

ArcGIS 10 を用いた災害時要援護度の可視化

——京都市内2学区を事例として——

松川 杏寧・松本亜沙香・立木 茂雄

MATSUKAWA Anna, MATSUMOTO Asaka, TATSUKI Shigeo

1 はじめに

地理情報システム（Geographic Information System、以降 GIS）とは、地理空間情報を扱うためのソフトウェアのことである。簡単に言い換えれば、デジタル化された地図に様々な情報やデータを重ねることで、多様な情報をわかりやすく示したり、また位置情報を軸としてデータを空間的に分析したりすることができるソフトウェアのことである。GIS はもともと国土政策や統計調査、軍

事目的で発展してきたソフトウェアであり、当初のユーザーは研究者や専門家だけだった。近年になり広く普及した後も、実社会にはあまりなじみのないものであった。現在、GIS という単語自体は、まだ一般的に普及しているとは言い難い。しかし、GIS を利用したさまざまツールは、一般家庭にまで普及している。カーナビゲーションシステムや、携帯電話での地図情報サービスなどがその例である。もちろん一般家庭向けだけではなく、犯罪発生マップや災害被害予想マップ、マー

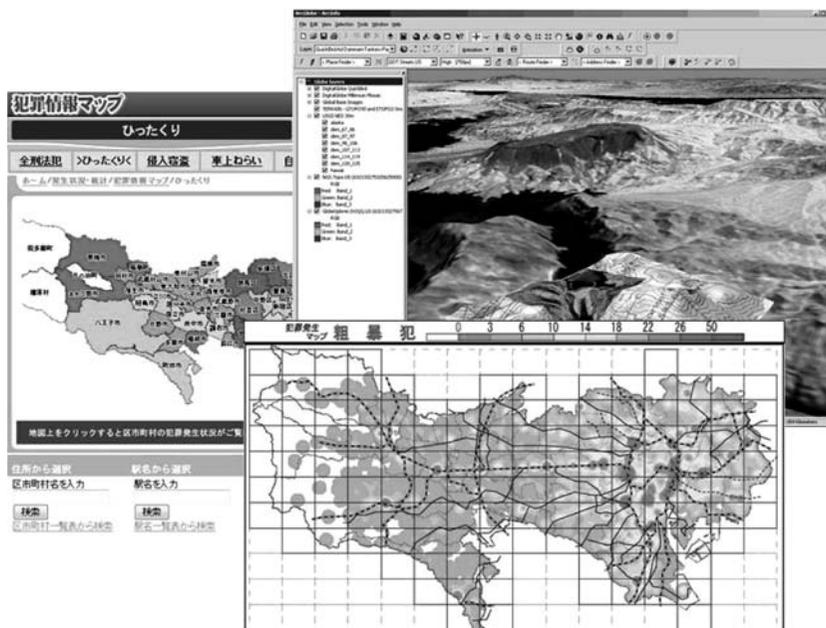


図1 GIS の使用例

(左)「H 22 年度犯罪情報マップ：ひったくり」警視庁 2010)

(下)「平成 22 年度犯罪発生マップ：粗暴犯」警視庁 2010)

(上) ArcGIS 3 D Analyst sample, Rockware 2012)

ケティングエリア分析など、公共・民間問わず幅広く使われている。

学術分野においては、上記にかかわる地理学や建築学、土木工学、都市工学、自然の地形が重要なデータとなる自然科学や考古学などが、GISを活用している中心分野である。社会学においても、特定の地域を取り上げたり、地域間での比較を行ったりする場合など、特に都市社会学や地域社会学の分野では地図や位置情報は重要な変数となる。しかし、社会科学系でよく使われる社会経済的データは、都道府県や市町村レベルでの集計値で与えられているため、GISでの空間分析に用いるのは難しいというのが現状である。その中でもGISによる利用可能性が高いデータは、国勢調査などの人口統計データである。国勢調査であれば、最小集計単位である町字単位での空間分析を行うことが可能である。

武者(2002)によると、GISが普及する以前から、地域メッシュ統計や細密数値情報を用いた空間的かつ定量的分析の試みはアナログ地図によってすでに行われていた。分析手法としては、当時の人口分布の現状分析だけでなく、時代をさかのぼっての人口分布推計など多岐にわたっている。地図を用いた空間的分析は、人口分析において分析手法の多様性の確保を担ってきた。以上のように、社会科学系におけるGISを用いた今までの主たる研究動向はマクロスケールでの人口分析であり、よりミクロスケールでの分析においても国勢調査の集計単位である小地域単位(町字単位)の分析がほとんどとなっている。したがって、なかなかGISによる個人単位レベルでの分析はあまり行われていないのが現状である。集計単位の細かい分析を行おうとすれば、プライバシー保護に関連した問題が生じる恐れがあり、なかなかデータ公開が行われていないのが大きな要因の一つである。しかしGISが発展してきた現在では、

人口統計などの既存の官庁統計データだけではなく、社会調査で分析者本人が取得したデータを取り入れることで、よりミクロスケールな分析が可能となり、実務レベルでより有用な研究が行えるのではないかと考える。

本稿では、京都市内2学区で行った災害時要援護者台帳作成のための社会調査と、既存の国勢調査データを用いて、地図上に災害時要援護者一人一人を載せると同時に、個人の状況に応じた要援護度を可視化することを試みる。まず災害時要援護者とGISに関する概念説明を行い、分析の手順の概要、分析と最終成果物について述べる。災害とGISの関係は、とても深いつながりがある。国土地理院が人口統計データと地図データを組み合わせるためのシステムを整えたきっかけは、阪神・淡路大震災である。また、阪神・淡路大震災以降、手書きで災害時要援護者を紙地図に示した福祉マップを作成している自治体も現れた。災害時要援護者の居住地や状況といった情報を把握することは、災害時に行政が迅速に対応するために必要不可欠な情報である。特に内閣府が2006年に「災害時要援護者の避難支援ガイドライン」を発行して以降、災害時要援護者の情報収集・整理を行う動きは加速している。災害時要援護者を対象とした調査・研究を行うということは、災害というマクロレベルと、災害時要援護者という個人レベルの両方を取り込んで分析を行うことができるというGISの特性を活かせるものと考ええる。また、個人単位レベルというミクロスケールでの分析を用いることで、自治体が個別避難支援プランを考える際の手がかりとなる、有用な研究になると考える。

2 災害時要援護者とは

内閣府(2006)によれば、災害時要援護者とは「必要な時に、必要な支援が得られたら自立した

生活が送れる人たち」(内閣府 2006: 2)である。災害時要援護者という単語からは、高齢者や身体障害者、妊婦など、日常生活において健常者と比較して、よりサービスや保護を必要としている人々全員を含んでいると認識されやすい。しかしこの〈災害時要援護者〉という概念は、高齢者や身体障害者などの〈災害弱者〉が、災害による状況や環境の変化によって脆弱性が発現してしまうという、人と環境との関係性に焦点を当てた概念である。つまり、平常時は地域での福祉サービスやご近所での助け合いなどを利用して自立的な生活を送っているが、災害による周囲の変化から必要なサービスが得られなくなり、自立した生活が送れなくなってしまう人々を災害時要援護者と呼ぶのである。

GIS を用いた災害時要援護者に関するミクロスケールでの研究事例として、Comafay ほか(2009)があげられる。Comafay ほか(2009)は、神戸市兵庫区で、区内全域の障害者 4,411 人を対象として要援護度マッピングを行い、予想される災害のハザード暴露圏との地理的分析によって、総合的に要援護度の高い要援護者を地図上に表現した。より要援護度が高い人を、対象者の障害・要介護度や社会的孤立度、住宅の危険度・老朽度などを用いて、各個人の要援護度を算出した。結果として、兵庫区全域の要援護者のうちの 3.7%にあたる人々が、もっとも要援護度が高く、災害時に迅速な対応が必要となる人々であるということを明らかにした。

Comafay ほか(2009)が行ったように、災害時要援護者の位置や情報を発災前から明らかにしておけば、実際に災害が起こった時より迅速な対応を取ることが可能となるのである。Comafay ほか(2008)が研究対象とした輪島市では、2007年に発生した能登半島地震災害の反省点として、事前の要援護者のリスト化・マップ化をあげていた。

輪島市の中でも旧門前町では、阪神・淡路大震災の教訓を受けて、紙媒体での「福祉マップ」を作成し、民生委員や児童委員の日常での見守り活動で活用されていた。しかし紙媒体での地図の作成を輪島市全域で行えば管理が困難となるため、GIS を活用した地図での災害時要援護者のデータベース化の必要性が示唆されていた。

3 GIS とは

3.1 GIS の定義

大場(2004)によると、「GIS とは、あらゆる形態の空間データの取得(入力)、保存、管理、加工、解析、表示をコンピュータで効率的にすることができる汎用的情報処理システム(大場 2004: 6)」のこと、また村山・柴崎(2008)によれば「地理空間情報を取得、保存、統合、管理、分析、伝達して、空間的意思決定を支援するコンピュータベースの技術(村山・柴崎 2008: i)」のことである。

大場(2004)によれば、GIS の S を System ではなく Science や Studies、Service の略であるとして、地理情報科学や地理情報サービスと訳す場合もある。GIS はそれ自体の出発点はツールとして始まったが、1980年代のアメリカにおいて、空間分析やデータベースの構築、情報伝達に関わる汎用な方法を探求する学問として GIS を位置づけようという動きが現れた(村山・柴崎 2008)。しかし本稿で言及するのは、分析で使用するツールとしての GIS についてのみである。したがって、本稿における GIS はすべて Geographic Information System (地理情報システム)のことである。

GIS ソフトウェアにはいくつか種類があるが、本稿での分析に用いたものは、ESRI 社が制作販売している ArcGIS というソフトウェアである。以降の手続きや具体的な記述は、現在の最新版で

ある ArcGISver.10 に準拠するものである。

3.2 GIS の概要

「1 はじめに」で述べたように、GIS とは位置情報をもとに地図にさまざまなデータを重ね、分析・解析を行うシステムのことである。大場(2004)の言う〈空間データ〉とは、どのような場所がどのような属性を持っているのかという、位置と属性の関連付けが行われたデータのことである。位置情報を有するデータとして一般的なのは地図であるが、地図のような図形形式のデータ以外にも位置情報を与えることは可能である。たとえば、電話帳や住所録は、対象者の住んでいる場所という位置情報と、対象者自身の属性(名前、性別など)を関連付けているため、〈空間データ〉と呼べるのである。以降の記述では、住所など文章で位置を示すものを〈位置情報〉、地図など、位置情報を含む図形形式のデータを〈図形データ〉、地域の統計や個人の属性に関するデータを〈属性データ〉、〈位置情報〉によって〈図形

データ〉と〈属性データ〉が関連付けられているデータを〈空間データ〉と表記する。GIS では、〈図形データ〉の作成・編集や〈位置情報〉による〈図形データ〉と〈属性データ〉の関連付けなどを、機能的に行うことができるのである。以下で、実際に ArcGIS で行う主な作業を簡単に述べる。

まず、図3が ArcGIS の作業ウィンドウである。左側がコンテンツウィンドウ、右側が作業段階の地図を表示するデータウィンドウである。左側のコンテンツウィンドウには、現在表示されているレイヤのリストが表示されている。レイヤタイトルがどのようなデータなのかを示し、レイヤタイトル下のマークが、地図上に示されているデータの表示方法(色や形状)とデータの種類(ポイントかラインかポリゴンか)を示している。コンテンツウィンドウで下に表示されているレイヤほど、地図でも下に表示されている。

各レイヤには、一種類の〈図形データ〉と、それに対応した〈属性データ〉が含まれている。

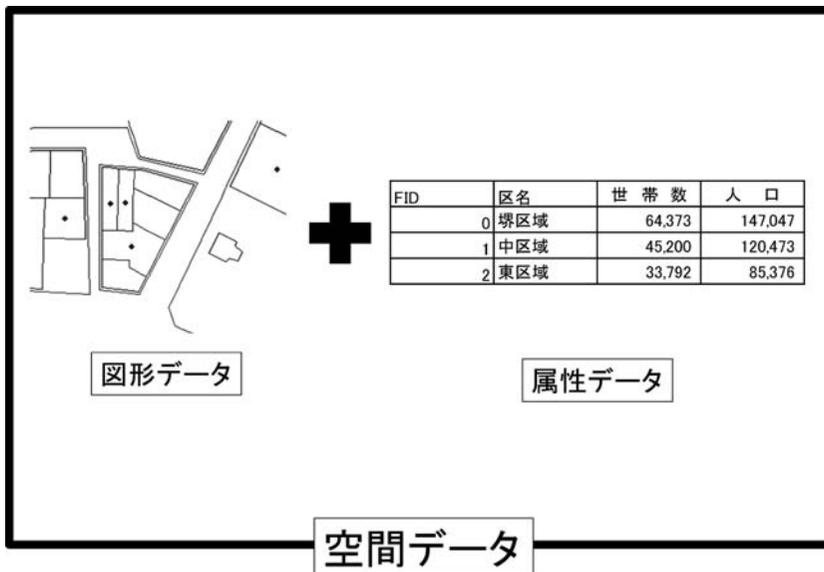


図2 空間データ

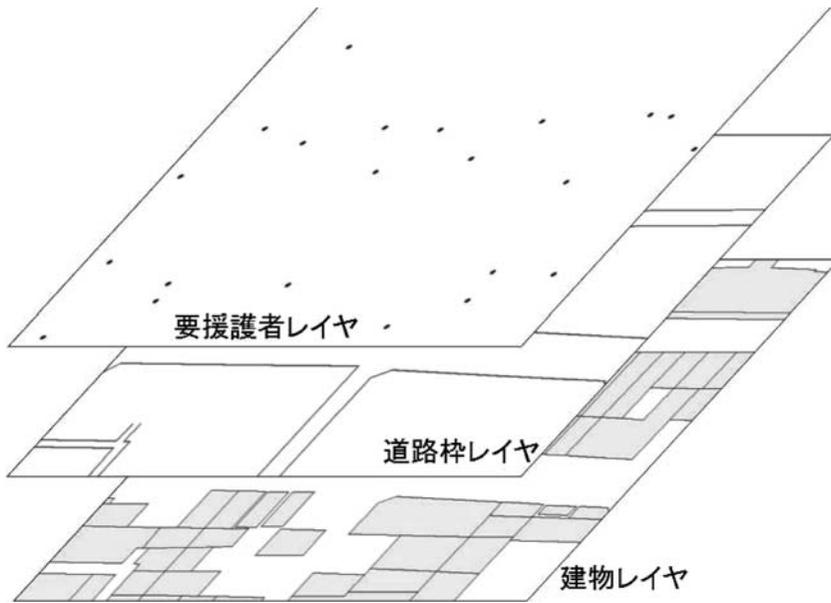


図5 さまざまな図形データを重ねる

3.3 図形データ

ArcGIS で用いることができるデータの種類の、全部で3種類ある。ラスターデータ、ベクトルデータ、TINデータの3つである。各データについて以下で説明を行うが、本稿の分析で主に用いるのはベクトルデータである。

3.3.1 ラスターデータ

ラスターデータとは、画像ファイルの地図のことである。航空写真や人工衛星の画像、行政のホームページなどで公開されている犯罪率を示した地図や、予測される災害とその被害想定を示した地図などがそうである。このような地図は、地図としての位置情報を含んでいるが、ファイルの形式は画像ファイルである。ArcGISでは、形式として、ERDAS、BMP、CIB、CRG、ERS、GIF、JPEG、NTF、PNG、SID、TIFF、Sunなどの形式のデータを用いることができる。

3.3.2 ベクトルデータ

ベクトルデータは、ArcGIS上で実際に編集作業を行える図形データのことであり、形式として

は、シェープファイル形式、カバレッジ形式、DXF形式、ジオデータベース形式などがArcGISでは使用可能である。本稿の分析において主に用いるのはシェープファイル形式である。シェープファイル形式には3タイプのデータが存在する。ポイントデータ、ラインデータ、ポリゴンデータの3つである。名前の通り、ポイントデータは点を示し、ラインデータは線を、ポリゴンデータは線で囲まれた多角形を表現する。シェープファイル一つに複数のタイプを混在させることはできない。ポリゴンシェープファイルにはポリゴンしか描くことができないのである。実際に成果物として表示されるGISによる地図は、上記のポイント、ライン、ポリゴンデータを複数重ね合わせたものなのである。

ポイントデータとは、点のデータである。表示する地図の縮尺にもよるが、道路標識やポスト、電柱などの小物体はポイントで入力するのが一般的である。25,000分の1のような小さい縮尺の地図の場合は、建物をポイントで入力する場合は多

い。建造物や固定された物質だけでなく、交通事故や犯罪の発生日点など、イベントもポイントとして入力される。

ラインデータとは、線のデータである。地図上では道路や鉄道はラインデータで表現される。GIS でのラインデータは、すべて直線である。曲線を表現する場合は、多くの直線をつなぎ合わせて、近似した形を表現している。

ポリゴンデータとは、多角形であらわされる面のデータである。地図は人々が生活を営んでいる土地を平面で示したものであるため、GIS においてポリゴンデータは多くのものを表現するのに使われている。たとえば、都道府県の境界を示す地図は、都道府県の形をかたどったポリゴンが、重ならないように隣り合って表示されているのである。都道府県だけでなく、市区町村や町丁字、より大きな縮尺では建物もその形をかたどったポリゴンで表現される。

3.3.3 TIN データ

TIN データとは Triangulated Irregular Network Data の略で、x 座標、y 座標、z 座標を有する点を三角形でリンクしたネットワークで表現した空間データのことであり、つまり地図のような平面だけのデータではなく、高さを持ったデータである。グリッドラスタや陰影図を作成することができる。

3.4 レイヤ

ArcGIS では、前述のとおり、1つのシェープファイルに対して1種類のデータしか入力することはできない。では都道府県や市町村のポリゴンデータに道路と鉄道のラインデータ、駅やコンビニを示したポイントデータをすべて表示させた地図はどのように表現されているのか。それは、主題ごとに別々の空間データを作成・管理し、表示する際はそれらを重ね合わせて表現しているの

ある。主題ごとの空間データのことを、ArcGIS ではレイヤと呼ぶ。1枚のレイヤには1種類のベクトルデータとその属性を示すデータが含まれている。属性を持たない映像ファイルとしてのラスターデータも、1枚のレイヤとして扱われる。重なり合って地図を形成している複数のレイヤは、それぞれの表示／非表示が切り替えることができる。

3.5 属性データ

ベクトルデータと関連付けられる自然・社会・文化・経済的なデータを〈属性データ〉という。属性データは、Excel のような表の形で管理され、ArcGIS 上では、属性テーブルと呼ばれている。ArcGIS ver 9 までは dBASE 形式のファイル (dbf や csv ファイル) でしか管理できなかったが、Ver 10 からは Excel ファイルで管理できるようになった。

ArcGIS では、各列のことをフィールドと呼び、データの入った表自体をテーブルと呼ぶ。Excel ファイルでのデータ管理は、一般的な社会調査のデータ管理と同じ方法で行うことができる。行がケース、列 (GIS 上ではフィールドと表記) が変数となるように入力し、1行目は各変数名を記入する表頭である。

3.6 測地系

GIS で空間データを分析するにあたり、さまざまな情報源から取得したデータを、地図上で重ね合わせて統合する必要がある。その際、それぞれのデータが持つ位置情報の座標値 (地図上で特定の点の位置を示すための数値、軸となる x 軸、y 軸、z 軸上でのそれぞれの値のこと) が違っていた場合、重ねた図形がずれてしまう。そこで、座標系を統一するための演算 (座標換算、座標変換) を行う必要がある。座標値を決定しているの

は、座標系である。どのような座標系を用いて表現されているデータなのか、またその座標系が地球に対してどのような位置関係にあるのかを正確に定義しなければ、実際の位置と結びつかない。以下では、測地系のうち、地理座標系と、投影座標系の平面直角座標系について説明する。

3. 6. 1 地理座標系

位置を緯度・経度を用いて表す座標系のことを地理座標系 (geographic coordinate system)、もしくは測地座標系 (geodetic coordinate system) という。日本でよく利用されている地理座標系には、世界測地系と日本測地系の2種類がある。世界測地系はグリニッジ天文台を通る本初子午線の経度 0° と赤道を基準としている測地系である。地図を表現する際のモデルとしては楕円体の中でも、地球の重心を中心とする回転楕円体に近似させている GRS 80 楕円体を採用している。日本測地系 (Tokyo Datum) は、東京都港区麻布台 2 丁目にある日本経緯度原点を測量の原点とし、ベッセル楕円体を採用している。しかしベッセル楕円体を採用した日本測地系では、地球の形状を正確に表せないことが発覚したため、2002 年 4 月以降、GRS 80 楕円体を採用した日本独自の世界測地系、日本測地系 2000 (Japanese Geodetic Datum) が用いられるようになった (大場 2004 ; 村山・柴崎 2008 ; ESRI ジャパン株式会社 2011)。

3. 6. 2 平面直角座標系 (投影座標系)

地理座標系は緯度と経度を利用し、実際の地球上との位置関係を表現するための座標系である。投影座標系は、地球の表面を、東西を x 軸、南北を y 軸とした 2 次元に投影して表現する座標系である。そのため、面積や 2 地点間の距離などをより正確に表現できる。また、緯度や経度を単位とするのではなく、メートルやマイル単位で表示できるので、より距離や面積の計測が容易となる。実際の地球の表面は平らではなく球状である

ため、投影座標系で描かれた地図は、実際の地形とは多少の誤差が生じる。そのため小さい縮尺¹⁾の地図の表示には向かない。日本における投影座標系は、平面直角座標系 (rectangular plane coordinate system) は公共座標系や 19 座標系と呼ばれている。都道府県が 1~8 つほど含まれる程度の行政区域で区分し、縮尺が 1 万分の 1 より大きい場合などの公共測量で使用されている。日本国内で用いられる平面直角座標系は全部で 19 系まで存在する。日本での x 軸と y 軸の交わる基準点はどこかということ、千葉県野田市内のゴルフ場である。その基準点は、北緯 36 度、東経 139 度 50 分の位置にあり、関東地方ではここを原点として、平面直角座標系を定めている。本稿ではそのうち 6 系を使用するが、6 系は関西地方、正確には京都府、大阪府、福井県、滋賀県、三重県、奈良県および和歌山県を表示する際の座標系で、基準点は北緯 36 度、東経 136 度である (大場 2004 ; 村山・柴崎 2008 ; ESRI ジャパン株式会社 2011)。

3. 7 既存の 2 次データとの併用

〈図形データ〉に対応した〈位置情報〉さえあれば、既存の統計データを〈属性データ〉として分析に用いることができる。たとえば Sinfonica は、国勢調査のデータとともに、国勢調査の基本集計単位区の〈図形データ〉も販売している。ただし、GIS 自体は、〈図形データ〉も交えて行う空間分析には威力を発揮するが、一般的な統計処理の機能はあまり存在しない。そのため、単純計算など以外の複雑な統計処理はまず専門の統計ソフトで行い、その結果を GIS へのせる必要がある。

4 本稿での手続き

4.1 大まかな流れ

本稿の大まかな流れであるが、まず最終目標成果物は、災害時要援護者個人の要援護度を、地図上で可視化することである。その際、要援護者の個人の情報だけではなく、地域自体の災害脆弱性を見るために、国勢調査のデータも使用する。よって、大まかな作業手順は以下となる。

まず国勢調査のデータをのせることができる基盤地図と、要援護者の個人情報のをせるための住宅地図を重ね合わせ、基盤となる地図を作成する。その後、要援護者を一人一人、ポイントデータとして地図上にのせる。支援者台帳や要援護者台帳によって収集された要援護者の社会的状態や心身の状態をもとに、一人一人の要援護度を算出する。算出された要援護度を地図にのせ、多様な方法での可視化を試みる。

4.2 使用するデータ

本稿で使用するデータは、平成 17 年度国勢調査データ、国土地理院の基盤地図データ、ZENRIN の住宅地図、A 学区の支援者台帳および B 学区の要援護者台帳のデータである。A 学区の支援者台帳は、要援護者を絞り込むための準備として配布回収されたカードで、配布対象者は学区内の認識されたすべての高齢者である。要援護者絞り込みのための準備であるため、個人の要援護度を細かく規定するための項目は含まれていない。唯一使用可能な項目は、「頼れる人の居住地がどれくらい近いか」という項目のみである。B 学区で配布回収された要援護者台帳は、民生委員など地域をよく知る人々の協力のもと配布回収されたもので、高齢者を中心に、独居など特に要援護度が高いと思われる方を対象としているものである。しかしこの台帳も、要援護者をより絞り込み、福

祉マップを作成するための下準備のものである。項目としては、障害者手帳の有無、心身の状態、トイレや階段などの日常生活での状態、頼りになる人の居住地などである。これらの項目に対して、Comafay ほか（2009）の要援護算出のためのカテゴリウエイトをもとにウエイトを算出し、すべてのウエイトを足し合わせたものを個人の要援護度とする。

4.3 使用する指標

4.3.1 国勢調査

平成 17 年度国勢調査のデータから高齢化率と子ども率を算出する。高齢化率の高い地域は現在すでに高齢者が多い地域であるため、将来の防災を考える際脆弱性の高い地域と言える。逆に子ども率の高い地域は、これから体力的にも頼れる存在となる若者が多い地域であるため、これからの防災を考える際は脆弱性の低い地域と言える。計算はすべて国勢調査の基本集計単位区である町字単位で行う。まず高齢化率は、65 歳以上の人口を総人口で割って算出する。次に子ども率は、15 歳未満の人口を総人口で割って算出する。

4.3.2 要援護度

要援護度の算出には、各学区で配布回収された、支援者台帳および要援護者台帳の項目を使用する。A 学区の支援者台帳では、前述のとおり、要援護度の算出に使用できる項目としては「頼りになる人の居住地」の 1 項目のみしかない。よってここでは B 地区で配布回収された要援護者台帳の項目と、各項目のカテゴリウエイトの算出方法について記述する。

まず項目についてであるが、要援護度を算出するのに使用した項目は 1) 性別、2) 年齢、3) 頼りになる人の居住地、4) 世帯状況（独居かどうか）、5) 歩行の状況、6) 心身の状況、7) トイレの状況、8) 建物構造、9) 建物の種類、10) 築年

表1 B 学区カテゴリウエイト表

項目	回答	ウエイト
性別	男	0.6
	女	-0.5
年齢	65歳未満	1.3
	65歳～74歳	-0.3
	75歳～79歳	-0.4
	80歳以上	-0.8
頼りになる人の 居住地域	同居	2.5
	隣・近所	1.3
	学区内	0.6
	西京区内	0.3
	京都市内	-0.7
	それ以外	-0.8
世帯の状況	独居	-2
	同居	1.2
	昼間独居	-0.7
歩行の状況	1人で歩ける	1.3
	歩けない	-2.9
	要介助	-1.1
心身の状態	寝たきり	未設定
	肢体不自由	-1.2
	視覚	-1
	聴覚	-0.3
	言語	未設定
	知的・認知	-0.6
トイレの状況	和式・洋式の両方可能	1.9
	洋式のみ可	-0.2
	要介助	-0.7
住宅の状況__ 建物構造	木造	-1.1
	鉄骨	0.8
	鉄筋	1.1
建物の種別	一戸建て	-0.6
	連棟式	未設定
	マンション	1.6
	アパート	未設定
築年数	築30年以内	0.5
	築30年以上	-0.5

数の10項目である。項目の回答ごとに、ウエイトとなる数値を与える。数値は、Comafayほか(2009)に準拠し、Comafayほか(2009)では見られなかった項目に関しては、分析に参加した学生でデルファイ法を用いて決定した。ちなみにマイナスの方向に数値が高いほど要援護度が高く、プラスの方向に数値が高いほど要援護度が低いことを意味する(表1)。なお、表で色のついている

項目が、デルファイ法でウエイトを決定した項目である。カテゴリウエイトを決定した後、各対象者の回答に対応したウエイトを乗算し、項目ごとの要援護度を算出する。その後、対象者ごとにすべての項目の要援護度を足し合わせ、対象者の総合要援護度とする。すべての要援護度の計算は、SPSS ver.19を用いて行う。

5 作業工程

5.1 基盤地図の作成

・国土地理院の基盤地図のコンバート

まず、本稿で行う分析の基礎となる基盤地図を準備する。国土地理院のホームページから、必要なデータをダウンロードする。必要なデータとは、1) 地図データ(縮尺1:2,500のGML) ZIPファイルと2) コンバーター(FGDV) ZIPファイルの2つである。

次に、ダウンロードした地図データをコンバート(変換)する。国土地理院が配布している基盤地図は、国土地理院が同時に配布している無料の「基盤地図情報ビューアー」に対応した形式であり、そのままArcGISで用いることができないからである。そのため、FGDVアプリケーションソフトを用いて、地図をコンバートする必要がある。まず、「基盤地図情報ビューアー・コンバーター」で、左上の〈ファイル〉タブから、〈新規プロジェクト作成〉を選択し、「新規プロジェクト作成」のウィンドウからダウンロードした基盤地図データを探して選択し(この際地図データファイルはZIPのままを選択する)、地図を表示する必要がある。

その後、地図データをArcGISで使用できるシェープファイル形式にコンバートする。コンバーターの〈コンバート〉タブをクリックし、〈シェープファイルへ出力〉をクリックする。すると〈出力先フォルダ〉を選べるので、保存したい場

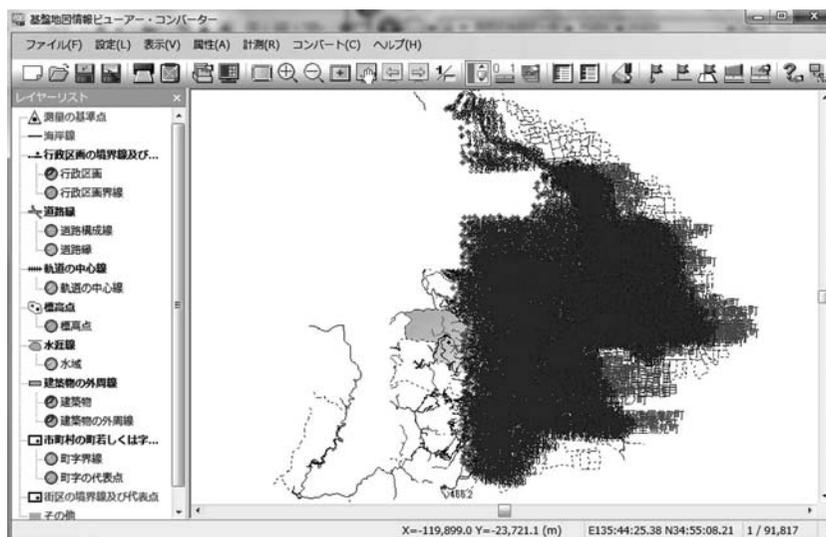


図6 基盤地図ビューアー・コンバーターの作業ウィンドウ

所に新規にフォルダを作って、そこを保存先に指定する。〈変換する要素〉のリストの中で、必要なものにチェックマークをつけて〈OK〉ボタンを押すとコンバートが始まるので、しばらく待つ(PCのスペックによっては、数分から十数分待つことになる)。コンバートが済めば、あとは一般的なシェープファイルと同じ方法で、編集・保存が可能となる。

5.2 Zmap の変換

Zmap town II の CD-ROM 内のファイルを ArcMap で使用するには、〈Zmap town II 対応ツール (以下、対応ツール)〉を使用してジオデータベースファイルに変換することが必要である。このツールは ESRI 社の保守サービスを受けてアカウントを所有していれば、ESRI 社のホームページからダウンロードできる。なお、ArcGIS のバージョンによってダウンロードするツールが異なるため、ArcGIS 10 に対応したものをダウンロードするよう注意が必要である。

ダウンロードした対応ツールを手順に従ってイ



図7 Zmap-TOWN II ジオデータベース変換画面

ンストールし、ArcMap のメインメニューの〈表示〉から対応ツールのツールバーを表示させる。ツールバーから〈Zmap-TOWN II 変換ツール〉のボタンをクリックし、図7のウィンドウを表示させる。このウィンドウ上部にある〈ファイル設定〉をクリックし、Zmap-TOWN II CD-ROM 内の参照するフォルダとパスワード・ファイルを選

択する。ジオデータベースは事前には作っていないのであれば〈新規作成〉を押して設定することも可能であるが、もし変換する際にエラーが出るようであれば、あらかじめ ArcCatalog において空のファイルジオデータベースを新規作成しておき、それを選択すれば良い。ファイル設定を終了させ、読み込みたいレイヤを限定させたいのであれば、いらないレイヤのチェックボックスを外し、最後に〈変換開始〉をクリックすると、ArcMap で使用できる ZmapTOWN II のジオデータベースファイルが出来上がる。出来上がったジオデータベースファイルを、国土地理院のデータを追加した mxd ファイル内に、〈データの追加〉から読み取らせると、画面上に2つの地図が表示される。この段階では双方の座標系が違っているため、お互いにずれた状態の地図が表示されている。

5.3 学区の形のポリゴンの作成（新しいシェープファイルの作成）

前節においてコンバート（変換）して ArcMap 上に表示させた国土地理院や Zmap-TOWN II のデータは、両方とも区全体の範囲を含んでいる空間データであり、本研究に必要な学区の範囲のデータに比べて膨大な量のデータを持っている。必要以上に大きな範囲のデータで後述の作業を行おうとすると、コンピュータに負荷を与え、一つ一つの処理に無駄な時間がかかる。スペックの低いパソコンで作業しようとする、最悪の場合フリーズを起こす危険が伴う。したがって、学区の範囲のデータを切り取って作業の方が好ましい。

学区の形に地図を切り取るには、まず型紙となるレイヤが必要である。型紙のレイヤは、空のシェープファイルに自分で新たに描画することで作成しなければならない。今回の場合、国土地理院と Zmap-TOWN II それぞれについて型紙を作成しなければならないため、新規に作成するシェー



図8 新規シェープファイル作成ウィンドウ

プファイルは2つである。

標準ツールバーからカタログウィンドウをクリックして開く。次に、カタログウィンドウ内で、保存先のフォルダを選択して右クリックで〈新規作成〉を選択し、〈シェープファイル〉を選ぶ。図8のシェープファイルの新規作成ウィンドウが開かれたら、〈名前〉に任意のデータ名を入力し、〈フィーチャタイプ〉で〈ポリゴン〉を選択する。この時、データの座標系は国土地理院のデータ用の型紙であれば〈GCS_JGD_2000〉を、Zmap-TOWN II用の型紙には〈Japan_Zone_6〉を指定する。座標系を指定するには、〈編集〉をクリックし、〈空間参照プロパティ〉ウィンドウを出す。XY座標系タブ内にある〈選択〉をクリックし、対応した測地系のデータを指定すればよい。今回作成するのはポリゴンデータであって、ポリラインのルートデータでも3Dデータでもないのだから〈M値を含む座標〉・〈Z値を含む座標〉のチェックボックスは外しておく。最後に〈OK〉を押せば、座標系を指定された空のシェープファイルが出来上がるのである。

出来上がったシェープファイルを〈データの追

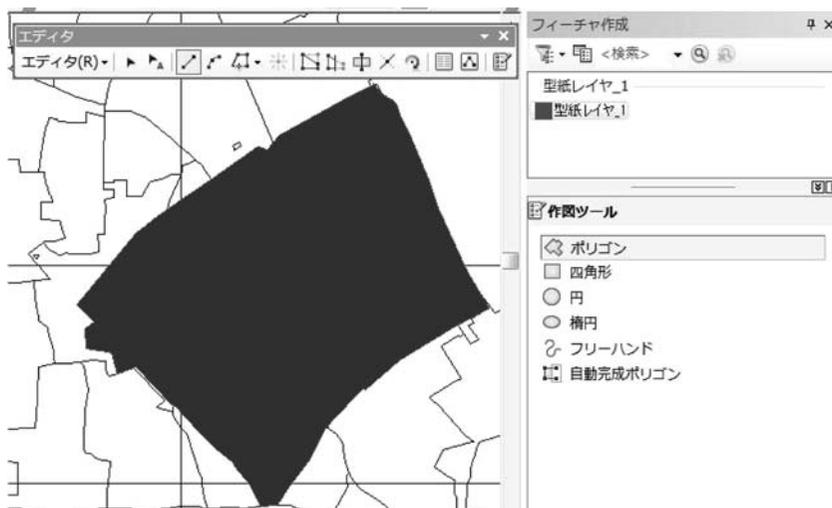


図9 シェープファイル作図画面

加)で ArcMap に追加する。ここから、型紙を実際に描画・編集していくことになる。図9はシェープファイルの作図画面であるが、左上上部にはエディタツールバー、右側には〈フィーチャ作成〉ウィンドウが表示されている。編集を開始するには、まずエディタツールバーを表示させ、左端の〈エディタ〉をクリックして〈編集の開始〉を選択する。すると、〈フィーチャ作成〉ウィンドウが表示される。このウィンドウに表示されるレイヤは〈フィーチャテンプレート〉と呼ぶ。作図したいフィーチャテンプレートを選択するのだが、この時フィーチャ作成ウィンドウに編集したいフィーチャテンプレートが表示されていない場合は、フィーチャ作成ウィンドウ内の上部にある〈テンプレートの整理〉をクリックし、〈フィーチャテンプレートの整理〉ダイアログ内の〈新規テンプレート〉をクリックし、〈新規テンプレート作成ウィザード〉ダイアログで、新しく追加したレイヤを選択した後に完了をクリックすれば、フィーチャ作成ウィンドウに編集したいレイヤが追加される。〈作図ツール〉がポリゴンに設定されているのを確認し、あとは紙地図などと見比べながら、

マップ上でポリゴンの最初の角となる場所をクリックし、頂点を次々クリックして学区の形に囲っていけば良い。囲い終わったら、最後の頂点の上でダブルクリック、またはキーボードの F2 を押して作図を終了させる。ここで〈エディタ〉内の〈編集の保存〉を押してシェープファイル内に保存しなければ、今までの工程が全て無かったことになるため、必ず保存しておかねばならない。最後に〈編集の終了〉を押せば型紙となるレイヤは完成である。シェープファイルは2つ用意しなければならないため、もう一度この工程を繰り返すことになる。同じ図形をまた一から作り直すのが面倒であれば、作図し終わった片方のシェープファイルをエクスプローラー上でコピーして別名にしたファイルを〈データの追加〉でレイヤとして表示させ、編集した学区の図形を平行移動させれば良い。

5.4 学区の形に他レイヤを切り抜く (Clip)

前節で作った型紙レイヤを用い、今度はデータを学区の範囲内のみ切り取る作業に入る。まず、ArcToolbox から〈解析ツール〉内にある〈抽出

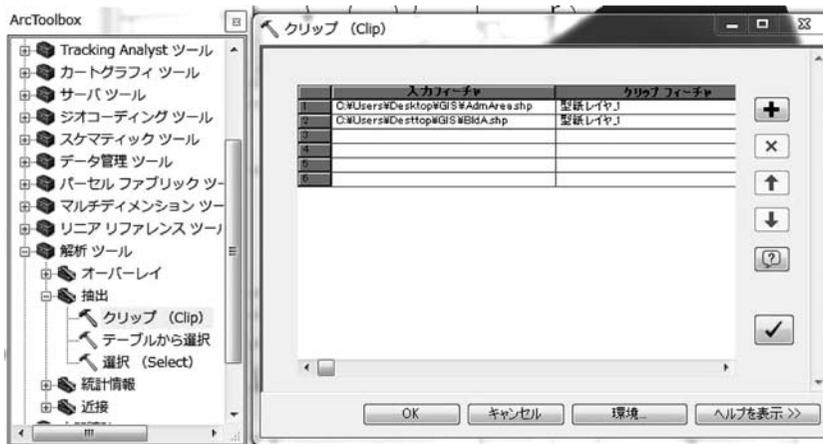


図 10 Clip バッチ処理画面



図 11 投影変換処理画面

の中の〈クリップ (Clip)〉を選ぶ。今回は、切り取りたいレイヤが複数に渡るため、クリップを右クリックして〈バッチ〉を選択する。すると、図 10 のように空白の表が出てくるため、切り取りたいデータをレイヤによって 1 行ごとに入力していく。〈入力フィーチャ〉には切り取りたいレイヤを、〈クリップフィーチャ〉には型紙レイヤを、出力フィーチャクラスは新しく保存するシェープファイルの保存先・名前を入力する。全て入力し終えたら〈OK〉をクリックし、クリップを一括実行させる。この作業は、国土地理院データと Zmap-TOWN II データで分けて 2 回実行しな

ければならない。

5.5 異なる地図の座標系を合わせる (投影変換)

クリップの作業によって学区の範囲に切り取られたレイヤが仕上がったならば、区全体を表したレイヤはこの先使わないので ArcMap 上から削除して構わない。今度は、国土地理院側の学区レイヤの座標系を Zmap-TOWN II の座標系へ変更することによって、ずれが生じている 2 つの地図をほぼ完璧に重ね合わせる作業を行う。ここで使うツールは〈投影変換 (Project)〉である。ArcToolbox 内の〈データ管理ツール〉から〈投影変換と

座標変換)・〈フィーチャ〉を展開し、〈投影変換〉を選択する。図 11 の〈投影変換〉のウィンドウが出てきたら、〈入力データセット、またはフィーチャクラス〉に国土地理院側のレイヤを入力する。入力データセットを選べば、入力データの座標系は自動で記入される。次に、出力先データセットの保存先と名前を設定したら、出力データの座標系の設定を行う。座標系の設定方法は、〈5.3 学区の形のポリゴンの作成 (新しいシェープファイルの作成)〉の節で説明したものと同じである。最後に〈地理座標系変換 (オプション)〉を選択し、OK を押してツールを実行する。この作業は、国土地理院側のレイヤの数の分だけ反復しなければならない。

5.6 国土地理院データに国勢調査データを結合 (データの結合)

投影変換処理を行うことにより、国土地理院の地図と Zmap-TOWN II の地図の位置関係を一致させられたら、次は、学区内の地域のどこで高齢化が進んでいるか、また、どの地域において子どもが多いかということを地図上で表現するために、〈テーブル結合〉を行う。テーブル結合とは、あるレイヤの属性テーブル内の 1 つの変数をキー変数として、外部にあるデータベースファイルや Excel ファイルとマッチングを行い、GIS 上に情報を追加することである。

手順であるが、各地域の〈高齢化率〉と〈子ども率〉の算出を行った Excel ファイルを用意する。コンテンツ内の〈行政区画〉レイヤ上で右クリックし、〈属性の結合とリレート〉から〈結合〉をクリックし、図 12 のウィンドウを表示させる。〈レイヤへの結合の対象〉において〈テーブルの属性を結合〉を選択し、先に 2 番目の〈結合対象レイヤまたはテーブル〉で、前述において用意した Excel ファイルを選択する。1 番に戻り、〈結

合に利用する値を持つフィールド〉で行政区画レイヤ内の〈〇〇町〉といった町や字を表すフィールドである〈名称〉を選択する。3 番目の〈結合のマッチングに利用するフィールド〉では、Excel ファイル内にある〈町字〉の変数を選択する。〈結合オプション〉で〈すべてのレコードを保持〉を選択し、OK を押してテーブル結合を実行する。

テーブル結合を実行しても、地図上には何の変化も見られないであろうが、コンテンツで行政区画レイヤを右クリックし、属性テーブルを開けば、Excel ファイルが保持していたフィールドが新たに追加されていることが確認できる。次に、高齢化率や子ども率による、地図の色分けを行う。行政区画レイヤ上で右クリックし、〈プロパティ〉を選択する。〈シンボル〉タブを選び、左側の〈表示〉ボックス内にある数値分類の中の〈等級色〉を選択する。〈等級色〉を選択するのは、高齢化率や子ども率が連続変数であるためである。その次に、フィールドの値に〈高齢化率〉を入力し、カラーランプでどのような色で色分け

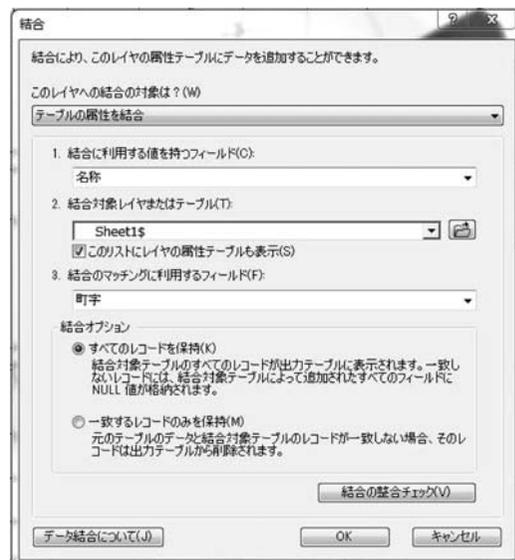


図 12 テーブル結合

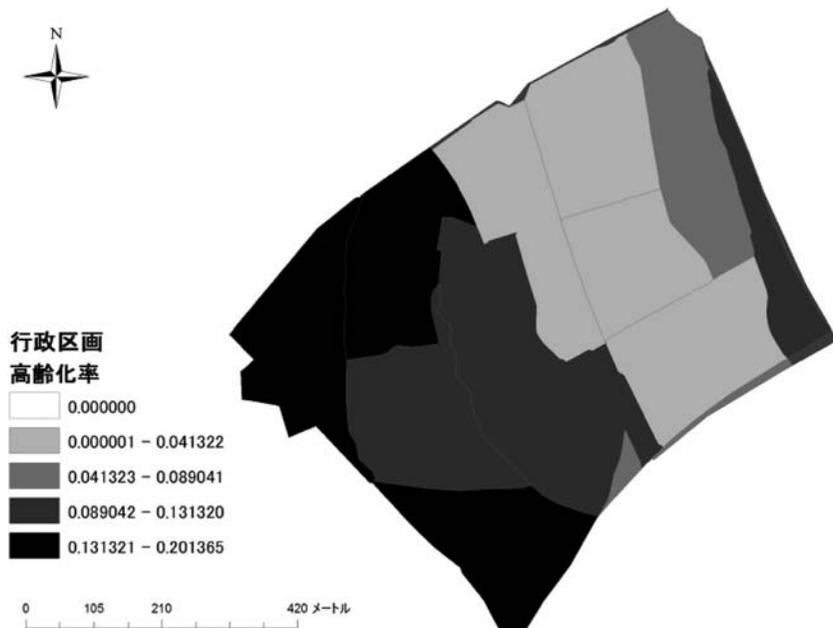


図 13 高齢化率の分布

したいか設定し、OK を押す。すると、図 13 のように、学区内が高齢化率の高さによって色分けできることが確認できるはずである。子ども率も、同じ操作を行うことで表現することができる。

6 個人をポイントとして表示する(A 学区)

6.1 アドレスマッチングによる居住地の特定

前節までの工程を終えれば、要援護者の情報を載せるための下地となる地図は仕上がったと言える。この節からは、要援護者がどこに居住しているかを示すためのレイヤを作成する工程について記述する。実際に緊急時に使える地図作成を目指すため、要援護者を示すポイントは、その個人が住む正確な位置（住所）に存在しなくてはならない。記入してもらった台帳の住所と紙地図等を元に手作業でポイントを打っていくわけであるが、Zmap-TOWN II に実装されているアドレスマッチングの機能を使えば、町字単位までの範囲特定はできる。学区全体から建物を探すよりも遥かに簡



図 14 Zmap-TOWN II 住所検索画面

単に特定できるというわけである。

その手順であるが、〈Zmap-TOWN II 対応ツールバー〉中の左から 5 番目にある〈Zmap-TOWN II 住所検索〉ボタンをクリックする。すると、図 14 の住所検索ウィンドウが表示されるので、右側の〈住所選択〉のリストに表示されている文字を、県・区・町字の順にクリックしていけば良い。なお、リストは五十音順に並んでいる。町字名までクリックすれば、地図がその範囲まで拡大されるので、あとは要援護者の居住する建物をその範囲内から探していけば良い。

6.2 ポイントの作成

調査回答者の居住する建物を Arcmap 上で見つけられたなら、次は実際にポイント打在していく。新しいシェープファイルの作り方は、前述の「学区の形のポリゴンの作成（新しいシェープファイルの作成）」を参照してもらいたい。カタログウィンドウからシェープファイルを作る段階で、前述の節では〈ポリゴン〉を選んでしたが、今回は〈ポイント〉を選択する。作ったシェープファイルを〈データの追加〉でコンテンツに追加

したら、〈エディタツール〉から編集を開始する。〈フィーチャ作成ウィンドウ〉の下部にある〈作図ツール〉で〈ポイント〉が選択されていることを確認して、調査回答者の居住するそれぞれの建物をクリックしていけばポイントは追加されていく。この際、要援護者台帳の ID 順に点を打っていけば、台帳データの Excel ファイルとマッチングさせるためのキー変数の編集もスムーズに行える。ポイントを一通り打ち終えたら、エディタツールバーから〈編集の保存〉を行ってから、〈編集の終了〉を押す。この工程でできあがった A 学区の調査回答者の分布図が図 15 である。

6.3 台帳データとポイントの属性データの結合

ポイントの編集を終了させたら、コンテンツから編集したポイントレイヤを右クリックして属性テーブルを開く。今の段階では、ポイントには〈FID〉、すなわち打った順番に与えられた番号と、ポイントデータであることを示す〈Shape〉しか属性として載っていない。Excel ファイルと結合させるためのキー変数を編集するため、属性テーブルの左上にあるアイコンをクリックし、



図 15 A 学区の調査回答者の分布

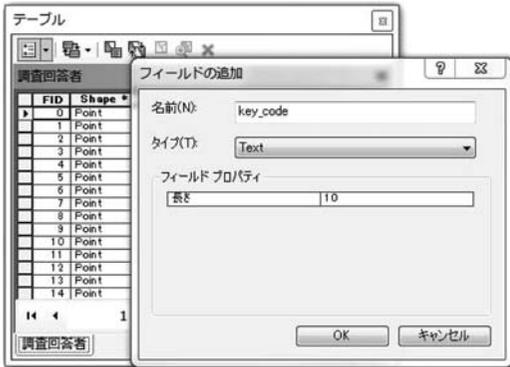


図 16 属性テーブルのフィールド追加



図 17 カーネル密度ウィンドウ

〈フィールドの追加〉を選択する。図 16 の〈フィールドの追加〉ウィンドウの〈名前〉の部分には、任意の変数名を入力する(〈key〉と名付けると分かりやすい)。〈タイプ〉は〈Text〉を選び、フィールドプロパティの右側の欄には〈10〉を入力し、〈OK〉ボタンを押す。すると、空白の列が追加される。

フィールドの追加を終えたら、中身の編集である。属性テーブルを開いたままで、再びエディタツールバーから〈編集の開始〉を押し、フィーチャ作成ウィンドウで編集したいポイントレイヤを選択していることを確認する。その状態で属性テーブル内の編集したいセルをダブルクリックすると、入力を行うことができる。あとは、それぞれの行と台帳データに対応した ID を入力すればよい。この時、間違った ID を入力して台帳データとのテーブル結合を行ってしまうと、地図上の位置と台帳データの関係がバラバラになり、間違った位置に間違った属性データが載せられてしまうので、注意が必要である。

属性テーブルの編集を終えたら、あとは台帳データの入った Excel ファイルとの〈テーブル結合〉を、前述で編集したキー変数を用いて行えばよい(テーブル結合の方法は、「国土地理院データに国勢調査データを結合(データの結合)」の

節を参照)。

6.4 カーネル密度推定

地図にポイントを打てば、どこに調査回答者が存在するのかは分かるものの、単純に見ただけではどの地域に回答者が集中しているのかが分かりにくい。そこで、カーネル密度推定を行うことにより、ポイントがどこに密集しているのか地図を色分けすることが可能である。カーネル密度推定は、地域内の観測点での観測地を用いて、観測点でない他の地点の値を推定する空間的補間 (spatial interpolation) の一技法である (Silverman 1986)。

手順は、〈ArcToolbox〉内にある〈Spatial Analyst ツール²⁾〉から〈密度〉を選択し、〈カーネル密度 (Kernel Density)〉をダブルクリックする。図 17 のウィンドウが開かれたら、〈入力ポイント、またはラインフィーチャ〉の欄には前節で作成した調査対象者のポイントレイヤを選択し、〈Population フィールド〉は〈NONE〉のままにする。〈出力ラスタ〉は新たに作られるシェープファイルの保存先と名前を指定する。〈出力セルサイズ〉や〈検索範囲〉はデフォルトのままでも構わないが、自分で数値を指定しても良い。〈面積単位〉は今回の調査地域の広さから、〈SQUARE KILO-

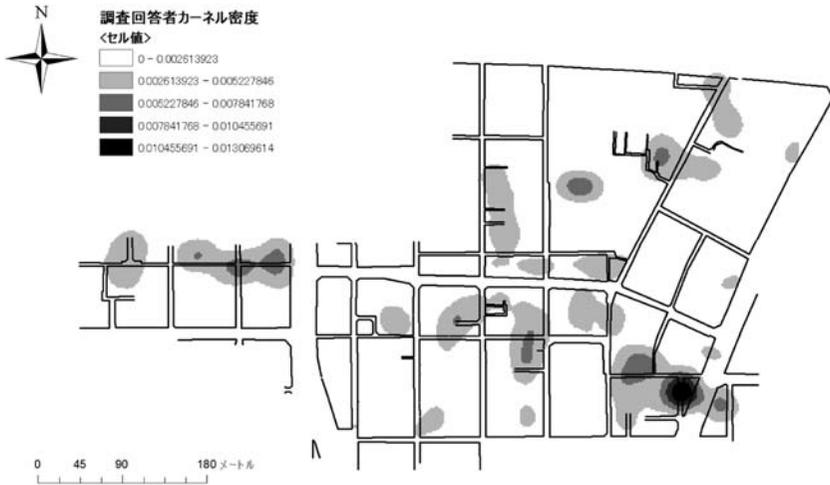


図 18 A 学区調査回答者のカーネル密度

METERS) を入力するのが妥当であると考えられる。全てを入力し終えたら〈OK〉ボタンを押し、カーネル密度の算出で新しくできたレイヤのプロパティの〈シンボル〉タブから数値分類において、数値の高い方が色濃くなるように色分けの指定を行えば図 18 のような分布図が完成する。

7 社会調査の結果を GIS で表現する (B 学区)

前節では、A 学区の調査回答者の密度分布の地図化について記述した。本節では、B 学区の調査回答者の分布に加え、要援護度の地理的分布の



図 19 B 学区の調査回答者

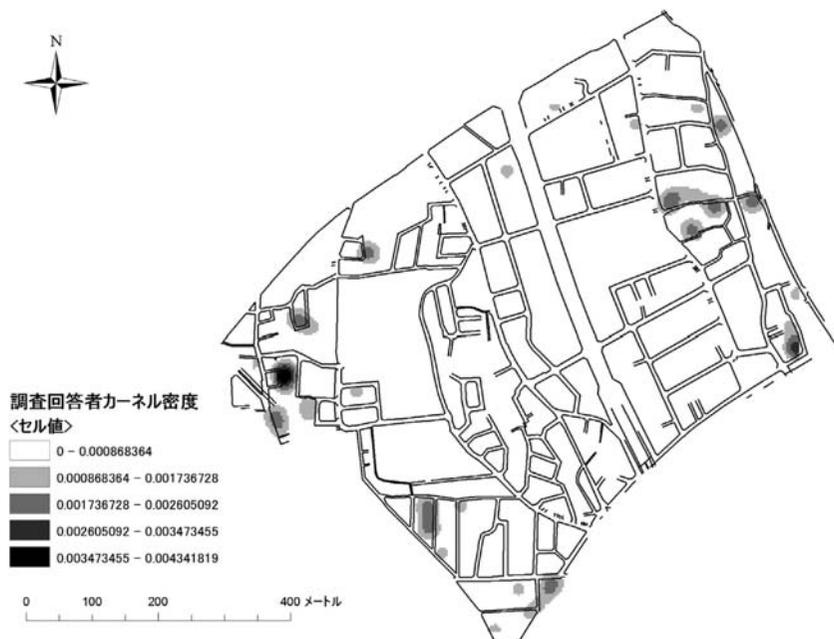


図 20 B 学区の調査回答者密度の分布



図 21 B 学区調査回答者の要援護度

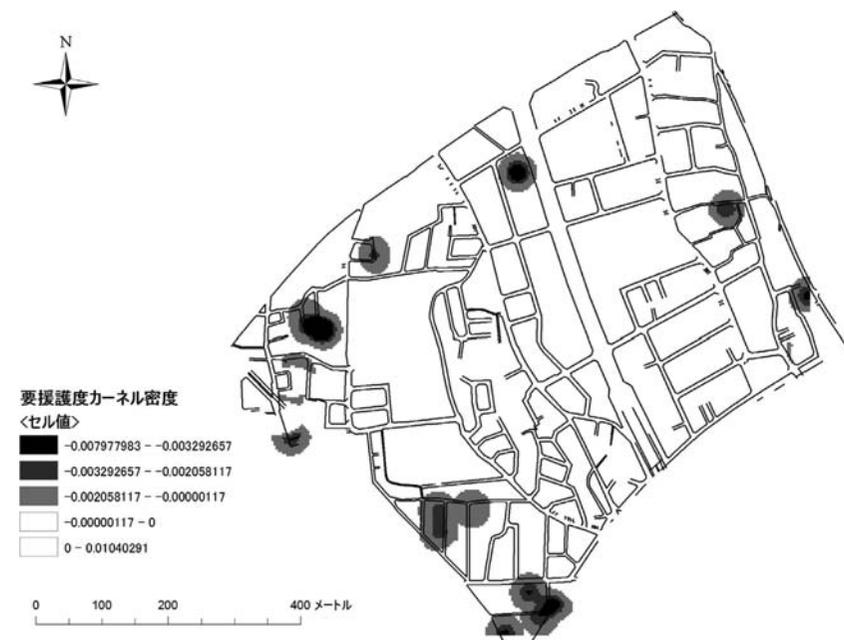


図 22 B 学区の要援護度の地理的分布

可視化について記述する。

図 19 は、B 学区の回答者の分布であり、図 20 は図 19 からカーネル密度を算出した結果を地図に載せたものである。一部の地域に調査回答者が集中しており、一見するとそこに要援護者が集中しているように受け取れる。しかし、あくまで調査回答者が集中しているというだけであり、実際にはこれらの調査回答者が本当に災害時に援護を必要とする人たちであるかどうかは判断できない。

図 21 は調査回答者のポイントに要援護度のウェイトを載せたものである。どの回答者の要援護度が高いかがこれで判別できる。しかし、これだけではどこに要援護度の高い者がより集まって住んでいるのかが分かりにくい。そこで、カーネル密度を行う段階で、〈population フィールド〉に要援護度のフィールドを入力しなおしてできた地図が図 22 である。図 20 と図 22 を見比べると、密度が高い地域がそれぞれ違うことが確認でき

る。

8 考 察

本稿では、災害時要援護者をどのように可視化するのか、ということの主眼に、GIS を用いて空間分析を行ってきた。GIS と社会調査から得られた情報を組み合わせることで、地域のなかでどれだけの要援護者がどこに居るのがわかるだけではなく、個人個人の状態から算出した要援護度を可視化することができた。本稿で行った要援護度を可視化する過程で、社会学的研究に GIS を用いる上での新たな試みを 2 点行うことができた。

まず、Comafay 他が提案した災害時要援護度の計量モデル（式 1）を、実際データに適用できたという点である。とりわけ B 学区では、災害時要援護度を規定するための指標を、要援護者台帳の訪問・配布回収によって得ることができた。そのため 10 項目もの指標を用いて、要援護度を計量的に算出することができた。

災害時要援護度

$$=f(\text{ハザード} \times f(\text{主体の条件} \times \text{客体的資源}))$$

(1)

さらに算出した要援護度を用いて、GIS でカーネル密度推定図を作成したことにより、学区内のどの辺りに、要援護度の高い人が分布しているのか（すなわち、とりわけどの地域では支援者がより多く求められるか）が一目でわかる地図を作成することができた。要援護者がどこに居住しているのかという地図の作成は、多くの自治体で GIS を用いた取り組みが始められている。本稿では、それをさらに〈要援護度〉という量的概念に展開して地図上に表現した。GIS と社会調査を併用することで、要援護者を視覚化した防災マップを作成する際に、「要援護者マップ」ではなく「要援護度マップ」を作成することができたのである。「要援護度マップ」は、地域のどこにどれだけの支援者を動員しなければならないのかを、地図としてわかりやすく示すことができる。それにより、「要援護度マップ」は地域の避難支援プランを作成する際、より具体的な支援プランを考えるための有用なツールとなる。

今後の課題としては、どのような災害を想定しているのかという災害因（ハザード）を、分析に組み込む必要があるということがあげられる。本稿で行った分析では要援護者の位置情報と要援護度というデータを用いて地図を作成したが、より有用なツールとするためには、どのような種類の災害で、どの程度の被害が予想されるのかとい

う、災害被害予想マップをさらに重ねる必要がある。Comafay らのモデル（式 1）が示すように、正確な災害時要援護度を算出するには、当該地域のハザード項をモデルに含める必要がある。本稿で対象とした 2 学区は京都市内であるため、京都市ホームページで公開されているハザードマップを利用すれば、対象地域の被害想定を組み込んでマップを作成することができる。災害因を考慮に含めて分析を行えば、Comafay らのモデルにより忠実な要援護度概念を数量化することができる。その結果として、災害からの被害軽減により直結したツールとして利用できると考える。

謝辞

本研究は、①文部科学省科学研究費基盤研究（A）「福祉防災学の構築」（研究代表者：立木茂雄 同志社大学）によるものである。

また、B 学区で行った社会調査やデータ入力などは、2011 年度立木社会調査実習を履修した学生の協力を得て行った。

〔注〕

- 1) 地図の縮尺とは 1:2,500 や 1:10,000 といった形で示される。読み方としては、2 千 500 分の 1、1 万分の 1 という読み方である。1:2,500 と 1:10,000 では、1:2,500 の縮尺の地図の方が、より狭い範囲を大きく拡大して表示している。つまり縮尺の値が大きい（分母の値が小さく、より 1:1 に近い）方がより狭い範囲を、より縮尺の値が小さい（分母の値が大きい）方がより広い範囲を描いている地図である。
- 2) 〈Spatial Analyst ツール〉は追加オプションであり、通常の ArcView のライセンスとは別に、追加でライセンスを取得しなければ使用できないツールである。

〔参考文献〕

- Comafay, Nicole・北浜陽子・飛岡香・立木茂雄, 2008, 「平成 19 年能登半島地震における災害時要援護者への対応に関する質的研究：要介護高齢者支援組織の対応過程分析より」『地域安全学会論文集』（10）：521-530。
- Comafay, Nicole・中村千佳子・横田治郎・立木茂雄, 2009, 「神戸市兵庫区における障害者の災害時要援護度マップングの実施研究：脆弱性の『人-環境相互作用モデル』に基づいて」『地域安全学会論文集』（11）：127-134。
- Silverman, B. W., 1986, *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*, Chapman and Hall.

内閣府, 2006, 「災害時要援護者の避難支援ガイドライン」『災害時要援護者の避難対策に関する検討会』(取得日: 2012年1月5日, URL: http://www.bousai.go.jp/hinan_kentou/060328/hinanguide.pdf).

大場亨, 2004, 『ArcGIS 8 で地域分析入門』成文堂.

村山祐司・柴崎亮介, 2008, 「シリーズ GIS 刊行に寄せて」『シリーズ GIS 第1巻 GIS の理論』朝倉書店.

ESRI ジャパン株式会社, 2011, 『ArcGIS Desktop 逆引きガイド バージョン 10 対応』ESRI ジャパン株式会社.