクライアントとして携帯し、調査結果をサーバに登録する。クライアントとサーバは無線 LAN で接続されている。調査結果がサーバに登録される度に、次の調査地点を判定し、その位置と経路がブラウザ上に地図で示される。

次の調査地点を決定するには、未調査の調査地点の中から、最後に調査した調査地点の近くのものを出し、TSP を解いて巡回順を求めることにした。これにより、置き去りにされる調査地点は少なくなると思われる。

以上から、即時性を確保しつつ、全体の経路長の増大がおこりにくい判定方法を確立する。

2. 2 システム概要

本システムの処理フローを図1に示す。調査者がある調査地点で調査結果を入力すると、次の調査地点の場所とその最短経路を地図に表示できるように、最後に調査した調査地点に対する次の調査地点を自動的に決定する機能を実装した。

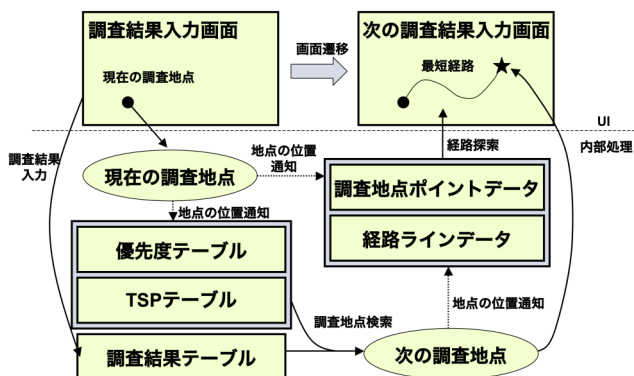


図-1 処理フロー

次の調査地点の決定には、サーバ内の優先度テーブルと TSP テーブル、調査結果テーブルが用いられる。優先度テーブルには任意の調査地点から別の調査地点までの道のりが短い順に番号（優先度）が格納されている。TSP テーブルには特定の調査地点間で求めた TSP の解が格納されている。

2. 3 システム構成

本システムの構成を図2に示す。調査者はクライアント端末のwebブラウザを通してサーバにアクセスする。サーバは調査者からの要求に応じて、データの読み書きや必要な演算処理を行う。

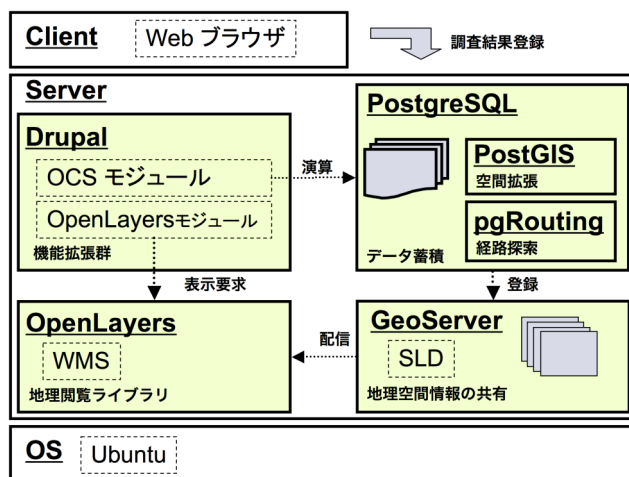


図-2 本システムの構成

本システムは、中山ほか（2011）により提唱された Open Cafe System（以下、OCS）のうち、その適用形態で限定型と分類されるシステムを基盤としている。OCS は Free and Open Source Software for Geospatial (FOSS4G) などのオープンソースソフトウェアを主構成要素としているが、即時性を持った経路探索機能を備えていないため、本研究において pgRouting 1.05 を用いて経路探索機能を実装した。

2. 4 探索のアルゴリズム

本システムの調査地点探索アルゴリズムは (i) 優先度テーブルの作成, (ii) 次の調査地点の選定, (iii) 最後に調査した調査地点から次の調査地点

までの最短経路探索、の3つの部分から成る。

(i) 優先度テーブルの作成

経路探索では、調査地点の最近隣の交差点から探索することとする。そして、任意の調査地点から別の調査地点間の道のりが短い順に連番を振る。これを全ての調査地点で行う。この連番が優先度となり、優先度テーブルが作成される。次に、最後に調査した調査地点から近い5地点を選び、TSPを解いて調査順を求める。この結果をTSPテーブルに格納する。TSPは現地調査の進行とともに適宜更新される。

(ii) 次の調査地点の選定

TSPテーブルを参照し、最後に調査した調査地点の次の調査順となっている調査地点を選定する。ただし、TSPテーブルに挙げられた調査地点の調査がすべて調査し終えていた場合、またはTSPテーブルに挙げられた調査地点のうち少なくともひとつが他の調査者によって調査された場合は、TSPテーブルを更新してから調査地点を選定する。

(iii) 次の調査地点までの最短経路探索

最後に調査した調査地点と次の調査地点の間で、ダイクストラ法による最短経路探索を行い、その結果を地図に表示する。

2.5 ユーザインターフェース

調査者は、クライアント端末のWebブラウザを用いてWebページにアクセスするだけで、本システムの全ての機能を利用することができる。

(i) 調査地点および経路登録ページ

調査者は経路データと調査地点データをアップロードして本システムに登録する。両ファイルは、自動的にPostGISデータベースに格納される。優先度テーブルの作成(2.4(i))は、ここで同時に行われる。

(ii) 調査フォーマット作成ページ

調査者は調査のフォーマットを作成する。調査に使用する経路および調査地点のデータは、(i)で

登録したものから選択できる。調査項目は、既定の項目だけでなく、任意の項目を追加し、使用することが可能である。

(iii) 調査開始点登録ページ

調査者は最初の調査地点を登録する。後続の調査地点の判定はここで登録された調査地点を起点に行われる。あらかじめシステムに調査開始点を通知しておくことで、調査開始点への移動中に他の調査者が調査結果を入力してしまうことを防止する。

(iv) 調査データ入力ページ

調査者はこのページで調査結果を入力する。図3に調査データ入力ページの画面例を示す。地図には、次の調査地点が●マークによって示され、最後に調査した調査地点からそこまでの最短経路が赤の実線によって示される。調査結果は地図の下に一覧表示される。



図-3 調査データ入力ページ画面例

3. 実証実験

3.1 実験方法

東京都千代田区の市ヶ谷周辺における樹木の調査に本システムを適用した。調査者をA、Bの

2 組みに分け、クライアント端末でサーバにアクセスしながら、あらかじめ定めた調査地点を巡回した。経路データには、OpenStreetMap を利用した。調査に先立ち、OpenStreetMap 上に道路および主要な建物、樹木の位置を入力し、これを基図とした。調査地点は、あらかじめ対象となる樹木を基図から無作為に 20 点抽出した。調査者はそれぞれ別の調査地点から開始した。

3. 2 実験結果

調査結果は図 4 および表 5 に示す通りである。調査者 A は調査地点 12 から、調査者 B は調査地点 5 から開始した。調査中、システムの応答性は即時性が高く良好であった。調査者 A は調査地点 12 から南西へ、調査者 B は調査地点 5 から東方へ進行した。

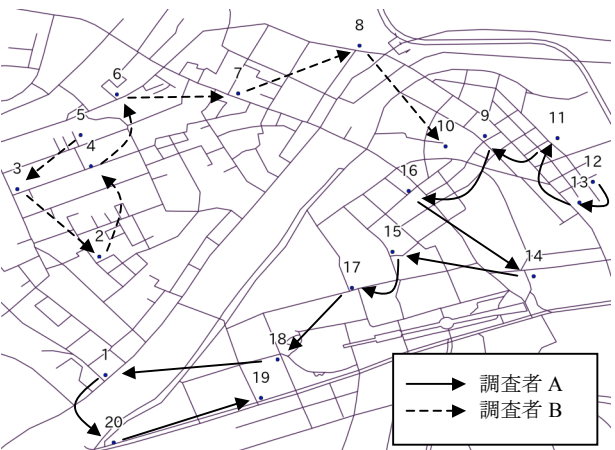


図-4 調査経路

表-5 調査者 A, B が通った調査地点

経過時間	調査者 A	調査者 B	経過時間	調査者 A	調査者 B
0 秒	12		24 分 29 秒		6
40 秒		5	30 分 22 秒		7
2 分 50 秒	13		36 分 50 秒		8
6 分 1 秒		3	42 分 1 秒	15	
6 分 10 秒	11		46 分 30 秒	17	
10 分 44 秒	9		47 分 11 秒		10
13 分 59 秒		2	56 分 10 秒	18	
16 分 20 秒	16		69 分 18 秒	1	
19 分 42 秒		4	81 分 44 秒	20	
22 分 49 秒	14		86 分 49 秒	19	

3. 3 考察

従来の方法では、調査者 A は調査地点 16 から 15 に移動し、調査地点 14 は置き去りにされるが、今回のシステムでは置き去りにされていないことが見て取れた。全体経路長の増大する点が改善された。

4. おわりに

現地調査において、複数の調査地点間を短時間に巡回するために、実際の調査状況に応じて調査経路を選択して提示する現地調査支援システムを開発したが、システムの応答性を低下させずに最適性を高めることが課題であった。TSP を一部に採用することで最適性は改善された。TSP を解くために同時に扱う調査地点数や解法のアルゴリズム自体の適切さに対する検討は、今後の課題とした。

参考文献

Wagtendonk, A. J. and De Jeu, R. A. M. (2007) Sensible field computing: Evaluating the use of mobile GIS methods in scientific fieldwork. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 73, 6, 651-662.

中山悠, 中村和彦, 齋藤仁, 福本壘 (2011): Open Cafe System: 自然環境分野における FOSS4G パッケージの開発と適用. 「GIS 理論と応用」, 19, 1, 17-23.

杉浦史門, 中村和彦, 齋藤仁, 福本壘, 中山悠 (2010): 近道となる道順選択と地図表示 -pgRouting を利用した経路探索とその可能性 -. *Research Abstracts on Spatial Information Science CSIS DAYS 2010*, 61.

杉浦史門, 中村和彦, 齋藤仁, 森聡, 福本壘, 中山かなえ, 中山悠 (2011): 現地調査支援システムにおける複数人同時調査を想定した即時経路探索機能の開発. 「第 10 回情報科学技術レターズ」, 第 4 分冊, 43-48.