

建築コストのSDモデル

佐藤 円

(成城大学大学院)

1. 目的

近年、特に1985年から1988年にかけて住宅価格は急激な上昇を見せ、この時期同様に高騰した株式等とともに、資産価格の動向が大きな関心を呼ぶこととなった。このような資産価格の高騰と、最近の下落に対しては、例えばバブルの膨張と崩壊に原因を求めるもの等、さまざまな説明が試みられている。

ここでは、地価とともに住宅価格高騰の大きな要因となったと思われる建築コストの変動について分析する。建築需要の急増と労働者不足による労務費の上昇、資材費の動向、建物の仕様のグレード・アップ等、さまざまなものが建築コスト上昇の要因として考えられよう。これらの要因が相互に作用しあった場合に、建築コストがどのような動向を示すのかを、SD (System Dynamics) モデルを構築することにより考察する。

2. SDモデル構築の基礎となる想定

—工事の坪当りの建築コストを考える。元請が工事を受注し、見積額(=建築コスト)を算出する過程は次のようであると想定する。(図1参照)

(1) 受注

元請は工事を受注すると下請に工事を依頼する。下請は工事に必要な労

働力、及び資材を提供し、元請は仮設、及び監理のみを行なう。

(2) 下請工事費及び下請見積額算出

① 労務費

労賃は労働力の需給によって変動するが、それだけではなく建物の仕様のグレードによっても変動するであろう。グレードがアップすれば、それだけ工事の手間がかかるからである。労働者は労働力需要に応じて新規採用され、養成期間を経て実際に現場で働きうる労働力として追加されていく。新規の労働者を集め、養成するのも費用がかかるであろう。したがって、労務費は、労働力需給とグレードによって決まる労賃と新規労働者採用及び、その養成にかかる費用の和である。

② 資材費

資材費も労務費と同様に考えられる。資材費は資材需給比に影響を受けるが、グレードによっても変動する。グレードアップにより、使用される資材の量も増加し、同時により高価な資材が使用されるであろう。資材は需要に応じて生産され、工事に必要な分が消費される。そして残りは在庫として蓄えられる。需要が大きければ、生産能力を拡大しなくてはならないが、それには費用がかかる。逆に、在庫の蓄積が大きくなる場合も費用がかかる。したがって資材費は、資材需給とグレードにより決定される部分と生産能力拡大と在庫保有の費用から構成される。

③ グレード

労務費と資材費に影響を与える建物のグレードは、地価が高いほど、また、建築コストが高いほど高くなるであろう。

④ 工事残量及び工期

労働力、及び資材の需要を決めるのは、現在行なわれている工事の量（＝工事残量）である。この工事残量は、着工される工事の量だけでなく、工期にも影響されるであろう。工期が短ければ着工される工事は早く消化され、工事残量も少なくなるが、工期が長くなると、工事残量の蓄積も大きくなる。工期の遅れの原因としては、労働者不足、資材調達の遅れが考えられる。

⑤ 下請見積額算出

下請は工事費（労務費+資材費）に利益を上乗せした金額を見積額として算出する。

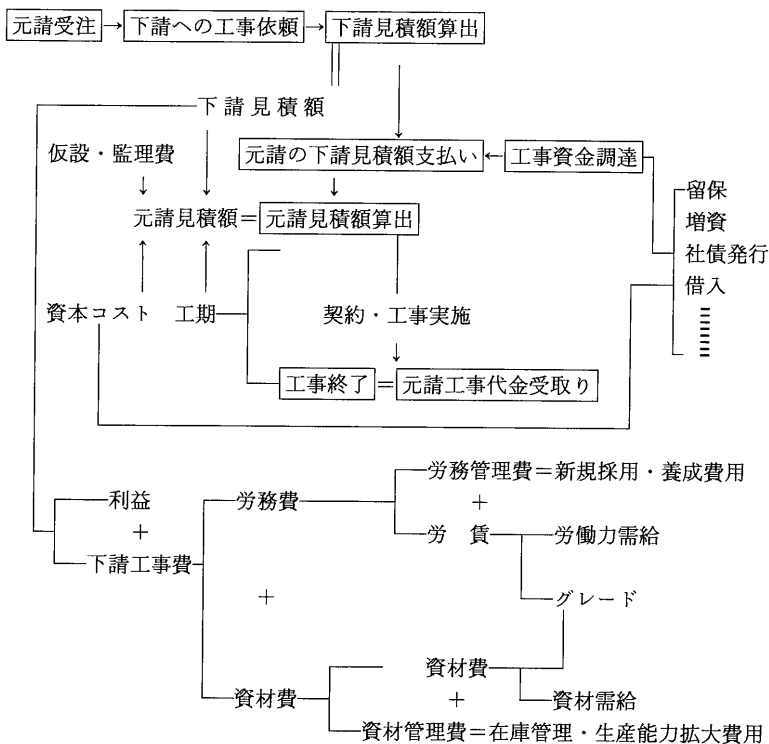


図 1

(3) 元請見積額算出

元請は工事に必要な資金を一括して調達し、下請に見積額を支払い工事を実施させる。下請の見積額に仮設費と監理費を加えたものが元請の工事費である。元請が工事代金を受け取るのは、工事が終了した時点である。したがって元請の見積額は、元請工事費、工事資金の調達方法によって決まる資本コスト、そして、工事代金を受け取るまでの期間の長さ (=工期) を考慮したものとなるであろう。

3. 建築コストSDモデル

(1) 基本モデル

① 元請コスト部門

A 元請見積 $.K = \text{元請工事費} \cdot K * \text{EXP}(\text{工期} \cdot K * \text{資本コスト} \cdot K / (1 - \text{税率}))$

C 税率 = 0.433

元請が一括して工事資金を調達すると想定した。この場合、元請にとって工事の請負は投資額 = 元請工事費、投資期間 = 決済期間 = 工期の投資プロジェクトとみなすことができる。そして、この投資が最低限稼得しなければならない税引前の年収益率は資本コスト / (1 - 税率) である。したがって元請は、この必要最低限の年収益率を確保できるように見積額を算出する。ここでは、必要最低限の年収益率は連続複利的に作用することとした。また、税率 (法人税率) = 43.3% とした。

A 資本コスト $.K = \text{株式収益率} \cdot K * (\text{留保比率} + \text{増資比率}) + \text{社債収益率} \cdot K * \text{社債比率} + \text{金利} \cdot K * \text{借入比率}$

C 留保比率 = 0.3

C 増資比率 = 0.1

C 社債比率 = 0.3

C 借入比率=0.3

A 株式収益率.K=TABLE (縦軸の値, TIME.K,1,10,1)

T 縦軸の値=0.15/0.16/0.17/0.18/0.19/0.20/0.21/0.23/0.24

A 社債収益率.K=TABLE (縦軸の値, TIME.K,1,10,1)

T 縦軸の値=0.050/0.055/0.060/0.065/0.070/0.075/0.080/0.085/
0.090/0.095

A 金利.K=TABLE (縦軸の値, TIME.K,1,10,1)

T 縦軸の値=0.095/0.090/0.085/0.080/0.075/0.070/0.065/0.060/
0.055/0.050

資金調達は、内部留保、増資、社債、借入の4つの方法によって行なわれると想定した。資本コストは、これら各資金調達手段の個別資本コスト（内部留保及び増資の場合は株式収益率、社債発行の場合は社債収益率、借入の場合は金利）を、各調達手段の比率で加重平均したものである。個別資本コストは外生変数とした。

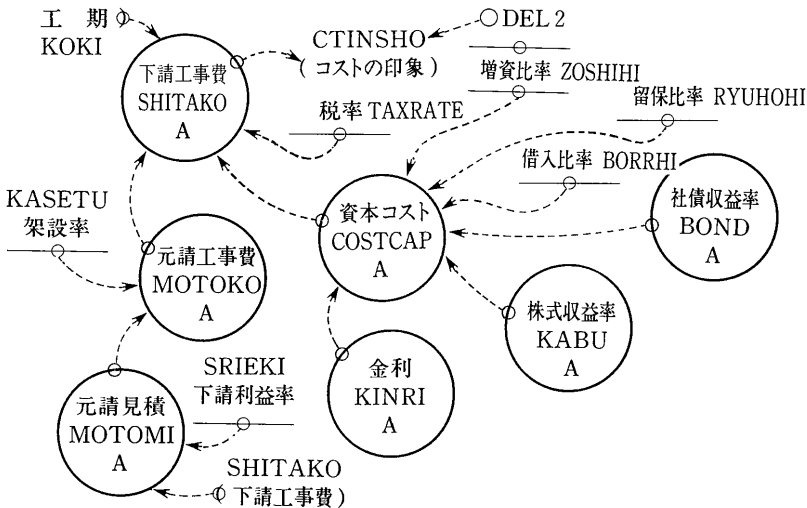


図2 元請コスト部門

A 元請工事費.K=下請見積.K*(1+仮設率)(1+監理率)

C 仮設率=0.1

C 監理率=0.1

A 下請見積.K=下請工事費.K*(1+下請利益率)

C 下請利益率=0.1

元請工事費は下請の見積額に仮設費と監理費を加えたものであり、下請工事費は下請の見積額に下請の利益を加えたものである。

② 下請コスト部

A 下請工事費.K=労務費.K+資材費.K

下請工事費は労務費と資材費の和である。

A 労務費.K=基準労務費*(労務費上昇率.K+グレードによる上昇率.K)+労務管理費.K

C 基準労務費=20

労務費は、基準労務費(20万円/坪と仮定)と、価格上昇率(労働市場の需給によってもたらされる労務費上昇率とグレードアップによる価格上昇率の和)の積に労務管理費を加えたものである。

A 労務費上昇率.K=TABLE(縦軸の値, 労務需給比.K, 18, 27, 1)

T 縦軸の値=1/1.5/2/2.5/3/3.5/4/4.5/5/5.5

労務費上昇率は労働市場の需給が逼迫するにつれ、大きくなる。

A グレードによる上昇率.K=SMOOTH(グレード指標.K, 5, 10, 1)

C DEL3=0.3

A グレード指標.K=TABLE(縦軸の値, グレード比率.K, 5, 10, 1)

T 縦軸の値=0.1/0.2/0.3/0.4/0.5/0.6

A グレード比率.K=地価.K/地価基準値+元請見積.K/元請見積基準値

A 地価.K=TABLE(縦軸の値, TIME.K, 1, 10, 1)

T 縦軸の値=400/500/600/800/900/1000/1100/1200/1300

地価と元請見積によってグレードが決定されると想定した。実現されるグレードによる価格上昇率は、グレード比率によって決定される価格上昇率（グレード指標）の一次の指数遅れである。グレード比率はグレードの大きさの尺度であり、地価と元請見積を各々、その基準値で除したものの和である。地価は外生変数とした。

A 労務管理費.K=ウェイト4 * 労働力拡大要求.K+ウェイト5 * 労働力予備.K

C ウェイト4=0.1

C ウェイト5=1

労務管理費は、労働力不足により労働力拡大要求が大きくなるほど、また、労働力予備を多く抱えるほど大きくなる。

A 資材費.K=基準資材費 * (資材費上昇率.K+グレードによる上昇率.K)+資材管理費.K

資材費は、基準資材費と価格上昇率（資材の需給によってもたらされる資

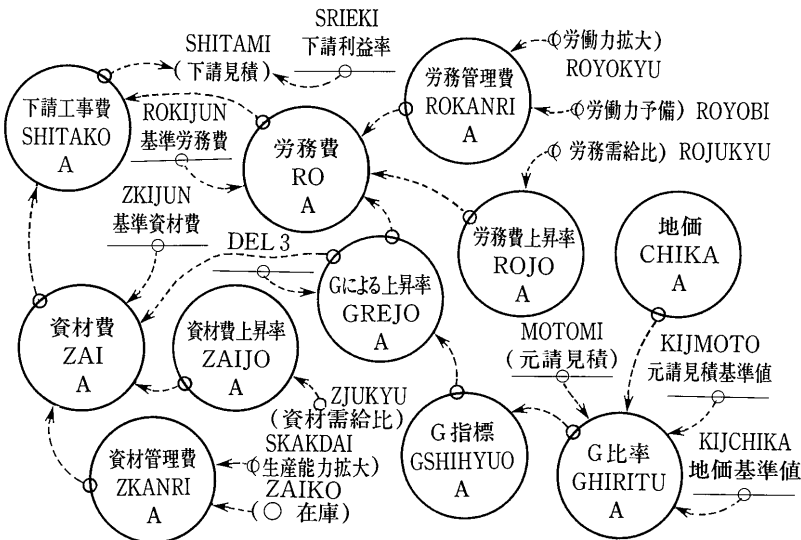


図3 下請コスト部門

材費上昇率とグレードによる価格上昇率の和)の積と、資材管理費の和である。

A 資材費上昇率. K =TABLE(縦軸の値, 資材需給比. K , 1, 10, 1)

T 縦軸の値=1/1.3/1.6/1.9/2.2/2.5/2.8/3.1/3.4/3.7

資材費上昇率は資材需給比が逼迫するにつれて大きくなる。

A 資材管理費. K =ウェイト6 * 在庫. K +ウェイト7 * 生産能力拡大要求
.K

C ウェイト6=0.01

C ウェイト7=1

資材管理費は、在庫を多く抱えるほど、生産能力拡大に対する要求が大きいほど大きくなる。

③ 労働力部門

A 労務需給比. K =工事残量. K /労働者数. K

労務需給比は、工事残量と労働者数の比率である。

L 労働者数. K =労働者数. J +DT*(労働力追加. JK -離職. JK)

N 労働者数=5.4(百万人)

労働者数は、労働力追加として流れ込み、離職分が流出する。

L 労働力予備. K =労働力予備. J +DT*(新規採用. JK -労働力追加. JK)

N 労働力予備=1(百万人)

R 労働力追加. KL =DELAY3(新規採用. JK , 養成期間)

C 養成期間=1(百万人)

新規採用された労働者は労働力予備へと流れ込み、養成期間を経て労働力として追加される。

R 離職. KL =労働者数. K *離職率

C 離職率=0.02

労働者の内、2%が離職すると仮定した。

A 労働力拡大要求.K=SMOOTH (労務需給比.K,DEL1)

C DEL1=0.3

労務需給比が逼迫すると、労働力拡大に対する要求が生じると考えられるが、その要求は、実際の労務需給比に対して遅れを伴って(一次の指数遅れ)形成される。

R 新規採用.KL=ウェイト1*(労働力拡大要求.K-労働力予備.K)

C ウェイト1=0.006

労働力拡大要求が大きくなれば、新規に採用される労働者数も増加すると考えられるが、抱えている労働力予備が多いほど、それを考慮して採用される労働者数は少なくなる。

L 工事残量.K=工事残量.J+DT*(着工床面積.JK-工事消化率.JK)

N 工事残量=100(百万㎡)

R 工事消化率.KL=DELAY3(着工床面積.JK,工期.K)

工事残量は、着工床面積として流れ込み、工期を経て工事消化率として流出する。

R 着工床面積.KL=着工実現率.K*標準着工床面積

C 標準着工床面積=100

A 着工実現率.K=TABLE(縦軸の値,コストの印象.K,200,500,100)

T 縦軸の値=1.2/1.1/1.0/0.9

A コストの印象.K=SMOOTH(元請見積.K,DEL2)

C DEL2=0.5

着工床面積は、標準着工床面積(100)の何倍が実現されるか、という形で表した。元請の見積額を基にコストの印象が形成され(元請見積の一次の指数遅れ)、コストが高いと認識されると需要が減少し、着工実現率が低くなる。したがって、着工床面積は減少する。

A 工期.K=基準工期+労働者不足による工期の遅れ.K+資材調達の遅れ

.K

C 基準工期=2 (年)

工期が基準工期よりも長引く要因として、労働者不足による遅れと資材不足による資材調達遅れを想定した。

A 労働者不足による工期の遅れ.K=ウェイト 2 * 労務需給.K

C ウェイト 2 =0.02

労務需給が逼迫するほど、労働者不足による工期の遅れは大きくなる。

A 資材調達遅れ.K=ウェイト 3 * 資材需給比.K

C ウェイト 3 =0.5

資材需給が逼迫するほど、資材不足による資材調達遅れは大きくなる。

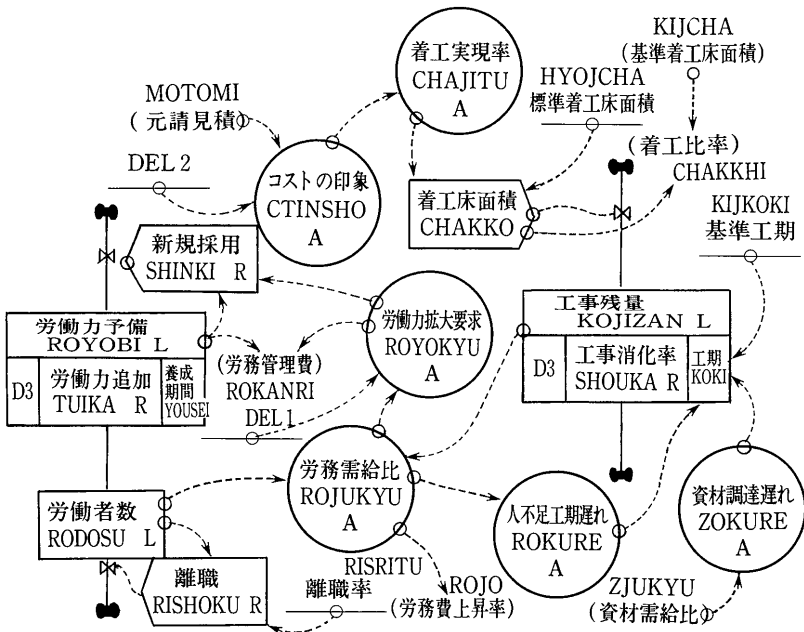


図4 労働力部門

④ 資材部門

A 資材需給比. K =工事残量. K /在庫. K

資材需給比は、工事残量と資材在庫の比率である。

L 在庫. K =在庫. J +DT*(生産率. JK -消費率. JK)

N 在庫=70

R 消費率. KL =DELAY3(生産率. K , 工期. K)

生産された資材は在庫へと流入し、工期を経て消費として流出する。

R 生産率. KL =MIN(生産能力. K , 需要の予想に基づく生産量. K)

資材は需要の予想に基づいて生産されるが、生産能力を超える量は生産できない。

A 需要の予想に基づく生産量. K =基準生産量*需要予想. K

需要の予想に基づく生産量は、基準生産量と需要の予想の積である。

C 基準生産量=90

A 需要予想. K =SMOOTH(着工比率. K , DEL5)

C DEL4=0.3

A 着工比率. K =着工床面積. K /基準着工床面積

C 基準着工床面積=90

需要の予想は着工比率(着工床面積と基準着工床面積の比率)の一次の指数遅れとして形成される。

A 生産能力拡大要求. K =SMOOTH(資材需給比. K , DEL5)

C DEL5=0.3

資材需給が逼迫すると生産能力拡大に対する要求が生じるが、その要求は、実際の資材需給比に対して遅れを伴って(一次の指数遅れ)形成される。

A 生産能力拡大. K =SMOOTH(生産能力拡大要求. K , 生産能力拡大期間)

C 生産能力拡大期間=1

生産能力拡大に対する要求が生じてから、実際に生産能力が拡大されるまでには、遅れ(拡大期間)を伴う。

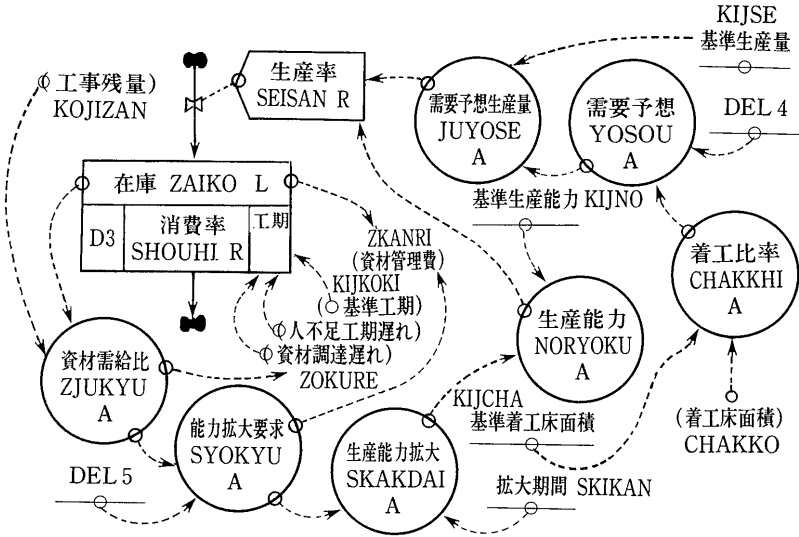


図5 資材部門

A 生産能力.K=基準生産能力*生産能力拡大.K

C 基準生産能力=85

実現される生産能力は、基準生産能力と生産能力拡大の積である。

⑤ シミュレーション結果

シミュレーションの結果、元請見積は図6のような推移を示した。

(A)

元請の見積額がある値になり、コストが高いと認識されるまでは、工事の需要は減少しない。したがって、工事残量は増加し、労働力、資材ともに需要が増大する。この結果労務費、資材費ともに上昇し、見積額は上昇する。しかし労働力不足、資材不足による工期の遅れが影響を及ぼし始めるまでは、工事残量の増加は緩やかであり、したがって見積額の上昇も比較的緩やかとなっている。

(B)

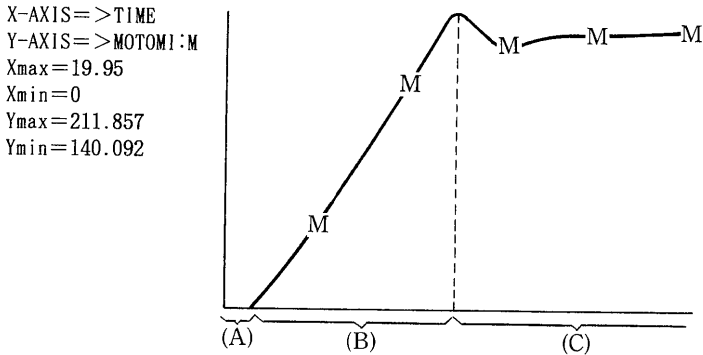


図6 基本モデルにおける元請見積の推移

やがて見積額の上昇は、グレード・アップをもたらし、それがさらに労務費、資材費を増加させ、見積額を上昇させる。一方、労務需給、資材需給の逼迫は、労働力拡大、及び資材の生産能力拡大に対する要求を生じさせるが、それが実現されるまでには時間がかかり、労務管理費、資材管理費も増加する。また、労働力不足、資材不足は工期の遅れをもたらし、それがさらに工事残量を増加させ、労務、資材の需給の逼迫による労務費、資材費の上昇を生じさせる。したがって、この間見積額は当初よりも急激な上昇を見せる。

(C)

しかし元請の見積額がある値に達し、コストが高いという認識が浸透すると、工事に対する需要は減少し、工事残量も減少する。このとき、労働力、資材に対する需要も減少する。したがって、労務費、資材費ともに減少し、その結果、見積額は減少に転じる。

しかし見積額がそのまま減少し続けることはない。見積額が減少すれば、コストが以前よりも安くなったという認識が徐々に浸透しはじめ、工事の需要が再び増加しはじめる。その結果、見積額は再び増加に転じることになる。

このようにして、見積額はある水準を推移する。

(2) 基本モデルの想定を変えたシミュレーション

① 労働者が増加していく場合のシミュレーション

基本モデルの想定では労働者の離職率=2%であり、労働者数は徐々に減少していく。そこでここでは離職率=1.5%とし、労働者が徐々に増加する場合の元請見積の推移を見た。

結果は図7のとおりである。

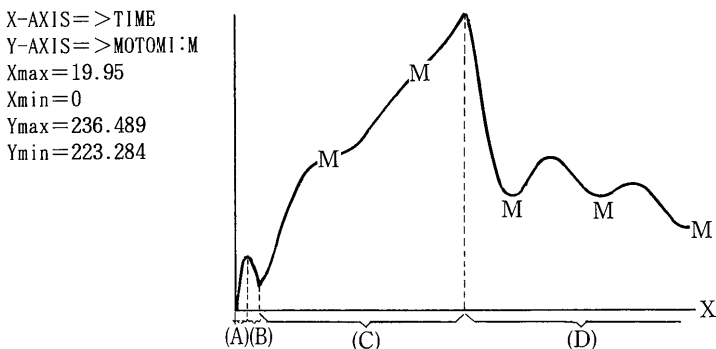


図7 労働者が増加する場合の元請見積の推移

(A)

当初はある程度の工事残量があるのに対して、労働者数、資材在庫ともにそれほど多くはないので、労務費、資材費ともに上昇し、したがって見積額は上昇する。

(B)

しかし労働者数は徐々に増加するので、労務需給が緩和され、労務費は減少に転じる。一方、資材費は以前上昇しているものの、この段階では資材不足がそれほど目立っていないので、資材費の上昇は緩やかである。したがって、見積額は減少に転じる。

(C)

その後も労働者数は増加し続け、それによって工期も短縮され、工事残量が減少するので、労務需要は一層緩和し、労務費は減少する。その一方で、工期の短縮は資材不足をもたらすことになる。したがって工事残量が減少しても、在庫の減少の程度が工事残量の減少の程度を上回るならば、資材費は上昇し続ける。そして、資材費の上昇の程度が労務費の減少の程度を上回るならば、見積額は再び上昇に転じる。

その後見積額が上昇していく過程で、コストが高いという印象が形成されることによって、工事需要の減少、工事残量の一層の減少がもたらされ、見積額の上昇が一時的に鈍化することはあるが、資材不足が続く限りは見積額は再び急激に上昇する局面が見られる。

(D)

やがて工事残量がある水準にまで減少し、資材不足も改善されるようになると、資材費の上昇も止まり、下落に転じる。その時点で、労務費の減少と相俟って見積額は大きく減少する。

しかし、見積額がそのまま減少し続けることはなく、コストが以前よりも低くなったという印象が形成されれば、工事需要は再び増加し、工事残量も増加に転じる。しかし、この時点では既に労働者数はかなり増加しているため、以前のような水準にまで工事残量が増加することはない。したがって労務費、資材費とも僅かに上昇するだけであり、見積額も僅かな上昇にとどまる。そして見積額の上昇に基づきコストの印象が形成され、再び工事需要の減少、工事残量の減少がもたらされ、見積額も減少に転じる。

このように、ある水準にまで工事残量が低下すると、それ以降は十分な数の労働者が存在すれば工事残量は大きく増加、減少することもなく、小さな変動を繰り返しながら推移する。それに伴って、資材費もある水準を小さな変動を繰り返しながら推移していく。労務費も同様に小さな変動を見せるが、労働者数が増加し続けるとすれば、その水準は次第に低くなっ

ていく。したがって、見積額も変動を繰り返しながら次第に低い水準を推移していくことになる。

② 労働者数が増加し、資材在庫初期値も大きい場合

労働者数が増加すると工期が短縮され、資材不足がもたらされるため、ある時点までは元請見積は大きく上昇する局面が見られた。そこで次に、労働者数が増加し、資材在庫の初期値も十分にある（在庫初期値=150）と仮定してシミュレーションを行なった。

結果は図8のとおりである。

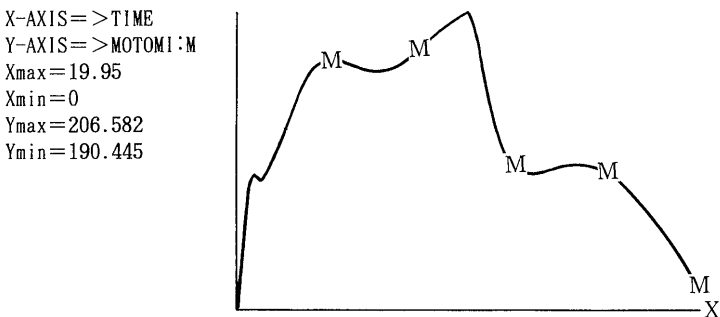


図8 労働者が増加し、資材在庫初期値も大きい場合

在庫の初期値が大きい場合、見積額の推移する水準が低くなるものの、労働力の増加による工期の短縮、それに伴う資材の不足が生じることに変わりはない。したがって、在庫の初期値が小さい場合と同様に、資材不足が解消されるまで見積額は上昇していく。

しかし、一旦見積額が大きく減少してからは、在庫の初期値が低い場合のように変動を繰り返しながら次第に低い水準へと変化するのではなく、一度僅かに上昇するものの、その後は減少していく一方である。在庫の初期値が高ければ、工事残量がある水準にまで落ち込んだ後、コストの印象の形成に基づく工事需要の変化で僅かに上昇に転じた場合でも在庫の水準

が高いために、資材費がほとんど上昇せず、次第に減少していく。したがって労務費の減少傾向と相俟って、見積額は増加に転じることはなく、減少していくことになる。

(3) 回帰分析の結果を用いたシミュレーション

基本モデルでは、建築コストがある水準まで上昇するとコストが高いという印象が形成され、着工床面積が減少すると想定した。ここでは回帰分析を行い、着工床面積上昇率(対前年比)と建築費上昇率(対前年比)及び物価指数との関係を推定し、その結果を用いてシミュレーションを行った。

推定結果：

\ln (着工床面積上昇率) = 9.5293617

−2.061627・ \ln (建築費上昇率)
(−2.345698)

−2.104878・ \ln (物価指数)
(−2.486577)

決定係数=0.7398522。()内は t 値。 \ln は自然対数を示す。

着工床面積及び建築費に関しては(財)日本建築センターのデータを使用した。

また、物価指数は「物価指数月報」の総合卸売物価指数を使用した。

この結果を用いて、ダイナモ方程式における着工床面積の部分の次のように書き換えてみた。

R 着工床面積.KL=着工床面積上昇率.K * 前期着工床面積.K

A 着工床面積上昇率.K=EXP (CONST1) * (元請見積上昇率)^(−2.06)
* (物価指数)^(−2.10)

C CONST1=2.5

L 前期着工床面積.K=前期着工床面積.J

$$+DT * (\text{着工床面積} \cdot JK - \text{前期着工床面積} \cdot J) / DT$$

N 前期着工床面積 = 100

A 元請見積額上昇率. $K = \text{元請見積} \cdot K / \text{前期元請見積} \cdot K$

L 前期元請見積. $K = \text{前期元請見積} \cdot J$

$$+DT * (\text{元請見積} \cdot J - \text{前期元請見積} \cdot J) / DT$$

N 前期元請見積 = 100

A 物価指数. $K = \text{TABLE}(\text{縦軸の値}, \text{TIME} \cdot K, 1, 10, 1)$

T 縦軸の値 = 84.5/87/89.5/92/94.5/97/99.5/102/104.5/107

シミュレーション結果は図9のとおりである。

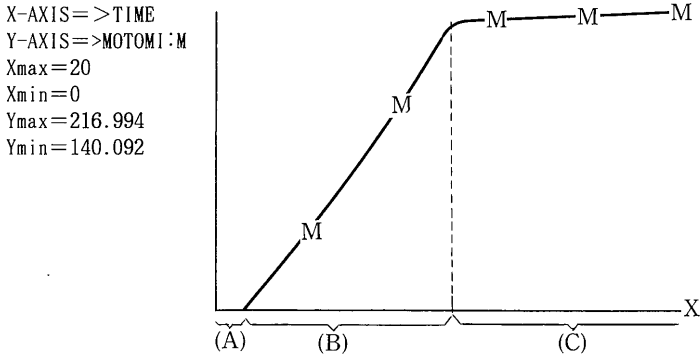


図9 回帰分析の結果を用いたシミュレーション

(A)

当初はある程度の工事残量があるのに対し、労働者数、在庫ともそれほど多くはないので、労務費、資材費ともに上昇し、見積額も上昇するが、この時点ではまだ労働者不足、資材不足がそれほど目立っていないのでその上昇は緩やかである。

(B)

しかしやがて、労働者不足、資材不足が影響を及ぼし始め、見積額は大きく上昇し始める。そして見積額の上昇は、グレード・アップをもたらし、それがさらに見積額を上昇させるので、見積額は当初よりも急激な上

昇を見せる。

一方、見積額が急激な上昇を続ければ、着工床面積は大きく減少し始める。しかし工事残量がある水準にまで減少し、労働者不足、資材不足が改善されるまでは、見積額は大きく上昇を続ける。

(C)

やがて工事残量がある水準にまで低下すると、労働力不足、資材不足は改善され、見積額の上昇は鈍化する。そのため、それ以降は着工床面積の減少も緩やかになり、工事残量はある水準を推移する。したがって見積額も僅かな増加を見せながら推移していく。

4. ま と め

ここでは、着工床面積の増減、工事残量の増減により、労務費、資材費が変動し、それに伴う建築コストの変動が着工床面積の増減に影響を及ぼし、それがまた建築コストの動向に影響を与えるというループを持つモデルにより、シミュレーションを試みた。

基本モデルでは、労働者、資材ともに不足すると想定している。したがって、コストが高いという印象が形成され、労働者不足、資材不足が改善される水準にまで着工床面積が低下するまでは建築コストが大きく上昇する。

次に労働者及び資材に関する想定を変えてシミュレーションを行なった。まず労働者数が徐々に増加する場合、労務費は低下するものの、工期の短縮により資材不足がもたらされる。したがって、資材不足が改善される水準にまで工事残量が低下するまではやはり建築コストが大きく増加する局面が見られ、しかもその水準は労働者、資材ともに不足するケースよりも高いという結果が得られた。

そこで次に、労働者が増加し、資材在庫も十分にあると想定してみた。この場合でも、労働者が増加することによる工期の短縮、それに伴う資材

不足が生じることには変わりはない。したがって、資材不足が改善されるまでは建築コストが大きく上昇する局面が見られる。しかし在庫の初期値が高く、資材不足が改善されるのが早いため、その水準は労働者のみが増加する場合よりも低くなる。しかも、建築コストが一旦大きく下がってしまうとそれ以降は減少する一方であり、ここではほぼ当初の水準にまで減少している。

しかし資材在庫は工事需要を見ながら調整されていくものであり、当初から多くの在庫を抱えるということは、まずない。したがって建築コストは基本モデル、及び労働者のみが増加するケースに見られるように、比較的高い水準（210-230位）を推移していく。

ところでこのモデルでは、建築コストがある水準まで上昇するとコストが高いという印象が形成され、着工床面積が減少するというネガティブ・フィードバックが、建築コストの動向において重要な役割を果たしている。回帰分析においても、建築コスト上昇率、物価指数が増加すると、着工床面積の上昇率が小さくなるという結果が得られ、また、この結果を用いたシミュレーションでも、建築コストは基本モデルとほぼ同水準の推移を示した。しかし、工事需要（着工床面積）に影響を与えるコスト要因はここで取り上げた建築コスト及び物価指数の他にも様々な要因があると思われる。また実際には、コスト要因のみではなく所得要因その他様々な性格の要因によって工事需要は決定されるであろう。今後工事の需要関数の推定に関して更に詳しい検討が必要である。

〈ダイナモ方程式リスト〉

A $MOTOMI.K = MOTOKO.K * EXP(KOKI.K * COSTCAP.K / (1 - TAXRATE))$
C $TAXRATE = 0.433$
A $COSTCAP.K = KABU.K * (RYUHOHI + ZOSHIHI) + BOND.K * BONDHI + KINRI.K * BORRHI$
C $RYUHOHI = 0.3$
C $ZOSHIHI = 0.1$
C $BONDHI = 0.3$
C $BORRHI = 0.3$
A $KABU.K = TABLE(TKABU, TIME.K, 1, 10, 1)$
T $TKABU = 0.15 / 0.16 / 0.17 / 0.18 / 0.19 / 0.2 / 0.21 / 0.22 / 0.23 / 0.24$
A $BOND.K = TABLE(TBOND, TIME.K, 1, 10, 1)$
T $TBOND = 0.050 / 0.055 / 0.060 / 0.065 / 0.070 / 0.075 / 0.080 / 0.085 / 0.090 / 0.095$
A $KINRI.K = TABLE(TKINRI, TIME.K, 1, 10, 1)$
T $TKINRI = 0.095 / 0.090 / 0.085 / 0.080 / 0.075 / 0.070 / 0.065 / 0.060 / 0.055 / 0.050$
A $MOTOKO.K = SHITAMI.K * (1 + KASETU) (1 + KANRI)$
C $KASETU = 0.1$
C $KANRI = 0.1$
A $SHITAMI.K = SHITAKO.K * (1 + SRIEKI)$
C $SRIEKI = 0.1$
A $SHITAKO.K = RO.K + ZAI.K$
A $RO.K = ROKIJUN * (ROJO.K + GREJO.K) + ROKANRI.K$
C $ROKIJUN = 20$
A $ROJO.K = TABLE(TROJO, ROJUKYU.K, 18, 27, 1)$
T $TROJO = 1 / 1.5 / 2 / 2.5 / 3 / 3.5 / 4 / 4.5 / 5 / 5.5$
A $ROJUKYU.K = KOJIZAN.K / RODOSU.K$
L $RODOSU.K = RODOSU.J + DT * (TUIKA.JK - RISHOKU.JK)$

N RODOSU=5.4
 R TUIKA.KL=DELAY3(SHINKI.JK,YOUSEI)
 C YOUSEI=1
 R SHINKI.KL=WEIGHT1*(ROYOKYU.K-ROYOBI.K)
 C WEIGHT1=0.006
 L ROYOBI.K=ROYOBI.J+DT*(SHINKI.JK-TUIKA.JK)
 N ROYOBI=1
 A ROYOKYU.K=SMOOTH(ROJUKYU.K,DEL1)
 C DEL1=0.3
 R RISHOKU.KL=RODOSU.K*RISRITU
 C RISRITU=0.02
 L KOJIZAN.K=KOJIZAN.J+DT*(CHAKKO.JK-SHOUKA.JK)
 N KOJIZAN=100
 R SHOUKA.KL=DELAY3(CHAKKO.JK,KOKI.K)
 R CHAKKO.KL=CHAJITU.K*HYOJCHA
 C HYOJCHA=100
 A CHAJITU.K=TABLE(TCHAJI,CTINSHO.K,200,500,100)
 T TCHAJI=1.2/1.1/1.0/0.9
 A CTINSHO.K=SMOOTH(MOTOMI.K,DEL2)
 C DEL2=0.5
 A GREJO.K=SMOOTH(GSHIHYO.K,DEL3)
 C DEL3=0.3
 A GSHIHYO.K=TABLE(TGSHI,GHIRITU.K,3,8,1)
 T TGSHI=0.1/0.2/0.3/0.4/0.5/0.6
 A GHIRITU.K=CHIKA.K/KIJCHIKA+MOTOMI.K/KIJMOTO
 A GHIRITU.K=CHIKA.K/KIJCHIKA+MOTOMI.K/KIJMOTO
 N GHIRITU=3.8

C KIJCHIKA=400
 C KIJMOTO=50
 A CHIKA.K=TABLE(TCHIKA,TIME.K,1,10,1)
 T TCHIKA=400/500/600/700/800/900/1000/1100/1200/1300
 A KOKI.K=KIJKOKI+ROKURE.K+ZOKURE.K
 C KIJKOKI=2
 A ROKURE.K=WEIGHT2*ROJUKYU.K
 C WEIGHT2=0.02
 A ZOKURE.K=WEIGHT3*ZJUKYU.K
 C WEIGHT3=0.5
 A ZJUKYU.K=KOJIZAN.K/ZAIKO.K
 L ZAIKO.K=ZAIKO.JK+DT*(SEISAN.JK-SHOUHI.JK)
 N ZAIKO=70
 R SHOUHI.KL=DELAY3(SEISAN.JK,KOKI.K)
 R SEISAN.KL=MIN(NORYOKU.K,JUYOSE.K)
 A JUYOSE.K=KIJSE*YOSOU.K
 C KIJSE=90
 A YOSOU.K=SMOOTH(CHAKKHI.K,DEL4)
 C DEL4=0.3
 A CHAKKHI.K=CHAKKO.K/KIJCHA
 C KIJCHA=90
 A NORYOKU.K=KIJNO*SKAKDAI.K
 C KIJNO=85
 A SKAKDAI.K=SMOOTH(SYOKYU.K,SKIKAN)
 C SKIKAN=1
 A SYOKYU.K=SMOOTH(ZJUKYU.K,DEL5)
 C DEL5=0.3

```
A ROKANRI.K=WEIGHT4*ROYOKYU.K+WEIGHT5*ROYOBI.K
C WEIGHT4=0.1
C WEIGHT5=1
A ZAI.K=ZKIJUN*(ZAIJO.K+GREJO.K)+ZKANRI.K
C ZKIJUN=20
A ZAIJO.K=TABLE(TZAIJO,ZJUKYU.K,1,10,1)
T TZAIJO=1/1.3/1.6/1.9/2.2/2.5/2.8/3.1/3.4/3.7
A ZKANRI.K=WELGHT6*ZAIKO.K+WEIGHT7*SKAKDAI.K
C WEIGHT6=0.01
C WEIGHT7=1
PRINT MOTOMI,SHITAMI,RO,ZAI,KOJIZAN,RODOSU,CTINSHO,GHIRITU
PLOT MOTOMI=M,SHITAMI=S,RO=R,ZAI=Z,KOJIZAN=K,RODOSU=D,CTINSHO=C,GHIRITU=G
SPEC DT=0.1/LENGTH=10/PRTPER=0.1/PLTPER=0.1
END
```
