

観光経路作成支援における代替観光経路の提案手法

A Study on Alternative Tour Plans in Tour Planning Support System

丸山 加奈† 山本 雅人† 大内 東†
Kana Maruyama Masahito Yamamoto Azuma Ohuchi

1. まえがき

観光客が観光地を訪れた際、特に、土地勘がない地域を訪れた際には、いくつかの観光スポットを回りたいがどれくらいの時間がかかるのか、どのような順番で訪れるのと効率が良いのか、といった状況は多々ある。特に、2時間空いた時間を有効に使って観光地を回りたいという要望が多いことも容易に想像できる。

このような観点から、観光経路を自動的に作成し観光客(ユーザ)に提示しようとする試みはこれまでいろいろなされてきた。Kitamuraは、初期解として時間的制約を満たし目的地の評価値(あらかじめ定められた客観的な評価に基づく)の総和が最大となる観光経路を作成し、観光客の入力情報(目的地の指定等)に基づいて、目的地の評価値を積み付けしていくことで経路を修正する方法を提案した[1][2]。また、村田らのグループでは、P-Tourというシステムを開発し、奈良市内の観光を支援するシステムを開発している。観光時間、訪問したいスポット(滞在時間、到着時間、重要度)に関する観光客の入力情報に基づいて、時間内で周遊する経路(重要度の高いスポットを多く含む時間がかからない経路)を提示する[3-6]。

このような観光経路作成支援システムは最短経路問題としてモデル化され、様々な解法アルゴリズムが提案されているが、現実を利用する観光客の支援を考えると、システムとインタラクティブに経路を選択したり、修正できたりする機能がより重要となる場合が少なくない。本論文では、観光客であるユーザとのインタラクションに基づく経路作成支援システムの構築を目指し、特に、制約を満たす解が存在しない場合の代替経路の提示方法について提案を行いその効果を分析する。実際には、時間制約を緩和した緩和問題を解き、その解を利用することで、代替観光経路を作成、提示する手法を提案する。

以下では、本論文で対象とする観光経路作成問題をモデル化し、代替観光経路を提示するための手法について説明する。さらに、北海道大学キャンパス内を例に挙げ、提案手法の効果について検証する。

2. 観光経路作成問題

本論文で対象とする問題は以下の要素からなる。観光名所、博物館やレストランなどの観光スポット集合 $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ と出発地や最終目的地の候補である拠点集合 $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ の和集合からなるノード集合 $N = D \cup S$ とそれらを結ぶ最短経路を意味するエッジ集合 E からなる。ただし、各ノード間は必ず到達可能なものとし、各エッジにはそのノード間の最短経路、および、移動にかかる時間が別途保存されているとする。したがって、ノード集合 N のノード間すべてについて

エッジが定義されている完全グラフ $G = (N, E)$ が与えられる。ただし、各ノード $n_i \in N$ にはそのノードでの平均的な所要滞在時間 st_i 、開店時刻 ot_i 、閉店時刻 ct_i 、および、観光スポットの人気度などを意味する客観的な評価値 $score_i$ があらかじめ定められており、各エッジ $(n_i, n_j) \in E$ には実際の距離 $distance_{ij}$ が与えられている。また、各観光客は要望として、拠点集合 S から出発地 s と最終目的地 e 、および、訪問したい複数の観光スポットを選択しそれを U として与えられるとする。さらに、観光客は移動速度 v を持つものとし、各ノード間の距離と v よりノード間の移動時間 dur_{ij} を定め、観光に許される観光時間を T として与えるとする。

このとき、解くべき観光経路作成問題は、 s から e に至るまでの経路のうちで、 U 中の観光スポットを一度だけ訪問する観光経路のうちで、観光周遊時間が最小のものを求める問題として定義できる。ただし、制約として、観光周遊時間は観光客が与えた観光時間 T 以下であることが条件である。したがって、求める観光経路は以下のように定義できる。

$$P = \langle n_{p_1}, n_{p_2}, \dots, n_{p_{|U|}}, n_{p_{|U|+1}} \rangle \quad (n_{p_1} = s, n_{p_{|U|+1}} = e)$$

このとき、観光経路作成問題は以下のように定義される。つまり、観光客があらかじめ指定した観光スポットをすべて訪れて周遊時間内に観光できる経路(観光スポットの順番)を求める問題である。

観光経路作成問題：観光経路 P の中で制約条件を満たし、目的関数を最大にするものを求める。

目的関数：

$$\sum_{i=1}^{|U|} st_i + \sum_{i=1}^{|U|} dur_{p_i, p_{i+1}} \rightarrow \min$$

$$n_{p_1} = s, n_{p_{|U|+1}} = e$$

制約条件：

$$\sum_{i=1}^{|U|} st_i + \sum_{i=1}^{|U|} dur_{p_i, p_{i+1}} \leq T \quad \dots(1)$$

$$n_{p_1} = s, n_{p_{|U|+1}} = e$$

本論文では、上記の問題で周遊時間が最小となる経路を求めることを目的とした。しかしながら、実際の応用を考えると入館料や拝観料などの費用を最小化したり、魅力度に相当する評価値を最大にしたり、といった別な評価基準に基づく経路を求めたい場合がある。しかしながら、このような場合もあらかじめ与えるデータを増やしたり、目的関数を若干変更したりするのみで対応することが可能である。したがって、本論文では上記の単純な問題として定義する。また、ここでは、観光客の出発地、最終目的地、許される観光時間、および、訪問した

† 北海道大学 大学院情報科学研究科

い目的地は1つ以上必ず指定されているものとする。

3. 時間的緩和問題

3.1 緩和問題

これまでも述べてきたように、観光客は一般的に未訪問の土地では時間感覚がない、なるべく多くの観光スポットを訪れたいなどの要望があるのが普通である。従って、前節の観光経路作成問題を解いた場合、解が存在しない、という場合が多くなるのが想定される。

このような場合、観光客に観光スポットを減らさせる、観光時間を長くしてもらう、などが考えられるが、観光客にこれらを要求するには非常に負担がかかる。なぜなら、どのように観光スポットを減らすべきか、あとどれくらいの時間を増やせば全部訪れることができるのか、ということ、単に最適解が存在しない、という事実だけから知ることは不可能に近い。

本論文では、こういった問題に対処するため、前節の観光経路作成問題で特に最適解が存在しない場合を想定して、あらかじめ時間制約条件を緩めた緩和問題を解くことによりその解を代替経路として利用することを提案する。一般に時間制約条件を緩めると経路探索にかかる時間が大きくなるのが予想されるため、制約を緩める度合いを α としてパラメータ化しておく。後に、実験等によって適切な値に設定することを意図している。

以上より、提案する観光経路作成問題の緩和問題は、前節の問題の制約条件を以下に置き換えたものとして定義する。

制約条件：

$$\sum_{i=1}^{|U|} st_i + \sum_{i=1}^{|U|} dur_{p_i, p_{i+1}} \leq T + \alpha T \quad \dots(2)$$

$$n_{p_1} = s, n_{p_{|U|}} = e$$

この緩和問題の最適解 P' が存在し、この解が(1)を満たす場合は、元の観光経路作成問題の最適解が P' であることを意味するため、この解を観光客に提示する。

一方、最適解 P' が(1)を満たさない場合、この最適解 P' を代替経路として保存し、この解 P' と以下の方法によって修正した代替経路を提示する。このことによって観光客に以下のような利点をもたらす。

- (1) 緩和問題の最適解 P' の周遊時間を提示することで、観光客が指定した観光時間 T をどれだけ増やせば希望の観光スポットをすべて訪れることができるかの目安となる。
- (2) 最適解 P' をもとにして、訪れる観光スポットを減らすことで代替経路の情報を得ることができる。その際、削除する観光スポットの選択方法を以下で説明する二種類提案することで二種類の代替経路が提示され、選択の余地が増える。

3.2 最適解の修正

本論文では、緩和問題の最適解 P' の修正方法として訪れたい観光スポットの削除に着目する。 P' として図1の左のような経路が作成されたとする。図1のノードは観光ス

ポット、エッジは観光スポット間を移動する経路を表す。1つのノードが削除される時、そのノードとリンクしていたノード間に新たなエッジが張られる(図1右)、これを新たな代替経路とする。ただし、削除する目的地の選択方法として、評価値 $score_i$ が最も低い目的地を削除する方法と訪問に最も時間がかかる(目的地の滞在時間 st_i と目的地の前後に訪問する目的地間の移動時間 dur_{ij} の総和が最大)目的地を削除する方法の二つを提案する。

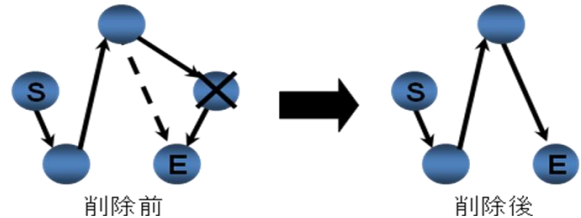


図1 目的地の削除

4. 計算機実験

本論文で提案する観光経路作成問題に対して、代替経路を求めるために緩和問題を用いる方法についての効果を調べるため、計算機実験を行った。以下では、行った計算機実験に共通な実験設定とそれぞれの目的と結果について順に述べる。

4.1 実験設定

本論文で行った実験はすべて表1に示す計算機環境を用い、C言語によりプログラムを記述した。また、前述の実験を行うために、北海道大学キャンパス(以下、北大キャンパス)をテストベッドとして用いることとした。北大キャンパスは、クラーク像、農学部、ポプラ並木、といった観光スポットに加えて、季節によっては緑が豊富な観光スポットとして人気を集めている。しかし、一方で、大学内が非常に広く、観光スポットの場所がわかりにくいいため、本論文で対象としているような観光経路作成支援システムの提供が切望されている。北大キャンパスの全体地図を図2に示す。北大内の観光スポットを青い点で表す。

表1 計算機環境

CPU Clock	Pentium4 1800MHz
Main Memory	256MB
Operating System	Turbolinux 10



図2 北大キャンパス

また、観光スポットの評価値やそれを結ぶ経路の距離の本論文における定義方法を表 2 に示す。ノード集合 N は北大の観光スポット地点 35 箇所と北大への出入り口となる地点などの拠点 16 箇所を含む。また、エッジ E は Dijkstra 法を用いてあらかじめ計算し登録した。

表 2 各データの設定方法

ノード N	実際に北大キャンパスを調査し 49 箇所を採用 (観光スポット: 35、出入り口 16 で重複有)
魅力値 $score_i$	観光スポットの特徴から設定
滞在時間 st_i	観光スポットの特徴から設定
エッジ E	ノード間の最短経路 (Dijkstra法)
移動距離 $distance_{ij}$	ノードの緯度・経度から実距離を計算
移動速度 v	歩行速度 (0.8m/s)
移動時間	$dur_{ij} = distance_{ij} / v$

本実験では、上記のデータを用いて観光客が指定するデータを以下のように想定して行った。

観光客は所要時間 $T=180[\text{min}]$ を持ち、目的地はノード集合の観光スポットの中からランダムに複数選択する。また、出発地、最終目的地は拠点集合 S の中からランダムに選択する。ただし、各観光スポットは 1 回だけ選択されるものとし、出発地、最終目的地は重複する場合もあるものとする。本実験では、緩和問題の係数 α を 0.2 とした。以上の実験設定を基準として、各実験を行う。

4.2 計算時間の分析

前述したように、一般に時間制約を緩和した緩和問題を解く際には、探索する解の枝刈りができなくなるため、もとの問題の計算時間と比較して、計算時間の増加が予想される。そのため、もとの観光経路作成問題とその緩和問題を解くときにかかる計算時間の比較を行った。

図 3 はその結果を示している。横軸がと緩和問題を解くときの観光スポット数と計算時間の関係を示したグラフである。各観光スポット数に対して 30 回の実験を行った平均の計算時間を示している。これらの結果から観光スポット数が増えると計算時間が大きく増加することがわかるが、観光時間が比較的長い 180 分の設定で、観光スポットが 11 カ所程度まではほぼ時間がかからずに緩和問題も解けることがわかる。

4.3 緩和問題の分析

次に、もとの観光経路作成問題と緩和問題の解が存在する割合を観光スポット数が多くなるにつれてどう変わるかについて調べた。この結果を図 4 に示す。

最適解と示した部分は、緩和問題を解いたときの最適解が、もとの問題の最適解となった割合を示しており、観光スポット数が 10 程度になるとほとんど解が存在しないのが見て取れる。

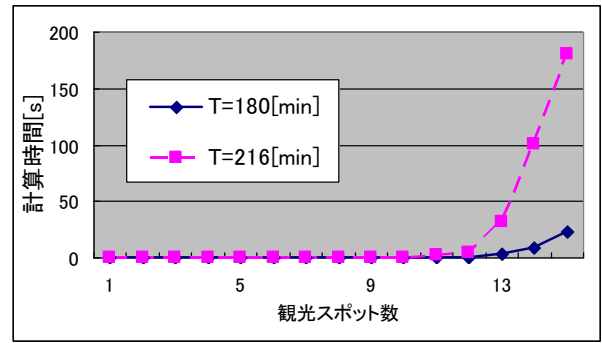


図 3 観光スポットの増加による計算時間への影響

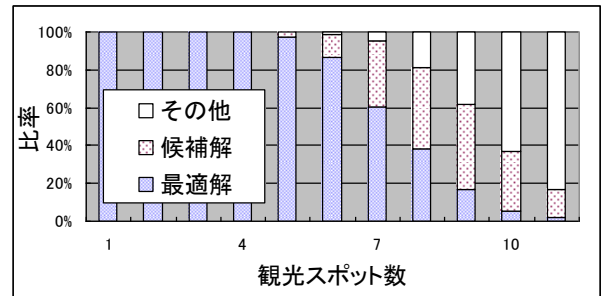


図 4 緩和問題における解の分布

一方、候補解と示した部分は、緩和問題を解いた際に、最適解は見つかったが、もとの問題の制約条件(1)は満たさなかったものの割合を示している。この部分は、本論文で提案する方法による代替経路を示すことが有効に働く領域であり、検討する価値が十分にあるくらいの割合が存在するのがわかる。その他と示した部分は、緩和問題を解いても解が存在しなかった割合であり、この部分は観光客が示した制約が厳しすぎるものであるため、観光スポットを自動的に減らすなどの処理が別途必要な部分である。

4.4 代替経路の生成

最後に、緩和問題の最適解がもとの制約条件を満たさない場合に、制約条件を満たす代替経路を生成する二種類の方法についての効果を調べるため実験を行った。前節で述べた 2 つの方法で観光スポットを削除し、どの程度候補解が制約を満たす解へ修正されるか(修正率)を比較する。最初に、それぞれの方法で観光スポットを 1 つ削除するときの観光スポット数と修正率の関係のグラフを図 5 に示す。この結果から、時間のかかる観光スポットを 1 つ削除することが評価値の低い観光スポットを 1 つ削除するのと同様に修正率が高いことがわかる。また、観光スポット数が増加するほど修正率の差は大きくなる。

次に、それぞれの方法で制約を満たす解に修正されるまで観光スポットを削除するときの観光スポット数と削除された観光スポット数の関係のグラフを図 6 に示す。この結果から、時間のかかる観光スポットを削除すれば、評価値の低い観光スポット地を削除するのと同様に多くの観光スポットを含む解を得ることができるとわかる。

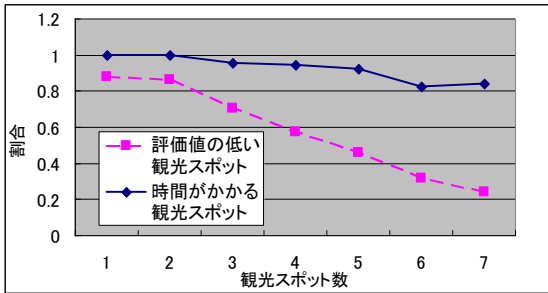


図5 修正率の比較

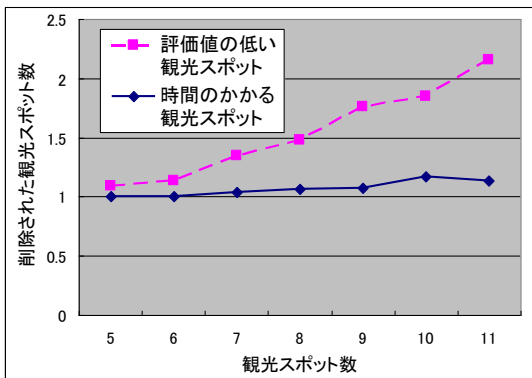


図6 制約を満たす解を得るのに必要な観光スポット削除数

5. おわりに

本論文では、時間を有効に使いたい観光客が効率的に観光するための支援システムの構築を目指して、観光を観光経路作成問題としてモデル化し、時間制約を緩和した緩和問題の提案を行った。この緩和問題を考えることによって、観光客に対して、希望する観光スポットをすべて訪れることができないときにどれくらいの時間があれば可能であるか、また、どの観光スポットを削除すれば許される観光時間内に収めることができるか、といった情報を与えることが可能となる。

実際の適用を考えるとこのような代替経路の提案は非常に重要な要素となると考えられる。しかしながら、緩和問題の係数 α の値を大きくするほど、代替経路を提示できる可能性は増加するが、計算時間もそれに合わせて大きくなるため、そのトレードオフを検討する必要がある。

また、この方法の効果を検証するために、北大キャンパスを例にとり、計算機実験を行うことで緩和問題を解くことの効果があることを示した。今後は、より実際の適用を考えてモデルの修正や、さらなる代替経路の提示方法の検討や計算時間の短縮のための工夫、などを行っていく予定である。

参考文献

- [1] R. Kitamura, "Daily Activity and Multimodal Travel Planner:Phase 1 Report", California PATH Research Report, UCB-ITS-PWP-98-23, 1998.
- [2] R. Kitamura, "Daily Activity and Multimodal Travel Planner:Phase 2 Final Report", California PATH Research Report, UCB-ITS-PRR-99-1, 1999.
- [3] 丸山敦史, 柴田直樹, 村田佳洋, "P-Tour: 観光スケジュール作成支援とスケジュールに沿った経路案内を行うパーソナルナビゲーションシステム", 情報処理学会論文誌 Vol. 45, No. 12, pp. 2678-2687, 2004.
- [4] 木下隆正, 永田宗伸, 村田佳洋, "宿泊地を考慮した観光スケジュール作成支援機能の提案", 交通における計測, 一般(電気系3学会 ITS 合同研究会), 2005.
- [5] 白石貴之, 丸山敦史, 柴田直樹, 村田佳洋, "多目的性を考慮したスケジュール作成支援と経路案内機能を提供する観光用パーソナルナビゲーションシステム", マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2004) シンポジウム論文集 pp. 667-670, 2004.
- [6] 丸山敦史, 柴田直樹, 村田佳洋, "複数目的地を時間制約付きで巡回するための経路探索アルゴリズム", マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2003) シンポジウム, pp462-472, 2003.