

地理情報の可視化

石井 儀光

近年では地理情報はとても身近なものとなっており、カーナビやスマートフォンの地図アプリなど、地理情報を目にしない日はないだろう。施設などの位置を示す点データから、統計データなどの面的データまで位置情報をもったさまざまな種類のデータがあり、それらを重ね合わせることで新たな関係性が見えてくることがある。本稿では、多様な地理情報を可視化する技術について、身近な地図に関する話題から都市計画分野での応用事例まで概観する。

キーワード：地理情報, ESDA, GPS, POI, 主題図, 配色, 統計地図, KML

1. はじめに

カーナビやスマートフォンの普及によって、地図は急速に身近なものとなった。スマートフォンの地図アプリを使えば、現在地周辺の道路や鉄道、駅、主要な建物名称をはじめ、飲食店や物販店の名称など実にさまざまな情報が表示される。たとえば駅の場合、単に名称が表示されるだけでなく、乗り入れている路線や時刻表の情報など、位置情報だけではなく、その属性情報も見ることができる。このように、地球上の位置と何らかの関係がある情報のことを総称して地理情報と呼ぶ。たとえば、スマートフォンの天気予報アプリなどで見られる地図上の降雨量や落雷などの情報も地理情報である。普段の生活を思い出していただければ、ほぼ毎日地理情報に触れているのではないだろうか。

おそらく、地理情報を可視化した最も身近なものが地図であり、平面的なものばかりではなく、立体的に表現された地図など多くの種類の地図がある。地理情報の可視化分野の著名人である MacEachren [1] は、地図による表現には二つの側面があり、一つがコミュニケーションにおける利用であり、もう一つが Visualization であると整理している。コミュニケーションにおける利用は、防災マップや観光マップであったり、SNS でお勧めのスポットを案内するための地図であったりと、他者と情報を共有するためにわかりやすく情報を伝えるプレゼンテーションの一種であると考えられている。そのため、より多くの人々が地図作製者の意図を誤解なく理解できるように、その表現方法を工夫する必要がある。一方で、Visualization は単に地図化するという

ことではない。ここでは、多様な地理情報の関係性の中から未知の情報を明らかにする探求プロセスの中で、分析者にとって分かりやすい図を作成することを指している。このような地理情報のデータ分析は探索的空間データ解析 (Exploratory Spatial Data Analysis, 以下 ESDA) と呼ばれており、盛んに研究されている分野である。

本稿では、コミュニケーションと ESDA の中間的な視点で、地理情報の可視化技術の概要を紹介する。なお、OR 学会の機関誌はモノクロ印刷だが、本特集ではカラー原稿が学会ホームページ上で公開されるということを前提として、本稿では色に関する記述を行っている部分がある。そのため、冊子でわからない部分は、ぜひ学会ホームページのカラー原稿をご覧ください。

2. 点データの可視化

2.1 位置情報の表記法

スマートフォンで撮影した写真やムービーなどは地図上で撮影場所を簡単に確認することができるようになった。これは、撮影した位置情報がファイルに埋め込まれることで実現しているもので、米国の GPS をはじめとして、ロシアの GLONASS などの全球測位衛星システム (Global Navigation Satellite System) の発達によって、位置情報はとても身近なものになった。地球上の位置情報は緯度・経度・高度で一意に表現できそうなのだが、その決め方には種類がある。面倒なことに地球は完全な球体ではなく、南北がつぶれて赤道のあたりがふくらんだ形をしている。そこで、地球を楕円体モデルで表現するのだが、さまざまな種類がある。さらに、地球を表現する楕円体モデルを決めた後に、どこを原点にして軸の向きをどうするかといったことを決める必要がある。このように、楕円体

いしい のりみつ
国立研究開発法人 建築研究所
〒305-0802 茨城県つくば市立原 1
ishii@kenken.go.jp

モデルと軸の取り方という二つの要素を決めるとはじめて経緯度が定まる。この二つの要素の組み合わせは測地系 (datum) と呼ばれている。昔はこの測地系が国によって異なっていたため、お互いのデータを重ねるために変換作業が必要であった。日本も以前は独自の日本測地系を用いていたが、測量法を改正し 2002 年から国際標準である世界測地系¹を用いている [2]。ちなみに、Google Maps や Google Earth で用いられているのは WGS84 という測地系である。WGS84 は何度か改訂が進み、現在は世界測地系とほぼ同じものとなっているそうだが、厳密には違うものである。

なお、GPS によって物理的に位置情報が取得できない場合には、住所データから緯度経度情報に変換するアドレスマッチングあるいはジオコーディングと呼ばれる作業が必要である。施設などの住所情報が得られていれば、アドレスマッチングによって施設などの位置を地図上にプロットすることが可能となる。アドレスマッチングは ArcGIS などの GIS ソフトのツールの一つとして提供されているものもあれば、東京大学空間情報科学研究センター (CSIS) が提供するように、CSV ファイルに記載された住所を緯度経度に変換してくれる Web サービス [3] などもある。

2.2 点データの主題図

GIS の分野では、観光スポットやお気に入りの店舗をはじめとする各種点データを総称して POI (Point Of Interest) データと呼ぶ。前述のとおり、位置情報が簡単に取得できるようになってから個人が作成するものも含め、膨大な種類の POI データが存在している。位置情報が取得できればそれらを地図上にプロットすることができるのだが、単純に点だけをプロットしてもそこがどこなのかということすらわからない。道路や鉄道、河川、主要な建物など、背景図と呼ばれる地図の情報と重ねることで、POI データの位置を把握することが可能となる。このように、何らかの関心に沿ったテーマで背景図の上に描かれた図のことを主題図 (thematic map) と呼ぶ。

カーナビやスマートフォンの地図では、コンビニやガソリンスタンド、駐車場など、見ただけでそれとわかるようなピクトグラム (図記号) が用いられている。ピクトグラム以外にも○や□といった記号の違いや、色で属性の違いを表現したものなど、さまざまな表現がある。このように、主題図のテーマとなるデータを記号で表現することをシンボル化 (symbolization) と

呼ぶ。点データに限らず、後述する集計範囲の面データや、道路や鉄道などの線データについても、図で表現することを幅広くシンボル化と呼ぶ。情報共有の手段として地図を用いる場合には、その種類に応じて、なるべくわかりやすいシンボルを用いるほうがよいだろう。

さて、点データが量的な属性を持っている場合、その量に着目して可視化したい場合がある。たとえば、図 1(a) は平成 29 年の地価公示で公表された東京 23 区の調査地点ごとの 1m^2 当たりの地価をプロットしたものである。ここでは地価の大きさに比例して円の大きさが変わる「比例シンボル」を用いてプロットしている。東京駅や新宿駅、渋谷駅などに大きな円が集まっていることがわかる。なお、値が 2 倍になった場合に円の面積を 2 倍にしても人間の感覚では小さめに感じてしまうことが知られており、GIS ソフトウェアでは値のべき乗に比例して拡大するように調整されていることがある²。また、小さな円が大きな円に隠れないように重なるの順番を調整するという工夫も見られる。そもそも円が重ならないようにサイズを調整することも可能だが、この例のようにデータのレンジが広い場合には、小さな円が見えなくなってしまうという問題があり、伝えたい主題に応じて割り切ってサイズを決める必要がある。なお、図 1 はすべて ArcGIS (ArcMap10.4) を用いて作成している。

2.3 空間補間

大気中の汚染物質の計測データや地質のボーリングデータなど、本来は空間的に連続している量であっても特定の観測地点で計測したデータしか得られない場合がある。そのような場合、限られた観測データを使って、ある空間範囲の全体像を推測する手法が空間補間である。図 1(b) は図 1(a) のデータを用いて空間補間手法の一つであるクリギングによって全体像を推計した例である。クリギングは観測地点の値の加重で任意の地点の値を予測する手法で、予測地点と観測地点との位置関係に基づいて加重を決定する。ここでの位置関係は単純な 2 地点間の距離ではなく、全観測地点データの空間的自己相関を求めて空間的な偏りを考慮するという特徴がある。図 1(b) はクリギングの結果を用いて地価が等しい点を曲線で結び、いくつかの段階に区分して彩色している。このような図をアイソプレス図 (isopleth map) と呼ぶ。特定の駅周辺の地価が高い傾向に加えて、鉄道路線に沿って地価の高いエリア

¹ GRS80 回転楕円体モデルと ITRF94 座標系の組み合わせで定められる測地系を指す。

² Flannery の補正などと呼ばれる。詳しくは文献 [9] の 17.3.2 節参照。

が広がっていることなどがわかる。なお、空間補間にはほかにも、TIN (Triangulated Irregular Network), IDW (Inverse Distance Weighting), スプラインなどの方法がある。より詳しくは文献 [4] や [5] を参照されたい。

3. 集計データの可視化

3.1 集計データの主題図

本節では統計データのように都道府県や市区町村といった空間単位で集計されたデータを可視化する手法を概観する。まず、図 1(c) は東京 23 区別の出生数と死亡数の割合 [6] を円グラフ (パイチャート) で表示したものである。中央部に位置する千代田区より南側は出生数のほうが多く、北東側は死亡数のほうが多い傾向が見られる。この方法だと出生・死亡の絶対数はわからないので、棒グラフを用いる方法などもある。空間的な分布よりも地区別の属性値の分布の違いを強調したい場合などに用いる。図 1(d) は、昼間人口 [6] をドット密度図と呼ばれる手法で示しており、2,500 人を 1 ドットで表現している。ドットの位置は区内でランダムにプロットされており、ドットの密度が高いほど昼間人口が多いことを示している。いわゆる都心 5 区の昼間人口が多く、周辺のほうが少ない様子が見られる。

図 1(e) は、2015 年国勢調査の夜間人口を可住地面積³[6] で割った人口密度を区単位で示したもので、6 段階にクラス分割して彩色している。豊島区、中野区、荒川区の値が比較的大きいことがわかる。このように、ある空間単位で集計された量的データあるいは属性を示す質的データに応じてクラス分割して描画したものはコロプレス図 (choropleth map) と呼ばれる。おそらくもっともよく目にする統計地図の可視化手法であろう。

3.2 配色

図 1(e) と図 1(f) は一見するとかなり印象が違うのだが、実はこの二つの図は各クラスの色のみを変更したもので、クラス分割のしきい値は全く同じである。塗り分けに用いる色の違い (配色) によって地図の印象が異なることがおわかりいただけるだろう。このように、配色は可視化技術において重要な役割を果たしており、はっきりと見やすく、クラスが区別しやすい配色などの研究がなされている。そのような研究成果の一つとして ColorBrewer2.0 というツールが Web ページ [7] で公開されており、クラス分割のクラス数とデータの

種類を選ぶと適切な配色をいくつか提案してくれる。データの種類としては、まず量的データか質的データかという区分がある。さらに、量的データの中でも、量の増減に応じて単調に色を変化させたい場合と、0 などの中間値を挟んでプラス方向とマイナス方向を対比したい場合など、2 方向に拡散するように色を変化させたい場合に対応した配色が用意されている。

図 1(e) と図 1(f) は ColorBrewer2.0 の配色を用いており、実は図 1(f) は質的データ用の配色である。はっきり見分けることに主眼をおいた配色となっているため、図 1(e) とはかなり異なった印象を与えてしまう。いくつかの配色を比較して、自分の意図に即した配色となっているかどうかを確かめることが重要である。なお、ColorBrewer2.0 では提示された配色の RGB や CMYK の数値が示されているため、多くのソフトウェアでその配色を利用することが可能である。このほかにも、i want hue [8] などかなり複雑なツールもあるので、興味のある方はご覧いただきたい。

3.3 クラス分割

図 1(g) は図 1(e) および図 1(f) と同じ 2015 年国勢調査の夜間人口を面積⁴で割った人口密度を示したもののだが、集計単位が区よりも細かく、おおむね町丁目単位である。実は図 1(h) も図 1(g) と全く同じデータを用いており、クラス分割も同じ 5 分割で、クラスの配色まで全く同じである。しかし、クラス分割のしきい値だけが異なっている。図 1(g) は自然分類と呼ばれる手法を用いており、データの分布の変化が大きいいところにしきい値を設定している。一方で、図 1(h) は等量分類と呼ばれる手法を用いており、各クラスに含まれるデータの個数が等しくなるように分割されている。なお、両図とも ArcMap10.4 に実装されている機能でクラス分割した。ちなみに前出の図 1(e) と図 1(f) は自然分類で 6 分割している。

このようにクラス分割の方法が異なると、視覚的な印象が変わってしまう場合があるため、クラス分割を複数準備して、それらを比較するとよいだろう。なお、この二つの分類法以外にも、等間隔分類や標準偏差分類、最適分類などの手法がある。より詳しくは文献 [5] や [9] を参照されたい。

3.4 可変単位地区問題

図 1(i) は図 1(g) および図 1(h) と同じく、2015 年国勢調査の夜間人口密度を示したもので、集計単位は

³ 総面積から林野面積と主要湖沼面積を引いた面積。

⁴ この空間単位で可住地面積が公開されていないため、集計範囲の単純な面積を用いた。

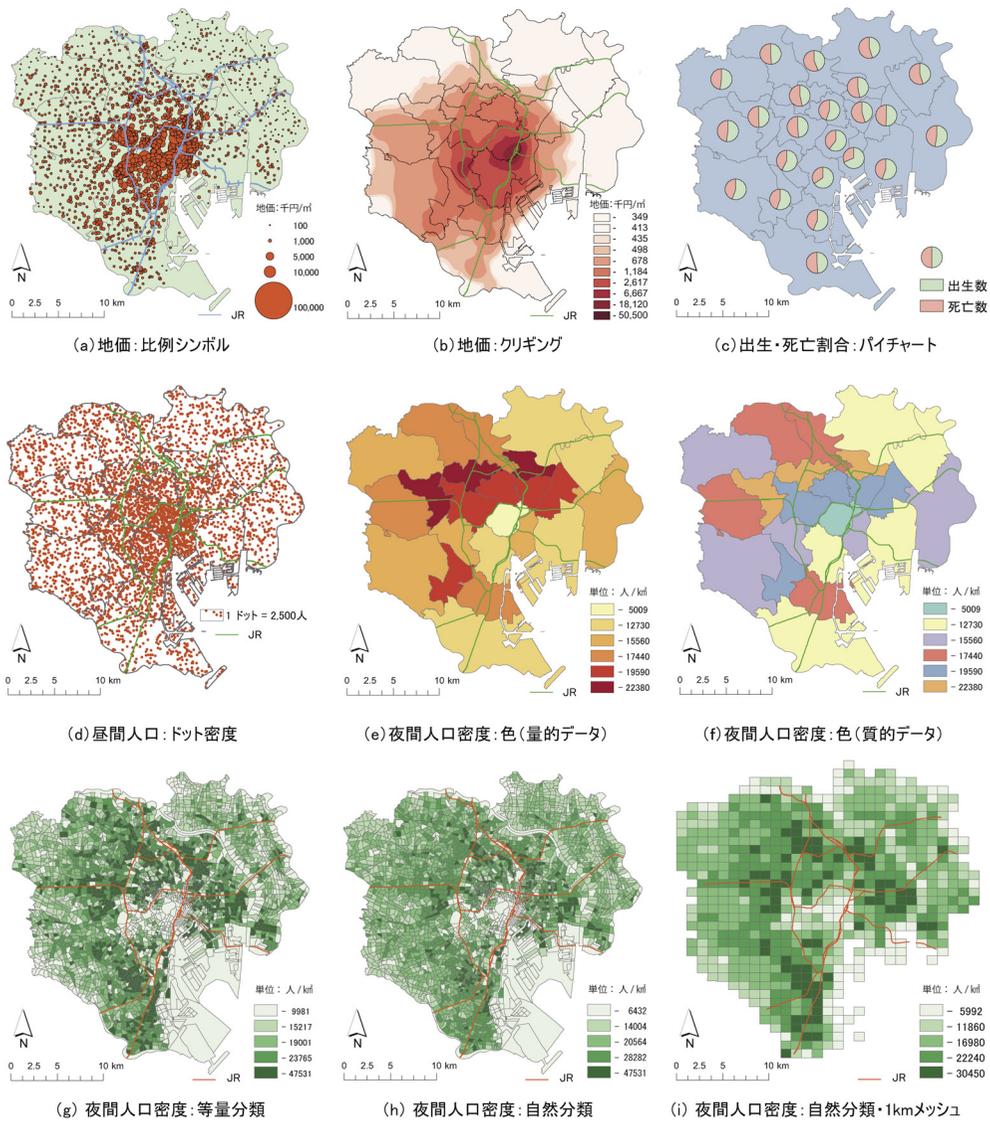


図1 東京23区を対象としたさまざまな主題図

標準地域メッシュあるいは3次メッシュなどと呼ばれるおおよそ1km四方の矩形領域⁵である。クラス分割方法は図1(h)と同じ自然分類で配色も同じなのだが、視覚的な印象はむしろ図1(g)に近いように感じられるのではないだろうか。このように、集計単位の取り方によって視覚的な印象が変化だけでなく、データ分析にも影響することが知られている。集計単位が異なるとデータの視覚的な印象や分析結果が異なってしまう現象は可変単位地区問題 (Modifiable Areal Unit Problem) と呼ばれている。古くから知られているが、難しい問題で一般的な解決方法はない。集計データか

ら非集計データを推計する手法などでデータの復元を行い、異なる集計単位に変換して分析を行うことで目的に適した集計単位を見いだすといった対策も考えられているが、なかなか困難である。詳しくは文献 [4] を参照されたい。

4. 3次元表現の都市計画分野への応用事例

4.1 2次元から3次元表現への要請

前節までの可視化手法は地理情報を2次元の平面上に表現するものであった。図1に示したようなコロプレス図は、同一データの可視化であるにもかかわらず、クラス分割の方法によって異なる印象を与えてしまうといった課題がある。また、昼間人口や従業者数、小

⁵ 経緯度を基準に分割しているため正確に矩形ではなく、面積も経緯度に応じて微妙に異なる。

売業販売額などは中心市街地が突出した値を示す傾向にあり、その様子を平面で表すには、しきい値の設定が難しい。しかし、市区町村などの集計単位ごとの量的データを高さ方向のデータとして与えて3次元的に表現すれば、そのような問題は解消される。そこで本節では、3次元表現された統計地図を都市計画分野で活用している事例を紹介する。

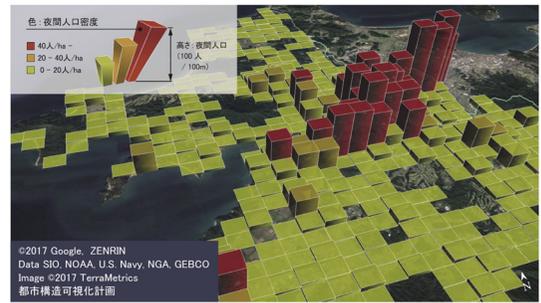
都市計画の分野では、人口減少や財政制約、環境負荷の拡大といった大きな課題の中で、都市の持続可能性を高める取り組みが急務となっている。高度経済成長期には、膨張する都市の開発圧力に対抗して乱開発をいかに抑制するかが課題だったが、人口減少局面に入り、膨張した都市をいかに縮小していくかという全く異なる課題に対峙している。国は「集約型都市構造」や「コンパクト・プラス・ネットワーク」をキーワードに、自動車依存型都市からの脱却を目指しているが、なかなか容易ではない。都市の将来像を検討するためには、住民と事業者、行政などの主体が自分たちの住む都市の構造がどうなっているのか、どのような問題があるのかといった共通認識をもつ必要がある。

このような問題意識のもと、福岡県、国立研究開発法人建築研究所、日本都市計画学会の三者が協力して「都市構造可視化計画ウェブサイト」(以下、可視化サイト) [10] が開設されている。可視化サイトでは、各省庁や地方自治体などから提供されている統計情報の中から、都市構造の把握に役立つデータを3次元で表現するためのファイルを公開している。以降で詳しく紹介する。

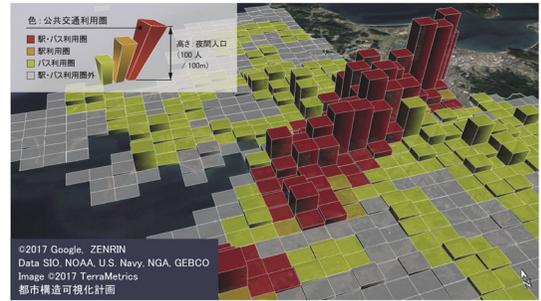
4.2 KML を用いた 3次元表現

可視化サイトでは、赤星ら [11] が提案した都市構造可視化図を公開している。都市構造可視化図とは、メッシュ単位の統計データを高さ方向の情報として与えることで3次元化したものである。図 2(a) は 2010 年国勢調査における福岡県糸島市の夜間人口を示しており、メッシュのサイズはおおむね 500 m 四方 (2 分の 1 地域メッシュ) である。クラスは 3 分割で、人口集中地区 (DID) の基準に相当する 4,000 人/km² 以上となるクラスを赤色で表示している。図の右上が隣接する福岡市であり、福岡市に向かって人口密度が高くなっていく様子がわかる。

このような 3次元表現は比較的古くから GIS ソフトウェアなどを用いて可能だったが、図 2 のように 2次元に投影された状態だと、大きな値をとるメッシュの裏側が見えないという欠点があった。そこで、視点を自由に換えられるように動的な 3次元表現ができるツ



(a) 夜間人口



(b) 夜間人口×公共交通利用圏

図 2 糸島市の夜間人口

ルとして Google 社の Google Earth を用いることとし、その標準形式である KML を用いて都市構造可視化図を作成している。なお、本節に掲載している都市構造可視化図はすべて Google Earth で表示したものである。

4.3 2種類のデータを組み合わせる工夫

これまで、統計データを3次元表現したものは図 2(a) のようにメッシュの塗り分け用の統計値と高さの統計値が同一のものばかりであったと思われる。都市構造可視化図では、3次元の特徴を活かしてメッシュの高さに用いる統計値と色の塗り分けに用いる統計値 (あるいは属性値) を分けることで、2種類のデータを組み合わせる工夫を行った。可視化サイトでは、これをクロス表示と呼んでいる。図 2(b) はクロス表示の例である。各メッシュの高さとして夜間人口を用いている点は図 2(a) と同じであるが、各メッシュの色は公共交通利用圏の属性値を用いている。ここでは、駅から半径 1 km の円内および円にかかるメッシュを駅利用圏、バス停から半径 300 m の円にかかるメッシュをバス停利用圏とし、赤色は駅利用圏かつバス停利用圏、オレンジ色は駅利用圏、黄色はバス停利用圏、灰色はそれらの圏外であることを示している。

図 2(b) を見ると、駅およびバス停利用圏を示す赤色のメッシュで人口が多いことがはっきりわかる。その

一方で、ある程度の人口があるにもかかわらず灰色のメッシュではバスの運行を検討したほうがよいのではないかといった課題を視覚的に把握することも可能である。

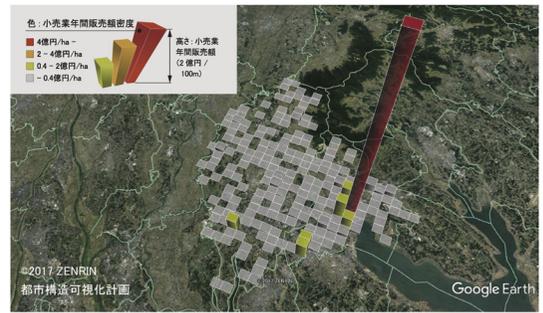
このほかにも、メッシュの色をハザードマップの予想浸水深とし、高さを夜間人口や昼間人口としたものなど、クロス表示を用いることでさまざまな表現が可能である。

4.4 Google Earth・KML を用いる利点

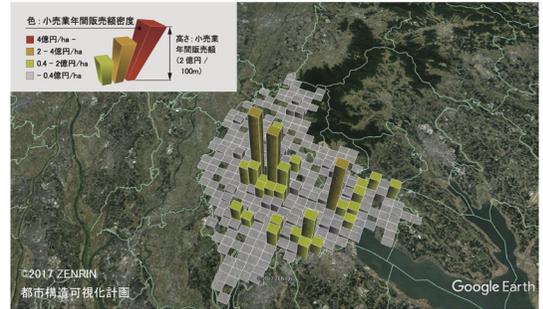
都市構造を把握するうえで、その都市の歴史的経過を辿ることは重要である。そこで、過去から現在まで統計データとして入手可能な範囲で時系列データを都市構造可視化図のKMLに格納している。そのため、Google Earthのタイムスケール機能を使って、過去から現在までアニメーションで都市構造の変化を見ることができる。図3は茨城県土浦市とつくば市における商業統計の小売業年間販売額の変化を表したもので、図3(a)が1979年、図3(b)が2014年のデータである。かつては土浦駅前に一極集中していたが、徐々に分散し、分布のピークがほかのメッシュに移っていることが読み取れる。これらのメッシュを拡大して表示すると、土浦市郊外やつくば市の駅前にある大型商業施設を含むメッシュに移っていることが確認できる。

このように、時系列で変化を捉えることができるのは、メッシュデータの特徴によるところも大きい。まず、メッシュデータは区画が緯度経度で規定されるために行政区界の変更などによる影響を受けないことが利点である。次に、メッシュサイズが全国でおおむね同じ大きさであるため、視覚的に地域間の比較が行いやすいことも利点である。ただし、統計データのメッシュへの割り付け方法(同定方法)が年度によって異なる場合があることや、集計項目の定義が変更されている場合があるため、メッシュ単位で定量的に時系列分析を行うことには課題が多く、注意が必要である。2.1節で述べたとおり測量法の改正によって日本測地系から世界測地系に変更された際に標準地域メッシュも変更となった。そのため、同じメッシュコードのメッシュであっても日本測地系と世界測地系では若干位置がずれてしまう。都市の歴史的経過を俯瞰的・視覚的に把握する程度にとどめた使い方が無難である。

Google Earthはバージョンアップを重ね、2014年にはストリートビューとの連携機能が搭載された。例えば、図3で販売額のピークがどのような場所に移ったのかということ、航空写真だけでなくストリートビューで見ることができるため、実際に現地までいか



(a) 1979年



(b) 2014年

図3 土浦市・つくば市の小売業販売額の変遷

なくてもある程度は現地の雰囲気把握することができる。詳細に調査を行う地域を特定する前に、データ探索しているような段階の場合、机上で現地の様子を見ることができるメリットは大きい。さらに、都市構造可視化図では関心のあるメッシュの柱をダブルクリックするとそのメッシュの属性情報をポップアップ表示しつつ、真上から見た状態で拡大表示する機能を埋め込んでいる。そのため、見たい場所をダブルクリックしていき、シームレスにストリートビューの表示に切り替えることができる。Google Earthという汎用の環境ではあるが、このようにデータのブラッシングとリンク的な機能をもたせることで、ESDAツールには及ばないものの、データ探索を便利にする工夫を行っている。

また、KMLにはリージョン(Region)と呼ばれる機能があり、小縮尺で表示しているときは粗い集計単位のデータを表示し、大縮尺で表示しているときは細かい集計単位のデータを表示するといったことが可能である。可視化サイトでは、市町村単位や都市圏単位に加え、全国単位でデータを表示する範囲を選べるのだが、全国を選ぶと1次メッシュと呼ばれるおおむね80km四方のメッシュが表示される。そこから、目的の都市にズームインすることで、次第に細かいサイズのメッシュが表示される。そのため、都市名を知らない都市

であっても、データの分布の特徴から関心をもった都市を見つけて、より詳細にデータを見ていくことが可能である。余談になるが、Google Earthは3Dマウスにも対応しているので、統計データの山の上を飛行しているような感覚で日本全国から建物1棟レベルまで、マルチスケールで見ることができる。

4.5 多様なデータとのマッシュアップ

都市構造可視化図は、直接目で見ることができない人口の分布や小売業の販売額などの統計データを可視化したものであるが、それらが道路、鉄道、河川、建築物といった物理的な空間と重ねて表示されることで、はじめて都市構造の把握が可能となる。データを重ねて都市空間との対応を見なければ意味がないと言っても過言ではない。都市構造可視化図はGoogle Earthが提供しているさまざまな衛星画像、航空写真、地物データを利用できるため、都市構造が把握しやすくなっている。Google Earthのレイヤパネルでは各種POIデータや道路、鉄道、行政界などのラインデータ、建物データなど実に多様なデータを重ねることができるが、重ねすぎるとかえってわかりづらくなるため、主題にあったデータを選択して表示するとよいだろう。なお、地理空間情報の国際標準化団体OGC (Open Geospatial Consortium)があるのだが、KMLは2008年からOGC KMLとしてOGC標準になっている。手持ちの地理情報をKML形式で出力できれば、Google Earth上でマッシュアップが可能である。

5. おわりに

本稿では、地理情報の可視化の基本的な技術と、3次元表現の都市計画分野への応用事例を紹介した。都市空間の3次元表示について海外の事例を見ると、ドイツのベルリンでBerlin 3Dと呼ばれるポータルサイト [12] が公開されており、ベルリンの3次元都市モデルが無償でダウンロードできるようになっている。また、シンガポールでは国土全体を3次元モデル化するVirtual Singaporeという大規模プロジェクトが進行中である [13]。これらは、都市開発やシティセールスのツールとして活用されているので、関心のある方はご覧いただきたい。また、統計データの可視化については、総務省統計局がjSTAT MAPというWebマッピングのサイト [14] を公開している（登録制）ので、手軽に統計データの地図を作成することができる。より高度に分析してみたいという方は、ArcGISなどの有償ソフ

トウェア以外にも、QGISやGeoDaなどの優れたフリーソフトウェアがあるので、関心のある方は試していただきたい。

最後に、本稿で紹介した可視化サイトは、Google Earthというフリーソフトウェアを利用することで、誰でも関心のある都市の情報を探索することができるため、都市計画の現場ではさまざまな主体間のコミュニケーションツールとしても活用が進みつつある。是非一度、可視化サイトを使って自分の住む都市を統計データの観点から眺めていただきたい。

参考文献

- [1] A. M. MacEachren, “Visualization in modern cartography: Setting the agenda,” *Visualization in Modern Cartography*, A. M. MacEachren and D. R. F. Taylor (eds.), Pergamon, pp. 1–12, 1994.
- [2] 国土地理院, 「日本の測地系」, <http://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/datum-main.html> (2017年10月1日閲覧)
- [3] 東京大学空間情報科学研究センター, 「CSVアドレスマッチングサービス」, http://newspat.csis.u-tokyo.ac.jp/geocode/modules/addmatch/index.php?content_id=1 (2017年10月1日閲覧)
- [4] 浅見泰司, 矢野桂司, 貞広幸雄, 湯田ミノリ, 『地理情報科学—GISスタンダード—』, 古今書院, 2015.
- [5] 古谷知之, 『Rによる空間データの統計分析』, 朝倉書店, 2011.
- [6] 総務省統計局, 「統計でみる市区町村のすがた 2017」, <http://www.stat.go.jp/data/s-sugata/> (2017年10月1日閲覧)
- [7] C. A. Brewer, M. Harrower, B. Sheesley, A. Woodruff and D. Heyman, “ColorBrewer2.0,” <http://colorbrewer2.org/> (2017年10月1日閲覧)
- [8] M. Jacomy, “i want hue,” <http://tools.medialab.sciences-po.fr/iwanthue/index.php> (2017年10月1日閲覧)
- [9] T. A. Slocum, R. B. McMaster, F. C. Kessler and H. H. Howard, *Thematic Cartography and Geovisualization*, 3rd edition, Pearson, 2009.
- [10] 福岡県, 国立研究開発法人建築研究所, 日本都市計画学会都市構造評価特別委員会, 「都市構造可視化計画」, <https://mieruka.city/> (2017年10月1日閲覧)
- [11] 赤星健太郎, 石井儀光, 岸井隆幸, “関東地方における都市構造の可視化推進に関する研究—関東地方における都市構造のあり方に関する検討会の取り組み事例の報告—,” 都市計画論文集, **45**, pp. 169–174, 2010.
- [12] Business Location Center, “Berlin 3D—Download Portal,” <http://www.businesslocationcenter.de/en/downloadportal> (2017年10月1日閲覧)
- [13] National Research Foundation, “Virtual Singapore,” <https://www.nrf.gov.sg/programmes/virtual-singapore> (2017年10月1日閲覧)
- [14] 総務省統計局, 独立行政法人統計センター, 「地図による小地域分析 (jSTAT MAP)」, <https://jstatmap.e-stat.go.jp/gis/nstac/> (2017年10月1日閲覧)