

ArcGIS と OpenStreetMap を用いた制約付き寄り道経路探索

2012SE259 富野雅士 2012SE192 小倉伶也

指導教員：河野浩之

1 はじめに

本研究では、時間制約を持った寄り道経路探索を行い、多くの観光地をより効率的に回るためにはどのような経路を通るのが良いかを検討する。旅行者の観光ルート制作としてこれまでに、旅行者の趣向を把握した上で、その趣向に近い観光地を自動決定し、観光経路を作成するシステムが生成されている [1]。また、訪問観光地が決定している状態で、より効率的な経路を通るために最適な宿泊地を選択するシステムの生成が行われている [2]。しかし、これらの研究では実用データへの適用面や、移動範囲の狭さが課題として挙げられた。

これらを解決するために、移動範囲を広げ、その中で観光地をいかに効率的に周遊するにはどのような経路を選択すれば良いかを検討、考察をする。まず、ArcGIS で OpenStreetMap データを読み込み、出発点を設定し、その地点から観光地を効率的に周遊するための経路の探索、また、その経路を通るためにはどのぐらいの日数がかかるのかを検討する。この時、制約として滞在時間、出発時間、最終目的地への到着時間を設定、周遊する観光地についてはトリップアドバイザーに登録されている東京都の観光地を選択し、その観光地を全て周遊するために最適な経路、かかる日数を算出し、その結果について考察を行う。

本論文では、6章によって構成されている。2章では我々の研究に対する先行研究を紹介する。3章では2章で述べた先行研究の課題点と、それを解決するために我々が提案する制約付き寄り道経路探索について説明する。4章では寄り道経路探索の方法についての説明、5章ではその経路探索実験の評価、考察をする。6章でむすびとして本研究の評価を説明する。

2 最短経路探索技術に関する先行研究

この章では本研究に対する先行研究について紹介をする。

2.1 旅行者の観光ルート作成システムの試作 [1]

穎川の研究では、旅行者の趣向を把握した上で、その趣向に近い訪問観光地を自動的に決定し、観光ルートを作成するシステム支援を設計した。このシステムは、具体的な観光地の状況を知らなくても提示した質問に回答することで、趣向に近い観光地を提示する。そして、短時間で様々な趣向にあった経路を1つ作成し表示するシステムである。観光地の情報を集録するデータベースでは、見所や、拝観時間等を収納しておく。このシステムを用いることで、自力で旅行計画を立てる負担を減らすことができ、利用者にとってより満足度が高い周遊ルートを提案することができると考えられている [1]。

2.2 東京観光における宿泊地探索支援システムの試作 [2]

佐藤の研究では、限られた時間内で効率的に希望の観光地を巡る旅行における計画の意思決定支援を取り上げている。この研究では、希望の観光地が与えられているとして、一番効率的にそれらを巡るにはどの宿泊施設にすれば良いかという質問に対して応えるシステムの設計を行っている。具体的には、あらかじめ決めた滞在日数分に分けて希望の観光地を巡る。この時、周遊時間ができるだけ小さく、かつ滞在時間の中で、できるだけ均等になるような宿泊地点と周遊する経路を求めるが、この問題を数理計画問題として定式化し、各滞在日の周遊時間ができるだけ均等、かつ短くなるような経路と宿泊地を求める解法を提案する。このシステムを用いることで最適な宿泊地と効率的な経路を手軽に作成できることから便利であることが分かった [2]。

2.3 先行研究の課題

穎川の研究では、移動手段において原則徒歩での移動を考えてのシステムの作成を行った。そのため移動距離の範囲が狭く、他の交通手段も含めた経路の表示が必要であるという課題が挙げられている。

これに対して、佐藤の研究では、観光地をランダムに設定していたため、実用的なデータとして推薦するには不十分であった。

これらを統合して考えると、最短でかつ利用者により満足させられる観光経路の表示をするために、観光地間の移動手段においては幅を広げる必要があり、その上で観光地間の最短経路の導出を行う。さらに、実際の観光経路の選択に対しても実用的になることを考えているため、観光地点の経路数を増やし、実際の経路の選択に対してもより実用的に近づけることが課題である。

3 ArcGIS と OpenStreetMap を用いた制約付き最短経路探索

この章では、先行研究に対する課題の解決手法と我々の提案する最短経路探索について説明する。

3.1 先行研究に対する問題解決手法

2.3節で述べた課題を解決するために、最短でかつ利用者により満足させられる観光経路の表示を行うために、移動手段においては自動車を利用し移動の幅を広げて実験を行う。さらに、観光地のデータ数を先行研究 [2] より増やし、さらに観光地の中でも特に人気が高い場所を選択する事で実際の観光経路の選択に対しても実用的になると考えている。そこで、我々は観光地を多く設定し、その観光

地を全て周遊するための最短経路を求め、またその経路を
通って巡るのにどのぐらいの日数がかかるのかを検討し、
我々の提案方法について考察する。

3.2 本研究の探索構成

前節で述べた解決方法をもとに、図 1 に本研究の提案探索
について示す。

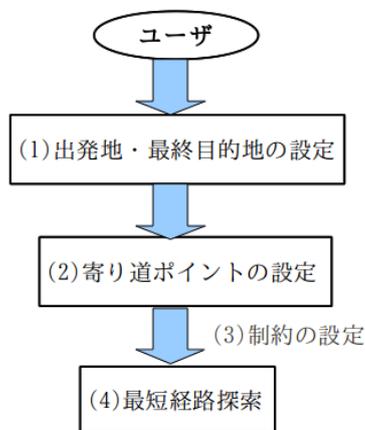


図 1 制約付き寄り道経路探索手法

図 1 において、(1) ではユーザーの出発地、最終目的地を
設定する。設定した後、(2) で寄り道として選択する地点
を選択する。(1)、(2) の設定に関しては ArcGIS を用いる
ことを行うことができる。出発地、最終目的地、途中の経
由地を設定した後、(3) で制約を設定する。設定する制約
内容としては、滞在時間、出発時間、最終目的地への到着
時間の 3 つを設ける。これらの設定をした後、(4) におい
て制約条件のもと最短経路探索を行い、結果を出力する。

3.3 ArcGIS 上での OpenStreetMap の読み込み

本研究では ArcGIS で地図データの読み込みを行うが、
そのデータの基となる地図を OpenStreetMap(OSM) と
する。任意の OSM データをダウンロードし、ArcGIS
Editor for OpenStreetMap の LoadOSM File を使用する
ことでダウンロードした OSM データを ArcGIS で使用で
きるようにする。これにより OSM を ArcGIS に取り込み、
Network Analyst を使用することで道路網データを加工し
た。また、ArcGIS を使用し、出発地、目的地、寄り道地点
となる観光地のポイントを設定し、道路地図データ上で最
短経路探索を行う。

4 提案する最短経路探索の実装・実験

この章では実験の流れを説明する。

4.1 最短経路探索の実験の流れ

図 2 に本研究についての実験の流れについて説明する。
図 2 において、選択部では宿泊施設を設定し、この宿泊施
設を出発地、最終目的地に設定する。また、東京都内にお
ける観光地をエリア分割した上で周遊する観光地を設定す

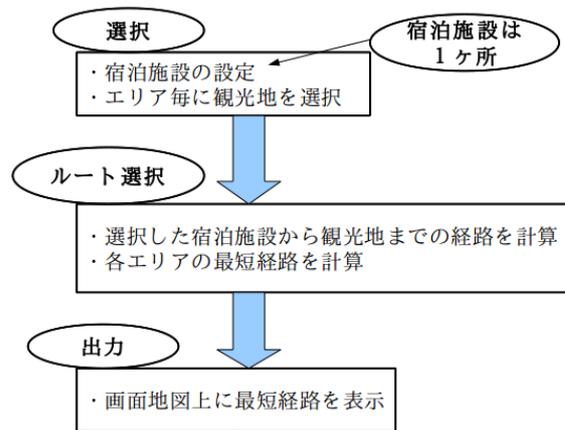


図 2 経路探索実験の流れ

る。設定する観光地の対象としては、インターネットサイ
トであるトリップアドバイザーに登録されている東京都の
名所、観光地の中から選択し、観光地の数は 45 ケ所とす
る。また、出発地点、最終目的地となる宿泊施設には観光
地が周辺に多い場所、今回指定した 45 ケ所のポイントの
中心付近という観点から帝国ホテル東京に設定した。

選択した宿泊施設から分割したエリア内の各観光地まで
の経路を計算し、各エリア毎に観光地の最短周遊経路を算
出する。経路探索を行う際に制約として出発時間、観光地
での滞在時間、最終目的地への到着時間を設定する。出発
時間は午前 9 時、滞在時間は 1 時間、最終目的地への到着
時間は午後 7 時とする。

最短経路探索が終了したら、その結果を出力する。表示
する結果は、周遊経路の総移動距離、移動時間、その 2 つ
から何日かけて周遊することができるのかの 3 点について
である。

次に、滞在日数を 1 から 6 日間に設定し、それぞれの
日数における総移動距離、移動時間の推移について計算
し、考察する。この時、経路探索を行うのはエリア分割を
行った場合とエリア区分を考慮しなかった場合についてで
ある。

4.2 地図データの読み込み

経路探索を行う際に、OSM データを ArcGIS に取り込
む。この地図データは、bbbike から東京都の OSM データ
をダウンロードし、ArcGIS Editor for OSM というツ
ールを使用する。bbbike からダウンロードした地図デー
タ shape ファイルであったため、Network Analyst を使用す
ることができないのでネットワークデータセットを構築す
る必要がある。ネットワークデータセットの構築方法とし
て、ArcCatalog から新規ネットワークデータセットを選
択し、接続性ポリシーを Any Vertex にすることで隣接す
る道路網データをつなげることができる。次に時間や距離
などのネットワークデータセットの属性をつけることで
ネットワークデータセットを構築することができる。構築
することによって、Network Analyst を扱うことでデータ

を加工する。図 3 に ArcGIS 上で OSM の地図データを読み込んだ結果を示す。図 3 の様に地図データを読み込むことによって各道路の隣接ノードやエッジが表示され、それらを基に最短経路探索を行う。図 3 では東京都港区芝公園付近の地図データを表示している。



図 3 ArcGIS 上における OSM のデータ読み込み結果

4.3 観光地の設定

表 1 に本研究の対象となる観光地について示す。表 1 において、エリア (1), (2), (3), (4), (5) の基準点となった場所の決定の方法としては、45 個の観光地について、ポイントを打った点から一定の距離の選択範囲をそれぞれ導き出し、領域の重なったポイント、またはほぼ同じ領域となったポイントを削除することにより 9 つの基準点を導き出した。そして 9 個の基準点となったポイントの範囲に他の 36 個の観光地のポイントがどこに含まれているのかを示す。

4.4 エリア分割

観光地の設定を行った後、すべてのポイントを使ったデータからネットワークデータセットを構築し、Network Analyst の到達圏解析を用いてエリアの分割を行う。指定された 45 個のポイントすべてに到達圏のポリゴンを作成し、それぞれのポイントが重なる、または同じポリゴン内になった場合、ポイントを一つずつ削除していく。到達圏を少しずつ拡大していき、同じように重なった場合ポイント削除していき、ポイントの数を 9 つに設定した。図 4 にエリア分割を行った結果について示す。図の中心となっている地点は出発地として選択した帝国ホテル東京である。

今回、観光地をランダムに選択したため、観光地が東西南北に存在したので、なるべく 1 つのポイントの範囲を広く、かつ東西南北にポイントが残るよう設定した結果、ポイント数を 9 つまで減少させた。この理由としてはこれ以上エリアを拡大させると 1 つのエリアが拡大しすぎて周遊しにくくなる点、全てのエリアが重なり観光地の属するエリアが分からなくなることから 9 つに設定した。

表 1 基準の地点と分割領域内に属する地点

基準の観光地	分割されたエリアに区分される観光地
エリア (1):サンシャイン水族館, としまえん	東京ドーム, 湯島天満宮, 東京カテドラル聖マリア大聖堂, 東京大学, 上野公園, アメヤ横丁
エリア (2):柴又, 東京スカイツリー	東京国立博物館, 両国国技館, 日本橋, AKB48 劇場, 浅草寺
エリア (3):フジテレビ本社, 葛西臨海水族園	築地市場, お台場海浜公園, 勝鬨橋, レインボーブリッジ, パレットタウン, 東京ビッグサイト, 東京ゲートブリッジ
エリア (4):勝海舟の墓, 代々木公園	明治神宮, 渋谷駅, 東京都庁, NHK ホール, 品川神社, ルミネ the よしもと
エリア (5):世界貿易センタービル展望台 (SeasideTop)	日比谷公園, 東京駅, 皇居, 東京復活大聖堂, 善國寺, 国会議事堂, 六本木ヒルズ, 東京タワー, 日本武道館, 靖国神社, 増上寺

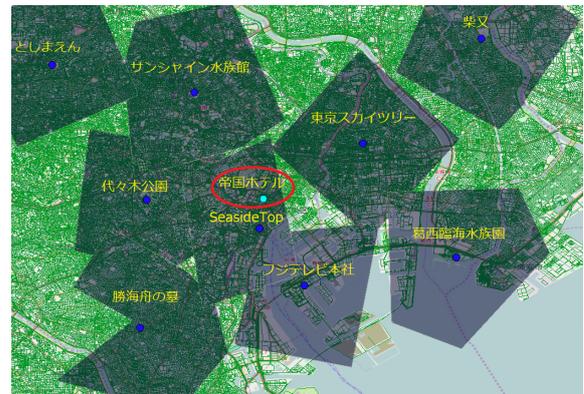


図 4 選択範囲

4.5 寄り道経路探索

経路探索を行うのに Network Analyst のルート探索を使用する。ルート探索を使用することで、地図データ上で任意の地点を指定し、その地点における最短経路を求めることができる。また、この機能を使用することによって 2 点間の最短経路だけでなく、複数地点間の最短経路探索、また、道路上にも通行止めなどの制約を加えた状態での経路探索も行うことができる。本研究では複数地点間のルート探索機能を使用し、45 ヶ所の観光地の最短経路を求める。

4.6 最短経路探索実験結果

実験の結果を以下の表 2 に示す。表 2 は、9 つのエリアにおいて、それぞれのエリアごとに周遊した結果である。表 2 から、エリア全体の総移動距離が最大のエリアはエリ

表 2 最短経路探索結果

エリア	観光地の数	移動時間	移動距離
(1)	8 つ	2 時間 6 分	59.5km
(2)	7 つ	2 時間	40.8km
(3)	9 つ	1 時間 34 分	48.2km
(4)	8 つ	1 時間 47 分	38.3km
(5.1)	8 つ	1 時間 13 分	21.1km
(5.2)	5 つ	58 分	18.9km

ア (1) で、総移動距離は 59.5km とり、最小のエリアはエリア (5.1) で総移動距離は 18.9km となった。その移動距離の差は 40.6km となった。次にエリア全体での移動時間を見ると、最大の移動時間はエリア (1) の 2 時間 6 分で、最小の移動時間はエリア (5.2) の 58 分となった。その時間の差は 68 分となった。そして、選択した観光地全てを周遊するには 6 日間かかることが分かった。

次に、エリア区分を考慮した場合、エリア区分を考慮せず人気の高い観光地から訪れた場合の滞在日数について 1 日目から 6 日目までのそれぞれの日における移動時間、総移動距離についての結果について以下の図 5 に示す。図において (1) はエリア区分を考慮した場合、(2) はエリア区分を考慮しなかった場合とする。

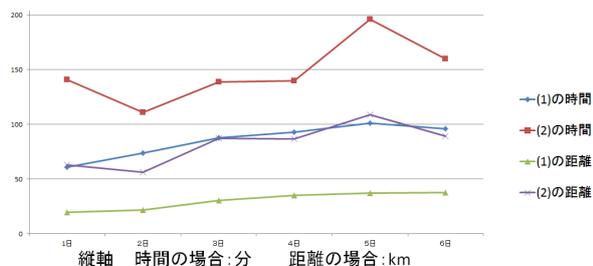


図 5 移動時間、総移動距離の推移

図 5 において、(1) における移動時間は、1 日目からそれぞれ 61 分、74 分、88 分、93 分、101 分、96 分となり、総移動距離は 19.6km、21.6km、30.4km、35.3km、37.3km、37.8km となった。移動時間、総移動距離において例外はあるものの 1 日目から少しずつ増加している。

同様に、(2) における移動時間は、1 日目からそれぞれ 141 分、111 分、139 分、140 分、196 分、160 分となり、総移動距離は 63.2km、56.3km、87.0km、86.9km、109km、89.5km となった。移動時間、総移動距離においては日数に関係なくばらばらである。

5 最短経路探索実験の考察

実験結果からエリアによって総移動距離や所要時間の差が大きいところがあった。この要因としては、選択した観光地の場所と距離に偏りがあったためと考える。

滞在日数の変化から、移動時間、総移動距離について比較すると、考慮した場合の移動時間、総移動距離において大きく減少した。この要因としてエリア区分を考慮した場合はエリアで観光地を周遊することでそれぞれ減少したが、エリア区分を考慮しなかった場合、人気の高い観光地から周遊するため移動時間、総移動距離は増加していると考えた。また、考慮した場合は 6 日間で 45 ヶ所すべての観光地を周遊できたが、考慮しなかった場合はすべての観光地を周遊できなかったことから、今回我々が提案したエリア区分を考慮した周遊方法のほうが効率的である。

6 おわりに

今回我々は観光地をすべて周遊するための最短経路を提案し、それを基に実験を行った。先行研究では移動範囲の狭さ、データの実用性などが課題としてあげられていたため、我々は観光地の数を人気の高いものから 45 ヶ所として多くの数の観光地を訪れるように設定し、移動手段に自動車を用いた。実験結果としては、6 日で 45 ヶ所すべての観光地を周遊することができた。また、時間や日数などの制約条件に加える事で、より人気の観光地へ周遊しようとし、そのための最短経路も導出した。

また、本研究の手法を用いることで東京都内だけでなく、どの場所においても観光地の効率的な周遊経路を求めることができる。しかし、エリア分割においては場所によってエリアの数が異なるため、場所毎に適切なエリア分割を行う必要がある。今後さらに実用的なものにするためには、場所毎の適切なエリアの数の設定、寄り道地点を観光地だけでなく、ユーザの行きたいところへ設定し、その中で最短経路を求めることが挙げられる。

参考文献

- [1] 佐藤友香, “東京観光における宿泊地探索支援システムの研究,” 平成 23 年度東京理科大学経営工学科卒業論文 2011, 2011.
- [2] 穎川章寛, “旅行者の観光ルート作成システムの試作～鎌倉・湘南を対象地域として～,” 平成 17 年度東京理科大学経営工学科卒業論文 2006, 2006.
- [3] トリップアドバイザー, <https://www.tripadvisor.jp/Attractions-g298184-Activities-c47-Tokyo_Tokyo_Prefecture_Kanto.html> (2016 年 01 月 06 日閲覧)
- [4] BBBike.org, <<http://download.bbbike.org/osm/>>(2016 年 01 月 06 日閲覧)