

公共交通機関を利用した経路探索システムにおける高速な探索の実現

Route Finding Methods based on Route Partitioning for Public

Transportation Systems

福田 暁[†] 高橋 健一[†] 川村 尚生[†] 菅原 一孔[†]

Satoru Fukuta[†] Kenichi Takahashi[†] Takao Kawamura[†] Kazunori Sugahara[†]

[†] 鳥取大学 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原因により、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り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。そこで探索経路を分割することで高速な経路探索を実現する。

2 経路探索における問題

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]。

過疎地では路線バスの運行本数が少なく、乗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。バスネットではこのような徒歩移動を考慮した経路探索を行うため、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る。そのため、非常に長い計算時間を要する場合があるといった問題点が存在する。そこで本稿では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では、地理的に広大な範囲の路線データを使用するため、非常に大きな探索ネットワークが作成される。このように巨大で複雑なネットワークの全範囲の探索を一度に行うのは効率が悪い。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になる。一般に公共交通機関を利用した長距離の移動では、都市の中心にあるバスターミナルや規模の大きい鉄道駅を経由することが多い。そこで、本稿では経由地を2点設定し、以下の3つのステップで経路探索を行う。

1. 出発地か出発地側経由地への探索
2. 出発地側経由地から目的地側経由地への探索
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、経由地の候補だけからなる探索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の位置をもとに2点の経由地を経由地の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。さらに出発地側の経由地から目的地側の経由地までの経路をあらかじめ作成しておいた経由地の候補だけからなる探索ネットワークを探索する。そして目的地側の経由地から目的地までの経路を求め、これら3つの経路を結合することで最終的な経路を確定する。ただし、この手続きは出発地と目的地が近距離に存在する場合には適用せず、長距離移動が考えられる場合のみ適用する。本稿では出発地と目的地が直線距離で30km以上離れているときに適用した。

4 予備実験

経由地として使用できるのは乗換えが起こる可能性のある地点だけである。しかし、公共交通機関の路線は都市に近いほど密集し、徒歩移動による乗換えを考慮すると多くの地点が経由地として採用されることになる。しかし、多くの地点を経由地として採用する場合、現在の経路探索で調べる経路の範囲と変わらない。そこで乗換えで利用される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地点は乗換えの頻繁に起こる地点である。そこで、現在のバスネットシステムの経路探索エンジンを使用し、出発地・目的地・出発時間をランダムに決定し、経路探索を行う実験を行った。実験での経路探索の回数は10万件である。実験結果を表1に示す。表1中で乗換え回数が実験の試行回数に

長距離の移動では最寄りの鉄道駅を利用する事が多いため、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・目的地間の経路において時間的に近い鉄道駅：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を利用する

表1: 乗換えに利用された回数(上位10件)

地点名(バス停・駅)	乗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
浜村駅	13,050
郡家駅	11,429

これら3つの経由地の決定方法を実装したシステムと現行のバスネットの経路探索との経路探索時間と出力される経路の質を比較した。

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。実験では従来のシステムと、提案する手法を実装したシステムとの経路探索時間と経路探索結果を比較した。実験はバスネットが管理する地点データ9,960件から異なる2地点を無作為に選択する。出発時間を0:00から23:55まで5分刻みでランダムに設定し、経路探索を行った。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。

比べて多くなっている。これは表中では駅名と同名のバス停を同一の名前で取り扱っているためであり、駅の直前にあるバス停から駅までの移動をそれぞれ1回としたために多くカウントされている。バスネットの出力経路が複数あり、また1つの経路で乗換えを複数回行うものが存在するため、1度に1回以上の回数がカウントされるために試行回数よりも多くなっている。

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、乗換えで利用されることのないバス停・鉄道駅は2,177件とほとんどの地点が乗換えで利用されていないことが分かった。また、乗換えで利用する頻度の高い地点はほとんどが鉄道駅であった。特に一部の駅周辺では頻繁に乗換えが行われるといった結果が得られた。この結果から経由地候補として鉄道駅を利用することとした。したがって、3節における手続き中の2.で探索に使用するネットワークには、鉄道駅のみを抽出したネットワークを使用する。

5 経由地候補の決定

この手法では出発地・目的地に応じて経由地候補の中から適切な経由地を2点選択する必要がある。そこで、本稿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る頻度がとても高い事から、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する

方法2. 出発地・目的地に対して最も地理的に近い鉄道駅：

表2: 探索時間の平均と分散

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

実験の結果、方法1・方法2では従来手法に比べて一定の時間内に探索が終わる傾向が得られた。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。例として方法1の手法を用いて経由地を決定するシステムで鳥取県西部にある淀江駅から鳥取県東部にある鳥取大丸までの経路を探索した場合の探索経路を図1に示す。

図1の(a)は現行のバスネットの出力経路である。図1の(b)は提案手法を用いて経由地を決定した場合の出力経路である。これらの経路はどちらも同じ時刻に出発し、同じ便を利用するため到着時間は同じである。しかし、(a)では目的地の鳥取駅まで直接向かう経路が出力されるのに対して、(b)では一度目的地とは逆の方向にある米子駅に向かい、その後鳥取駅に向けて進む経路が出力されている。

他の例として方法3の手法を用いて鳥取県西部にある東山公園競技場から鳥取県東部にある鳥取大丸までの経路を探索した場合の例を図2に示す。図2の(a)は現行のバスネットの出力経路である。対して図2の(b)は方法3の手法を用いたシステムの出力経路である。方法3の手法を用いたシステムの出力経路では図

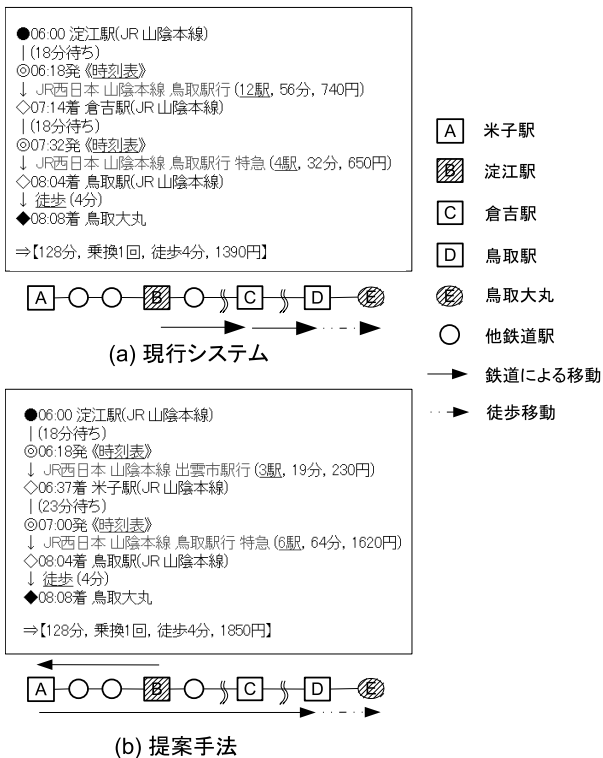


図 1: 淀江駅から鳥取大丸までの探索経路

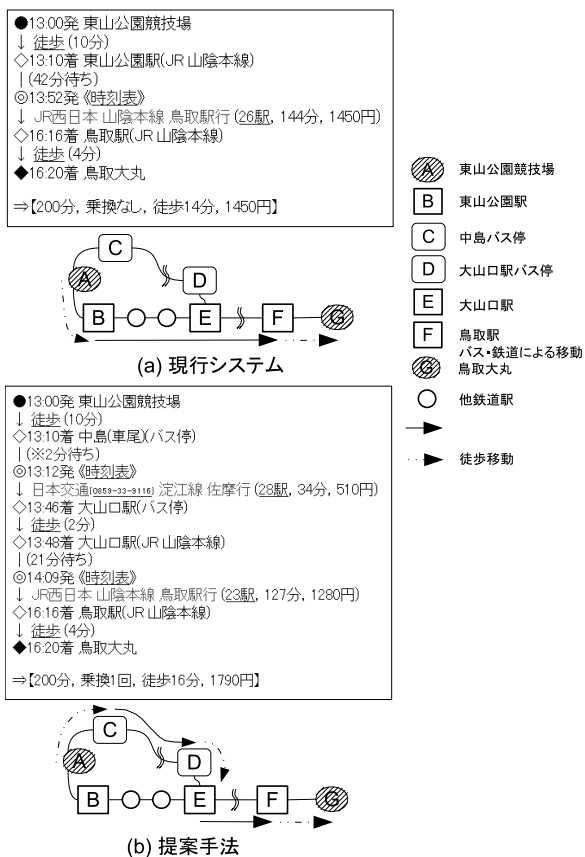


図 2: 東山公園競技場から鳥取大丸までの探索経路

2のように先に進んでから鉄道を待つ経路が出力されることがある。このような経路は待っていればいずれ到着する便を利用するので、無駄な移動を含んだ経路だと言える。他の方法を用いて経由地を決定した場合でも似たように不必要な移動が生じる経路が出力される事があった。

7 考察

探索経路を分割する手法は探索の高速化について一定の効果がある事が分かった。しかし、ごく一部の経路では逆に時間がかかってしまうこともあった。これは乗換え無しの鉄道1本で移動できるような経路でも3つに分割して考えるため、無駄に時間がかかってしまったためである。また、路線バスで先に移動した後、鉄道に乗るような経路など無駄な移動が生じる経路が出力されることがあった。これらの問題は経由地で必ず乗換えを行わなければならないという制約を設けるので、良経路が出力経路の候補から外れてしまうためと考えられる。

8 おわりに

本稿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の高速化を行った。しかし、本提案手法では不自然な乗換えが行われる経路が出力されるといった事があった。これらのことから適切な経由地を決定する事が出来れば、速度の高速化を図りつつ質の高い経路を出力できる可能性があると言える。このように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。

参考文献

- [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.2331-2841(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.