

公共交通機関利用援助システムの開発に関する研究 ～ 探索経路の分割による高速な経路探索の実現 ～

福田 暁*, 高橋 健一, 川村 尚生, 菅原 一孔
(鳥取大学大学院 工学研究科 情報エレクトロニクス専攻)

1. はじめに

過疎化の進む地方では少子高齢化, 自家用車の利用者増加といったことにより, 年々路線バスの利用者が減少している. 鳥取県も例外ではなく, 採算の取れない路線の統廃合が進んでいる. しかし, 学生や高齢者など車を持っていない人々にとって路線バスは重要な交通機関の一つであり, 今後も路線を維持していかなければならない. また, 路線バスのバス停には主にバス停名と時刻表だけしかなく, 到着バス停の情報を知る事ができない. したがって普段から頻繁にバスを利用する人であっても, 知らない土地に赴く際にはあらかじめ目的地に向かう路線の情報を調べる必要がある. そのため特に観光客などの地域情報に詳しくない利用者にとっては非常に不便である. そこで我々はバスの利用を促進するために公共交通機関の利用を援助するシステムをバスネットという名称で開発している⁽¹⁾. バスネットでは出発地と目的地間を結ぶ公共交通機関を利用した経路を提供する. しかし, バス停数が多くなると経路探索にかかる時間が長くなるという問題がある. そこで探索範囲を分割することで高速な経路探索を実現する.

2. 経路探索手法と問題点

バスネットでは鳥取県全体の路線バス, および鉄道の情報をデータベースとして持つ. バスネットでは路線データを元にバス停・鉄道駅を節, 節間の移動を辺とする探索ネットワークを生成する. 辺には走行するバスによる移動と徒歩によるバス停・鉄道駅間の移動が存在する. 現在のシステムでは, はじめにこのネットワークに対してダイクストラ法を適用する. その結果を元に深さ優先で全経路を探索し, 最終的な解となる経路の候補を出す. 最後にそれらの経路の移動時間や乗り換え回数といった情報を比較・選別する事で実用的な経路を求めている⁽²⁾.

経路探索はグラフの2頂点間の最短経路問題である. ダイクストラ法においてネットワークの節数が N である場合のオーダは $O(N^2)$ であり, ネットワークの規模が大きいほど計算量が増大する. そのため, 巨大なネットワークを探索する場合, 探索に時間がかかる. ただし, ダイクストラ法では辺数が節数に近い場合には, データ構造を工夫する事によりその計算量を $O(N \log N)$ にすることが出来る. しかし, バスネットでは, 徒歩移動による辺数が路線と比べて膨大なものとなるため, 計算量を $O(N \log N)$ することはできない.

また, 過疎地においては路線バスの運行本数が少なく, 乗り換え時の待ち時間が長くなる傾向がある. そのため, 待ち時間を利用して他のバス停に歩いて移動する経路も考えられる. その結果, 特に待ち時間の長い経路が存在する場合, 多数の経路が探索対象となり, 非常に多くの計算時間が必要になるといった問題点が存在する. そこで高速な探索の実現を目的とし, 探索経路の分割を行う手法を提案する.

3. 探索経路の分割

大規模な経路探索システムの場合, 地理的に広大な範囲のデータを利用するため非常に大きなネットワークとなる. そこで探索範囲を分割し, 問題の規模を小さくすることによって高速な探索が実現されている⁽³⁾⁽⁴⁾. ここで, どこでどのように分割し, どう探索するかということが問題となる. 一般に公共交通機関を利用した長距離区間の移動では, 都市の中心にあるバスターミナルや規模の大きな鉄道駅を経由する事が多い. そこで, 本研究では経由地を2点設定し, 以下3つのステップで経路探索を行う.

Step 1. 出発地から出発地側経由地への探索

Step 2. 出発地側経由地から目的地側経由地への探索

Step 3. 目的地側経由地から目的地への探索

本提案では経由地の候補を抽出し, 経由地候補だけからなるネットワークを準備する. 経路探索では, はじめに出発地と目的地から経由地を経由地候補の中から決定する. 次に出発地から出発地側の経由地までの経路を従来のバスネットの探索で見つける. そして出発地側の経由地から目的地側の経由地までの経路を経由地候補だけからなるネットワークを探索することで求める. 最後に目的地側の経由地から目的地までの経路を見つけ, これら3つの経路を結合する事で最終的な経路を確定する.

4. 経由地候補の決定

乗り換えの起こらない地点は経由地として利用することはできない. また, 徒歩移動を考えると多くのバス停・鉄道駅が経由地となってしまう. そこで, 乗り換えの頻度の高い地点だけを抽出し, 経由地として妥当な地点を調べるための予備実験を行った.

経由地としてふさわしいのは乗り換え地点の候補となり得るのは頻繁に乗り換えの起こる地点である. そこで, 出発地と目的地, および出発時刻をランダムに変更し, 経路

探索を 10 万回行い、乗り換えに利用された地点とその回数を調べる実験を行った¹。実験結果を表 1 に示す。

表 1 乗り換えに利用された回数の上位 8 地点

地点名(バス停・駅)	乗り換えに利用された回数 [回]
鳥取駅	196,856
米子駅	124,748
倉吉駅	95,596
伯耆大山駅	72,957
生山駅	26,873
智頭駅	16,502
赤崎駅	15,725
浦安駅	14,365

実験の結果、バスネットが管理するデータベース中のバス停・鉄道駅総数 2,855 件に対して乗り換えに利用される事のないバス停・鉄道駅は 2,177 件とほとんどの地点が乗り換えに利用されていない事が分かった。また、頻度が高かった乗り換え地はほとんど鉄道駅であることが分かった。そこで、経由地候補として鉄道駅を利用することとした。また、経由地候補として鉄道駅を選択したため、鉄道の路線のみを抽出したネットワークを準備し、3 節の Step 2 の経由地間の探索時に利用する事とした。

5. 経由地の決定方法

出発地・目的地に応じて経由地候補の中から経由地を選択する必要がある。そこで、本研究ではこのとき使用する経由地を以下の 3 つの方法で決定する。

方法1. 固定された鉄道駅：実験の結果、市の中心にある大きな鉄道駅が経由地として利用されている。そこで、鳥取県の東部では鳥取駅を、中部では倉吉駅を、西部では米子駅をそれぞれ経由地として固定した。

方法2. 出発地・目的地に対して最も地理的に近い鉄道駅：長距離の移動では最寄りの鉄道駅を利用することが多いため地理的に近い鉄道駅を経由地として設定する。

方法3. 出発地から目的地までの経路をダイクストラ法で求め、最初と最後に利用した鉄道駅：ダイクストラ法によって導出される時間的に近い鉄道駅を利用する。

6. 実験

前節で述べた手法を実装し、バスネットで実際に使用されているサーバと同じ環境下で経路探索実験を行った。実験では提案する手法を実装したシステムと従来のシステムとの探索時間と経路探索結果とを比較した。探索回数 1,000 件の探索時間の平均とその分散、平均探索時間の比を表 2 に示す。

¹ バスネットでは 1 回の探索につき最大 8 件の経路が出力される。また、1 つの経路に対して複数回乗り換えが要求される場合もある。このため、試行回数よりも乗り換えに利用された回数が多い。

実験の結果、全ての手法において探索が高速化した。また、方法 1・方法 2 では従来手法にくらべて一定の時間内に探索が終わる傾向が得られた。

表 2 経路探索時間

探索手法	平均 [s]	分散 [s ²]	時間比
従来手法	1.1611	0.8156	1.0000
方法 1.	0.9641	0.5397	0.8304
方法 2.	1.1003	0.6644	0.9476
方法 3.	1.1563	0.8156	0.9958

しかし、出力される経路の中には不必要な移動がある経路が出力される場合があった。例えば方法 3 の手法を用いて東山公園競技場から鳥取大丸まで移動する経路を探索した場合、図 1 のように先回りして後から追いつく鉄道に乗る経路が出力される。このようにこれらの手法には経由地で必ず乗り換えを行うという制約があるため、良経路が出力経路の候補から外されてしまうことがあった。

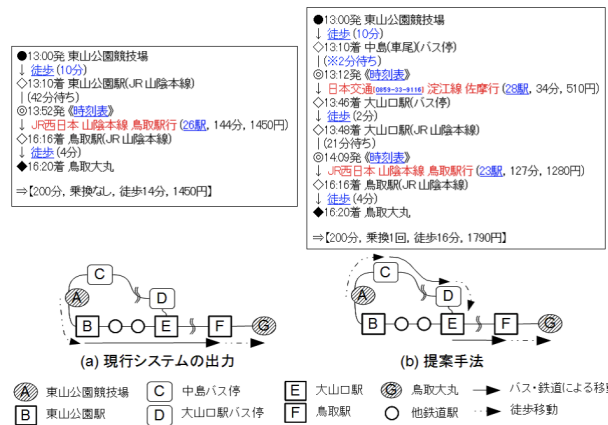


図 1 東山公園競技場から鳥取大丸までの探索経路

7. おわりに

本研究では経由地を利用し探索経路を分割することで経路探索を高速化した。この結果、本手法は巨大なネットワークを探索する上で一定の効果が得られる事が分かった。しかし、本手法では不自然な乗り換えが行われる経路が出力されることがあった。これは経由地を鉄道駅に制限したためだと考えられる。このため適切な経由地を導出する方法を考えることが今後の課題として挙げられる。

文 献

- (1) 公共交通機関利用援助システム～バスネット～, <http://www.ikisaki.jp/>
- (2) 川村尚生, 菅原一孔: バスネットワークのための実用的な経路探索システム, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No. 2 pp. 780-790 (2007).
- (3) 飯村伊知郎, 加藤誠巳: ルックアップ・テーブルにより探索領域を限定した日本全国道路網における経路探索手法, 情報処理学会論文誌, Vol.35, No.12 pp. 2831-2841 (1994).
- (4) キヤノン株式会社. 情報処理方法, 情報処理装置. 特開 2006-172318. 2006-06-29.