

## 行動履歴を用いた児童見守り支援システムのための 目的地推定手法の試作

今野 将<sup>†1</sup> 山出 智也<sup>†2</sup> 藤田 茂<sup>†3</sup>

近年、児童の安全を確保するために、児童の行動等を把握する『児童見守り支援システム』が多くの企業・大学・研究機関などで提案・開発されている。しかし、現在の児童見守りシステムの多くは、児童の位置情報をどのように取得するかに主眼が置かれているため、保護者には児童の位置情報とそれに付随する僅かな情報しか提供されていない。そのため、保護者は児童の状況を正確に知ることが出来なくなり、児童の安全に対する対処行動が多くなり、児童見守りシステム自体への信頼性が低下すると言う問題点があった。本研究では、児童の行動履歴や地域情報などの様々な情報を利用し、児童の行動目的および目的地を推定する手法を提案する。本手法を用いることにより、保護者は児童がその場所にいる目的を推測する事が可能となり、

### Implementation of destination prediction mechanism for support system of watching over children using life log

SUSUMU KONNO,<sup>†1</sup> TOMOYA YAMADE<sup>†2</sup>  
and SHIGERU FUJITA<sup>†3</sup>

Currently, the support system of watch over children has been proposed and developed. The Support system of watch over children recognizes the behavior of children to ensure children safety. However, the current system only presents the location of children. Therefore, parents can't understand children's behavior and has to do various work to understand children's behavior. In this research, we propose a method to estimate the child's destination information to use child's life log. 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

近年、児童の安全を確保するために、GPS 機能付き携帯電話や RFID 等から取得される児童の位置情報を用いて、通学時の児童の行動に関する情報を提供する「児童行動情報提供サービス」、およびその情報を用いた「児童見守り支援システム」が多くの企業・大学・研究機関などで提案・開発されており、昨今の社会情勢などにより、そのニーズおよび重要性が高まっているといえる<sup>1),2)</sup>。これら児童見守り支援システムは、携帯型端末で取得された児童の現在位置を地図上に表示する機能や、RFID 等の電子タグを使用して児童が登校したときや下校したとき、または駅の改札を通過した時に保護者にメールで通知する機能が提案・実現されており、地方自治体や民間企業によるサービスも提供されている<sup>3)-7)</sup>。しかし、現状の児童見守り支援システムは、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がほとんどであり、児童の現在位置しか知ることができない。そのため、保護者から児童の見守りに関する情報が少ないとの声が挙がったり、児童の見守りに関する情報が少ないため、保護者の児童の安全への対処行動（児童のもつ携帯電話に確認の電話をする・警察や警備会社に通報するなどの行動）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している<sup>8),9)</sup>。

現在この問題に対して、児童見守り支援システムの高度化として以下の情報の高度化が期待されている。

- (1) 児童の行動に関する情報（地点通貨情報・目的地情報等）
- (2) 児童の危険に関する情報（警報発信・滞留検知・エリア逸脱検知等）
- (3) 現在位置と周辺施設に関する情報（現在位置と周辺地図等）

これに対して、我々は Sotto と呼ばれる地域情報を用いた児童の目的地の推定機能を導入した児童見守りシステムを研究・開発している<sup>?)</sup>。Sotto は、前述の『1. 児童の行動に関する情報』の高度化を図るものであり、児童の位置情報を提示するだけでなく、児童の行動履歴や児童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、児童の行動目的や目的地を推定し、保護者に提示することが可能となる。具体例として、児童が下校途中に欲しい

†1 千葉工業大学工学部電気電子情報工学科

Department of Electrical, Electronics and Computer Engineering, Chiba Institute of Technology

†2 千葉工業大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻

Graduate School of Engineering, Chiba Institute of Technology

†3 千葉工業大学情報科学部情報工学科

Department of Computer Science, Chiba Institute of Technology

本の発売日であったために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欲しい本の発売日であったために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。

本論文では、これら Sotto において、児童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、児童の行動目的や目的地の推測を行う手法およびその機構の試作について述べる。

## 2. 関連研究

既存の目的地推定の手法として、“訪問した場所と日時関係から推定する手法”<sup>15)</sup> や “行動履歴と協調フィルタリングを利用した手法”<sup>16)</sup> がある。

“訪問した場所と日時関係から推定する手法”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、この手法を児童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。

“行動履歴と協調フィルタリングを利用した手法”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。この手法を児童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ないため、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。

すなわち、既存の目的地推定の手法を児童見守り支援システムに適用した場合、以下の2点の問題が発生する。

(P1) 行動履歴にない児童の目的や目的地を推定することが不可能

(P2) 精度を向上させるためには数百人規模のデータが必要

本論文では、(P1)を解決するために、地域情報とそれに付随する知識を活用する。これにより、児童が好きなイベントや施設の種類を把握する事が可能となり、行動履歴にない児童の目的や目的地を推定する事が可能となる。また、(P2)を解決するために、前述の地域情報や知識から児童の目的や目的地を推定する3つのモジュールを用いた推定機構を提案

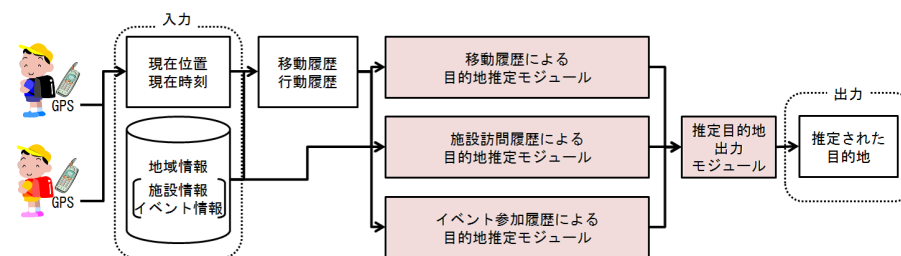


図1 Sotto のモジュール構成図

する。

## 3. 行動履歴と地域情報を用いた目的地推定手法の提案

### 3.1 提案手法の概要

本論文で提案する Sotto の概要を図1に示す。図1に示す通り、Sotto では3つのモジュールを用いて児童の目的や目的地を推定する。具体的には“移動履歴による目的地推定モジュール”、“施設訪問履歴による目的地推定モジュール”、“イベント参加履歴による目的地推定モジュール”の3つである。

この各モジュールにおいて、児童の過去の移動経路（移動履歴）、周辺にある施設やイベントに関する情報（地域情報）、および児童の行動に影響を及ぼす“児童の好みの施設”や“児童の好みのイベント”などの嗜好に関する情報（知識）を活用し、様々な視点から児童の目的や目的地を推定することで、目的地推定の高度化を実現する。また、各モジュール間で推定結果を交換し合うことで、更なる精度向上を図る。

本手法の特徴は2つある。1つめは、地域情報や知識を活用することで、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ことである。また、過去に訪問した場所を目的地として推定する際も、既存手法と比較して高精度な推定が可能になることである。2つめは、複数のモジュールを用い、モジュール間で推定結果を交換しあうことで、様々な視点から推定を行うことが可能になり、利用する行動履歴を個人のものに限定しても高精度な目的地推定ができるようになるため、ユーザ数に影響を受けずに高精度な目的地推定が可能になることである。

### 3.2 既存手法の問題点の解決方法

前節にて述べた (P1)、(P2) を解決するために、以下の (S1)、(S2) を提案する。

### (S1) 地域情報と知識の活用

#### (S2) 3 モジュール構造の推定手法による様々な視点から推定

まず、(S1) では施設の種類の訪問履歴やイベントの参加履歴から、推定に必要な“知識”を抽出する。ここでいう“知識”とは各履歴や地域情報が児童の行動に及ぼす影響を表現するために必要な情報である。地域情報に関する知識には、“施設に関する知識”と“イベントに関する知識”がある。これらの知識は目的地推定自体にも利用されるが、これらの知識と“施設の種類の訪問履歴”と“イベントの参加履歴”を用いて、児童の行動に関する知識を抽出する。児童の行動に関する知識には、“児童の好みの施設に関する知識”と“児童の好みのイベントに関する知識”の2つがある。児童の好みの施設に関する知識とは例えば“書店訪問回数が多い児童の好みの施設は書店”であり、児童の好みのイベントに関する知識とは例えば“新刊発売時の書店訪問回数が多い児童の好みのイベントは新刊発売”である。このように、地域情報や児童の行動に関する知識を目的地推定に活用することで、移動履歴に基づく目的地推定以外の推定も実現可能になる。これによって、“(P1) 行動履歴にない目的地を推定することが不可能”を解決できる。

次に、(S2) を実現するために、利用可能な児童の行動履歴から、その児童の特徴を抽出する必要がある。本手法では、行動履歴から“児童の好みの施設に関する知識”と“児童の好みのイベントに関する知識”を“児童の行動の特徴”として抽出する。抽出した児童の行動の特徴を、3つのモジュールによる推定手法で利用することによって、様々な視点からの推定を可能にする。例えば、児童の訪問しそうな施設が増加した場合、施設訪問履歴による目的地推定モジュールを重視して推定をする。また、児童の行動に影響を及ぼすイベントの発生時には、イベント参加履歴による目的地推定モジュールを重視して推定をする。このように、状況に応じて重視するモジュールを変化させるために“推定方式に関する知識”を用いる。そして、児童の行動の特徴や現在の状況を考慮して様々な視点から推定する事により、個人の履歴のみでも目的地推定の精度を上げることが可能になる。また、各モジュールが他のモジュールの結果を反映することで、更なる精度向上が可能になる。これによって、“(P2) 精度向上に数百人規模のユーザデータが必要”を解決できると考える。

#### 3.3 提案手法で使用する情報と知識

本論文では、次に示す5種類の情報と情報や履歴から抽出された知識を使用する。各情報と知識についての詳細を以下に示す。なお、本論文では、使用する情報は全て取得・利用が可能である事を前提とする。

位置情報 GPS等のデバイスで取得される緯度・経度と現在時刻で表される児童の現在位

置であり以下のように定義される。

位置情報 ::= 〈時刻〉〈緯度〉〈経度〉

移動経路 当日の現在時刻までに行った移動を示すものであり以下のように定義される。

移動経路 ::= 〈位置情報〉+

この情報を利用する事で、当日の現在時刻までにどのような施設を訪問したのかが明らかになる。

移動履歴 前日までの移動経路の蓄積であり、前日までにどのような移動を行ったかを示すものである。移動履歴は以下のように定義される。

移動履歴 ::= 〈日付〉〈移動経路〉

地域情報 施設情報とイベント情報から構成されている。施設情報で扱う施設とは、図書館やコンビニ、図書館や公園など、児童の訪問しそうな場所である。また、イベント情報は、新刊発売や通塾日、祭りなど、児童が参加しそうなイベントである。以下に、施設情報とイベント情報の定義を示す。

施設情報 ::= 〈施設名称〉〈場所〉

イベント情報 ::= 〈場所〉〈日時〉〈イベント名〉

これら、地域情報は一般の人でも利用可能な情報がウェブ上に公開されており、また、これら情報を取得する手法に関する研究<sup>17)</sup>も行われている。そこで、本論文では必要な地域情報は全て使用可能であるとする。

行動履歴 本論文では、児童の移動に加えて参加したイベントを共に記録した情報を“行動情報”として以下のように定義する。

行動情報 ::= 〈位置〉〈時刻〉〈イベント名〉

また、これら行動情報を一日分蓄積したものを“行動パターン”とし、前日までの行動パターンを蓄積したものを“行動履歴”とする。行動パターン ::= 〈行動情報〉+

行動履歴 ::= 〈日付〉〈行動パターン〉

知識 知識には、本論文で利用する地域情報に付加されている知識と、地域情報と行動履歴から抽出する知識、そして、目的地推定の手法に必要な推定に関する知識がある。“施設に関する知識”と“イベントに関する知識”は地域情報に付加される。また、“児童の好みの施設に関する知識”と“児童の好みのイベントに関する知識”は、地域情報と行動履歴から抽出される知識である。そして、“推定方式に関する知識”は提案する目的地推定モジュールが持っている知識であり、各推定方式や関連情報間の重み付けなどに用いる。以下に各知識の定義を示す。

施設に関する知識 ::= 〈施設種別〉+ 〈施設名称〉 〈使用目的〉+ 〈場所〉  
 イベントに関する知識 ::= 〈施設名称〉 〈開始日時〉 〈終了日時〉 〈イベントの種別〉  
 児童の好みの施設に関する知識 ::= 〈施設種別〉 〈訪問回数〉  
 児童の好みのイベントに関する知識 ::= 〈イベント種別〉 〈参加回数〉  
 推定方式に関する知識 ::= 〈推定方式〉 〈関連情報〉+ 〈増減幅〉

### 3.4 位置情報の扱い方および目的地の対象

#### 3.4.1 エリア ID による位置情報の抽象化

提案手法では、位置情報（緯度、経度）を、エリアを示す ID に変換して利用する。エリアを示す ID と、その意味は以下の通りである。

$p_n$  施設を示す ID

$cp_n$  交差点を示す ID

$rd_n$  道路を示す ID

図 2 に、道路・交差点・施設にそれぞれ ID が割り振られている例を示す。緯度と経度で表される位置情報を、エリアを示す ID に変換して利用することにより、移動履歴・行動履歴の表現に ID 標記を用いることが可能になり、履歴の管理が容易になり、目的地推定機構にとっても児童の現在位置を取得しやすいという利点がある。

#### 3.4.2 Sotti が出力する目的地の対象

本論文では、“下校時の目的地推定”を対象とする。そのため、“目的地”とは、学校から家まで移動する間に立ち寄る場所（寄り道場所）とする。そして、最終的な目的地は児童の自宅であるとする。例えば、学校から公園と図書館を経由して自宅に帰る場合、目的地に該当する場所は“公園”、“図書館”、“自宅”の 3 つである。また、本提案手法では、現在位置の直後に向かう目的地を児童の目的地として推定している。これは、本提案手法の適用が見込まれる児童見守り支援システムにおいて、直後の目的地を利用できれば、保護者へ提供する情報の高度化を図れると考えたからである。

### 3.5 各モジュールの設計

#### 3.5.1 各モジュールにおける処理の種類

図 1 に示した各モジュール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、児童が行動をしていないときに行う処理であり、児童の行動履歴から児童の行動を表す tree を作成したり、児童の好みの施設に関する知識と児童の好みのイベントに関する知識を抽出したりする。

“行動中の処理”とは、児童が実際に移動を行っているときに行う処理であり、事前処理

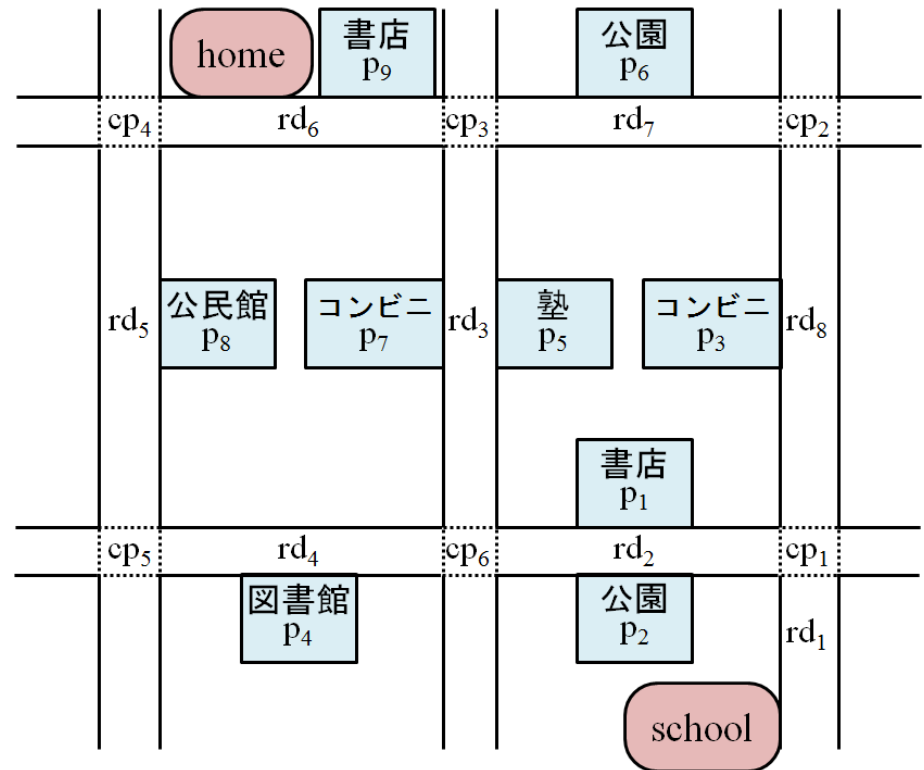


図 2 Sotti におけるエリア ID の割り当て例

で生成した児童の行動の特徴を表す情報や知識と、児童の現在位置や地域情報、更に他の層で推定した目的地を利用して目的地を推定する。

#### 3.5.2 移動履歴による目的地推定モジュール

移動履歴による目的地推定モジュールでは、移動履歴に基づいて目的地推定を行う。具体的には、図 3 に示す tree を事前処理にて生成する。その後、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。以降、事前処理と行動中の処理について詳細に説明する。

事前処理は以下の 3 つの Step で行われる。

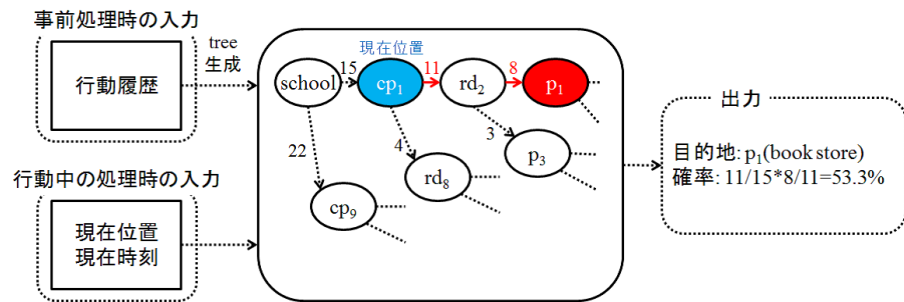


図 3 移動履歴による目的地推定

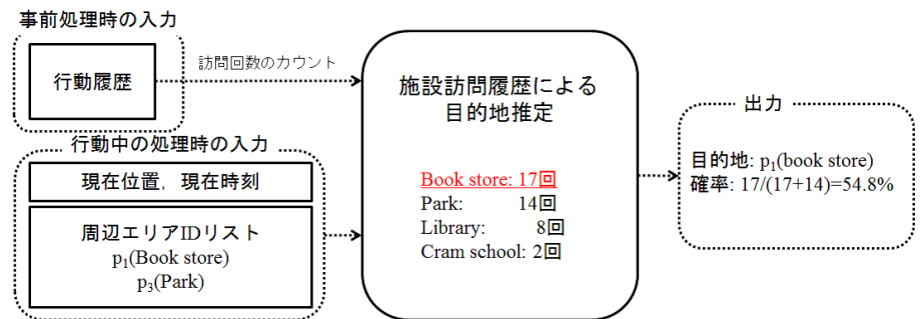


図 4 施設訪問履歴による目的地推定

Step1 緯度・経度形式で表される移動履歴を場所 ID( $p_n$ ), 道路 ID( $rd_n$ ), 交差点 ID( $cp_n$ ) の形式へ変換し, ID の遷移をパスとして抽出する

Step2 パスを tree 形式で表す. もし, tree 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

Step3 ノード間の遷移回数を基に, 遷移確率を計算する

これにより, 移動履歴を tree 形式で表現することができ, この tree を用いることで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 3 つの Step で行われる.

Step1 緯度・経度形式の現在位置を ID に変換する

Step2 tree 上に現在位置を示す ID と同一のノードを探すことで, tree 上から現在位置に該当するノードを検索する

Step3 そのノードから最も重いリンクをたどっていき, 場所 ID( $p_n$ ) 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

このように, 移動履歴による目的地推定モジュールでは, 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. しかし, 移動履歴による目的地推定では, 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る.

### 3.5.3 施設訪問履歴による目的地推定モジュール

施設訪問履歴による目的地推定モジュールでは, 児童の行動履歴から“児童の好みの施設に関する知識”を抽出し, “施設に関する知識”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 4 に示したような, 施設の種別とその訪問回数を曜日別と総計

で抽出する. 曜日別を用いる理由は, 周期的な予定(毎週水曜日の塾など)に対応するためである. そして, 児童の現在地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目的地として推定する. この際に, 曜日別と総計両方で目的地を推定するが, それぞれの推定結果が異なる場合, 施設の種別(周期的な予定が発生しやすい施設かどうか)等を考慮し, 推定結果を調整する.

事前処理は以下の 2 つの Step で行われ, “児童の好みの施設”を抽出する.

Step1 行動履歴から, 場所の種別を抽出する

Step2 抽出した種別ごとの訪問頻度を曜日別と総計でカウントする

行動中の処理は以下の 4 つの Step で行われ, 目的地を推定する.

Step1 現在位置周辺にある施設の ID を入力する

Step2 周辺の施設 ID を, 施設の種別に変換する

Step3 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曜日別と総計それぞれで目的地として出力する

Step4 曜日別と総計で推定結果が異なる場合, 施設の種別に関する知識を用いて調整をする

施設訪問履歴による目的地推定モジュールの効果は, “児童の好みの施設に関する知識”を用いることで, 児童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, 児童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.





図 5 イベント参加履歴による目的地推定

### 3.5.4 イベント参加履歴による目的地推定モジュール

イベント参加履歴による目的地推定モジュールでは、児童の行動履歴から“児童の好みのイベントに関する知識”を抽出し、イベントに関する知識の施設名称とイベントの種類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5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別・訪問回数を曜日別と総計で抽出する。曜日別を用いる理由は、施設訪問履歴による目的地推定モジュールの際と同様である。そして、児童の現在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。この際に、曜日別と総計両方で目的地を推定するが、それぞれの推定結果が異なる場合、イベントの種類（周期的な予定が発生しやすいイベントかどうか）等を考慮し、推定結果を調整する。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ものを指す。

事前処理は以下の3つのStepで行われ、“児童の好みのイベント”を抽出する。

- Step1 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
- Step2 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
- Step3 同じペアがいくつ存在するかを曜日別と総計でカウントする

行動中の処理は以下の4つのStepで行われ、目的地を推定する。

- Step1 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
- Step2 事前処理で抽出した「児童の好みのイベント」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
- Step3 一致したイベントの情報に付随している場所を、曜日別と総計それぞれで目的地と

して出力する

Step4 曜日別と総計で推定結果が異なる場合、イベントの種類に関する知識を用いて調整をする

イベント参加履歴による目的地推定モジュールの効果は、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、“児童の好みのイベントに関する知識”を用いることで、児童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である。

### 3.6 他のモジュールの推定結果を反映する機構

本提案手法では、各モジュールで推定した結果を他のモジュールへ反映させている。具体的には、各モジュールが持っている訪問回数履歴の回数を増減させることで、他のモジュールでの推定結果を反映する。これにより、他のモジュールでの推定結果を学習することができ、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、加える回数を変更する。例えば、確率が50%以上の時は、「2×モジュールの重み」分の回数を増加し、確率が50%未満の場合は「1×モジュールの重み」分の回数を増加するなどである。ここで、モジュールの重みとは、大きいほどそのモジュールの推定結果を重視する、という意味を持つ値である。

次に、他のモジュールでの推定結果と反映のタイミングについて述べる。あるモジュールの推定結果と他のモジュールの推定結果の関係は、以下のような式で示される。

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

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

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

すなわち、あるモジュールにおける推定結果は、ひとつ前の時間で求めた他のモジュールの推定結果を用いて求まる。ここで、destPredictNは、他のモジュールのことであり、移動履歴による目的地推定モジュールを1、施設訪問履歴による目的地推定モジュールを2、イベント参加履歴による目的地推定モジュールを3としている。また、 $DN_t$ は時刻tにおける書くモジュールでの推定結果で、 $DN_t ::= \langle \text{目的地} \rangle \langle \text{確率} \rangle$ で表される。そして、児童の位置情報（緯度、経度）が更新されたときに、 $t \rightarrow t+1$ 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。

### 3.7 最終的な推定結果の導出方法

各層の推定結果は、推定結果 ::= 〈目的地〉〈確率〉というように目的地と確率のペアで出力される。この確率とモジュールの重みの積が最大となる推定結果を、提案手法における最終的な目的地推定結果とする。

## 4. 試作と実験

### 4.1 シミュレーションシステムの試作

提案した Sotto の動作を確認するために、シミュレーションシステムの試作を行った。シミュレーションシステムの実装には Java (Java SE 6) を用いた。また、実装や実験に利用したコンピュータは、CPU: Intel(R) Pentium(R) Dual CPU E2220 @ 2.40GHz, メモリ: 2.0GB, OS: Microsoft Windows XP Professional Service Pack 3 である。

### 4.2 実験方法

本論文では、実際の児童の行動履歴を収集して利用することがプライバシー保護の観点などから困難であるため、シミュレーションによって実験を行った。具体的には、児童の移動を再現した仮想的な児童の行動履歴を大量に作成する。作成した行動履歴は、目的地推定機能での学習や目的地推定の評価にも用いられる。ここで、評価や学習に用いる仮想的な行動履歴の妥当性・客観性をどのように確保するかが問題になると考えられる。行動履歴の生成方法によっては、本研究に過度に有利になってしまうからである。そこで、その問題を解決する方法として、あらゆる状況を想定してできるだけ多くのパターンの行動履歴を生成する。実験は、既存手法と提案手法の精度を比較することで行う。ここで、評価の対象とする既存手法とは、移動履歴のみを用いて推定した結果、すなわち既存 Sotto の移動履歴による目的地推定モジュールのみを用いて推定した結果のことをいい、提案手法は Sotto の全てのモジュールを用いて推定した結果を示す。

また、推定された目的地の評価に用いる推定精度は、複数回実験を行い、そのうちの正解した回数をもとに導出する。つまり、以下のような式で表現される。

$$\text{推定精度} = \frac{\text{正解数}}{\text{実験回数}}$$

次に、実験の流れを説明する。まず、仮想的な児童の行動履歴をランダムで作成し、施設やイベントの訪問回数から児童の行動の特徴を抽出する。次に、推定に用いる現在の位置情報

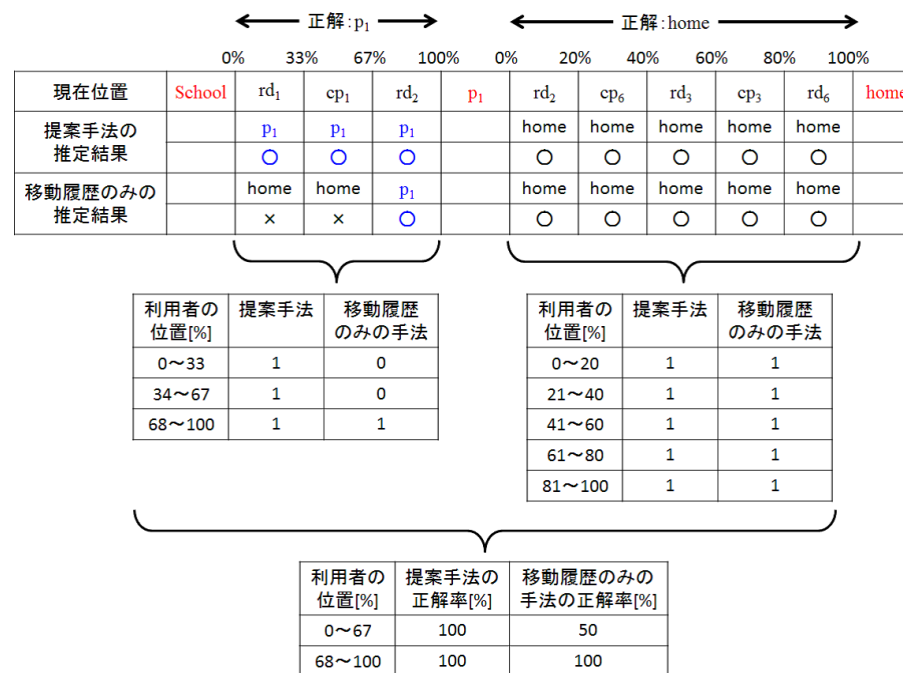


図 6 グラフ化の方法

と地域情報を入力し、事前に抽出した児童の特徴に関する情報を参照することで目的地推定を行う。最後に、推定結果が正しいかどうかを確認する。

本実験の実験結果はグラフで示すが、ここで、グラフの生成方法について説明する。説明用の図を図 6 に示す。まず、スタート地点 (学校 or 自宅) を 0%, ゴール地点 (自宅 or 学校) を 100% として等分する。そして、等分した各タイミングにおける目的地推定の結果を実際の目的地と比較し、正解の場合には 1, 不正解の場合には 0 を加えていき、最後に出発地から目的地までの移動回数で割ることで、正解率を求めている。

### 4.3 実験シナリオ

本実験では、様々な児童に対して提案手法が有用であることを確認するために、全ての行動履歴や当日の行動パターン、イベント情報、層の重みをランダムで生成して実験を行った。また、本実験では、図 2 に示した地図上を行動したとして、行動履歴と当日の行動を生

行動パターン分類	表 1 目的地	行動履歴と当日の行動の一例 イベント名	当日の行動の一例 行動履歴 (回)	当日の行動パターン 分類ごとの頻度 (回)
直接帰宅	Home	無し	12	35
書店経由	$p_1$	新刊発売	9	17
公園経由	$p_2$	祭り	4	13
図書館経由	$p_4$	返却日	5	7
公民館経由	$p_8$	子供会	2	9
塾経由	$p_5$	通塾日	7	16
書店 コンビニ経由	$p_1, p_7$	新刊発売	1	3

成した。

本実験の実験条件は以下に示すとおりである。

- 行動履歴：8週間分（40日分）  
行動パターンの分類を曜日毎に4通り（20通り）用意し、その頻度をランダムに選択することで行動履歴を生成
- 当日の行動パターン：20週間分（100日分）  
行動パターンの分類を曜日毎に4通り（20通り）用意し、その頻度をランダムに選択することで行動履歴を生成
- イベント情報：新刊発売（書店）、通塾日（塾）、返却日（図書館）、祭り（公園）、子供会（公民館）からランダムで発生
- モジュールの重み：各モジュールの重みを0.3~1.0に設定した

これらの情報をランダムで生成し、推定を行う。行動履歴と当日の行動の一例を表1に示した。推定を行った後に、再び行動履歴・当日の行動の回数をランダムに決定して実験を行うことを10000回繰り返すことで様々なパターンに対応した精度の比較実験を行った。

#### 4.4 実験結果と考察

実験結果の精度のグラフを図7に示す。実験結果から、児童の行動の特徴を、移動履歴からだけでなく、好きな施設の種類のや、好きなイベント等、各児童ごとの履歴のみで様々な視点から分析可能なため、児童の行動が異なる場合でも安定して精度向上を実現出来ることを確認できた。また、各児童ごとの履歴のみでの精度向上を確認できたため、“(P2) 精度向上に数百人規模のユーザーデータが必要”であるという問題点を解決することが期待できる。

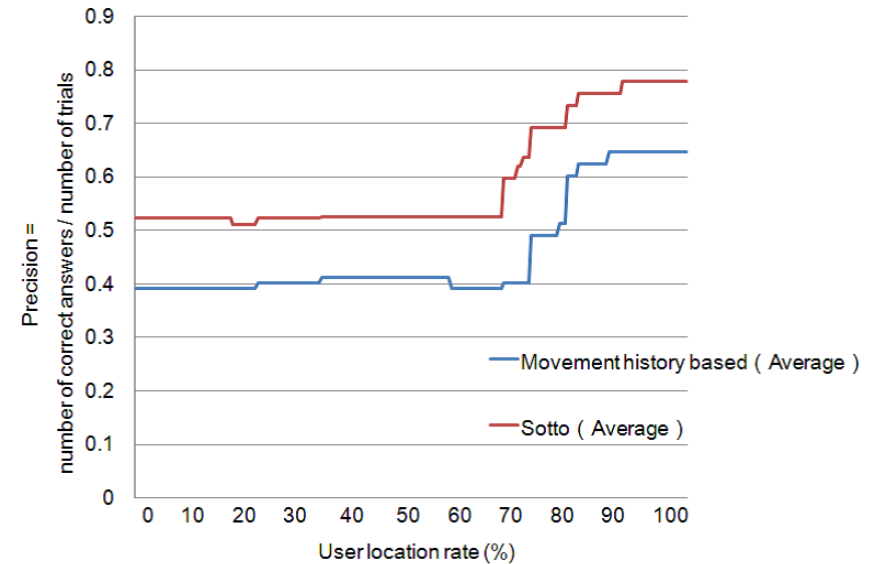


図7 実験結果

## 5. おわりに

本論文では、児童見守り支援システムの高度化を目指したシステムである Sotto の設計と試作について述べた。Sotto は既存の児童見守り支援システムがもつ問題点および、既存の目的地推定の手法を児童見守り支援システムに適用した場合に発生するであろう問題点である“(P1) 行動履歴にない目的地を推定することが不可能”、“(P2) 精度向上に数百人規模のユーザーデータが必要”という2つの問題点を解決するために提案されているシステムである。Sotto では、これらの問題を解決するために、児童の過去の移動経路を移動履歴として用い、さらに、施設への訪問履歴や、児童の行動に影響を及ぼすと考えられる、周辺にある施設やイベントの情報を目的地の推定に活用した。そして、本論文では Sotto を試作し、シミュレーションによる実験・評価を行い、提案手法が、様々な状況において目的地推定の精度を向上することができる事を確認した。これによって、児童見守り支援システムの高度化の実現が見込め、そのことが児童を見守る保護者の不安を軽減することを実現可能にする



と考えられる。

## 参 考 文 献

- 1) 総務省: コピキタスネット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) (オンライン), [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) (参照 2011-05-01)
- 2) Jianhua Ma, Bernady O. Apduhan and 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 (オンライン), <http://www.855756.com/> (参照 2011-05-01)
- 4) au: 安心ナビ (オンライン), <http://www.au.kddi.com/anshin/> (参照 2011-05-01)
- 5) NTT Docomo: イマドコサ - チ (オンライン), <http://www.nttdocomo.co.jp/service/safety/imadoco/> (参照 2011-05-01)
- 6) 加藤電機: イルカーナ (オンライン), <http://www.anshin-anzen.com/> (参照 2011-05-01)
- 7) 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) (参照 2011-05-01)
- 8) 中国新聞: 位置確認で増す安心-安芸区矢野南小 児童見守りシステム検証-, <http://www.chugoku-np.co.jp/kikaku/child/news/080105a.html> (参照 2011-05-01)
- 9) 財団法人大阪市都市工学情報センター: おおさかコピキタス街角見守りロボットプロジェクト, <http://www.osakacity.or.jp/mimamori/inspect/index.html> (参照 2011-05-01)
- 10) 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, 信学技報, AI2006, Vol.106, No.399, pp.1-6 (2006)
- 11) 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, Vol.106, No.617, pp.65-68 (2006)
- 12) 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, 信学技報, Vol.107, No.353, pp.35-40 (2007)
- 13) 小田原亨, 今野将, 藤田茂, 菅沼拓夫, 白鳥則郎: 周辺状況を利用した通学時の子供の目的地推定機能, 信学技報, Vol.108, No.204, pp.39-44 (2008)
- 14) 山出智也, 今野将, 藤田茂: 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, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ 2010 論文集, pp.25-30 (2010)
- 15) Vlaho Kostov, Jun Ozawa, Mototaka Yoshioka and Takahiro Kudoh, "Travel Destination Prediction Using Frequent Crossing Pattern from Driving History," Proceedings of the 8th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, pp.970-977 (2005)
- 16) 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, 情処研報, Vol.2007, No.91, pp.87-92 (2007)
- 17) 今野将, 藤田茂, 渡邊悠介: Web ページからの地域情報取得手法, 信学技報, Vol.108, No.119, pp.45-50 (2008)