コンパクトシティ化による住宅形態の変化と物質利用に関する分析

高杉　晃司[1]・橋本　征二[2]

[1]非会員　立命館大学大学院　理工学研究科（〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1 丁目 1-1）
E-mail: ce0006vp@ed.ritsumei.ac.jp

[2]正会員　立命館大学　理工学部
E-mail: shashimo@fc.ritsumei.ac.jp (Corresponding Author)

人口減少を背景に都市のコンパクト化への関心が高まっており，資源消費の抑制を目的とした政策が進められている．都市のコンパクト化は環境影響の低減にも寄与すると考えられるが，資源消費に着目した研究は少ない．本研究では，人口密度による住宅形態の変化に関する分析をもとに，都市機能の集約を意図した住居誘導が，住宅に関わる物質利用に対して与える影響を分析した．分析の結果，人口密度の増加に伴い，一人当たり建設資材重量は増加する結果となったが，人口密度帯や地域よって増加する資材重量に差異があることが確認された．

Key Words: *人口密度・物質ストック*

1. はじめに

近年，我が国では人口減少・高齢化が進み，その影響から都市機能に対して様々な問題が生じている．地域の過疎化やそれに伴う地域活力の低下は，医療・福祉・商業等の生活機能の低下につながり，高齢者問題でもある交通弱者の増加などが懸念されている．その対応策として，国土交通省の発表する主な施策には，コンパクトシティについて述べられている項目があり，その項目内では平成 26 年 3 月に公表された「国土のグランドデザイン」など，基本戦略としてコンパクトな拠点とネットワークの構築について記述されている．コンパクトシティの実現に向けては富山市などが積極的に取り組んでおり，同市は多極分散型の都市構造を目指してきた．この取り組みの結果，公共交通の利用者増加[注 1)]や郊外戸建てから集合住宅への移り変わり[注 1)]などをみることができた．また，SDGs では環境問題についての言及も含まれており，コンパクトシティ化が環境問題を改善する可能性も期待されている．例えば，地域の人口を集約することにより，自動車利用が抑制されれば，二酸化炭素排出量の抑制に繋がる．前例として挙げた富山市で起きた郊外戸建てから集合住宅の移り変わりでは，既存研究より家庭部門のエネルギー消費量・二酸化炭素排出量の削減結果が伺える．

昨今では都市のコンパクトシティ化が持つ断続的な環境問題改善効果についての研究は多くなされているが，都市環境を評価するには中長期的な影響を評価する必要があるといえる．日本においてもフロー型社会からストック型社会への転換が徐々に行われており，ストック量としての評価は重要な評価指標である．都市のコンパクト化はストック型社会形成に強く関りを持つと考えられる一方で，コンパクトシティ化と都市のストック量の関係性についての研究は多くない．そこで本研究では，住居誘導による人口密度の変化がどのよう住宅形態へ変化を及ぼし，住宅に対する物質利用はどの程度影響を受けるのかを分析することを目的とした．

2. 方法

(1) 概要

本研究では，住居誘導による住宅形態と物質利用の変化に関する分析を行うために下記を行った．

①人口密度と住宅形態等の関係の分析
②建て方別住宅数の推計
③物質ストック量の推計

この節では住宅戸数を求め，物質ストック量の算定を行う．全体の流れとして，建て方別戸数の算出，構造別

戸数の算出，延べ床面積への換算，建築年度別への割り振り，建設資源重量の算出，物質ストック量の評価である．

④仮想都市とシナリオの設定

上記の結果を用いることにより，住居誘導を行うことで誘発する人口密度の増加は，一人当たりの物質ストック量・物質需要量にどのように変化を与えるのか分析した．

(2) 人口密度と住宅形態等の関係の分析

全国の市区町村及び各都道府県内の市区町村を対象に，人口密度[注2)]と建て方別住宅割合，建て方別1住宅当たり平均延べ床面積[注3)]，平均世帯人員[注2)]の関係を分析した．建て方別住宅割合については，建て方別住宅数[注3)]を用いて算出した．ここで，建て方別とは，戸建住宅，共同住宅の別である．

また，全国の都道府県を対象に，人口密度[注2)]と建て方別空き家率の関係を分析した．建て方別空き家率については，建て方別空き家数[注3)]を用いて算出した．なお，建て方別空き家数については，市区町村毎のデータが無いため都道府県での分析とした．

これらの関係を用いて以下の計算を行った．

(3) 建て方別住宅数の推計

建て方別住宅数，建て方別住宅割合，建て方別空き家率，平均世帯人数，人口密度，自治体面積には以下の関係がある．(2)式の両辺は世帯数である．

$$\boldsymbol{X}:\boldsymbol{Y}=\boldsymbol{x}:\boldsymbol{y} \tag{1}$$

$$\boldsymbol{X}\times(\boldsymbol{1}-\boldsymbol{v_x})+\boldsymbol{Y}\times(\boldsymbol{1}-\boldsymbol{v_y})=\frac{\boldsymbol{D}\times\boldsymbol{A}}{\boldsymbol{N}} \tag{2}$$

ここで，X，Yは，それぞれ戸建住宅，共同住宅の住宅数，x，yは，それぞれ戸建住宅，共同住宅の住宅割合，v_x，v_yは，それぞれ戸建住宅，共同住宅の空き家率，Dは人口密度，Aは自治体面積，Nは平均世帯人数である．

(1)(2)式から，下式により建て方別住宅数(X，Y)を推計した．

$$\boldsymbol{X}=\left(\frac{\boldsymbol{D}\times\boldsymbol{A}}{\boldsymbol{N}}\right)\Big/\left((\boldsymbol{1}-\boldsymbol{v_x})+\frac{\boldsymbol{y}}{\boldsymbol{x}}\times(\boldsymbol{1}-\boldsymbol{v_y})\right) \tag{3}$$

$$\boldsymbol{Y}=\frac{\boldsymbol{y}}{\boldsymbol{x}}\times\boldsymbol{X} \tag{4}$$

なお，x，y，v_x，v_y，Nは，人口密度(D)の関数であり，前節(2)における分析から得られた近似式に対して，あらかじめ設定した人口密度(D)を用いることでそれぞれ算出した．

(4) 物質ストック量の推計

a) 建て方別構造別建築時期別住宅数の推計

戸建住宅(X)と共同住宅(Y)の構造別建築時期別住宅数を次式により推計した．

$$\boldsymbol{X_{ij}}=\boldsymbol{X}\times\boldsymbol{\alpha_i}\times\boldsymbol{\lambda_j} \tag{5}$$

$$\boldsymbol{Y_{ij}}=\boldsymbol{Y}\times\boldsymbol{\beta_i}\times\boldsymbol{\mu_j} \tag{6}$$

ここで，X_{ij}，Y_{ij}は，それぞれ戸建住宅，共同住宅における構造 i，建築時期 j の住宅数，α_i，β_iは，それぞれ戸建住宅，共同住宅における構造 i の住宅割合，λ_j，μ_jは，それぞれ戸建住宅，共同住宅における建築時期 j の住宅割合である．α_i，β_iは，建て方別構造別住宅数[3)]を建て方別住宅数で除すことで算出した．ここで，構造は木造，鉄骨造，鉄筋・鉄骨コンクリート造・その他である．また，λ_j，μ_jは，建て方別建築時期別住宅数[3)]を建て方別住宅数で除すことで算出した．

b) 建て方別構造別建築時期別延べ床面積の推計

(2)で分析した人口密度と建て方別一戸あたり平均延床面積の関係より，設定した人口密度での建て方別一戸当たり平均延べ床面積をそれぞれの戸数に乗算することで建て方別構造別建築時期別延べ床面積への換算を行った．

c) 物質ストック量の推計

前項までに算出された，年代ごとに割り振られた建て方構造別延べ床面積に対して，該当年代別での建設資材労働力実態調査から得られた面積原単位を乗算することで，資材別重量に換算した．ここでの換算資材項目は，セメント・砂(新材)・砕砂・再生砂・砂利・砕石(新材)・再生砕石・木材・鋼材の計9種である．

d) 物質ストック量の評価

前項で算出された建設資材ごとの重量を建て方別に集計することにより，総量評価を行う．

(5) 仮想都市とシナリオの設定

本研究では，人口密度帯や地域ごとの特徴を捉えるため，前節(2)の分析をもとに，全国の異なる人口密度帯や特定の都道府県を対象として仮想都市を設定した．人口密度帯の分類は 10,000(人/km^2)以上の高密度帯，10,000(人/km^2)未満～5,000(人/km^2)以上の中密度帯，5,000(人/km^2)未満の低密度帯の3つである．

仮想都市の作成では，対象とする人口密度帯および都道府県の平均的な人口密度が基礎となる変数である．この人口密度を用いて，前節(2)の分析から得られた関係式より他の変数を推計し，仮想都市の各種変数とした．

この平均的な人口密度に基づく仮想都市を「初期状態」とし，居住地面積を 80%に縮小させ人口密度を高めた「住居誘導シナリオ」を設定した．具体的には，「初期状態」の居住地面積を 40km^2，「住居誘導シナリオ」の居住地面積を 32km^{2}とした．

3. 結果と考察

(1) 人口密度と住宅形態等の関係

全国の市区町村に対象に，人口密度と各指標の相関関係について分析した結果を**表-1**，**図-1～5** に示す．本研究では，決定係数 R2 値が 0.5 以上の場合に関係性があると評価した．

表-1 の通り，人口密度との関係性がみられた項目は建て方別住宅割合のみであった．そのため，仮想都市作成においては，建て方別住宅割合のみを人口密度の関数として設定した．平均世帯人員，空き家率，1 住宅当たり平均延べ面積については対象となる範囲(高密度帯，中密度帯，低密度帯)それぞれの平均値(**図-1**)を用いることとした．

表-1 人口密度と住宅形態等の関係

項目名	相関関係	決定係数
平均世帯人員	無	0.04
建て方別住宅割合	有	0.70
戸建住宅の空き家率※	無	0.20
共同住宅の空き家率※	無	0.33
戸建住宅の 1 住宅当たり平均延べ床面積	無	0.31
共同住宅の 1 住宅当たり平均延べ床面積	無	0.05

※空き家率は都道府県のデータを使用

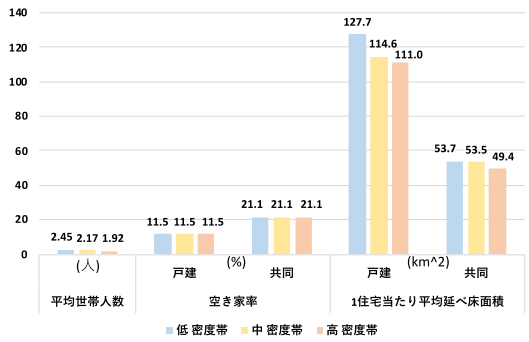

図-1 密度帯ごとの平均値

※空き家率は全国の平均値

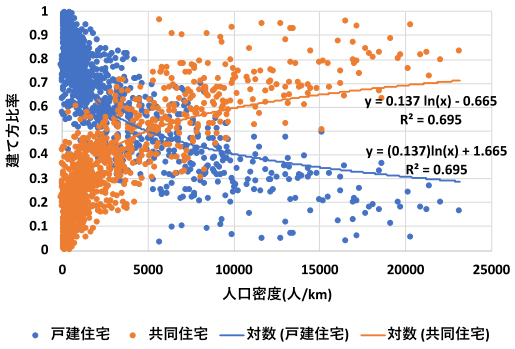

図-2 人口密度と建て方別住宅割合の関係

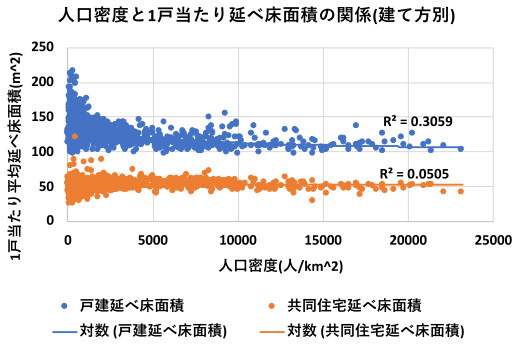

図-3 人口密度と 1 住宅当たり平均延べ面積の関係

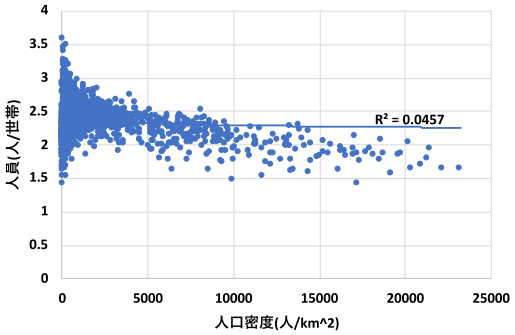

図-4 人口密度と平均世帯人員の関係

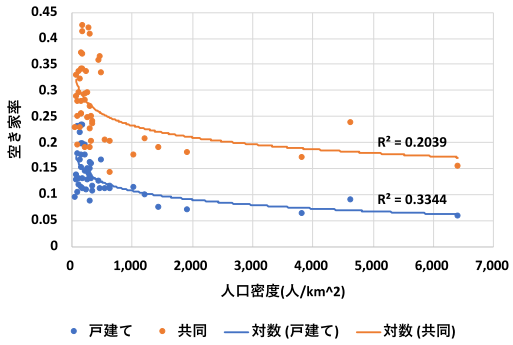

図-5　人口密度と空き家率の関係

続いて，各都道府県の市区町村を対象に，人口密度と各指標の相関関係について分析した結果，高い相関関係が見られた埼玉県，滋賀県，島根県における人口密度と各指標の相関関係を**表-2** に示す.

全国での結果と同じく，建て方別住宅割合において相関関係がみられた．また，県によっては 1 住宅当たり平均延べ床面積，平均世帯人員でも相関関係が得られた.

表-2　3 県における人口密度と住宅形態等の関係

項目	埼玉県	滋賀県	島根県
建て方別住宅割合	相関有 R^2=0.86	相関有 R^2=0.85	相関有 R^2=0.83
戸建住宅の 1 住宅当たり平均延べ床床積	相関無 R^2=0.42	相関有 R^2=0.63	相関無 R^2=0.002
共同住宅の 1 住宅当たり平均延べ床面積	相関無 R^2=0.004	相関無 R^2=0.28	相関無 R^2=0.37
平均世帯人員	相関有 R^2=0.69	相関有 R^2=0.56	相関無 R^2=0.003

(2)　設定した仮想都市

密度帯ごとにおける「初期状態」での人口密度はそれぞれ 18,000(人/km^2)(高密度帯)，8,000(人/km^2)(中密度帯)，1,000(人/km^2)(低密度帯)として設定した．．想定面積は 40km^2 で一定である為，仮想都市内人口はそれぞれ 720,000 人(高密度帯)，320,000 人(中密度帯)，40,000 人(低密度帯)となっている．れら 3 つの密度帯は住居誘導による人口密度の増加によって建て方のみが変化する．一方で埼玉県，滋賀県，島根県を対象とした分析における「初期状態」での人口密度は順に 3760(人/km^2)，1130(人/km^2)，370(人/km^2)となっており，住居誘導による人口密度の増加に伴い，埼玉県では建て方と平均世帯人数が変化し，滋賀県では建て方，戸建住宅の 1 住宅当たり平均延べ床面積，平均世帯人員が変化，そして島根県では建て方のみの変化となっている.

(3)　シナリオごとの物質ストック量・物質需要量

3 つに分類された人口密度帯について初期状態における一人当たり建設資材重量の算出結果を**図-6** に示す.

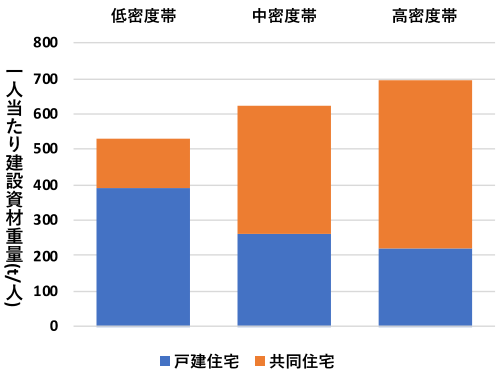

図-6 人口密度帯ごとの仮想都市初期状態における一人当たり建設資材重量

続いて，住居誘導によっての変化量を**図-7, 8** に図化した.

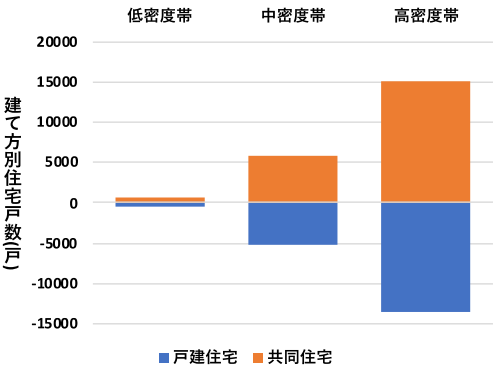

図-7　人口密度帯ごとの住居誘導に伴う建て方別戸数の変化

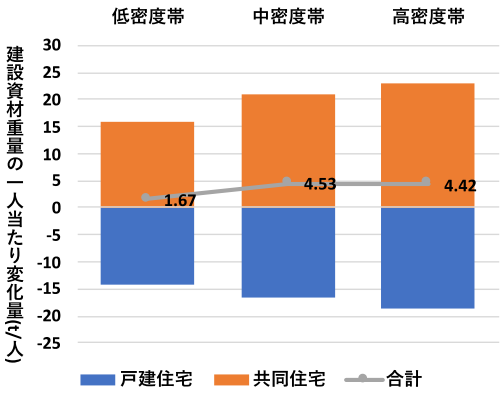

図-8　人口密度帯ごとの住居誘導に伴う
建設資材重量の変化

全体的な傾向として，住居誘導に伴う人口密度の増加は，戸建住宅から共同住宅へと移り変わりを起こす事が図-7から見て取れる．結果として，一人当たり建設資材重量はすべての人口密度帯で増加している．増加原因として，共同住宅は戸建住宅に比べ非木造が多く，延べ床面積当たりの資材重量が重い事が考えられる．また，共同住宅での空き家率は戸建住宅に比べ高いことから，1戸あたりの平均延べ床面積が戸建住宅より狭いにも関わらず，総延べ床面積の減少が見込めていないと言える．

続いて，変化量の大小関係について注目してする．変化量の大小関係は大きい順に中密度帯，高密度帯，低密度帯であった．ここで留意しておきたいのが，人口密度帯の3分類において，居住地面積縮小率は同じだが，人口密度の変化量が異なる点である．1戸当たり平均延べ床面積に着目すると，戸建住宅では低密度帯がもっとも広く，高密度帯が最も狭い結果となっている．一方，共同住宅では低密度帯，中密度帯ともに同程度の面積である．その為，低密度帯と中密度帯を比較すると，1世帯が戸建住宅から共同住宅に移住した際の1戸あたりの延べ床面積の減少幅は低密度帯の方が大きいと言える．

同様に，埼玉県・滋賀県・島根県を対象とした建設資材重量の変化については図-9として図化した．

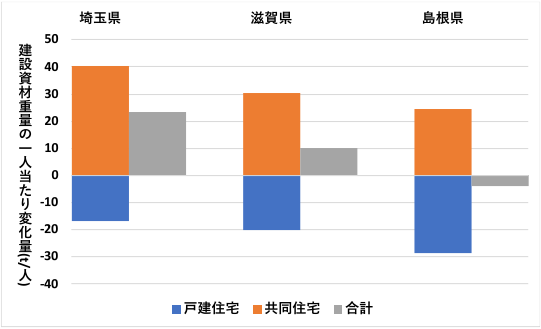

図-9　対象都市ごとの住居誘導に伴う
建設資材重量の変化

都市ごとの結果に着目すると，住居誘導を行う事で埼玉県・滋賀県では建設資材重量の増加に繋がる結果となったが，島根県においては減少となる結果になった．その理由として，島根県では，戸建住宅と共同住宅での空き家率が大きく変わらない事，1戸当たり平均延べ床面積の差が3倍程度ある事が考えられる．た，埼玉県と滋賀県では人口密度の増加に伴い，平均世帯人数が減少することから世帯数が増加し，その結果戸数が増加したと言える．そのため共同住宅の一人当たり建設資材重量の増加に寄与している．

試験的に空き家率を変動させた場合の結果を図-10に示す．この結果は滋賀県を対象としたものであり，住居誘導に伴い図中下側の青色部分の空き家率にする事が出来れば，初期状態より一人当たり建設資材重量の減少を実現できることを意味する．滋賀県を対象とした初期状態の空き家率は戸建住宅が10.5%共同住宅が24.0%である．

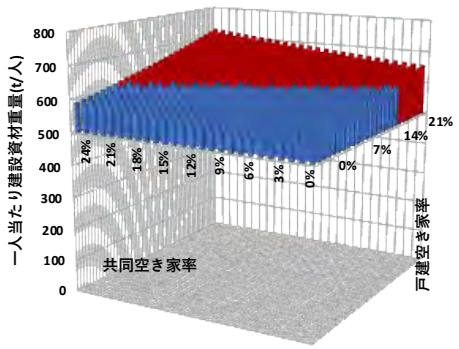

図-10　滋賀県を対象とした空き家率と
一人当たり建設資材重量の関係

4. おわりに

日本国内での傾向として，住居誘導に伴う人口密度の増加は，住宅に対する一人当たりストック量の増加に繋がる傾向がみられた．一方，対象を絞った分析では，島根県のような減少結果がみられる地域が存在した．このことから，住居誘導によるストック量の削減効果は，地域の特性に影響される可能性がある事が示唆された．

また，本研究での分析では，人口密度を基にした空き家率を採用したが，住居誘導の方法によっては，共同住宅空き家率をさらに低下させる事も可能だと考える事ができる．その為，住居誘導による物質ストック量の削減に対する可能性は残されており，都市のコンパクト化政策には誘導方法に関して考慮する必要があると言える．

NOTES

注1) 総務省-コンパクトシティ戦略による富山型都市経営の構築~公共交通を軸としたコンパクトなまちづくり~ https://www.soumu.go.jp/main_content/000582312.pdf．2018

注2) 総務省統計局：令和２年国勢調査 https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2020/index.html. 2020

注3) 総務省統計局：平成 30 年住宅・土地統計調査 https://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2018/tyousake.html. 2018

(Received June 19, 2023)
(Accepted August 21, 2023)

Analysis of change in housing form and material use due to compact city development

Koji TAKASUGI, Seiji HASHIMOTO

Against the background of population decline, interest in compact cities is increasing, and policies aimed at restraining resource consumption are being promoted. Compact cities are thought to contribute to the reduction of environmental impacts, but there are few studies that focus on resource consumption. In this study, based on an analysis of changes in housing forms due to population density, we analyzed the impact of residential guidance intended to consolidate urban functions on housing-related material use. As a result of the analysis, it was found that the weight of construction materials per capita increased as the population density increased, but it was confirmed that there were differences in the weight of construction materials that increased depending on the population density zone and region.