

# プローブデータの OD 旅行時間に着目した交通予報配信に関する研究

## A Study on Traffic Prediction Delivery Using OD Travel Time of Probe Data\*

三谷卓摩\*\*・羽藤英二\*\*\*

By Takuma MITANI\*\*・Eiji HATO\*\*\*

### 1. はじめに

従来のインフラ重視の VICS に対して、携帯電話を活用したポータブルなプローブ型情報配信システムの構築がアジア諸国で進められている。こうしたシステムでは、個々のドライバー毎に情報をカスタマイズし、OD 旅行時間（現在地から目的地までの利用経路に基づいた旅行時間）情報を配信することが求められる。OD 旅行時間を推計するためには、①現在地および目的地と道路ネットワークを結びつけ、②尤もらしい経路を決定し、③その経路上のリンク旅行時間を足し合わせる必要がある。インフラの整備されていない多くの都市圏に安価で容易に導入可能なポータブル交通管制システムを念頭におけば、既存の携帯電話と小規模の EWS でこれらの機能を現実することが求められる。しかし、ネットワークの大小や適用するアルゴリズムによっては、データサイズや演算処理時間の増大により OD 旅行時間の実時間配信が困難となってくる可能性がある。本研究では、データサイズ、演算処理時間、OD 旅行時間精度の 3 つの指標に着目して OD 旅行時間算出アルゴリズムの比較を行い、その適用可能性を検討する。

### 2. OD 旅行時間算出アルゴリズムについて

（1）OD 旅行時間算出アルゴリズムの概要

表-1に今回比較するアルゴリズムを示す。3パターン（a, b, c）の道路ネットワークと3パターン（I, II, III）の経路旅行時間算出アルゴリズムの計9ケースについて比較を行うこととした。

\*キーワード：プローブ、経路旅行時間、情報提供

\*\*学生員，工修，愛媛大学大学院理工学研究科システム工学専攻

(e-mail:mitani@eh.cee.ehime-u.ac.jp)

\*\*\*正員，工博，愛媛大学工学部環境建設工学科

(e-mail:hato@eng.ehime-u.ac.jp)

表-1 比較アルゴリズム

|           | I.全道路のみ | II.基本道路のみ | III.基本道路+全道路 |
|-----------|---------|-----------|--------------|
| a.最短経路探索  | I-a     | I-b       | I-c          |
| b.経路有     | II-a    | II-b      | II-c         |
| c.経路旅行時間有 | III-a   | III-b     | III-c        |

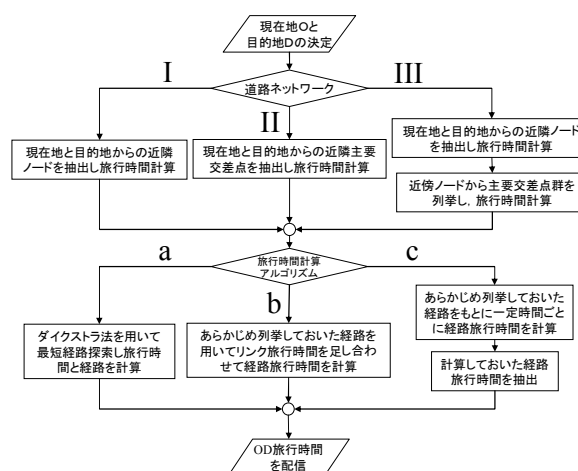


図-1 OD 旅行時間算出アルゴリズムの概要

OD 旅行時間算出アルゴリズムの概要を図-1 に示す。まず、携帯電話からのクエリーにより現在地(O)と目的地(D)情報が入力される。OD が決定したら、使用する道路ネットワークにあわせて、現在地から近隣ノードまたは主要交差点までの所要時間と、近隣ノードまたは主要交差点から目的地までの旅行時間を計算する。つぎに、使用する経路旅行時間算出アルゴリズムにあわせて、ノード間および主要交差点間の経路旅行時間を算出する。さいごに、この2つの旅行時間を足し合わせ最短になるものを OD 旅行時間とし、その経路とともに情報として配信する。

（2）道路ネットワークについて

図-2 に道路ネットワークの構成を示す。一般道路を対象とし細街路もすべて含むような大規模な道路ネットワークを全道路ネットワーク(I)とする。全道路ネットワークはノードとリンクによって構成され

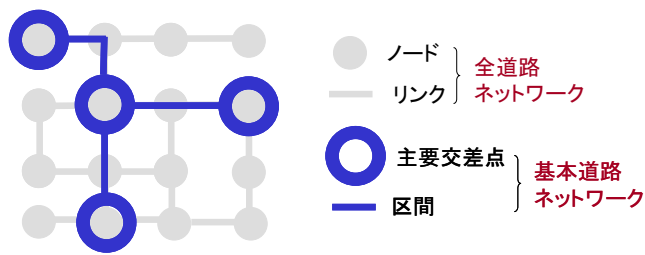


図-2 道路ネットワークの構成

ている。フルスケールネットワークでは、細街路をすべて含むためデータサイズが大きくなる傾向があり、旅行時間算出アルゴリズムによっては、そのまま演算処理に用いると計算時間の点で大きな問題となることが考えられる。そこで、全道路ネットワークから国道や県道といった幹線道路やオンラインプローブデータから得られる経路データをもとに、基本道路ネットワーク(Ⅱ)を作成する。

基本道路ネットワークは、主要交差点と区間によって構成されており、全道路ネットワークに包含される。本研究では、2つの道路ネットワークを組み合わせる全道路+基本道路ネットワーク(Ⅲ)も加えて3種類の道路ネットワークを使用する。

(3) 経路旅行時間算出アルゴリズムについて  
経路旅行時間算出アルゴリズムの3つの方法の特徴についてそれぞれ説明する。

方法 a) 旅行時間をコストとしてダイクストラ法を用いて、最短経路探索を行い、経路旅行時間とその経路を抽出する。あらかじめ経路や経路内のリンクに関するデータを持つ必要がないのでデータサイズは小さくてすむが、道路ネットワークが大きくなるにつれて1ODあたりの計算時間が大きくなる。

方法 b) あらかじめ列挙しておいた尤もらしい経路のリンクまたは区間旅行時間を足し合わせることで経路旅行時間を算出する。最短経路探索を行わないので計算時間を短縮することができるが、実ネットワークに適用した場合、経路数が膨大になり、データサイズが大きくなる。

方法 c) 方法 b とほぼおなじ方法であるが、一定時間間隔ごとに経路旅行時間をあらかじめ計算して検索用テーブルに格納しておくことでクエリーが完了からの処理時間を短縮することができる。

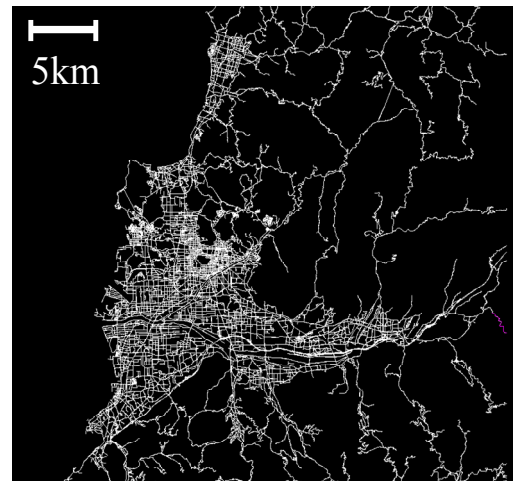


図-3 全道路ネットワーク

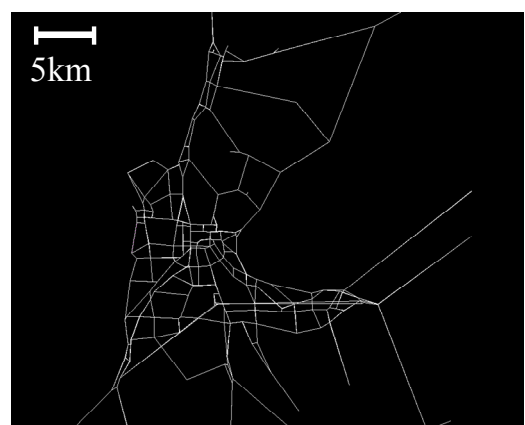


図-4 基本道路ネットワーク

### 3. 実データに基づく比較分析

#### (1) 計算条件

出発地と目的地の位置座標と OD 旅行時間は、2005 年 2 月に 1 ヶ月にわたり実施された松山プローブパーソン調査<sup>1)</sup>の結果(全自動車トリップ数: 42825)を用いた。GPS 携帯により OD の位置座標が取得され、行動範囲が道路ネットワーク内で、直線距離 2 km 以上のトリップに限定し、その中からランダムに 1000 サンプルを抽出した。計算に必要な道路ネットワークは、図-3 に示す全道路ネットワークと、図-4 に示す基本道路ネットワークを用いた。全道路ネットワークは DRM をもとに修正を加え作成したもので、ノード数 8106、リンク数 22739 で構成されている。基本道路ネットワークは、全道路ネットワークから幹線道路を中心に任意に選抜したもので、主要交差点数 225、区間数 660 で構成されている。あらかじめ列挙しておく経路データは距離最短経路を 1OD に対して 1 経路のみ持たせること

表-2 テーブル別カラムデータサイズとレコード数

| テーブル           | カラム名(Byte数)                                    | レコード数         |
|----------------|------------------------------------------------|---------------|
| ノード            | ノード番号(2)X座標(4)Y座標(4)                           | 8,106         |
| リンク            | リンク番号(2)起点ノード番号(2)終点ノード番号(2)                   | 22,739        |
| リンク旅行時間        | パターン(2)リンク番号(2)リンク旅行時間(2)                      | 2,182,944     |
| 主要交差点          | 主要交差点番号(2)緯度座標(4)経度座標(4)                       | 225           |
| 区間             | 区間番号(2)起点ノード番号(2)終点ノード番号(2)                    | 660           |
| 区間旅行時間         | パターン(2)区間番号(2)区間旅行時間(2)                        | 63,360        |
| 全道路経路          | 経路番号(4)起点ノード番号(2)終点ノード番号(2)経路内リンク数(2)          | 65,707,236    |
| 全道路経路(経路旅行時間含) | 経路番号(4)起点ノード番号(2)終点ノード番号(2)経路内リンク数(2)経路旅行時間(2) | 65,707,236    |
| 経路内リンク         | 経路番号(4)順列(2), リンク番号(2)                         | 1,971,217,080 |
| ノードリレーション      | ノード番号(2)主要交差点番号(2)ノード主要交差点間旅行時間(2)             | 900           |
| 区間経路           | 区間番号(2)起点区間番号(2)終点区間番号(2)                      | 435,600       |
| 区間経路(経路旅行時間含)  | 区間番号(2)起点区間番号(2)終点区間番号(2)経路旅行時間(2)             | 435,600       |
| 経路内区間          | 経路番号(2)順列(2)区間ID(2)                            | 4,356,000     |

表-3 ケース別データサイズ

|                | I-a        | I-b            | I-c            | II-a       | II-b       | II-c       | III-a      | III-b      | III-c      |
|----------------|------------|----------------|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| ノード            | 81,060     | 81,060         | 81,060         |            |            |            | 81,060     | 81,060     | 81,060     |
| リンク            | 136,434    | 136,434        | 136,434        |            |            |            |            |            |            |
| リンク旅行時間        | 13,097,664 | 13,097,664     | 13,097,664     |            |            |            |            |            |            |
| 主要交差点          |            |                |                | 2,250      | 2,250      | 2,250      | 2,250      | 2,250      | 2,250      |
| 区間             |            |                |                | 3,960      | 3,960      | 3,960      | 3,960      | 3,960      | 3,960      |
| 区間旅行時間         |            |                |                | 380,160    | 380,160    | 380,160    | 380,160    | 380,160    | 380,160    |
| 全道路経路          |            | 657,072,360    |                |            |            |            |            |            |            |
| 全道路経路(経路旅行時間含) |            |                | 788,486,832    |            |            |            |            |            |            |
| 経路内リンク         |            | 32,853,618,000 | 32,853,618,000 |            |            |            |            |            |            |
| ノードリレーション      |            |                |                |            |            |            | 3,600      | 3,600      | 3,600      |
| 区間経路           |            |                |                |            | 4,356,000  |            |            | 4,356,000  |            |
| 区間経路(経路旅行時間含)  |            |                |                |            |            | 5,227,200  |            |            | 5,227,200  |
| 経路内区間          |            |                |                | 43,560,000 | 43,560,000 |            | 43,560,000 | 43,560,000 |            |
| データ量(Byte)     | 13,315,158 | 33,524,005,518 | 33,655,419,990 | 386,370    | 48,302,370 | 49,173,570 | 471,030    | 48,387,030 | 49,258,230 |

とした. なおプログラム言語に JAVA を用いており, ベンチマークテストには Pentium4 3.2GHZ, OS : WindowsXP, 256MB のメモリの PC を用いた.

## (2) 分析結果

データサイズについてケース別の比較を行った. 表-2 にテーブル別カラムデータサイズとレコード数, 表-3 にケース別データサイズを示す.

経路内リンクテーブルを作成するためには約 20 億レコードが必要になることがわかる (表-2). これは, 経路内リンクテーブルのレコードがノード数×ノード数×1OD あたりの経路数×1 経路内のリンク数だけ必要となるためである. その結果, ケース I-b, I-c については, 経路内リンクテーブルのデータサイズが約 33TB と膨大な量となり, OD 旅行時間算出のためのデータを作成することができないことがわかった(表-3).

表-4 に演算処理時間結果を示す. II-a, II-b, II-c

では, データサイズが小さいこともあり短時間で計算可能であることがわかった. III-a, III-b, III-c についても 1 秒間あたり 600OD 以上と多くの OD 旅行時間を計算することが可能であることがわかった. しかし, I-a では, リンクの最短経路探索に時間がかかり, ポータブルな交通管制センターを考えれば, OD 旅行時間算出方法としてあまり現実的ではないことがわかった.

つぎに, II-c, III-c は II-b, III-b と比べて短時間で計算できることがわかった. 特に経路数が多い場合などは, あらかじめ経路時間を計算したほうが効率的に算出することが可能であると考えられる. 表-5 に OD 旅行時間精度を示す. 実 OD 旅行時間との相関係数は, 1000OD のなかからマップマッチングにより実走行経路が特定できた 782OD についての OD 旅行時間とケースごとで計算された OD 旅行時間との相関係数を表す.

経路重複率は, 実走行経路と OD 旅行時間計算時

表-4 演算処理時間結果

|                      | I-a    | II-a  | II-b  | II-c  | III-a | III-b | III-c |
|----------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 出発地と目的地から近隣ノード(s)    | 0.480  |       |       |       | 0.480 | 0.480 | 0.480 |
| 出発地と目的地から近隣セントロイド(s) |        | 0.015 | 0.015 | 0.015 |       |       |       |
| リンクの最短経路探索計算時間(s)    | 44.019 |       |       |       |       |       |       |
| 区間の最短経路探索計算時間(s)     |        | 0.070 |       |       | 0.971 |       |       |
| 経路列挙計算時間(s)          |        |       | 0.006 |       |       | 0.072 |       |
| 経路時間列挙計算時間(s)        |        |       |       | 0.002 |       |       | 0.034 |
| 総計算時間(s)             | 44.499 | 0.085 | 0.021 | 0.017 | 1.451 | 0.552 | 0.514 |
| 1秒あたりの計算可能OD数        | 22     | 11765 | 47733 | 59844 | 689   | 1812  | 1944  |
| 経路時間計算時間(s)          |        |       |       | 3.09  |       |       | 3.09  |

表-5 OD 旅行時間精度

|               | I-a  | II-a | II-b,c | III-a | III-b,c |
|---------------|------|------|--------|-------|---------|
| 実OD旅行時間との相関係数 | 0.85 | 0.77 | 0.74   | 0.85  | 0.81    |
| 経路重複率(%)      | 33.3 | 33.3 | 37.0   | 41.2  | 42.6    |

に使用した経路の重複部分の距離を実走行経路距離で割ったものである。表-5をみると、実OD旅行時間との相関係数は、I-aやIII-a, III-b, III-cに比べII-a, II-b, II-cが低い値となった。これは、II-a, II-b, II-cが基本道路ネットワークのみを使用しているためと考えられる。ネットワークの簡略化がOD旅行時間精度の低下につながっている。経路重複率についてはどのケースにおいても50%以下であり、総じて低い値となった。OD旅行時間精度をさらに上昇させるにはプローブデータを基本に、実際に走行した経路を経路テーブルとして与える必要があると考えられる。

次に、データサイズ、演算処理時間、OD旅行時間精度の総合的な視点から比較を行った。図-5に演算処理時間とデータサイズの関係、図-6に演算処理時間とOD旅行時間精度の関係を示す。

I-b, I-cでは、データサイズが大きすぎるため計算することができなかった。図-5をみると、II-b, II-c, III-b, III-cはデータサイズが相対的には大きい、100MB以下であり、ネットワークの規模が多少小さくなったとしても問題なく計算可能であると考えられる。しかし、I-aについては演算処理時間がかかり、即時性が求められるOD旅行時間算出アルゴリズムとしては適していないと考えられる。

図-6をみると、II-a, II-b, II-cは演算処理時間については早い、旅行時間精度は若干落ちることがわかった。

データサイズ、演算処理時間、旅行時間精度の3つの観点から今回適用した実ネットワークでは、旅行時間精度があり、演算処理時間が早く、実走行経路を経路テーブルとして与えることができるIII-cがOD旅行時間算出アルゴリズムとしてもっとも適

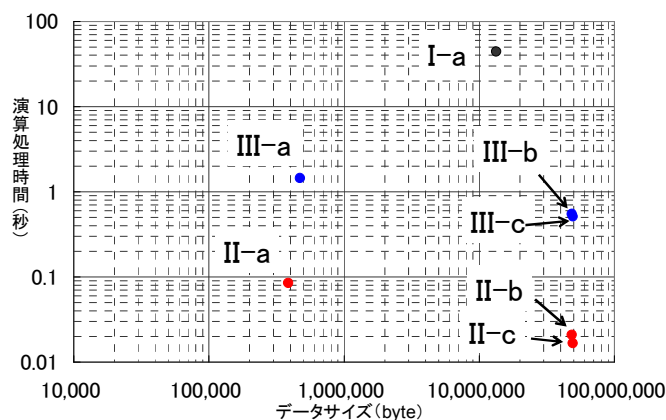


図-5 演算処理時間とデータサイズの関係

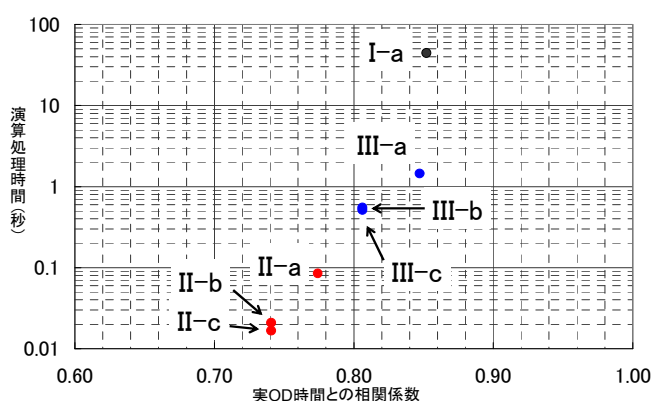


図-6 演算処理時間とOD旅行時間精度の関係

していると考えられる。

#### 4. まとめ

GPS携帯電話を基本にしたプローブ型ポータブル管制システムを念頭に、OD旅行時間算出アルゴリズムの比較結果を行った。その結果、低価格なPCとGPS携帯電話を用いることで、現実的な演算時間で精度の高いOD旅行時間を算出することを示した。

今後の課題として、OD旅行時間精度をさらに向上させるために実走行経路を経路テーブルとして与えることで、どの程度の効果があるのかさらなる比較を行いたい。

#### 参考文献

- 1) 横田幸哉, 羽藤英二: プローブパーソン調査によるOD推定の可能性に関する研究, 第60回年次学術講演会(発表予定), 2005.