

リスクマネジメント手法開発のためのコスト分析 ー請負増加率と原価増加率の関係についてー

前田建設工業(株) ○赤坂幸雄*
 東京大学大学院 湊 隆幸**
 前田建設工業(株) 前田憲一***

By Yukio AKASAKA, Takayuki MINATO, Kenichi MAEDA

本論文は、工事用情報データベースに蓄積された、コスト情報と工事条件を用い、請負増加率と原価増加率の関係について、定量的分析を試みたものである。分析では、169個の工事データを対象に予算作成時と完成時における金額を用いて、工事全体の請負増加率と原価増加率を計算し、請負増加率を説明変数に、原価増加率を目的変数にした回帰分析を行った。分析では、全工事データを、工事条件毎(例えば、契約区分や入札区分)に分け、請負金額の増加に対する原価の増加の程度を調べた。その結果、従来の非定量的な経験則を数値化できるとともに、リスクマネジメント手法の開発のための基礎的分析としても意義のある結果が得られた。

【キーワード】 積算・見積もり、原価管理、リスク、マネジメント

1. はじめに

前田建設¹⁾は、市販の原価管理システムの欠陥を埋めるシステムとして、連鎖統合基幹システムを開発した。このシステムでは、実行予算の作成・運用と実績といった原価管理サイクルにおける、社内での標準化・共有化を向上させるために、全社的に共通のデータベースが構築されている。ここに蓄積されたデータは、本来、実行予算の作成や実績との対比など、原価管理のツールとして用いられてきた。一方、連鎖統合基幹システムには、金銭の情報だけでなく、工事に付帯する様々な条件も同時に記録されている。このような情報は、例えば、工事環境をリスクとして捉え、リスクとコストの連関に基づく定量的なリスク分析を含む、戦略決定ツールとしてのリスクマネジメントに適用するための有用な情報源として、大きな価値を有している。

本論文は、連鎖統合基幹システムの情報を用いた、リスク分析手法の研究開発に関連して行ったコスト分析のうち、請負増加率と原価増加率の関係について明らかにしたものである。本分析の結果、以下のことがわかった。

- ・ 請負金額が増加すると原価も増加するが、原価の増加の割合は1よりも小さくなる。その割合は、およそ70～80%程度であることがわかった。この結果により、“請負金額の増加は利益の増加に寄与する”というような経験則的な知識を、定量的に把握することができたと言える。
- ・ 過去の工事を官民区分、契約区分、入札区分の分類に層別し、請負金額と原価の増加率の関係を調

* 本店土木本部 土木部 03-5276-5178
 ** 新領域創成科学研究科 環境学専攻 03-5841-8874
 *** 本店土木本部 土木エンジニアリング部 03-5276-9420

べた結果からも、同様に、両者には高い相関があることがわかった。ただし、契約区分のある条件の下では、原価増加率が1以上となり、請負金額の増加が直接利益の増加に寄与するとは限らないことが、明らかになった。このように、プロジェクトを工事条件により分類して分析した結果から、より詳細な知識を蓄積することが可能になった。

本論文での結果は、一企業のデータに基づくものであり、それらが全ての企業に当てはまるとは考えない。しかしながら、これまで経験則的に理解されていたことの一部分が数値化できたことは、情報の標準化・共有化を行う上からも有意義である。さらに、今後、リスク分析/マネジメントシステム等の開発を行う上でも、貴重な基礎データが得られたものと考え、その価値は大きい。

2. 分析の概要

(1) データの説明

連鎖統合基幹システム（図－1）の中には、「マスタ管理システム」という、6種類のマスタ（工事体系マスタ、工種体系マスタ、小工種マスタ、資源単価マスタ、プロジェクト（PJ）マスタ、施工単価マスタ）の登録と更新を行うためのデータベース

がある。この中で、プロジェクト（PJ）マスタ（表－1）には、プロジェクトにおける様々な情報（工事概要、予算情報、工種、工法など）がプロジェクト毎に登録されている。これらのデータは、プロジェクト・コードで識別され、容易に取り出せるようになっている。本論文の分析に用いたデータは、プロジェクト（PJ）マスタから、169個のプロジェクト（1996年4月から1998年8月までに完成した土木工事）を無作為に選んで抽出したものである。

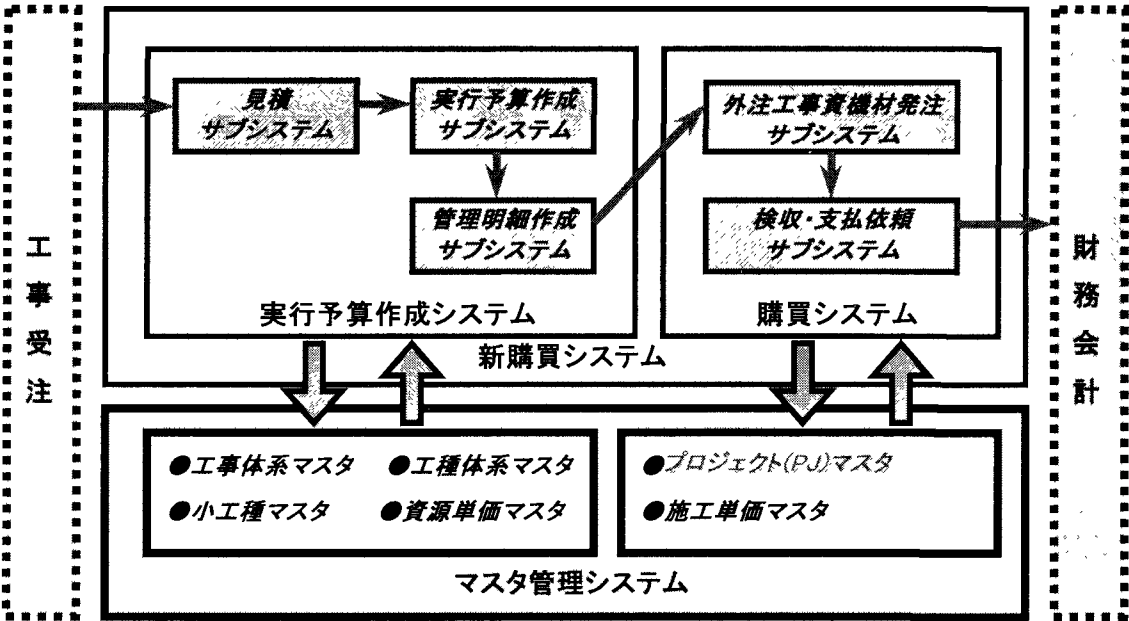
(2) 分析の方法

a) パラメータの定義

分析においては、まず、工事当初と完成時の金額を用いて、請負増加率と原価増加率を以下のように定義した。

$$\text{請負増加率} = \frac{\text{完成精算請負額} - \text{当初請負額}}{\text{当初請負額}} (\%)$$

$$\text{原価増加率} = \frac{\text{完成精算原価額} - \text{当初予算原価額}}{\text{当初予算原価額}} (\%)$$



図－1 連鎖統合基幹システムの概要

表－１ 「プロジェクト(PJ)マスタ」への登録内容

No.	分 類	登録内容
1	工事概要 1	本体工事区分、工事概要、発注者、設計者
2	工事概要 2	営業担当者、工事場所、支給材
3	工事概要 3	工事台帳 No、職員数、協力会社
4	実行予算情報 1	実行予算書情報、利益額、完成精算額
5	実行予算情報 2	IV 予算情報、主要資機材情報
6	建築・工事概要 1	入札区分、請負範囲、目標工期
7	建築・工事概要 2	用途地域、階数、特殊用途
8	建築・工事概要 3	施工区分、公害区分、主要工種
9	建築・施工関連情報	工法種類
10	土木・工事概要 1	入札区分、工事目的、特殊施工、土質区分
11	土木・工事概要 2	工事種類
12	土木・工事概要 3	最急勾配、能力、支保方法、資料
13	土木・工事概要 4	重要品質、主要工種
14	土木・施工関連情報	工法種類

ここで言う原価とは、直接費だけでなく、間接費も含んだ工事全体のコストである。分析では、請負増加率と原価増加率を、169個のプロジェクト全てについて計算した。

b) 分析の分類

本論文の分析の目的は、請負増加率と原価増加率の相関関係を定量化することにある。このような分析は、過去の工事をその条件により、以下の4つの分類に層別し、請負増加率を説明変数に、原価増加率を目的変数とする、1次の線形回帰式を用いて行った。

- ・ プロジェクト全体(169個のプロジェクト)
- ・ 官民区分による分類
- ・ 契約区分による分類
- ・ 入札区分による分類

ここで言う、官民区分、契約区分、および入札区分の意味は以下のとおりである。

官民区分：工事は、官庁発注の工事と民間発注の工事の2つに区分できる。「官庁」とは、国や地方自治体等の公共発注機関を指す。一方、「民間」とは、

電力、鉄道等の民間の発注組織を指す。

契約区分：工事は、また、契約区分により、単独工事、受注スボ工事の2つに区分できる。「単独」とは、当社だけで受注、施工を行う工事を指す。一方、「受注スボ」とは、ジョイント・ベンチャー方式（JV工事）のうち、当社がスポンサーとして受注、施工を行う工事を指す。

入札区分：工事は、さらに、指名入札、一般入札、特命・随契の入札形態によっても、区分できる。「指名入札」とは、指名競争入札、公募型入札を指す。また、「一般入札」とは、一般競争入札を指す。「特命・随契」とは、発注者から直接申し込まれる工事や、本工事に付随して契約するような工事を指す。

c) 異常データの除去

建設工事における金銭的情報は正確であるが、原データを統計的に処理する場合、異常データが含まれることが避けられない。そこで、分析に先立って、異常データの除去を行った。

まず、169個のデータを用いて、請負増加率および原価増加率のヒストグラムを作成した。169個のデータを用いた基本統計量を表-2に示す。それぞれのヒストグラムの形や基本統計量の数値を見ると、標準偏差が非常に大きく、かつ、ヒストグラムの傾向を数値的に判断することのできる“ひずみ”*注1、“とがり”*注2を見ても、正規分布とは

表-2 基本統計量(n=169)

	データ数	標準偏差	ひずみ	とがり
請負増加率	169	35.399	6.198	46.974
原価増加率	169	31.952	5.779	45.636

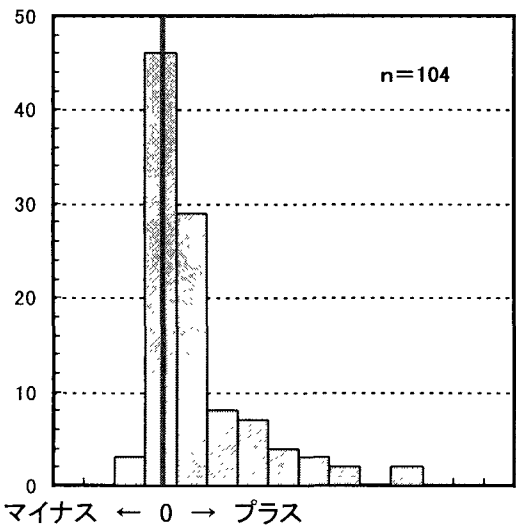


図-2 請負増加率(修正)のヒストグラム

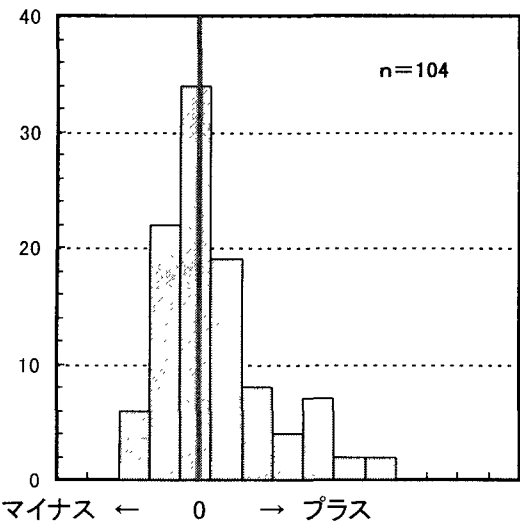


図-3 原価増加率(修正)のヒストグラム

表-3 修正した基本統計量(n=104)

	データ数	標準偏差	ひずみ	とがり
請負増加率	104	17.481	2.006	4.556
原価増加率	104	17.562	1.045	1.141

言い難い形であった。また、異常データと言えるような“はずれ値”が多いことがわかった。分析にあたっては、当社保有のパッケージ^{2),3)}を用いた。

線形回帰分析を行うためには、正規分布に近い形で解析を行うことが望ましい。そのために、請負増加率または原価増加率のデータのうち、それぞれについて±2σ以上のデータを“はずれ値”と仮定した(そのデータ数は4個)。“はずれ値”のデータおよび“請負増加率=0”(そのデータ数は61個)のデータをマスクし、合計で104個のデータを用いて、修正したヒストグラムを作成した。図-2および図-3に修正後のヒストグラムを、表-3にその基本統計量を示す。

異常データの除去では、“請負増加率=0”のプロジェクトをマスクしたが、その理由は、請負額の増減に伴い、原価がどのような傾向を示すかについて調査するのが本解析の目的であり、“請負増加率=0”の工事は、解析に関係ないからである。

d) 正規性の確認

①全データ(修正を加えた104個のプロジェクト)

修正した結果、それぞれのヒストグラムは正規分布に近い形になり、かつ全体的に標準偏差も小さくなった(表-3)。また、“ひずみ”、“とがり”の数値(表-3)を見ても、すべての状況において、格段に減少(0に近づいた)し、正規分布に近づくことが確認できた。

②分類毎のデータ(層別データ)

修正を加えた104個のプロジェクト・データを用いて、前記b)に示した分類毎のヒストグラムおよび基本統計量を作成・計算した。その結果、表-4に示す標準偏差、“ひずみ”および“とがり”から判断しても、工事要因毎の層別データを含め、正

表－４ 層別データの基本統計量

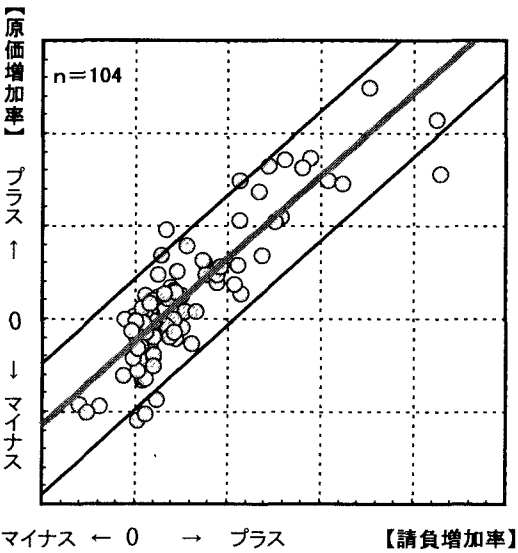
データ区分		データ数	請負増加率			原価増加率		
			標準偏差	ひずみ	とがり	標準偏差	ひずみ	とがり
官民区分	A	81	17.712	2.184	5.422	17.147	1.260	1.849
	B	23	16.987	1.358	1.140	19.303	0.487	-0.226
契約区分	A	41	17.081	1.452	1.818	19.328	1.012	0.825
	B	52	19.006	2.211	5.179	17.043	1.099	1.354
	その他	11	—	—	—	—	—	—
入札区分	A	51	14.652	2.010	4.549	15.276	1.722	4.266
	B	14	22.529	2.071	5.048	21.577	0.929	0.867
	C	35	19.798	1.761	3.349	20.035	0.507	-0.538
	その他	4	—	—	—	—	—	—

規分布であると判断できる。表－４のデータ区分のうち、A、B、Cは、それぞれのデータ区分の分類（例えば、官民区分であれば「官庁」または「民間」の区分）を表すが、実際の区分は、当社の守秘事項であるために、ここでは明らかにできない。

3. 分析結果

(1) 回帰分析

例として、１０４個の全データにおける散布図、



図－４ 回帰分析結果(全体)

回帰直線モデル、ならびに推定値の９５％予測区間*注3を図－４に示す。図－４において、中央にある太線が回帰式となるべき回帰直線を示しており、回帰直線を挟んだ２本の細線は、推定値の９５％予測区間を意味している。

同様に、データ区分に基づく回帰分析の結果について、回帰式(係数)、ならびにそれぞれの分析の寄与率*注4およびt値*注5を、表－５に示すように求めた。

(2) 回帰分析の有意性

前記（１）で求めた回帰式を直線に当てはめることに意味があるか否かの統計的な判断を行うため、分散分析を行った。分散分析の結果（表－６）、すべての層別データを含めて１％有意であり、ここに使用したデータの範囲においては、直線を当てはめることに意味があると判断できた。

また、この回帰直線モデルが、予測モデルとして妥当であるか否かを確認するため、残差の検討について基準化残差を用いて確認した。同様にその結果も表－６に示す。

- 基準化残差のヒストグラムを作成した結果、ヒストグラムの形、表－６に示す“ひずみ”および“とがり”などの基本統計量により、正規分布を示していることがわかった。つまり、基準化残差の期

待値は“0”に近づくことがわかり、【普遍性】が確認できた。

- すなわち、基準化残差は正規分布と見ることができ、【正規性】が確認できた。
- 基準化残差は表－6に示すダービン・ワトソン比*注6から見ても、ランダムに並んでおり、各説明変数との間に【独立性】があることが確認できた。
- 請負増加率と基準化残差の散布図を作成した結果、基準化残差と説明変数である請負増加率の関係

は、“クセ”もなく、無相関であると言える。また、“基準化残差＝0”の軸を対象に、プラス側、マイナス側とも同等のバラツキを示していることから、等分散になっていることがわかり、【等分散性】が確認できた。例として、全体（104個）のデータにおける請負増加率と基準化残差の散布図を図－5に示す。

以上の結果、これらの回帰式は予測モデルとして可能であり、かつ一次回帰式として信頼性の高い回帰式であることがわかった。

表－5 分類毎の回帰分析結果

データ区分		回帰式	寄与率	t 値	データ数
全データ		$Y = -6.931 + 0.873X$	0.755	17.778	104
官民区分	A	$Y = -7.206 + 0.845X$	0.762	15.932	81
	B	$Y = -6.077 + 0.995X$	0.766	8.299	23
契約区分	A	$Y = -6.762 + 1.038X$	0.841	14.349	41
	B	$Y = -7.839 + 0.777X$	0.750	12.260	52
入札区分	A	$Y = -7.259 + 0.944X$	0.821	14.951	51
	B	$Y = -9.659 + 0.858X$	0.803	6.985	14
	C	$Y = -6.027 + 0.852X$	0.709	8.961	35

注) 回帰式の係数；X＝請負増加率、Y＝原価増加率

表－6 分散分析結果ならびに基準化残差の検討結果

データ区分		分散分析結果	ひずみ	とがり	ダービン・ワトソン比
全データ		1%有意	-0.231	0.672	1.879
官民区分	A	1%有意	-0.265	0.570	2.074
	B	1%有意	0.040	0.856	2.139
契約区分	A	1%有意	0.081	-0.917	2.004
	B	1%有意	-0.386	0.921	1.581
入札区分	A	1%有意	-0.099	-0.784	1.658
	B	1%有意	0.504	1.847	2.362
	C	1%有意	-0.361	0.299	1.881

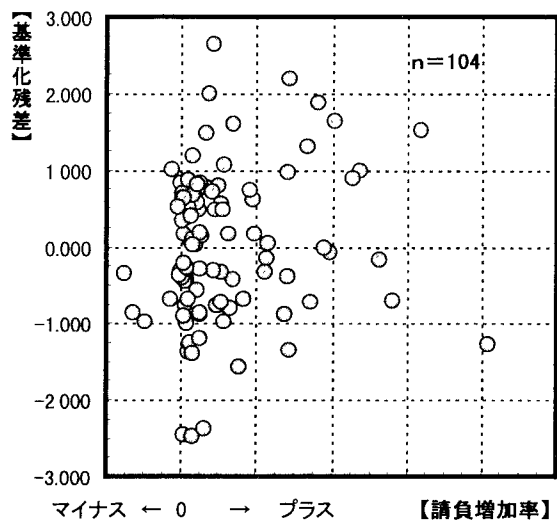
(3) 検定による有意性の検証

目的変数として取り上げた「原価増加率」が前記「2. 分析の概要、(2)分析の方法、c)異常データの除去」においてマスクした“請負増加率＝0”のデータと、前記「3. 分析結果」において回帰分析に用いた104個のデータ（請負増加率≠0）との間に有意差があるか否かを検定により行い、調査結果の妥当性を確認した。

以下の表－7に、全データかつ層別したデータを用いた「母平均の差の検定」の結果を示す。

検定を行った結果、全データおよび層別データの間において、すべての層別データを含めて5%有意であり、請負額の増減があるプロジェクトと増減のないプロジェクトでは、原価増加率の占める範囲に差があることがわかった。

すなわち、目的変数である「原価増加率」は「請負額」の増減があることにより、その占める範囲に差があると言える。



図－5 請負増加率と基準化残差の散布図
(全体)

表－7 原価増加率の検定結果

データ区分		データ数 請負増加率≠0	データ数 請負増加率＝0	統計量： t_0	棄却域： t	判定 $\alpha=0.05$
全データ		104	59	4.945	≥ 1.975	有意である
官民区分	A	81	42	4.208	≥ 1.980	有意である
	B	23	17	2.523	≥ 2.035	有意である
契約区分	A	41	24	3.371	≥ 2.001	有意である
	B	52	29	3.401	≥ 1.990	有意である
入札区分	A	51	21	3.422	≥ 1.995	有意である
	B	14	7	2.245	≥ 2.101	有意である
	C	35	25	2.792	≥ 2.006	有意である

4. 分析のまとめ

(1) プロジェクト全体

全体のデータで分析すると、表－5に示されているように、請負増加率と原価増加率の関係は以下のように求められた。

$$Y = -6.931 + 0.873X$$

このことより、請負増加率と原価増加率の間には正

の相関がある、つまり、請負金額が増加すると原価も増加することが明らかになった。また、上式の回帰係数を見ると、0.873であり、原価の増加する割合は、1以下である。つまり、過去のデータによると、請負金額が1%増加することにより、原価は0.873%増加していることがわかる。

これを、実際の数値で考えてみる。例えば、当初請負額が1,000万円であり、設計変更等により、請

負額が 50 万円、つまり 5%だけ増加したとしよう。すると、原価の増加は、 $0.873 \times 5\% = \text{約 } 4.3\%$ と推定される。今、話を簡単にするために、当初予算原価額も 1,000 万円であったと仮定すると、完成精算原価額は、 $1,000 \times 4.3\% = \text{約 } 43$ 万円だけ増加するものと推定できることになる。

このように、分析の結果は、請負額が増加する場合において原価の増加額は、請負額の増加より小さくなることを示している。一般的に、原価の増加額は、請負額の増加額が大きくなるに従って増大する。しかしながら、請負額が増加するにつれて、請負額の増加分と原価額の増加分の差は大きくなる。このことは、一般的には、請負額が増加するにつれて、コストからの”余剰”がより多く発生することを示している。

（２）官民区分による分類

請負増加率と原価増加率の関係を、官民区分による分類でみると、表－５より、「Ａの場合」の回帰係数は 0.845、「Ｂの場合」の回帰係数は 0.995 であり、ともに“１以下”であるものの、「Ａの場合」の回帰係数のほうがより小さい値を示している。ＡとＢの場合を比べると、この結果により、「Ａの場合」の方が原価の増加率が小さいことを示している。

（３）契約区分による分類

次に、請負増加率と原価増加率の関係を、契約区分による分類でみると、表－５より、「Ａの場合」の回帰係数は 1.038、「Ｂの場合」の回帰係数は 0.777 であり、「Ｂの場合」の回帰係数のほうが小さい値を示している。この値は、表－５に示された全ての分析結果の中でも、最小の値となっている。

また、両者の回帰係数の大きさを見ると、「Ａの場合」は“１以上”であり、「請負金額」より「原価」の増加する割合が上回ってしまい、請負金額が増加することによる原価のオーバーランが問題となることが考えられる。

（４）入札区分による分類

請負増加率と原価増加率の関係を、入札区分による分類でみると、表－５より、「Ａの場合」の回帰係数は 0.944、「Ｂの場合」の回帰係数は 0.858、

「Ｃの場合」の回帰係数は 0.852 であり、「Ａの場合」の回帰係数が一番大きな値を示している。すなわち、「Ａの場合」で受注することは一番、コスト管理の面から、効率が最も悪くなる結果となることがわかった。

（５）まとめ

本解析の結果から、主に、以下の点が推測できる。

1)．請負金額が増加すると原価も増加するが、原価の増加の割合は、一般的に 1 よりも小さくなる。一般的には、請負金額が 1 % 増加するに従い、原価増加率は 0.7～0.8 増加する結果が得られた。この結果は、基本的に、”請負金額の増加は利益の増加に寄与する”というような経験則を明示した形となった。

2)．官民区分、契約区分、入札区分の分類による分析結果からも、同様の傾向が見られた。

3)．ただし、契約区分による分析の結果では、「Ａの場合」の回帰係数が 1 以上となり、請負金額の増加が、コストの余剰に負の作用を及ぼしていることが推察された。一方、「Ｂの場合」の回帰係数は、1 より小さいだけでなく、全ての分類の中でも、最小となっている。これらのことより、契約区分による原価の増加は、官民区分や入札区分による場合に比べて、コストの余剰に対する影響の点で、特に着目すべき結果であると考えられた。

５．おわりに

昨今の低迷している日本経済の状況の下、建設業界において原価の低減は、企業の利益を増加するための最も重要な要素の一つとなっている。本論文で定義した「原価」は予算を基にしており、本来の意味での原価とは異なるかもしれない。しかしながら、ここで得られた結果は、従来の非定量的な経験則を数値化したことにより、可視的な共有できる情報を発見できたという点では価値がある。将来はさらに、ここで示したようなものだけでなく、様々な「コスト情報」を会社における経営環境との関連の中で、経時的に観察することが重要である。

建設業における戦略の策定は、主観的な判断で行っている場合が多い。しかし、主観的な判断には、誤謬や思い込みなどによる欠点も存在する。したがって、マネジメント戦略を立てる上で、定量的な分析に基づく情報は、的確な意思決定を行う上で、非常に重要な要素となる。

当社では、連鎖統合基幹システムに蓄積された過去のデータを用いた、徹底的な定量的分析を、建設マネジメントの意思決定システムの一部として位置付けることを考えてきた。つまり、コストの変動を、プロジェクトに係わる不確定要素との関連の中で捉え、実際の建設工事費に及ぼす影響を定量化し、有効に活用されていない過去の工事情報を、意思決定のための情報として活用するための、情報システムの構築が必要である。

本解析は、データに基づくマネジメント意思決定システム構築のための、最初の段階における研究の一部を公表したものである。目的変数である「原価増加率」は、「請負増加率」という1つの説明変数だけでは到底、説明できるものではない。当然、「原価」は工事条件である工法、工種、材料・労務・外注を構成する内容等の要因を含め、様々な要因により影響を受けるものであり、この点についても今後の課題である。今後の研究方法としては、まず、第一段階において、連鎖統合基幹システムを用い、予測と管理に基づく、工事のリスク分析／マネジメントシステムを構築する。さらに、リスクマネジメントを会計システムとも連動し、総合的な原価管理システムへと発展させることが、将来の課題である。

【注 釈】

***注1：“ひずみ”**は分布の左右非対称度を示す指標である。“ひずみ”はデータが対象であるとき“0”に近づき、非対称で大きい方に裾を引くときはプラスに、小さい方に裾を引くときはマイナスの値になる。

***注2：“とがり”**は分布のとがり、または裾の長さを示す指標である。“とがり”は正規分布のときは“0”に、それより長い裾を引くときはプラスに、裾が切れているときはマイナスになる。

***注3：“推定値の95%予測区間”**は回帰直線上のある値を平均値とし、その上下に正規分布を考えたとき、理論的に95%の確率でこの2本の区間内にデータが存在することを視覚的に表したものである。

***注4：“寄与率”**は相関係数の2乗により計算される。寄与率とは説明変数が全体として、目的変数の予測にどれほど有効かを見るための基本的な統計量である。すなわち、寄与率とは求められた回帰式の α （寄与率の値）%を説明できることになる。

***注5：“t値”**は回帰係数が“0”と言えるかどうか（“0”ならば回帰の意味がない）の判定について、検定に用いるための統計量である。つまり、t値が大きければ回帰係数が有意となり、その回帰式に意味があると言える。一つの目安として、t値が1.44以上ならば、回帰係数に意味があると判断できる。

***注6：“ダービン・ワトソン比”**はある仮定のもとに観測されたデータの順に“クセ”がなく、ランダムに並んでいる場合には“2”に近くなり、隣同士のデータの残差に正の相関があれば“0”に近づき、負の相関があれば“4”に近い値をとる。

【参考文献】

- 1). 前田建設工業（株） 前田憲一、歌津洋一「原価管理の連鎖統合基幹システムの構築と展望」、土木学会、建設マネジメント研究論文集 Vol.4、1996
- 2). 「品質管理セミナー・ベーシックコース・テキスト」、（財）日本科学技術連盟、1994
- 3). 「JUSE パッケージ JUSE-QCAS/V6.0 JUSE-MA/4.0 for Windows95/NT」、（株）日本科学技術研修所、1998

Cost Analysis For Development of Risk Management Method

Relationship between the rate of contract increase and the rate of cost increase:

Yukio AKASAKA, Takayuki MINATO, and Kenichi MAEDA

This story report is making a try to study out the relationship between the rate of contract increase and the rate of cost increase through the quantitative analysis , which was conducted with use of the available information on cost and construction conditions stored in the information data base for the Project Experience & Construction Record.

In the analysis, the first step was to compute the rate of contract increase and the rate of cost increase in all the cases of 169 Projects obtained in the information data base , putting use of the amounts at the time of preparing the budget and those at the time of completion.

Then, the regression analysis was made using the former as the explanatory variable and the latter as the object variable.

After sorting all the Project construction data according to the conditions such as contract method, tendering classification, etc., the analytical examination was carried out as to the rate of cost increase to the increase of contracted amount.

As a result, it has been verified that the traditional non-quantitative empirical rules can be represented numerically, and that the results gained by the analysis are the informative source of great significance as a basic and fundamental tools and means for analysis in developing risk management method.