

## 普通列車を対象にした制約付き最長距離経路探索の考案

谷口 雄大† 猪股 俊光† 杉野 栄二† 成田 匡輝† 今井 信太郎†  
新井 義和†

†岩手県立大学ソフトウェア情報学部ソフトウェア情報学科

### 1 はじめに

現在、乗換案内サービスの中には普通列車限定の探索機能を有するものが存在する [1]。普通列車の場合、移動に時間がかかるため、1日で移動できる範囲が旅程を作成する際に重要である。しかし、既存の乗換案内サービスでは、出発駅と到着駅を入力しなければならないため、出発駅から1日で移動できる範囲を知ることは難しい。本研究の目的は、普通列車のみを利用した場合に、出発駅から乗り継ぎながら、1日の運行時間内で移動できる最長距離を求めることである。これにより、普通列車を利用した旅行に役立つと考える。

### 2 関連研究

最長片道きっぷの厳密解を求める [2] ものと、大都市近郊区間の経路の効率的な列挙と検索 [3] がある。前者は、全路線中の最長経路を求める研究であり、最長片道切符の形式は終端駅同士であることを証明し、経路形式を限定することで計算量を削減している。後者は冗長な節点を除くことで計算量を削減しているが、時刻に関する制限は必要ないため、本研究では時間制約を加えた手法を考案する。

### 3 探索手法

#### 3.1 探索の制約条件

探索の制約条件を以下に示す。

探索の対象路線: 北海道を除く JR 路線

使用列車: 普通列車 (快速含む)

乗継条件: 同一駅構内 (駅を一旦出たの乗り継ぎは禁止)

旅行時間: 旅行時間を  $T$ ,

出発 (スタート) 駅での始発時刻を  $T_s$ ,

到達 (ゴール) 駅への到着時刻  $T_a$  のとき、

$T_s - T_a \leq T$  を満たす。

#### 3.2 探索方針

(1) ~ (3) の方針のもと 3.3 に示す戦略で探索する。

##### (1) 目的関数の最大化

本研究では、経路全体の営業キロ数ではなく出発駅と到着駅の地図上の直線距離を目的関数の値とし、制約条件を満たす最長となる経路を求める。

##### (2) 探索方向による枝刈り

直線距離が長い到着駅を求めるには、乗り継ぐ候補の路線が長い方を選択するとよい。そのため、現地点から路線が長くなる方向を探索方向として探索範囲を限定する。探索方向は、現在地から東西南北の最遠地となる駅との距離によって求める。図1は、鹿児島県内の駅から出発する例である。この場合、最も直線距離が長い青森県内への方角 (北) を探索方向とする。

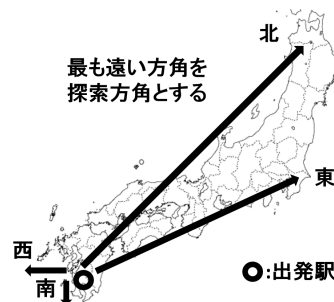


図1: 探索方向の決定 [4]

##### (3) 路線の探索順位

優先する路線は、路線の終着駅間の直線距離が長く、列車本数が多い路線とする。以降この条件で優先させる路線を主要線、それ以外の路線を地方線とよぶ。出発駅が地方線上にあった場合は、その駅から最も近い主要線の乗り換え駅を目指すこととする。

#### 3.3 探索戦略

探索の流れを図2に示す。

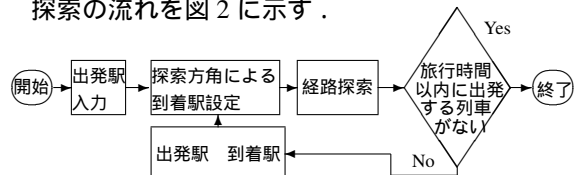


図2: 探索の手順

探索方向により定めた到着駅への経路探索を行い、到着駅を新たな出発駅として次の到着駅を求める。これを終電がなくなるまで繰り返す。最後に算出した経路を結合し探索結果の経路とする。

このうち、「経路探索」の処理は次の (1) 主要線と (2) 地方線で別の枝刈り戦略をとる。

##### (1) 主要線の戦略

出発駅が主要線の場合、主要線は路線の分岐が少なく、枝分かれによる計算時間の増大の心配がないため、深さ優先探索を用いて探索を行う。まず、路線がない方向に探索が続かないようにするため、出発駅から緯度経

To devise of the longest distance route search with restrictions for local trains  
†Yudai Taniguchi †Toshimitsu Inomata †Eiji Sugino †Masaki Narita †Shintaro Imai †Yoshikazu Arai  
†Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

度 ± 2.14 度の範囲内の主要線の駅を探す．その中で探索方角に該当し，出発駅から最も直線距離が長い探索方角の駅を到着駅と設定する．もし経路が見つからなかった場合は，次に直線距離が長い探索方角の駅を到着駅としながら深さ優先探索を行う．

(2) 地方線の戦略

出発駅が地方線の場合，いち早く主要線の駅にたどり着くことをねらって，幅優先探索を行う．図3に示すように，幅優先探索で，地方線上の駅から最初に見つかった主要線上の駅までの経路を採用する．

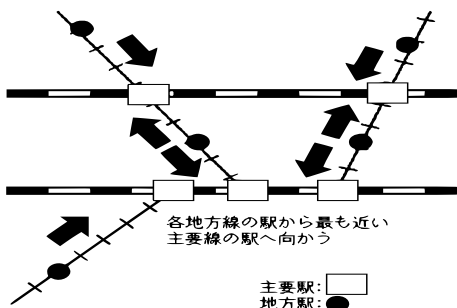


図3: 地方線の戦略 [5]

4 実装

本研究で考案した探索法を Ubuntu16.04 上に perl で実装した．駅情報や路線情報は駅データ.jp[6] から，時刻表は駅.Locky[7] からそれぞれ入手した．駅.Locky ではボランティアで時刻表データを登録しているため，一部の路線ではデータが未登録である．その場合，駅間の距離の近似値により所要時間を近似的に計算する．なお，本システムでの路線本数は総計 166 本であり，主要線は 11 本，地方線は 155 本である．

5 評価

本研究では，旅行時間  $T$  を 1 日とし，目的関数が最大となる経路を求めるとした．評価は，本システムで探索した経路と，手作業で探索した経路の一致駅数の割合と目的関数の差を用いる．一致しない駅が多いほど，異なる経路を選んだことになる．表1に手作業による経路と本システムによる経路の比較結果を示す．

表 1: 評価項目一覧 (一致率の降順)

地方	出発駅 [A]	手作業による到着駅 [B]	本システムでの到着駅 [C]	目的関数の差 [S](km)	一致率率 [P]
関東	的場	岩国	下松	-37	95.6% = 266/278
中部	木曾平沢	小倉	博多	-52.2	90.4% = 256/283
東北	陸奥岩崎	小田原	上野	54.5	90.3% = 149/165
近畿	王寺	小牛田	新津	179.2	87.2% = 232/266
四国	立間	沼津	蒲郡	146	83.6% = 210/251
中国	大田市	東京	三島	-77.8	82.5% = 198/240
九州	宮地	野洲	大垣	-63.2	76.2% = 270/354
北陸	鹿瀬	姫路	垂井	165.9	71.0% = 182/256

$S$ =本システムの目的関数値 - 手作業経路の目的関数値  
 $P$ =(手作業経路と本システムの一一致駅数/本システムの経路駅数) × 100

一致率が 90%以上の経路が，陸奥岩崎, 的場, 木曾平沢を出発駅とした場合である．出発駅から到着駅まで

の直線距離が長くなるほど，主要線の利用率が高く手作業の経路と一致する．一致率が 90%未満のケースは，時刻表が不完全である影響が強い．

さらに，陸奥岩崎, 的場, 木曾平沢などは，時刻表が揃っており, 3.2 節の (3) の方針が手作業による経路と合致するため，目的関数の差が ± 60km の範囲内である．完全に経路が一致しないのは，快速の停車駅の情報が不足しているためである．

目的関数の差がマイナスになる例は, 4 で示したとおり, 時刻表が不完全な路線では所要時間を近似するため, 乗り継ぎ時間に誤差が生じ, 到達可能な駅を超えて探索を行うためである．王寺駅発の例では, 本システムの到着駅が新津であり, 手作業の到着駅が小牛田と大きく異なり, 目的関数の差も大きい．これは, 3.2 の (3) の方針により, 本システムで高崎・上越線の新幹線沿線の経路を優先したためであり, 実際には東北本線を優先するほうが目的関数の値が大きくなる．

6 おわりに

本研究では, 普通列車で旅行時間を制限した際の探索方針と探索戦略を提案した．提案した方針と戦略に基づいたシステムを実装し, 実験評価を行った．その結果, 探索された経路と手作業で調べた経路の目的関数の値の差は, 絶対値平均で 96.975(km) であった．経路が完全に一致しないのは, 時刻表や快速の停車駅の情報が不完全な場合であり, 加えて路線の探索順位が最適ではなかったためと考えられる．そのため, 時刻表が完全な路線を対象として, 全解探索の結果と比較しながら, 路線の探索順位の最適化をはかることが今後の課題である．

参考文献

- [1] ジョルダン乗換案内・時刻表・運行情報サービス <http://www.jorudan.co.jp/> (参照 2017/12/25) .
- [2] 宮代隆平; 葛西隆也; 松井知己, 最長片道きつぱの厳密解を求める (組合せ最適化). 日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会アブストラクト集, 24-25, 2000.
- [3] 堀山貴史; 羽室行信, 大都市近郊区間の経路の効率的な列挙と検索 (<特集> 鉄道利用者視点の OR). オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, Vol.60, No.10, 600-607, 2015.
- [4] 日本地図その1の地図【白地図専門店】 <http://www.freemap.jp/item/japan/japan1.html> (参照 2018/01/07) .
- [5] 地図作成ソフト <http://tools.huu.cc/map/> (参照 2018/01/07) .
- [6] 駅データ 無料ダウンロード 『駅データ.jp』 <http://www.ekidata.jp/> (参照 2017/12/25) .
- [7] 駅.Locky- トップ <http://eki.locky.jp/site/top> (参照 2017/12/25) .