

# 学位論文の要約

## 都市構造の可視化システムに関する研究

システム情報工学研究科 社会工学専攻  
社会工学学位プログラム

赤 星 健 太 郎

2017年 3月



都市計画は都市構造のもとに検討されるべきものであることについては、論を待たない。また、都市構造は所与のものではなく、それ自体が十分な検討を必要とするものである。過度に現在の都市構造を維持するとの発想では、都市計画とはいえない。

都市構造をイメージすることは、都市計画家の重要な役割であり、オスマンをひくまでもなく、各時代の都市計画を担った専門家は、常にその都市構造を表現すべく努力をしてきた。大きな軸を作りそれを交通などの基幹軸で結ぶといった図は、多くの都市に残されているものの、常にそういった図の表現は進化してきた歴史がある。たとえば、ケビンリンチは、自著「都市のイメージ」において、都市構造の重要性とその表現方法を整理しており、都市構造に関する表現手法の到達点として評価される。

日本では、戦後都市計画を行政実務として取り扱っており、都市構造の表現方法にはあまり進歩が見られない時代が続いた。もちろん都市構造という表現をしている図はみられるものの、その多くは、拠点と軸を概念としてあらわすにとどまり、その図が持つ意味が十分に理解されないまま、個別の都市計画が行われていった。近年では、横浜市において都市計画家による都市構造の誘導を行うことに成功した事例が有名であるが、これは都市計画を専門家に一任した当時の市長の判断によるものであり、それ以外の多くの都市においては、個々の開発に応じた都市計画が進められ、その際に都市構造が顧みられた例は少ない。その理由として、目の前に広がる開発可能な土地の開発を行わない理由が十分に説明できないことが挙げられる。都市構造上重要な空閑地における開発を抑止するためには、都市構造の重要性をもって理解を得る必要がある一方で、都市構造とのリンクが十分でない都市計画によって個別具体の規制が行われているという状況は、都市構造に反する都市計画の蔓延を生み、国土に多くの損失をもたらしたものと推察される。一方で、都市構造を理解する担当者により都市構造が守られてきた例もあるが、そのような地域では、都市計画の変更自体をしないという手法が、上記の背景のもと止むを得ずとられるなどしたことから、都市計画の硬直化を招き、都市計画への反発が強まる結果となってしまった。都市構造を踏まえたうえでの都市計画を、都市構造を守るために変更できず、その結果として都市構造の誘導もできなくなっているとすれば、この状況はもはや悲劇といってもよいだろう。

そのような状況の中、当然ながら、都市計画の進歩は、専ら「見える」まちづくりの世界に集中していくこととなっていく。都市構造に基づくべき都市計画が都市構造のあるべき姿と乖離し、また、硬直化しているのだから、当然の帰結である。こうして、都市構造は専門家以外には理解されない概念となっていく。先進的な事例や研究が生み出される中で、硬直化した都市計画がおかしいとの声も当然生まれる。そして、都市計画を如何にしてすり抜けるか、といった方向で生み出された事例が先進的なものとして取り扱われるようになるまでに、そう時間はかからなかった。こうして、硬直化した都市計画は、長らく方向性を見失い、いつしか容積率という既得権益があるので容易に変更できない、とする珍説までをも生み出すほどの硬直化の極致に至った。これは都市構造とのリンクがない都市計画である以上は、ある意味当然の帰結であり、都市計画制度の見直しは急務である旨、都市構造を理解する専門家から声が上がったことは自然な流れであった。一方で、都市計画制度への不信感が定着した今となっては、都市計画制度の復活のための取り組みへの支持者は限られており、八方塞がりの状況になりつつある。

本研究で取り扱うシステムは、広く捉えれば科学的可視化の一翼を担うも

のである。科学的可視化とは、科学研究における 3 次元の CG をはじめとする可視化技術の応用のことであり、気体や液体の流れ、人体内部、分子構造など、直接肉眼では捉えられない対象を CG によって視覚的に表現することで、新たな科学的発見を導く技術のことである。この分野は、1990 年代から著しい発展がみられるようになった。

地理空間は目で見ることができるものであるが、地理空間上の様々な活動を示す統計等のデータは目に見えない情報である。このため、都市構造の可視化は地図上での具体的な位置の把握と、目に見えない情報との連携が求められる高度な技術が必要な分野であり、これまでその実現は難しかった。しかしながら、IT 技術の急速な発展に伴い、都市構造の科学的可視化の実現の可能性は急速に高まりつつあり、都市構造の検討を行うための環境は、科学技術の面からも整いつつある状況となってきた。

こうして、都市構造の可視化が具現化するに至る。

古来都市構造に基づく都市計画が行われ、都市計画家は都市構造をいかに伝えるかに腐心してきた。一方で都市構造の重要性を個々の開発で説明することは困難であり、都市構造と乖離した都市計画による、都市計画への不信感が増幅されてきた。

しかし今、都市構造を可視化することがようやく可能になった。先人たちの多くの蓄積をもとに都市構造の議論を深め、都市構造に基づく都市計画を復権していく新たな歴史の必然として、本論文で取り扱う都市構造の可視化は生み出された。都市計画は都市の発展に不可欠であり、配置論なき拠点開発はいずれ大きな矛盾を生み出す。国土、都市圏、都市の構造を、今こそ正確に把握し、都市構造を大きく取り上げていくことは、急務となっている。そして、都市構造可視化は、古来からの人々の都市構造の表現に対する希求への、明確な回答として具現化したのである。

そして、これは都市計画の制度や運用を変えうる可能性をも持ちうるものである。都市構造を可視化し、議論し、合意を形成したのちに、はじめて意思を持った都市構造の改善が出来るのである。すなわち、都市構造を誘導するための都市計画が、戦後初めて、世に現れようとしているという意味で、まさに都市構造の可視化は、科学的可視化の最も大きな成果として、今大きく広がる新たな世界を生み出そうとしている。

このような背景を踏まえ、本論文は、都市構造可視化システムについてとりまとめたものである。

本テーマについては、筆者と指導教官の石井儀光准教授の間で平成 15 年から継続的に研究を進めてきたものであり、当該テーマに沿った共著論文が 7 編ある（うち 3 編は査読あり）。これら論文は、当初より一貫した問題意識に基づいて構成されており、研究の進展に応じて行政における段階的な活用を図るなど、具体的な活用方策についても試行を繰り返してきたところである。

今回論文をとりまとめるにあたっては、全体を貫く筆者の考え方について指導教官の指導のもと改めて整理し、また、学術的な研究の位置づけを明確にした上で、これまでの論文の再構築、再確認を中心に研究を進めてきた。

また、検討を始めて 10 年が経過していることから、当時の技術水準では実現が難しかった検討項目をレビューし、今回、実現できるかどうかの再検討を行うことができたことも大きな収穫であった。本論文の執筆過程を踏まえ、都市構造可視化は現在の技術水準に沿って大きく改善され、昇華したものと考えている。

本研究では、都市計画行政の高度化に資する都市構造の検討を促進することを目指して、都市構造可視化システムの開発を行い、活用事例をとりまと

めるとともに、その発展の方向性を示した。以下に、各章にて論じた都市構造可視化システムの開発、活用、発展ならびにそれらを通じて得られた知見をまとめている。

第2章では、都市計画は都市構造に基づくものであり、古くから都市構造の表現の工夫が行われてきたこと、一方で科学的可視化が急速に普及してきた結果、都市構造の科学的可視化を行う環境が整いつつあること、都市計画の現場でも、千歳・林(1969)の指摘にもあるように、都市構造の可視化手法が必要とされていたことを示した。また、既往研究の整理から、都市構造といった複雑な情報を扱うには、3次元表示による空間把握能力を用いることが有効であることを示した。

都市構造に関する既往研究は、指標の検討および指標を活用した検討であり、可視化技術については、問題の改善のための取り組みとして認知されているものの、それを都市構造の検討に活用しようとした研究は見られないことがわかった。この理由として、科学的可視化の技術の発展、探索的データ解析などの技術の進展とともに可能となった分野であり、科学的可視化を用いた都市構造の検討がこれまで技術的に困難であったことがあげられる。また、IT技術の進歩に伴い容易となった3次元表示を活用して、都市構造の検討を行った研究は見られなかった。特に、自治体職員との意見交換を通じて都市構造の検討を3次元で行おうとしたものはないことを示した。

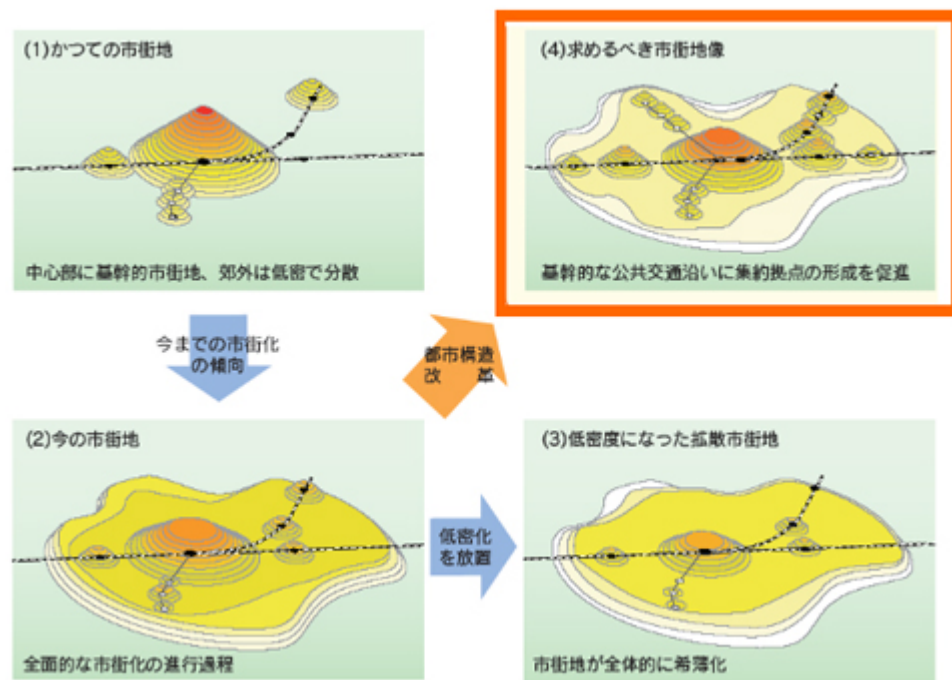


図1 都市構造の表現の例（出典：国土交通省（2007））

第3章では、都市構造可視化のためのシステムの考え方について検討し、データの可用性や、IT技術の現時点の水準から、KML形式によるメッシュデータの表示について示した。3次元表示は、人間の空間把握能力を活用し、瞬時に大量のデータを認識することが可能になるという利点がある。一方で、まちづくりの現場の状況を把握しながら、あらゆる角度及び縮尺での表示が可能であることが望ましい。そこで、「都市構造可視化図」として3次元かつ動的な主題図を作成するために、Google Earthと連携したシステムとすることとした。これにより、地図情報、航空写真、道路網、鉄道網などはも

とより、ストリートビューとも連動した直感的な操作を可能としており、マッシュアップによる多様な分析が可能となった。

これにより、第2章で述べた科学的可視化および探索的データ解析が可能となる都市構造可視化図が作成可能であることを示した。

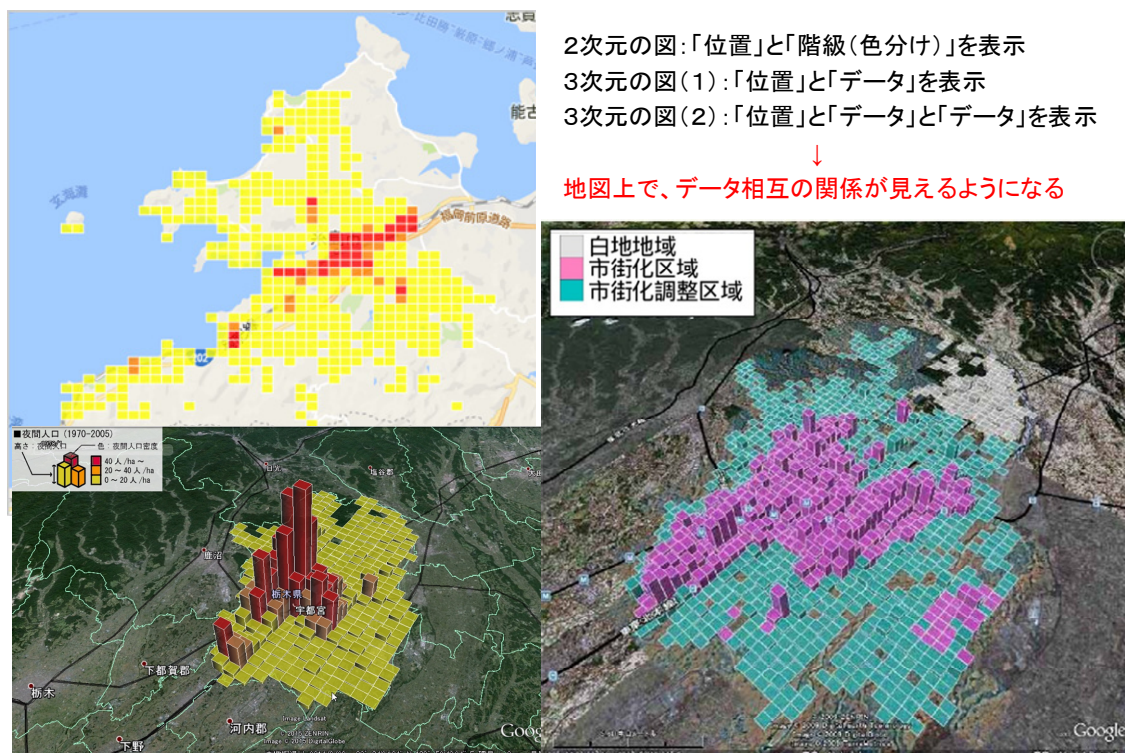


図 2 3次元の主題図の例

統計データを3次元表示したものは、2次元の主題図の延長線上にあるが、立体図では、3つの情報(場所、色、高さ)を表現することができる。そこで、2種類のデータを同時に見るニーズがある分野を検討した。都市計画においては、都市と交通の一体的な計画が求められることから、まず、人口分布と交通利便性の関係を表示することとした。

具体的には、図3に示すように、色分けを交通利用圏として4色に設定した。駅・バス利用圏、駅利用圏、バス利用圏、駅・バス利用圏の4色に色分けを行い、高さを人口のままとした。これにより、交通が便利な場所と不便な場所が色分けで認識できるうえ、それぞれの圏域の中での人口分布を直感的に表示することができた。

このように、3次元のKMLの特徴を活かして、色の塗り分けに用いる統計値(属性値)とメッシュの高さの統計値を分ける工夫をし、都市構造可視化図(クロス表示)と呼ぶこととした。

ほかにも、都市計画の用途と人口分布、ハザードマップと人口分布、などの様々なデータの関係から、新たな知見を得ることが可能となり、これはまさに都市計画分野における科学的可視化、探索的データ解析の新たな世界を切り開くものであるといえる。

また、都市構造を把握する上で、その都市の歴史的経過を辿ることは重要である。これにより、これまでの都市の成り立ちを踏まえた都市計画の立案が可能となる。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把握出来る「4次元



表示」を実装した。もちろん、年度によって統計データの同定方法が異なる事や、集計項目が異なることがあり、時系列で表示することは正確性に欠けるという問題があるものの、たとえば変化率のような数値としての精度が求められるような場面で用いるのでは無く、数十年という単位でかつ、都市全体を見渡したスケール感で大局的な変化の流れを把握することが可能となり、都市構造が大きく変容していること、都市構造が大きく変容しうることを直感的に把握することができる。

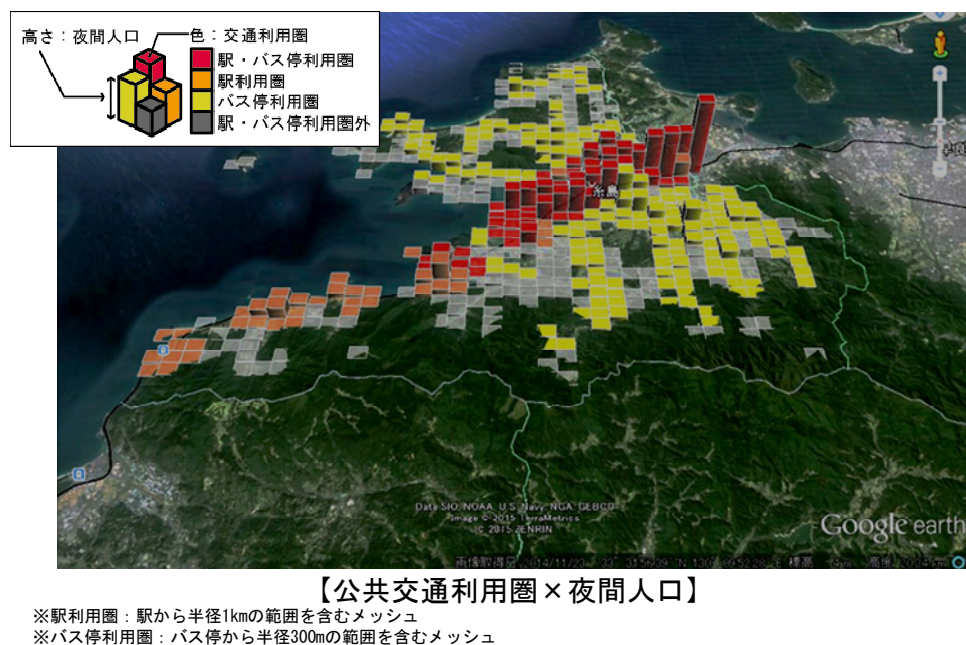


図3 都市構造可視化図（クロス表示）の例

第4章では、第3章で作成した都市構造可視化図を用いて、都市計画やまちづくりの現場での活用を試行したプロセスと結果について分析した。多くの合意形成の場面で可視化図が実際に使われたこと、その特徴を検討するとともに、場面ごとの使われ方を示した。実際の現場での実用に耐えうるものであることを示すとともに、一部の事例では利用者アンケートやヒアリング等によって、有用性を実感できるものであることを、客観的に示した。

第5章では、都市構造可視化図を用いた発展の姿のプロトタイプについて示した。都市構造可視化図によるデータの表示により、このデータを表示するとどうなるか？といった、次の展開につながる例がある。実際に発生したこの正のスパイラルを具現化するものとして、地方公共団体の発想によって独自に作られた都市構造可視化図を事例集の形で示した。また、都市構造可視化図が単独に提供されるのではなく、一定の考え方のもと必要な組み合わせを専門家等により検討し、パッケージとして提供することがプロトタイプとして実現している。また、多くの統計データの再配布が困難な中、だれでもどこでも都市構造可視化図を活用可能とするためのウェブサイトの開発が行われ、現在も進行中である。このウェブサイトの基本的な考え方と目指すべき方向性について論説した。

以上のように、本研究では、都市構造について、また、可視化についての既往の研究をとりまとめるとともに、科学的可視化の知見を踏まえて都市構造の可視化システムを開発すること、それを活用し、今後の展望について論

じた。それらの研究を通じて、上述のようにいくつかの知見が得られたが、課題点もいくつか残されている。今後の研究に残された課題点について、今後の課題として論じた。主なものとしては、都市間比較における都市の類型化の必要性、都市の課題抽出における総合的な視点の必要性、都市構造の可視化手法の一般化、都市構造の可視化手法のパッケージ化の研究、都市構造の可視化手法についての検討体制、都市構造の国際比較の推進、教育分野への展開、都市構造の可視化サービスの提供手法の拡充について、都市構造可視化の標準化に向けた取り組みの必要性について、検索システムの充実、都市構造の探索的データ解析支援システムの充実などである。

また、本システムの持つ都市構造検討のパラドックスへの対応については十分な留意が必要である。都市構造を定量的に取り扱うことについては、都市の現状を十分に把握することができるようになる一方で、現状の都市構造に過度に追随してしまう危険性を孕んでいる。たとえば、第3章で例示した糸島市の事例にあるように、人口が大きく変動するようなときには、現状の人口分布ではなく、将来あるべき姿をイメージすることが必要である。

このような都市構造の検討の際に、都市構造の現状把握は初めて有効ではあるものの、その結果として現状の都市構造に過度に追随することがないように、都市構造可視化システムの4次元表示を活用することにより、人口増加局面での都市構造の変容について、その様々なパターンを政策別（区域区分の有無等）に示すなど、都市構造の可変性についてもあわせて十分に周知するとともに、現状の規制のまま成り行きで推移した場合の将来都市構造の課題と、その解決のための現時点で必要となる政策を示すなど、都市計画によって将来の都市構造を大きく変えうるイメージが伝わるような新たな可視化手法についても、継続して研究を行っていくことが必要である。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省（2007）：社会資本整備審議会都市計画・歴史的風土分科会第10回都市計画部会資料1都市交通・市街地整備小委員会報告．