高校地理教育における都市構造可視化の活用についての研究
Research on the utilization of urban structure visualization in geography education of high school

石井儀光[*1]・赤星健太郎[*2]・小坂知義[*3]・根元一幸[*4]・大矢雅史[*5]・本田智比古[*5]・小熊早千香[*5]・成田佳絵[*5]・吉武哲信[*6]・谷口守[*7]・辰巳浩[*8]・出口敦[*9]・中井検裕[*10]・岸井隆幸[*11]・坂井猛[*12]・有馬隆文[*13]・橋本信幸[*14]・田中雄一[*14]・中村正裕[*15]・畑中良介[*16]・鈴木景[*17]・内田忠治[*18]・許斐知加[*18]・橋本尚佳[*19]・結城勲[*20]・吉田充[*21]

Norimitsu Ishii[*1]・Kentaro Akahoshi [*2]・Tomoyoshi Kosaka[*3]・Kazuyuki Nemoto[*4]・Masashi Ohya[*5]・Tomohiko Honda[*5]・Sachika Oguma[*5]・Yoshie Narita[*5]・Tetsunobu Yoshitake[*6]・Mamoru Taniguchi[*7]・Hiroshi Tatsumi[*8]・Atsushi Deguchi[*9]・Norihiro Nakai[*10]・Takayuki Kishii[*11]・Takeru Sakai[*12]・Takafumi Arima[*13]・Nobuyuki Hashimoto[*14]・Yuichi Tanaka[*14]・Masahiro Nakamura[*15]・Ryosuke Hatanaka[*16]・Kei Suzuki[*17]・Tadaharu Uchida[*18]・Chika Konomi[*18]・Naoka Hashimoto[*19]・Isao Yuki[*20]・Mitsuru Yoshida[*21]

With the declining population, efforts are underway to realize an intensive urban structure. The importance of consensus building in determining the future image of urban structure is undisputed, and for this reason, it is urgent to deepen the public's understanding of urban structure. "Urban structure visualization," which is a communication tool for urban structure, has been widely used in urban planning sites nationwide after 15 years of its development. On the other hand, as a result of 15 years of efforts in the field of geography education, high school geography education has become compulsory. In this paper, we will discuss the background and achievements of the fusion of these two efforts over the history, and the future development of urban structure visualization by all the people who have contributed to the efforts.

Key Words: urban structure, communication, geography education, grid square statistics
都市構造，コミュニケーション，地理教育，メッシュ統計

[*1] 正会員　国土交通省国土技術政策総合研究所（National Institute for Land and Infrastructure Management）
[*2] 正会員　日本大学（Nihon University）
[*3] 正会員　セントラルコンサルタント株式会社（Central Consultant Inc.）
[*4] 非会員　神奈川大学人間科学部（Kanagawa University）
[*5] 非会員　株式会社帝国書院（Teikoku-Shoin Co., Ltd.）
[*6] 正会員　九州工業大学大学院工学研究院（Kyusyu Institute of Technology）
[*7] 正会員　筑波大学システム情報系（University of Tsukuba）
[*8] 正会員　福岡大学工学部社会デザイン工学科（Fukuoka University）
[*9] 正会員　東京大学大学院新領域創成科学研究科（The Univ. of Tokyo）
[*10] 正会員　東京工業大学環境・社会理工学院（Tokyo Institute of Technology）
[*11] 正会員　日本大学理工学部土木工学科（Nihon University）
[*12] 正会員　九州大学大学院人間環境学府（Kyushu University）
[*13] 正会員　佐賀大学芸術地域デザイン学部（Saga University）
[*14] 正会員　一般社団法人都市構造可視化推進機構（Urban Structure Visualization Promotion Organization）
[*15] 正会員　福岡県建築都市部都市計画課（Fukuoka Prefecture）
[*16] 正会員　福岡県建築都市部建築指導課（Fukuoka Prefecture）
[*17] 正会員　愛知県知立建設事務所（Aichi Prefecture）
[*18] 正会員　宗像市都市再生部都市再生課（Munakata City）
[*19] 非会員　株式会社都市プラン九州（Urban Planning Kyusyu Co., Ltd.）
[*20] 正会員　株式会社福山コンサルタント（Fukuyama Consultants Co., Ltd.）
[*21] 正会員　公益社団法人日本都市計画学会（The City Planning Institute of Japan）

1. はじめに

人口減少社会を迎え，集約型都市構造の実現に向けた取り組みが進められている．都市構造の将来像を検討するためには，現状の都市構造をできるだけ正確に把握することが必要である．また，都市構造の将来像を定める際の合意形成の重要性については論を待たず，このために，検討結果を直感的にわかりやすく表現することは極めて有効であると考えられる．

これまで都市構造については，都市計画の専門家が各々の分析手法で検討することが多かったが，近年の IT 環境を踏まえると，定量的かつ直感的なツールを活用し，都市計画の専門家の指導を受けるなどしながら，地域での開かれた検討プロセスに移行していくことが求められると予想される．

このためには，市民が都市構造についての基本的な素養を有していることが望ましく，市民に対する教育の重要性がますます高まることが考えられる．なぜなら，近年，都市計画への市民参加が進んでいる中で，市民の都市構造に対するリテラシーの高まりは都市計画への市民参加の質を高め，ひいては都市の持続可能性を高めるものだからである．

しかしながら，市民への都市計画に関する情報提供や啓発などは，個別の都市開発などの機会に限られ，その前提となる都市構造に関する内容については，中長期の視点で都市の発展や衰退を決するものであるにも関わらず，市民が参加し，都市を俯瞰して議論することに適したツールが見当たらないこともあり，中心的議題として取り扱われる場面は非常に限られていた．

他方，現行の高校教育課程においては，地理科目が選択科目とされており，その選択者の割合は近年２～４割にすぎない状況が続いていた．また，その限られた選択者に対しての都市構造に関する教材は，市民向けと同様に限られており，都市構造についての教育環境は決して十分なものではない状況であったと言えるだろう．

ところが近年，これらの状況が大きく改善する兆しが二つある．一つは，都市構造可視化技術の成熟である．「都市構造可視化」とは，都市構造可視化図，および多岐にわたる都市構造可視化図を体系的に整理して掲載した Web サイト，さらにそれを活用した都市構造を検討するための取り組みの総称であり，狭義では都市構造可視化図と Web サイトの 2 つからなるツールを指すものである．都市構造可視化図は 2007 年に開発され，2010 年に関東地方整備局で実務への活用が始まった．その後，福岡県において具体的な都市計画の策定，策定後の運用に本格導入されるとともに，日本都市計画学会および建築研究所との連携により Web サイト化された．さらにここ数年，国として都市計画分野での都市構造可視化の活用促進が進められ，自治体交流会議 (1) には延べ 463 人が参加するなど，全国での普及期を経て，多くの活用事例が創出され，その過程を経て，誰でも使えるユーザビリティを獲得するに至っている（3 章で詳述）．

もう一つは，高校の教育課程における地理科目の必履修化の動きである．こちらも 2007 年頃から動きが始まり，当時，生徒の空間認識能力の欠如が問題視されたことにより始まった．具体的には地図上での位置の認識が欠落していることから，時間的観点と空間的観点のバランスのとれた学習の推進が必要であることや，地域に愛着を持って地域づくりに参画できる人材の育成が必要であることが当時教育現場や地理学関連学会などで指摘され，それ以降の様々な関係者の動きを経て，ついに新科目「地理総合」が創設され，2022 年度より高校教育において必履修科目とされることとなったものである．

高校での地理必履修化と都市構造可視化の問題意識は，ともに 2007 年頃の同時期に端を発し，いずれも「都市や地域に愛着を持って地域づくりに参画できる人材の育成」を志向するものであった．これらのそれぞれの動きが，地理教育と都市計画という別の分野で独立して始まっていたという経緯は興味深い．

この２つの動きは，後述の通りそれぞれの分野で発展を遂げ，2021 年，高校での地理必履修化の実現とそれを支援するための一つのツールとしての都市構造可視化という形で相乗効果をもたらす可能性が見出された．地理必履修化により，毎年 100 万人にも及ぶ全ての高校生が地理教育を受講する場が生まれ，そこで都市構造可視化を活用したことがあるないしは少なくとも見た事のある人材が，多く育成されうる土壌ができあがったと言えるだろう．これはまさに，都市や地域に愛着を持って地域づくりに参画できる人材の育成の場の具現化であり，都市計画の市民参加の幅を大きく広げうる画期的な出来事であると言えよう．

本稿では，以上の状況を踏まえ，高校教育と都市構造可視化の融合の背景と意義，その過程における都市構造可視化の適用可能性の検討と，高校地理教育向け教材の産学連携の研究について述べるとともに，今後の展望について取りまとめる．

2. 高校地理教育と都市構造可視化の関係

2－1. 高校地理教育の 15 年来の動き

地理教育は日本や世界の現状を的確に把握し，地域の抱える課題を解決する方策を考えるのに重要な役割を果たす．高校での地理必履修化やその中での GIS 技能の育成に向けた取り組みは，2000 年代後半から顕著になり始めた．

1）2000 年代後半

この頃，高校生・大学生に世界の国名・日本の都道府県名などの基礎知識が欠如していることや，地域問題への無関心が社会問題になり始めた．これに対して地理学関連学会から地理教育振興を望む多くの要望･陳情や声明が出され，2007 年には日本学術会議の分科会から「現代的課題を切り拓く地理教育」の対外報告が出された [1]．この報告では，時間的観点と空間的観点のバランスのとれた学習の推進，多様な地域的課題を的確かつ総合的に理解し地域づくりに参画できる人材の育成や，同じ 2007 年に制定された地理空間情報活用推進基本法を受けた GIS 利活用の推進などが必要であることが提言された．

2009 年に告示された高等学校学習指導要領では，地理の学習内容に地理情報システム（GIS）の活用が組み込まれた．

2）2010 年代前半

地理必履修化を望む議論がさらに重ねられ，2011 年に日本学術会議の分科会から「新しい高校地理・歴史教育の創造－グローバル化に対応した時空間認識の育成－」の提言が出された [2]．ここでは，最低限の地理的知識を持たずに高校を卒業する生徒

の増加は，日本史や世界史教育においてもマイナスであることなどから，世界史必履修に変えて，歴史基礎，地理基礎という必履修２科目の新設などが提言された．また時空間情報を扱う GIS を開発することで，将来的に地理と歴史教育の融合が進展することの期待についても言及された．一方 2011 年３月の東日本大震災の教訓を受けて，地域の現状や自然，防災について GIS を用いて把握することの重要性の認識も広がり始めた．

2013 年には日本のオープンデータ憲章アクションプランが，G8 のオープンデータ憲章を受けて出された．これを受けて，2014 年には地理教育の中でオープンデータを利活用することをめざす「地理教育におけるオープンデータの利活用と地図力/GIS 技能の育成－地域の課題を分析し地域づくりに参画する人材育成－」も提言された[3]．

3) 2010 年代後半

2002 年に日本が提唱し，その後国連やユネスコを通じて取り組まれてきた ESD（持続可能な開発のための教育）[4]は，2015 年の SDGs にも位置づけられ，Future Earth，文理融合などの動きなどとともに国際的な広がりを見せてきた．この取り組みで扱う地球的課題に対して，幅広い視野でアプローチできる科目として地理が注目されるようになった．

これらの流れを受けて，2018 年に告示された高等学校学習指導要領では，ESD や GIS を学習内容として位置づけた「地理総合」が，高校での必履修科目となった．現在の選択制の制度の下で２～４割程度であった高校地理の選択者の割合が，10 割となることのインパクトは極めて大きいと言える．

2－2. 都市構造可視化の 15 年来の動き

都市計画は，人口減少段階に入り，拡大から縮小へ，規制からビジョン共有へとその位置付けを大きく変容させている．特に，都市の縮退局面においては，民間投資の誘導の必要性が高まること，持続可能な都市構造の形成には市民の理解が不可欠であることから，ビジョン共有のための手法が強く求められていた．特に都市構造のビジョンを実効性のあるものとするためには，市民の合意が必要であり，このような観点からも，都市の将来像をわかりやすく示すことの重要性は高まりを見せていた．

1) 2007 年頃

国土交通省国土技術政策総合研究所の有志メンバーで，統計データの可視化手法についての研究が開始された．試作が繰り返される中，当時は専門家以外にはあまり意識されていなかった都市構造の持つ意味を把握する事の重要性への気づきを通じ，専門外の人々への説明や合意形成の場での可視化手法の活用が有効である可能性が認識されはじめた．

2) 2008-2010 年頃

この頃，国土交通省関東地方整備局において可視化技術の活用が始まった．具体的には，関東地方整備局管内の約 400 の自治体との協議や検討を円滑化するためのコミュニケーションツールとして，活用が試行されていた．その過程で，学識経験者および都県担当者による検討会が開催され，自治体毎の都市構造を社会的構造，空間的構造，時間的構造の３つの視点から可視化するとともに，指標値による比較分析を取りまとめた都市別カルテが開発され，配布された．

3) 2013－2015 年頃

この頃，福岡県において県内の市町村との打ち合わせに可視化技術が活用され始めた．都市計画課の応接机に都市構造可視化図が表示できるディスプレイが設置され，訪れた多くの市町村の担当者と都市構造可視化図を活用した相談やブレインストーミングが行われた．また，興味を持った複数市町村による勉強会などが開催され，連携や協働，競争の観点から圏域での都市構造分析が行われた．その結果，市町村相互の共通認識の醸成や広域的な都市構造の把握に都市構造可技術が有効であることが確認された．

また，県全体のマスタープランである福岡県都市計画基本方針および福岡県が定める都市計画区域マスタープランの検討にあたり，都市構造分析や各関係機関との協議などに活用された．特に都市計画基本方針を検討する委員会の場において活用されたことは，その後の日本都市計画学会での取り組みに繋がる事になる．

この過程で，福岡県は都市計画の検討における都市構造可視化の価値を認知し，県内市町村等との合意形成を円滑に進めるために Web サイト化を行うことを狙い，日本都市計画学会九州支部に分科会の設置を要望した．程なく分科会を中心に都市構造可視化計画 Web サイト[5]が立ち上げられ，その後都市構造可視化が広く活用される基盤が整った．

そして福岡県は Web サイトを活用した関係機関との調整や合意形成を進め，法定計画である区域マスタープランにおける公共交通軸の設定による都市と交通が一体となった政策を実現した．また，都市計画区域の再編を行い，広域調整の仕組みを具体化した．これらは複雑な調整を必要とするものであり，都市構造可視化はその中で重要な役割を果たした．この後，日本都市計画学会は都市構造評価特別委員会（以下，特別委員会と呼ぶ）を設置し，都市構造可視化の検討は，正式な学会の活動として今も継続されている．

4) 2016-2019 年頃

都市構造可視化計画 Web サイトによる都市構造可視化の活用場面の拡大により，国においても都市再生の見える化情報基盤「i-都市再生」が骨太の方針などの政府方針に位置づけられ，可視化がその事例として取り扱われるに至った．また，都市計画運用指針や立地適正化計画作成の手引きにも，都市の客観的データの空間分布を視覚的に把握できるツールとして，都市構

写真-1　i-都市交流会議 2020 の様子

造可視化の活用が推奨されることとなった．

さらに，都市構造可視化研修として，全国自治体担当者が各現場でツールを活用し，その成果を発表・討議することで交流を図る，i-都市交流会議が３か年に渡って開催された．この頃には後述の通り可視化の世界展開が進んでおり，多くの海外ゲストを迎えての開催となった（写真-1）．これは，全国の都市計画行政の現場への展開が一巡するとともに，世界への展開が始まったことを示している．

5) 日本都市計画学会との連携による進化

特筆すべきは，2013 年以降の過程である．都市構造可視化に関する取り組みは，この時期，日本都市計画学会との連携により，急速に質の向上を見せた．2013 年に九州支部分科会，2015 年に前述の特別委員会が設置され，それ以降の取り組みは，本稿で取り扱う地理教育用教材に関することも含め，常に特別委員会との連携により企画検討がなされてきたという特徴がある．

また，日本都市計画学会との連携を通じて，都市構造可視化は多くの大学において授業に活用されている．具体的には，筑波大学，九州大学，福岡大学，九州工業大学，佐賀大学，日本大学，東京大学，福山市立大学などの授業で活用された実績があり，これらの授業で得られた知見は，特別委員会に集められ共有された．多くの学生の意見は，都市構造可視化計画 Web サイトの改良のために活用されているところである．

6) 世界との連携による進化

都市構造可視化は，2015 年，Google 社主催のシンポジウム「デジタル地図の未来」のパネルディスカッションの一つのテーマとして取り扱われ，国内外において広く注目を集めた．その後，欧州連合の国際都市間協力プロジェクト（IUC）において，欧州の市町村の都市計画担当者に対する説明会を行ったことを皮切りに，Open Geospatial Consortium（OGC）のテクニカルミーティングでの発表，EU 政府が主宰した都市のビジュアライゼーションに関する初めてのイベント「EU DataViz」での講演，ISO 技術委員会での招待講演，欧州の都市データの専門家との個別相談などを経て，それぞれにおいて有益なフィードバックを得ている．

具体的には，行政担当者への使いやすいツール提供のための視点と戦略について（ESPON: European Spatial Planning Observation Network），相互運用性確保のための手法について（OGC），蓄積された情報の価値を高めるための視点について（ISO）など，いずれも大変有益なものであり，得られたこれらの知見は，政府方針や都市構造可視化の技術向上にも役立てられた．

このような都市構造可視化技術の成熟は，市民への広い教育への展開の準備が整ったことを示していた．

2−3. 高校地理教育と都市構造可視化の融合

このように，高校教育の場での地域を探究するためのツールへの期待と，都市構造可視化の市民への広い教育への展開の希求は，15 年の時を経て，それぞれの中で高まりを見せていた．

この二つの経緯は，それぞれの分野でそれぞれの目的意識で進められてきたものであるが，社会的課題は共通している．それは，市民が地域に愛着を持って地域づくりに参画できるようにすること，である．教育の観点からの取り組みは高校での地理必履修化として結実し，都市計画の観点からの取り組みは誰でも直感的に都市構造を理解できるツールの成熟として達成された．

そして 2020 年 1 月，ついに地理教育と都市計画の分野の人材が集い，プロジェクトが立ち上がったことは，またとない好機と言える．地理教育と都市計画の高度な専門家により構成されたそのプロジェクトは，それぞれの分野での 15 年来の取り組みを一つのものとして結実させ，地理教育と都市計画を融合させた一つの教材を作り出すに至ったのである．

3. 都市構造可視化の機能と特長

3−1. 都市構造可視化図とは

都市構造可視化図とは，メッシュ統計データを KML 形式[2]に変換したもので，図-1 に示すように各メッシュポリゴンに高さや色の情報として様々な統計データの値を埋め込んで 3 次元化したものである[5]．なお，図-1 は 2005 年国勢調査における糸島市の夜間人口を示しており，メッシュのサイズは 500m（2 分の 1 地域メッシュ）である．

昼間人口や従業者数，商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，平面のコロプレス図などによる表現には限界があると考えられる．しかし，3 次元で表現すると，メッシュ毎の統計値の分布を把握する事が可能となる．図-1 のような 3 次元の表現は従来から GIS ソフトウェアなどを用いて作成できたが，ある角度のみから表示した状態だと，大きな値をとるメッシュの裏側の様子が分からなくなるという欠点がある．一方，KML を用いれば視点を自由に変更できるので，様々な角度から統計データの分布を眺めることが可能となる．それに加え，建物 1 棟レベルから日本全域を超える範囲までマルチスケールで表示することが可能であり，統計データの分布の特徴を把握しやすいという利点がある．KML ファイルの代表的ビューワーとしては，Google 社の Google Earth Pro がある．

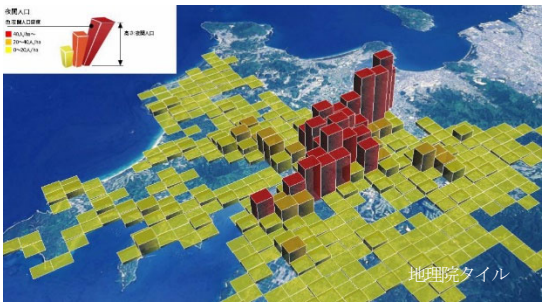

図-1 都市構造可視化図の例（糸島市の夜間人口）

3−2. 3 次元を活かした都市構造可視化図の工夫

3 次元で表示できる特徴を活かして，メッシュの色の塗り分けに用いる統計値（あるいは属性値）とメッシュの高さの統計値を分ける工夫を行い，これをクロス表示と呼ぶことにした．

図-2 は都市構造可視化図（クロス表示）の例である．図-1 と同じく，各メッシュの高さとして糸島市の夜間人口の値を用

いているが，各メッシュの色は公共交通利用圏の属性値を用いたものである．ここでの公共交通利用圏とは，駅から半径 1km の円内およびその円にかかるメッシュを駅利用圏，バス停から半径 300m の円にかかるメッシュをバス停利用圏として，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を示したものである．

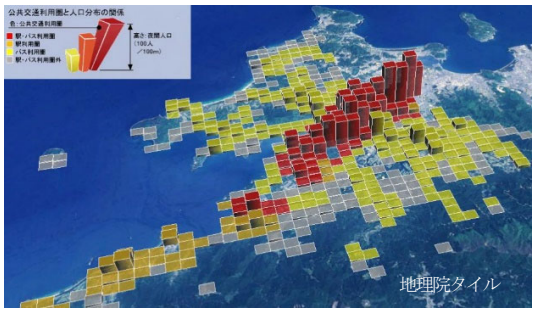

図-2　公共交通と人口のクロス表示の例

図-2 をみると，駅・バス停利用圏を示す赤色のメッシュで人口の集積がみられる（高さが高い）ことが一目瞭然である．その一方で，ある程度人口の集積があるにも関わらず，灰色で塗られているメッシュでは，バスの運行を検討すべきといった課題も，視覚的に把握する事が可能である．

この他にも，メッシュの色をハザードマップの想定浸水深として，高さを夜間人口あるいは昼間人口としたマップなども考えられる．このように，クロス表示を用いる事で様々な表現が可能であり，専門家はもちろん，市民にも分かりやすく都市構造の現状と課題を伝えることが可能である．

3−3. 可視化に用いるデータ

可視化に利用する統計データは，国勢調査，事業所・企業統計，経済センサス，商業統計などのメッシュデータを用いている[3]．メッシュデータを用いる主な理由は，1)集計範囲が経緯度で規定されていて行政界の変更による影響を受けず，時系列の比較が容易であること，2)個々のメッシュの面積は全国で概ね同じ大きさであるため，地域間の比較が容易であること，3)国勢調査や経済センサス，商業統計など，異種のデータであっても，地域メッシュの作成方法に則って作成されているものであれば，重ね合わせが可能であること，である．可視化サイトでは，市町が保有する独自のデータについても，市町の要請に基づき，メッシュで集計した結果を公開している．

3−4. 時系列データの簡易アニメーション表示

都市構造を把握する際に，その都市の歴史的変遷を辿ってみることは重要である．都市構造可視化図は，過去から現在までの統計値あるいは将来推計値の時系列データを格納することができる．Google Earth Pro のタイムスケール機能を使って，過去から現在・未来まで，アニメーションで都市構造の変化を俯瞰する事ができる．ただし，統計の年度によってメッシュの同定方法が異なる事や，集計項目が異なるなどの違いがある．そのため，時系列のアニメーション表示をする際は，メッシュ毎の比較分析などを行うのでは無く，その都市の歴史的変遷を俯瞰的に把握する程度にとどめるような使い方が推奨される．

3−5. 他の地理情報との重ねあわせ

都市構造可視化図は，実態を視覚的に捉えがたい夜間人口や昼間人口，小売業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の情報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．様々なデータを重ね，統計値と都市空間を対応づけて見なければ意味が無いと言っても過言ではないだろう．都市構造可視化図はKMLを用いているので，Google Earth Pro で閲覧できる様々な衛星画像，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 Pro以外でも，KMLをサポートする環境であれば，重ね合わせる（マッシュアップ）ことが可能である．なお，地理空間情報の国際標準化団体OGCがあり， 2008 年からKMLはOGC KMLとしてOGC 標準となっている．そのため，データの相互変換により様々な主体が整備したデータとマッシュアップ可能である．

4. 都市構造可視化の高校教育での活用の検討

4−1. 経緯と背景

地図帳や社会科の教科書を中心として出版している帝国書院の社員が，2020 年 2 月に A 県 G 市で開催された地域活性化ワークショップに参加し，そこで都市構造可視化計画 Web サイトを知ることとなった．都市構造可視化図の 3 次元グラフによるクロス表示などを用いた分析手法が，市民によるデータ利活用を推進していくための教材として，大きな可能性を持っていると感じたことから，教材としての活用について検討が始まった．特に，「色」と「高さ」の 2 種類のデータの関連性の空間的な傾向を把握することで，地域の特徴をより深く考察できる点が，これまでの教材にない利点として期待された．

都市の変化を直感的に捉えられるような可視化は，高校教育における初学者向けにもわかりやすい．図-3 は福岡県直方市の小売業販売額の変化を表したもので，左が1985年，右が2007年のデータである．駅周辺の小売業販売額が低下し，郊外に大規模商業施設が開発されたことなどにより，都市構造が大きく変化し，駅周辺よりも郊外の小売業販売額の方が大きくなっていることが容易に理解できる．

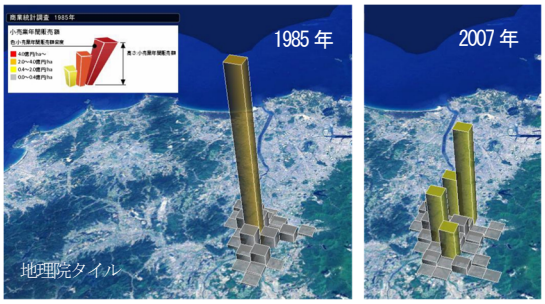

図-3　開発に伴う都市構造の変化の事例

さらに，都市構造可視化は，都市を俯瞰して見る鳥の目と衛星画像やストリートビューで詳細に土地の様子を見る虫の目で

の確認を同時に行うことが可能であり，都市計画の基本的な探究方法を，授業の中で実際に体験することができる．このことは，高校教育における都市構造可視化の一体的活用が，都市構造政策への市民参加ビジョニングの実現のために非常に重要なツールとなる可能性があることを示している．

4−2. 高校用教材に適用するための検討

都市構造可視化を高校教育で有効活用するための検討の過程で，以下の 5 つの要件が抽出された．

①わかりやすい操作とシンプルな画面構成
②Google Earth Pro を用いなくてもある程度使える
③限られた授業時間内で理解し使える
④簡易な分析ができ，深い探究もできる
⑤全国の学校の ICT 化の状況に適合している

特に，全国の学校の ICT 化の状況に適合していることは重要である．各校に導入された端末は機能の限定されたタブレットであることも多く，Google Earth Pro のインストールはもとより，ブラウザの処理性能も限られたものである場合が多い．

また，授業においては多くの生徒が同時に同じシステムにアクセスすることになるため，授業時間が同じ全国の学校からの多数の同時アクセスに耐えうるシステムが求められた．

画面の操作感についても検討が進められた．特に，地理必履修化に対応するために簡易な分析ができることは必須の要件である．限られた授業時間内で理解して使えることを念頭においた，わかりやすい操作感，シンプルな画面構成については多くのプロトタイプを作成し，幾度も検討が行われた．さらに，クロス表示を活用した深い探究にも対応できるようにした．

その後，2020 年 6 月より，都市構造可視化推進機構の地理委員会準備会の場で検討が進められるとともに，都市構造可視化計画 Web サイトにおいて連携している，特別委員会の定例会議（毎月開催）において随時意見交換が行われた．

当初は，高校生向けの可視化サイトとして，KML をダウンロードできる機能を中心として，WordPress を用いた簡素なサイトとして素案が構築されたが，その後の議論において，学校教育の現場では Google Earth Pro が使えない Android や iOS などのタブレット型端末などによる授業も多いことなどの現状を踏まえて，Web ブラウザ上で動作する 3D 地図表示プログラムである Cesium [4] を中心としたサイト構築に移行した（図-4）．

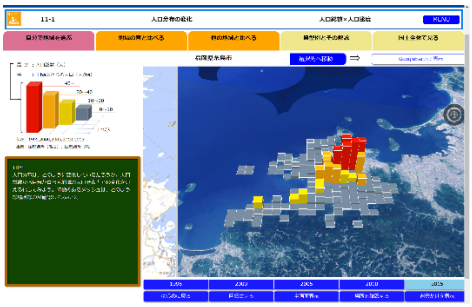

図-4 Cesium を用いたサイトの画面

5. 新たな高校地理教育向け教材の開発

5−1. 操作性の改善

Cesium を用いた Web ブラウザで都市構造可視化図を表示することにより，プラットフォームの拡大以外に，Google Earth Pro の機能により制約を受けていた操作性の面でも大きな改善が可能となった．以下，操作性での改善点を列記する．

1) 時系列表示の改善

高校地理教育では，同一地域の経年変化から地域の特色や課題を把握する学習を行う．この経年変化をわかりやすく表示するため，画面に表示する統計年次を選択できるボタンを地図画面の下部に配置した．

2) 離れた 2 地域の同時表示

Google Earth Pro では地図画面が 1 面しかないので，離れた 2 地域の都市構造可視化図を表示することは不可能であった．しかし，Cesium は Web ページに同時に複数の画面を表示することが可能であるため，図-5 に示すように，離れた 2 地域を比較しながら考察することができる．

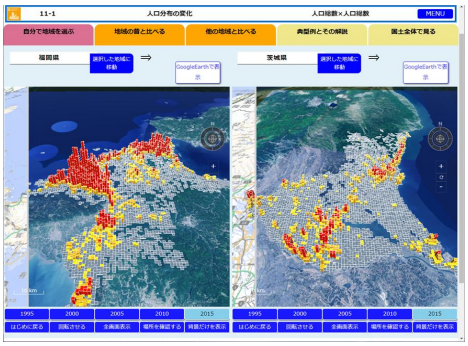

図-5 離れた 2 地域の同時表示

3) 異なる年次の同時表示と視点の連動

Cesium を 2 画面配置できることを利用して，同じ地域の複数年次のデータから，2 つの年次を選んで表示できるようにした．表示する年次は，前述の通り地図画面下のボタンで任意に選択可能である．また，地域の変化を知るために新旧比較をする場合，２つの地図画面の視点が同じだとが比較しやすいので，視点のコントロールは図-6 に示す左側の地図のみ可能で，右側の地図の視点は左側に連動する．

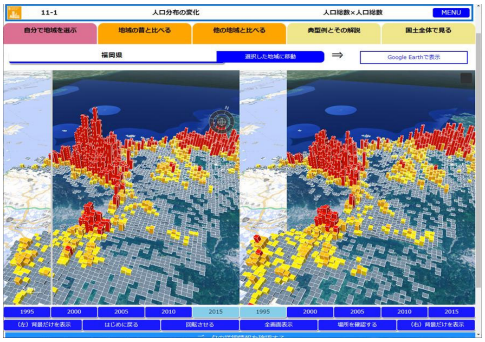

図-6 異なる年次の同時表示

4) 視点の自動回転

都市構造可視化図は視点を自由に変えられることが利点であるが，例えば都市の中心を軸に 360 度全方向から眺めたい場合

など，自動的に視点が変化すると操作が楽である．そこで，表示している地域の初期視点を中心に自動で視点が回転するボタンを設けている．

5) 視点のリセット

様々な視点から都市構造可視化図を眺めていると，拡大しすぎたり視線の方向が変になったりしてどこを見ているのか分からなくなる場合がある．そこで，表示地域の初期視点に戻ることができるボタンを設けている．

6) 表示方法の切り替え

前述の 2 地域の同時表示や，異なる年次の同時表示などの表示方法の切り替えは，地図画面上部に配置した 5 つのボタンで行う．これらのボタンにより，「自分で地域を選ぶ」「地域の昔と比べる」「他の地域と比べる」「典型例とその解説」「国土全体で見る」の５つのモードを選択することができる．

基本的な表示の流れとしては，まず，「典型例とその解説」により，選択した統計指標の典型例となる地域とその解説をみる．次に，「自分で地域を選ぶ」で見たい地域を表示する．その後，過去のデータが存在している場合には「地域の昔と比べる」で異なる年次の比較を行ったり，「他の地域と比べる」で他都市との比較分析を行ったりすることを想定している．

また，日本全国の傾向を把握するために「国土全体で見る」ボタンが利用できる．このボタンは文字通り日本全体の統計データを表示するのだが，3 次メッシュで表示すると細かすぎてかえって傾向が分かりづらいので，2 次メッシュ（約 10km 四方）の集計データを表示している．

7) 地図との連携機能

高校地理教育では，表示している地域がどこなのか，地図上で確認することが大切になる．そのため，地図との連携を次の２つの方法で行えるようにした．一つは，地理院地図との連携で，これは背景スライダーを動かすことにより，衛星画像から地理院地図に変えることで行う．もう一つは Google Map との連携で，「場所を確認する」というボタンを押すことによって行う．

8)KML ダウンロード機能

前述の通り，Google Earth Pro ではできなかった様々な表示が可能となったのだが，特徴的なメッシュのストリートビューをみることは Google Earth Pro でなければ不可能である．また，鉄道網やバス路線，主要な施設の位置といった各種地理情報との重ね合わせについても，Google Earth Pro が便利である．そこで，表示地域の KML をダウンロードして，Google Earth Pro で閲覧するためのボタンを設置してある．

5－2. システムを支える技術面の改善

5-1 節で述べた機能は Jamstack [5] により構築されており，サーバサイドでは静的ファイルの提供を行うのみである．全ての処理をクライアントサイドで行うことによって，サーバ負荷の大幅な軽減を実現している．教材という特性を踏まえ，広く全国で，かつ大人数が授業という同時間帯に接続することを想定し，同時接続に対する耐性を十分に確保したものとなっている．

都市構造可視化計画では，自治体，研究所，学会の連携により，各種データを収集しているが，今回開発した教材では，教育者が自ら工夫した可視化を行える余地を確保するために，誰でも入手可能な公的統計データのみにより構築している．このことは，深い探究への発展にも備えたものであると言える．

メッシュ統計は csv 形式で簡易に扱えることから，軽量化，システム化が容易である．本システムは，統計データを組み合わせた約 64,000 個の csv ファイルにより構築されている．特に，全ての csv ファイルを KML 形式にてダウンロード可能としており，Google Earth Pro 上で活用可能であることは，深い探究を支援する重要な機能であり，都市構造可視化計画 Web サイトの運営により培われたノウハウが凝縮された機能である．

5－3. 実際の学習場面を踏まえた配慮

都市構造可視化は都市計画担当者が統計データを使い慣れていることから，主に統計データ名によりインデックスが作成されているが，今回の高校地理教育向け教材では，教科書や学習指導要領との関連がわかりやすい目次構成としている．なお，”SDGs”を目次の切り口の一つにしているのは，高校必履修の新科目「地理総合」で求められる「地域の展望」学習において，地域の社会課題の解決に向けた構想や，持続可能な社会づくりが，学びの主題として強く意識されているからである．また，可視化図のタイトルは「シャッター通りと郊外型ショッピングセンター」のように，探究する主題に沿って個別に設定され，可視化を初めて使う高校生に対してもわかりやすいものとなるように工夫されている．

そのほか，高校教育向けの機能として，学習のヒントになる文章を掲載した．一つは「TRY」として問いを投げかけるもの，もう一つは「解説」として，各主題の社会的事象が現れる典型的な地域を例示しながら事象の構造を具体的に解説している．この２つを組み合わせることで，初学者も無理なく学習できるようにしている．

また，地域の社会課題の把握には市町村単位だけではなく都市圏単位，また，都市圏の比較といった視点も重要であることから，市町村単位の他，都道府県単位でもデータを表示することができるようにしている．さらに，前述の 2 次メッシュデータを活用した「国土全体で見る」ボタンを設けることで，都市構造への興味を国土構造につなげ，選択履修の高校新科目「地理探究」で求められる「持続可能な国土像の探究」も行えるように工夫している．

6. 都市構造可視化を活用した高校地理教育用教材の活用と展開

6－1. 今回の高校地理教育用教材の公開

今回の高校地理教育用教材は，「地域見える化 GIS ジオグラフ」[7]という名称で，2021 年 4 月 9 日に ver1.0 を公開し，同時に全国の高校にサイト紹介ポスターを配布するなど，PR 活動を開始した．この教材は Web 上で運営され，特別委員会のこれまでの活動への謝辞と共に，都市構造可視化計画 Web サイトへのリンクが付されている．このように導線を確保することで，都市構造に興味をもった生徒や教育者が，自然な流れでより高度な可視化の世界に進めるようになっている．

6－2. 今後の展開

今後は，高校地理教育用教材として全国の高校への PR が継続的に行われる予定であり，2022 年度より高校の「地理総合」の授業などでの活用が始まる見込みである．

特別委員会では，可視化に関する学生論文の表彰制度を設けており，これまでにも多数の学生論文が表彰されてきた実績がある．表彰により学生のモチベーションが向上するだけではなく，審査する側も多様な視点からの学生論文から得た知見を授業や可視化サイトの向上にフィードバックさせてきた．今回，この表彰制度に高校生も参加できるよう，改訂を行った．これにより夏休みの課題への活用なども含め，さらに若い視点で様々な場面での活用が広がることが期待される．

これまで，都市構造可視化技術の向上のためのフィードバックは，数百の自治体の都市計画担当者からのものが中心であったが，これからは全国約 100 万人（1 学年あたり）の生徒およびそれらを指導する先生方からのフィードバックがこれに加わることが期待される．このフィードバックは，元来都市構造可視化が求めてきた，市民の都市構造に対する理解を深めるための技術向上に向けた重要な情報源となるものと考えられ，特別委員会の活動の充実を通じて，可視化技術のさらなる向上，地域探究のツールの発展に資することが期待される．また，日本都市計画学会では初等・中等教育の学校教育現場をサポートするために高校教育支援 WG[8]が設置されており，具体的な支援が行われている．他にも，小中学生が地図に親しむための ICT を活用した教材作成に取り組む自治体の事例なども見られる．これらはまさに都市計画への市民参加の基盤となるものとなろう．

7. 終わりに

都市構造に対する市民のリテラシーを高めることは，市民参加型の都市計画を実効性のあるものとしながら，持続可能な都市を構築していくためには不可欠である．

「地域見える化 GIS ジオグラフ」は，都市構造可視化の有する，面白い，もっと見たくなる，といった要素を取り入れながら，高校の地理必履修科目「地理総合」などでの活用が可能な，誰でも使える操作性を追求したものである．これを教材として活用した世代が大学生となり社会人となる頃には，都市構造を踏まえたまちづくりの議論を行うための知識基盤を誰もが有していることとなり，都市構造の誘導の分野においても，市民参加が進むことが期待される．例えば市民ワークショップにおいて，都市構造可視化を用いて都市構造を議論することができれば，その都市の持続可能性を踏まえた都市計画のあり方について，市民がより本質的な部分で関わることが可能となろう．

「地域見える化 GIS ジオグラフ」は，公開された技術のみを用いて構築されており，同様のシステムは誰でも作成することができる．前述の通り，市民の多くがこれを用いた教育を経験した者となる近い将来，まちづくりにおいて，同種のシステムが目的に応じて様々な主体によって Web 上に構築され，それを活用することが当たり前になることが期待される．

その時に備えて，まちづくりへの市民参加を支援する立場の自治体においては，データの収集整理の方法が重要になる．その際，最も重要な点は，各種のデータがばらばらに作成され，散逸するのではなく，都市整備と同様，作成したデータが都市のストックとなっていく枠組みを構築することである．また，その際に様々な主体が独自仕様を策定するのではなく，デファクトスタンダードな形式でデータの蓄積を行うことで，様々なデータのマッシュアップが可能となっていくことが望ましい．

本稿では高校地理教育と都市構造可視化の融合について論じた．高校の授業での都市構造可視化の活用は，都市構造への関心を高めるとともに，将来のまちづくりの議論における重要なプレイヤーである市民の意識を高めるための取り組みとも言え，成熟した都市計画行政への転換点ともなり得る．教育機関のみならず，それを支援する産官学の継続した関わりが重要であることはもちろんのこと，まちづくりの中心である市町村においては，必履修化された地理を学んだ高校生が社会人になる時期を見据えたデータの整備・蓄積について，今の段階から戦略的に取り組んでおく必要があるだろう．

補注

(1) 自治体交流会議とは，都市構造可視化の活用事例について自治体間で情報交換を行い，ノウハウを共有して技術を高め合うための交流の場である．
(2) KML とは，点や線分，多角形などの地理的情報を記述する XML 形式の言語である．
(3) 利用しているデータについて，詳細は以下の URL を参照．
https://mieruka.city/features/view/6
(4) Cesium とは，地図作製のためのオープンソースの JavaScript ライブラリーであり，商用・非商用ともに無料で使用できる．
(5) Jamstack について，詳細は以下の URL を参照．
https://jamstack.org/what-is-jamstack/

参考文献

1) 日本学術会議 地域研究委員会 人文・経済地理と地域教育(地理教育を含む)分科会，地域研究委員会 人類学分科会（2007）：対外報告「現代的課題を切り拓く地理教育」，日本学術会議．
http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-20-t42-1.pdf
2) 日本学術会議 心理学・教育学委員会・史学委員会・地域研究委員会合同，高校地理歴史科教育に関する分科会（2011）：提言「新しい高校地理・歴史教育の創造－グローバル化に対応した時空間認識の育成－」，日本学術会議．
http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-21-t130-2.pdf
3) 日本学術会議 地域研究委員会・地球惑星科学委員会合同，地理教育分科会（2014）：提言「地理教育におけるオープンデータの利活用と地図力/GIS 技能の育成 ―地域の課題を分析し地域づくりに参画する人材育成―」，日本学術会議．
http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t199-3.pdf
4) 文部科学省：持続可能な開発のための教育，
https://www.mext.go.jp/unesco/004/1339970.htm （閲覧日 2021.5.20）
5) 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 Web サイト，
https://mieruka.city/ （閲覧日 2021.5.20）．
6) 赤星健太郎他（2010）：「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」，日本都市計画学会学術研究発表会論文集，NO.45-3，pp.169-174，日本都市計画学会．
7) 帝国書院，都市構造可視化推進機構：地域見える化GISジオグラフ，
https://www.geograph.teikokushoin.co.jp/ （閲覧日 2021.5.20）．
8) 日本都市計画学会：高校教育支援 WG について
https://www.cpij.or.jp/com/geo/ （閲覧日 2021.5.20）．