

I-22 公共交通機関による都市間の所要時間を表す指標の算出システム

A Calculation System for Indexes of Traveling Time with Inter City Public Transportation

波床 正敏*

Masatoshi HATOKO

中川 大**

Dai NAKAGAWA

【抄録】 本システムは、調査・研究分野において、公共交通利用時の都市間の所要時間を表す「滞在可能時間」や「期待所要時間」等の指標算出を目的とし、明確なアルゴリズムのもとに、多数の公共交通機関の運行ダイヤデータを処理し、異なる計算初期条件に対する結果を高速に求めるためのものである。

本システムでは公共交通機関の路線の時刻表をデータとして入力すれば、駅間・空港間などの結節関係や、各路線の運行系統も考慮したネットワークを自動作成し、指標の種類および出発地や出発時刻を指定することで、上述の指標が自動計算される。本システムは既に幾つかの研究において、実際に利用されている。

【Abstract】 This calculation system is designed for computing the indexes of traveling time with inter city public transportation such as "Possible Staying Time", "Expected Traveling Time", and so on in the field of study and research. With a correct algorithm, it processes a great deal of public transportation timetable data and works out results for various initial conditions in short time.

If we put data of timetables into this system, it analyze them to a network included relations of stations, airports and train routes. After we select a index and point a start node and its time, we can get numerical values of the index automatically.

This calculation system has already served some studies as data making tool in practice.

【キーワード】 調査計画支援システム、都市間交通、所要時間

【Keywords】 Support system for research and planning, Inter city transportation, Traveling time

1. はじめに

1-1 システム開発の背景

「都市間の所要時間を求める」あるいは「目的地の到着時刻や目的地までの経路を求める」ということは日常の旅行計画をたてる場合だけでなく、調査・研究の分野でもモデル分析や地域構造の分析などにおいてもしばしば行われている。従来より、自動車交通においては道路状況や交通量等から所要時間や経路などを算出する手法が発達してきているのに比べ、公共交通機関を利用する場合には、日常的な旅行で時刻表等の資料を参照して算出する場合を除き、都市間の所要時間やその経路の算出手順が曖昧であり、実際の運行状況を正確に反映した算出が行われてこな

かった。

このような状況の背景には、正確に都市間交通における公共交通利用時の所要時間を算出するためには、膨大な量の運行ダイヤをデータとしなければならず、しかも経路探索の結果は初期条件である出発時刻により変化するため、算出作業が極めて煩雑であったことに起因していると考えられる。しかしながら、特に調査・研究の分野では、所要時間指標の精度がモデル分析の精度に直接関わってくることも多く、公共交通利用時におけるより正確な所要時間指標の算出が必要となっている。

一方、最近になって鉄道を中心とする公共交通機関利用を想定した経路探索ソフトが市販されるように

* 〒574-8530 大東市中垣内 3-1-1 大阪産業大学工学部土木工学科 TEL: 0720-75-3001(ex.3722) hatoko@ce.osaka-sandai.ac.jp

** 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院 工学研究科 TEL: 075-753-5138 nakagawa@utel.kuciv.kyoto-u.ac.jp

なっていており、経路や所要時間を算出するためのデータとして実際の運行ダイヤも考慮されるようになってきている。だが、これら市販品は日常生活の旅行の計画を立てる場面を想定したものとなっており、調査・研究に利用するには、データの取り扱い、操作、算出速度が必ずしも適当ではなく、算出アルゴリズムに問題のあるものも多い。

1-2 計算システムの目的と特徴

(1) 目的

本計算システムは、調査・研究分野において、公共交通利用時の都市間の所要時間指標の算出を目的としており、明確な算出アルゴリズムのもとに、多数の公共交通機関の運行ダイヤのデータを処理し、異なる計算初期条件に対する結果を高速に求めるためのシステムとなっている。

(2) 特徴

本計算システムは「滞在可能時間」¹⁾や「期待所要時間(積み上げ所要時間)」²⁾あるいは厳密な意味での「最短所要時間」²⁾などの調査・研究分野で利用される所要時間指標を自動計算するものである。

この計算システムでは公共交通機関の路線の時刻表をデータとして入力すれば、駅間・空港間などの結節関係や、それぞれの路線の運行系統も考慮したネットワークを自動的に作成し、計算したい指標の種類および出発地と出発時刻を指定することで、目的とする地点の到着時刻を求めるプログラムとなっており、初期条件を自動的に変化させることにより上述した指標を自動計算する。算出結果は表計算ソフトなどで扱いやすいようにシンボリックリンク形式で出力される。

また、経路探索プログラムはスクリプトにより計算手順の制御が行われており、上述の指標以外の指標についても算出が可能となっている。

2. 都市間交通における所要時間の考え方

2-1 従来の所要時間指標における課題

これまで都市間交通を対象とした調査・研究においては、都市間交通が都市内交通とは異なる特徴を持っているにも関わらず、都市内交通と同様の方法により所要時間を取り扱っていることが多かった。従来からの都市間の所要時間を算出する方法としては以下の

表1 富山→秋田の先着便の変遷

(その1) 1975年10月現在						
モード	富山発	(着)	経由	(発)	秋田着	旅行時間
鉄道	0:59	→	直行	→	8:44	7:45
鉄道	4:24	→	直行	→	13:46	9:22
航空路	10:25	12:05	東京	14:00	15:35	5:10
鉄道	10:44	→	直行	→	19:01	8:17
鉄道	11:37	14:39	新津	14:47	18:33	6:56
鉄道	14:19	→	直行	→	21:17	6:58
航空・鉄道	15:40	17:20	東京	19:27	5:56	14:16
鉄道	16:38	22:01	大宮	22:50	7:00	14:22
鉄道	18:38	21:41	新津	2:47	8:16	13:38
(その2) 1990年3月現在						
モード	富山発	(着)	経由	(発)	秋田着	旅行時間
鉄道	0:59	→	直行	→	8:40	7:41
航空路	9:10	10:15	東京	11:25	12:25	3:15
航空路	13:15	14:20	東京	16:20	17:20	4:05
航空路	16:15	17:20	東京	18:00	19:00	2:45
鉄道	21:59	→	直行	→	5:34	7:35

ような方法により定義されていることが多いと考えられる。説明の例として表1を示すが、同表は富山を出発し秋田を訪れる場合の、すべての先着便(その便より遅く出発して、早く到着するような他の便がないもの)について、所要時間の状況を示したものである。

(1) 結節点間ごとに最も速い便を採用する方法

従来の所要時間の計算方法として最も一般的なのは、結節点間(リンク)ごとに所要時間を設定するもので、通常の最短経路探索によってOD間の所要時間を得ることができるので、最も多くの場合この方法が用いられていると考えられる。この場合乗換え時間は、ダミーノードなどによって考慮することになる。しかし、この方法では、以下のような問題点がある。

- a)乗換え時間を何らかの時間に設定する必要があるが、表1のように、直行便・経由便が混在することが多い。経由便だけを対象としても、1975年・1990年ともに、利用する便により待ち時間は異なり、待ち時間の適切な設定値が見つからない場合が多い。
 - b)同様に、先着便の経路や交通モードが出発時刻によって異なる場合も多い。表1の1975年の例では、出発時刻により所要時間に3倍近くの差があり、交通モードや経路也多岐に渡っている。このような場合に、どの交通モードを区間の代表交通機関として採用し、所要時間を算出するかについては、適切な方法がない。
 - c)実際の運行では最も速い便どうしが接続しているとは限らない。
 - d)直通列車の有無や、一部の列車が結節点を通過する場合など、運転系統の考慮が難しい。
- したがってこの方法は、自動車交通の場合や、所要

時間の等しい便が比較的等間隔で運行されている都市間交通などでは有効な方法であるが、運行頻度が低く、便によって乗車時間や乗換え地点での待ち時間が大きく変動する都市間交通に用いるのは不適切である。

(2) その区間の最短所要時間を採用する方法

その区間の最短所要時間を採用する方法は、全便のうち、乗換え時間も含めた旅行時間の最も短いものを採用する方法で、(1)の方法に比較するとその意味が明確である。しかし、次のような問題点がある。

- 都市間交通では運行頻度が極めて低い場合があり、最も速い便だけでは都市間の交流可能性を適切に反映できない。例えば表1の1990年では最速便は2時間45分で両都市間を結んでおり、この場合所要時間として2時間45分が採用されるが、新幹線のように運行頻度の高い交通機関で同程度の時間数で結ばれた他区間と同様に取り扱うことは適当ではない。
- 実際に用いる際の問題点として、算出が難しいことがあげられる。すなわち、利用可能なすべての便について起点から終点までの旅行時間を算出し、そのなかで最短のものを採さなければならず、乗換えの前後や代替路線を含めたすべての可能な経路のすべての便について時刻表等にあたって検索する必要がある。また、このような計算は、通常の最短経路探索のためのネットワーク計算では行えない。したがって、この方法がとられていることは実際には少ないと考えられる。

なお、都市間の所要時間を用いた分析を行っている文献のなかに、“最短所要時間を用いた”という記述も多いが、これらは(2)の方法による厳密な最短所要時間ではなく、(1)の方法によるものを指している場合が多いと考えられ、都市間の所要時間は定義そのものが曖昧である。

2-2 都市間の所要時間を表す方法

都市間の所要時間を表すため、前述した諸課題を考慮したいくつかの指標が提案されている^{1) 2) 3)}。

(1) 「滞在可能時間」の考え方

滞在可能時間とは、ある都市を一定時刻(例えば午前6時)以後に出発し、一定時刻(例えば深夜12時)以前に帰着する場合に目的地において滞在できる時間数

のことで、所要時間を表す指標の1つとして用いることができる。この指標の特徴や実用性については、文献1)2)4)で論じられており、最短所要時間など従来から用いられている指標と比較して、都市間の交通利便性をより実際に近い形で反映したものであることが示されている。

(2) 「期待所要時間」の考え方

滞在可能時間は主として朝夕に発着する便の交通利便性のみを反映した指標となっているが、期待所要時間はこのような滞在可能時間の問題点を更に補うものであり、算出対象とする時間帯に運行されている全便の旅行時間及びダイヤの設定状況を反映した指標である。期待所要時間は以下のように定義する。

2地点間の旅行時間は、図1の●点の箇所のように、まず便ごとに求めることができるが、その他の時刻を出発時刻としたときに目的地に到着するまでに要する時間は、次の便の出発時間までの時間が加わって、図中の右下がりの斜め線になる。そこで、各時刻における目的地までの時間を足し合わせたもの、すなわちこの図ののこぎり状の線の下の部分の面積を、まず「積み上げ所要時間」と定義する。図1からわかるように、この「積み上げ所要時間」は、各便の旅行時間が小さく、運行頻度が高いほど小さな値となり、また各便の旅行時間や運行本数が同じ場合でも、いわゆる団子運転のような実質的な利便性が低い場合には指標値が大きくなり、旅行時間、運行頻度、ダイヤ設定のすべてを考慮した指標となっている。

「積み上げ所要時間」は定義上、出発時刻に沿って旅行に要する時間を積分した形となっているため、出発時刻の時間帯の幅で除して平均値を求めることで、

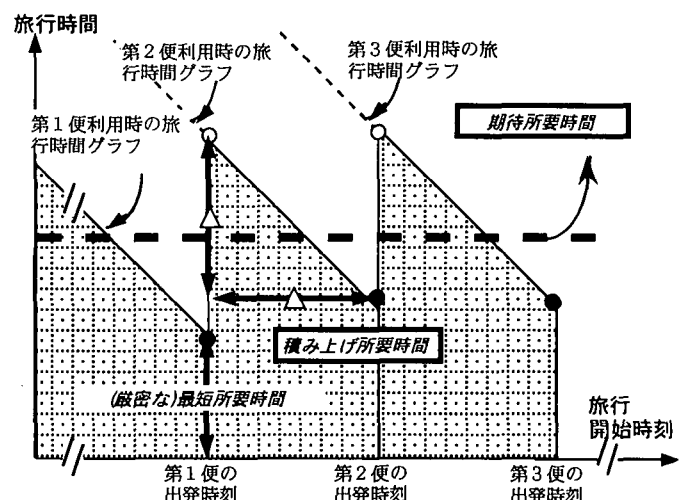


図1 積み上げ所要時間と期待所要時間の考え方

時間調整分も含めた移動に必要な時間数とすることができ、所要時間に相当する指標として採用することができる。この所要時間に相当する指標を「期待所要時間」と定義する。「期待所要時間」は各時刻における実際の旅行時間を平均したものであるため、出発時刻をランダムにとったときの目的地までの旅行時間の期待値となっている。この指標については文献2)5)において従来の指標と比較して有用であることが示されている。なお、この指標は公共交通機関だけでなく、自動車交通を含むミックスモードでも定義可能である。

(3) 「最短所要時間」の考え方

従来からよく用いられている「最短所要時間」はその定義が曖昧なものが多いが、厳密な意味での「最短所要時間」は図1に示すように1日の利用可能なすべての便のうち、実際の乗継ぎを考慮した上での最も目的地までの所要時間の小さい便の所要時間である。したがって、厳密にこの指標値を求めるためには「期待所要時間」を求める際と同程度の計算量を要する。

なお本計算システムでの「最短所要時間」とは、特にことわりがない限り、この定義による指標を指すものとする。

3. 所要時間指標算出システムの基本設計

3-1 算出システムに求められる要件

前述した「滞在可能時間」「期待所要時間」「最短所要時間」等の指標を実際に算出するために求められる算出システムに求められる要件を表2に示し

表2 算出システムに求められる要件

- ・実際の運行ダイヤをデータとすることが可能
 - ・最短経路探索が可能
 - ・理論的な背景を伴った一定の計算アルゴリズム
 - ・出発地・時刻等の経路探索の初期条件の自動変更
 - ・高速な演算処理
 - ・データの取り扱いが容易

たが、まず、出発地や出発時刻を指定することによって実際の運行ダイヤに基づいた最短経路探索が可能であることが求められる。また、この経路探索は理論的な背景を伴う一定の手順に基づいたものである必要がある。

同時に、「期待所要時間」や「最短所要時間」を求めるためには複数の出発時刻に対する経路探索計算が必要であるとともに、調査・研究用としてはOD表の形式で所要時間を求める必要がある場面も多く、極めて多数回の経路探索計算が必要となり、実際の作業を考慮すると、出発地や出発時刻などの経路探索条件の自動変更と高速な演算が必要とされる。

3-2 市販ソフトの利用可能性について

公共交通機関利用における所要時間を算出する方法としては、市販のアプリケーションソフトの利用も考えられる。表3に幾つかの市販品の特徴を示したが、少なくともこれらの中には調査・研究用として適当なものがあたらない。

その理由としては、まず、基礎となる運行ダイヤデータの取り扱いが困難であることが挙げられる。調査・研究ではデータの取捨選択や新たなデータの追加が必要な場面が多いと考えられるが、容易にそれが行えるものは少ない。また、これらソフトウェアの目的が日常の旅行計画の補助であると考えられるため、収録データの一部が省略されていることも多く、必ずしも調査・研究目的に合致したデータとなっていない場合もある。

さらに、調査・研究用としては経路探索のアルゴリズムが明確である必要があるが、非公開のものが多く、実際にそのソフトウェアを操作することにより推定されるアルゴリズムも適当なものとは考えにくいものがある。加えて、ユーザーインターフェースがマウス操作によるものであるため、實際上、計算条件の変更を伴う多数回の計算は困難である。

表3 市販の時刻表関連ソフトの主な特徴

市販ソフト	基礎データ			経路探索アルゴリズム		ユーザ・インターフェース	備考
	内 容	形式	備 考	公開/非公開	推定されるアルゴリズム		
A	運行ダイヤ	Binary	優等列車のみ収録	検索機能なし	なし	電子ブック	
B	"	"	一部の列車・路線を省略	非公開	ダイヤに基づかない経路探索後、ダイヤに基づき便を決定	マウス操作	
C	"	Text	"	"	"	"	データ追加可
D	時刻表画像	Binary	時刻表の紙面そのもの	検索機能なし	なし	"	
E	運行ダイヤ	"	JR線的全列車のデータを収録	"	"	"	データのテキスト出力可
F	"	"	一部の列車・路線を省略	一部公開	"時刻表にあてはめながら経路探索"としているがアルゴリズムは不明	"	
G	"	"	都市間に加え、都市内の路面電車等も収録	非公開	主要地点間の乗り継ぎ結果をデータとして保持	"	ヨーロッパ用

3-3 算出アルゴリズムについて

(1) 基本アルゴリズムと運行ダイヤの考慮方法

本計算システムにおける最短経路探索の基本アルゴリズムはDijkstra法を採用した。ただし、公共交通ネットワークの運行ダイヤを考慮した算出にあたり、以下の各点について配慮した。

- a) 道路交通などではインターチェンジや交差点等はノードに、路線はリンクに置き換えることが可能であるが、公共交通機関では必ずしも路線はネットワーク理論のリンクとは一致しない。例えば、ある鉄道路線の優等列車(特急など)が一部の駅を通過する場合や複数の路線にまたがって直通運行される場合などは路線をそのままネットワーク理論におけるリンクに置き換えることは困難である。

本計算システムでは、駅などの交通結節点は理論上のノードに、また各路線に含まれる各便を理論上の1つのリンクであると考えた。

- b) 通常のネットワーク計算と異なり、実際の公共交通機関の運行は間欠的であり、あるノードから任意の時刻に移動を開始することはできない。

本計算システムでは計算を開始するノード(出発地)の出発時刻を具体的に指定し、そのノードをその時刻以後に出発する公共交通機関全便について、その便を用いて到達することのできるノード(つまり停車駅など)の時刻を検索し、他の経路による時刻よりも早く到着できる場合にはそのノードの時刻を更新する方法を採用した。

- c) その他の計算手順についてはDijkstra法に準ずることとした。

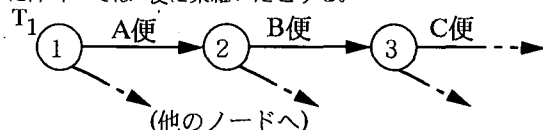
(2) 高速演算のためのアルゴリズム

本計算システムでは多数の計算作業を高速に演算するため、Warshall-Floyd法⁶⁾の考え方を一部取り入れている。

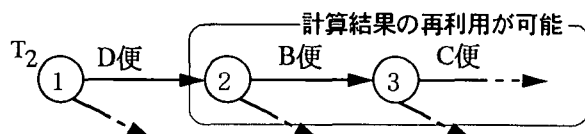
Warshall-Floyd法の特徴は、計算過程において明らかになったノード間の部分的な最短経路探索結果を保存しておき、出発地を変更した場合の再計算においては、保存しておいた結果を再利用し、重複する経路探索作業を省略するものである。通常のネットワーク計算において、全OD相互間の経路探索を行うような場合には、比較的短時間に結果を得ることが可能であ

※出発時刻を T_1, T_2, T_3 ($T_1 > T_2 > T_3$)と変化させて繰り返し経路探索を行う場合

- a) 出発時刻 T_1 に対する経路探索は運行ダイヤに基づきDijkstra法で算出。例えば、ノード1をA便で出発しノード2でB便に、ノード3ではC便に乗り継いだとする。



- b) 出発時刻 T_2 ($< T_1$)に対してはノード1をD便で出発したが、ノード2での乗継ぎ先はa)と同じB便であったとすると、基本的にはノード2以降の経路探索はa)と同じになる。



- c) 出発時刻 T_3 ($< T_2$)において、ノード1をE便で出発したがノード2での接続便がB便ではなく別のF便利用となった場合、ノード2以降についても再計算が必要となる。

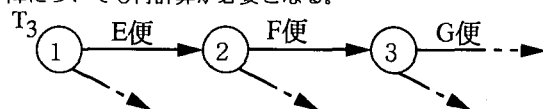


図2 本計算システムでの高速化アルゴリズム

る。

一方、本計算システムが取り扱うような公共交通ネットワークの場合には、出発地や出発時刻を変更した場合にはノード間の部分的な最短経路も変化し、必ずしも結果を再利用することが可能とは限らない。

しかしながら、出発地の変更を行わずに出発時刻のみが単調に変化する場合に関しては、既に計算が済んだ結果の一部を再利用することも可能である。例えば、図2のように出発時刻を変化させても経路途中から同じ便を利用する場合では、重複する経路探索作業を省略し、算出の高速化が可能である。

本計算システムでは、出発時刻を変化させて経路探索を行う必要のある「期待所要時間」の算出に際してこのようなアルゴリズムを採用することにより、単純にDijkstra法を用いて反復計算を行う場合に比べて数倍程度の高速化が可能となった。

4. システムの全体構成

4-1 システムの稼働条件

この計算システムを構成するソフトウェアのソースコードは基本的にFORTRAN90により記述されており、Microsoft社製のFORTRAN PowerStation Version 4.00でコンパイルを行った。このため、現システムは以下のような環境において動作する。

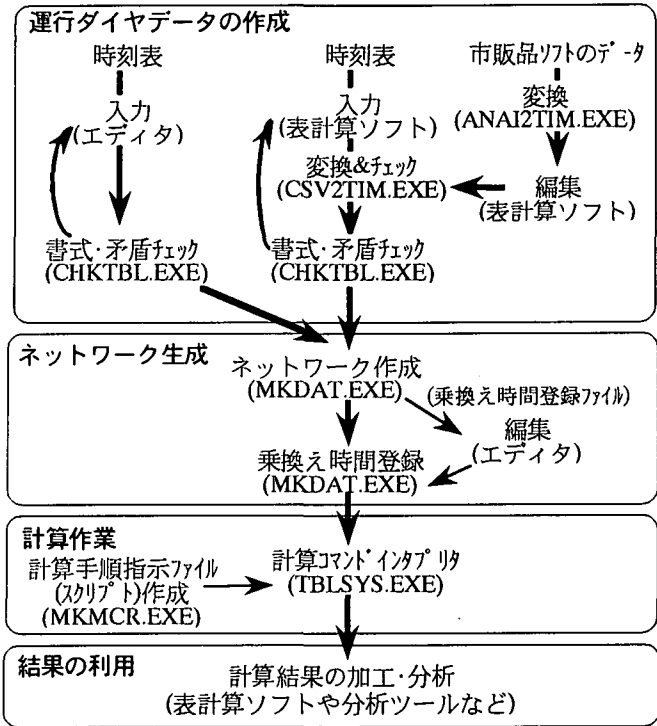


図3 本計算システムにおけるデータ処理の流れ

- a) 機種 : Windows95の稼働するPC
- b) OS : Windows95のDOSプロンプト
- c) CPU : i486SX以上
- d) メモリ : 32MB以上
- e) HD空き容量 : 30MB以上

4-2 データ処理の流れについて

本計算システムにおけるデータ処理の流れを図3に示すが、まず基礎データとなる運行ダイヤデータ(以下、時刻表データと呼ぶ)を作成し、この時刻表データをもとにネットワークを自動生成する。時刻表データと生成されたネットワークデータをもとに、計算手順を記したスクリプトファイルに従い、経路探索計算を行い、その結果を表計算ソフトなどで読み取り可能な形式で出力する。

4-3 システムを構成するソフトウェア

(1) 時刻表データ作成補助ツール

a) CSVファイル変換ツール(CSV2TIM.EXE)

表計算ソフト等で作成されたCSV形式の時刻表データを本計算システム用のデータ書式に変換する。

b) 時刻表データチェックツール(CHKTBLE.EXE)

エディタや表計算などを用いて手入力により作成された時刻表データには、誤入力が含まれている場合があり、計算精度に悪影響を及ぼす。このツールは時

```
ECHO [33mデータ読み込み [37m
LOADNET 1995NET.DAT
LOADTBL 1995TBL.DAT
ECHO [33m計算します [37m
INIT 11
DEL OUT.TMP
LAP
INIT 15 札幌 0 600
ENET
OUT KENCHO.TXT OUT.TMP ETIME
INIT 15 青森 0 600
ENET
OUT KENCHO.TXT OUT.TMP ETIME
~~~~~
MTRX OUT.TMP MTRX.TMP C 46
MTRXDEF 1439.0 -1.0 MTRX.TMP 0.0 NONE LREQ.TMP NONE NONE
INDEX LREQ.TMP LREQIDX.TMP KENCHO.TXT FILE FILE
INDEX MTRX.TMP LDEPIDX.TMP KENCHO.TXT FILE FILE
TXT2SLK LREQIDX.TMP LREQ.SLK
TXT2SLK LDEPIDX.TMP LDEP.SLK
MTRXDEF 1079.0 -1.0 EREQ.TMP -1.0 LREQ.TMP STAY.TMP NONE N
INDEX STAY.TMP STAYIDX.TMP KENCHO.TXT FILE FILE
TXT2SLK STAYIDX.TMP STAY.SLK
MTRXDEF 0.0 0.5 EREQ.TMP 0.5 LREQ.TMP STYREQ.TMP NONE NONE
INDEX STYREQ.TMP STYREQID.TMP KENCHO.TXT FILE FILE
TXT2SLK STYREQID.TMP STYREQ.SLK
ECHO [33m計算終わり [37m
```

図4 計算手順制御用スクリプトファイルの例

刻の順序など論理的に矛盾するデータを発見するとともに、書式のチェックを行う。

c) 市販ソフト用データ変換ツール(ANAI2TIM.EXE)

市販の時刻表ソフトのテキスト形式データの書式を本計算システムのデータの書式に変換する。

(2) ネットワーク生成プログラム(MKDAT.EXE)

時刻表データに記録された交通結節点名(駅名など)と路線名をもとに、駅間・空港間などの結節関係を自動的に分析し、その結果をデータとしてファイルに保存する。また、交通結節点では路線間の乗換え時間を考慮する必要があるが、各結節点につながる路線の一覧を記録したファイルを生成し、これをもとに、乗換え時間の登録を行えるようにしている。同時に、経路探索計算の高速化のため、多数の時刻表データを1つのファイルにまとめる。

(3) 計算手順ファイル作成プログラム(MKMCR.EXE)

本計算システムでは、図4のような計算手順を記したスクリプトファイルを作成し、経路探索プログラムでその命令を解釈・実行することにより指標計算が行われる。計算手順ファイル作成プログラムでは対話形式により、計算する指標の種類、計算条件などを入力することにより、指標を自動計算させるために必要な一連の命令を記述したスクリプトファイルを作成する。

このプログラムでは次の各指標等のスクリプトファイルを作成することができる。

- a) 期待所要時間
- b) 到着時刻を変化させる場合の期待所要時間
- c) 厳密な定義による最短所要時間
- d) 滞在可能時間

- e)奥山ら³⁾の提案する最短所要時間
- f)出発地と出発時刻を指定した場合における目的地の最早到着時刻
- g)同、その具体的な経路
- h)目的地と到着時刻を指定した場合における出発地の最遅出発時刻
- i)同、その具体的な経路
- j)路線ごとの最速便の乗継ぎが可能と仮定した場合の所要時間
- k)同、その具体的な経路

(4) 経路探索プログラム(TBLSYS.EXE)

経路探索プログラムは図4のようなスクリプトファイルを逐次解釈・実行するコマンドインタプリタとなっており、データの読み込み・書出し、計算初期条件の設定、経路探索計算、ファイルの整形、簡単な数値処理などが行える。

また、計算機能はスクリプトにより制御できるため、エディタ等を用いてスクリプトファイルを作成することにより、(3)で示した指標等とは異なる種類の指標等の計算や出力も行うことができる。

このプログラムには次の各機能が組込まれている。

- ・ネットワークデータのメモリへの読み込み
- ・時刻表データのメモリへの読み込み
- ・メモリ内のネットワークデータの初期化
- ・計算を開始するノードの指定と時刻の指定
- ・時刻表データに基づく最短経路探索(出発地指定)
- ・時刻表データに基づく最短経路探索(目的地指定)
- ・路線ごとの最速便を利用した場合の最短経路探索
- ・メモリ内のネットワークの状態の書出し
- ・メモリ内の計算結果について必要事項を出力

この他、ファイル操作や出力データの書式整形など全部で29の機能がある。

5. 運行ダイヤデータの作成

5-1 データ作成の資料について

時刻表データの作成資料としては、基本的に書店等で取り扱われている時刻表などを用いる。最近では表3のような運行ダイヤのデータを取り扱う市販ソフトもあり、本計算システムでも予備機能としてそのデータの一部を取り扱えるようにしてあるが、現時点では、調査・研究へのデータの二次利用が適当であるかどうかについての著作権上の判断が難しい。

5-2 計算対象路線と収録する便の選定

(1) 交通結節点(ノード)の選定基準

収録するノードの選定基準としては、以下のいずれかに該当するものを選ぶ。

- ・出発地や目的地となるノード
- ・交通路線相互の結節点となるノード
- ・鉄道などの運行上必要となるノード

(2) 収録対象路線の選定基準

路線の選定基準としては、上記(1)で選んだノードを相互に結ぶ路線を選ぶ。

(3) 近接する交通結節点の連絡

空港や港湾などへのアクセス交通機関が不明な場合や、同一地区に異なる名称のターミナルが存在している場合(例えば、大阪の梅田地区)などでは、これらを結びリンクを追加する。この際の所要時間は最もよく使われると考えられる交通機関(タクシーや徒歩など)の利用を想定する。

5-3 収録対象とする便の選定

時刻表データを作成する場合、すべての便の運行時刻をデータファイルに記録し、便を実際に利用するか否かはプログラムに判断を任せるのが原則であるが、データ入力の労力削減と演算の高速化の観点から、以下の基準で便を選択して記録する。

- ・優等列車や新幹線・航空便などの明らかな高速便
- ・運行頻度の小さい時間帯の普通列車など
- ・近接する交通結節点間のアクセス交通機関など
- ・他に代替路線のない場合(海峡の航路など)
- ・複数便を乗継ぐことで交通結節点間を結ぶ場合
- ・優等列車の接続を目的とした列車など

5-4 データファイルの作成

以上のようなデータの取舍選択を行った後、図5のような運行ダイヤデータを路線ごとに作成する。また、徒歩やタクシーなどの場合の結節点間の所要時間につ

```

:1997.03.22(智頭急行、津山線、因美線 鳥取→岡山、姫路)
@,DD鳥取,AA智頭,DD智頭,AA津山,DD津山,AD岡山,AD上郡,AD相生,AA姫路
: 鳥取,智頭,智頭,津山,津山,岡山,上郡,相生,姫路
631D ,-, -, -, -, -, 0533,0657, -, -, -
633D ,-, -, -, -, -, 0612,0726, -, -, -
635D ,-, -, -, -, -, 0640,0657, -, -, -
651D ,0448,0539,0544,0658,0708,0827, -, -, -
683D ,-, -, -, 0625,0743,0752,0854, -, -, -
HKT2 ,0710,0741,0743, -, -, -, 0820, -, 0844
631D ,0729,0817, -, -, -, -, -, -, -

```

図5 運行ダイヤデータの例

ファイル 編集 表示 挿入 書式 ツール データ ウィンドウ									
R1C1									
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	—	札幌	青森	盛岡	仙台	秋田	山形	福島	水戸
2	札幌		0	464	451	383	482	473	427
3	青森	421		0	171	279	259	395	313
4	盛岡	381	260		0	103	191	204	129
5	仙台	378	329	92		0	248	83	42
6	秋田	471	265	153	254		0	318	285
7	山形	459	487	216	82	343		0	99
8	福島	405	406	145	38	313	113		0
9	水戸	408	565	323	224	433	304	201	
10	宇都宮	365	454	195	95	343	165	65	

図6 出力結果を表計算に取り込んだ例

いては、図5と類似の形式で別途作成する。

6. 指標の算出と結果の利用

6-1 算出作業

時刻表データをもとに、図3の手順に従い、ネットワークの生成、交通結節点における乗換え時間の登録、算出する指標に対応するスクリプトファイルの作成などを行い、経路探索プログラムで処理を行うことにより、計算結果をまとめたデータが自動作成される。

なお、最短経路探索そのものに要する時間は、例えば、1995年における都道府県庁所在都市間相互の期待所要時間の算出では、Pentium233MHz相当・メモリ64MBのコンピュータを用いた場合、約75分である。

6-2 結果の利用

本計算システムの結果はシンボリックリンク形式で出力され、例えば図6のようにそのまま表計算などに取り込むことができる、その後の分析作業等の利便をはかっている。

また、図7は例として、出力結果をもとに1995年において和歌山を6時～21時に出発した場合の東京までの旅行時間を、時刻ごとの推移として図示したものであり、「期待所要時間」の説明のための図1と同様のノコギリ状のグラフが得られている。

このほか、本計算システムの出力である「期待所要時間」や「滞在可能時間」は、地域構造分析⁷⁾のデータとして、あるいはモデル分析⁵⁾の説明変数として、実際に研究用のデータ作成に利用されている。

7. 今後の課題

本計算システムは、所要時間に関する指標算出を目

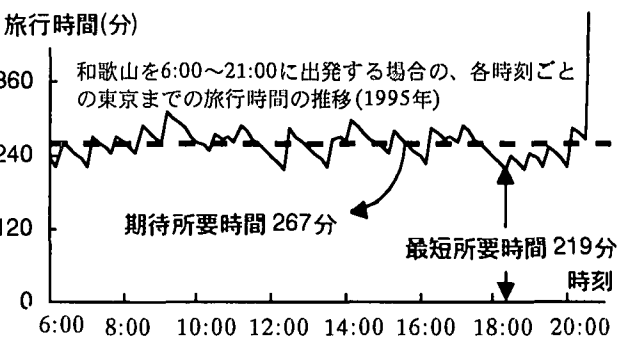


図7 結果を用いた分析の例

的として設計されているが、モデル分析を行う場合には一般化費用が変数として必要な場合もあり、今後、都市間交通における一般化費用の定義を行うとともに、その算出システムとして本計算システムを改良する必要があると考えられる。

また、取り扱うデータ量が増大した場合には、容量と速度の観点から、経路探索プログラムを大型計算機へ移植する必要もあると考えられる。

【参考文献】

- 1) 中川大,加藤義彦:「都市間交流に対する空間的抵抗を表す指標としての所要時間と滞在可能時間」高速道路と自動車第33巻第12号,pp.21-30,1990
- 2) 天野光三,中川大,加藤義彦,波床正敏:「都市間交通における所要時間の概念に関する基礎的研究」土木計画学研究・論文集No.9,pp.69-76,1991
- 3) 奥山育英,濱口一起,高梨誠:「公共交通における交通時間に関する研究」土木計画学研究・論文集No.15,pp.505-512,1992
- 4) 波床正敏,天野光三,中川大,長谷川強:「「滞在可能時間」と「積み上げ所要時間」の特徴と都市間の交流可能性」土木計画学研究・講演集15,pp.513-520,1992
- 5) 中川大,波床正敏,伊藤雅,西澤洋行:「国際交通における利便性指標としての積み上げ所要時間に関する研究」土木学会論文集No.590/IV-39,pp.43-50,1998
- 6) 平田富夫:「アルゴリズムとデータ構造」森北出版,1990
- 7) 中川大,波床正敏,加藤義彦:「交通網整備による都市間の交流可能性の変遷に関する研究」土木学会論文集No.482,IV-22,pp.47-56,1994