

4d-GIS を用いた建築物滞留年推計モデルの構築と物質ストック・フロー分析

-名古屋市中心部を対象として-

名古屋大学大学院 学生会員 ○野中一鴻

名古屋大学大学院 正会員 奥岡桂次郎 谷川寛樹

1. はじめに

環境白書¹⁾の物質フロー図によると、我が国における2013年度の蓄積純増は5.2億トンであり、物質フローに伴う大量の物質ストックが存在すると考えられる。構造物を建設・維持する際に物質フローが発生し、その際に鋼材・コンクリート・木材といった建築資材が大量に蓄積する。また、各都市の人口動態等の社会的背景も様々であり、それに伴い建築資材の蓄積傾向も異なる。そして今後、耐用年数を迎えた建築資材が、大量に廃棄物となって排出される可能性がある。

循環型社会の構築に向けて、廃棄物の発生源となる物質ストックや、都市構造物の更新頻度である滞留年を詳細に把握することが重要である。さらに、滞留年を推計する際に、人口動態などの社会的背景を考慮する必要がある。社会的・地理的要因を考慮した物質ストック・物質フローを詳細に分析する手段としてマテリアルストック・フロー分析(MSFA: Material Stock Flow Analysis)が挙げられる。

これまでに、Hashimoto *et al.*(2007)²⁾、田中ら(2013)³⁾、Fishman *et al.*(2014)⁴⁾、Tanikawa *et al.*(2015)⁵⁾は統計データを用いることで広範囲での都市構造物のMSFAを行った。しかし、統計データでは詳細な地域・構造物単位での分析は困難であるため、空間分布を考慮した分析にはGIS (Geographic Information System)が用いられる。さらに、構造物単位での時系列変化を推計する際には、GISデータベースに時間軸を加えた4d-GISデータベースが利用される。青柳ら(2014)⁶⁾は名古屋市中心部において、建築物・道路・鉄道を対象に1970年、1980年、1990年、1997年、2003年、2009年の6年代で4d-GISデータベースを構築し、MSFAを行なった。

本研究では、名古屋市中心部を対象に、人口統計と地理的要因を考慮した詳細な4d-GISデータベースを構築することで、都市構造物単位(建築物・道路・鉄道)に着目した物質ストック・物質フローの定量化を行なった。名古屋市中心部については青柳ら(2014)⁶⁾を更新し、1960年、1949年を追加した8年代とした。さらにより詳細なMSFAを行うため、建築物の構造決定の仮定を改善し、各年代の建築統計年報に沿うよう修正した。また、人口密度の増減を考慮した建築物の滞留年を推計した。

2. 推計方法

本研究における対象区域は名古屋市中心部約12km²とした。また、人口密度を算出するため、国勢調査の結果を元に名古屋市が推計している小学校区別人ロデータを利用した。

2.1 物質ストック・フローの推計

建築物は延床面積に、道路と鉄道は延長距離に資材投入原単位を乗じることで各構造物の物質ストックを推計した。

名古屋市の建築物に関して、1997年、2003年、2009年のGISデータについては株式会社ゼンリンのZ-map TOWNII⁷⁾を、1997年以前については整備されたGISデータが存在しないため、住宅地図を用いてデータを作成した。また1949年に関しては住宅地図も存在しないため、航空写真と都市計画基本図を参考にデータベースを構築した。

Z-map TOWNII⁷⁾には構造種別に関するデータが無いため、表-1のように建物用途、階数、延床面積、各年代の建築統計年報から建築物の構造種(木造、S造、RC造)を決定した。

表-1 建築物の構造決定に用いた仮定

年代	建物用途	階数	延床面積	構造種
1949 - 2009	戸建住宅	→	→	木造
	非戸建住宅	3階以下	建築物統計年報より、各年代の着工割合(木造/S造)を適応させる	S造
		4階以上	→	RC造

2.2 建築物滞留年の推計

建築物が着工されてから解体に至るまでの経過年 x_1 (年)、解体時の人口密度の変化率 x_2 を説明変数とし、最尤法を用いることで着工年別の建築物滞留年を推計した。建築物は着工後ある一定の期間利用された後、解体されると考えられるため、目的変数 $y(t)$ を解体率とし、以下の成長率曲線(ロジスティック曲線)を用いた(式1)。

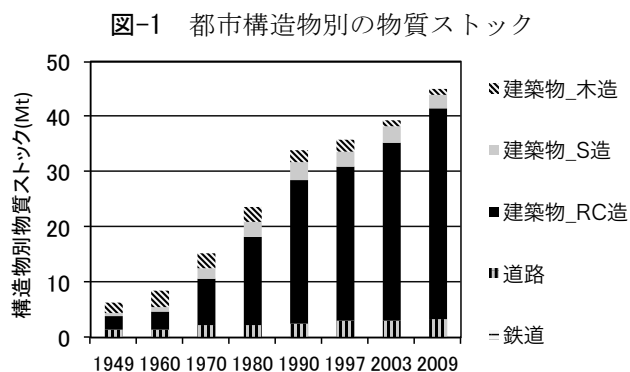
$$y(t) = \frac{1}{1 + \exp\{-(\beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3)\}} \quad (\text{式 1})$$

ただし、 $y(t)$:経過年数 x_1 (年)における解体率、 x_2 :人口密度の変化率、 β_1 、 β_2 、 β_3 :偏回帰係数、である。

3. 結果と考察

3.1 物質ストックの推計結果

図-1に都市構造物別の物質ストックの内訳を示す。各都市構造物で比較すると、建築物の物質ストックが通年で8割以上を占め最も割合が大きいことが示された。建築物の物質ストックは1949年の5.8Mt(1949年)から42.4Mt(2009年)と、60年間で約7倍にまで増加した。また、通年で物質ストックは増加傾向を示した。対象エリアにおける著しい高層化と資材投入原単位の大きいRC造の割合の増加が考えられる。



3.2 建築物滞留年の推計結果

都市構造物の中で、物質ストックの割合が最も大きい建築物に対して、着工年ごとの滞留年を推計した。1949年着工の各偏回帰係数を表-2に示す。また、解体率が0.5となる経過年数を建築物滞留年とし表-3に示す。

表-3より、人口密度の増加よりも人口密度の減少が建築物の解体に大きく影響していることが明らかとなった。人口が前年度よりも5%減少した場合、建築滞留年は約12年短くなる結果となった。この対象エリアにおける人口密度の増減は表-4のように示される。1949年から1960年にかけて、上名古屋小学校区の人口増加が著しいが、これは1949年時点では田畑として利用され人口の少なかった地域が、住宅地として利用されるようになったためと考えられる。特に名古屋駅や栄駅といった名古屋の主要駅の周辺における人口減少が1960年から1980年にかけて見受けられる。多くの建築物はドーナツ化減少による人口減少の著しい地域で解体されたと考えられる。

表-2 偏回帰係数

	β_1	β_2	β_3
各偏回帰係数	0.0461	-11.5036	9.5404
P値	0.05以下	0.05以下	0.05以下
サンプル数	28109		

表-3 各人口密度の変化率に対する建築物滞留年

人口密度変化率	-5%	0%	+5%
建築物滞留年	30.3年	42.7年	55.1年

表-4 各小学校区の人口変化率(%)

小学校区	1949-1960	1960-1970	1970-1980	1980-1990	1990-1997	1997-2003	2003-2009
東桜小学校	110.4	74.0	80.1	96.3	97.9	115.7	71.7
山吹小学校	119.5	81.6	77.4	91.0	101.6	114.6	95.2
清水小学校	133.2	108.6	99.0	86.4	90.1	93.8	111.8
金城小学校	105.9	112.0	88.2	86.3	94.4	95.8	99.8
児玉小学校	153.5	95.1	79.2	87.0	103.7	101.1	102.9
南押切小学校	96.7	83.3	71.1	68.2	97.8	103.9	110.0
城西小学校	147.2	96.1	81.3	91.9	96.5	97.0	96.1
幅下小学校	88.4	75.7	75.6	93.3	95.2	97.6	81.9
栄生小学校	110.0	88.1	69.4	83.5	88.8	100.4	111.6
櫻小学校	126.1	85.2	74.2	85.2	87.6	98.6	93.2
江西小学校	94.1	76.6	76.9	72.8	93.6	104.2	84.5
那古野小学校	99.1	79.8	73.6	79.8	95.1	101.1	81.2
上名古屋小学校	199.0	107.4	75.5	90.5	98.2	98.2	102.4
笹島小学校	85.7	67.0	65.7	72.8	84.0	99.5	60.4
新栄小学校	104.5	75.7	69.8	94.0	113.8	115.0	93.4
栄小学校	90.0	69.2	71.9	85.8	88.8	107.0	79.6
老松小学校	137.2	90.7	85.8	106.6	103.1	113.1	86.4
名城小学校	52.8	63.4	78.8	84.6	83.6	97.4	80.6
御園小学校	-	56.2	57.7	84.5	87.0	102.8	78.2

4. おわりに

本研究では名古屋市中心部について、各都市構造物を対象にMSFAを行った。今回は建築物滞留年の推計モデルとして、新たに最尤法によるパラメータ推定を行った。人口密度の変化を考慮した建築物滞留年を推計した結果、人口密度の減少によって建築物滞留年が短くなった。今後は現在の解体率の推計モデルに人口や経済状態の変化を考慮し、推計する必要がある。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、環境省環境研究総合推進費(2-1711)、第III期環境経済の政策研究、日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(B)26281056, 15H02863, 15H02862)の支援を受けている。

参考文献

- 1) 環境省：環境・循環型社会・生物多様性白書，p169，2016。
- 2) S. Hashimoto, H. Tanikawa, Y. Moriguchi: Where will large amounts of materials accumulated within the economy go? - A material flow analysis of construction minerals for Japan -, Waste Management, Vol.27, No.12, pp.1725-1738, 2007.
- 3) 田中健介，早川容平，奥岡桂次郎，杉本賢二，谷川寛樹：都道府県における建築物・社会基盤施設の経年マテリアルストック推計に関する研究，環境システム研究論文集，Vol.41, pp.25-34, 2013.
- 4) Tomer Fishman, Heinz Schandl, Hiroki Tanikawa, Paul Walker, Fridolin Krausman: Accounting for Material Stock of Nations, Journal of Industrial Ecology, Vol.18, pp.407-420, 2014.
- 5) Hiroki Tanikawa, Tomer Fishman, Okuoka Keijiro, Sugimoto Kenji: The Weight of Society Over Time and Space: A Comprehensive Account of the Construction Material Stock of Japan, 1945-2010, Vol.19, pp.778-791, 2015.
- 6) 青柳淳之介，奥岡桂次郎，杉本賢二，谷川寛樹：名古屋市中心部の4d-GISによる用途地域ごとのマテリアルストック・フロー分析，環境システム研究論文集，Vol.42, pp.1-6, 2014.
- 7) 株式会社ゼンリン：Z-map TOWNII, 2009.