

SVG 地図を対象とした空間関係抽出とその応用

藤森 史生[†] 有川 正俊[†] 森田 喬[‡]

[†] 東京大学空間情報科学研究センター 〒153-8904 東京都目黒区駒場 4-6-1

[‡] 法政大学工学部土木工学科 〒184-8584 小金井市梶野町 3-7-2

E-mail: [†] {fujimori, arikawa}@csis.u-tokyo.ac.jp, [‡] morita@k.hosei.ac.jp

あらまし SVG は、W3C によって標準化されている XML に準拠した新しいベクタグラフィックスフォーマットである。近い将来、インターネット上の地図の多くは、SVG フォーマットで描かれるであろう。SVG 地図は、今までの WEB 上の JPEG, GIF といったラスターフォーマットに比べて、比較的コンピュータが内部構造を理解しやすい。また、そもそも地図を描く目的は、地図エレメントの相互関係を表したいのに対して、SVG は、プレゼンテーションに基づいたグラフィックスデータであり、関係性を完全に表すデータはもっていない。本論文では、SVG 地図から図形の包含、隣接、交差関係等のトポロジーを抽出して、空間関係によるアクセスを可能にするための空間関係フィルタリングシステムの枠組みを提案する。

キーワード SVG, 地図学, トポロジー, 計算幾何学, 空間関係フィルタリング

Extraction of Spatial Relations on SVG Maps and Its Applications

Fumio FUJIMORI[†] Masatoshi ARIKAWA[†] and Takashi MORITA[‡]

[†] Center for Spatial Information Science, University of Tokyo 4-6-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo, 153-8904 Japan

[‡] Department of Civil Engineering, Hosei University 3-7-2 Kajino-cho, Koganei-shi, Tokyo 184-8584, Japan

E-mail: [†] {fujimori, arikawa}@csis.u-tokyo.ac.jp, [‡] morita@k.hosei.ac.jp

Abstract SVG (Scalable Vector Graphics) is expected a new standard for graphics descriptions which has been developed in W3C (World Wide Web Consortium). In near future, many maps on the Internet will be formatted as SVG. SVG formatted maps are relatively easy to be understood by machines for their internal design structure compared with image formatted maps which have been mainly used as graphics on the Web.

The purpose of Cartography is to express spatial relations. SVG formatted maps do not have the data which represent spatial relations of feature. This paper introduces some basic principles of our proposed spatial relation filtering system for SVG formatted maps using the technology of computational geometry.

Keyword SVG, Cartography, Topology, Computational Geometry, Spatial Relation filtering

1. はじめに

Web の普及が始まってから今まで、Web におけるグラフィックスは、GIF や JPEG のような画像が中心であった。画像は、汎用性が高いが、その内部構造の理解は人間の視覚に頼っていた。一方、昨年ぐらいから Web 上でのグラフィックスの標準記述言語として SVG(Scalable Vector Graphics)が普及するきざしを見せ出している^[1]。SVG の特徴として、XML で記述されておりテキストで構造記述がなされているので、ベクトルを基本とするグラフィックスの内部構造の理解をコンピュータで比較的容易に実現できる。つまり、コンピュータが読みやすい形式のグラフィックスデータ

が今後、インターネット上を流通するようになると予想できる。しかし、SVG は、プレゼンテーションのために作られた(見た目のスキーマによる)XML データであることが多く、そのデータは、WYSIWYG (What You See is What You Get)をベースにして作られたということもできる。そのため SVG は、図形同士の幾何的な関係性を示すデータを持っていない。図 1 は、WYSIWYG ベースで作られる SVG の代表的アプリケーション Adobe illustrator の全体画面である。



▶ SVG は、図形同士の幾何的な関係性を示すデータ (意味的スキーマ)を持っていない。

図1. WYSIWYG ベースで作られる SVG

地図を描く目的は地図エレメント (地図のなかで形があるもの。たとえば、記号や線などの地理的実体の視覚的単位である。)の関係性を表現したいことにある。しかしながら、人が認知する図形としては、地図エレメント同士の関係性が表現されているが、機械が理解するためのデータとしては、その関係性が表現されていない。すなわち、人が SVG で記述された地図 (以後、SVG 地図と呼ぶ) を閲覧したら、頭の中に関係性に基づいた現実世界のモデルができる。その過程が地図を読んだことになる。

コンピュータ上で地図を扱うことに関しては、GIS (地理情報システム) が代表的である。GIS は意味的スキーマからデータが作られており、見た目のスキーマは不十分であるといえる。それに対して、SVG 地図は、見た目のスキーマから作られるデータではあるが、意味的スキーマから作られるデータは持ち合わせていない (表1)。

表1. 見た目のスキーマと意味的スキーマ

	見た目のスキーマ	意味的スキーマ
GIS	△	◎
SVG	◎	×

このような背景から、SVG 地図に対して、地図エレメントの関係性の記述をもつことは有効である。SVG 地図は、地図エレメントの幾何学的な形状に関するグラフィックスのデータであるので、地図エレメント間の空間関係のある程度自動化して抽出してデータ化することは可能である。このような空間関係をグラフィックスデータから抽出するツールを、我々は空間関係フィルタリングシステムと呼んでいる。

このシステムにより可能になることは大きく3つある。1つ目は、地図のアイデンティティとなる骨格要素がわかる。すなわち、地図制作者がどのような意図で、その地図を描いたかを表現する地図の基本となる空間の骨格を抽出することが可能となる。2つ目は、地図エレメントの区別、種類、特定を機械が理解できるようになり、地図の凡例を一部自動生成することが可能となる。凡例を作ることは、地図から作図知識の

情報を抽出することを意味する。これらは、SVG がベクトルデータであることにより可能である。3つ目は、地図検索が可能となる。ここでの検索とは、複数の地図の中から自分が求める地図を探し出せることである。たとえば、郵便局の前に銀行のある地図を内容検索することによって探し出せる。これは、SVG がオープンなグラフィックス記述言語として標準化されていることにより可能である。図2は、HTML の内部構造理解により検索エンジンを持たないように SVG 地図についても検索を考えることが可能であることのイメージ図である。空間関係フィルタリングシステムを利用することにより、SVG 地図から以下のことが可能となる。

- ・ 図形の表示データであった SVG 地図から、空間関係に基づいたデータを自動構築できる
- ・ 図形同士の関係性から文章や道案内を導き出す
- ・ 地図の骨格要素の抽出
- ・ 凡例の自動生成
- ・ インターネット上の SVG 地図の検索、再利用

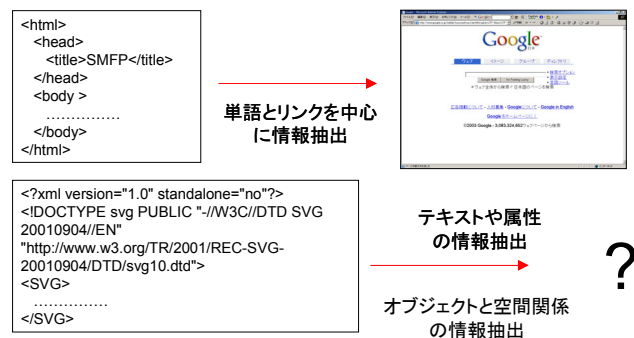


図2. 検索への可能性

以降、2節では我々が検討している Map Checker としての取り組みについて、3節では空間関係の抽出の説明、4節では空間関係フィルタリングシステムの枠組みの説明、5節ではプロトタイプシステムの概要の紹介を行う。

2. Map Checker としての取り組み

本論文で提案する空間関係フィルタリングシステムは、我々が現在研究している、地図の品質を対話的に改善するためのツールである Map Checker^[2]の構成要素のなかで、Map Articulator, Map Translator に共通して必要な空間関係を導出する構成要素と位置づけている (図3)。

Map Checker のその他の構成要素としては、Map Analyzer や Map Synthesizer があり、人が介在する形で地図編集を実現する役割を果たしている。

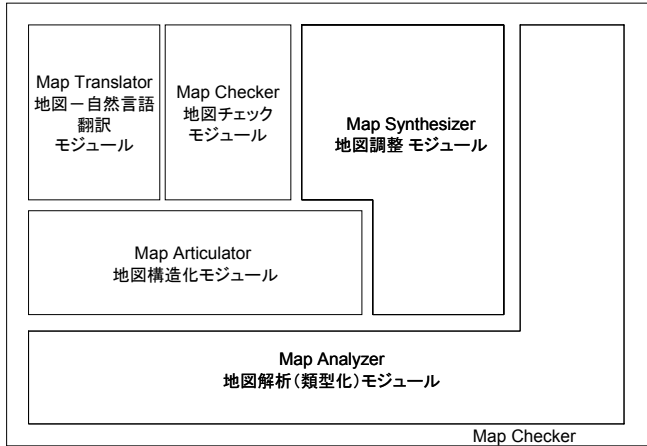


図3. Map Checker の段階的取り組み

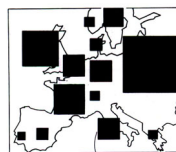
Map Checker は、視覚伝達性をベースにして考案されたツールである。視覚伝達性の観点から、グラフィックス(図の関係性)の目的は、論理を可視化することと考える。つまりグラフィックスで人に伝えたいことは、視覚記号間の以下の3つの関係となる^[6]。

- (a) 割合
- (b) 順序
- (c) 類似性

悪いグラフィック表現とは、もともと伝えたい上記の関係をうまく伝えられない表現になっていることである。つまり、割合／順序／類似性が誤って伝わる表現になっていたり、分かり辛い表現になっていたりするものを悪いグラフィック表現とする(図4)。

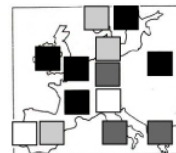
1. 割合 (Ratio or Quantitative)

- 例. 記号の大きさ
- 数に置き換えることができる



2. 順序 (Ordinal)

- 例. 濃淡
- 相対的な違いを捕らえる



3. 類似性-相違性 (Nominal)

- 例. 色を変える
- 違いを、言う



図4. グラフィック論理

2.1. Map Analyzer

グラフィック論理の基本の3つの関係(割合, 順序, 類似性)が、地図上でどのようにになっているか、ヒス

トグラムを用いて提示する利用者環境を実現する(図5)。たとえば、このツールを使うことにより、利用者が意図していない順序や不適切なコントラストの使い方があるかなどを見つけることができる。これらの3つの関係を定義している部分は凡例であり、凡例の解析を最初に行い、凡例自身に矛盾が無いか、また、凡例と主題の間に矛盾が無いか、などについてもチェックを行う。

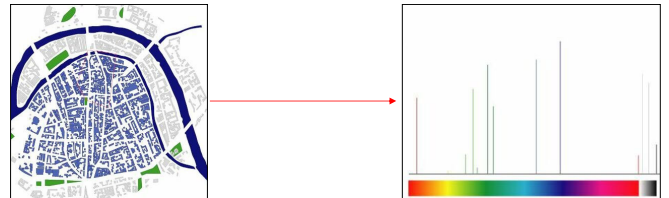


図5. Map Analyzer によるカラーヒストグラム

2.2. Map Articulator

自然言語のテキストを構文解析するように、地図というグラフィックをその中の構成要素の空間関係による階層構造に基づき分節化(Articulation)を行い、意味のある固まり(単位)や関係を導き出す(図6)。具体的には、地図エレメントの中で全体の骨格になる要素の抽出することで、その地図のアイデンティティを特定する。さらに、地図エレメントを区別し、類型化することにより、地図エレメントの意味の固まりに対する記述である凡例を生成する。また、グラフィックスから論理構造の基本となる木構造へ変換する。この論理構造を用いて、本来の単位がグラフィックスとしてきちんと表現されているのか、誤った空間関係が表現されていないか、などをチェックすることができる。

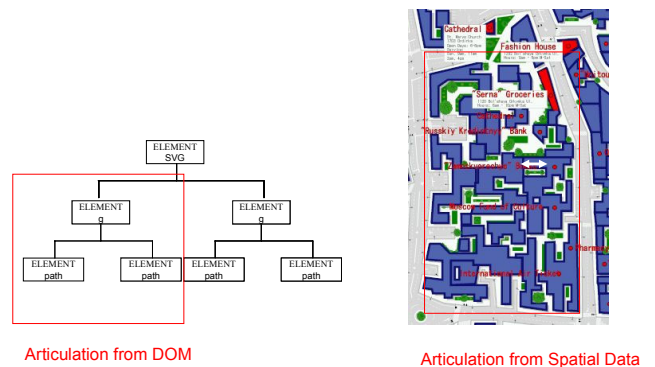


図6. Map Articulator

2.3. Map Checker

Map Checker は、誤りの可能性のあるグラフィック表現を見つけ出し、それに対する修正案を提示するシステムである(図7)。Map Checker は、Map Analyzer と Map Articulator を基本ツールとして、その上に構築されたツールであり、よく誤りやすいパターンとそれ

に対する修正するルールをデータベース化することにより実現する。

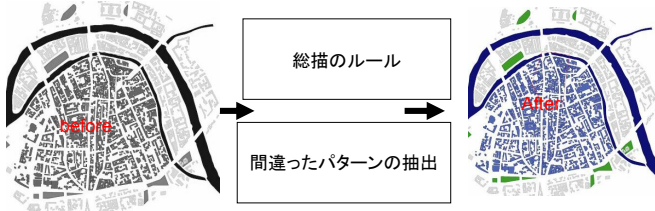


図7. Map Checker

2.4. Map Synthesizer

Map Checker において、修正案を利用者に提示する機能を一般化すると、地図作成の自動化につながる。つまり、作図ルールを整備することにより、地図作成の自動化／半自動化も段階的に実現できる。実際に作図を行う場合は、基本的な3つの関係である割合、順序、類似性を視覚的に操作する視覚変数などのさまざまな設定情報を利用者が自由に操作でき、設定した結果から生成された地図を利用者は Map Checker で確認して、地図が意図をきちんと反映しているかどうかを確認する環境が考えられる。

2.5. Map Translator

地図を文章へ、文章を地図へ変換するためのツールである(図8)。これに関して、簡単な問題から解決できない難しい問題までさまざまな段階がある。現在のケータイ地図では、道路ネットワークから道案内文が生成される枠組みとなっている。この例からも分かるように、サーバイマップよりも、ルートマップの方が直接的に文章に変換しやすい地図である。地図を自然言語文章に変換することにより、テキストによる検索が可能となる。この応用としては、Web Crawler を利用して、インターネットからさまざまな SVG ファイルを収集して、それらを自然言語文章に変換することにより、インターネット上の大量の SVG 地図をサーチエンジンから検索可能になる。また、文章と地図を重ね合わせるような、空間メディア変換の発展性もある。



東京大学工学部14号館は、正門を入ってすぐ右に行き、左側2つ目の建物です。

図8. Map Translator

3. 空間関係の抽出

この節では、SVG 地図から空間関係抽出を行うために必要な事項を紹介する。

SVG は、様々な幾何図形に対応した XML 要素を持っている。本研究では、グラフィックスの基本要素(点、線、面)を「図素」と呼び、地図エレメントとは、図素を基本とした意味的な最小単位である。たとえば、「道路 A」が1つの地図エレメントであり、この「道路 A」は複数の線分という図素から構成される。図素という概念を提案する理由としては、従来、Web における視覚メディアの主流は画像であり、最小単位が「画素」であるがために視覚メディアと意味とを結び付け難かったが、今後、図素に変ることによる新たな展開の期待感からである。

SVG の XML 要素が図素のいずれかであるかという判定をおこなう関数 *GraphicElements identify(SvgMap: map)* を用意する。図素の空間関係は、図9にあるように6種類の基本的組み合わせからなる。

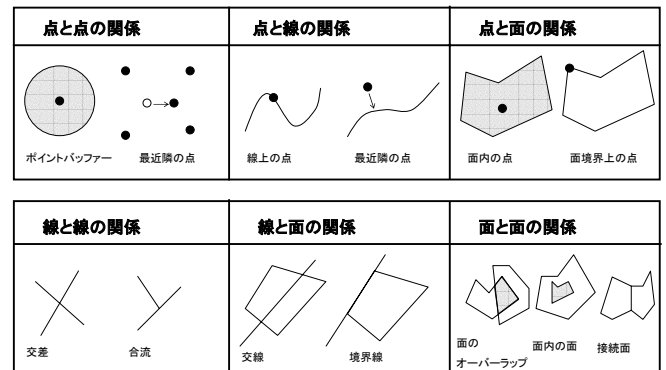


図9. 図素間の空間関係

図9に見られるように、図素間の空間関係は、近隣、交差、包含といった自然言語に置き換えることができる。Max J. Egenhofer は、2つの領域(ここでいう面と面に相当)の空間関係から8つの類型化をおこないそれぞれが、別々の自然言語に置き換わることを示している^[3]。しかしながら、多数の類型にしてしまうとそれだけ意味も多様になり、複雑になってしまう。そのため本論文では、空間関係の意味を以下の4つに類型化することで、空間関係の意味として定義する。

- (I) 接続性 Connectivity
- (J) 近隣性 Near
- (K) 交差性 Intersection
- (L) 包含性 Containment

これらの意味に従って表2にある関数を用いることで、空間関係抽出を行う。

表2. 空間関係抽出に用いる関数一覧

Return Type	Function
<i>GraphicElements</i>	<i>identify(SvgMap: map)</i>
<i>Boolean</i>	<i>connect(GraphicElement: ge₁, ge₂)</i>
<i>Boolean</i>	<i>near(GraphicElements: ge₁, ge₂)</i>
<i>Boolean</i>	<i>intersect(GraphicElements: ge₁, ge₂)</i>
<i>Boolean</i>	<i>contain(GraphicElements: ge₁, ge₂)</i>

4. 空間関係フィルタリングシステムの枠組み

本節では、空間関係フィルタリングの概要とフィルタの種類について紹介する。

空間関係フィルタリングとは、画像フィルタリングと同じように、なんらかの目的のために、元々の情報を加工し新しい構造化をほどこすことである。プロセス(図10)として、グラフィックスのためのデータであった SVG 地図からフィルタリングにより図形同士の関係性を見つけだし、表形式の空間関係データを別ファイルに作成する。これにより SVG 地図データを再構造化し、グラフィックスのデータと図形同士の関係性データを別々に持つ役割を果たす。

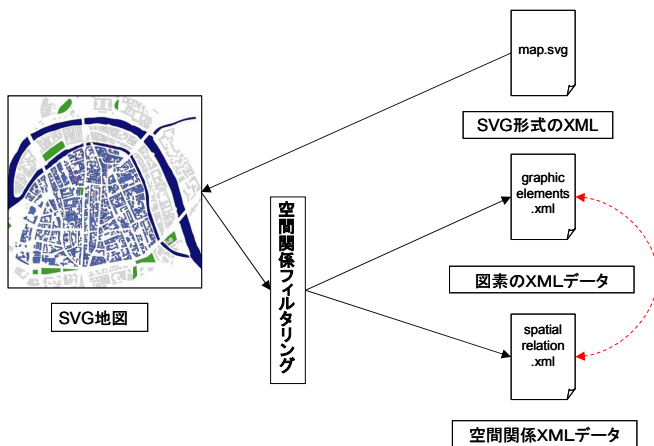


図10. 空間関係フィルタリングシステムのフロー

4.1. SVG 地図と空間関係フィルタリングの連携

空間関係フィルタには、2種類のフィルタがあり、トポロジー関係フィルタはある地図エレメントとその他の地図エレメントとの空間関係、グループフィルタは地図エレメントの固まりを見つけだし、それらを別ファイルに保存する。

人は、空間関係を把握できるのだが、機械は完全ではない。機械の抽出した空間関係を人が、修正や変更をしてやることでより精度の高い空間関係を抽出できる。

4.1.1. トポロジー関係フィルタ

SVG 地図上のある地図エレメントがどの図素(点、線、面)から構成されているかを特定してから、それ以外の地図エレメントとどのような空間関係であるの

かを近接, 交差, 包含判定等を行うことにより, 3節で述べた4つの関係性の意味のいずれか判断し記録する。

4.1.2. グループフィルタ

1つ1つの地図エレメントではなくて, ある程度複数のまとまった固まりを見つけ出す。たとえば, 縮尺に依存した固まりである市町村, 街区, 町丁目単位のまとまりを見つけだしたい場合は, このフィルタを用いる。最終的には, 地図の骨格抽出や, 凡例の生成が行える。このフィルタは, 距離に応じたバッファや, 色や線種の共通性から判断する。

5. プロトタイプシステム

現在 Map Checker のモジュールと空間フィルタリングシステムを実装中である。その一部を紹介する。

5.1. Map Checker プロトタイプ

図11は, SVG で書かれた地図要素のグラフィカルな属性を取り出してヒストグラムとして表示するツール Map Analyzer の全体画面例である。利用者は, チェックボックスやボタンを操作することで, 地図の表示情報の制御を行い, その表示された情報に対して, グラフィカルな属性(色, フォント, 太さ等)がどのぐらいの範囲で使われているか表示させて, 確認することができる。

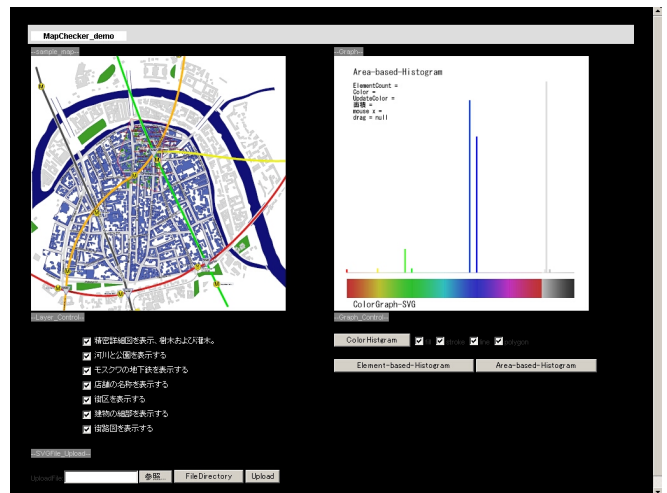


図11. Map Checker の全体例

このプロトタイプを用いて SVG における意味的スキーマ(SVGにおけるElement)をベースにカラー(色相)を集計すると, 図12のようになる。しかし, この結果は, コンピュータが理解した SVG 地図のカラーの割合であり, 人間が理解した色の割合とは異なる。例えば, 河川の青色の部分, 人間の視覚的には大きい割合であるのにもかかわらず, 集計結果は少ない割

合を示している。そのため、面積を考慮（見た目のスキーマ）して人間の視覚に近い形でカラーの割合を示してやる必要があり実装を行った。その結果、図13に示すように例えば、河川の青色が先ほどの結果よりも多い割合を示している。このように、Map Checkerによって、人間の視覚の理解にコンピュータの理解を近づけることが実現できている。

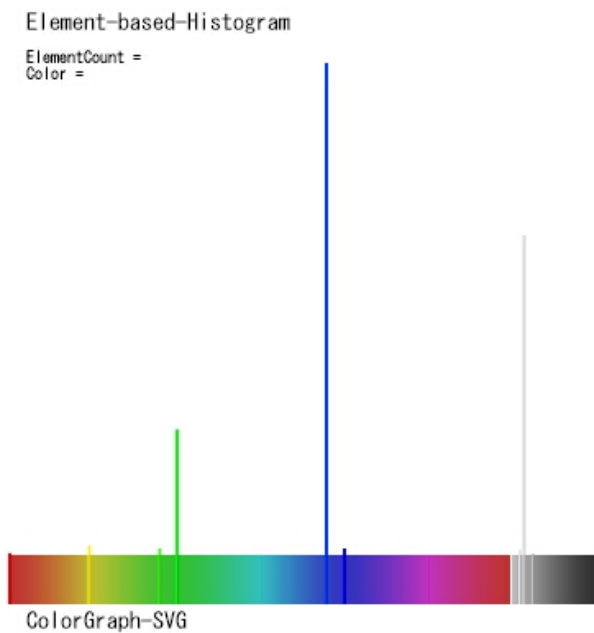


図12. SVG 地図の Element をベースにカラーを集計

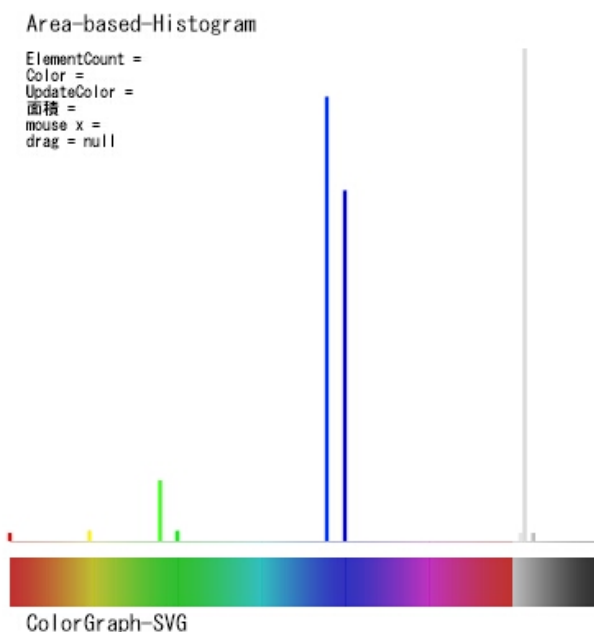


図13. SVG 地図の面積を考慮してカラーを集計

5.2. 空間フィルタリングシステム

次に、空間関係フィルタリングシステムの枠組みに沿って実装中のプロトタイプシステムの例を示す。図14は、プレゼンテーションのデータから再構成して、関係性データを表示編集するツール Map Articulator の全体画面例である。

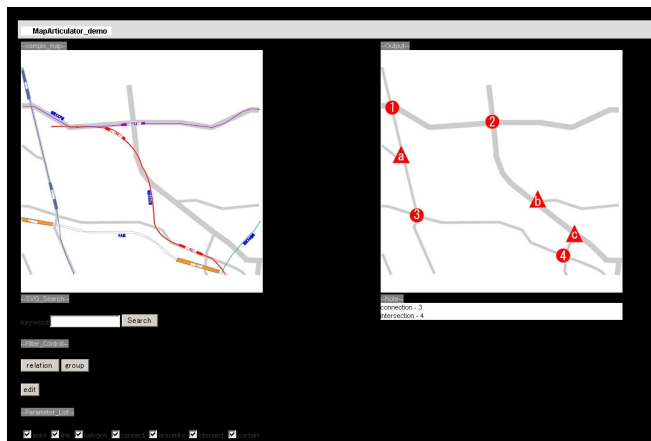


図14. Map Articulator の全体画面例

また、図15は道路をグループフィルタで抽出し、空間関係フィルタで交差, 接続を判定した結果である。



図15. フィルタによる関係性抽出例

5.2.1. 視覚的インタフェース

本システムの視覚的インタフェース構成は大きく4つの部分に分かれている。

- (1) マップブロック
利用者から SVG 地図を取得し表示する。
- (2) 表示ブロック
フィルタ適用の結果を反映した地図を表示する。
- (3) フィルタブロック
それぞれのフィルタの選択, 適用 (処理) の

指示を出す。

- (4) ノートブロック
適用されたフィルタに対して関係性の種類や数といった特徴量を表示する。

5.2.2. ユーザの操作とシステムの挙動

ユーザの操作とシステムの挙動の特徴的な部分をまとめる。

- (1) 地図エレメントのクリック
クリックしたエレメントに関係する別のエレメントとその関係性が表示される。
- (2) 表示ブロックの選択
フィルタの選択部分に対応したマップブロックの部分の色が変化する。
- (3) ノートブロックのクリック
ノートの表示項目に対応した箇所が、マップブロックで色が変わることによって判別される。
- (4) 地図エレメント関係の修正
ユーザがマップブロックで、地図エレメントを2つ以上選択し、それに対する関係性をリストの中より選択することで、関係性を修正変更できる。

6. むすび

今回は、SVG 地図に対して、空間関係フィルタリングシステムを適用する枠組みを提案し、プロトタイプシステムの紹介を行った。今後の展開として、空間関係から自然言語を生成し、ナビゲーションに応用することが考えられる。また、様々な SVG 地図に対して空間フィルタリングの有効性を検討し、地図作成者のための編集および自主学习のツールに発展させる予定である。

参 考 文 献

- [1] Scalable Vector Graphics (SVG), W3C,
<<http://www.w3c.org/Graphics/SVG/>>
- [2] 有川正俊, 藤森史生, 森田喬 “SVG 地図を対象としたグラフィック論理チェックツールの提案,” 2002 地理情報システム学会講演論文集, pp.317-320, Oct.2002.
- [3] Max J. Egenhofer, Spatial Relations: Model, Inference, and their Future Applications, ADBS96, Tokyo, 1996.
- [4] 村井俊治, 空間情報工学, 社団法人日本測量協会, 1999.
- [5] 杉原厚吉, 計算幾何プログラミング, 岩波書店, 1998.
- [6] ジャック・ベルタン著・森田喬訳, 図の記号学- 視覚言語による情報の処理と伝達-, 地図情報センター, 1982.