

建物の寿命を推定する

「建築と社会」（日本建築協会）1997.1

寿命と耐用年数

日本の建物の寿命は、常識的には木造 30 年、鉄筋コンクリート 60 年などと言われているが、果たしてそれらが実際と一致しているかどうかについては疑問も多い。第二次世界大戦に敗れてから高度成長に至る時代の日本は、目先の必要を満たすことに汲々としていて、建物の寿命などを考える余裕はなかったというのが実情であろう。当座の必要にあわせて経済的に建物を作り、時代が進んで手狭になったり使いにくくなったら建て替えればよいという考え方であるため、竣功から取り壊しまでの期間が何年かを特に意識する必要はなかったといえる。

建物の取り壊し理由には、たいてい「老朽化」という項目が含まれる。ではこの老朽化とは具体的にどういうことかとたずねると、「汚れている」とか「雨漏りがする」などという答えが返ってくるが、取り壊しの必要にいたる直接の理由とはならないものが多いように思われる。要は使用者や所有者が「もう使えない」と判断するがゆえに建物は取り壊されるのであり、建物そのものが、客観的にみて使用に耐えないと判断されるから取り壊されるという例はむしろ希である。使い方を考え、メンテナンスを加えれば、もっと長く使えるはずの建物がどんどん取り壊され、建て替えられているというのが日本の実情であるといつてよい。

耐用年数という言葉は、本来は建物が使用に耐える年数を示すものと考えられるが、使用に耐えるということの具体的な意味をまず考える必要がある。また実際の建物は地震や火災をふくめて、いろいろな理由で用をなさなくなつて解体撤去（除却という）されるが、そこに至るまでの年数は、必ずしも耐用年数とは一致しない。人間が実際に生きた年数をその人の寿命と呼ぶように、建物に関しても竣功から除却までの年数を寿命と呼ぶことにして、耐用年数とは区別して考えることにしたい。

耐用年数

はじめに、耐用年数に関して少し復習をしておきたい。ここで触れるのは、大蔵省令の別表に定められる耐用年数である。これ以外にも建物の耐用年数を定めたものがいくつかあるが、ほとんどが大蔵省令を下敷きにしているようである。いうまでもなく、大蔵省令別表は減価償却のための耐用年数であり、あくまでも会計処理の目的で定められたものである。経緯をたどるとすぐに分かることであるが、その数値は終始一貫したものではなく、時代の状況によって政策的に変えられている。もし耐用年数を短くすると、年度ごとの償却額が大きくなるために利益を圧縮することができるので、実質的な減税となるからである。また償却が終わったからといって、その設備や建物が機能を失うわけではない。つまり耐用年数は一般に合理的と認められれば、実際の寿命と必ずしも一致している必要はないのであるが、それでもなんの根拠もなしにこの数値が決められたとも考えられないので、その点を見てみたい。

大蔵省令の耐用年数

大蔵省令に示された建物の耐用年数を定めた経緯に関しては、武蔵工業大学の野城氏による文献 1) に詳しい報告があるので、ここではその要点のみを述べることにしたい。基本となる考え方は、まず建物を部分に分解し、それぞれの価格と耐用年数を想定することから始まる。次に各部分の毎年の償却額を求め、それらを合計して建物全体についての年間の償却額を求める。年間の償却額で建物全体の価格を割ると償却年数、すなわち耐用年数が求められるという手順である。これが唯一絶対の考え方であるというわけではない。同じような想定で始めたとしても、例えば建物全体の耐用年数を各部分の価格構成比による加重平均値として求める方法も考えられる。最も簡単な例でこの違いを検証してみよう。価格構成比で木材 2 と石材 1 から構成されている建物があり、耐用年数をそれぞれ 50 年、100 年とする。大蔵省方式では年間の償却率は $\frac{2}{50} + \frac{1}{100} = 0.05$ であるから、耐用年数は $(2+1) \div 0.05 = 60$ となる。一方、耐用年数を価格構成比の加重平均として求めると、 $50 \times \frac{2}{3} + 100 \times \frac{1}{3} = 66.7$ となって違いを生じる。

寿命推計の方法

以上のように現在常識となっている耐用年数は、建物の寿命実態を必ずしも反映したものでないことはお分かりいただけたことと思う。ではその寿命実態をどう把握すればよいか、これが本稿の主眼である。具体的に寿命を観察するにはいくつかの方法が考えられる。もっとも単純な方法は、ある一つの建物について、何年に新築されて何年に取り壊されたかを調べることである。これはデータとしては事実に基づくものであり、疑う余地はないが、それが一般性をもつかという点では疑問が残る。一般性を持たせるためには、統計的手法を使うことになる。

それではということで、壊された建物の記録を集めて、それぞれの建物の寿命を計算して平均値を求めるとしたらどうであろうか。実はこの方法は、筆者らの研究グループでかつて試みた方法であったが、いろいろと問題のあることが分かった。ひとつには個々の建築の記録が十分に保存されていないということ、さらに記録そのものが時間を十分にさかのぼれないということである。わが国の建築に関する公的な資料は建物を量として見ているものばかりで、個別の建物についての履歴を記録したものはほとんど存在しないといってよい。また記録があったとしても、具体的な新築年次が記録されているのは戦後からの場合がほとんどである。このような状態で壊された建物だけの寿命を計測したとしても、それはいわば「若死に」したものの寿命を調べていることになり、集計結果はどうしても短めのものになってしまうのである。すなわちまだ「死んでいない」ものの寿命を考慮していないことが問題になってくる。この方法がうまくいくためには、記録に含まれるすべての建物が少なくとも一度は建て替えられるだけの期間にわたる記録が必要になる。

このように単純な方法では、寿命が推計できないことが分かったので、筆者らは別の方法を考えることとした。その時のヒントとなったのが、人間の平均余命の推計方法である。

平均余命とは、毎年厚生省から発表される人口動態統計に含まれるもので、ある年に生まれた子供が平均的に何年生きるかを、年齢別の死亡率統計をもとにして推計したものである。この場合、データの集計方法などに細かい取り決めがあるが、建築の場合は、人口の場合ほど精密な統計資料は得られないので、以下に述べるように、信頼性理論というものを援用しながら推計方法を工夫することとした。

信頼性理論について

信頼性理論とは、あるシステムの寿命を確率を用いて推計するための方法を集大成したもののといえる。もともとは第2次世界大戦中にレーダーなどの電子機器が頻繁に故障するため、アメリカで問題解決のために研究が始められたのがきっかけである。ここではまず、その基本になる概念を簡単に説明しておく。

信頼性理論では、「信頼度」という概念を用いるが、これは JIS によると「アイテムが与えられた条件で規定の時間中、要求された機能を果たす確率」と定義されている。アイテムというのは「信頼性の対象となるシステム（系）、サブシステム、機器、装置、構成品、部品、素子、要素などの総称またはいずれか」と定義されている。ここでは建物のことと考えていただいてよい。

また「故障」という言葉もよく使われる。これは通常使われているのと同様に考えてよいが、「アイテムが規定の機能を失うこと」となっている。規定の機能とあるところに注目していただきたい。漠然と「動かなくなった」というのではなく、明確に機能を規定し、その機能を果たせなくなったという状態をあらかじめ定義しておく必要があることになる。ここでいくつかの関数を紹介しておこう。

$R(t)$: 信頼度関数。経過時間 t における信頼度を表わす。経過時間 t が 0、すなわち最初の状態では $R(0)=1$ で、時間の経過とともに徐々に小さくなり、最後は 0 になる。(つまりはあるアイテムは時間と共に故障する確率が高くなり、最後は全てが故障するということがある。)

$F(t)$: 不信頼度関数。 $F(t)=1-R(t)$ で定義されるが、これは時間経過と共に故障したものの割合を表わしているので、故障寿命の分布関数ともいう。

$f(t)$: 故障密度関数。 $F(t)$ を時間 t で微分したもの。

$\lambda(t)$: 故障率関数。時間 t における瞬間的な故障の発生確率を表わしたもの。 $\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$

で定義される。

これらの定義から次のような関係が導かれる。

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{1}{R(t)} \cdot \frac{dF(t)}{dt} = \frac{1}{R(t)} \cdot \frac{d(1-R(t))}{dt} = \frac{1}{R(t)} \cdot \frac{-dR(t)}{dt}$$

この両辺を積分して、 $R(0)=1$ という条件を入れてやると

$$R(t) = \exp\left\{-\int_0^t \lambda(x)dx\right\}$$

という簡単な形になる。(exp はエクスポネンシャルと読み、exp(x)は e^x を表わす)

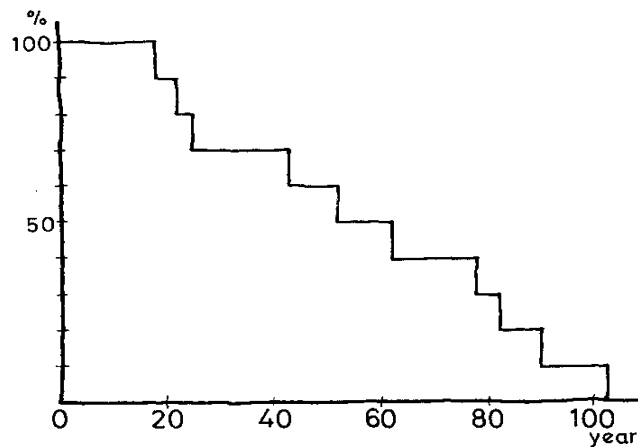
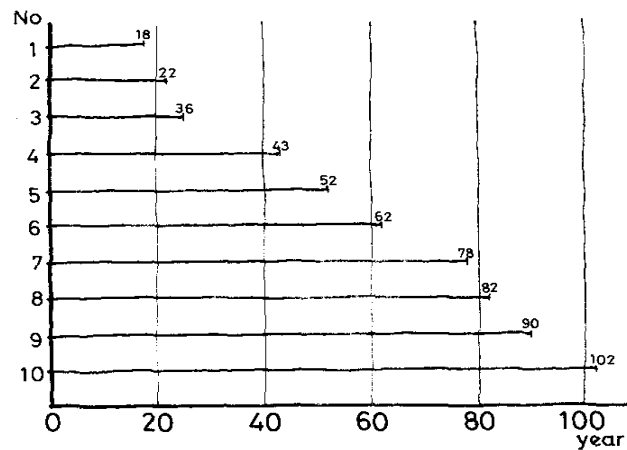


図-1. 残存データと残存率曲線

まず一般的な場合として、あるアイテムの寿命を推定するために観察を行なったとする。アイテムを建物として 10 棟についての観察結果は図-1 の上に示すようなものであった。図中の横線は、各建物が「故障」（ここでは取り壊しとする）するまでの時間を表わすが、動作回数や走行距離を単位としてもよい。ここでは単位を「年」とする。各経年ごとに建物が残っている割合をグラフにすると図-1 の下の図のようになる。この階段状のグラフが $R(t)$ である。観察対象の数を増やせば $R(t)$ はもっと滑らかな曲線になる。この曲線からたとえば 20 年目の残存確率は 90% というような情報が得られる。

それでは、平均寿命はどのように求めるのであろうか。これは平均寿命をどう定義するかによって変わる。人間のいわゆる平均寿命は、正確には「0 歳児の平均余命」であり、図-1 の下のグラフの $R(t)$ を積分した値となる。この例で計算すると 58.5 年である。また $R(t)=0.5$ となる時間を平均寿命と定義してもよい。筆者らはこの定義を採用しているが、この例の場合では 52~62 年と幅をもった値となる。(もし 0.5 よりわずかに小さい値をとるとすれば 52 年、大きくすると 62 年となる。) 高い信頼性を要求される部品の場合には、 $R(t)=0.9$ となる時点を寿命とする場合もある。

区間残存率推計法

上のような例では、観察が終了するまでに 100 年以上もかかることになるので、あまり現

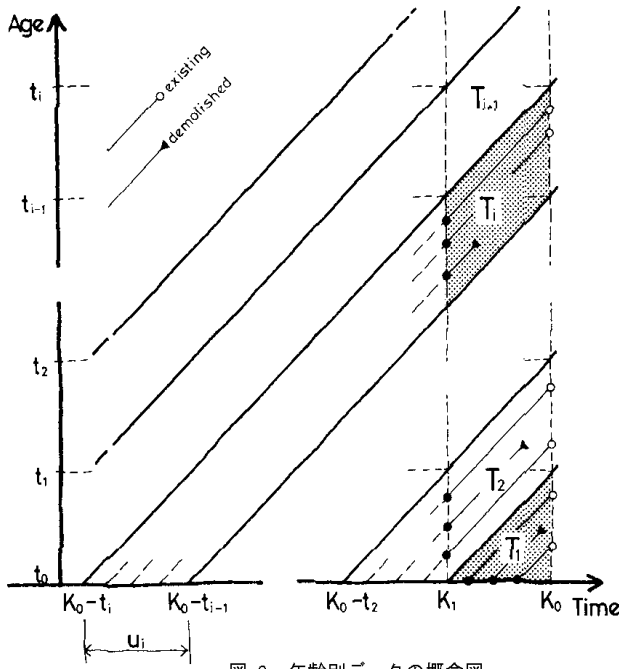


図-2. 年齢別データの概念図

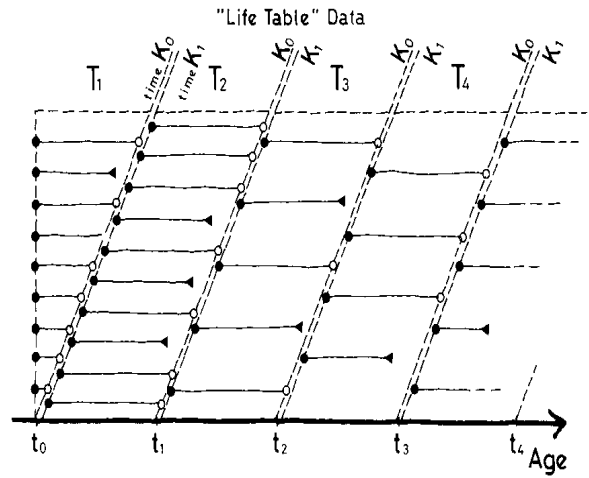


図-3. 「生命表」式データの概念図

実的ではない。

そこで、建物を年齢別の集団にわけて一定期間（たとえば1年間）の残存確率（一定期間後に生き残っている建物の割合）を観察し、それらを年齢順に並べることで長期間の観察の代わりにしようというのがここで説明する方法である。これは先にも述べたように人間の平均余命を算出する方法と考え方は同じである。図-2はその様子を模式図として示している。図中の斜線は個々の建物を表わし、右端の観察期間 $K_1 \sim K_0$ の間の棟数の変化を観察する。これにより、観察期間における年齢別の残存確率が求められ、それらを掛け合わせることで、年齢を通した全体としての $R(t)$ をいわば合成するかたちで求めるのである。図-3は、図-2に示される各建物の竣功時点をそろえて書き直したものである。この図から分かるように年齢の境界が時間軸に対して幅を持つことになるので、その点に対する配慮が必要になるが、簡単な前提をおくことで計算は容易になる。各年齢集団の観察期間当初の残存数を N_x 、滅失数を d_x とすると残存確率の観察値 R_t の計算式としては次のようになる。（詳細は参考文献 2)を参照されたい。なお Π はその右側の項を掛け合わせる意味の記号である。）

$$R_1 = \frac{N_1 - 2d_1}{N_1}$$

$$R_t = R_1 \cdot \prod_{x=2}^t \frac{N_x - d_x}{N_x} \quad (t \geq 2)$$

この R_t はとびとびの値になるので、必要に応じて適当な関数のあてはめを行ない、連続的な信頼度関数 $R(t)$ を求めることになる。

分析例

分析の資料としては、筆者らは各市町村の固定資産台帳の新築年次別現存棟数と除却棟数の数値を用いている。この資料は公開されているわけではないが、各市町村や自治省固定資産評価室のご協力でデータを頂いてきた。図-4 に 1990 時点における木造専用住宅の分析例を示す。なお専用住宅とは固定資産評価基準における分類であるが、一般的な居住専用の戸建住宅と考えてよい。この結果から木造専用住宅の平均寿命は約 43 年であることがわかる。過去にも同様の調査分析を行なったが、この年数は徐々に長くなっている傾向がある。またやや資料は古くなるが、事務所建築についての分析を 1987 年に行なった結果では（参考文献 3）参照）、鉄筋コンクリート造のものが約 35 年、鉄骨造のものが約 29 年という結果が得られている。

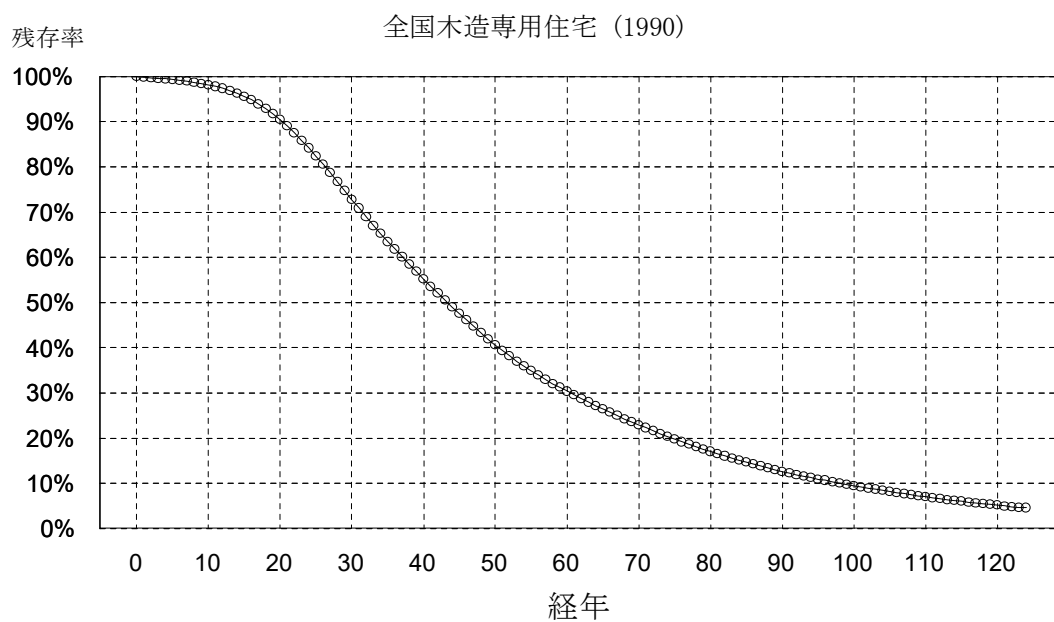


図-4 分析例

参考文献

- 1) 野城智也，新海悟郎氏所蔵資料に見る昭和 20 年代の耐用年数論議，BELCA NEWS，1990 年 1～3
- 2) 小松幸夫，建物寿命の年齢別データによる推計に関する基礎的考察，日本建築学会計画系論文報告集第 439 号，1992 年 9 月
- 3) 小松幸夫・加藤裕久他，わが国における各種住宅の寿命分布に関する調査報告，同上