

機関番号：32641

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20560059

研究課題名(和文) 地理情報における位相と局所的計量による多次元骨格構造のためのデータモデル

研究課題名(英文) Data model for multidimensional skeleton structure with topology and local metric in geographic information

研究代表者

久保田 光一 ( KUBOTA KOICHI )

中央大学 理工学部 教授

研究者番号：90178046

研究成果の概要(和文)：緯度・経度に基づく地理・空間情報を、骨格構造を用いて位相・接続情報を主体に考えたプロトタイプシステムの設計・構築を試みた。これまでの擬似3次元データを空間3次元+時間軸を加えた4次元で検討した。これにより、経路の長さを考えた静的な経路の表現だけでなく、長さに加えて経路上を移動する経過時間を含めた経路表現が可能となった。そのようなデータを適切に表示する方法の検討が課題として残った。

研究成果の概要(英文)：A prototype system oriented to topology and connectivity by means of multi dimensional skeleton structure for geographic and spatial information system is tried to be designed and implemented. Its data model is based on four dimensional space that is a combination of three dimensional spatial space and one dimensional time space, which is an augmented model of our pseudo three dimensional model. It makes navigation data have time or speed scale. There remains some important tasks to display such navigation data appropriately in the prototype.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究代表者の専門分野：数理工学・情報工学  
 科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎・工学基礎  
 キーワード：地理情報，位相情報，骨格構造

## 1. 研究開始当初の背景

カーナビの普及やマルチメディア技術の発達に伴い、電子地図は進歩した。従来の紙地図から脱却し、音声経路案内や観光地案内等に実用され、情報基盤となった。最近では「コンテンツ・データ」として知られる各種情報が「位置」に結び付けられ、電子地図の上に表示され、各種サービスに利用されている。NAVITIMEのような2次元・3次元情報を駆使した多様なナビゲーションが実

際にサービスされているなど、この分野の発展は著しい。こういったデータの整備は進んでいるが、未整備なものは、公共の場所以外のもの、大学などの構内データ、ビル内データ、個人の家屋敷内データである。これらのデータはその利用者がある程度限られているため、利用者が必要に応じてそれを構築する可能性がある。

従来の電子地図はカーナビなどの応用に直結する形で発達してきたので、そのデー

タ構造は、基本的に 測量や GPS に基づく「緯度・経度」すなわち「絶対的な座標」に頼っている。この方式では、地図の重ね合わせや接続の際には、誤差の発生は避けにくい。この誤差の発生を本質的に解決するには「位相情報」を利用する必要がある。しかし、現在のところ、カーナビで用いられる道路に関しては交差点の接続情報などの位相情報が整備されているが、建物の隣接関係などの位相情報はどちらかというと「絶対座標」に対する付加的な情報と捉えられているにすぎない。また、3次元を超える次元の構造を考える必要性は、たとえば、道路整備や建物の増改築などの履歴を時間軸を加えて記録することなどを考えれば明らかである。

実際、国内外で行われている位置情報関連のシステムや、いわゆる Web 2.0 技術と呼ばれる情報集約的な地図などに於いても依然として「緯度・経度」が主体である。今後これらのデータの規模が大きくなるにつれ、データと地図との「位相関係」が問題視されるようになることが容易に推測される。また、国内の研究動向も GPS という基盤に基づくものが多く、それはそれで大変重要であるが、本質的に座標主体にならざるを得ない。

これに対し、研究代表者は以前から接続情報、すなわち、「位相」を主体とした地図を考えるべきであることを主張し、平成 14 年度科学研究費補助金萌芽研究、および平成 16～18 年度科学研究費補助金基盤研究(C)により、「位相と局所的な計量に基づく骨格地図」について研究してきた。

そこでは以下の(1)～(3)という知見を得ている。

(1) 紙の地図に描かれる情報は 2 次元・3 次元情報として既に整備されてきているが、現在実用化されているナビゲーションサービスなどの最後の数メートル (last a few meters) は、大学の構内やビル構内、個人の家屋敷であって、その部分を埋めるためのデータモデルを数理工学的に整備すべきであること。

(2) 「地図」という 2 次元の情報とその階層化ではなく、多次元の構造を主体として研究すべきこと。

(3) それらをいわゆる現状の 3 次元 CAD としてデータ構築するのは非常に重く、骨格地図同様に骨格構造を活かしたデータベースを構築すべきこと。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は上記背景の延長上にあり、3 次元以上のデータを扱うためのデータモデルの改良と、そのモデルに基づくデータを効率よく生成する方法の研究である。

これらは施設や建物の詳細設計図があれ

ば取り出すことができる構造や情報である。しかし、本研究ではそういったトップダウン的な情報集約だけではなく、利用者が構造を記述し定義し、それをグローバルな場に連結することによって継ぎ目無く位置情報検索や道案内を生成するというようなボトムアップ的な情報集約を可能にする方法を研究する。

具体的には以下のような目標を設定する。(1)地理情報の 3 次元構造の骨組みを記述するためのデータモデルを多次元に拡張する：「位相(建物内の通路や部屋などの接続関係、道路と道路の交差、歩道橋と道路の交差など)」と「局所的な計量(建物内の坂道や階段、道路の曲がり具合や交差点の交わり角度など)」を表現するためのデータ構造を規定する。これにより、従来の骨格地図と同様に、複数の地図の接続演算や重ね合わせ(接続)演算を可能にするだけでなく、渡り廊下などの 3 次元的な建物同士の関係も記述できるようにする。そして、このような大まかな構造から詳細構造を追加していくということが可能であること、すなわち、これまでの骨格地図データ構築と同様に、建物内の骨格構造データ構築が可能であることを計算機実験により実証する。

(2)そのデータモデルに基づくデータを記述するための言語を設計する：これまで設計し利用してきた骨格地図記述言語を見直し、データとスタイルの情報を分離して記述する。すなわち、地理情報の骨格構造の位相データと、局所的な計量との分離表現を徹底することで、ひとつの骨格構造データから、適宜引伸ばしたり縮めたりして利用者向けにさまざまな表示を可能にする。このような構成的なデータ構造を採用することにより、地図や建物の骨組み構造を与えて、そこから詳細地図や建物の詳細構造を作り上げていく構成的(constructive)方法を確立する。

例えば、具体的な応用として、地下鉄の地下駅および路線を接続したデータモデルを与え、ひとつのデータベースからそれらを部分的に表示(図示)したり、乗り換え経路に焦点を当てて表示(図示)したり、地下鉄駅から地下街への継ぎ目のない接続が可能であることを示す。このようなデータ合成のために必要な、データを結合したり、共通部分を取り出したりといった、データ間の演算を、半順序関係を導入して、定義する。

## 3. 研究の方法

これまでの研究成果に基づき、3 次元以上のデータモデルを設計し、処理システムを試作する。ここで大幅なデータモデルの設計変更をする場合には、従来システムを全面的に見直し、新規開発するかどうかを検討する。また、システムの開発・改良を行い、

中規模・大規模のデータ構築実験を行う予定である。

さらに、予備研究では2次元的地図を階層化することによる擬似3次元データとしての骨格地図を処理していた。これを出発点として、一般的な3次元の位相構造を扱いながら、通常の3次元CADデータとは異なり、骨格構造としての線や面が伸び縮みすることが可能なデータを処理するシステムを構築し、より複雑な骨格構造を記述するための記述言語の設計を行う。それと並行して、データモデルの間の演算の定義とその妥当性を検証する。

以上により、前述の背景、目的に対して以下の研究計画(1)~(6)を立案した。

(1) データモデルの設計。本研究の準備として取り組んでいる研究では、描画や実際の応用上有用な長さや角度を、実数および区間数で、局所的に与える。これを、局所的な計量と呼ぶことにする。これは、位相が主体ではあるが位相だけでは、描画のための情報が不足するからである。このデータモデルを面についても拡張する。すなわち、建物内や地下街の広場のような面構造についても、その大きさや接続角度を区間で与え、その区間で自由に伸び縮みし、角度が変化するデータモデルを考案する。これにより、描画に柔軟性を持たせることができるようになる。

(2) 処理システムの開発。本研究の準備研究として、骨格地図記述言語の構文解析と描画とを目的としたJava 約3000行でのシステムに加えて、上記の3次元データモデルとその記述について検討し、通常の3次元CADツールも援用して、本研究のデータモデルに基づくデータ作成ツールと描画ツールを開発する。ここでの骨格構造ではなく、通常の3次元データ表示ツールとして、たとえばGoogleのスケッチアップというソフトウェアを活用することも検討する。

(3) 記述のための部品の開発。これまでの研究では、専用の記述言語を設計し、データを入力していた。建物内の廊下などの記述などのため、より実用的な観点から、抽象度の高い部品を定義できるように改良中である。現在のデータモデルは、道路等のオブジェクトの接続グラフに局所的な計量情報を追加したものである。それは、現在実用されている低レベル有向グラフ表現よりも抽象度は高いけれども、複雑な建物の記述をするには、未だ抽象度が低く、記述が煩雑な作業となってしまう。建物内の廊下の構造など、各階について繰り返し利用可能なデータは、それをひとつの部品として定義しておき、それを再利用できるようにする。たとえば、建物内部にいわゆるピロティと呼ばれる広い空間を持つことが

あるので、それも建物構造として扱えるようにする。

(4) 骨格構造データの作成とシステムの評価。上記の処理系設計・開発のために、現在までに試作済の骨格地図記述データを新しいデータモデル用に変換することが必要である。具体的には、これまでに、学生の手を借りて試作済みの地下鉄の駅構内の3次元略地図データを再構成して、上記データモデルのデータに変換する。変換したデータを用いて上記のシステムをテストする。

(5) 骨格構造データの演算方式の確立。位相重視であれば、端点以外に共通部分の無いデータの結合は単純に端点を同一記号として改名すればよい。しかし、一部共通するオブジェクトを持つ二つ以上のデータの結合のためには、演算規則が必要となる。これまでの1次元的なデータについては、適切な半順序関係を定め、その順序に基づくアルゴリズムを構築すればよかったが、2次元、3次元的な骨格構造についてどのような演算規則が妥当であるのか検討する。

(6) 社会のインフラストラクチャーの調査。本研究が関わる分野は携帯電話システムによる地図案内等、今現在急速に発展している分野である。常に新規サービスに関する情報収集を行い、適宜研究の方向を修正する。

#### 4. 研究成果

上記の計画に対応して以下のような成果を得た。

(1) 3次元構造の骨組みの多次元化について。これまでの骨組み構造は、アローという折れ線モデルと、ジョイントという節点モデルとを組合わせて骨格を表現する。ジョイントで接続するアローについて、ジョイント上に設定された平面(これらは全て平行)上の相対的な角度とその平面に対する仰角とを与えていた。

多次元化の重要な応用のひとつとして、3次元空間に時間要素を追加することが考えられる。時間軸の追加は、実区間 $[t_0, t_1]$ を与えることにより、単純に4次元化することができる。また、一般に $k$ 次元ユークリッド空間内の折れ線をアローとジョイントで記述するには、各ジョイントにそのジョイントを原点とする局所的な座標系を設定し、ジョイント間での基底の変換行列を与えればよい。

しかし、空間と時間というような非均質的な多次元化と、一般の4次元空間のような均質的な多次元化とは、モデルの段階で区別すべきである。なぜなら、それぞれ応用の方向性が異なるからである。この観点から、各ジョイントに固有の座標空間を与えるようなモデル構築の検討が必要になった。

(2) 処理システムの開発について. 既に開発済みの処理系と別システムとして, 構内のナビゲーションシステムについて, 骨格構造データから歩行者ナビゲーションシステム用データの生成を検討した. しかし, 現在までにいわゆる頂点と枝を与えるグラフ構造の手入力の状態から進展していない. ただし, データの描画方法に関しては, 簡易 3次元グラフィックが有効であること, 建物内のナビゲーションには床面と天井面の描画が効果的であることなどの結果を得ている. また, これらとは別に, 写真だけで経路案内をするシステムを試作し, 骨格構造からそのシステム用のデータを自動生成するシステムについて設計を開始した.

(3) 記述のための部品の開発について. 建物の内部記述などに用いるための記述部品の開発を目指したが, いわゆるコピーペーストで済む程度のデータ規模に留まり, 記述部品開発に至らなかった. その代り, 描画のための写真撮影とその写真のシステムへの取り込み作業に手間がかかることが判明した. 骨格構造に付加する写真などのデータの調整のための支援方法の検討が課題として残った.

(4) 骨格構造データの作成とシステム評価について. 単に構内と言っても, 大学キャンパスなどはそれなりに広範囲となり, そのため, 複数の建物の基準となる標高が異なる場合がある. 丘陵地の建物などの入り口は異なる階数に複数存在しうる. このような状況を適切に表現する方法として, 各建物を個別にモデル化し, その出入り口を適宜接続する方法でデータを構築中である.

(5) 骨格構造データの演算方式について. 一部共通するオブジェクト同士の演算という形でデータを構築するに至らず, 当初検討していた, 適切な半順序関係を満たしつつ, 二つのオブジェクトを融合するという方法以外の取り組みができなかった.

(6) 社会のインフラストラクチャーの調査について. ここ数年, GPS の浸透と携帯電話によるナビゲーションシステムの進化に伴い, 絶対的な緯度経度座標を表面に出さない経路案内システムの検討が行われてきている. しかし, それらの基盤となる技術は, いわゆる屋内測位システムの整備であり, 本研究の方向性とは異なる. 本研究のようにアウトラインとなる構造から詳細構造を記述していくような方向のシステムは, デパートや商業施設案内などでも活用可能であることからそういった応用例の作成が必要となった.

(7) 研究成果の発表について. このようなアプローチのナビゲーションへの応用について, 韓国釜山で開催された ASIA GIS 2008 という国際会議で発表した. 構内の多くの

地点の間のナビゲーションデータを自動生成する上で, 骨格構造に基づく簡易 3次元空間内でのナビゲーションと写真の提示はよい評価を得た. しかし, ナビゲーションの「判りやすさの尺度」については別途検討が必要であることが指摘された. その後は, ナビゲーションシステムの後方支援的な研究として, 写真データ内の文字領域検出と, 3次元データ生成システム google sketch-up の自動制御のための API に関連したプログラミング言語 ruby の処理系に関して情報処理学会全国大会で発表した.

以上より, 当初掲げた目標について, 検討課題および追加の課題が残り, 試作システムも実装中であるが, 以下の知見を得た. (1) 多次元拡張は自明には可能であるが, 応用と結びついた形でモデル化をやり直す必要が出てきた. どのようなモデル化がどのような応用に適しているかどうかは今後さらなる検討が必要である. (2) データ記述のための言語設計については, データモデルの見直しのため結果が出せなかった. 記述に用いる言語としていわゆるオブジェクト指向言語や UML なども検討すべきである.

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① 小泉有輝, 千葉雄司, 久保田光一, Ruby 向け動的コンパイラに対するクラスの推定手法の実装と評価, 情報処理学会第 73 回全国大会予稿集, 査読無, 1 巻, 2011, 475-476
- ② 的場亮太, 久保田光一, ウェブレット変換を利用した文字領域推定, 情報処理学会第 72 回全国大会予稿集, 査読無, 2 巻, 2010, 609-610
- ③ 丹羽広次, 久保田光一, 構内 3 次元経路案内システム, 情報処理学会第 71 回全国大会予稿集, 査読無, 1 巻, 2009, 645-646
- ④ K. Kubota, K. Niwa, Simplified 3D objects for navigation in premises, Proceedings of ASIA GIS 2008, 査読無, ASIA GIS 2008 CD - Session 10, 2008, 1-6

[学会発表] (計 4 件)

- ① 小泉有輝, 千葉雄司, 久保田光一, Ruby 向け動的コンパイラに対するクラスの推定手法の実装と評価, 情報処理学会第 73 回全国大会, 平成 23 年 3 月 4 日, 東京工

業大学

- ② 的場亮太, 久保田光一, ウェーブレット変換を利用した文字領域推定, 情報処理学会第72回全国大会, 平成22年3月11日, 東京大学
- ③ 丹羽広次, 久保田光一, 構内3次元経路案内システム, 情報処理学会第71回全国大会, 平成21年3月11日, 立命館大学
- ④ K.Kubota, K.Niwa, Simplified 3D objects for navigation in premises, ASIA GIS 2008, 26-27 September, 2008, Haeundae Grand Hotel BUSAN, KOREA

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

久保田 光一 (KUBOTA KOICHI)

中央大学・理工学部・教授

研究者番号: 90178046