

「建設マネジメントにおけるデータ利用」の

とりまとめについて

Introductory note for the publication of "Data Analysis in Construction Management"

建設マネジメントデータ分析研究グループ 伊藤 耕一 (戸田建設㈱)

by K. ITOH

建設工事の多様化、それを取りまく環境条件の変化はここ数年著しいものがある。それにともない建設産業の企業力の強化、多極化が進み、システムとしての組織力が充実しつつある。同時に単品受注、生産の形態をとる個々の建設工事の運営にもシステム化の考え方が取り入れられ、建設マネジメントの立場で様々な角度から検討されている。当グループでは、建設マネジメントにかかわるデータ分析として“労務歩掛り”を対象とした研究、それと並行してデータ分析事例、統計解析パッケージソフトウェアの調査を行ってきた。そこで、これまでの研究成果として「建設マネジメントにおけるデータ利用」研究報告書を本年度末をめどに発行する予定としている。

本論文は、研究報告書の概要を述べるものである。歩掛りデータの分析については、過去3回にわたり研究発表・討論会で報告した内容であるため、ここでは本文中の活動経過として簡単に言及するとともに、主にデータ分析事例、統計解析パッケージソフトウェアの調査について報告する。

〔キーワード：データ、統計分析、文献調査、パッケージソフトウェア〕

1. はじめに

建設工事においては、多種多量のデータが日々発生している。しかし、これ等のデータが有効に利用されているかと考えると、はなはだ疑問である。これは、建設工事が個別受注生産形態をとるために、一般製造業と比較して、生産条件の異なる多様なデータが発生するという特性に起因しているものと考えられる。しかし、我々建設に携わる者が、データ分析手法に関する、より深い知識を備えているならば、これまでよりも有効にこれ等のデータを活用し、より科学的なマネジメント活動を行うことが出来るものと考えられる。

当研究グループは、以上のような考えから、建設工事のマネジメントにかかわるデータを対象に、それ等の有効的な利用方法の検討と、そのための分析手法の調査・研究を行うことを目的として、昭和60年2月に設立され、以来、以下に示す3つの研究を中心として研究活動を進めてきた。

- ①データ分析手法および適用ソフトウェアの調査研究
- ②建設分野を中心としたデータ分析適用例の調査
- ③実際のデータを用いた分析手法の適用研究

本論文は、これまで行ってきた研究活動の成果として、現在取りまとめを進めている研究報告書『建設マネジメントにおけるデータ利用』を紹介することを目的に、その概要を述べたものである。なお本研究報告書は、本年度末の発行を予定している。

2. 研究活動経過

(1) 分析手法・ソフトウェアの調査研究

これまでに、重回帰分析、判別分析、主成分分析、因子分析、林の数量化理論Ⅰ類～Ⅳ類、クラスター分析などの多変量解析法¹⁾²⁾や、実験計画法、探索的データ解析法(Explorative Data Analysis)³⁾等、主に統計解析手法の調査研究を行ってきた。また、一部ではAHP (Analytic Hierarchy Process)⁴⁾等の意思決定手法についても検討した。

以上の調査研究と並行して、SAS (Statistical Analysis System)⁵⁾や、SPSS (Statistical Package for Social Science)⁶⁾等の代表的な統計解析パッケージや、市販されているパソコン用統計解析パッケージを対象として、ソフトウェアの機能調査を行った。この中のパソコン用ソフトウェアの調査結果については、現在取りまとめている研究報告書で、詳しく報告する予定である。

(2) 歩掛りデータ利用の研究

データ分析手法の適用研究として、グループ結成直後から約3年間にわたり、歩掛りデータの利用方法について研究を進めた。これは本グループの中核をなす研究活動であり、この成果は、過去3回の本研究発表・討論会において発表を行った。⁷⁾⁸⁾⁹⁾

a) 現状分析

最初に、実際の建設工事における歩掛りの現状について、歩掛り利用の目的や問題点を、ヒヤリング調査や我々自身の経験をもとに検討し、整理した。つぎに、建設工事に関する文献を調査し、歩掛りに関する用語の使用例を調査し、当グループにおける歩掛りの定義と分類を試みた⁷⁾。

b) 分析対象の検討

上記の調査活動と並行して、分析の対象とする歩掛りの種類を検討した。この結果、所要歩掛りと呼ばれる施工段階の歩掛りを、また作業と歩掛りとの関係が把握しやすいという理由から、RC構造物工事における鉄筋組立、型枠組立、およびコンクリート打設の労務歩掛りを分析対象とした。⁷⁾

c) データの収集・分析

つぎに、データの収集・分析方法を検討した。まず、これ等の歩掛りの変動に影響すると考えられる要因を、ヒヤリング調査をもとに検討し、特性要因図に整理した。また、データの収集・分析は、以下の2通りの方法で実施することとした。

①工事日報を主体とする現場作成資料から、全工事期間の歩掛りを詳細に分析する方法⁸⁾

②調査票により多数の工事を対象に歩掛りデータを収集し、これを分析する方法⁹⁾

前者では、調査対象としてRC単柱式高架橋工事を1つ選定した。また、後者では、昭和60年6月から12月にかけて、グループメンバーの所属する企業

の工事現場にアンケート調査票を配布し、データを収集した。

これ等のデータは、主に重回帰分析と数量化理論Ⅰ類を用いて分析し、複数の変数(要因)による歩掛りの推定式を、比較的良い精度で得ることができた。

d) 歩掛りデータ利用法の整理

最後に、以上のデータ分析結果を基に、歩掛りデータの利用方法について検討し、整理した。ここでは、歩掛りの“利用場面”は、“利用段階”(積算見積、施工計画、施工管理、および施工評価)と“利用目的”(原価管理、工程管理、出来高管理、および作業管理)により分類できること、また、以上の各利用場面で必要とする歩掛りの精度に関しては

①時間単位(1時間、半日、1日、1週間)

②作業単位(要素作業、単位作業、部分工事、全体工事)

③構造物単位(部位、構造物、全体)

の3要素で表すことができることがわかった。⁹⁾

(3) データ分析適用文献の調査

建設分野におけるデータ分析手法の適用例調査の一環として、統計解析手法を適用した文献について建設分野を中心に調査を進め、現在、この結果を調査票に整理している。これは、現在取りまとめている研究報告書の主要部分であるので、次項で詳しく紹介する。

3. 研究報告書の概要

(1) 目的

まえがきでも述べたように建設工事においては、様々な業務にかかわるデータが十分に分析、活用されていないのが現状である。その原因として建設工事の個別性から単純にデータ分析にかけること無理があるというデータ分析上の問題もさることながら、分析手法ならびに適用事例に関する参考資料が整備されていないことがあげられる。

具体的には

・どのような手法がどのような場面に使用されるのか

- ・建設マネジメントにおける意思決定にデータがどのようにかわるのか
- ・データ分析ソフトウェアにどのようなものがあるのか

について整理された資料が数少ないということである。

そこで今回、建設に携わる方々に対しデータ分析の有効利用を広めるために、当グループのこれまでの研究成果も含め「建設マネジメントにおけるデータ利用」の研究報告書を取りまとめることとした。

とりまとめの観点は

- ①建設マネジメントにおけるデータ分析適用例および分析手法の利用状況を今後の基礎資料となるよう整理する
- ②分析に用いるパッケージソフトウェアの特徴を紹介する
- ③歩掛りデータの研究から得られた知見をまとめることとした。

(2) 内 容

目的をふまえ、研究報告書の内容は以下の通りとする予定である。

(1) 文献調査

- ①文献一覧表
- ②適用手法別、業務分類別一覧表
- (2) 統計解析手法の利用状況
- (3) データ分析パッケージソフトウェア調査
- (4) 歩掛りデータによるデータ分析研究

以下に簡単にその概要を述べる。但し、(4)については過去の本研究発表・討論会で報告済みであるため、ここでは省略する。

a) 文献調査

建設マネジメント分野におけるデータ分析手法、特に統計解析手法の適用例について、文献調査を行った。

調査対象は、グループメンバーが入手できる範囲の、主に昭和57年以降の土木、建築、品質管理、OR、統計等に関する学会論文集、講演集、機関誌、雑誌、企業技報、学位論文であり、この中から建設マネジメントに関連する分野で、統計解析手法を利用した文献を抽出した。

調査は各メンバーが上記の文献を分担し、参考資

料-1の調査票に必要事項を記入し、できるだけ表現を統一してとりまとめた。主な出典をあげると、次の通りである。

- ・『品質管理』臨時増刊号
- ・土木計画学研究講演集
- ・土木学会年次学術講演会講演集
- ・土木学会論文集
- ・土質工学会講演集
- ・『ENGINEERS』
- ・学位論文

調査し、掲載予定の論文数は、現在108編である。統計解析手法を適用した業務内容を、

- ①調査企画
- ②計画設計
- ③施工管理

の3段階に分類し、また調査票にある項目とともに一覧表にまとめたものの一部が参考資料-2である報告書にはこの他に適用業務、適用手法ごとにまとめた一覧表を添付することになっている。

b) 統計解析手法の利用状況

上述の文献調査の結果をもとに、この範囲での建設マネジメント分野に関連する統計解析手法の利用状況の概要について、ここで若干ふれておく。

一般に、統計解析手法は目的変数の有無や種類、説明変数の種類等、分析するデータの特性によって分類されることが多いが^{1)、10)}、ここでは調査した論文で利用された手法を利用目的によって以下のよう到大別することとした。

〔条件設定〕要因配置法（一元配置、二元配置等）
直交配列表

〔数量予測〕回帰分析（単回帰、重回帰、多項式回帰、双曲線回帰、シミュレーション回帰）、数量化理論Ⅰ類

〔群判別〕判別分析、数量化理論Ⅱ類

〔分類要約〕主成分分析、因子分析、クラスター分析、数量化理論Ⅲ類

〔その他〕相関分析（積率、順位、属性）、2次元分散、EDA、逐次検定法

統計解析手法を適用した業務分類ごとに、論文数と利用された手法数をまとめたものが表－１である。

表－１ 業務分類ごとの論文数と利用手法

() 内は全論文数に対する%

業務分類	論文数	利用手法（論文数）					
		条件 設定	数量 予測	群判別	分類 要約	その他	計
調査企画	25 (23)	2	14	4	14	5	39
計画設計	20 (19)	6	10	2	5	0	23
施工管理	63 (58)	39	33	4	5	8	89
計	108 (100)	47 (44)	57 (53)	10 (9)	24 (22)	13 (12)	151

現在までにとりまとめた調査によれば、適用業務ごとの論文数の比率は、施工管理段階が５８％と最も多く、調査企画段階が２３％、計画設計段階が１９％となっている。

利用手法について見ると、〔数量予測〕のための手法が全論文の５３％で利用され、次いで〔条件設定〕が４４％、〔分類要約〕が２２％の論文で利用されている。

施工管理段階では、種々の施工条件を組合せた実験データから最適施工条件を見出すための〔条件設定〕、および施工中の計測データを用いた管理特性値の〔数量予測〕を目的とした手法が多く利用されている傾向があった。

調査企画段階では、過去のデータを用いた災害や価格の〔数量予測〕や、アンケート調査、実態調査データによる現象・評価構造の〔分類要約〕への利用が多く見られた。

計画設計段階では、工事計画における工期や工事費の〔数量予測〕に多く利用されているようであった。

これらについては、研究報告書の中で更に分析する予定である。

ｃ）データ分析パッケージソフトウェア調査

本研究を進めるにあたり、収集した歩掛りデータを実際に分析するために数種類の統計解析ソフトウェアを使用した。しかし、今後は歩掛りデータに限らず一般データを統計的に分析する場合に、どのようなソフトウェアが利用できるのかを調べておく必要がある。また、そのソフトウェアは手軽に使えるように、大型計算機用ではなく、いわゆるパソコンで使用できることが望ましい。

そこで、パソコンで利用できる統計解析を中心としたデータ分析関係のソフトウェアの調査もあわせて行うこととし、研究報告書に掲載する予定としている。

調査方法は、各ソフトウェアのパンフレットの収集を行い、若干の電話やヒアリングによる補足を行った。今回調査した件数は、３５件である。

研究報告書では、これらのソフトウェアの一覧を示すとともに、個々のソフトウェアの主に機能比較について参考資料－３のような書式及び項目で記述する。

４．おわりに

データが工事マネジメントの意思決定の一つの指標となりうるには、そのデータを客観的に要約する必要がある。データを要約するには、経験と勘で十分な場面もある一方、複雑化したデータをあつかう場合には、客観的な判断を加えるためにデータの層別、絞込みが必要となり、分析手法の適用が有効な手段となる場面が生じてくる。

ひと口にデータ分析といっても様々な適用範囲があり、事前にその適用場面の適否、適切な手法の選択、使用するデータの種類の精度等を十分に検討しておくことが重要となる。

その面で、本論文で紹介した研究報告書は、今後データ分析を計画している方々に参考資料として一助となれば幸いである。なお、今後ともデータを定期的に蓄積する予定である。

最後に、本研究に終始適切なご指導をいただいた京都大学春名攻助教授、貴重なご意見をいただいた当小委員会メンバー委員の方々に深甚なる謝意を表す。

【グループメンバー】（○：グループリーダー）

○池田將明（フジタ工業）

島村直幸（大林組）

中村正博（フジタ工業）

安井英二（鴻池組）

伊藤耕一（戸田建設）

【参 考 文 献】

- 1) 本多正久：経営のための多変量解析法、産業能率大学出版部 1983年
- 2) 奥野忠一他：多変量解析法、日科技連、1972年
- 3) F.ハートウィク：探索的データ解析の方法、朝倉書店 1983年
- 4) 刀根 薫：ゲーム感覚意志決定法、日科技連出版社 1986年
- 5) 中山和彦他：SASによるデータ解析・基礎編、丸善、1984年
- 6) 三宅一郎他：SPSS統計解析パッケージ、東洋経済新報社、1976年
- 7) 池田將明：統計的手法による歩掛り利用の研究（その1）、第2回土木工事のマシメント問題に関する研究討論会 資料集、pp.205～212、1984年
- 8) 安井英二：統計的手法による歩掛り利用の研究（その2）、第3回建設マシメント問題に関する研究発表・討論会 資料集、pp.215～226、1985年
- 9) 池田將明：統計的手法による歩掛り利用の研究（その3）、第4回建設マシメント問題に関する研究発表・討論会 講演集、pp.35～48、1985年
- 10) 竹内 啓，柳井晴夫：多変量解析の基礎、東洋経済新報社 1975年

統計解析手法の文献調査票

NO.106

タイトル	ブレーキングの管理方法について
著者 (組織名)	徳増 秀雄(清水建設)
出典	『品質管理』臨時増刊号 神戸品質管理大会報文集 VOL 34、PP.144-148 1983年 5月
キーワード	マスコンクリート、練上り温度、ブレーキング
目的	マスコンクリートを施工する場合、コンクリートの練上り温度の上昇がコンクリートの品質に悪影響を及ぼす。そこで練上り温度29℃以下にするためにブレーキングの管理方法を統計的手法を用い検討する。
手法	1. 単回帰分析 ①目的変数 練上り温度 ②説明変数 材料温度(水、粗骨材、細骨材、セメント) ③結果 ブレーキングにより材料を冷却する必要有り 2. 重回帰分析 (練上り温度と材料温度の関係把握) ①目的変数 練上り温度 ②説明変数 材料温度(セメント、荒砂、細砂、粗骨材、混練り水) ③サンプル 44 ④結果 $R=0.932$ 偏回帰係数に固有技術的にみて常識と合わないものがあった 3. 主成分分析 (説明変数間の相関把握) (多重共線性) ①分析変数 材料温度(変換値を採用 温度×使用量×比熱) ②結果 第1主成分の寄与率が0.924となり、ほとんど第1主成分のみで説明し得ると判断した 4. 単回帰分析 (練上り温度の推定式) ①目的変数 練り上がり温度 ②説明変数 第1主成分値(Z_1) $Z_1=0.378 T_c' + 0.386 T_{G1}' + \dots$ ③結果 $R=0.96$ $T_p=13.415+1.256 Z_1$
結論 及び 問題点	練上り温度の推定式による施工管理を行った結果、練上り温度29℃以下という条件をクリアすることができた

No.	論文タイトル	業務分類	キーワード	適用手法	出典	時期
37	定常シーリングの施設管理	施工管理	定常シーリング、据置管理、据置時間、施工基準	相関分析	品質管理	8611
38	大スパンシェル構造鉄骨工事における計測管理	施工管理	大スパン、シェル構造、鉄骨、計測管理	単回帰分析、主成分分析	品質管理	8611
39	原山丸屋根作業計画	施工管理	フィラダム、発破、ベンチカッタ工法、作業計画	二重配置	品質管理	8611
40	大型タイルの剥離防止	施工管理	トンネル、外装タイル、施工性、見直し、剥離、密着貼り	直交配列表	品質管理	8611
41	トンネル工事の側壁コンクリート余量量の予測	施工管理	トンネル、側壁、コンクリート、余量	数量化理論Ⅰ類	品質管理	8611
42	地中線管路工事における圧入工事費の低減	施工管理	管路、推進工法、推進機、開発、推進精度	直交配列表	品質管理	8611
43	密集住宅直下における大口管状トンネルの施工	施工管理	トンネル、泥水シーリング、住宅地、据置管理、乾砂重量、沈下対策	重回帰分析、一元配置	土木・建築	8601
44	統計的方法による出来高曲線形状のパターン分類	施工管理	出来高曲線、形状、パターン分類、工事特性	判別関数、数量化理論Ⅲ類	学術論文	8406
45	コンクリート供試体圧縮強度の変動要因の解析	施工管理	コンクリート、供試体、圧縮強度、試験員、変動要因	二元配置、五重配置	品質管理	8505
46	外壁モルタルの接着強度に関する要因解析	施工管理	外壁、モルタル、下地、接着性	一元配置、直交配列表	品質管理	8505
47	鉄筋コンクリート外壁のひび割れ防止	施工管理	外壁、鉄筋、ひび割れ、乾燥収縮	直交配列表	品質管理	8505
48	鉄筋コンクリート造りの外壁に発生するひび割れの低減活動	施工管理	外壁、ひび割れ、乾燥収縮	重回帰分析、単回帰分析	品質管理	8505
49	外壁、タイル、コンクリート貫通り・KM工の品質改善	施工管理	外壁、タイル、モザイクタイル、貫通り工法、接着強度	四元配置、三元配置	品質管理	8505
50	新圧版ハンチング型枠支保工の改善	施工管理	型枠支保工、ハンチング、エキスパンドメタル	二元配置	品質管理	8505
51	宅地造成工事における盛土の沈下予測	施工管理	造成工事、盛土、沈下	二元配置、双曲線回帰	品質管理	8505
52	ダム盛土材料採取における要求品質の展開	施工管理	ロックフィルダム、盛立、リップラップ材、発破	単回帰分析、一元配置	品質管理	8511
53	ばね整備工事における要求品質の展開	施工管理	ばね、整備、均平精度	二元配置	品質管理	8511
54	小規模建物におけるRCD杭の施工管理	施工管理	RCD杭、天端余高、測定、小規模工事	一元配置、単回帰分析	品質管理	8511
55	改築工事における外壁タイルの接着強度の確保	施工管理	外壁工事、タイル、改付材、撤去、リフォーム	一元配置、二元配置	品質管理	8511
56	外装タイル張り工事における剥離条件の決定と管理活動	施工管理	外壁工事、タイル貼り、剥離	数量化理論Ⅰ類	品質管理	8511
57	NATMにおける杭内変位予測と計測管理	施工管理	NATM、内空変位量、最終変位量、変位予測	重回帰分析、単回帰分析	品質管理	8511
58	トンネル余泥の予知管理	施工管理	トンネル、NATM、余泥	一元配置、二元配置	品質管理	8511
59	掘削量コンクリートPC板に関する施工について	施工管理	外壁工事、PC板、改付材、接着性、シーリング、水密性	三元配置、二元配置	品質管理	8511
60	シールド工事における地表沈下の防止	施工管理	トンネル、シールド、地表面沈下	単回帰分析	品質管理	8511
61	アスファルト抽出試験の精度向上	施工管理	道路、舗装、アスファルト、浸入量、抽出試験	一元配置、単回帰分析	品質管理	8511
62	冬期アスファルト舗装における品質保証	施工管理	アスファルト舗装、冬期施工、表面、平坦性、コア密度	重回帰分析	品質管理	8511
63	遮熱用鋼材の非破壊検出解析の提案	施工管理	鋼材、検出判定、非破壊検査、スチールチェック、電気抵抗法	重回帰分析	品質管理	8605
64	寒中コンクリート強度管理システムの開発と運用性	施工管理	寒中コンクリート、強度予測、資材量	重回帰分析	品質管理	8605
65	ベント杭施工におけるコンクリート噴込み率低減	施工管理	ベント杭、コンクリート打設、注水深さ	重回帰分析、EDA	品質管理	8605
66	泥水加圧式シールド工事における地表沈下の防止	施工管理	泥水シーリング、地表面沈下、裏込め注入	直交配列表、一元配置、単回帰分析	品質管理	8605
67	高盛土における長期貯留沈下量の低減	施工管理	盛土、せいのり、圧縮沈下、残留沈下量	一元配置、単回帰分析	品質管理	8605
68	ダム工事における施工の合理化への挑戦	施工管理	ロックフィルダム、クラフトホーリング、削削時間	直交配列表	品質管理	8605
69	ジェットグラウト工法による強度確保	施工管理	外壁工事、タイル、剥離防止、付着強度	直交配列表、二元配置、単回帰分析	品質管理	8605
70	外装タイルの剥離防止	施工管理	外壁工事、タイル、剥離防止、付着強度	一元配置、二元配置	品質管理	8605
71	発破制御の低減	施工管理	岩盤掘削、発破、振動対策	単回帰分析	土木・建築	8511
72	気温の統計解析と鋼材接合部の構造最適化の検証	計画設計	気温、鋼材接合部、道路橋、温度荷重			

参考資料-3 ソフトウェア比較表

プログラム 名 称	11 (品質管理支援システム) JUSE-QCAS/Ⅲ 回帰分析編	12 (数値データアプリケーション パッケージシリーズ) 多変量解析
販 売 元	日本電気ソフトウェア 営業部 ☎03-444-3211 ㊟	日本マイコン販売 ☎06-374-0848 ㊟ 03-366-3274 ㊟
開 発 元	日本科学技術研修所 (JUSE) ☎03-479-6896-7	日本マイコン販売 ☎06-374-0848 ㊟ 03-366-3274 ㊟
処理内容 および データ数	ヒストグラム, 層別ヒストグラム 散布図, 層別散布図 箱ヒゲ図 その他データのチェック 変数の四則演算, 関数演算, 乱数生成 計量値の検定・推定 単回帰分析 重回帰分析 (説明変数 ≤ 29) 多項式回帰分析 (次数 ≤ 6)	データ作成 (P:変数, N:データ数) 分散分析 1 元配置 (P*N ≤ 6500~7000) 分散分析 2 元配置 (P*N ≤ 4000~5200) 重回帰分析 (P*N ≤ 3200~5700) 主成分分析 (P*N ≤ 3200~6000) 因子分析 (P*N ≤ 1600~6000) 重判別分析 (P*N ≤ 1800~6000) 正準相関分析 クラスター分析 (P*N ≤ 650~2600) 数量化理論Ⅰ類 (P*N ≤ 2400~3600) 数量化理論Ⅱ類 (P*N ≤ 90~3200) 数量化理論Ⅲ類 (P*N ≤ 3500~4500) 数量化理論Ⅳ類 (P*N ≤ 550~2200) クロス集計, 基礎統計, 正規分布 F検定, χ^2 検定 相関図, ヒストグラム
価 格	80,000円	80,000円
適用機種	PC-9800シリーズ(XA,U2を除く) 384K以上, FD1台+ハードディスク または FD2台 N5200モデル05mkⅡ 768K以上, FD1台+HD または FD2台	PC-8001 PC-8801 PC-9801 (E)(F)(M)(U)
備 考	・PC-9800 用のソフトウェアには DOSも含まれて いる。 ・JUSE-QCAS/Ⅰ+Ⅱ+Ⅲの総合編もあり (価格 200,000円)	・提供媒体 PC-8001 : 5D PC-8801 : 5D, 8D PC-9801 : 5D, 3.5DD, 5HD, 8D