

## 地域情報を用いた 子供見守り支援システムに関する研究

山出智也<sup>†</sup> 今野将<sup>†</sup> 藤田茂<sup>†</sup>

現在、子供の安全を確保するために、子供の行動等を把握する、「子供見守りシステム」が多く提案・開発されている。しかし、現在の見守りシステムは、子供の位置情報しか知ることができないため、保護者の子供の安全の対処行動が多くなり、システム自体の信頼性が低下してしまうといった問題が発生する。本研究では地域情報などの様々な情報をシステムに組み込み子供の目的地の推定を行う手法を提案する。推定手法を用いることで過去に訪問したことのない施設も推定が可能となり、従来の子供の目的地推定よりも精度が向上できる。

### Research on Support System of Watching Over Children using regional information

Tomoya Yamade<sup>†</sup>, Susumu Konno<sup>†</sup> and Shigeru Fujita<sup>†</sup>

Currently, in order to ensure the safety of children, "Support System of Watching Over Children" has been proposed and developed to understand the behavior of children. However, the current "Support System of Watching Over Children" is the only location I can not find a child for much of the safety of children coping parents, and the problem would decrease the reliability of the system itself. In this research, we propose a method to estimate the child's destination information to use regional information. By using the estimation method, it is possible to estimate the facility never visited before, and to improved estimation accuracy than the traditional destinations of children.

### 1. はじめに

現在、子供の安全を確保するために、GPS 機能の付いた携帯電話や RFID 等から取得される位置情報を用いて通学時の子供の行動に関する情報を提供する「子供行動情報提供サービス」、およびその情報を用いた「子供見守り支援システム」が研究・開発されている[1][2].

例として、携帯型端末で取得された現在位置を地図上に子供の現在位置を表示することのできる機能や、電子タグを使用し子供が登校したときや下校したときに保護者にメールで通知するシステムが考えられており、各地方自治体により事業が行われたり、民間企業によるサービスも提供されている[3][4]. このことから、子供の見守り支援システムは、昨今の社会情勢などによりニーズが高まり、その重要性はますます高まっていくと考えられる。

しかし、現状の子供見守りシステムは、通学路のポイントの通過時にオンデマンドで保護者に知らせるといったシステムとなっており、子供の位置情報のみを使用するため、子供の現在地しか知ることができない。そのため、保護者から子供の見守りに関する情報が少ないとの声が挙がったり、子供の見守りに関する情報が少ないため、保護者の子供の安全の対処行動が多くなり、システム自体の信頼性が低下してしまうといった問題が発生する。

これに対して、我々は Sotto と呼ばれる地域情報を用いた子供の目的地の推定機能を導入した子供見守りシステムを研究・開発している[5][6][7][8][9]. Sotto は、子供の位置情報だけでなく、子供が好む施設やイベントなどの様々な情報を用いることにより、子供の目的地を推定することが可能となる。具体例として、子供が下校途中で新刊の発売があったため書店に立ち寄った場合、従来の見守りシステムでは書店にいるということしかわからないが、Sotto を用いることにより新刊の発売があったため書店に立ち寄ったことが推定できるため、保護者の安心感が向上できる。

だが、現在の Sotto はシュミレーションの際、子供の行動パターンをランダムに決めているため、周期性を考慮しておらず推定精度の低下を招いている。また、推定対象を絞りこむ範囲が単調なため、目的地の推定が実用的ではない。

本研究では、子供の行動履歴や地域情報などの様々な情報をシステムに組み込み子供の目的地予測を行う手法に子供の周期的なデータを使用することで、より目的地推定の精度を高度化する手法を提案する。

<sup>†</sup> 千葉工業大学  
Chiba Institute of Technology

## 2. 関連研究

### 2.1 訪問した場所と日時関係から推定する手法

訪問した場所と日時関係から推定する手法[10]は、曜日や時刻と向かう目的地に  
関係があることに着目し、その関係を活用することにより、自動車を運転するドライ  
バーが向かう目的地の推定を行う。

移動と日時カテゴリーの関係を抽出した結果と、現在時刻やユーザの現在の位置を利用  
することで、ユーザの向かう目的地をより正確に推定することが可能となるが、こ  
の手法ではユーザの行動履歴のみに基づいて推定を行うため、過去に訪問したこと  
のない施設を目的地として推定する事は不可能であるため、この手法を子供見守りシ  
ステムに適用した場合、その高度化は実現することはできない。

### 2.2 行動履歴と協調フィルタリングを利用した手法

行動履歴と協調フィルタリングを利用した手法[11]は、観光地を散策するユーザの  
行きたい場所を、あるユーザと嗜好の類似する他のユーザを見つけ、他のユーザの情  
報を基に推薦を行う手法である協調フィルタリングを用いて推定し、その結果に基づ  
いて観光名所を推薦する。この手法を子供見守りシステムに用いることで、過去に訪  
問したことのない目的地を推定することが可能になるが、この手法では他のユーザの  
履歴を利用しなければならぬため、精度向上に数百人規模のユーザデータが必要で  
あるという問題が発生する。

## 3. 地域情報を利用した目的地推定手法の提案

本研究では、子供の目的地推定の高度化を実現することを目的とする。そのために、  
子供の移動履歴、周辺の施設やイベントの情報、および子供の行動に影響を及ぼす嗜  
好などの付加的情報を用いた目的地推定手法を提案する。提案手法では行動履歴以外  
の情報も使用するため、過去に訪問したことのない施設も推定が可能となり、協調フ  
ィルタリングのような膨大なユーザデータを必要としない。

### 3.1 システム構成

まず、本研究で提案する手法のシステムの構成について説明する。

提案手法は、図1に示すように「移動履歴による目的地推定」、「施設訪問履歴に  
よる目的地推定」、「イベント参加履歴による目的地推定」の3つの目的地推定手法  
が並列で動作する構造になっており、通学路が工事中などの状況に応じて、それぞ  
れの手法の重みを変化させる。提案手法では、地域情報や子供の行動履歴を利用して  
「子供の好みの施設」や「子供の好みのイベント」を抽出し、それらを3つの推定手  
法で利用して様々な視点から推定を行い、そして、3つの推定手法間で推定結果を  
交換し合うことで、目的地推定の高度化を実現する。

具体的には、子供の行動履歴とWeb・地図データから、移動履歴、施設訪問履歴、  
イベント参加履歴を抽出する。その後、各履歴を曜日ごとに分類し、移動履歴は交差  
点や道路、施設等の主用ポイントをノードとしたツリーで表現し、施設訪問履歴とイ  
ベント参加履歴は、施設訪問回数、イベント参加回数を付加したリスト形式で表  
現する。目的地推定をする際には、推定する日の曜日に対応した(ツリー・リスト)  
に対して、条件付確率等を用いて走査を行い、目的地を推定する。走査の際には、子  
供の現在位置から、通り過ぎた場所にある施設やイベントに対しては、条件を厳しく  
するなどの方向の考え方も取り入れて推定精度の向上を目指す。

### 3.2 提案手法の要素

図1に示した3つの提案手法において行う処理は、「事前処理」と「行動中の処理」  
の2種類に分類することができる。「事前処理」とは、子供が行動をしていないとき  
に行う処理である。事前処理では、子供の行動履歴を用いて、子供の行動の特徴を抽  
出する。具体的には、行動履歴から子供の行動を表すツリーを作成することや、「子  
供の好みの施設に関する知識」と「子供の好みのイベントに関する知識」を抽出す  
ることである。「行動中の処理」とは、子供が実際に移動を行っているときに行う処  
理である。事前処理で生成した子供の行動の特徴を表す情報や知識と、子供の現在位  
置や地域情報、更に他の手法で推定した目的地を利用して、目的地を推定する。

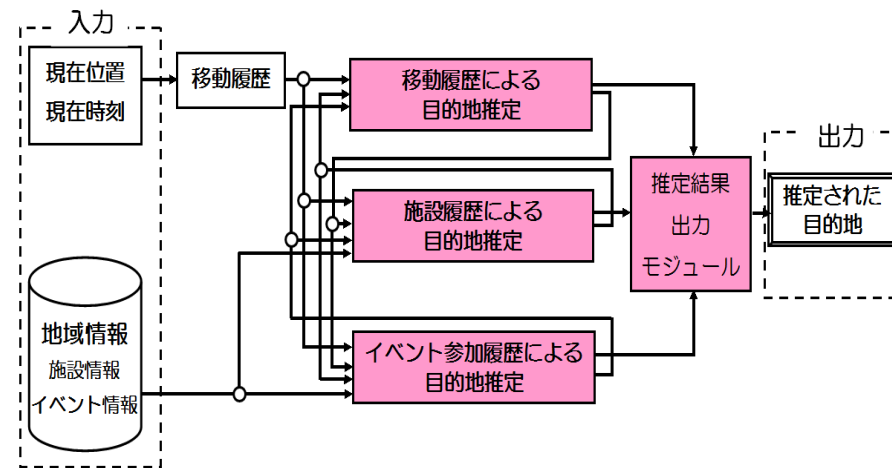


図1: 提案手法の構造

### 3.2.1 移動履歴による目的地推定

移動履歴による目的地推定では、移動履歴に基づいて目的地推定を行う。具体的には、図2に示したようなツリーを事前に生成する。そして、現在地を示すノードから最も重いリンクをたどることで目的地を推定することができる。以下に、事前処理と行動中の処理について詳細について示す。

事前処理は以下の手順で行われ、移動履歴のツリーを生成する。

1. 緯度・経度形式で表される移動履歴を場所 ID, 道路 ID, 交差点 ID といった, エリアを示す ID の形式へ変換し, ID の遷移をパスとして抽出する
2. パスをツリー形式で表す。もし, ツリーに同一のパスが存在しない場合には新たに追加し, 既に同じパスが存在する場合は遷移回数を増加させる
3. ノード間の遷移回数を基に, 遷移確率を計算する

この処理を行うことにより, 移動履歴をツリー形式で表現することができ, このツリーを利用する事で移動履歴から目的地を推定することが可能になる。

次に, 行動中の処理は以下の手順で行われ, 目的地を推定する。

1. 緯度・経度形式の現在位置を ID に変換する
2. ツリー上に現在位置を示す ID と同一のノードを探すことで, ツリー上から現在位置に該当するノードを検索する
3. そのノードから最も重いリンクをたどっていき, 場所 ID を示すノードまで到達したら, そのノードの ID を目的地として返す

移動履歴による目的地推定では, 現在地から見て過去に最も多く訪問した場所が目的地として推定される。

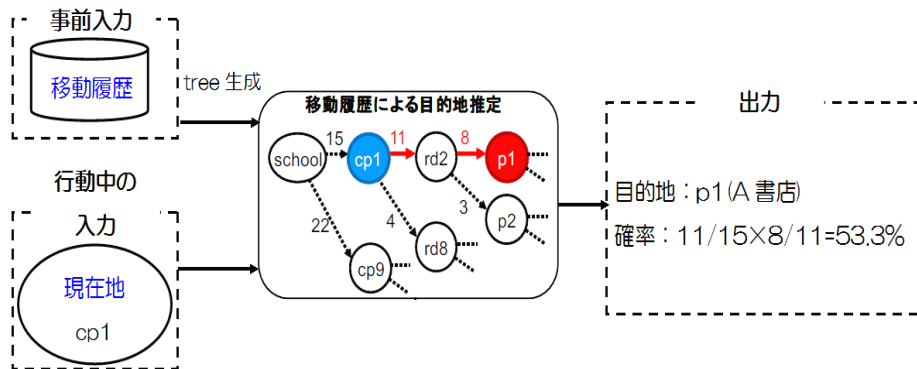


図2: 移動履歴による目的地推定

### 3.2.2 訪問施設履歴による目的地推定

施設履歴による目的地推定では, 子供の行動履歴から「子供の好みの施設に関する知識」を抽出し, それと施設に関する知識のうちの「施設種別」を利用することで目的地推定を行う。具体的には, 事前に図3に示したような, 施設の種別とその訪問回数を抽出する。そして, 子供の現在位置の周辺にある施設の中から, 過去に最も訪問回数が多い種別の施設を推定された目的地とする。ここで, 「施設」とは, 書店やコンビニなどの店舗や, 図書館や公園などの公共施設などを示し, 「子供の好みの施設に関する知識」を抽出するために, 施設を種別ごとに扱っている。例えば, 学校に近い書店と, 子供の自宅に近い書店のいずれに訪問したとしても, どちらも「書店」に訪問したとして扱う。4.2.1の移動履歴による目的地推定手法では, 目的地の候補となるのは過去に訪問したことのある施設のみであり, 新たに訪問する施設を目的地候補として挙げることは不可能であったが, 施設履歴による目的地推定手法では, 「子供の好みの施設に関する知識」を用いることで, 子供の周辺にある施設の中から目的地を推定することができることである。更に, 子供の好みの施設が新設されたときに, その施設を目的地候補として挙げる事も可能になる。そのため, より精度の高い目的地の推定が可能となる。

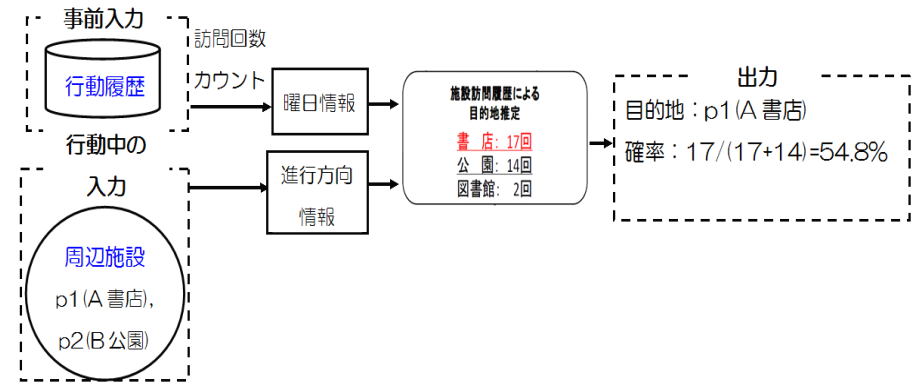


図3: 訪問施設履歴による目的地推定

事前処理は以下の手順で行われ, 「子供の好みの施設」を抽出する。

1. 行動履歴から, 場所の種別を抽出する
  2. 抽出した種別ごとの訪問頻度をカウントする
- 上記の処理により, 「子供の好みの施設」を抽出する。
- 行動中の処理は以下の手順で行われ, 目的地を推定する。

1. 現在位置周辺にある施設の ID を入力する
2. 周辺の施設 ID を、施設の種類に変換する
3. 周辺にある施設の中から、過去に最も訪問回数の多い種別の施設を目的地として出力する

また、通り過ぎた後や訪問した直後の施設に対して、進行方向の考え方も取り入れる。具体的には、推定当日の子供の移動経路から、「子供の進行方向」を予測し、子供の周辺にある施設の重みを増減させる。

### 3.2.3 イベント参加履歴による目的地推定

イベント参加履歴による目的地推定では、子供の行動履歴から「子供の好みのイベントに関する知識」を抽出し、それとイベントに関する知識のうちの「施設名称」と「イベントの種別」を利用することで目的地推定を行う。具体的には、事前に図4に示したような、参加イベント名とそのときに訪問した施設の種類・訪問回数を抽出する。そして、子供の現在位置の周辺にある施設と現在発生しているイベントから、過去に最も参加回数が多かったイベントの発生している施設を目的地として推定する。ここで、「イベント」とは、雑誌の新刊発売や祭りなど、目的地選択に影響を及ぼすようなできごとを指す。この手法の効果は、目的地から離れているために目的地候補が多くなり、それを絞り込むことが困難である際に、イベントの情報を利用して目的地候補を絞り込むことが可能になる事である。その結果、出発地を出た直後から高精度の目的地推定が可能になる。これは、「子供の好みのイベントに関する知識」を用いることで、子供の周辺にある施設と現在のイベント情報から目的地を推定するために可能になる。

事前処理は以下の手順で行われ、「子供の好みのイベント」を抽出する。

1. 行動履歴と一致している場所・時間を持ったイベントを探す
  2. 見つけ出したイベントと移動履歴（場所・時間帯）をペアにまとめて保存する
  3. 同じペアがいくつ存在するかをカウントする
- この処理を行うことで、子供の行動に影響を及ぼすイベントが何であるかを明らかにする。

行動中の処理は以下の手順で行われ、目的地を推定する。

1. 現在周辺にある施設の種別と、現在発生しているイベントを入力する
2. 事前処理で抽出した「子供の好みのイベント」と現在発生しているイベントが一致しているか検索する
3. 一致したイベントの情報に付随している場所を、目的地として出力する

また、通り過ぎた場所にあるイベントに対して、「訪問施設履歴による目的地推定」と同じように進行方向の考え方も取り入れる。

さらに、週一回通塾する等の子供の周期的な行動の特徴を得るため、「どの曜日に何回イベントに参加したのか」という情報を抽出する。具体的には、推定当日の日付

から曜日を求め、行動履歴からその曜日だけのイベント参加履歴を抽出することにより、子供の周期的な行動を取得する。そして、特徴の強さに応じて推定時に参加回数を増加させることで精度向上を実現する。参加回数の増加方法は、イベントの参加回数とその曜日での参加率によって増加量を変更し、以下の計算式で表される。

$$\text{増加量} = \langle \text{イベント参加回数} * \text{その曜日での参加率} \rangle$$

事前処理は以下の手順で行われ、「子供の好みのイベント」を抽出する。

1. 行動履歴と一致している場所・時間の対を持ったイベントを探す
2. 見つけ出したイベントと移動履歴（場所・時間）をペアにまとめて保存する
3. 同じペアがいくつ存在するかをカウントする

この処理を行うことで、子供の好みのイベント何であるかを明らかにする。

行動中の処理は以下の手順で行われ、目的地を推定する。

1. 現在位置の周辺にある施設の種別と、現在発生しているイベントを探す
2. 当日の曜日と見つけ出したイベントの参加率から増加量を求める
3. 事前処理で抽出した「子供の好みのイベント」と現在発生しているイベントが一致しているかを検索する
4. 一致したイベントに重みを増加する
5. 一致したイベントの情報に付随している場所を、目的地として出力する

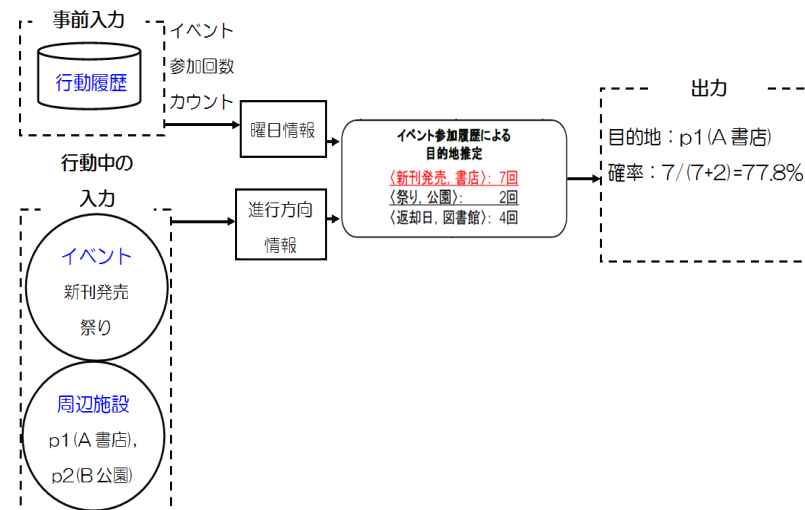


図4: イベント参加履歴による目的地推定

### 3.2.4 他の推定手法での推定結果を反映する機構

本提案手法では、各手法で推定した結果を他の推定手法へ反映させている。具体的には、各手法が持っている訪問回数履歴の回数を増加することで、他の推定手法での結果を反映する。これにより、他の推定手法での結果を学習することが出来、それによって、可能性の高い目的地の確率が高まる。行動履歴より求めた訪問回数のみの方より、様々な視点からの推定が可能になる。訪問回数の増加方法は、推定結果のうちの確率が閾値以上の時とそれ未満の時で、加える回数を変更する。例えば、確率が50%以上の時は、「2×各手法の重み」分の回数を増加し、確率が50%未満の場合は「1×各手法の重み」分の回数を増加する。ここで、各手法の重みとは、大きいほどその推定手法の推定結果を重視する、という意味を持つ値である。ここで、具体例を用いて他の推定手法での推定結果を反映する機構を説明する。例として、「各手法の重み=2」である他の手法において、〈目的地; 確率〉=〈書店 p1; 3=5〉と求めた場合を説明する。まず、この結果を「移動履歴による目的地推定」の持つ履歴に反映させる場合は、p1 方向の回数を「2×2=4」だけ増加させる。次に、「訪問施設履歴による目的地推定」へは、書店の訪問回数を4だけ増加させる。最後に、「イベント参加履歴による目的地推定」へは、書店の訪問回数を4だけ増加させる。次に、他の手法での推定結果と反映のタイミングについて述べる。ある手法の推定結果と他の手法の推定結果の関係は、以下のような式で示される。

$$D1_{t+1} = \text{destPredict1}(D2_t; D3_t)$$

$$D2_{t+1} = \text{destPredict2}(D3_t; D1_t)$$

$$D3_{t+1} = \text{destPredict3}(D1_t; D2_t)$$

すなわち、ある手法における推定結果は、ひとつ前の時間で求めた他の2手法の推定結果を用いて求まる。ここで、destPredictN は、N番目の手法(N=1; 2; 3)における目的地推定である。また、DN<sub>t</sub>は時刻tにおける第N手法での推定結果で、DN<sub>t</sub>=〈目的地; 確率〉で表される。そして、子供の位置情報(緯度, 経度)が更新されたときに、t→t+1となる。位置情報の更新間隔は、GPSで取得できる位置情報を利用した場合1秒~10秒位である。

### 3.2.5 最終的な推定結果の導出方法

各手法の推定結果を合わせた最終的な推定結果を求める方法を説明する。推定結果=(目的地; 確率)で表現されるが、その確率と各手法の重みの積が最大となる推定結果を最終的な推定結果とする。例えば、子供の訪問しそうな施設が新設された場合は、「訪問施設履歴による目的地推定」の「各手法の重み」を増加させることで、「施設が新設された」という事象を目的地推定手法に反映することができる。結果と手法の重みが定められている場合の最終出力結果の決定方法を説明する。まず、確率×各手法の重みを計算し、それが最大であったものを最終推定結果として出力する。この場合は、「イベント参加履歴による目的地推定」における「確率×各手法の

重み」が1.5で最大であるため、目的地はp1と求まる。

### 3.3 試作と実験

提案手法を実装し、評価を行った。子供の行動履歴や行動パターン、イベント情報等を生じ、シミュレーションを行った。結果を図5に示す。図5は、それぞれの提案手法での精度をグラフにしたものである。結果から、既存の手法に比べて3つの目的地推定手法した場合の方が精度が高いことがわかる。さらに、曜日と方向を用いて走査した場合、より精度が向上することが分かった。

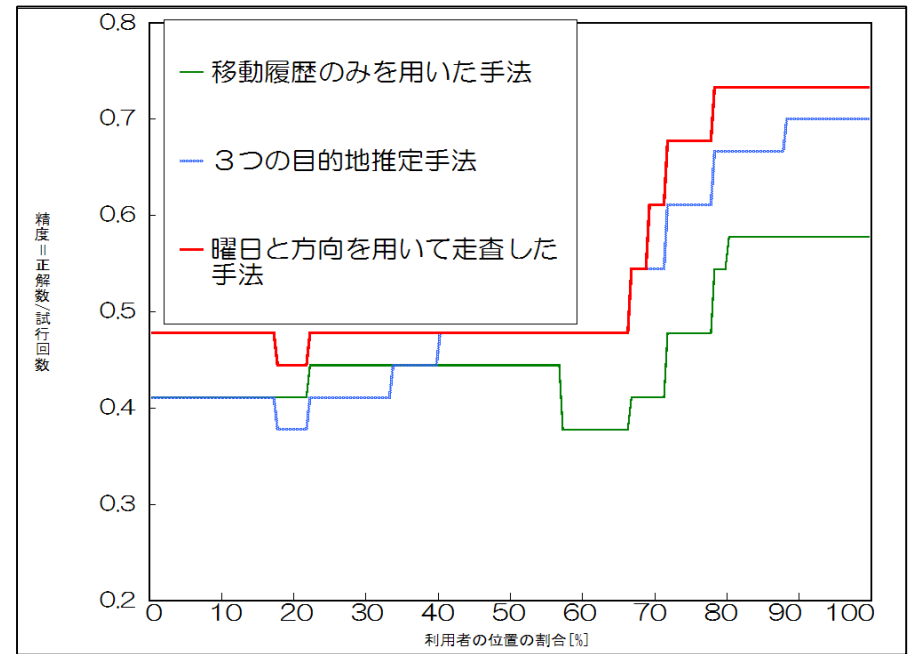


図5: 3つの目的地推定手法の実験結果

## 4. まとめ

本研究では、子供の行動履歴や地域情報などの様々な情報をシステムに組み込む

ことで、より精度の高い子供の目的地予測を行う手法を提案した。評価から、提案した3つの目的地推定手法に加え、曜日や方向の概念を追加することにより、子供の目的地推定の精度が向上することが明らかとなった。

今後の課題として、評価実験においては抽象化した地図データを使用した。実際の地図データを適用する必要がある。また、リアルタイムな状況の変化に対応させる必要がある。さらに、これらの推定された情報を google map などの地図に提示するインタフェースの作成も行っていく。

## 参考文献

- 1) 総務省：ユビキタスネットワーク技術を用いた子どもの安全確保システム及び高齢者の安全確保システムに関する事例(2007), [http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/2007/070328\\_9\\_bs1.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/2007/070328_9_bs1.html)
- 2) Jianhua Ma, Bernady O. Apduhan, Leonard Barolli, “Ubikids - A Ubiquitous Smart Hyperspace for Kids Care,” 情報処理学会第12回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ講演論文集, pp.191-196, Dec. 2004
- 3) セコム株式会社：ココセコム, <http://www.855756.com/>
- 4) 総務省：児童見守りシステム導入の手引書, [http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/2009/pdf/090109\\_2\\_tb.pdf](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/2009/pdf/090109_2_tb.pdf)
- 5) 渡邊悠介, 富岡健治, 藤田茂, 菅原研次, 今野将：共生コンピューティングの概念に基づく子供の見守り支援システム, 信学技報, AI2006-76, pp.65-68, Mar2007.
- 6) 藤田茂, 今野将, 真部雄介, 菅原研次：センサー椅子による作業者アウェアネス獲得の試み：共生コンピューティング(セッション1:ユビキタスコンピューティングとP2Pネットワーク応用), 情報処理学会研究報告.マルチメディア通信と分散処理研究会報告, Vol.2008, No.117, pp.19-22(2008).
- 7) 富岡健治, 藤田茂, 渡邊悠介, 今野将, 小田原亨, 内海哲史, 菅原研次, 白鳥則郎：共生コンピューティングに基づく子供達の見守り支援システムの設計(情報社会のデザイン:Inter Society と実世界アプリケーション), 電子情報通信学会技術研究報告.AI,人工知能と知識処理, Vol.107, No.353, pp.35-40(2007).
- 8) 渡邊悠介, 富岡健治, 藤田茂, 菅原研次, 今野将：共生コンピューティングの概念に基づく子供の見守り支援システム(学生セッション,大学のAI・企業のAI), 電子情報通信学会技術研究報告.AI,人工知能と知識処理, Vol.106, No.617, pp.65-68(2007).
- 9) 藤田茂, 菅沼拓夫, 今野将, 打矢隆弘, 原英樹, 北形元, 木下哲男, 菅原研次, 白鳥則郎：共生コンピューティング(3):子供とお年寄りの見守り事例(Inter Society(1),Inter Society-ユビキタスネットワーク社会における知的協調・連携基盤の創造), 電子情報通信学会技術研究報告.AI,人工知能と知識処理, Vol.106, No.399, pp.1-6(2006).
- 10) Vlaho Kostov, Jun Ozawa, Mototaka Yoshioka, Takahiro Kudoh, “Travel Destination Prediction Using Frequent Crossing Pattern from Driving History,” 8th International IEEE Conference on

Intelligent Transportation Systems, pp.970-977, Sep.2005

11) 篠田裕之, 竹内亨, 寺西裕一, 春本要, 下條真司：行動履歴に基づく協調フィルタリングによる行動ナビゲーション手法, 情報処理学会研究報告.マルチメディア通信と分散処理研究会報告, Vol.2007, No.91, pp.87-92(2007).