

徒歩による移動を考慮した路線バス利用援助システム

楠神 元輝 † (鳥取大学大学院工学研究科知能情報工学専攻)

三好 力 † (鳥取大学工学部知能情報工学科)

川村 尚生 † (鳥取大学工学部知能情報工学科)

菅原 一孔 † (鳥取大学工学部知能情報工学科)

† {kusugami,mijosxi,kawamura,sugahara}@ike.tottori-u.ac.jp

1 はじめに

鉄道などの公共交通機関で移動する際に、WWW上で、あるいはパッケージソフトとして提供されている経路検索ソフトウェアを利用する人が増えてきた。経路検索ソフトウェアは、出発駅や到着駅等を入力することで、所要時間、運賃、乗換え案内などの経路情報を出力するものであり、当初は鉄道のみが経路検索の対象であったが、最近では、都市によっては路線バスも含めた経路検索も可能となってきている。路線バスを対象とすることで、経路検索ソフトウェアの利用範囲のさらなる拡大が見込まれる。現在の路線バスの経路探索には鉄道の経路検索手法がそのまま流用されているが、路線バスには鉄道にはない性質がある。それは、バス停の設置間隔が狭いため、バス停間を徒歩移動することも可能であるということである。徒歩移動を考慮していない従来の検索手法では、路線バスを利用した移動において最良の経路が発見できない可能性がある。

本研究は、利用者が移動を開始する地点(以後、出発地と呼ぶ)から、移動の目的となる地点(以後、目的地と呼ぶ)までを、徒歩もしくは路線バスによって移動する際に、所要時間が最短となる経路を探索する手法を開発することを目的とする。ここで、路線バスの特性に焦点を絞るため、公共交通機関としてはバスのみを対象とし、鉄道等の利用は考慮しない。さらに、提案手法に基いた、携帯電話から利用できる路線バス利用援助システムを作成する。

2 路線バス経路検索の特性

先に述べたように、バス停はその設置間隔が狭いため、それらの間を徒歩で移動することが可能である。また、バス路線は、2点間を最短距離で結ぶという発想ではなく、利用客が多い所を結んで街中を蛇行するように設計されているため、経路が複雑に入り組んでいる。そのため、徒歩移動が実際に有効となる以下のような場合が存在する。

- 目的地の最寄りではないバス停で途中下車し、そこから徒歩で目的地まで移動する。この例を図1(a)に示す。
- 複数路線が乗り入れる本来の乗換えバス停以外にも、路線の異なるバス停間を徒歩で移動することで乗換える。この例を図1(b)に示す。

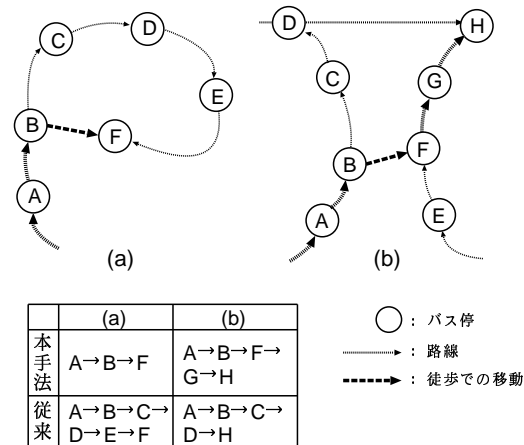


図 1: 徒歩移動が有効な例

図1(a)の例に示されているように、一般にバス停自体は目的地ではない。これは鉄道を利用する場合の経路検索でも同様であるが、鉄道の場合は徒歩移動を考慮できない上に、情報が多く、利用者が目的地の最寄り駅を判断しやすいので、一般には最寄り駅 = 目的地とされている。しかし、路線バスで徒歩移動を考慮する場合には、図1(a)のようなことがあるので、最寄りバス停 = 目的地と考えることはできない。同様の議論により、出発地と出発バス停も分けて考えることが必須である。

3 徒歩移動を考慮した路線バス経路検索手法

3.1 路線バスネットワーク

バス停を頂点、バスが運行する経路を辺とし、辺の重みを所要時間とすることで、路線バスネットワークが形成できる。ただし、以下のように、現実のバス路線をそのままネットワーク化できない場合がある。

1. バス路線には始発バス停と終点バス停が一致する循環線が存在する。これをそのまま扱うことはできないので、現実には同じバス停を指している両者を仮想的に別のバス停とする。
2. 同じ路線を走るバスでも、時刻や曜日によっては止まる停留所の数が少ない直行便になる場合がある。一般便が通る路線と直行便が通る路線は現実には同じものとして扱われているが、仮想的に別の路線とする。

徒歩移動を考慮するには、バス停間を新たな辺で結び、その重みを徒歩による移動時間とすればよい。ここで、徒歩による移動時間 T は次式で与えられる。

$$T = \frac{kd}{v} \quad (1)$$

ここで、 d はバス停間の直線距離、 k は実際の歩行距離と直線距離との比、 v は歩行速度である。 k はバス停によって異なり、 v は人によっても場合によっても異なるので、 N を定数とし、(1) 式を次式で近似する。

$$T = Nd \quad (2)$$

原理的には全バス停間を徒歩移動による辺で結ぶ必要があるが、現実的ではない。そこで、適当な T_1 を定め、歩行時間が T_1 以下のバス停間のみを結ぶこととする。

また、出発地と目的地も頂点としてネットワークに加える。原理的には、出発地から全バス停への辺、全バス停から目的地への辺が張られるべきであるが、これも現実的ではないので、適当な T_2 を定め、出発地、目的地とも歩行時間が T_2 以下のバス停のみと結ぶこととする。

3.2 経路検索手法

3.1 で述べた方法で作成した路線バスネットワークのように、辺の重みが全て非負の重み付き有向グラフに対する単一始点最短路問題の解法として、ダイクストラのアルゴリズム [1] がよく知られている。しかし、路線バスネットワークにこのアルゴリズムをそのまま適用することはできない。なぜなら、ダイクストラのアルゴリズムが固定的な辺の重みを要求するのに対し、路線バスネットワークでは、徒歩で到着したバス停からその次のバス停までの所要時間 (= 辺の重み) が静的には定まらないからである。この場合の所要時間は、バス停間の移動に要する時間と到着バス停での待ち時間の和と考えられるが、到着時刻によって次のバスが来るまでの待ち時間が異なる。そこで、本稿では到着時刻とバス停の持つ時刻表から待ち時間を計算し、辺の重みを動的に決定するようダイクストラのアルゴリズムを改良した。

路線バスネットワークの例を図 2 に示す。ただし、目的地を示す頂点は省略している。() 内の数字はその頂点への到着時刻を、[] 内の数字はその時刻に次のバスが発車することを表す。このネットワークでは出発バス停と乗換えバス停において待ち時間が生じる。現在時刻が 10 時 5 分のとき、出発バス停に到着する時刻は 10 時 8 分である。そして、出発バス停では 10 時 10 分にバスが出ることから、ここでの待ち時間は 2 分であり、出発バス停から乗換えバス停までの所要時間は $5 + 2 = 7$ 分となる。同様に乗換えバス停から到着バス停までの所要時間は $7 + 3 = 10$ 分となる。

4 路線バス利用援助システム

本システムは、出発地、目的地、出発時刻を入力することで検索が可能である。また、GPS 機能を搭載した携帯電話においては、携帯電話で出発地の座標を測位することができるため、目的地入力のみで検索可能となる。その様子を図 3 に示す。

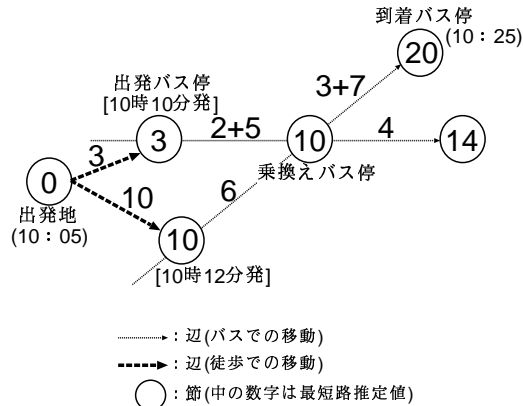


図 2: 路線バスネットワークの例

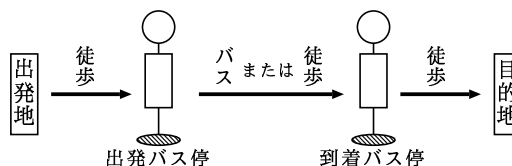


図 3: 経路検索の様子

システムで扱うデータは、各路線上のバス停と、バス停間の所要時間を表す「路線データ」、始発バス停の出発時刻を表す「時刻表データ」、バス停の座標を表す「座標データ」の 3 種類である。「路線データ」と「時刻表データ」は、路線毎にそれぞれファイルを作成している。「座標データ」は一つのファイルに格納されている。また、「路線データ」と「時刻表データ」に関しては、鳥取県の「日ノ丸バス」と「日交バス」のデータファイルを作成した。「座標データ」は、GPS 受信器を用いて鳥取市内に存在するバス停の座標を測位し、作成した。

システムは Ruby で記述している。システムの処理の流れを図 4 に、ネットワーク構築手続を図 5 にそれぞれ示す。

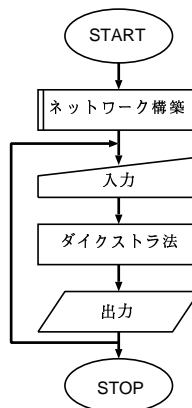


図 4: システムの処理の流れ

なお、3.1 で述べた N は $1/30$ 、 T_1 は 5、 T_2 は 10 とした。また、 T_2 の値はバス停が見つからない場合、2 倍、3 倍、...、と増やす。

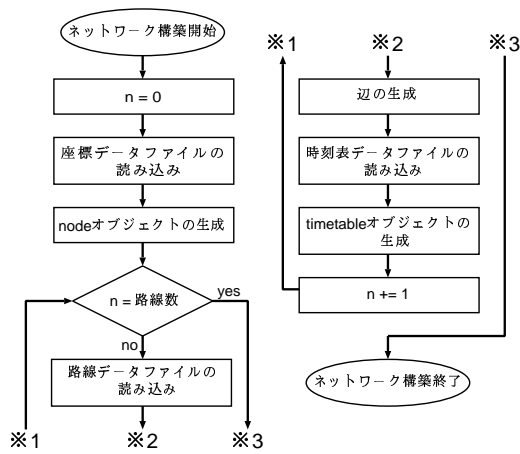


図 5: ネットワーク構築手続

5 実験

徒歩による移動を考慮することで検索時間が短縮できるか確認するため実験を行った。本システムは携帯電話からの利用も可能である。図 6 に示すよう入力画面では、現在地、目的地、出発時刻の 3 つの入力が必要である。入力例を同図中に示す。

鳥取市バス路線探索システムへようこそ！！

まず初めに[使い方](#)をお読み下さい

出発地
 砂丘海水浴場
 北緯 35.32.56.2
 東経 134.15.01.25

目的地
 鳥取大学
 北緯 35.30.48.10
 東経 134.10.30.50

出発日時
 (例) 2003年9月8日午後3時2分 → 20030908.15:02

図 6: 入力例

図 6 の入力の探策結果を図 7 に示す。この出力例では、徒歩移動による乗換えが二回行われている。

また、先ほどの入力例で、バス停間の徒歩での移動を考慮しない場合の出力例を図 8 に示す。この例では、徒歩での移動による乗換えが行えないため、先ほどの例に比べて出発地から目的地までの所要時間が一時間以上増えていることが分かる。

6 おわりに

路線バスの経路検索において、徒歩による移動を考慮した手法を提案し、携帯電話から利用できる路線バス利用援助システムを作成した。本システムにより、徒歩による移動を考慮しない場合に比べて、所要時間が短い経路が検索できることを示した。

今後の課題として、所要時間以外の指標を考慮した経路検索が挙げられる。運賃、乗換回数の多寡、徒歩での

リンク時間0.777927秒
 サーチ時間8.759355秒

9:00 出発地「砂丘海水浴場」発
 ↓ 徒歩
 9:21 「砂丘センター」着
 9:40 「砂丘センター」発
 ↓ 砂丘線
 9:44 「寛寺口」着
 ↓ 徒歩
 9:48 「ニュー浜坂」着
 9:49 「ニュー浜坂」発
 ↓ 十六本松線
 9:57 「八丁目」着
 ↓ 徒歩
 10:01 「湖山西」着
 10:10 「湖山西」発
 ↓ 湖岸線
 10:11 「鳥商前」着
 10:28 「鳥商前」発
 ↓ 智露線
 10:29 「湖陵高校前」着
 ↓ 徒歩
 10:40 目的地「鳥取大学」着
 出力時間0.007585秒

図 7: 出力例

リンク時間0.692623秒
 サーチ時間8.379398秒

9:00 出発地「砂丘海水浴場」発
 ↓ 徒歩
 9:21 「砂丘センター」着
 9:40 「砂丘センター」発
 ↓ 砂丘線
 9:46 「丸山」着
 9:46 「丸山」発
 ↓ 岩井線
 9:47 「城北団地」着
 10:06 「城北団地」発
 ↓ 鹿野・青谷線
 10:18 「鳥商前」着
 11:49 「鳥商前」発
 ↓ 鳥大(布勢)線
 11:50 「鳥大」着
 ↓ 徒歩
 11:56 目的地「鳥取大学」着
 出力時間0.006922秒

図 8: 徒歩移動を考慮しない出力例

移動距離の長短など、様々な指標が考えられる。また、これらを複数組み合わせることも検討する。これは、複数の指標を折り込んだ評価関数を用いて路線バスネットワークにおける辺の重みを決定することで実現できると考えている。

参考文献

[1] T. カルメン C. ライザーソン R. リバスト. アルゴリズムイントロダクション, 第 2 巻, 第 25 章. 近代科学社, 1995.