

Google Earth を用いたシミュレーション結果の視覚化支援システム

森本伍一， 村田忠彦， 松原光也



文部科学大臣認定 共同利用・共同研究拠点
関西大学ソシオネットワーク戦略研究機構
関西大学政策グリッドコンピューティング実験センター
(文部科学省私立大学社会連携研究推進拠点)

Policy Grid Computing Laboratory,
The Research Institute for Socionetwork Strategies,
Joint Usage / Research Center, MEXT, Japan
Kansai University
Suita, Osaka 564-8680, Japan
URL: <https://www.pglab.kansai-u.ac.jp/>
<http://www.kansai-u.ac.jp/riss/>
e-mail: pglab@ml.kandai.jp
tel. 06-6368-1228
fax. 06-6330-3304

関西大学政策グリッドコンピューティング実験センターからのお願い

本ディスカッションペーパーシリーズを転載、引用、参照されたい場合には、ご面倒ですが、弊センター（pglab@ml.kandai.jp）宛にご連絡いただきますようお願い申し上げます。

Attention from Policy Grid Computing Laboratory, Kansai University

Please reprint, cite or quote WITH consulting Kansai University Policy Grid Computing Laboratory (pglab@ml.kandai.jp).

Google Earth を用いたシミュレーション結果の視覚化支援システム

森本伍一¹, 村田忠彦^{1, 2}, 松原光也²

Visualization Support System of Simulation Results for Google Earth

Goichi Morimoto¹, Tadahiko Murata^{1, 2}, Mitsuya Matsubara²

概要

地域に関連した地域情報を Google Earth などの地図描画ソフト上で視覚化する為には統計情報の空間データとの関連付けや地図描画ソフトに特化したファイル形式への変換など煩雑な作業を必要とする。これらの作業を支援するシステムは存在するが積み上げグラフ等といったグラフの作成はできず、統計情報を効果的に視覚化する上で十分なシステムがあるとは言えない。特にシミュレーションにより統計情報を生成する場合、シミュレーションを行う条件により、様々なシミュレーション結果が得られる為、効率的な視覚化支援システムが必要となる。そこで、本研究では、簡単な操作のみで Google Earth 上で表示をさせる、シミュレーション結果の視覚化に対応した視覚化支援システムの開発を行う。本システムでは変換支援システムとして、シミュレーション結果の様々な設定のデータを Google Earth 用に変換する変換機能、外部ファイルの空間データとシミュレーション結果のデータとの関連付け機能の2つの機能を提供している。本論文では使用例を示すと共に本システムの考察を行う。

Abstract

When we visualize statistical information to the map by a drawing software such as Google Earth, we should do some troublesome works. The data files should be converted into the file format used by a drawing software, and associate statistical information with spatial data. There are some systems that support these work, but they have some limitations to depict statistical graphs such as piling graphs. Therefore a system for effectively visualizing statistical information is needed. Especially, the needs of efficient visualization support systems for the statistical information created by simulations become greater because a huge variety of simulation results are obtained by combinations of parameters in simulations. In this paper, we develop a visualization support system for simulation results that converts simulation results with simple operations for Google Earth. Our system offers two functions as the visualization support system. The first function is "conversion function" that converts the data of simulation results for Google Earth. The second function is "relation function" to relate spatial data of external file to statistical data of simulation results. We show some examples using our system.

キーワード: Google Earth, 視覚化, Geographic Information System (GIS)

Keywords: Google Earth, visualization, Geographic Information System (GIS)

1 関西大学 総合情報学部

2 関西大学 政策グリッドコンピューティング実験センター

1. はじめに

近年、地理情報の視覚化の分野で Google Earth の需要が高まってきている。これは、Google Earth により無料で簡単に最新の衛星画像や地図上にユーザが任意の情報を追加できるようになっているからである。多くの場合、地図上に待合せなどの情報や写真、統計データなど、場所に関連付けられたデータが追加される。本研究では、場所に関連付けられたデータとして、シミュレーション結果を対象とする。ここで、シミュレーション結果とは、現実のデータではなく、コンピュータシミュレーションなどにより、計算結果として導出されたデータのことである。シミュレーション結果を視覚化する場合には、現実のデータと異なる特徴がある。それは、シミュレーション結果がコンピュータシミュレーションなどにより、短時間で大量のデータが生成されるため、より効率的な視覚化が求められる、ということである。これは、より効率的に、地図上に視覚化するための変換を行えるシステムが必要であることを意味する。

近年、シミュレーション上での環境構築に GIS を用いた研究が多くなされている[1, 2]。さらに GIS を用いた研究として、地域特性に依存して複雑な行動規範を持つ交通行動の分析に空間情報を用いたモデルがある[3]。また、地震や津波などの自然災害においてその被害範囲や避難経路の予測などの研究がなされている[4-6]。さらにはマルチエージェントシミュレーション (MAS) の環境構築に GIS の概念をどのように組み込むかは課題がある。Goncalves ら[7]は GIS と MAS を統合するフレームワークを提案し、シミュレーションにおける GIS のデータの扱い方について 2 つの手法をあげている。1 つは、シミュレーション中に動的に GIS のデータベースへアクセスする動的手法である。2 つ目は、シミュレーション実行前に地理データを導入しておく静的手法であるが、必要に応じたデータの追加が許されない点について指摘している。このように地理情報をシミュレーションに利用する方法が開発されつつあるが、シミュレーション結果を効率的に地図上に視覚化するシステムについては、まだ数が限られている状況である。

例えば、シミュレーション結果を Google Earth 用のファイルに変換する例として、ある都道府県の面グラフを作成するには、100,000 字以上のテキストを使用したファイルの作成が必要になり、効率的なデータ変換の自動化が必要である。現在このようなデータ変換を支援するシステムとして、有料ではあるが、Google Earth Pro [8] 等のシステムがある。また、無料のシステムでは Map windows GIS [9] 等がある。また、R 言語を用いた変換の研究もされている [10]。しかし、無料のシステムにおいては棒グラフやポイント登録等の簡単なグラフの生成しかできない。効率的な視覚化が求められるシミュレーションにおいては、これらのシステムだけではそれぞれに適したグラフを短時間で作成する事が出来ない。

そこで、本研究では、シミュレーション結果の視覚化として、線、棒、積み上げ、面、レベルの 5 種類のグラフに対応したシステムを開発する。また、動きのある視覚化を実現するため、グラフのアニメーション表示への対応を行う。

2. システム概要

本システムは地理情報を記述した CSV ファイルと、必要であれば、国土地理院等で頒布されている Geography XML ファイル (以下 G-XML ファイル) や Geography Markup Language ファイル (以下 GML ファイル)、SHAPE ファイルを用いて、Google Earth 用の KML/KMZ ファイルの出力を行う。ここで、G-XML ファイル、GML ファイル、SHAPE ファイルの 3 つのファイル形式はい

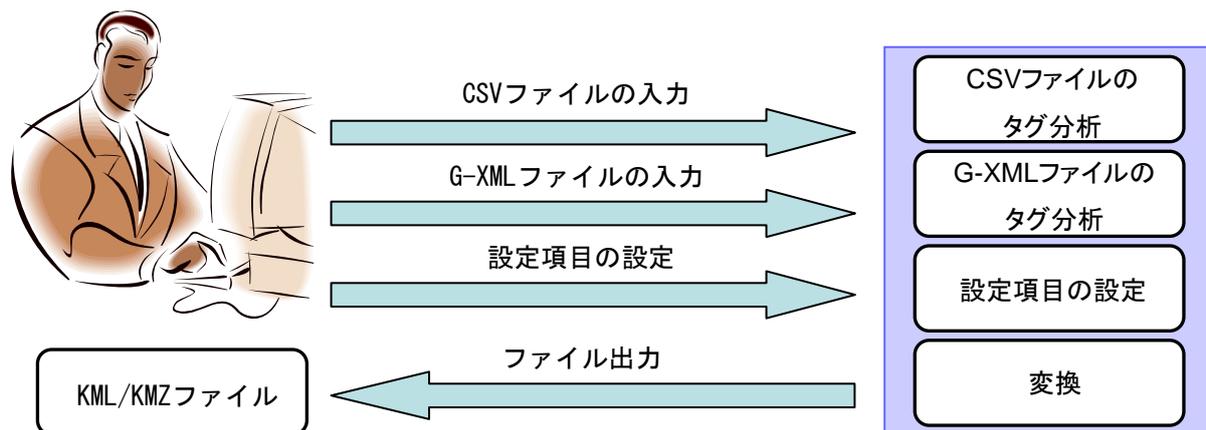


図 1: システムの流れ

ずれも国土地理院や総務省統計局等で頒布されている空間データのファイルフォーマットであるが、各々のサービスでファイルフォーマットは異なっている。例えば、政府統計の総合窓口 (e-Stat) で用いられているファイルフォーマットは G-XML ファイルと SHAPE ファイルの 2 種類である。

本システムの主な機能として、様々な設定を行い Google Earth 用に変換を行う機能、空間データとシミュレーション結果のデータとの関連性付ける機能の 2 つの機能がある。全体のシステムの流れと入出力ファイルに関しては 2.1 に記述する、変換機能に関しては 2.2、関連付け機能に関しては 2.3 に詳細を記述する。

2. 1 システムの流れと入出力ファイル

本システムの流れを図 1 に示す。全体の操作の流れとしてまず、本システム CSV 記述形式で記述した CSV ファイルを用意する。また、必要であれば空間データファイルとして G-XML ファイル、GML ファイル、SHAPE ファイルも用意する。そして、それらのファイルを読み込み、グラフの種類等の設定を行う。最後に出力ボタンをクリックすると、ファイルの分析・変換を行い KML/KMZ ファイルが出力される。本システムは C# で作成している。

ファイルの仕様は以下の様になる。

- CSV ファイル…CSV ファイルには空間データや数値データを記述する。記述方法は無料の GIS システムである MANDARA[4]の記述方法を拡張した方式である。CSV ファイルの記述例を図 2 に示す。「MAP」の行が Google Earth 上で開いた時の一番親となるレイヤー名、「LAYER」の行は「MAP」の子のレイヤー名、「TITLE」の行は「LAYER」の子のレイヤー名、「UNIT」の行は数値情報の単位、「DEFINITION」から「END」の範囲は空間データとなる。
- GML ファイル…空間データは CSV ファイルにも記述できるが、GML 形式のファイルを使用することもできる。ISO 19136 として標準化されており、日本においても JIS X 7136 として日本工業規格化されている。XML マークアップ言語で記述されている為、OS 標準のソフトウェアで編集が可能である。国土地理院のデータの頒布に使用されており、本システムでは国土地理院で頒布されている都道府県等の空間データの読み込みを想定している為採用した。
- G-XML ファイル…日本政府の GIS アクションプログラム 2002-2005 の計画に基づき定められた。

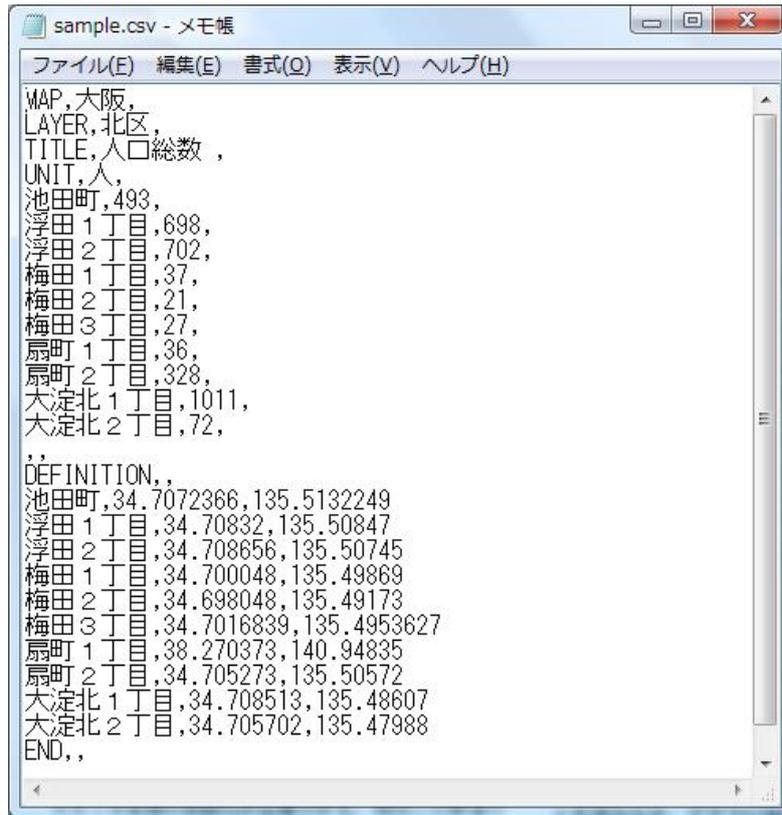


図 2: CSV ファイル例

GML ファイルと同様に国土地理院のデータの頒布に使用されている。JIS X 7199 として日本工業規格化されている。XML マークアップ言語で記述されている為、OS 標準のソフトウェアで編集が可能である。GML 形式に対して通信機能を中心に拡張したファイル形式である。本システム上での仕様用途は GML ファイルと同様である。

- **SHAPE ファイル…GML ファイル, G-XML ファイル**と同様に国土地理院のデータの頒布に使用されている。ESRI 社が提唱し他の多くのデータ形式との互換性が高く業界標準規格になっている。欧米政府等の地理情報頒布形式として数多く採用されている。本システム上での仕様用途は GML ファイル, G-XML ファイルと同様である。
- **KML/KMZ ファイル…KML 形式**は三次元地理情報を Google Earth で表示する為に使用するファイルフォーマットである。Google Earth 以外にも ESRI 社の ArcGIS Explorer, NASA の World Wind 等で使用する事が出来る。その他, Flickr, Yahoo! Pipes 等も KML 形式での出力に対応している。KMZ ファイルは KML ファイルを ZIP 圧縮したファイルである。KML 形式は KMZ 形式に比べファイルサイズは大きくなるが、XML マークアップ言語で記述されている為、OS 標準のソフトウェアで編集が可能である。

2. 2 変換機能

変換機能は本システムの主要となる機能で全グラフを出力する時に使用する。本機能のシステム画面を図 3 と図 4 に示す。まず使用する CSV ファイルを選択した際に CSV ファイルの記述方

式が本システム CSV 記述形式になっているかどうかのチェックを行う。具体的には必須項目となっている 4 つの項目が記述され、設定が行われているかをチェックしている。その後は、出力形式、グラフの種類、アニメーションの有無、グラフの種類に応じた線の太さ等をそれぞれ設定する。その他の設定タブよりグラフの色の設定も行える。設定項目を選択後、変換実行を行った際に関連付け機能が必要であった場合は関連付けを行い、その後 CSV ファイルを分析し、ファイルの階層構造分けを行い、設定項目に基づき KML/KMZ ファイルに変換・出力する。



図 3: 基本設定画面



図 4: その他設定画面

グラフの色は10段階まで設定でき、2色だけ設定してグラデーション設定も出来る。アニメーションは1つのグラフを時間と共に段階的に変化させたグラフを作成することが出来る。CSVファイル内にTIMESTART、TIMEENDを記述する事により表示間隔や表示時間を設定可能である。この機能はKML形式のTIMESPANタグを使用して実現しており、Google Earth上の仮想時間に対応してグラフを変化させることによって表現している。例として、2010年1月1日と指定した場合は時間を使用して、2010年1月と指定した場合は日付をアニメーションに使用している。設定を行わなかった場合は月を使用する。標準ではアニメーションは1つのグラフにつき12コマで出力される。TIMESPANタグのシステムを使用している関係上、秒単位で指定した場合は1つのグラフにつき1コマ分しか出力されない。

2.3 関連付け機能

関連付け機能はCSVファイル内の空間データとG-XMLファイルやGMLファイル、SHAPEファイル（以下空間データファイル）内の空間データの関連付けを行う。本機能のシステム画面を図5に示す。空間データファイル内から読み込むデータを選択した後、変換を実行した時にCSVファイル内の地点名で空間データファイル内の選択された地点名に対して全探索を行い、一致したデータが存在した場合にその都度関連付けを行う。

面、レベルグラフを出力する際には必須の項目となっている。理由として、例えば面グラフで日本全体を指定したい場合、空間データファイル内の全ての空間データをCSVファイル内に記述すると膨大な数となり、ファイル内が煩雑になるからである。また、上記の空間データを準備する際に国土地理院等の空間データファイルを使用する場合は多いと考えユーザ側の準備の手間を低減する為、使用率が高いと思われるG-XMLファイル、GMLファイル、SHAPEファイルの入力に対応させた。

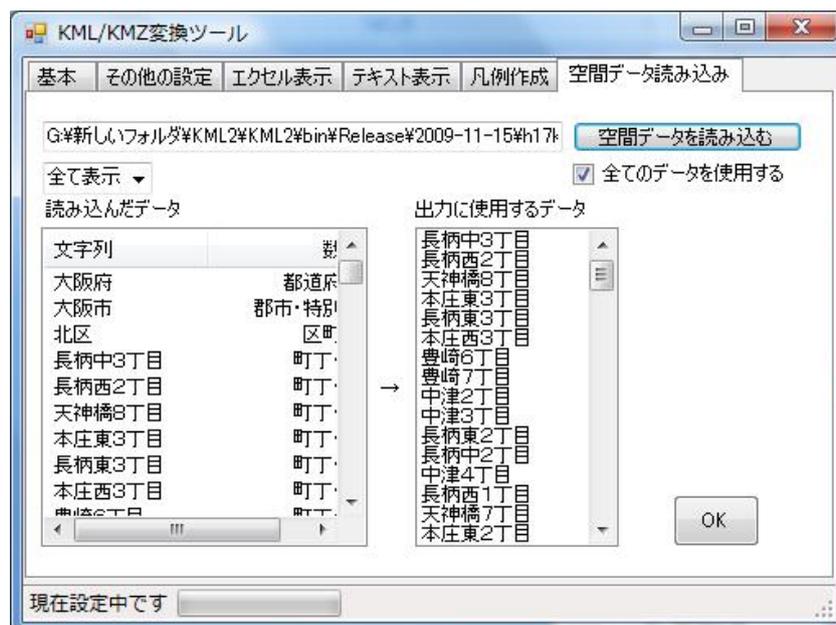


図5: 空間データファイル読み込み画面

その他、空間データファイルをそのまま使用する場合、余分な要素データも多数存在する。その場合空間データファイル内の空間データと CSV ファイル内の空間データを全探索により関連付けを行うと、探索時間に変換時間の大半を割かれる可能性がある。その対策として、一覧から選択した空間データのみを読み込み探索をかけられるようにした。さらに、G-XML ファイル等は 1 つの空間データに複数の地点名を持たせることが出来る為、読み込むデータの地点名を分類毎に一覧表示し、読み込む地点名を選択できるようにした。これによりデータ選択用一覧表示の見やすさと探索に用いる地点名の削減をおこなっている。さらに、読み込むデータ内に共通の分類内に同じ地点名があった場合、その地点名により同じ地点名の読み込むデータ内の全ての地点を選択できる。これにより、例えば東京都全域の指定や、東京都から一部の市町村を除いた指定が出来る。

3. 使用例

例として、シミュレーションで推定した 3 年後の大阪府大阪市北区内の町丁目別人口（CSV ファイル）を KML/KMZ 形式の面グラフで出力する。今回使用した G-XML ファイルは国土地理院国勢調査結果のファイルを使用した。出力結果を図 6 に、出力した KML ファイルを図 7 に示す。変換手順を以下に示す。

- 1) CSV ファイルを読み込む。
- 2) G-XML ファイルから町丁目名の要素を選択して読み込む。
- 3) 色や高さの限界値、出力グラフ形式を選択し KML/KMZ ファイルを出力する。

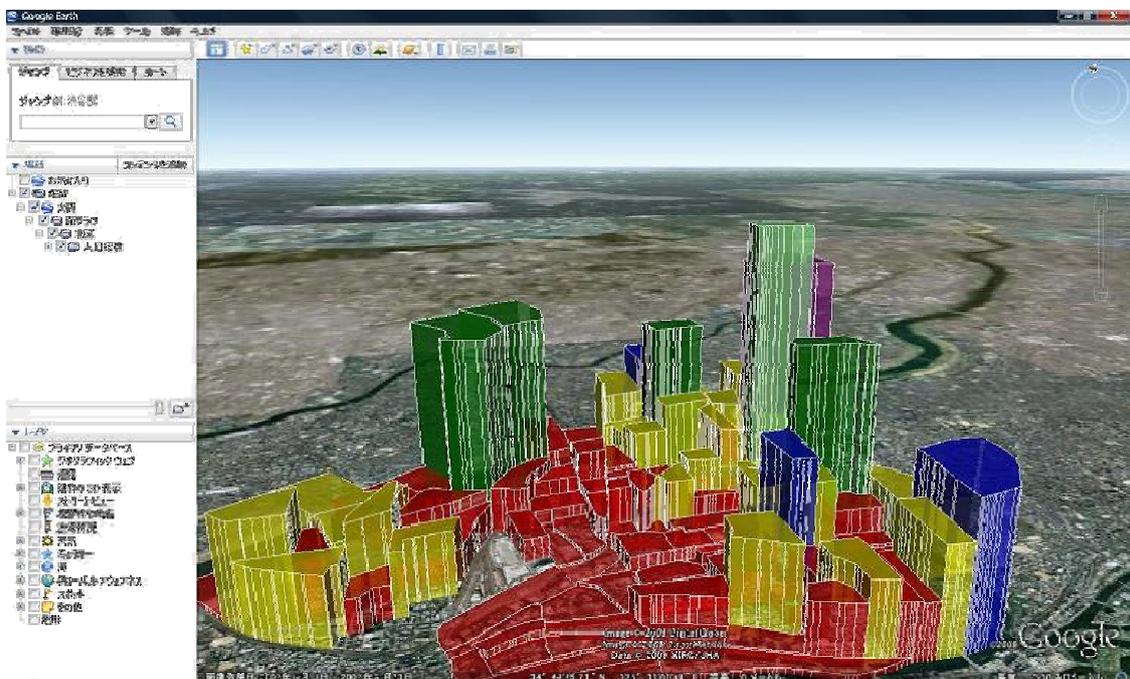


図 6: 出力結果の Google Earth による表示

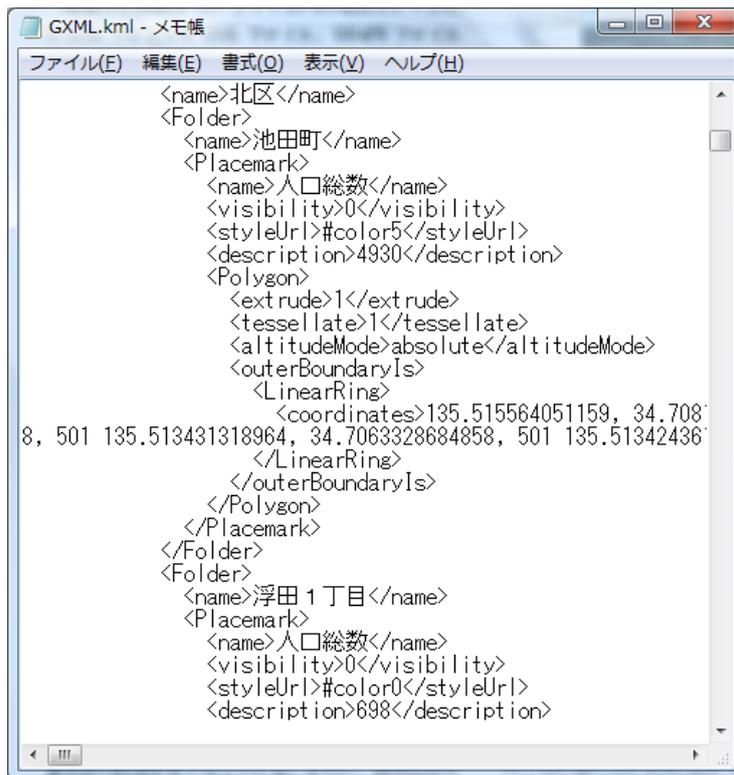


図 7: 出力結果の OS 標準ソフトウェアによる表示

使用例で出力したグラフは KML ファイルで約 244KB, KMZ ファイルで約 49KB, 約 160,000 字となった。この図より地域ごとの人口の分布傾向が分析できる。同様に、例えばある地域の男女別の医者の数と患者の数のデータを重ね合わせて医者の過不足を視覚的に考察することが出来る。さらに、アニメーショングラフにする事で、時間経過による変化を把握する事によりインパクトのある表現が可能となる。

問題点として、変換後のファイル容量の大きさがあげられる。大阪府大阪市北区という限られた区域内で圧縮された KMZ ファイルで 50KB 近いファイル容量になった為、全国規模の情報をもつファイルを変換した場合は数十 MB のファイル容量になる事が予想される。また、アニメーショングラフを使用した場合、アニメーションにより 1 コマ分グラフが増える毎にファイル容量が倍増する為、数百 MB のファイル容量になることが予想される。しかし、ファイル容量に関しては KML/KMZ ファイルの仕様による制約が大部分を占めている為、本システムの改良による削減の余地は少なく、大容量のデータの地図上への視角化をサポートする計算機の利用が必要となる。

4. 適用事例

本システムを ID3 による医療機関選択におけるエージェント行動ルールの同定[12, 13]と、投票率上昇と投票所数削減のための投票シミュレーション[14]に適用した。文献[13]では、アンケート結果や政府統計などの実データを使用し、1 日単位で疾病率に基づいて住民が疾病することを想定し、疾病した場合に医療機関を選択する社会シミュレーションを行っている。さらにそこから、ある市民病院がなくなると想定した場合のシミュレーションも行い、医療機関の移動や統廃合

によってどのような影響が出るかを考察している。本システムを文献[13]のデータに適用した場合の表示結果を図8に示す。左図は、各医療機関の予測患者者数を示し、右図は、ある医療機関がなくなった場合に、近隣の医療機関での患者者数の増分を黄色にして表示している。統廃合の対象となった病院の近隣の病院に影響がでることがわかると共に、単に距離的に近い医療機関の患者者数が増えるのではないことがわかる。これは、統廃合された病院がカバーしていた地域の年齢別人口の影響により、近隣の医療機関への影響の出方が異なるためである。このように、地図上にシミュレーション結果を視覚化することにより、医療機関の統廃合による患者数の変化を想定し、どのような要因が関係するのかを事前に検討することが可能となる。

一方、文献[14]では、投票率上昇と投票所数削減のための投票シミュレーションを行っている。投票区ごとの実データに基づき、有権者の投票行動を再現し、コンピュータ上で投票シミュレーションを行っている。さらに、実現可能な投票区割りの中から、最適化手法を用いて、各自治体のニーズに応じた投票区割りを提案している。このシミュレーションでは、設定された投票所の場所と地域との関係を見る必要がある。表示結果を図9と図10に示す。図9は、投票所数が64箇所ときの各地区と投票所との関係（の一部）を示している。×印は、各地区の中心地点を表している。それらの中心地点から集まった1点（が、それらの地区に割り当てられた投票所となっている。図10は、投票所数を削減し、45箇所にしたときの投票所への割り当てを表している。投票所数が削減されたため、1箇所の投票所により多くの地区から投票にきていることがわかる。このように視覚化することにより、投票に向かう際に、線路や川などを渡る必要がある割り当てになっているかどうかなど、設定された投票所の割り当ての問題点を容易に見つけることが可能となる。

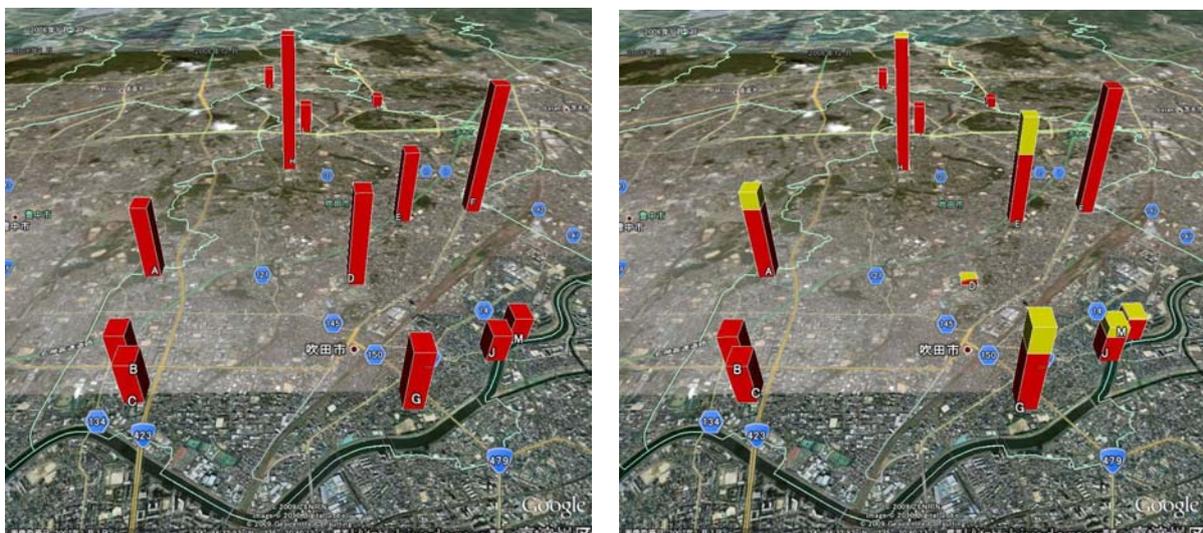


図8：1月の患者数（左は市民病院あり、右は市民病院なし、薄色部は左図からの増分）

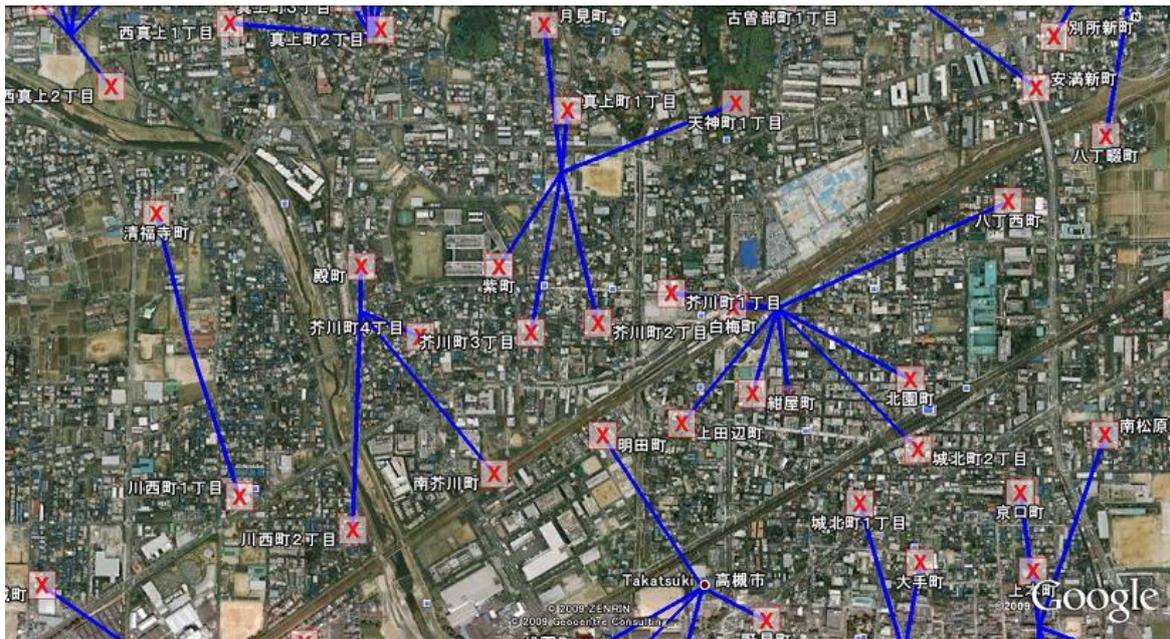


図 9: 投票所数 64 箇所ときの投票区割り

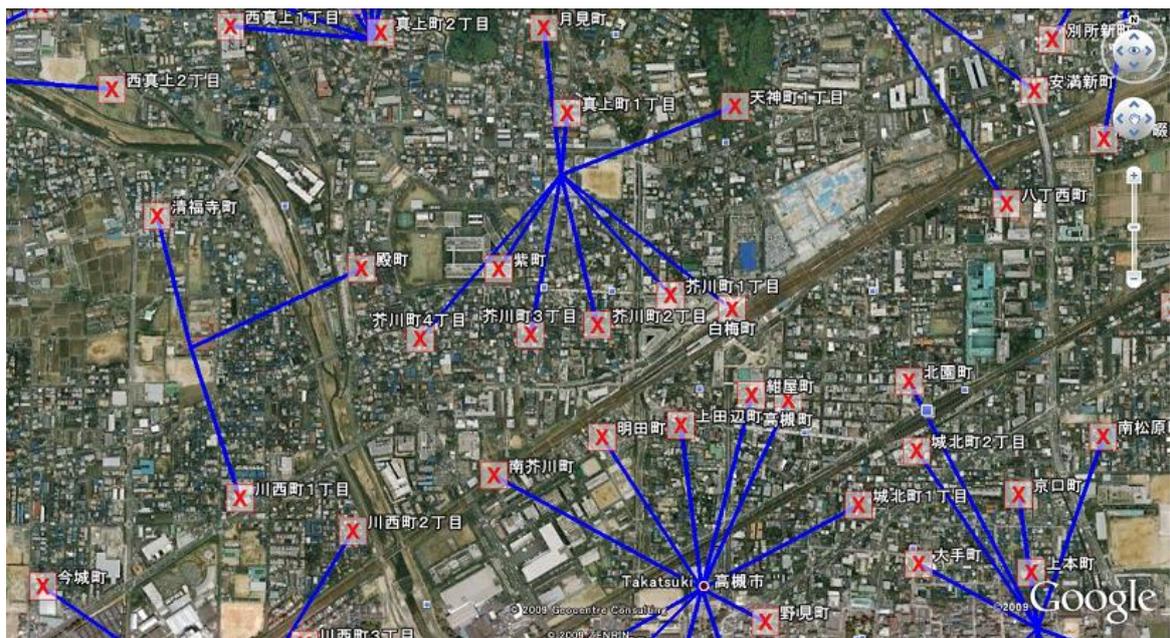


図 10: 投票所数 45 箇所ときの投票区割り

6. まとめ

本研究では、シミュレーション結果の視覚化にも対応した CSV ファイルから KML/KMZ ファイルへの変換に対する変換支援システムの開発を行った。さらに今回開発を行ったシステムは、データファイルの作成を行えばシミュレーション結果の視覚化のみに限らず一般の統計情報の視覚化支援システムとしても有用であると考えられる。今後の研究ではさらに多くの出力形式へ対応させていきたい。しかし、対応できるグラフの数には自ずと限りがあるので、プラグイン形式で出力形式をユーザ側からも追加できる方法も検討したい。さらに今回の研究では全国を対象とした変

換を行っていない為、今後さらに大規模な変換を実施して、システムの優位性や問題点を考察していく必要がある。

参考文献

- [1] 北田悟史, 田中敦, マルチエージェント手法による巡回バスのデマンド対応の効果, 電子情報通信学会技術研究報告, 105 (50), pp.1-4, 2005.
- [2] 岡本強一, 堀田健治, GIS を用いた環境シミュレーションシステムの開発, 研究報告集 I, 材料・施工・構造・防火・環境工学, (77), pp.181-184, 2007.
- [3] 秋山孝正, 奥嶋政嗣, 和泉範之, マルチエージェント型ファジィ交通行動モデルの提案, 土木計画学研究・論文集, Vol.24, No.3, pp.489-498, 2007.
- [4] 堀宗朗, 宮嶋宙, 犬飼洋平, 小国健二, 地震時避難行動予測のためのエージェントシミュレーション, 土木学会論文集 A, Vol.64, No.4, pp.1017-1036, 2008.
- [5] 村木雄二, 狩野均, 地域性を考慮した広域災害避難シミュレーションのためのマルチエージェントモデル, 人工知能学会論文誌, Vol. 22, pp.416-424, 2007.
- [6] 渡辺公次郎, 避難シミュレーションモデルと GIS を用いた津波防災まちづくり計画支援システムの開発, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2007.
- [7] Antonio S. Goncalves, Armanda Rodrigues, Luis Gorreia, Multi-Agent Simulation Within Geographic Information Systems, *Proceedings of 5th International Workshop on Agent-Based Simulation*, pp. 107-112 (2004).
- [8] Welcome! Google えんたープライズ : Earth とマップ, http://www.google.co.jp/enterprise/earthmaps/earth_pro.html.
- [9] MapWindows Open Source GIS – Home Page, <http://www.mapwindow.org/>.
- [10] 牧山文彦, Google Earth と R 言語, <http://jasp.ism.ac.jp/kinou2sg/contents/GoogleEarthandR.pdf>.
- [11] 谷謙二, 「MANDARA」の開発と研究・教育への応用, CSIS Discussion Paper #65, pp.21-26, 2005, <http://www.csis.u-tokyo.ac.jp/dp/dp65/index.html>.
- [12] 十倉伸太郎, 村田忠彦, ID3 による医療機関選択におけるエージェント行動ルールの同定, 日本知能情報ファジィ学会第 24 回東海ファジィ研究会・ECOmp 研究会, 5 pages, 2008.
- [13] 十倉伸太郎, 村田忠彦, 松原光也, 名取良太, 曹陽, 森本伍一, アンケート結果と政府統計に基づく医療機関選択シミュレーションの設計と実装, PGLab ディスカッションペーパーシリーズ, Vol. 48, pp. 1-32, 2010.
- [14] 小西健太, 村田忠彦, 名取良太, 投票率上昇と投票所数削減のための投票シミュレーション, 知能と情報, Vol. 22, No. 2, 2010 (印刷中).