

プローブパーソンデータによるオンラインマッチングアルゴリズム*

Online Matching Algorithm using Probe Person Data*

小島英史**・羽藤英二***

By Hidefumi OJIMA**・Eiji HATO***

1. はじめに

近年の都市交通計画において、情報通信技術の進展に伴い、交通網の高度情報化と交通計画手法の高度化が求められている。交通計画に用いるリンク情報や個人の詳細な交通行動データを得るためにGPS 携帯等の移動体通信が使用されている。また得られたデータから精度の高い旅行時間を予測し配信することで、交通渋滞の緩和が期待できる。移動体通信による位置データには誤差やデータの欠損が生じるため、そのままでは使用できない。そのためマップマッチングを行い、緯度経度座標で取得される観測点の位置データをネットワーク上のリンクに対応した位置に修正する必要がある。

移動体通信から得られた位置データにマップマッチングを行うことで走行しているリンクの旅行時間を算出することができるが、配信情報に使用するためには取得される位置データをオンラインで処理し、逐次旅行時間データを生成していく必要がある。本研究ではリンク旅行時間を逐次作成するためのオンラインマッチングのアルゴリズムを作成することを目的とする。

2. オンラインマッチングアルゴリズム

オンラインで取得される観測点を逐次ネットワークのリンク上に吸着していき、経路を特定していく。

*キーワード: プローブ, オンライン

**学生員 愛媛大学大学院博士前期過程 環境建設工学専攻

(〒790-8577 松山市文京町3

Tel1089(927)9829, ojima@eh.cee.ehime-u.ac.jp)

***正会員 工博 愛媛大学工学部

(〒790-8577 松山市文京町3

Tel1089(927)9829, hato@eng.ehime-u.ac.jp)

オンラインマッチングの特徴として、誤差により観測点が本来走行したリンクとは違うリンクに吸着された場合も、その時点では判断できないということが挙げられる。以降の観測点の位置によっては、前点の吸着結果を修正しないといけない場合が生ずる。そのため観測点の結果を順次確定はせず、以降の観測点により修正を行いながら確定していく。以下に具体例を示す。

(1) 観測点の吸着

まず、図-1 のように B 点($t=T+1$)が取得されたときについて説明する。

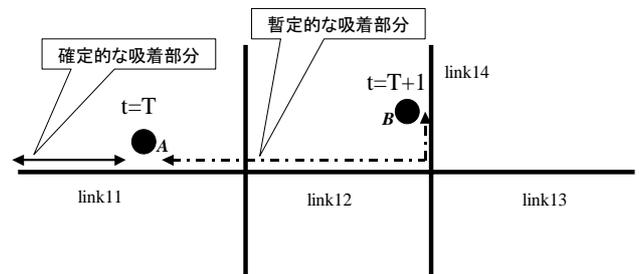


図-1 B 点取得時

この時点で B 点が最も近いリンクは link14 となるが、図-2 に示すように次に観測される C 点 ($t=T+2$)の位置により図 2 に示す 2 つの場合が考えられる。

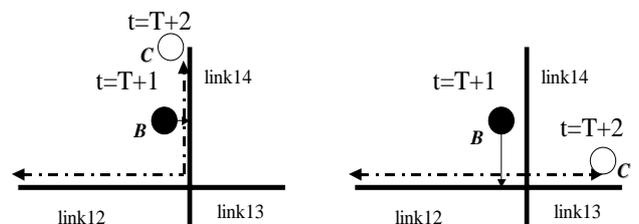


図-2-1 C 点観測位置①

図-2-2 C 点観測位置②

a) 図-2-1

図-2-1 の位置に C 点が観測された場合、B 点は link12→link14 という経路上を走行中に観測された点と判断することができる。

b) 図-2-2

図-2-2 の位置に C 点が観測された場合、B 点は link12→link13 という経路上を走行中に観測された点と判断することができる。

以上のように B 点を、観測された時点で link14 上の点に確定してしまうと、図-2-2 の場合に正しく経路を特定できなくなってしまうので、B 点の吸着結果は暫定的なものにしておく。

次に C 点($t=T+2$)が取得された場合について考える。C 点は図-3 の位置に観測されたものとする。

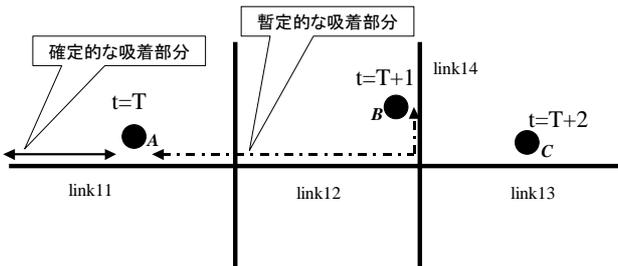


図-3 C 点取得時

まず C 点の暫定的な位置を求める。C 点の進行方向を前点である B 点から算出し、進行方向を考慮して最も近いリンクに吸着させる。この場合 C 点は link13 上に吸着する。C 点取得された時点で最後に確定されている観測点は A 点であり、起点から A 点までの経路は確定している。A 点から C 点までの経路は最短経路探索により求める。この場合 link11→link12→link13 が A 点から C 点までの経路となる。A 点($t=T$)と C 点($t=T+2$)の間に取得されている B 点($t=T+1$)はこの経路上を走行中の点と考えられるので、経路上で最も近い位置に吸着させる。図-4-1-1 に示す。暫定点であった B 点は、C 点との関係から link12 上の点と判断され、新たに確定点とする。図-4-2 に例を示す。

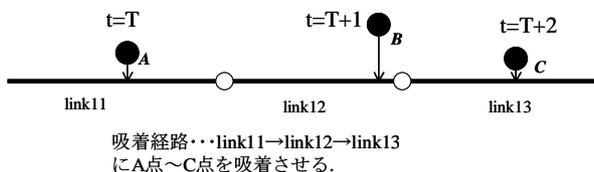


図-4-1 B 点の確定①

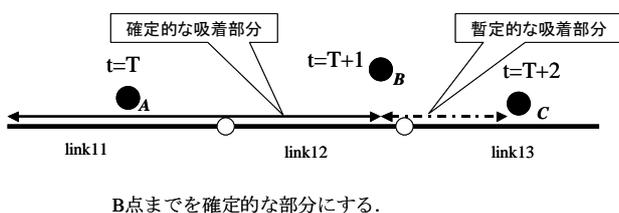


図-4-2 B 点の確定②

(2) 吸着結果の確定

観測点の吸着結果の確定は以降の観測点との距離によって判断する。図-5-1 のように B 点と C 点との距離 d が近い場合、次に観測される D 点($t=T+3$)の位置によっては B 点、C 点共に吸着結果の修正が必要になる可能性が高い。そのため距離閾値 D を設け、最新の観測点からの距離が D 以下の観測点は確定せず暫定点として貯めておき、距離が D 以上の観測点取得された時点で確定させる。図-5-2 に例を示す。

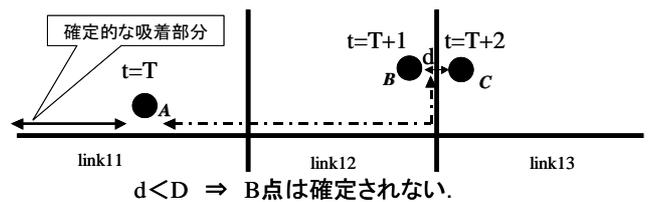


図-5-1 吸着結果の確定①

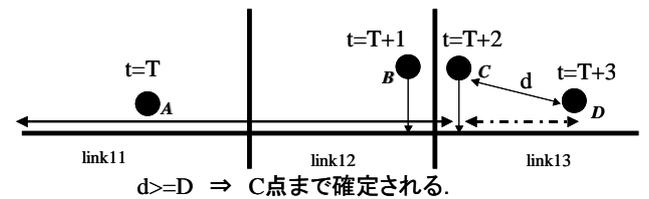


図-5-2 吸着結果の確定②

(3) マッチングを用いたリンク所要時間の算出

吸着させた観測点にはリンクとそのリンク上の位置という型のデータが格納されている。このデータを用いてリンクの旅行時間を算出する。以下に方法を示す。

a) 観測点間の補完

連続する観測点間には、取得間隔の設定やデータ欠損により時間的な間隔が存在する。1秒毎の位置を特定するために欠損部分の補完を行う。連続する観測点の吸着されたリンク上の位置と取得時間間隔から、1秒あたりの経路上の走行距離を計算し、1秒毎の位置を補完していく。

b) リンク所要時間の算出

補完により求めた1秒毎の位置から、あるリンクのリンク上走行開始時刻とリンク上走行終了時刻が求められる。得られた時刻からリンクの所要時間を算出する。観測点が確定する度に補完を行っていき、GPS 端末を持つ被験者がリンク上を通過すれば、リンク旅行時間が確定される。図 6 に例を示す。

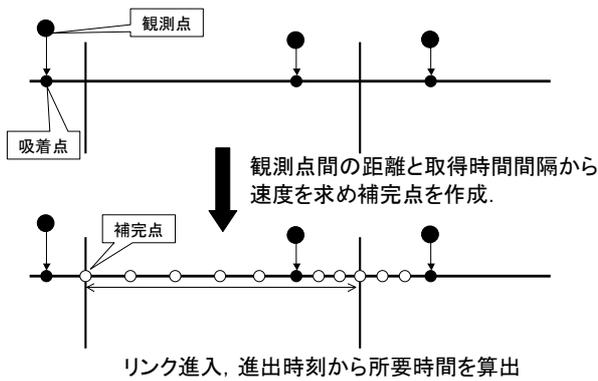


図-6 観測点の補完

表-2 走行経路

経路番号	経路名	データ数
経路1	国道11号市街地方向	43
経路2	国道11号郊外方向	42
経路3	国道33号左回り	32
経路4	国道33号右回り	31
経路5	国道56号市街地方向	31
経路6	松山市環状線左回り	23
経路7	松山市環状線右回り	21

以上の経路を走行したデータを，取得間隔を 20, 30, 40, 60, 90, 120 秒に設定してオンラインマッチングを行った．それぞれの場合での平均一致率を図7に示す．

3. 精度の検証

(1) 経路特定精度

オンラインマッチングによる経路特定の精度を検証するために，国道11号線を自動車で走行しアルゴリズムを適用した．実際に走行した経路とアルゴリズムによって特定された経路との一致率を表1に示す．一致率は「経路として抽出できたリンクの総距離／実際に走行した経路の距離」とする．

表-1 国道11号走行時の一致率

トリップID	一致率	トリップID	一致率
ca238_2	1.00	ca238_3	0.97
ca238_4	1.00	ca238_5	1.00
ca238_6	1.00	ca238_7	0.88
ca238_8	1.00	ca238_9	1.00
tst04_2	0.94	tst04_3	0.90
tst04_4	0.82	tst04_5	0.97
tst04_6	0.96	tst04_7	0.94
tst04_8	0.96	tst04_9	0.97
tst04_10	0.78	tst04_11	0.96
国道11号郊外方面		国道11号市街方面	

(2) 取得間隔による特定精度の変化

2003年7月に松山市で行われたプローブビークル調査の7月7日走行分のデータを使用して，観測点の取得間隔による特定精度の変化を算出した．プローブビークル調査では，指定した経路上をGPSを搭載した自動車で複数回走行し，移動中の詳細な位置データを記録した．観測点は1秒毎に取得されている．オンラインマッチングに使用する観測点データの時間間隔を設定することで，同じ走行で取得間隔の異なるデータが得られた場合を想定し，精度検証に使用した．表-2に使用した経路とデータ数を示す．

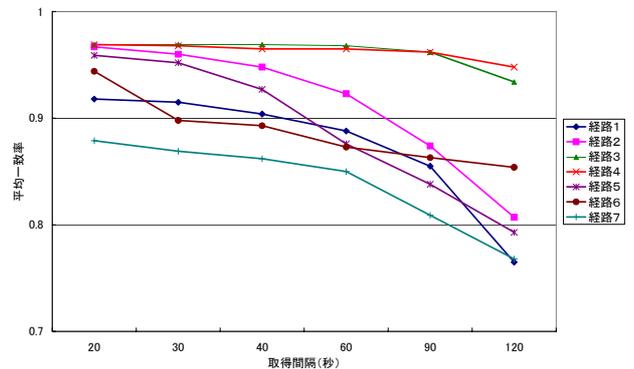


図-7 取得間隔と平均一致率

グラフより観測点の取得間隔が40秒までは一致率の変化は少ないが，40秒を超えると一致率が下降している．国道33号を走行している経路3と経路4は，一致率が高く変化も少ない．理由として経路の形状が直線的であることと，ネットワーク上の国道33号線周辺に近道となるような細かいリンクが少ないためと考えられる．松山市中心部のような細かいリンクが多数存在する地域では取得間隔が大きくなると経路特定の精度も悪くなると考えられる．

4. 実験への適用

2004年2月に松山市で行われたプローブパーソン実験で，旅行時間の配信を行うためにオンラインマッチングのアルゴリズムを適用しリンク旅行時間の算出を行った．

(1) 実験概要

松山都市圏に在住で普通運転免許を所有の方約300人を対象にGPS携帯電話を移動中に携帯してもらい，被験者の移動中の位置を観測する．被験者が

出発ボタンを押してから到着ボタンを押すまでを移動中とし、40秒間隔でGPS携帯電話により位置を取得する。被験者から得られる移動中の位置データや、MITSIM、重回帰分析からリンク旅行時間を予測し、被験者の選択した起終点間の旅行時間を配信情報として提供する。また被験者は携帯電話操作の他に一日の行動記録やアンケート、施設登録等を行う。被験者には予測所要時間、渋滞情報、等時間マップ情報等が提供される。

(2) アルゴリズムの適用

40秒間隔で取得される位置データを用いて逐次オンラインマッチングを行う。観測点が吸着されたリンクが前点までのリンクと異なった場合、補完点により前点のリンクから現在のリンクに進入した時刻が求められる。この時点で前リンクの進入時刻と現在のリンク進入時刻から、前リンクの旅行時間を求める。このアルゴリズムを、被験者300人の中で移動している人に適用し得られたリンク旅行時間を配信データ作成に使用する。

(3) 配信情報の作成

1日を30分単位の時間帯に区切り、時間帯内にオンラインマッチングにより求められたリンク旅行時間を貯めておく。また、各時間帯の時刻、天候等から重回帰分析によりリンク旅行時間の計算を行う。二つの方法から得られたリンク旅行時間を平均し、その時間帯の予測リンク旅行時間を算出する。被験者が起終点を選択すると、予測リンク旅行時間を用いて起終点間の旅行時間を計算し、予測情報として配信する。起終点間の経路はリンク旅行時間の最短経路探索によって求める。

(4) 配信情報の精度

実験期間中被験者はトリップ毎の出発、到着時刻のダイアリー記入を行った。このデータから得られる出発、到着時刻間を旅行時間とする。また、出発時にその時間帯のリンク旅行時間を使用して作成され、被験者に配信された情報を予測旅行時間とする。2月9日のデータを用いて旅行時間と予測旅行時間の比較を行った。結果を図-8に示す。

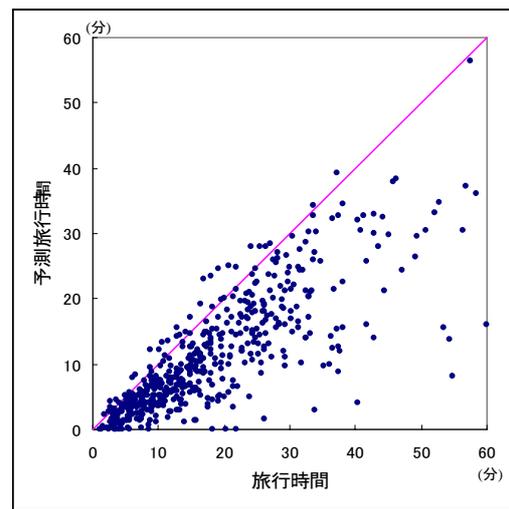


図-8 旅行時間と予測旅行時間の比較

旅行時間60分以内のトリップの平均誤差は6.94分となった。図-8より、予測旅行時間に比べて実際の旅行時間が全体的に長い傾向が現れた。また、予測時間に対して旅行時間の値が著しく大きいデータも見られた。原因としては被験者が到着ボタンを押し忘れ、到着後も移動中のデータとして扱われた場合が考えられる。この場合、到着を押し忘れた被験者のデータが以降のリンク旅行時間算出に用いられ、旅行時間の精度が悪化してしまう。被験者の出発、到着ボタンの押し忘れを、観測点から判断し補完することができれば予測旅行時間の精度は向上すると考えられる。

5. まとめ

本研究ではGPS端末から得られる位置データから配信用のリンク旅行時間を作成するために、オンラインマッチングアルゴリズムの作成を行った。観測点が取得される度にマップマッチングを行いながら経路を特定していくので、逐次リンク旅行時間を更新することができるが、誤差の大きな観測点が連続して取得されると誤った経路を特定し、リンク旅行時間も大きな誤差を生じてしまう。また、被験者のボタンの押し忘れも精度悪化の原因となる。今後の課題としては、誤差の大きな観測点や被験者のボタンの押し忘れ等の状態に対応することが挙げられる。