

GIS差分データを用いた都市構造物の 耐用年数推計に関する研究

東岸 芳浩¹・谷川 寛樹²・橋本 征二³

¹学生員 和歌山大学システム工学部 環境システム学科(〒640-8510 和歌山市栄谷930番地)
E-mail:s084040@sys.wakayama-u.ac.jp

²正会員 和歌山大学助教授 環境システム学科 (〒640-8510 和歌山市栄谷930番地)
E-mail:tanikawa@sys.wakayama-u.ac.jp

³正会員 (独)国立環境研究所 主任研究員 (〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)

都市構造物として蓄積された建設資材は耐用年数経過後、中間処分場にて再生資材としてリサイクルされるか、最終処分されている。また耐用年数を迎える以前に経済的、社会的要因により利用されなくなる都市構造物も存在する。都市の物質代謝を明らかにし、将来必要・不要となる物質質量を知ることが循環型社会の構築に寄与することができる。本研究は都市構造物の物質代謝を明らかにするためにGISを用いて、航空写真・現地調査をもとに時系列GISデータベース構築を行った。さらに循環型社会システム構築の基礎とするために各年代間での位置情報比較から耐用年数の推計を行った。

Key Words : *Material Flow Analysis, Geographical Information Systems, Lifespan of Structure, Historical Spatial Data*

1. はじめに

2000年5月に循環型社会形成推進基本法が制定され¹⁾循環型社会への取り組みが本格化している。建設部門においても建設リサイクル法の制定により建設副産物の抑制やリサイクル率の向上といった対策が望まれているが、依然として排出量は高い水準にあるのが現状である。さらに戦後から高度経済成長期にかけて蓄積されてきた建築構造物が耐用年数を迎えることにより、近く大量の構造物が解体されると予測される。しかし最終処分場が現状では飽和状態にあるため、適切な対策がとられなければ今後循環型社会の構築が困難となる可能性がある。

循環型社会白書²⁾によれば日本のマテリアルフロー推計は総物質投入量が21.3億t、建物や社会インフラとしての蓄積量が11.5億t、エネルギー消費や廃棄物としての環境排出量が8.0億tである。こうした日本全体を俯瞰するために統計情報に基づくマテリアルフロー分析(以下、MFA)を行うのは有効で、MFAを活用した指標作りに役立っている。しかし、地域での循環型社会/環境低負荷型社会づくりを考

える際、その地域特性を熟慮する必要があるため、統計情報のみでは補えない可能性がある。

統計ベースのMFAでは排出量の把握を行なう上で、建築物における耐用年数は信頼性理論に基づく故障密度関数として対数正規分布およびワイブル分布を用いるのが一般的である。電力中央研究所³⁾や藤川⁴⁾においても同様に対数正規分布を用い、建築年次別床面積、将来解体床面積により耐用年数の推計がなされている。しかし統計データでは建築物の社会的要因による減失(都市開発事業、再開発にともなう減失)、および物理的要因による減失(老朽化、震災、火災にともなう減失)の判別が難しい。地域特性を考慮したMFAを行うためには面的な分析を行う必要がある。

一方、地理情報を複数のレイヤを用いることで様々な分析、シミュレーションを行うことが出来るツールとしてGIS(Geographical Information Systems:地理情報システム)がある。こうしたGISのデータを経年的にレイヤ表示していくことで同空間の土地利用の移り変わりを面的に表現することができる。

本研究では地域レベルでのMFAを行うために、基礎となるGISデータベースの構築を行う。また社会的要因、経済的要因による建築物の滅失も考慮した分析を行うために、経年的なGISデータの変遷をとらえることで耐用年数推計を行う。こうした統計データを用いた手法ではとらえることの出来ない情報の分析も行うことでより正確なMFAを行うことが可能となり循環型社会の構築に寄与することが出来ると考える。

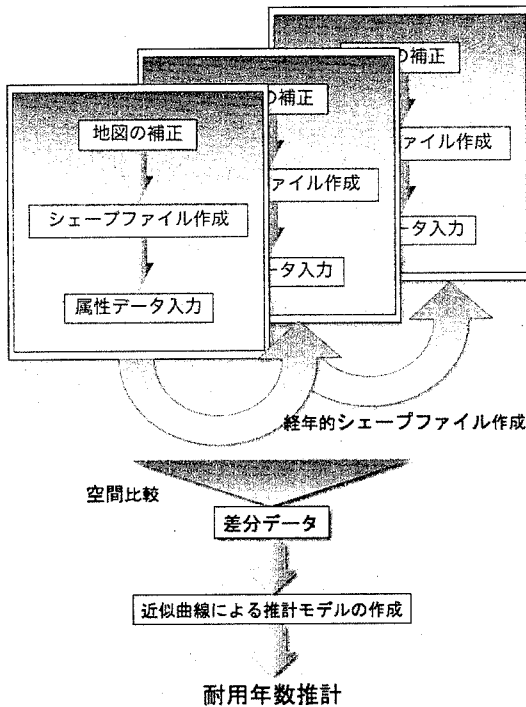


図-1 研究手順

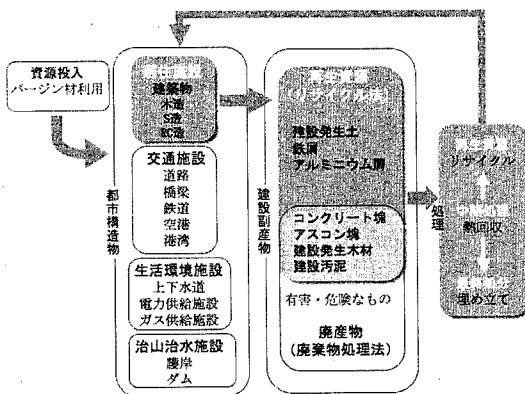


図-2 境界条件⁶⁾

2. 研究フレーム

(1)研究手順

本研究では地域でのMFAを行うための基礎として経年的GISデータベース構築を行ない、年代間のGIS差分データを作成し耐用年数推計を行った。まず航空写真をもとに建築物の形状データを作成しGISデータベースの構築を行う。作成したGISデータベースと同様に経年的にデータベースを作成し同一座標上での空間比較を行うことで差分データを作成する。この差分データを用いて建築物の各年代当時に於ける実際の現存推移を把握し耐用年数を推計する。本研究における研究手順を図-1に示す。今回都市構造物の要素の一つである建築物（木造、S造、RC造）に焦点を当てそれらが社会的、物理的要因により滅失し建設副産物となり、再利用および最終埋め立て処分される一連の都市代謝を考える。本研究における境界条件を図-2に示す。

(2)対象地区

和歌山市は戦時中空襲によって市内のおよそ60%の家屋が焼失し⁵⁾高度経済成長期において近現代型都市構造物が多くストックされており、こうした近現代都市構造物のライフサイクルを把握することが出来ると考えられる。また和歌山市役所よりデータ提供を得られたことから対象地区として和歌山県和歌山市中心部(和歌山城を中心とした都市部、およそ9km²、約6,000棟：図-3)を対象とした。



図-3 対象地域：和歌山城周辺周囲9km²

(3)本研究に用いたデータ

今回の研究では和歌山市DM(Digital Map)データの座標(平面直角座標系:第6系)を基準とした座標空間を用いる。航空写真を用い一部はスキャナによるデジタル化を行った。和歌山市国土基本図および和歌山市都市計画図を用いて航空写真では判別できない箇所の補完を行う。

3. 経年的GIS データベースの構築

(1)地図の補正

今回の研究で用いた航空写真は和歌山市役所にて実際の写真(1947年, 1961年, 1975年, 1987年, 2002年)をスキャナで取り込みデータ化を行った。そのため一般的な画像データと同様に位置座標情報が与えられておらず幾何補正(アフィン変換)を必要とした。座標情報を与えるためにDMデータを用いた(以後ソースデータとする)。ソースデータはDM変換処理を行ないポリゴン形状のシェープファイルの作成を行なった。また国土基本図, 都市計画図にも同様の処理を行い航空写真からだけでは判別しにくい箇所の補完を行った。処理方法としてはソースデータにおける地形的特徴(橋梁・道路の交差点, 地目)と航空写真から判読できる地形的特徴を見比べ, 3点以上の地点をリンクさせ幾何学的な補正を行なう。

(2) シェープファイルの作成

ソースデータと同一の位置座標, ポリゴン形状を持つ複製を作成し, 複製したシェープファイル(以後ターゲットデータとする)の編集を行う。補正を行なった航空写真をターゲットデータと共にレイヤ表示し重ね合わせ, 航空写真の撮影年と同じ年代当時の建築物のGISデータとして作成する。ターゲットデータのポリゴンが航空写真の年代に建築物として存在しているかを見比べ, 航空写真年代において同じ地点に建築物が存在していない場合ポリゴンデータを削除する。また航空写真年代に建築物が存在している場合には屋根伏ラインをなぞった新規ポリゴンを作成しデータに追加する。対象地域内において同様の作業をすべての建築物を比較するまで繰り返す。

(3)属性データの入力

本研究で入力を行った属性データは建物躯体および階層である。これは航空写真から容易に判読できる箇所と撮影時の建物の影によって判読が難しい箇所があり, 判読が難しい箇所では現地調査を行うことで補完を行った。シェープファイル作成時にこれらの属性データを逐次追加し属性データを持ったポリゴンとして作成する。またすべてのポリゴンを作成した後VBA Scriptを用いてポリゴン形状の面積を演算し属性データに追加する。さらに階層データと面積データから延床面積を算出し同様にデータを追加する。また延床面積データと建物躯体データ, 建築構造別資材投入原単位(表-1)を掛け合わせることで各ポリゴンの資材別重量データを追加する。建物躯体は木造(Wooden structure), S造(Steel structure), RC造(Reinforced Concrete structure)として区分した。

表-1 建築構造別資材投入原単位⁷⁾

木造	木造在来工法	木造2*4工法	木造事務所	
材料	原単位kg/m ²			原単位平均値
砂利・石材	562.800	367.600	364.700	431.700
木材	131.300	81.700	200.000	137.667
ガラス	4.300	2.500	2.600	3.133
セメント	64.300	47.500	34.800	48.867
陶磁器	119.200	67.100	11.700	66.000
鉄	16.900	11.600	6.400	11.633
アルミニウム	1.800	4.100	3.400	3.100
その他	5.200	2.400	1.200	2.933
合計値	905.800	584.500	624.800	705.033

S造	S造住宅	S造事務所	S造工場	
材料	原単位kg/m ²			原単位平均値
砂利・石材	580.400	598.200	643.500	607.367
木材	37.100	4.200	8.100	16.467
ガラス	2.700	3.000	6.500	4.067
セメント	101.700	86.700	53.700	80.700
陶磁器	17.700	17.200	25.500	20.133
鉄	122.900	175.700	194.300	164.300
アルミニウム	4.900	2.400	3.700	3.667
その他	14.200	6.400	20.900	13.833
合計値	881.600	893.800	956.200	910.533

RC造	RC造住宅	RC造事務所	RC造校舎	
材料	原単位kg/m ²			原単位平均値
砂利・石材	1560.600	1752.200	1571.700	1628.167
木材	37.000	1.500	1.200	13.233
ガラス	3.200	0.800	5.000	3.000
セメント	238.200	284.800	277.400	266.800
陶磁器	3.600	5.100	38.600	15.767
鉄	77.300	93.800	161.200	110.767
アルミニウム	2.500	1.700	3.300	2.500
その他	6.700	8.200	2.800	5.900
合計値	1929.100	2148.100	2061.200	2046.133

(4)経年的シェープファイルの作成

航空写真年代の数と同数に作業を繰り返し行なうことで経年的シェープファイルを作成する。今回の研究では5つの年代（1947年、1961年、1975年、1987年、2002年）のシェープファイルを作成した。作成にあたっては現在の年代に近い年代のデータをソースデータとしてターゲットデータの編集を行なうが、さらに過去のデータを作成する際には年代間の建築物の推移の変化量を小さくするために編集を行っていたターゲットデータを新たなソースデータとする。

(5)差分データの作成

シェープファイルをもとに各年代の建築物の資材量を表-2に示す。5つの年代のシェープファイルをレイヤ表示し重ね合わせることで位置情報の比較を行なう。ここまでで作成したデータは同一座標空間において経年的に作成を行ってきたために建築物の取り壊しが行なわれていない限りは同一に同形状で存在している。そのため今回は空間検索(完全に一致するポリゴンの検索)を行ない、同一座標に存在する同一形状のポリゴンは別の構造躯体で無い限りは前年代から現存し続けていると仮定する。また一度滅失した建築物が以降の年代において同一座標に同一形状ポリゴンで存在する場合は別の建築物(建て直されたもの)とした。今回差分データとして建造・滅失年代ごとの建築物の数量を表-3に示す。

表-2 年代別ストック

	1947	1961	1975	1987	2002
木造	13.98	23.16	46.21	40.43	38.39
S造	0.00	5.53	6.01	15.07	14.45
RC造	0.00	75.93	157.79	194.78	227.82
	(1,153)	(5,063)	(5,426)	(6,015)	(5,732)

単位: 万t
()内件数

表-3 建築・滅失年代ごとの建築物件数

建造年代	滅失年代	W	S	RC	合計
1947以前に建造	1947以降1961以前に滅失	388	0	0	388
1947以前に建造	1961以降1975以前に滅失	9	0	0	9
1947以前に建造	1975以降1987以前に滅失	77	0	0	77
1947以前に建造	1987以降2002以前に滅失	0	0	0	0
1947以前に建造	2002現存	679	0	0	679
1947以降1961以前に建造	1961以降1975以前に滅失	125	177	80	382
1947以降1961以前に建造	1975以降1987以前に滅失	194	0	4	198
1947以降1961以前に建造	1987以降2002以前に滅失	2	0	0	2
1947以降1961以前に建造	2002現存	2316	223	1175	3714
1961以降1975以前に建造	1975以降1987以前に滅失	263	14	14	291
1961以降1975以前に建造	1987以降2002以前に滅失	4	1	1	6
1961以降1975以前に建造	2002現存	314	23	121	458
1975以降1987以前に建造	1987以降2002以前に滅失	333	161	229	723
1975以降1987以前に建造	2002現存	96	224	112	432
1987以降2002以前に建造	2002現存	239	55	155	449

(6)GISデータベースの視覚化

GISデータベースの視覚化を行なう。視覚化を行なうことで地域内での蓄積量の偏りを把握することが出来る。また階層データもとにポリゴンの引き上げを行ない、立体的に表示することで土地利用の移り変わりを面的に表現することが出来る（図-5、図-6、図-7）。今回表示に用いたデータは変化が顕著に分かる戦後、高度経済成長期、現在を対象とした。

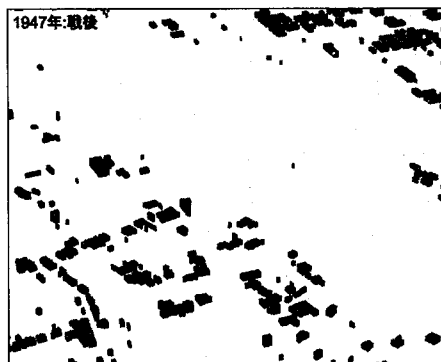


図-5 GISによる土地利用の移り変わり
～戦後～



図-6 GISによる土地利用の移り変わり
～高度経済成長期～

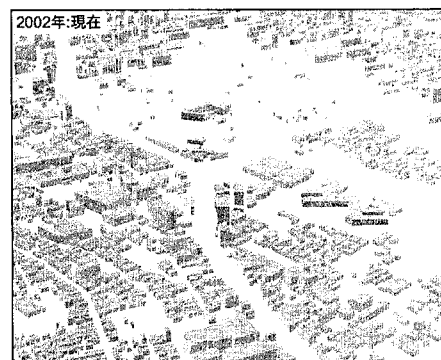


図-7 GISによる土地利用の移り変わり
～現在～

4. 耐用年数の推計

(1)対象地区内におけるストック量推移

今回のGISデータベース構築に伴って対象地区内における資材量の経年的推移を図-8に示す。

(2) 近似曲線を用いた耐用年数の推計

建造・減失年代区分をもとに建築物データの抽出を行ない、区分別建築物の数量の経年的推移を見る。建築物が建造された年代における数量を基準とし、以降の年代における建築物の現存率を求め、現存推移における近似曲線を当てはめる。本研究では比較的計算を行いやすい一般的な成長曲線を用いた。成長曲線として知られるロジスティック曲線はそのまま変数変換を行なっても線形化できないため、あらかじめ近似したパラメータの値を変化させながら相関係数や分散比などの変化を見てパラメータを決定し、線形化を行なった。今回用いた成長曲線(1)式に示す。続いてロジスティック曲線による近似を構造躯体別に作成し推計を行った。以下に構造別の近似曲線(図9)を示す。

$$y = \frac{K}{1 + \exp(b + ax)} \quad (1)$$

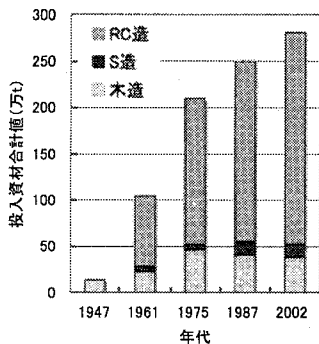


図-8 年代別ストック推移

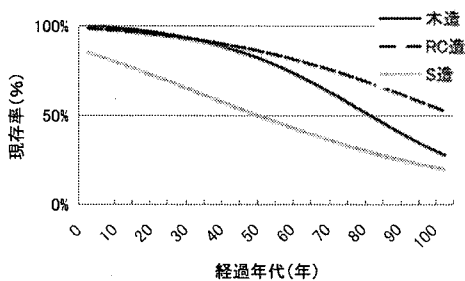


図-9 ロジスティック曲線による経過年数の近似

5. まとめと今後の課題

今回和歌山市中心部における経年的なGISデータベースを作成することが出来た。このデータベースを用いることにより建築物の経年的推移を視覚的にとらえることが出来る。今回属性データとして与えられたデータを用いて地域内の移り変わりを表すことが出来た。

今回の耐用年数の推計結果では推計に用いる差分データが少なく有意な結果を得ることが出来なかった。今後の課題としてはさらに細かい年代間でのデータ作成、当時の資料を用いたより正確なデータの作成により精度を高めていく必要がある。また今後様々な種類の近似曲線を用いてさらなる分析を行なっていく必要がある。また近い構造の建築物でありながら耐用年数が異なる建築物があるため、構造躯体を細かく分類することでそうした誤差を減らすことが出来る。

今後は都市中心部、商業用地、住宅地などにおいて耐用年数の地域的偏りを耐用年数の推計とデータベースの空間情報をもとにとらえていくことで地域的なMFAを正確に行なう基礎を作る。

謝辞：本稿作成にあたり、データ、資料をご提供いただいた和歌山市役所の方々に深く感謝致します。また都市計画部都市整備課市街地指導班企画員 岩本弘芳氏 には資料の閲覧、データ処理を行なう場所の提供をして頂き、長時間にわたっての利用に対してご配慮頂きましたことをここに謹んでお礼申し上げます。

参考文献

- 1)環境庁：循環型社会への挑戦,2006.6
- 2)環境省編：循環型社会白書 平成14年版,2002.5
- 3)財団法人電力中央研究所：電力中央研究所報告,インフラストラクチャー構築の資源使用量と環境負荷,pp17,1996.4
- 4)藤川洋平 樋口隆哉 浮田正夫 関根雅彦 今井剛：建設廃棄物の排出量および再生利用量の予測に関する研究,土木学会論文集,No.811/VII-38,pp132,2006.2
- 5)郷土出版社：和歌山市今昔写真帖,2004.5
- 6)石井一郎編：建設副産物-建設廃棄物の処理とリサイクル-,1998.10
- 7)斉藤章恵：都市構造物に関する資材投入原単位の定量化に関する研究,土木学会全国大会,2003.3

ESTIMATION OF LIFESPAN OF STRUCTURE USING HISTORICAL GIS DATA

Yoshihiro TOHGISHI, Hiroki TANIKAWA and Seiji HASHIMOTO

The construction material are stocked as structures during its lifespan, but the structure aged, demolished materials are recycled or landfilled. These Out-Flow are caused by 2 reasons: 1) Structure aging; structure itself can not be using by reduction of strength, 2) Social reason, such as re-development of city center, structure itself can use but not suitable for social needs. So it is important to estimate the lifespan of structure considering with regional specification. Historical GIS database based on the aerial photos and some map source is developed for this study. Historical GIS database can identify age and scale of structure, so it helps to quantify pattern of metabolism of the city. This study clarify the method of estimate lifespan using historical GIS database.