

地図連動型情報提供サービスにおける絵地図利用方式

田辺 弘実 池田 哲夫 星 隆司

NTT サイバースペース研究所

本稿では、地図連動型情報提供サービスで絵地図を利用する際に、緯度・経度などに対応する絵地図上の位置を算出する手段が一般には存在しない問題に対して、汎用地図と絵地図を対応づけて絵地図上の位置を算出する方式を提案する。提案方式では、絵地図に描かれている線オブジェクトである道路に注目し対応付けを行うこと、絵地図上の位置算出には、最近接区間とそれに垂直な区間の距離表現を利用することを特徴としている。また本提案方式を筆者らが研究開発しているコンテンツ適応マッピングシステムの一拡張機能として試作を行い、評価を行うことで、提案方式の有効性を確認した。

The method of using illustration map in map synchronization information services

Hiromitsu Tanabe Tetsuo Ikeda Takashi Hoshi

NTT Cyber Space Laboratories

There does not exist the means by which the location determined by the latitude and the longitude can be mapped to the corresponding location in an illustration map. We propose a method by which the problem can be solved. The proposed method uses general-purpose maps. The features of the proposed method are as follows: (1) the correspondence information between the roads in the illustration map and those in the general-purpose map are preserved in advance. (2) A mapping function uses the correspondence information about the road that is nearest to the target location, and the road that is vertical to the nearest road. Through the prototyping, we evaluated the usability of the proposed method.

1. はじめに

近年、電子化した地図情報をパーソナルコンピュータなどでエンドユーザが直接利用する地理情報システム(GIS: Geographic Information System)が急速に普及している。またインターネット技術の発達に伴い、電子化された地図データをインターネット上で共有し、個人レベルで簡単に地図データを利用できる仕組みができてきた。その代表的なものとして地図連動型情報提供サービスがある^{[1][2]}。

電子化された地図情報を作成し管理、メンテナンスを行うには多額のコストがかかるため、電子化された地図データを作成する際には、地図データを多目的に使えるように作成することが一般的である。これらの地図では、地理的空間を測量などに基づき正確に表現し、地表に存在するオブジェクトを網羅的に描いている。このような特徴を持つ電子地図のことを本稿では、汎用地図と呼ぶこととする。

一方、汎用地図以外の地図では、利用目的に応じて、地表のオブジェクトが取捨選択された、主観的

で恣意性の強い地図が作成、利用されている。例えば観光の分野では、観光地に分布する観光施設を容易に概観することを目的として観光施設以外を省略した観光案内絵地図が用いられる。また広告の分野では、最寄り駅から道案内したい店舗までの道を容易に理解することを目的として、道路を単純化して表現したナビゲーションマップが用いられ、案内したい施設が駅から近いことを主張する目的で距離表現を変えたデフォルト地図が用いられる。このような地図は、限られたスペースに表現するため、地表のオブジェクトを省略することに加え、距離や方角をデフォルトして表現する。以下このような地表のオブジェクトを省略し、距離や方角をデフォルトして描いた地図のことを総称して絵地図と呼ぶこととする。

筆者らは地図連動型情報提供サービスにおいても利用する目的に応じて汎用地図と絵地図を使い分けることに対するニーズが今後生じ、増大するものと考えられる。例えば観光業者と連携したサービスにおいては、地域に応じて、汎用地図と、観光業者が作

成する観光施設を強調した絵地図とを使い分けて表示し、その地域に関連する情報、例えば気象情報などを絵地図に張り付けて提供するサービスなどが考えられる。

地図連動型情報提供サービスにおいて絵地図を利用する場合の問題の1つに、汎用地図においては緯度・経度などの位置情報を利用して地図操作を行うことが可能であるのに対して、絵地図には緯度・経度に対応する位置を算出する手段が一般に存在しないため、絵地図に対する操作、特に他の情報源の情報を絵地図上で相当する場所に張り付けることが困難であるという問題がある。そこで本研究では、この問題を解決するために、緯度・経度で厳密に定義される位置情報に対応する絵地図上の相当する位置を算出し、絵地図における空間的位置を決定する方式について検討を行い、その方式を地図連動型情報提供サービスに適用し検証を行った。

2. 従来技術と要求条件

2.1. 従来技術

地図情報の管理の観点から汎用地図と絵地図で異なる点は、汎用地図では、緯度・経度に対応する地図上の位置を算出する手段が存在するのに対し、絵地図では緯度・経度に対応する絵地図上の位置を算出する手段が一般に存在しない点である。緯度・経度に対応する地図上の位置を算出する手段を有しない地図に関して、汎用地図との対応付けを行い、汎用地図上の位置に数学的変換を施すことにより、地図上の位置算出を可能にする研究が行われている。以下でそのような従来研究を説明し、併せてそれらの研究成果を絵地図に適用した場合の問題点を示す。

従来GISの分野において、緯度・経度座標などの位置情報を算出できる手段を持つ汎用地図と、航空写真や衛星画像など位置情報を算出する手段を持たない画像を重ね合わせるには、基準となる代表点により位置合わせを行い、座標変換式を決定して、幾何補正を行っている。幾何補正で使われる座標変換式として代表的なものにアフィン変換がある^[4]。絵地図上の位置算出への適用を考えた場合、汎用地図と絵地図に対して基準点で対応付けを行い、

汎用地図から絵地図の座標へ変換する多項式をアフィン変換によって算出する方式が考えられる。この方式を利用することの長所として、事前の準備として行わなければならない基準点の選択が比較的簡単であることや、計算機上のアルゴリズムが比較的簡単であるため容易に実装することが可能であることが挙げられる。しかし、絵地図のような主観や恣意性に基づく歪みは、アフィン変換で取り除くことが困難であり、絵地図の位置算出に利用しようとする誤差が大きくなると考えられる。

その他の関連研究として江戸時代などに作られた古地図を幾何補正して現代の地図へ重ね合わせる研究が行われている^[4]。この研究では、古地図中に存在する基準点を基に古地図を TIN (Triangulated Irregular Network) を用いて領域分割し、分割した領域ごとに対応付けを行い、それぞれの三角形境界においてアフィン変換を施すものである。この手法を絵地図における位置算出に利用することで単純に画像をアフィン変換するより精度良く絵地図上の位置情報を算出することが可能であるが、手順が煩雑であることや、分割された領域にまたがるオブジェクトは不自然に屈曲され算出される可能性がある、などの問題がある。

2.2. 要求条件

地図を構成する要素として、次の5つが存在すると考えられている。(Lynch, 1960)^[5]

- パス(paths)…人間が通ることのできる道筋、ルート。
- ノード(nodes)…パスのつながりとなる場所、交差点や駅などが相当する。
- ランドマーク(landmarks)…目標物、道しるべ、建物や看板などが相当する。
- エッジ(edges)…2つの地域の境界、河川や海岸線などが相当する。
- ディストリクト(district)…何らかの特徴を持った領域、中華街や高級住宅街などが相当。

絵地図もこれらの要素から構成されていると考えることができる。これらの構成要素のうち、ランドマークやノードは点オブジェクト、パスやエッジは線オブジェクト、ディストリクトは面オブジェクトと分類することができる。

2.1で述べた手法のいずれにおいても位置情報を算出する際の基礎となる情報は、点オブジェクト間の対応情報である。そのため基準点以外の点の位置を算出する場合、絵地図中に描かれている道路などの線オブジェクトに対して空間的位相が反転して算出されることがあり得る。

実際に作成、利用されている絵地図においては、ある特定の施設までのナビゲーションを目的とするものや、観光地域などを鳥瞰しながら観光スポットまでのナビゲーションを目的とするものが多くの割合を占めると考える。そのような絵地図においては、点オブジェクトの位相関係も重要であるが、それに加え線オブジェクトの持つ位相関係も保持すべき重要なものとする。

上記考察を基に絵地図での空間的位置の算出に対する要求条件を以下に整理する。

- 算出した位置が道路などの線オブジェクトに対して同相、つまり線オブジェクトに対して同じ側となるような位置算出方式であること。
- 特定の絵地図だけでなく、ある程度の一般性がある位置算出方式であること。

これらの要求条件を満たす位置算出方式を以下で提案する。

3. 提案方式の説明

提案方式は、基準となるオブジェクト間の対応付けを行う第1段階と、対応付けられた情報を基に汎用地図上の位置から絵地図上の位置への変換を行う第2段階から構成される。以下で提案方式の各段階における概要について説明する^[7]。

従来方式では基準となるオブジェクトとして点オブ

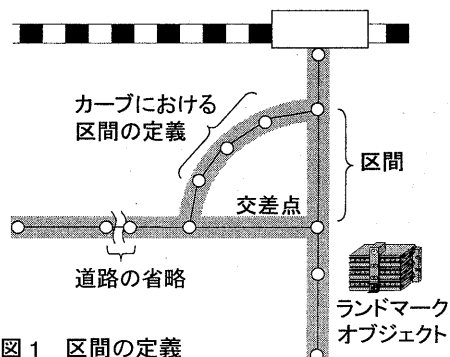


図1 区間の定義

ジェクトのみを考慮していたが、第1の要求条件を考慮すると線的オブジェクトを基準オブジェクトとするのが適切であるとする。多くの絵地図で描かれている線オブジェクトとしては、道路や鉄道、河川などがある。これらのオブジェクトの中でも絵地図の利用目的が何らかの道案内であることが多いことから、今回汎用地図と絵地図の対応付けの基準となる線オブジェクトとして、道路を利用することとした。

第1段階で、汎用地図に描かれているオブジェクトと絵地図に描かれているオブジェクトの対応付けを行う。汎用地図、絵地図それぞれに描かれている道路を線分として近似し、線分の対応付けを行うこととする。ここではこれらの線分を区間と呼ぶこととする。図1に区間を定義する具体例を示す。区間の定義では、絵地図に描かれている交差点、道路に接するランドマークオブジェクトなどを区間の始点、あるいは終点とする。カーブしている道路は、図1に示すように連続する複数の区間として表現する。また道路を波線などにより省略して表現している場合には、省略区間を1つの区間として扱う。このような区間に分割することで、絵地図全体では様々な距離表現で描かれている場合でも、区間を細分化することにより注目している1つの区間では、距離や方向が一樣に表現されていると見なすことができると考える。一方、絵地図で区間を定義した道路に対応する汎用地図上の道路に対して、絵地図に対して定義した区間と同様に交差点、カーブした道路における特徴点、道路に接するランドマークオブジェクトなどの道路上の特徴点を始点、あるいは終点として汎用地図における区間を定義する。そして絵地図の各区間に含まれる汎用地図上の区間を対応表として作成し、管理することとする。

汎用地図と絵地図で対応付けられた情報を利用して、第2段階では、任意の緯度・経度などの位置情報が与えられたときに、対応する絵地図上の位置を算出する。方式の手順を以下に示す。

1. 与えられた位置情報から最も近い汎用地図の区間上の点を探査し、その点が含まれる区間を求める。
2. 1で求めた汎用地図の区間に対応する絵地図の区間を探査し、算出しようとする点に最も近い絵地図区間上の点を算出する。

3. 1 で求めた絵地図の最近接区間と垂直で最も近い絵地図の区間を求める。
4. 3 で求めた区間の距離表現を利用し、2 で求めた位置から絵地図上の位置情報を算出する。

手順 1, 2 を採用した理由は、絵地図上で位置情報を算出しようとする領域周辺の距離表現に最も類似している距離表現は、絵地図の最近接区間における距離表現であると考えたからである。手順 1 にて汎用地図の最近接点を求め、その点が含まれる最近接区間を求め、手順 2 で対応する絵地図上の最近接点と最近接区間を求める。図 2 に汎用地図上における点 P に対応する絵地図上の位置点 Q を算出する例を示す。事前の準備として汎用地図の区間、絵地図の区間を定義し、対応表を作成する。手順 1 にて点 P からの最近接点が点 E 、最近接区間が区間 3 であることが分かる。手順 2 では、絵地図上の最近接区間が対応表から区間 2 と求まる。絵地図の最近接点は、汎用地図区間 2~3 を線形に内分(外分)する比率で絵地図区間 2 を内分(外分)する点として算出する。

絵地図では、同一領域でも縦方向、横方向でそれぞれ別な距離表現を行っている場合も見られる。

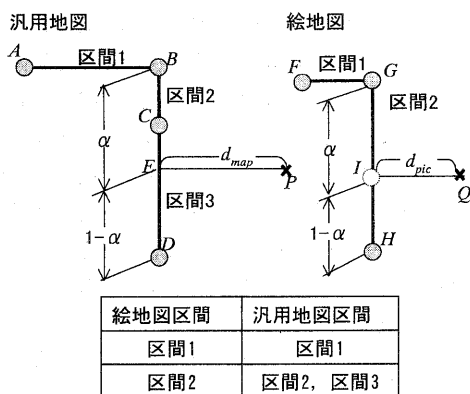


図 2 絵地図位置算出方式

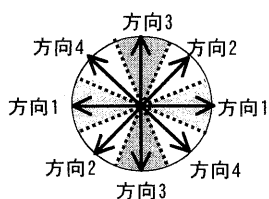


図 3 方向のグループ化

そこで本方式では、絵地図の最近接区間からの垂直方向距離を算出する手段(手段 3, 4)として、最近接区間と垂直な方向を持つ区間の距離表現を用いることとした。区間はあらゆる方向に向かっているため、最近接区間と 90 度をなす方向を持つ区間を探索しても存在するとは限らない。そこで上記手順 3 では、各絵地図上の区間の方向を図 3 に示すように 45 度ずつ 4 つのグループに分けて、その方向グループと直交するグループに属する区間を探索することを行う。図 2 の例では、絵地図の最近接区間 2 に対応する垂直方向を求める。この場合は区間 2 が図 3 において方向 3 に属するので方向 1 に属し、かつ最近接区間から近いものを探索すると区間 1 が該当することが分かる。

手順 4 では、手順 3 で求めた垂直な区間の距離表現を用いて最近接点 I から点 Q の位置を算出する。算出する際には、点 Q が最近接区間に対して同相、つまり同じ側になるように算出する。

4. 試作

3 章で提案した方式について、地図連動型情報提供サービスへの適応性を検証するため試作を行った。試作では、地図連動型情報提供サービスのプラットフォームとして筆者らが開発を行っているコンテンツ適応マッピングシステムの一拡張機能(絵地図連携機能と呼ぶ)として試作を行った。

コンテンツ適応マッピングシステムとは、地図と情報の自由な組合せを実現するために、ラップ/メディアータ構成を採用し地図コンテンツや情報源の異種性を解消することを実現している。絵地図連携機能は地図コンテンツ用のメディアータ機能の拡張機能であり、汎用地図と絵地図の異種性解消、及び切り替え使用を可能とするものである^[8]。絵地図連携機能を含めたコンテンツ適応マッピングシステムの概要を図 4 に示す。この図において、3 章で提案した方式を絵地図連携機能の中に適用して実装し、緯度・経度を指定して汎用地図から絵地図に切り替える機能、情報源から検索された緯度・経度を持った情報を絵地図上にマッピングする機能を実現した。

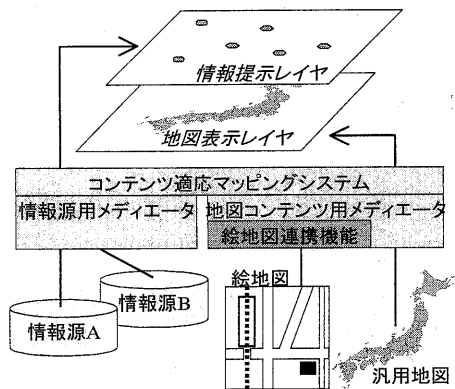


図4 コンテンツ適応マッピングシステム概要

5. 評価

4 で試作したシステムを利用し、提案した方式で絵地図上の位置を算出し、算出した絵地図上の位置に情報を算出したときに、どの程度絵地図上の位置の誤差が生じているのか、また算出された位置を絵地図上で見た利用者が正しい位置と認識できるかどうかについて評価実験を行い、方式の有効性について評価した。

5.1. 誤差の定量的評価

算出された絵地図上の位置の誤差を評価するため、汎用地図上にマッピングされている各点について、提案方式で算出した絵地図上の位置と正解位置との誤差を絵地図上の距離で測定した。距離の測定は画面上における距離(論理 cm)で行った。評価で従来方式と比べた提案方式の有効性を示すため、従来方式による誤差の測定も行った。従来方式として2つの方式を前述したが、本評価では、アフィン変換による算出方式を採用した。アフィン変換による算出方式を採用した理由は、線的オブジェクトの位相保持の観点から、アフィン変換においてはゆがみが生じたとしてもそのゆがみが滑らかなものであるのに対し、方式2においては領域の境界において滑らかでない(微分不可能)ゆがみが生じるためである。今回の評価で利用する絵地図の情報源として、電話帳の広告として掲載されている絵地図を使用することとし、掲載されている絵地図の中からランダムに10枚抽出し評価を行った。

評価結果を図5に示す。図5では横軸に各絵地

図の種類とし、棒グラフで正解と思われる位置との誤差を各絵地図ごとに平均したもの、折れ線グラフで各絵地図における測定点の分散を示した。まず絵地図ごとの誤差については、今回提案した手法のほうがアフィン変換で位置を算出したときに比べ誤差が少ないことから、アフィン変換で行うより正確に絵地図上の位置算出が行われていることが分かる。また提案手法とアフィン変換による誤差に正の相関が見られること、また精度良く変換できたものは誤差のばらつきも少ないことより、誤差そのものの大小は、変換方式の誤差に起因する部分は少なく、むしろ絵地図の種類、作成方法に起因する部分が大いと考えられる。

5.2. 主観評価

提案方式によって算出された位置が絵地図上である程度の誤差が生じていることは5.1の結果より分かった。しかし算出された位置を絵地図上で見ると、誤差が大きいにも関わらず算出された位置がどこを意味しているか分かる場合、またその逆の場合などが想定される。そこで今回提案した手法によって算出された場所を絵地図上で見た利用者が、正しい場所であると認識するかどうかの主観評価を行った。汎用地図上で指定した場所と、今回提案した方式により算出された絵地図上の場所、また方式比較のため定量評価で行ったときと同様にアフィン変換によって算出された絵地図上の場所をそれぞれ被験者に見せ、絵地図上における指定された位置の空間的理解について評価した。主観評価の評価尺度として5段階定義し、汎用地図で指定した場所が絵地図上で誤差なく正しく表示されていると認識した場合を5、絵地図上で全く異なる場所を表示していると認識した場合を1、おおむね分かると認識した場合を3とした相対評価とした。評価対象とする絵地図は前述の方式評価で利用したものと同一10枚の絵地図を用いた。

評価結果を図6に示す。図6では横軸を各絵地図の種類とし、縦軸を各絵地図における平均の認知尺度値とした。絵地図の空間理解を許容できる限界を3とすると、今回提案した手法では、10枚全てが平均評価3以上であるのに対し、アフィン変換を利用した方式では10枚のうち3枚であった。

以上定量的な観点による評価、主観的な観点による評価の結果より本提案方式は、従来方式よりも優れた方式であると考えらる。

6. まとめと今後の課題

本稿では、地図連動型情報提供サービスで絵地図を利用する際に、緯度・経度などに対応する絵地図上の位置を算出する手段が一般には存在しない問題に対して、汎用地図と絵地図を対応づけて絵地図上の位置を算出する方式を提案した。提案方式では、絵地図に描かれている線オブジェクトである道路に注目し対応付けを行うこと、絵地図上の位置算出には、最近接区間とそれに垂直な区間の距離表現を利用することを特徴としている。また本提案方式を筆者らが研究開発しているコンテンツ適応マッピングシステムの一拡張機能として試作を行い、評価を行った。評価では算出された正解位置からの誤差の測定による定量評価と、算出された位置が利用者にとって正しく理解できるかの主観評価とを行った。評価の結果、提案方式は従来方式であるアフィン変換よりも優れていることが判明した。

今後の課題としては、(1)今回の評価を行ったサンプル数が少なかったため、サンプル数を増やして評価の精度を向上させることと、(2)主観的評価が常に高得点とはならないことが判明したことから適用できる絵地図の範囲を明らかにすることが課題である。

また距離の誤差が許容範囲内かを定性的に判断し、その判断をフィードバックして位置決定に反映さ

せる方式など方式改良の検討を行うことも今後の課題である。

参考文献

- [1] マピオン, サイバーマップ・ジャパン, <http://www.mapion.co.jp/>.
- [2] NTT 東日本・NTT 西日本, FTTH 金沢トライアル「地図連動型 Web-DB アプリケーション」, <http://mm-map.ch-i.ne.jp/kanazawa/kanazawa.asp>, 2000.
- [3] M. F. Goodchild et al, "Geographical Information Systems: Principles and Applications 2nd edition", 1999.
- [4] 清水英範, 布施孝志, 森地茂, "古地図の幾何補正に関する研究", 土木学会論文集, No.625, pp89-98, 1999.
- [5] 箱田裕司, "認知科学のフロンティア I", サイエンス社, 1991.
- [6] 矢野桂司, "地理情報システムの世界", ニュートンプレス, 1999.
- [7] 田辺弘実, 長谷川靖, 池田哲夫, 星隆司, "地図情報提供サービスにおける絵地図利用方式", 情報処理学会 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO) シンポジウム, 2000.
- [8] 北角智洋, 田辺 弘実, 池田哲夫, 星隆司, "分散環境における地図情報と連携した情報共有の一手法", 第 6 回 オブジェクト指向 GIS ワークショップ, 2000.

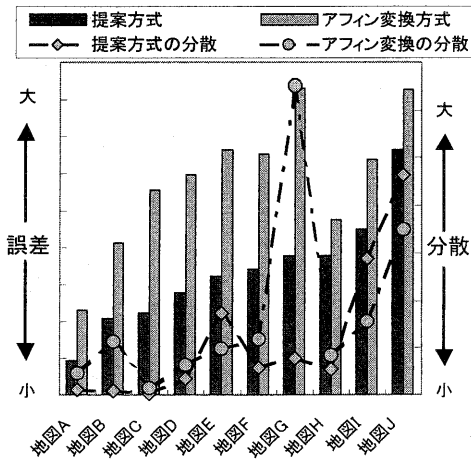


図5 定量評価による結果

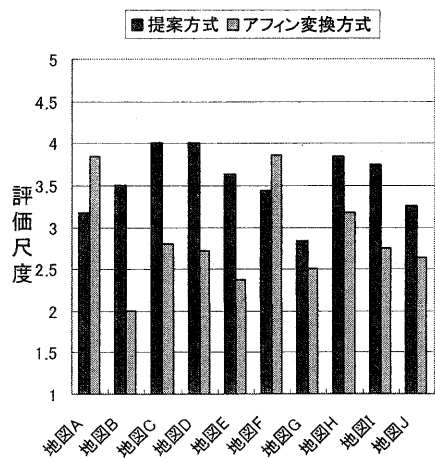


図6 主観評価による結果