

6G-1

1) 1) 2) 2) 2)
 川端親雄 中西孝充 西村秀人 下山正恒 安藤正裕

1)岡山大学総合情報処理センター
 2)岡山日本電気ソフトウェア㈱

1 はじめに

近年、我が国の交通体系の発展は目覚ましく、大都市圏や地方中核都市圏を高速で結ぶ交通ネットワークが急速に整備されてきている。

こうした交通体系の充実、今や全国規模で実施されてきており、我々は、全国各地へ迅速かつ安全に移動できる時代を迎えている。このような高速交通時代において、ビジネスに、また観光に、全国各地へ最短時間で到着する経路を表示するシステムの開発は非常に有意義であり、そうしたシステムへのニーズは、日増しに高まっている。

我々は、そうしたシステムを開発すべく、大型コンピュータと人工知能プログラミングの技法を駆使して研究を進め、そうしたニーズに応える「最短経路探索エキスパートシステム」のアルゴリズムを開発し、LISP言語によるソフトウェアモジュールとして完成させた。

このソフトウェアの特徴は、まず第1に、アルゴリズムが極めて汎用的であるため、経路探索を行う地域や交通機関を限定せず、経路データを知識ベースに登録すれば、直ちに探索が可能になる。第2に、多種にわたる効率的探索手法を開発し、システムに組み込んであるので、即座に結果が得られ、また探索効率をならん犠牲にすることなく探索圏域を拡張することが可能である。

2. プログラムの機能

全国各地の主要な駅、バス停、港、空港の中から、出発地、目的地を端末から対話式に入力する。入力、漢字、ローマ字のいずれも可能である。続いて探索結果の表示数、及び出発時刻を入力する。すると、直ちに経路探索が開始される。なお、これらのデータ入力の例を図1に示す。

結果は、所要時間の短い順、あるいは料金の安い順に指定した経路数だけ、端末画面及びプリンタ(NIP)に出力される。結果を所要時間の短い順に、プリンタに出力した例を図2に示すが、出発時刻、乗継経路、乗換駅、所要時間、距離(道程)、料金、及び到着時刻の情報が日本語と英語で印字されている。

所要時間は、2地点間の移動に要する時間と、各路線別の待ち時間を合計して求められる。

探索圏域は、例として、岡山県を中心とした中四国及び九州全域、並びに関東地方を対象とした。この圏域内で探索の対象となる駅、バス停留所、港、及び空港の数は、約400箇所であり、交通機関は、鉄道、バス、船舶、航空機を合わせて120路線以上となっている。

また、本システムの経路探索アルゴリズムは、経路データに対して、非常に汎用的であるため、上述の圏域以外のデータでも知識ベースに登録すれば探索可能である。

```

SYSTEM ? UTIL ./ノスタマ4
> (TEST)
  出発地名を入力して下さい。
  PLEASE ENTER THE NAME OF THE STARTING POINT.
  > 岡山
  目的地名を入力して下さい。
  PLEASE ENTER THE NAME OF THE DESTINATION.
  > TOKYO
  表示したい経路数を入力して下さい。(最大50)
  PLEASE ENTER THE NUMBER OF ROUTES WHICH YOU WANT TO DISPLAY. (MAX.50)
  > 20
  出発時刻を入力して下さい。
  (例) 16時15分 --> 16 15
  PLEASE ENTER THE TIME OF DEPARTURE.
  (EXAMPLE) 16:15 --> 16 15
  > 13 0
    
```

図1 端末画面からのデータ入力

各経路別に、乗り換え時刻が加算されず、

出発時刻 13時00分

(1) --- 所要時間 263 分 距離 733 km 料金 15600 円	(2) --- 所要時間 270 分 距離 608 km 料金 23660 円	(3) --- 所要時間 270 分 距離 608 km 料金 23660 円	(4) --- 所要時間 273 分 距離 608 km 料金 23780 円	(5) --- 所要時間 273 分 距離 608 km 料金 23780 円	(6) --- 所要時間 274 分 距離 608 km 料金 23800 円	(7) --- 所要時間 274 分 距離 608 km 料金 23800 円
岡山 → 新大塚 岡山駅 → 新大塚駅 新大塚駅 → 新大塚駅 新大塚駅 → 新大塚駅 新大塚駅 → 新大塚駅 新大塚駅 → 新大塚駅 新大塚駅 → 新大塚駅 新大塚駅 → 新大塚駅	岡山 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅	岡山 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅	岡山 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅	岡山 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅	岡山 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅	岡山 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅 岡山駅 → 岡山駅
所要時刻 17時00分	所要時刻 17時00分	所要時刻 17時00分	所要時刻 17時03分	所要時刻 17時03分	所要時刻 17時03分	所要時刻 17時03分

THE REQUIRED TIME CONTAINS EACH ROUTE'S TRANSFER TIME.

TIME OF DEPARTURE 13:00

(1) --- TIME 263 MINUTES DISTANCE 733 KM FARE 15600 YEN	(2) --- TIME 270 MINUTES DISTANCE 608 KM FARE 23660 YEN	(3) --- TIME 270 MINUTES DISTANCE 608 KM FARE 23660 YEN	(4) --- TIME 273 MINUTES DISTANCE 608 KM FARE 23780 YEN	(5) --- TIME 273 MINUTES DISTANCE 608 KM FARE 23780 YEN	(6) --- TIME 274 MINUTES DISTANCE 608 KM FARE 23800 YEN	(7) --- TIME 274 MINUTES DISTANCE 608 KM FARE 23800 YEN	
OKAYAMA → TOKYO OKAYAMA → TOKYO OKAYAMA → TOKYO OKAYAMA → TOKYO OKAYAMA → TOKYO OKAYAMA → TOKYO OKAYAMA → TOKYO OKAYAMA → TOKYO	OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO	OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO	OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO	OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO	OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO	OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO	OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO OKAYAMA → OKAYAMA-AIRPORT OKAYAMA-AIRPORT → HANEDA-AIRPORT HANEDA-AIRPORT → HAMAMATSU-SUCHO HAMAMATSU-SUCHO → TOKYO
TIME OF ARRIVAL 17:23	TIME OF ARRIVAL 17:30	TIME OF ARRIVAL 17:30	TIME OF ARRIVAL 17:33	TIME OF ARRIVAL 17:33	TIME OF ARRIVAL 17:34	TIME OF ARRIVAL 17:34	

図2 実行結果例

3. 推論機構

本システムの推論機構を図3に示す。

システムは、①経路データ知識ベース及び推論エンジンのバックアップファイル、②料金ファイル(1)、③料金ファイル(2)、④航空機時刻表ファイル、の4つのユニットより成る。

このうち、まず①が主記憶にロードされ、経路データに関する知識ベース及び探索のための推論エンジンが展開される。端末より探索のためのデータが入力されると、知識ベースより最短経路候補群をワーキングメモリに展開しながら、探索を進める。

また、必要に応じて②~④のデータファイルの内容を参照する。

探索結果が得られると、端末画面及び別途設けられた出力ファイルに出力される。さらに、出力ファイルからはプリンタにも出力される。

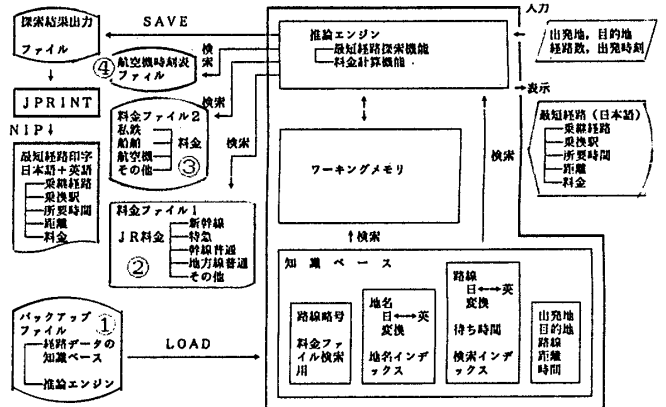


図3 推論機構図

Construction of an expert system for searching the nearest traffic route

1) 1) 2) 2) 2)

Chikao KAWABATA, Takamitsu NAKANISHI, Hidehito NISHIMURA, Masatsune SHIMOYAMA, Masahiro ANDO

1)Okayama University Computer Center

2)Okayama NEC Software Corporation

4. 探索手法

4.1 基本的概念

知識ベース中の個々の経路データは、次のようなリスト形式で表される。

(地名1 地名2 地名1と地名2間の交通機関名 所要時間 距離)

出発地名及び目的地名が与えられると、まず、

出発地名=地名1

という関係を満たす経路データがすべて検索される。続いて、

地名2=他の経路データの地名1

という関係を満たす経路データがすべて検索される。このとき、新しい経路候補は複数に分かれる可能性がある。経路候補のうち、

地名2=目的地

となったものは、そこで処理を終える。また、探索の途中、すでに通過した地点に帰るとその探索は打ち切られる。この手法は、出発地を頂点とする木構造において、初期状態から適用可能な規則をすべて適用して新しい節点の集合を作り、以降、新しく生成したすべての節点を探索し、その後で次の段階へ進むというもので、横型探索と言われる。この手法で50経路まで目的地に着くと探索を終えるようにしてあり、目的地に到達しなかった経路候補は削除される。

しかしながら、この手法による探索は、いわゆる盲目的探索となることは避けられず、目的地とは反対方向へ経路を探索して行き発散してしまうことがある。この点を解消するために、今回のシステムでは、次節以降に述べる小地区分割、バススルーデータ、中継地方式等の効率的探索手法による改良を行った。

4.2 小地区分割

まず第一に、不要と思われる経路データは、探索開始時に除外する必要がある。このために、探索圏域を幾つかの小地区に分割し、その小地区ごとに知識ベース中の経路データ群を分割した。各小地区にはインデックス番号が付けられ、各小地区内の地名とインデックス番号を対応づける地名・インデックステーブルを設けている。そして、実行時、出発地名と目的地名が入力されると、まず、地名・インデックステーブルが検索され、出発地と目的地についてインデックス番号が決定される。すると、それら2つのインデックス番号の組合せによって、分割された経路データ群のうち必要なもののみが選択され、その経路データ群の範囲内で探索が行われる。

今回の例では、中四国及び九州地方は13分割(インデックス番号0~12)、関東地方は14分割(インデックス番号20~33)とした。

4.3 バススルーデータ

前節の方法で選択された小地区の中には、出発地も目的地も存在せず、経路データ群が単なる通過のためだけに使用されるものもあり得る。そうした経路データ群は、途中駅を廃して簡素化したものを別途設けて、それを使用した方が探索効率が高くなる。

このような通適用簡易データを、本論文ではバススルーデータと呼ぶが、単に通過のみに用いられる場合が生じる小地区には、すべてこのバススルーデータを設けて探索を効率化している。このバススルーデータの概念図を図4に示す。

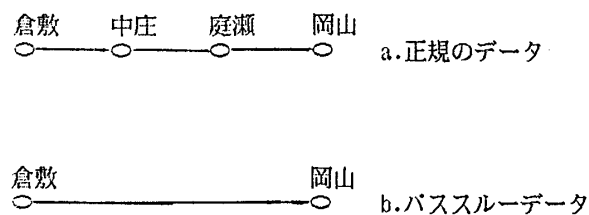


図4 バススルーデータの概念図

4.4 中継地方式

以上2つの効率的探索手法を用いても、中四国及び九州地方と関東地方というような2つの大地区の経路データ群をひとまとめにして取り扱おうと、データ量が多過ぎて探索効率は低下する。そこで今回は、2つの大地区間に中継地を設定し、その中継地を介してそれぞれの大地区内で探索した経路をつなぎ合わせるという方式をとった。この概念図を図5に示す。

この方式の応用により、例えば近畿地方、中部地方等の大地区のデータを次々と組み入れ、探索効率を落とすことなく、探索圏域を全国へ拡張することが可能である。

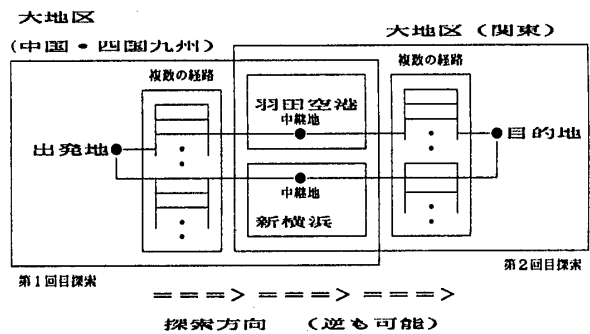


図5 中継地方式概念図

5. 実用システムへのブラシアップ

本システムを実用システムとして、さらに完成度を高めるためのブラシアップ項目を以下に示す。

- (1) 探索経路の拡大
- (2) 観光地やホテル等への経路探索及び情報出力
- (3) ガイダンス及びメニューによるデータ入力方式の採用
- (4) 時刻表の全面的採用による待ち時間の正確化
- (5) 小型機への移植
- (6) 探索結果の地図上へのプロット

6. むすび

以上、数多くの特長を有する「最短経路探索エキスパートシステム」の概要、機能、探索手法等について説明した。

本システムは汎用性、データ拡張性、移植性等に優れており、さまざまな利用形態からの要求に柔軟に応えられる実用システムとして、今後、随所へのシステム導入が期待される。

最後に、本システムを一人でも多くの人々に利用していただきたいと考え、本システムの経路探索結果集を冊子にまとめたことを、ここに報告する。

参考文献

1. 川端親雄、中西孝充、西村秀人、下山正恒、安藤正裕：交通機関を使用した2地点間の最短経路探索システム～岡山駅を中心とした中四国地方におけるシステムについて～：第67回NEAC-SP 研究会論文(1988年)
2. 川端親雄、西村秀人、下山正恒、安藤正裕：交通機関による2地点間の最短経路探索エキスパートシステム：全NECコンフェレンス会第13回システム論文(1989年)
3. T.ハマー 石井稔訳：基礎LISP70プログラミング 人工知能言語：啓学出版(1988年)
4. 和多田作一郎：人工知能の理解を深める本：実務教育出版(1986年)
5. 日本交通公社出版事業部：交通公社の時刻表：日本交通公社(1988年11月)