

ユーザの行動を反映した位置履歴表示システムの構築

伊藤昌毅¹ 徳田英幸^{1,2}

¹慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 ²慶應義塾大学 環境情報学部

Visualization of Position Tracking Data Reflecting User's Activity

Masaki Ito¹ Hideyuki Tokuda^{1,2}

¹Graduate School of Media and Governance, Keio University

²Faculty of Environmental Information, Keio University

1 はじめに

GPS などの普及で様々な場所で手軽に正確な位置情報の取得が可能になり、位置情報を利用したサービスの研究、開発が盛んになっている。自動車や人のナビゲーションや、位置情報などを用いてユーザの状況を理解し適応的なサービスを提供するコンテキストウェアと呼ばれる研究 [1] がその例である。また、位置情報を蓄積し、人や物の移動履歴を地図上に表示するサービスも登場している。地図上に軌跡が表示されることを活かした個人向けの旅行記録アプリケーションや、盗難自動車など人や物の移動を追跡し検索を補助するシステムなどが既に登場している。また、すべてのタクシーの現在位置を一覧し、空車のタクシーの効率的な配車を支援するシステムのように、企業の業務効率向上へも応用されている。GPS 内蔵携帯電話の進歩などにより、今後さらに位置情報の取得や蓄積が容易になり、蓄積した位置情報を活用する様々なアプリケーションの登場が予想される。

上記のようなシステムで位置履歴を表示する際に用いられる地図は、地表面の様相を記号化し、一定の縮尺で 2 次元平面上に表現した一般的な地図である。そこでは、地図の範囲内のすべての地表面の情報が均一の割合で描写されている。一方、ユーザの行動は特定の領域に限られたものであり、ユーザの行動の目的や行動中の関心も特定の領域に限られていると考えられる。そのため、一般的な地図上にユーザの軌跡を表現したときに、ユーザの行動の目的や関心は地図全体の情報の中に埋もれてしまい、直感的に把握するのは困難である。

本研究では、ユーザの移動やある地点での写真撮影や買い物といったイベントを総合して行動と呼び、ユーザの行動に応じて空間の重み付けを行う。そしてユーザの行動を直感的に把握するために、空間の重みが視覚化された地図を提供する。地図を表示する際には他人に示す場合と行動中のユーザ自身に示す場合とを区別し、後者の場合には現在位置を表す焦点を導入する。本システムが提示する地図を用いることで、他人の軌跡や行動をより直感的に把握することが可能になる。また、自分の辿ってきた道や街をより効率的に把握することが可能になる。

2 ユーザ行動の構造化

本節では、ユーザの軌跡やイベントといった行動を構造化する手法について検討する。認知科学など様々な分野で、人が空間を自身が行動しやすいよう構造化して認知していることが示

されている [4]。認知地図は必ずしも実際の地図と対応が取れた物ではなく、歪みや誇張、様々な情報の取捨選択を含んでいることが多い。これらの研究を参考にユーザの軌跡情報から構造を設定する手法について考察する。図 1 に、本節で示す手法の全体像を示す。

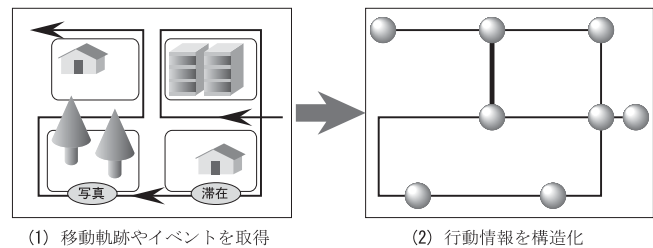


図 1. ユーザの行動からの構造の抽出

2.1 ユーザの行動からの構造の抽出

本稿では、軌跡やイベントからノード、パスからなる構造を抽出する。ノードとは、ユーザにとって印象に残るような行動を行った地点のことである。パスとは、ノード同士を繋ぐ線でありユーザの移動経路を表す。パスにはユーザの移動経験に基づいて重みを設定する。

ノードの生成

図 1-1 に示す実空間上でのユーザの軌跡やイベント情報から、図 1-2 に示すようにノードとパスからなる構造を抽出する。ノードの抽出には以下のルールを用いる。

- 軌跡の交差によるノード生成

ユーザの移動軌跡が交差する点をノードとする。何度も通過する交差点などがこの方法によりにノードとして判定される。なお、平行して走る軌跡による細かい交差の繰り返しを区別するため、交差角度に閾値を設けている。

- イベント発生によるノード生成

写真撮影、買い物などある場所で行われたイベントが取得できた場合、その場所をノードとする。現在のところデジタルカメラの撮影イベントのみが取得できるが、携帯デバイスの進化により多様な情報を今後取得できると考えられる。

● 滞在時間によるノード生成

ある狭い範囲における滞在時間が閾値を越えた場合、その場所をノードとする。レストランでの食事などが、この方法で取得できる。前述のイベント発生によるノード生成が常に取得できるとは限らないため、補完する役割もある。

● ランドマークによるノード生成

空間に存在する建物や交差点、橋などランドマークとして利用されている場所を通過したとき、そのランドマークをノードとして設定する。この時に利用する情報は、ユーザの行動からではなく、地図から取得する。

バスの生成と重みづけ

ノード間の接続を表すパスは、ノード間を移動した軌跡が存在するときに設定される。パスの重みは、以下の値によって決定される。

● 頻度

ノード間を通る回数により、パスの重みが設定される。何度も通るほど、パスの重みが増す。

● 速度

ノード間を通る際の速度がパスの重み付けに用いられる。ノード間をよりゆっくり通過することで、パスの重みが増す。

頻度から求めた重みと速度から求めた重みの和により、パスの重みが決定される。

3 ユーザの行動を反映した地図表示

本節では、構造化されたユーザの行動を空間の重みに変換し、重みが表現された地図を生成する手法を検討する。始めに本稿で用いる強調表現を検討した後、客観的に行動を把握する場合と行動中の本人が行動を把握する場合について重み付けと地図表現への反映について検討する。

3.1 地図における強調表現

一般に地図は全体の地表を俯瞰的に均一な縮尺で表現することを特徴としている。一方、本研究で構築するシステムでは地図の部位により表現に強弱を持たせる。ここでは、地図において強調を表現する方法について検討する。

● 色による表現

地図上の強調したい部位を明るくするなど、地図の色調や明るさに変化をつけることにより強調を表現する手法が考えられる。

● 縮尺による表現

部位により縮尺を変更することで強調を表現する手法。色による表現より差異を際立たせた表現になる。部分により異なった縮尺の地図を同一の地図に混在させる場合、3次元曲面を利用することも考えられる。

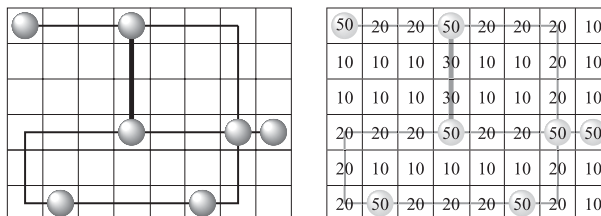
本稿では、地図を細かな矩形に区切り、矩形ごとの縮尺を変えることで強調を表現する手法を採用する。単一の矩形の中では同一の縮尺で地図が表示されるため、それぞれの矩形は通常の地図と同様に読むことができる。また、空間の重み付け方法との親和性が高く、実装も容易である。

3.2 重み付けによる強調表示

前節でモデル化したユーザの行動を地図の強調表示で表現する方法を検討する。地図は、提示される相手によって俯瞰的な重み付けと焦点を考慮した重み付けを検討する。

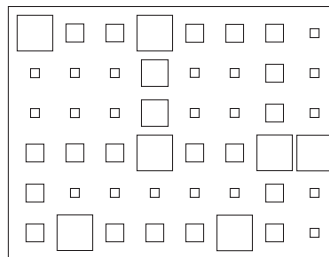
俯瞰的な重み付けによる表示

ユーザが帰宅後に自分の行動を振り返ったり、他人の行動を把握する際には、重み付けにより強調表示された地図を用いることが有効である。図2に重み付けされた地図の表示方法を示す。本手法では、前節の手法で得た構造化されたユーザの行動情報を地図に重ね(図2-1)、地図を矩形に分割しそれぞれの矩形に重みを設定する(図2-2)。そして、各矩形に対して設定した空間の重みを各矩形の縮尺に変換し表示する(図2-3)。この手法を用いることで、重みを持った空間を強調して浮き上がらせ表現することが出来る。



(1) 対応する地図を矩形に分割

(2) 各矩形に数値化した重みを設定



(3) 重みを縮尺に反映

図2. 俯瞰的な視覚化

焦点を考慮した重み付けによる表示

空間に身を置く場面では常に現在位置が意識される。そのときの視点は空間内のすべての情報を均一の縮尺で表現する地図の視点とは異なり、見渡すことができる部分的な範囲からの情報しか得られない。そのため、空間内で行動しているユーザ自身に軌跡情報を提示する場合は、前述の重み付けによる強調表示に加え、ユーザのいる場所に焦点を導入した表示方法が効果的である。また、そのときの空間の重みは俯瞰的な視点で設定した値に加え現在位置との相対的な位置関係が考慮されるべきである。図3に、焦点を考慮した重み付けの手法の概要を示す。本手法では、地図中の現在いる矩形に焦点を設定し(図3-1)、焦点からの距離により各矩形の縮尺を減衰させる(図3-2)。焦点を通過するバスが通る矩形は、焦点を中心としたときの縮尺の減衰を小さくし(図3-3)、ノードが存在するときはさらに縮尺を大きくする(図3-4)。本手法は、行動中のユーザが自分自身の行動を把握する際に利用できる。

4 実装

本節では、プロトタイプシステムとして実装したシステムの構成や機能を述べる。

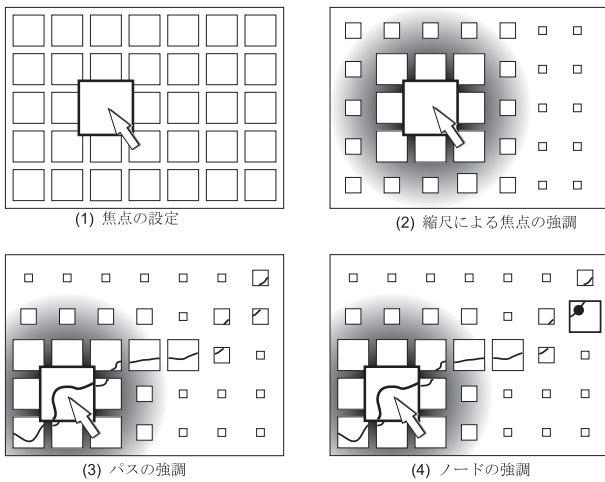


図 3. 焦点を持った視覚化

4.1 システム構成

本システムは、ユーザが所持する位置履歴取得システムと、地図表示に用いる表示アプリケーションによって構成される。表示アプリケーション

本システムの実装は Java 言語を用いて行ない、約 5000 行からなるアプリケーションとなった。本システムで利用する地図データとしては国土地理院の提供する数値地図 2500 を利用し、ベクトルデータとして提供されている街区データ、鉄道データ、公共建物データなどから地図を描画した。地図の描画には Java2D ライブラリを利用した。本アプリケーションは、Windows, Linux, MacOS X といった Java2 の実行環境を備えたさまざまな OS 上で動作する。

位置履歴取得システム

本システムでは位置取得装置として GPS を利用した。実装に当たっては、SONY の PC カード型 GPS アンテナである IPS-5100G を利用し、Linux をインストールしたノート PC、および iPAQ に接続して位置取得システムを構築した。出力される緯度・経度情報を取得、保存するアプリケーションは C 言語を用いて実装した。図 4 に位置履歴取得システムを示す。位置履歴取得システムで取得した位置履歴データを、表示アプリケーションに読み込むことで本システムにおける強調表示が可能になる。

4.2 表示アプリケーションの機能

表示アプリケーションは大きく通常モードと強調表示モードからなり、以下の機能を備える。

地図表示機能

通常の地図表示機能として、地図データの読み込み、表示機能を備えている。本アプリケーション上で、読み込んだ地図データの任意の部分を任意の縮尺で表示することが可能である。また、北を上とする通常の表示だけでなく、任意の角度で地図を表示することができる。

軌跡情報管理機能

位置履歴取得システムで取得した軌跡情報を読み込んで地図上に表示する機能を備える。また、表示された地図上でマウス



図 4. iPAQ を利用した位置履歴取得システム

を利用して軌跡情報を入力することも可能である。本アプリケーションはまた、このように入力された軌跡情報の修正、編集機能や保存機能を備える。図 5 に軌跡表示の例を示す。

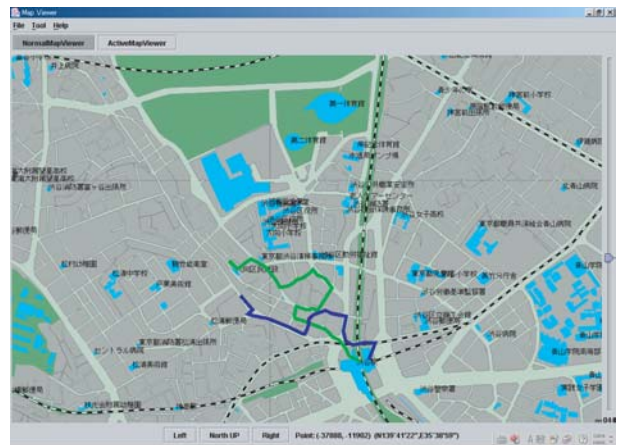


図 5. 通常の地図表示と軌跡表示

イベント管理機能

位置情報を伴うイベントを入力する機能を持つ。本実装においては、デジタルカメラの撮影イベントの管理を実現した。デジタルカメラのファイル内に記録された Exif[3] 情報からの位置情報の読み取りのほか、対応するデジタルカメラが少ないため GPS の時刻データと写真の撮影時刻とのマッチングによる撮影場所の推定も行っている。

強調表示地図機能

左上のモードボタンを切り替えることで、本アプリケーションを強調表示モードに切り替えられる。強調表示モードでは通常モードで表示されていた地図が矩形に分割され、重み付けが反映された縮尺で表示される。強調表示モードでは、すべての矩形を通常の縮尺で表示した状態、俯瞰的な重み付けによる表示、焦点を考慮した重み付けの表示をマウスのクリックにより切り替えられる。焦点を考慮した表示の時は、マウスで選択された矩形に焦点が置かれ、マウスの移動により簡単に焦点を移動することが出来る。そのため、焦点を移動しながらの地図閲覧も可能である。図 6 に、焦点を考慮して強調表示された際の画面例を示す。

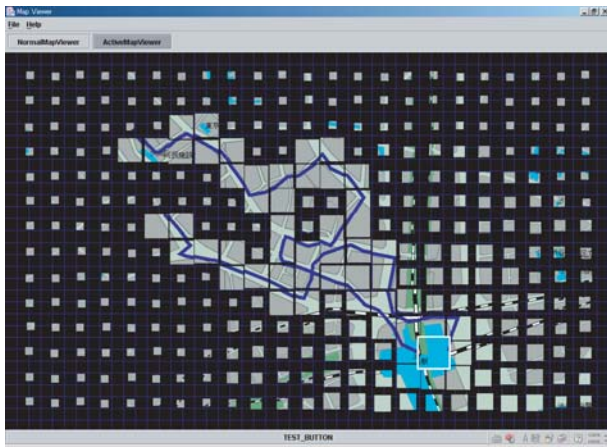


図 6. 焦点を考慮した強調表示モード

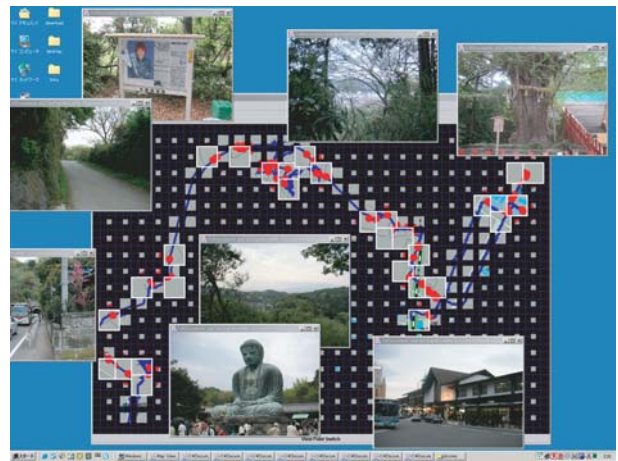


図 7. 鎌倉での使用例

5 応用例

本システムは、設置する場所や地図と同時に提示する情報によって様々な応用例が考えられる。以下に、2つの応用例を示す。

5.1 デジカメ写真ブラウザ

写真を撮影した地点をノードとし、本システムの俯瞰的な重み付けの手法で地図を強調表示すると、写真撮影を行った場所が強調表示され一覧できる。旅行などで移動しながら撮った写真の整理の際に本地図を併用すると、写真同士の地理的な関係が把握しやすくなる。

5.2 街頭情報端末

ユビキタスコンピューティング環境 [5] を実現する研究の中には、街頭に様々な情報端末を設置しユーザに適した情報の提示を試みる物がある [2]。本稿で提示するシステムの応用例として、こうした情報端末におけるユーザの移動履歴表示システムがあげられる。例えば商店街などに本システムを備えた情報端末を設置し、ユーザが GPS を備えた携帯機器を接続することで、ユーザのこれまでの行動を現在位置を焦点として重み付けされた地図として表示する。軌跡だけでなく買い物情報などを組み合わせたり、買い物中に電子的なしおりを付けた商品情報などを組み合わせることで、複数の店舗にわたる買い物を支援出来る。

6 使用例

本システムの有効性を確認するため、応用例であるデジカメ写真ブラウザを実装した。実装したデジカメ写真ブラウザでは、ユーザの写真撮影地点を含む矩形が拡大され表示され、矩形上でマウスをクリックすることにより撮影された写真が表示される。実際の旅行データを得るため、デジタルカメラ、及び構築した位置履歴取得システムを携え鎌倉を散策した。帰宅後、本システムに位置履歴情報、及びデジタルカメラの写真ファイルを入力し、図 7 の出力を得た。本地図は、地図中に存在する多数の寺社や観光地の中から、長谷寺 鎌倉大仏 ... といった散策の行程を把握する際に効果的であることが確認できた。写真も、撮られた地点の位置関係を直感的に把握が可能であった。一方で、山頂などで遠景を映した写真を閲覧する際には、情報が絞られ過ぎているため何を撮ったのかわからないという問題も発生した。

7 まとめ

本稿では、ユーザの移動軌跡や空間内での写真撮影や買い物といった行動に応じて空間の重み付けを行い、ユーザの行動を直感的に把握するために空間の重みが視覚化された地図を構築した。本システムが提示する地図を用いることで、他人の軌跡や行動をより直感的に把握することが可能になる。また、自分の辿ってきた道や街をより効率的に把握することが可能になる。

今後、応用例に挙げた街頭情報端末を実装し、焦点を考慮した重み付け表示の有効性を検証する。位置履歴取得システムに関しても携帯電話などよりモビリティの高いデバイスを用いた実装を予定している。また、本稿では地図を矩形に分割し、それぞれの矩形の縮尺を変えるという強調方法を利用したが、3次元曲面を利用するなど他の表現方法を検討し、実証することを考えている。最後に、今回用いたユーザ行動のモデルに関して、認知科学における空間認知の研究などをふまえながら、より優れたモデルを検討する予定である。

参考文献

- [1] Chen, G. and Kotz, D.: A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research, Technical Report TR2000-381, Dept. of Computer Science, Dartmouth College (2000).
- [2] Ito, M., Iwaya, A., Saito, M., Nakanishi, K., Matsumiya, K., Nakazawa, J., Nishio, N., Takashio, K. and Tokuda, H.: Smart Furniture: Improvising Ubiquitous Hot-spot Environment, *3rd International Workshop on Smart Appliances and Wearable Computing* (2003).
- [3] JEIDA: *Digital Still Camera Image File Format Standard (Exchangeable image file format for Digital Still Cameras: Exif) Version 2.1* (1998).
- [4] Lynch, K.: *The Image of the City*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts (1960). (丹下健三 富田玲子訳: 都市のイメージ, 岩波書店 (1968)).
- [5] Weiser, M.: The Computer for the 21st century, *Scientific American*, Vol. 265, No. 3, pp. 66-75 (1991).