

## 社会・技術動向講演会 2025in 大阪

## 人口減少社会における都市の空間的モニタリング

摂南大学 理工学部 都市環境工学科 教授 熊谷 樹一郎

## 専門

- 分野
  - 空間情報学, 都市計画学
  - 空間情報を適用した都市解析
- 学会等
  - 日本写真測量学会, 地理情報システム学会,
  - 日本都市計画学会, 日本測量協会,
  - 土木学会, 日本リモートセンシング学会

2

みなさん、こんにちは。熊谷でございます。今日の発表テーマですが、今、日本では人口減少が進んでいる中で、都市の在り方を空間的にどのように見ていくのかについてお話しします。

私自身の専門は空間情報学や都市計画学が中心になります。今日、主にお話しするのは、都市の解析、都市の状態を解析するものです。学会も測量と付く学会に2つ入っています。あとは空間情報、地理情報システム学会などでも活動しています。

## 教育

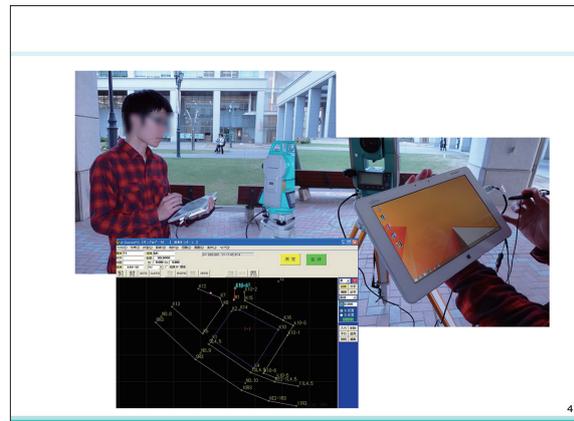
- 計画学
  - 土木計画学, 都市計画学
- 空間情報学
  - 空間情報学・演習
- 測量学
  - 測量学
  - 測量学実習
    - 2004年度 電子平板測量・GPS測量の導入
    - 2015年度 タブレットPC・シェアウェアの導入, CAD実習との連携強化
    - 2017年度 GPS機器の更新
    - 2020年度, 2025年度 情報処理機器の更新

3

教育では、計画学、空間情報学、測量学を担当しています。測量実習も担当していますが、この20年で測量技術は大きく変化しました。20年前は、測量を知らない先生が測量学を持つこともあり、その頃に私が着任したのですが、デジタル化が進み始めているので、電子平板測量やGPS測量を先行して導入してきまし

た。ただ、電子平板は、タフブック初期版のノートパソコンだったので10年ほどするとへたってしまいました。実習ができなくなってしまうので、タブレットPCを大学単位での情報処理機器の更新に合わせて入れていました。また、測量用アプリケーションが非常に高いので、シェアウェアのような形で導入するなど、工夫して実習を進めてきました。

GPSも20年前はどんな状態だったかという、アンテナからレシーバーまで、レシーバーからパソコンまで全部有線でした。RTKの場合は、受信機と通信機器の間も有線でしたし、通信機器用の充電器もあり、とにかく有線だらけでした。実習で使用するのは学生ですから、当然踏んでしまって断線だらけです。これまでの15年ぐらいは、嵐のように断線が起き、予備のケーブルに交換していました。しかし限界がきて、2017年にはBluetooth型のGPS機器を理工学部の予算で購入、機器を更新して今に至っています。現場の方はご存じだと思いますが、GPS測量は分野がかなり狭いですよね。むしろMMSやドローンに搭載して位置を測る道具となってきているので、実習の内容を今後更新していく必要を感じています。



これは10年前の測量実習風景ですが、デジタルでデータを取得し、パソコン上で図面を作成しています。

GPSも測っているだけではつまらないので、右上の図のように、路線測量の中心線と中心杭をあらかじめ



準備して、学生に探索してもらい早く見つけてもらうとか。最終的には自分が測った中心杭を結んで、どのような曲線が地上にどのぐらいの間隔で取られているのかを体験してもらうこともしていました。このように教育の現場でも測量に近い経験を色々させていただきました。

## 昔と今

- 昔
  - 人口増
  - 大量の人
  - “さばく”



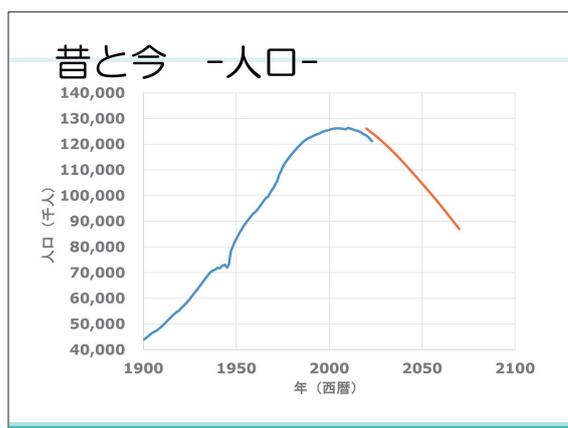
ナショナル ジオグラフィック英語版1970年3月号より。  
写真：THOMAS J. ABERCROMBIE

今日の本題になりますけども、「昔と今」というテーマでお話をしていきたいと思います。まず、昔の話、私たちが育ってきた時代、もう少し古く言えば、戦争が終わって今80年と言われていますが、その間の世の中でどんなことが主に行われてきたかがテーマになります。基本的にこの80年間の多くは人口が増えてきた時代なのにご存じのとおりだと思います。つまり、大量の人がそれぞれいろいろな場所にいたということですね。

これは、ナショナルジオグラフィックの英語版から引用した、地下鉄の写真です。電車の行き先とか掲示を見ると、御堂筋線梅田駅の1970年頃の様子だそうです。すごい人ですね。いわゆる朝のラッシュがピークだった時代だと思います。今、この状態でホームを開放しようとするとな転落事故が起きやすくなりますから、鉄道事業者は改札口から入る人数を制限するような勢

いです。それだけ人が増えていって、これをどうしたらいいのか?というのが大きな課題だった時代です。

当時のことを鉄道事業者の方に聞くと、現場ではお客さんに対して「客をさばく」という表現で、何とか事故が起きないように、みなさんが仕事に行けるよう工夫していたそうです。「さばく」という言葉を使ってしまうぐらい勢いのある時代だったということですね。その一方で、人口が増えるということはそれに応じたビジネスモデルもありまして、いろいろな産業が活発になった時代でもあったということになります。



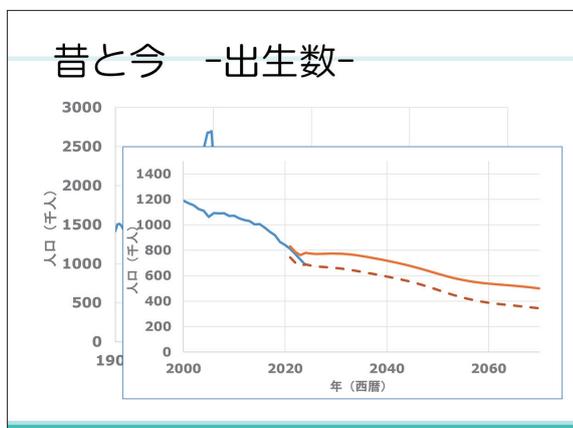
私の講演は技術動向のパートですので数値的に見ていきたいと思います。1945年が終戦の年ですが、それ以前の明治の近代日本の直後から人口の経過は右肩上がりの歴史です。ですから、どうしても成功体験は右肩上がりの人口増の時代に培ってきたものとなります。日本全体としては2008年頃から人口減少がスタートと言われています。ですから、私たちは何げなく日々を送っていますが、今、すごく大きな転換期にいることは間違いありません。

人類が一番精度の高い予測ができるのは人口だと言われています。人口のグラフと予測のグラフを重ねてみるとこのようになります。これは、人口問題研究所で出された数値をプロットしただけです。特に日本の場合他の国と比べると移民の方々が非常に少ないですから、いわゆる封鎖人口と言われるものになります。従って結果として、精度が非常に高く推計できるのです。

では移民を入れたらいいという話になるのですが、ヨーロッパの国々を見ていると、例えば典型的なのはドイツとイギリスですね。ドイツは先行的に移民の方々を受け入れた国ですが、先日ドイツを旅行してきた先方のお話を聞くと、まちが荒れたりしているようで、

移民の方の受け入れ方法はかなり検討が必要だと思えます。一方でイギリスは厳しく移民の方々を制限してきた国です。日本よりは多いのですが、イギリスではドイツのようにまちが荒れるようなことはあまりないようで、うまく国を成り立たせているようなところがあります。イギリスは歴史上、大英帝国の時代があって、連邦の国を構成したり、例えば他の国のコインを自分の国で鑄造するなど、したたかな面がありますので、そういった意味で何となくうまくいっているようです。

日本の場合は封鎖人口、つまり社会的な動向ではなくて生存率だけで予測ができてしまうとすると、生まれてくる子どもたちの数がメインになってきます。



そこで出生数を見てみますと、日本の出生数は1950年辺りから右肩下がりの傾向が強くなっていて、2000年以降の出生数をグラフにし、先ほどの人口問題研究所の予測値を重ねてみますと、青が実測値でオレンジ色が予測値なのですが、予測値がずれているのがわかります。人口問題研究所の数値の良否ではなく、このずれは計算の方法にあります。このオレンジの線は、平均初婚年齢ですとか、50歳時の未婚者の割合ですとか、あるいは結婚出生力変動係数の数値を使って予測しています。簡単に言いますと、これまでの経緯を反映させた形で数値を予測しているのです。私たち技術に関係している者はこのカーブを見ると、勾配が明らかに違うと感じてしまいます。この予測値には、私たちが最近思う不安な要素のようなものが直接的には入っていないのだらうと思われまます。この数年、例えばコロナがあって今までにないような、SF映画のような世の中を私たちは経験しましたし、あるいは起きないだらうと思っていた戦争が今、長引いたりもしていますね。日本の場合は特に、自然災害も甚大化という目の前の事実もあります。そうすると、不安な気持ち

を持つようになると思うのですが、それらはやがて先ほどお話ししたような指標に反映されるでしょう。したがって今後、予測値が公開されていくともう少し数値が変わる可能性があると思えます。

もう一つ、人口問題研究所では上位、中位、低位という形で一応その予測もされていまして、低位であると(オレンジ色の破線を指して)このぐらいで、青い曲線と重なるような感じになっていきます。ただ、いずれにしてもちょっと勾配が気になりますね。急に予測値から変わってしまうという意味では、もう少し少子化に関しては厳しい世の中が来るのかもしれないと個人的には感じています。

出生人数が決まると、この人数がほとんど99%の形でどんどん年齢を重ねていきますので、もう18年後、20年後の人数が大体分かってきます。そういう意味では学校の統廃合もそうですし、私たち大学人にとっては18歳人口がどうなるのかというのが、もう18年前に分かってしまうという事実があるわけで、切実な話になりますし、生産年齢人口がどのぐらいになるかという数値も変わってきます。従って、社会はどう変わっていかなければいけないかという話も、18年前、20年前、或いはもっと前から決められてしまうというのが、人口のお話になります。

## 昔と今、そしてこれから

- これから
  - 人口減
  - 少ない人、もの、でどうする？

では、これからどうしたらいいのかという話です。この辺はなかなか答えのないところになりますけども、人口減が来て、少ない人や物でどうしていくのかという話です。この辺は、例えば高齢者市場や子育て支援の市場などの開拓の話が付いて回ると思えます。あるいは人数が減るわけですから、今どんどん進められているDXの話。それから、日本の場合は特に遅れていますけれども、女性にもっと活躍していただきたい、あるいは元気な高齢者の方に活躍していただくという

話。海外の市場に打って出ましようという話などが出てくると思います。

## 昔と今の「まちづくり」

### ・昔～今

- ・都市整備～まちづくり
  - ・「ハード整備」中心から「ソフト・ハードの両論」
- ・市民参画
- ・民間の活動を「規制」から「誘導」と「事業」に



The 1911 edition of Industrial Worker (The International Publishing Co., Cleveland, Ohio, USA.)

しかしその一方で、少ない人数で地域社会とどのように共存していくのか、そこに宝があるかもしれない。人数が少なくなっていく中で、どのようにこれからまちをつくっていくのかということも大きく変わっていきます。まちづくりに関しては、そこに住んでいる人、働く人に目を向けなければいけないと気が付かされた、非常にドラスティックな歴史もありました。現代のまち、都市ができてきた一番初めは、古く産業革命の直後にまで遡ります。

ロンドンで起きた産業革命の直後、それを表した有名な絵図があります。当時の人の成り立ちを模したような絵ですね。一番上には王様のような、要するに支配者が立っています。2番目には司祭さん、宗教を治めるトップの方が立っています。3番目の層には、ピストルや軍備をしている方、軍事力を持った方々がいます。それを支えている白いテーブルで豪華な食事を取って楽しくしている方々がいますね。これは資本家になります。この方々の資金源でまちが治められていたのです。ただし、この人たちを支えているのが、一番下にいる労働者階級の方々です。いわゆるブルーカラーの方々がホワイトカラーの方々を支えていました。

この状態のまちでは、とにかく資本家の方々は、なるべくコストをかけずに労働者の方々を工場の周りに住まわせれば一番いいわけですね。そうすると4畳半ぐらいの部屋に10人ぐらいの家族で住まわされている。それが昔のロンドンですが、地震がないのでレンガ造りの4階建てや5階建てで、ぎゅうぎゅうに住まわされていました。でもトイレは1階にしかありません。すると住んでいる方々はどうするかというと、用を足したくなると、自分の住んでいるところで用を済ませて、それ

を窓から外に投げ捨てる。衛生状態もへったくれもありません。結果的に何が起きたかという疫病です。コレラですね。ご存じの方も多いと思いますが、それでたくさんの方が亡くなりました。結果として労働力が減り、まちとしてはもうめちゃくちゃな状態でスタートしたということになります。

これを二度と起こしてはいけないということで、現代の都市の整備やまちづくりの考え方に発展してきた歴史があります。つまりまずハードを整備する、先ほどの話であれば「下水道をちゃんと整備しましょう」、あるいは「住環境をちゃんと整備しましょう」という話です。そういったベーシックなところからスタートし、主体的に何かできるように、住民参加のような形で住民が関与できるまちをつくっていきましょう、と発展してきました。

ただ、今人口が減ってくるフェーズになると、どんなことが必要なのか。今までは人がどんどん増えてそれに伴い産業も活発になっていきますから、放っておくと産業革命直後のような荒れたまちになってしまう。だから規制が必要だった訳です。ルールを作って「これをやっては駄目」、「ここまでしてはいけません」、「ちゃんとこういう面積を確保してくださいね」ということをやっていたのですが、人数が減ってくると「誘導」とか、アクションを起こす事業に対して重点を置く方向性に、大きくまちづくりの姿が変わってきているのが現状です。

## 「まちづくり」のいま

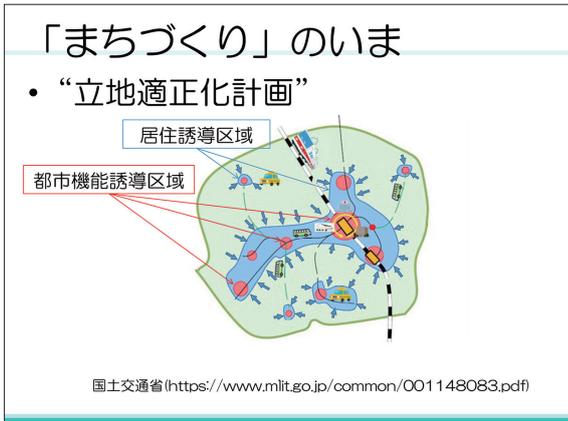
### ・「コンパクト・プラス・ネットワーク」

- ・集約型都市構造
  - ・「コンパクト」だけではない
- ・複数の核となる地域を交通ネットワークで（立地適正化計画）

11

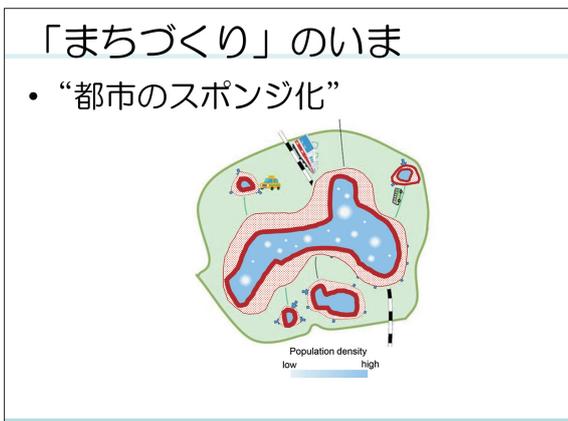
では今、まちづくりはどうしているのか。国交省などで推進されているのは「コンパクト・プラス・ネットワーク」というもので、いわゆる「まちを集約していきましょう」だけでなく「しっかりした交通ネットワークで集約した拠点をつないでいきましょう」というような話を進めています。そこで出てくるのは、立地適正化計画です。

どこに核を置くかという話を、計画として進めているところですよ。



これは国交省から出ているいわゆるポンチ絵と呼ばれるものですが、この緑色の線が市街化区域で、この中に住んでいると固定資産税を払うような範囲になります。ここに対して、住むところは青色の線の中に、それから病院ですとか商業施設とか、そういった機能を持つものは赤色の範囲の中にどんどん少しずつ誘導していきましようというのが、立地適正化計画の概要になります。イメージとしてはこういうものです。

2002年、都市再生特別措置法ができました。立地適正化計画そのものはちょうど10年前の2014年にスタートしています。これまで約10年が経過していますが、市町村でいうと今1,700ぐらいあるうち、この立地適正化計画を取り組んだのは907ですから2分の1強は取り組み始めていることになります。ただ、計画が作られた都市となると636なのだそうで、全体の3分の1程度です。もう10年も経っているのですが、3分の1にしか到達していない。これを多いと見るか少ないと見るかは意見の分かれるところでしょうが、誘導の難しさが関係していると思います。政策上はこうなのですが、問題もあります。都市は政策上、青の矢印のよう



にコンパクトにしたいのですが、みなさん、経験としてどうでしょう。

例えば中心よりは離れたところのほうが安く土地が買えますし、広い庭が付いていて緑も多いし、住環境もいいなということで魅力的に感じることはありませんか。開発事業者さんとしてもそうですね。都市というのは自然にどんどん広がるという傾向があります。では、真ん中はどうですか。なかなか更新されない。つまり人も物も更新されない、新しくならないのです。（真ん中の青い部分にランダムに広がる白い部分を指して）こちらに書かれたように、それぞれ私有地ですから、それぞれの事情があつてうまく利用されていないような場所がランダムに発生するような状況が起きてしまいます。これがなかなか厄介なのです。まとまって出れば大規模なプロジェクトで大きな再開発ができますが、この規模でそれも一つ一つの規模がばらばらであるとなかなか手は打ちにくい。もちろん私有財産ですから、勝手にお上が手を出せないというところもあります。この問題を都市のスポンジ化と呼びます。

### 都市のスポンジ化への対応

- ・政策
  - ・都市政策, 地域政策, 産業政策
- ・土地利用状態
  - ・駐車場, 住宅地, 建物数, 空き家, 農地
- ・人口
  - ・DID, 人口増減, 圏域人口, 交通人口

14

これについては学の世界でもいろいろなことが指摘されています。政策上もいろいろな策が打たれています。例えば都市政策で言えば今のような立地適正化計画のほか、具体的な制度ですと、いわゆる「ほこみち」という歩行者利便増進道路制度もやられていますし、市町村では「まち・ひと・しごと創生総合戦略」などで何とかしようとしています。産業政策では中心市街地活性化法にもとづきいろいろやられていますが、これもなかなか成果が出にくい状況です。

土地の使い方も、駐車場は増えているのか、住宅はタイプによってだいぶ違うのではないのか、人口に対して建物が多過ぎるのではないのか、など色々なアプローチが出ており、農地と共存したほうがいいのでは

ないかということで、最近の生産緑地法改正や田園住居地域という新しい定義も出たところです。

もちろん人口そのものもそうです。ドローンを飛ばす時「DIDの中では駄目、許可が厳しいよ」なんて話をよくお聞きになると思いますが、DIDは昭和30年代に定義されたものです。これでいいのかという話とか、先ほどのような人口増減の話、ある範囲内での人口の話、交通に関わる人口の話など、いろいろなアプローチがあります。

### 広域モニタリングの例

- 人口分布
- 空き家分布

15

今日はその中で都市のスポンジ化に対して、どのようなことができるかという話を、少し事例を使ってご紹介していきたいと思います。まず人口そのものの、あまり見えにくいものをどういう形で可視化していくのかという話です。最後に少し空き家の話もしていきたいです。

### 都市のスポンジ化の特性

- 空間的な特徴？
- 多孔質，断片化...

Aoki, T.(2022) Confronting future urban perforation: Spatial analysis of districts in Japan with potential for being sparsely inhabited, Cities, 122.

- 空間的な特徴に注目した例は未だ

16

まず都市のスポンジ化の話です。先ほどお話ししましたように、都市のスポンジ化には空間的な特徴があるのですが、これがなかなか可視化しにくいのです。言語化すると、まちが少しぼこぼこ穴の開いている多孔質ようになってしまっている。あるいは切れ切れな状態、断片化されているという言葉で表されることが多いですが、可視化は非常に厄介です。

文献調査していても出ていませんが、たまたま阪大の青木先生という若い先生が、2022年頃に、神戸、京都、大阪を中心に、若年層(左の図)、あるいは中年層(右の図)の人口が年とともにどう変化したのかを実際の数値を使って、空間解析しています。これ見ても違いがよく分からないですね。この論文を読んでもみると、ローカル・モラン統計量を使っていて、かなり複雑な構造をしていることをこの先生もおっしゃっています。ローカル・モラン統計量は非常にスタンダードな空間解析の一つの方法ですが、こうした「多孔質の程度」のような空間的な特徴に注目した例はまだ少なく、うまく可視化するのが難しい状況です。

### 空間的自己相関分析

(Getis, A. Ord, J.K. (1992))の応用

そこで、私たちはどうしたかをご紹介したいと思います。ゲティスさんという方が作ったG統計量という手法を使っています。ある地点からある範囲の中にたくさんの方が集まっているところを統計的に抽出できる方法です。

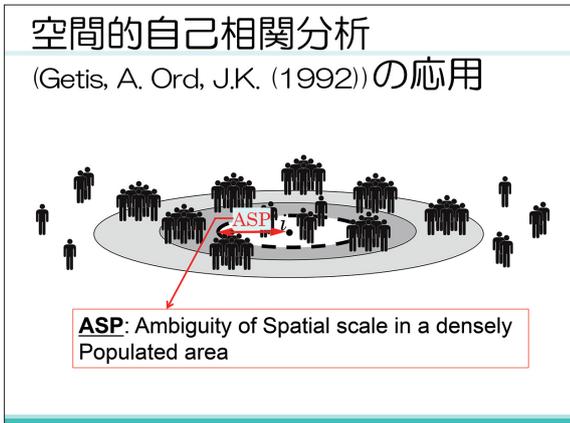
この図のように人が空間的に散らばっているところもあれば、まとまって多くいるところもあります。この点(図上i)を中心にして、このG統計量を使うと、ここにdmaxとありますが、「赤色の半径の範囲内では明らかに人がたくさんいます」という状態をうまく抽出

### 空間的自己相関分析

(Getis, A. Ord, J.K. (1992))の応用

してくれます。

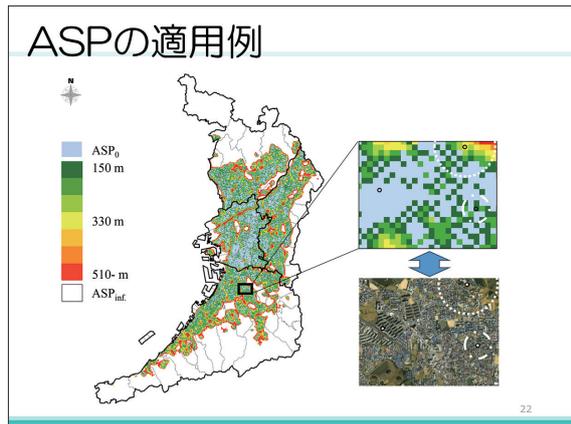
では、ここを中心に赤色で示された半径を少し小さくしてみます。この半径の中でも、やはりたくさんの方がいる感じですね。これは問題ない。都市の中でたくさんの方がおられるという状態がうまく抽出できているという感じです。



ところがもう一段階小さくしますと、この破線の中、人が明らかに少ないです。即ち「人が多いとは言えませんよ」ということを統計的に裏付けることができます。そうしますと、(一番外側の円を指して) 都市内、先ほどの青色の範囲内に相当しますが、ここでは人口は多いのですが、(一番内側の破線の円を指して) ある程度小さい範囲で見ると突然少なくなる。これはまさに先ほどのような「断片化した」とか、「小さな穴ぼこが開いたような分布になっている」と言うこともできるわけです。

それならもしかしたら、これが先ほどの多孔質の一つのパターンになるのではないかとということで、私たちはASP (Ambiguity of Spatial scale in a densely Populated area) という名前での範囲を定義することにしました。これは、ある一点だけを見ても仕方ありません。この計算を全部の地域でなめるように一カ所一カ所を計算していくという方法を取りました。カーネル密度分析や、ウィンドウ処理というような分析手法がありますが、言ってみれば、そのウィンドウごとにこの中心の地点の計算をしていくという方法です。

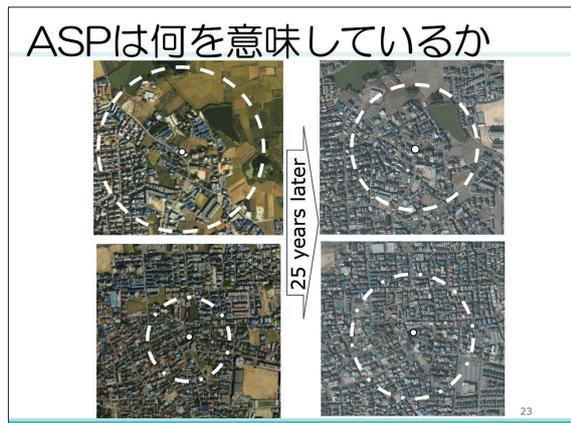
その結果がこちらの絵になります。これは大阪府ですが、この太い黒線は都市計画区域です。真ん中は大阪都市計画区域、大阪市と同じ大きさになります。北摂が北部大阪都市計画区域、私たちの大学がある寝屋川市や、いわゆる北河内とか、あるいは八尾の辺りまでを含む範囲が東部大阪都市計画区域。それか



ら、堺とか泉州の辺りが南部大阪都市計画区域という形で分かります。この中を先ほどのASPの計算を全部回して、それぞれ一カ所一カ所見ていきました。

ドーナツ状になっている穴の小さいところは緑色で、大きくなるにつれて赤色という表示にしています。最後まで行って、もうそんな小さい穴はないというところは薄い紫です。大阪市の中はそういうところが多く見ることが分かります。

拡大してみるとこのような感じです。(右の拡大図中、左側にある黒い小丸付近を指して) この辺りは小さい範囲でもそんなに人口の少ないところはなく人口は十分にあるということになります。(右の拡大図中、右上にある黒い小丸付近を指して) こういうところは少し大きいですね。(その小丸を中心とした白破線円を指して) こういった範囲ではあまり人がいないという感じです。航空写真を重ねてみるとこのような感じです。

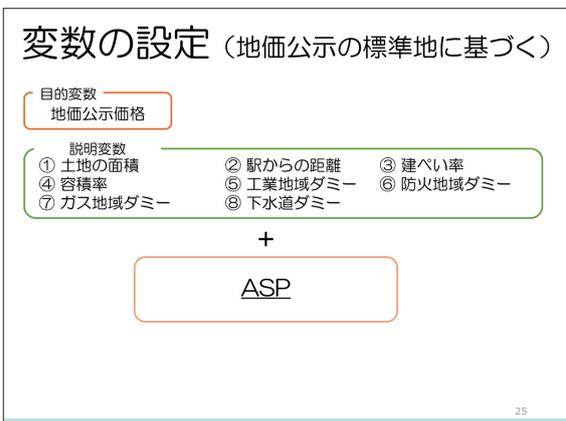


意味するところが分かりにくいので、もう少し分かりやすい事例をご紹介しますと思います。2つの地域の航空写真を持ってきました。これに先ほどのASPと言われる穴ぼこの大きさの結果を重ねてみますと、(左上の写真の白破線円を指して) ここを中心に見た場合は、半径このぐらいの大きさで人が多いとはいえませんよ

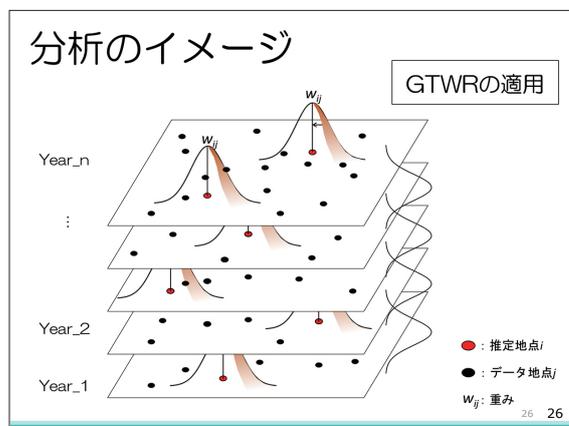
というふうに定義されています。よく見ると農地ですね。あるいは大きな池もありますから人が住めません。当然と言えば当然ですね。土地の使い方に依存しているとも言えます。(左下の写真の白一点鎖線円を指して) こちらは市街地で、もう開発化しているところです。何かグラウンドのようなものも見えますが、上の地域に比べちょっと円が小さめに出ています。

では、これを時間軸で見てください。ここでは25年後を見てみることにします。まず、上の地域の25年後を見てみますと、だいぶ開発が進んでいます。(右上の写真の右上の辺りを指して) この辺りに住宅がずいぶん張り付いている感じです。そうしますと、先ほどの結果、当然この辺は人がもう住んでいますから、人が少ない範囲というのはずいぶん減るので円も小さくなります。開発に連動していることが分かります。では下はどうでしょう。25年後を見てみますと、住宅開発がかなり進んでいるようです。ところが(白一点鎖線円が左側の写真に比べ大きくなっているのを指して) これを見てみますと、なぜか人が少ない範囲というのが広がっています。私たちが思う土地の使い方に反した、人口の動きが出ており、人が少なくなっている可能性が高いという訳です。宅地化が進んで建物がある。しかし人が少ない範囲が増えているということは人口更新、人が入れ替わることを人口更新といいますが、それがうまく進んでないということになります。ということはもしかしたら、この地域の地価、即ち土地の価値が下がっている可能性があるのではないかとということが推測されます。

そこで私たちは、こういった地域と地価との関連性があるか。即ち先ほどのように人の少ない範囲がドーナツ状に出てきていることが、地価にどのように影響しているのかを調べてみることにしました。



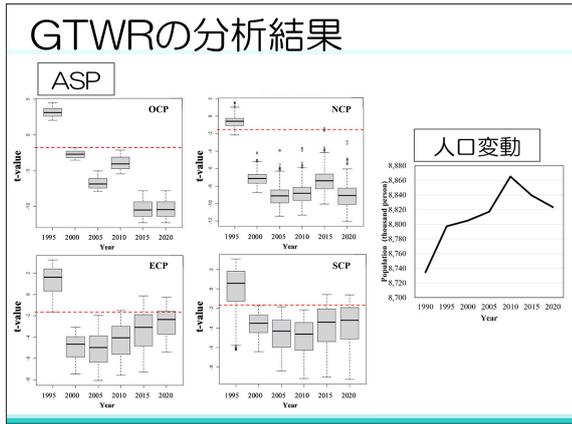
目的変数には地価公示価格を入れます。地価公示の価格は公開されていて、いろいろな説明変数が提供されています。この説明変数は一般的に非常によく地価を表現できると言われています。かつこれは全ての場所ではなく、標準地というものが定義されています。標準地は、住宅地や商業地などの地価を典型的に抽出できる場所で、農地などは入っていません。先ほど農地や池などの人の住まないところはASPが大きくなると言いましたが、おのずとこれらは除外されます。従って私たちが知りたい人間の活動が盛んなところの値が入ってきます。今回はここに変数として先ほどのASPを入れてみる考え方を採用しました。



では、地価との関係どうなっていくのかということですが、このままやってもいわゆる最小二乗法ですから何かしらの係数は出てくる訳ですが、先ほどのように地域ごとに特性があります。大阪市はやはり地価がとても高いですね。南部大阪はやはり開発の圧力が少ないので地価は安くなります。大阪の中心から遠くなるからかもしれません。このように地域性がありますので、このままでやるとそれが反映できません。そこで、地域性を加味する地理的重回帰分析、GWRと言いますが、これを使うことにしました。

ただ、これですとある一時期のものしか見えませんので、先ほどのような25年の経過は見えません。「では、これまでの25年分、時間軸でも一緒に見ていきましょう」ということで、地理的・時間的重回帰分析という形で分析をしていくことにしました。この分析は、点がずれていても2次元の空間+時間軸の3次元空間で分析ができるので、時間変化と一緒に反映できます。

結果どうなったのかを見ていくことにします。まず、グラフを4つお見せします。これは、先ほど導入したASPに関するもので、左上が大阪都市計画区域、

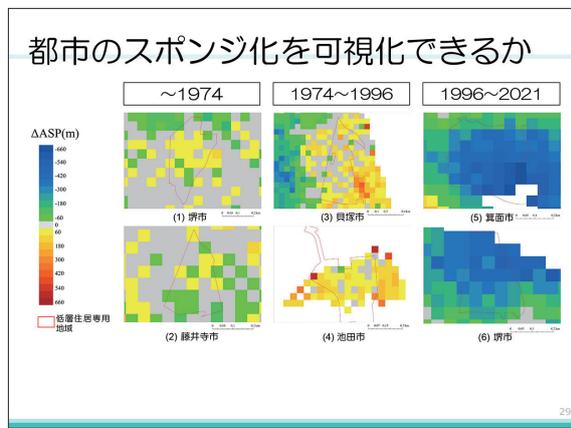


右上が北部、左下が東部、右下が南部です。横軸はそれぞれ1995年から5年毎になっています。これはそれぞれのASPの係数項に意味があるかどうかを統計的に表した値とお考えください。比較するために、大阪全体の人口の変動を右に示しておきます。国勢調査のピッチなので少しグラフが粗い感じですが、前年の90年から載せています。90年から2010年にかけては右肩上がりですが、そこから下がっていることが見ていただけるかと思えます。

では先ほどのASP、つまりドーナツの穴の大きさはどんな関係があるのかを見ていきます。赤い点線から下に行けば行くほど、穴が大きくなり地価を下げるということの意味します。ということは、人口そのものは2010年まで右肩上がりですが、そのドーナツ状の穴が大きくなることで地価が下がるという事象は、既に2000年からスタートしているということになります。即ち、人口が増えているように見えますが、実は(2000年をさして)この辺りから少しずつまちの形態は変わり始めている。それがどうもドーナツの穴の中の大きさを示すASPで、予兆として捉えられているのではないかと私たちの研究では分かっています。これがどの地域でも一貫して地価を下げる。つまり穴が大き

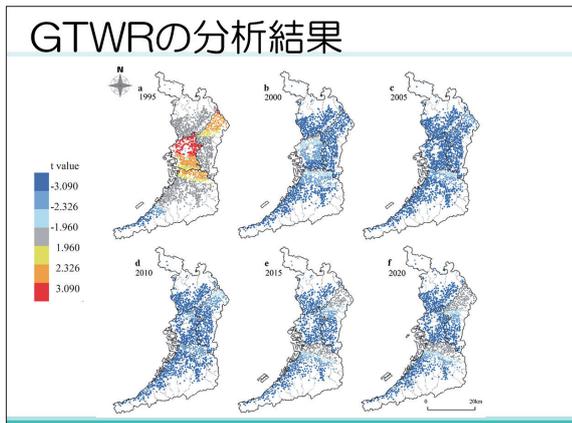
くなればなるほど地価を下げるということが、このグラフから読み取れるというお話です。

それを図化することもできます。先ほど2000年から変わってきていると話しましたが、このとおり左上の95年だけ違う傾向になっています。青色になればなるほど、ドーナツの穴が大きくなる、即ち人口の少ない範囲が大きくなると、地価を下げるということになり、どの地域も同じようになっています。グレーは変化の少ないところなのですが、最近のデータでは少し地域性が出てきており、大きく地価を下げている場所と、そうでもないところと分かれ始めている点も興味深い結果となっています。



ここまで色々お話してきました。では「都市のスポンジ化」の話はどうなったのかということになりますが、人口の空間パターンとしては確かにスポンジ化のような形を取っています。その形が大きくなれば、どうも都市の価値を下げるのではないかと思います。そこはまだ明確に可視化できるまでには至っていません。

これは最近できてきたばかりのものであまりきれいな絵ではないのですが、少しご紹介したいと思います。この赤色、青色の凡例、上に $\Delta$ (デルタ)と書かれています。先ほどの穴の大きさの差を取っています。赤色になればなるほど、穴の大きさが大きくなっていく、即ち人口の少ない範囲が広がっている状態です。青は逆に狭まっているという変化です。それから、薄く見づらく恐縮ですが、各図に赤色の線が書かれています。これは用途地域指定で、第1種、第2種の低層住居専用地域の範囲を示しています。私たちが都市計画を教える時は「商業地とかあるいは事務所を建てられない。特に戸建ての、庭付き一戸建てのような良好な住宅地が守られる地域」と言っています。要するに

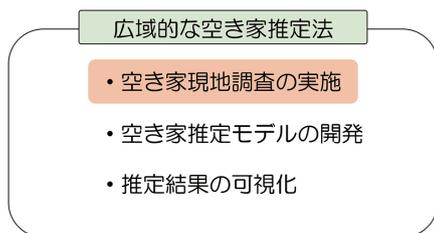


規制の厳しい地域で、逆に言うと新しい開発がされにくい地域です。建て替えは個人単位になりますので誘導が難しい場所になります。

これを、今から50年ぐらい前より開発ができたところ、そこから20年間に開発が起きたところ、さらにこの20年ぐらいで開発が進んだところの3つに分けて、その典型的なところを見ていきます。(一番左の堺市、藤井寺市を指して) 実は50年前に開発されたところは、グレー=変化なしとか、黄色や緑=少しだけ変化したところしか出てきません。もしかしたら人口の更新がスムーズに終わっているかもしれないところかと思われまます。(一番右の箕面市、堺市を指して) 新しく開発されたところはどんどん人が入ってきますので、穴の大きさはぎゅっと小さくなり青色っぽくなります。逆に言うと(真ん中の貝塚市、池田市を指して) 74年から96年に開発されたところは、変化していないグレーのところは少ないですし、赤色系のところはかなり多く出てきています。もしかしたらこの辺は、人口の更新がうまく進んでない、世代の移り変わりが追いついてないということかもしれません。

これから人口が減っていきますので、この傾向がもっとひどくなる可能性はあるかもしれません。もしかしたら、これが言ってみれば都市のスポンジ化の一端を表しているのではないかというのが、今、私たちの最新の研究結果になります。

## 広域的な空き家推定



最後に空き家の話を少しさせていただきたいと思えます。空き家対策の件は、業務で対応されている方も多と思います。空き家特措法ができて、行政は5年に1回空き家に関する計画を立てなければいけないので、全数調査が必要になります。それで調査されている方も多いのではと思います。その一方で、行政がやりたいのはいわゆる特定空き家を探したいというこ

とです。特定空き家とは、例えば風水害が起きた時に倒れて周辺に甚大な影響を及ぼす場合、言葉は悪いですが、持っている本人の同意を得ずに行政が代わりに処分できる、強制代執行できる空き家のことで、それを探したいという目的があります。

ただこの調査ですと、要するに絞り込みの方向で空き家を探していきますから、空き家が増えていることでそのまちがどのくらい衰弱しているかは、実は見落としている可能性があります。そこはもう立ち位置が違うので、どっちに正解がある訳ではないのですが、私たちがやろうとしているのはまち全体がどうかという観点です。

構造として3つに分かれています。調査があって、推定モデルがあって、私たちはランダムフォレストなどの機械学習を使っていますけれども、その上で最終的に可視化することをやっています。

## 空き家現地調査の課題

- ①膨大な時間と労力が必要
- ②ユーティリティメータの電子化やネットワーク化が進み、空き家推定情報が視認できない
- ③私有地に入ることができないので、「庭の状態」が視認できない

23

ここでご紹介するのは現地調査のところですが、経験された方もおられると思いますが、現地調査はやはり労力も大変です。基本的には水道栓や電気メーター、ガス管の開閉などを見ていくのですが、だいぶメーター類が電子化していて視認できなくなっているケースがあります。もちろん私有地に入ることではできないので、その家の管理状態がどうか、例えば庭の状態などはすごく重要なのですが、なかなか視認できないという問題もあります。

「横から見えないなら上から見ましょう」ということで、私たちは取りあえずドローンを飛ばして、その画像で何とかならないかと取り組んでみました。ドローンはDIDの中では飛ばせないのですが、今回私たちは寝屋川市さんにご協力いただいて、公園の上空だけ飛ばす形で許可を得て、直下もしくは斜め観測のデータを取得しました。これを地図上に載せてデータとして起

## UAVからの撮影方法

実施日：2024年8月7日、8日  
 実施時間：10～17時  
 公園数：49箇所  
 撮影高度：150m未満



こしています。目視判読で全てやるとなると大変な量なので、ここでは深層学習などAIの一端の技術を使いました。ただ、何しろ初めてでしたので、成果の良否についてはまだよく分からないというのが実態でした。

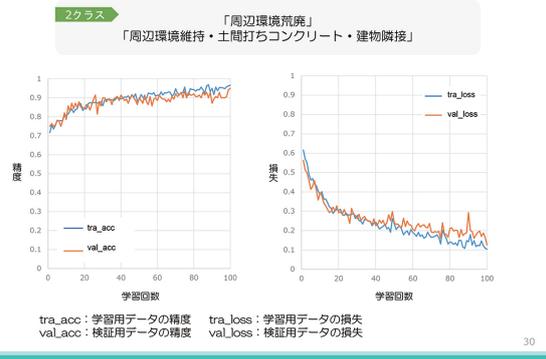
## 画像ラベルの一覧



そこで、まずは人間が判読できるような情報を整理することとし、学生と一緒にどのように読めるのかを調べてみました。上から見て「木がぼーぼーで、荒れています」=①周辺環境荒廃とか、「いや、すごく整理されています」=②周辺環境維持。最近は土間打ちしたおしゃれな新しい家もたくさんあって、そういう家はそもそも庭がないので「整理されているけど庭がありません」=③土間打ちコンクリート。また寝屋川の辺りは密集地が多く「建物どうしが隣接しています」=④建物隣接。このように特徴を4種類に分けて、これを深層学習で学習させてみました。

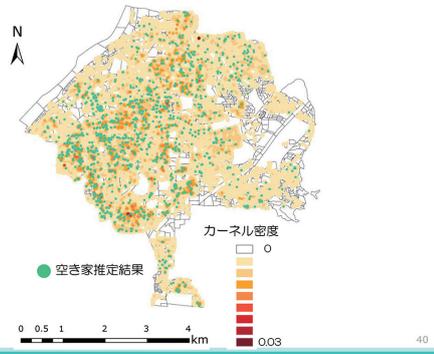
アキュラシーやロスといって深層学習ではよく見る絵ですが、それなりの学習の成果が出ました。例えば現地を外から見ると高い生け垣で中が見えない家でも、上から見てみると中も木が生い茂っていて「周辺環境荒廃」と識別されたり、道路より一段高いところに家があり中の様子は全く分からなくても、上から見

## 深層学習での学習精度



ると裏庭がありそこは人が入れる余地がない状態になっていてこれも「周辺環境荒廃」と識別されるなど、識別はうまくできるところまで来ています。

## 寝屋川市全域における空き家推定結果の可視化



うまく識別ができたので最終的にはこれを使って、機械学習をさせて全体像を見ていくのですが、特定の場所だけ見ていると、何をやっているのか分からないところが出てしまいます。これはその事例です。まず、先ほどのような空き家の要素が多いところをどんどん機械学習で取り込んで、それで学習させたモデルを全体に展開します。そうすると、少し強調して大きくしていますが、緑の点で建物単位に空き家の推定結果が得られます。これを見ると、空き家か空き家じゃないかは、全然規則性がないように思えます。寝屋川市などの地域がそういった可能性があるのか、ポテンシャルとして都市の縮減が始まっているのかを見るには、表現として心もとない感じです。一方、背景に暖色系のグラデーションで表されているものは、機械学習の結果出てきたそれぞれ変数ごとの重みを参考に、それが該当すれば重みを付けて、その建物ごとに簡単に言うと点数付けをして、それをさらにカーネル密度推定のような形で面的に表したものです。

そうしますと、空き家である可能性の高い家が多く

分布するである地区が濃い色で表される結果が得られます。むしろこちらのほうが、まちが縮減していく可能性のある場所を可視化しやすいのではないかと考えています。

ドローンでやると、どうしても飛ばすのが限界なので、今、人工衛星でできないかという研究も進めています。

## おわりに

- 都市衰退の可視化
- 多層でのアプローチ
- 需要・供給予測と技術予測

42

最後にまとめです。まちのコンパクト化とか、都市のスポンジ化などと言われていますが、現実としてそれを見ることはなかなか難しいです。これをいかに可視化していくかが、今後重要となります。

それから、今日は人口の話と、最後に少し空き家の話をしましたが、例えば経済的な話なども含め、いろいろな層で見えていく必要があると思っています。さらに言えば、先ほどお話したように、法律ができて10

年経って適用した計画がまだ半分弱、いや、3分の1しか実施できておらず、やはりとても長丁場となる話です。人口の更新も世代とともに変わってきますから、かなり長スパンの話であると認識した上で、注視していかなければなりません。

また、人口が減っていくので当然需要は減っていきます。労働者供給という意味では供給も減っていきます。この辺りはみな危機感をもって予測を立てていると思いますが、今日も前の講演でデジタルツインの話がでていたように、いろいろな新しい技術がどんどん充実してきているので、この技術予測を持って都市の縮退に対抗していく、将来計画を立てていくという姿勢が今後重要だと個人的には思っております。

最後、駆け足になってしまいましたが、これで今日の話を終りたいと思います。貴重な機会を頂きましてありがとうございました。(拍手)



### 講演者

熊谷 樹一郎 (くまがい きいちろう)  
 摂南大学 理工学部 都市環境工学科  
 教授

本稿は2025年9月11日に開催された、当協会主催「社会・技術動向講演会2025 in 大阪」における、熊谷樹一郎氏の特別講演の内容をまとめたものです。