

# 徒歩移動を積極的にとり入れた路線バス利用援助システム

## Path Planning System for Bus Network including Walking Transfer

楠神 元輝† 藤原 好章†† 川村 尚生†† 菅原 一孔††

Genki KUSUGAMI† Yosiaki FUJIWARA†† Takao KAWAMURA†† Kazunori SUGAHARA††

† 鳥取大学大学院工学研究科知能情報工学専攻 †† 鳥取大学工学部知能情報工学科

### 1 はじめに

いずれの地方も同様の状況であるが、鳥取県でも路線バスの利用者は年々減少の一途をたどっており、平成 11 年度には 70% 近い路線が赤字で、路線バス維持のための市町村の負担が大きなものになっている [1]。路線バスの不便な点の一つに、経路情報が得にくいということが挙げられる。例えば、鉄道では駅構内の路線図や運賃表等から、また駅員に質問することで経路情報を入手できるが、バス停はほとんどが無人であり、詳しい経路情報を掲示するスペースもないので、入手できる情報は限られている。また、鉄道の駅と異なり、場所を知らせる道路標識等もなく、特に観光客にとっては、どこにバス停があるのかを知ることさえ容易ではない。さらに、鉄道においては、出発駅と目的駅を指定することで経路情報を出力する経路探索システムが普及しているが [2, 3]、バスを利用する本格的な経路探索システムはまだ存在していない。

そこで我々は、鳥取県のバス会社と協力して、路線バス経路探索システムを開発している。本稿では、バス経路探索を単一始点最短問題ととらえ、経路探索において一般的に使用されるダイクストラのアルゴリズムを適用し、所要時間最短経路を探索する手法を開発したのでこれについて報告する。またバス停は設置間隔が狭いため、バス停間を徒歩で移動することが可能であるといった路線バス経路探索問題特有の性質を考慮し、アルゴリズムやデータ構造を工夫した。

### 2 路線バスネットワーク

バス停を節、バスが運行する経路を辺とし、辺の重みをバス停間の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。同じ路線を走るバスでも時刻や曜日によっては停まる停留所数が少ない直行便になる場合があるが、これについては一般便が通る路線とは別の路線が存在するものとして扱う。たとえば、あるバス路線  $\alpha$  において、8 時台にはバス停  $A \rightarrow B \rightarrow C$  と停車するが、それ以外の時間帯にはバス停  $A \rightarrow C$  と停車する場合、2 つの分割路線  $\alpha - 1$  と  $\alpha - 2$  が存在するものとしてネットワークを構築する。

上で述べたように、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、バス路線は鉄道とは異なり、2 点間を最短距離で結ぶという発想ではなく、なるべく利用客が多い場所を通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、図 1 に示すように徒歩移

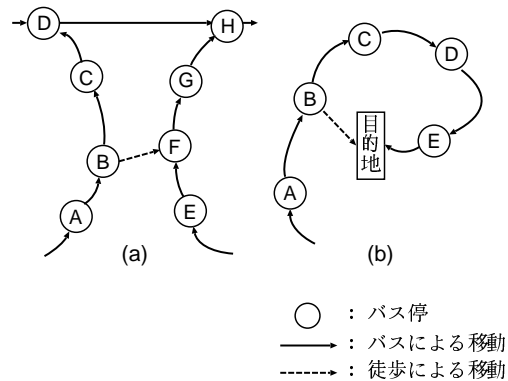


図 1: 徒歩移動が有効となる経路例

動が有効となる経路が存在する。

図 1(a) はバス停間の徒歩移動が有効となっている例である。この例では、バス停  $A$  からバス停  $H$  に移動する場合を考える。徒歩移動を考慮しなければ、 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow H$  という経路しか得られないが、徒歩移動を考慮すると  $A \rightarrow B \rightarrow F \rightarrow G \rightarrow H$  という経路も探索対象に含めることができる。バス停間の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る。バス停  $N_1$  から  $N_2$  までの徒歩による移動時間  $T_{N_1:N_2}$  を次式で与えられるものとする。

$$T_{N_1:N_2} = [N \times d(N_1, N_2)] \quad (1)$$

ここで、 $d(N_1, N_2)$  はバス停  $N_1$  から  $N_2$  までの直線距離、 $N$  は徒歩速度の逆数である。

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、徒歩による移動時間が一定以上の辺が経路に加わることは考えられないので、適当な  $T_1$  を定め、徒歩による移動時間が  $T_1$  以下のバス停間のみを結ぶこととする。

図 1(b) は目的地の最寄りバス停以外のバス停から目的地までの徒歩移動が有効となっている例である。目的地の最寄りバス停を  $E$  とした場合、徒歩移動を考慮しなければ、 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow$  目的地という経路しか得られないが、徒歩移動を考慮すると  $A \rightarrow B \rightarrow$  目的地という経路も探索対象に含めることができる。同様に、出発地に対しても最寄りバス停以外のバス停まで徒歩移動してバスに乗ることを考慮しなければならない。すなわち、鉄道の経路探索では駅

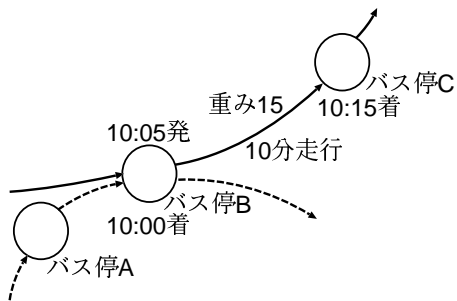


図 2: 待ち時間を含む辺の重み

から駅までを経路とするのに対し、バスの経路探索においては、実際の出発地から目的地までを経路としなければならない。このために、出発地や目的地も節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、同様に、適当な  $T_2$  を定め、出発地、目的地とも徒歩による移動時間が  $T_2$  以下のバス停のみと結ぶこととする。

### 3 ダイクストラのアルゴリズムを適用した経路探索

前章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経路問題の解法として、ダイクストラのアルゴリズムがよく知られている。

本研究ではこのアルゴリズムを、

1. 目的地を示す節の最短経路推定値が決定した時点で探索を終了する
2. 動的な辺の重みに対応する

と変更し、探索に用いている。

1. は、目的地を示す節の最短経路推定値が決定した後の探索は不要である事から探索時間を減少させる効果がある。

2. は、路線バスネットワークで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が辺の重みであり、その値は現在時刻に依存して変化するため、静的には定まらないことへの対応である。ただし、この辺の重みの計算量は  $O(1)$  であり、全体の計算量のオーダーは本来のダイクストラのアルゴリズムと変わらない。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事を図 2 に示す例で説明する。

いま、バス停 A から乗り換えバス停 B を経由してバス停 C に移動するものとする。バス停 B に到着する時刻が 10 時 00 分で、次のバスが 10 時 05 分に出る場合、待ち時間は 5 分なので、バス停 B からバス停 C までの所要時間、すなわち辺の重みは  $5 + 10 = 15$  分となる。この待ち時間は到着時刻によって異なるので、辺の重みも一意に決めることができない。

## 4 路線バス経路探索システム

システムは CGI として実装されており、WWW から使用可能である。開発言語には Ruby を使用した。

システムへの入力、出発時刻、出発地、目的地の 3 組である。出発時刻は初期値として現在時刻が設定されている。出発地および目的地はランドマークで指定する。ランドマークとしては現在鳥取市内の主要な施設 2085 個を MySQL で管理している。なお、GPS 機能付携帯電話からシステムにアクセスした場合は、出発地は GPS 機能で与えることもできる。

出発地を『鳥取大学』、目的地を『鳥取砂丘』、出発時刻を 14 時 40 分とした時の探索例を図 3 に示す。この例では、上り線、下り線の両方に存在するバス停「城北団地」はこれらの間の設置間隔が狭いため、鳥大(相生町・西品治)線を降りたバス停「城北団地」から反対車線のバス停「城北団地」まで徒歩で移動し乗換えを行っている。また『出発地』、『目的地』、『バス停』にはその座標を中心とした地図へのリンクが張られており、『鳥取大学』をクリックすると、鳥取大学の座標を中心とした地図のページが得られる。

```

14:40 出発地『鳥取大学』発
↓, 徒歩
14:47 「鳥大」着
14:57 「鳥大」発
↓, 日ノ丸「鳥大(相生町・西品治)線」
15:11 「城北団地」着
↓, 徒歩(反対車線のバス停へ)
15:16 「城北団地」着
15:27 「城北団地」発
↓, 日ノ丸「麒麟砂丘線」
15:33 「子供の国入口」着
↓, 徒歩
15:50 目的地『鳥取砂丘』着

```

図 3: バス停間を徒歩移動し乗換えを行う探索例

## 5 おわりに

本稿では、路線バス探索において出発地、目的地、出発時刻の 3 つを入力する事で、出発地から目的地までの所要時間最短経路を出力するシステムについて述べた。

ここでは所要時間が最短とすることを目的としたが、乗換え回数が少ない、徒歩での移動時間が短いなど利用者にとって満足度の高い経路を探索する手法を開発する事が今後の課題である。

## 6 参考文献

- [1] 中村理人. 21 世紀の鳥取県の公共交通のあり方に関する研究. 財団法人とっとり政策総合研究センター ニュースレター, NO.17(2001).
- [2] 駅前探険倶楽部. <http://www.ekitan.com/>.
- [3] Yahoo! 路線情報. <http://transit.yahoo.co.jp/>.