

2章 工事難易度評価システム概念の構築

2-1 工事難易度概念の構築

(1) 基本的考え方

工事難易度の検討にあたり、施工の実施にあたる建設業者を対象に、工事の難しさの認識に関するヒアリング調査を実施した。調査は建設業者の現場責任者および同経験者を対象とし、回答者の施工経験にもとづく回答を得た。ヒアリング調査により得た主要な意見を表-2.1に示す。

表-2.1 工事の難しさの認識

企業規模	主な意見等
大	未経験の工法やスケールの大きい工事では、会社の技術陣の総力を挙げて対応する。
	市街地内施工では、マネジメントの難しさが大きい。
中-小	急峻な山地部での工事では、現地状況の的確な把握が重要。
	小規模な工事でも、制約条件等により困難な工事も多い。
	トンネル工事等、工種によっては短期的に修得し難い技術分野もある。

表2-1に示すように、工事の難しさとして感じ取られる要因は、工法等の技術的特性の他、市街地内施工など工事の実施環境に起因するものなど広範なものとなっている。また、各工事の難しさは、これらの種々の要因に対する工事实施の総合的な困難さとして、工事に携わる技術者に認識されている。

本研究では、技術者の経験的な認識・判断にもとづく「工事の難しさを構成する各種影響要因」、「その影響の度合い(困難さ)」を総合的に評価することにより、各工事の難易度が表現し得るものと考え、そのモデル化を図ったものである。

(2) 研究の展開

本章での研究の進め方を図-2.2に示す。本章は大きく2つの段階に分類できる。第一段階(図中Ⅰ~Ⅱ)では、発注者および受注者の熟練技術者を対象としたアンケート調査の実施により、工事難易度への主要な影響要因を抽出・整理した。

第二段階(図中Ⅲ~Ⅴ)では、アンケート調査結果にもとづき、工事難易度を定量的に再現し得るモデルを設定した。そして、設定したモデルを用いて工事難易度の分析及び評価を行ない、最後に、得られた評価結果より、実用的な工事難易度評価システム概念を構築した。

次節より、研究各項目の検討方法と結果について示す。

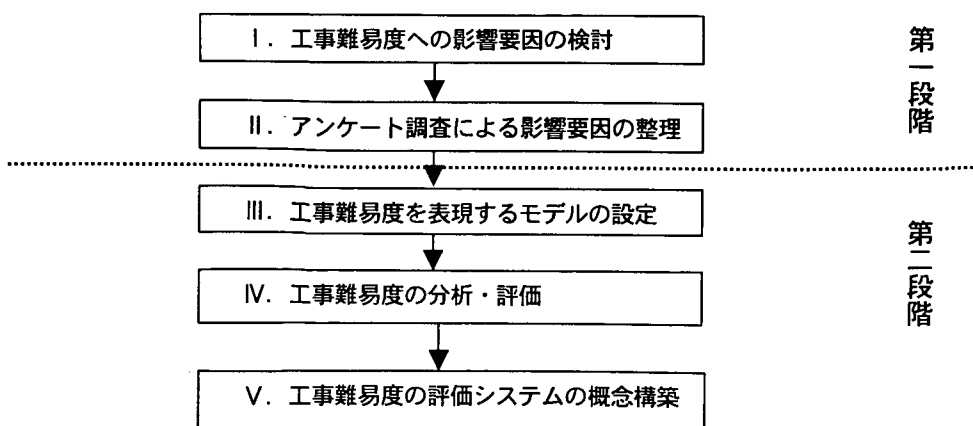


図-2.1 研究の進め方(フロー)

2-2 工事難易度への影響要因の検討

(1) 工事難易度への影響要因の分類

前述のヒアリング結果により、工事難易度へ影響を及ぼす要因を表-2. 2に示すように分類した。ここで示す項目は広範な影響要因を大枠で分類したものであり、次項2-3で記述するアンケート調査作成に向けた初期設定でもあった。影響要因の抽出は、これらの項目に対してさらに具体化した小項目を対象とし、アンケート調査結果の分析により最終的な整理を行うこととした。

表-2. 2 工事難易度への影響要因の分類

分類	内容
構造物条件	橋梁・トンネル等構造物の種類、橋梁のスパン等の規模などによる難しさ
技術特性	必要となる施工技術（工法、機械、材料等）の難しさ
自然条件	地形・地質条件、気象条件
社会条件に関する特性	市街地内工事などの工事制約の厳しさ
マネジメント特性	工事実施過程の工程管理、品質管理、安全管理などの困難性

(2) 影響要因の網羅的な抽出

工事難易度への具体的な影響要因を上記の各分類について網羅的に抽出することを試みた。抽出結果の概要を表-2. 3に示す。表中の大項目は表-2. 2の分類と対応する。各大項目に関する具体の影響要因を小項目とし、表中に代表例を示す。小項目の抽出総数は74項目となった。

表-2. 3 影響要因の抽出結果の概要

大項目	小項目（全74項目の代表例）
構造物条件	構造物の高さ、施工深度、形状の複雑さなど 合計9項目
技術特性	工法・機械・使用材料等の難しさ及び特殊性など 合計1項目
自然条件	湧水の発生、軟弱地盤、動植物への配慮、雨・雪・風の影響など 合計23項目
社会条件	埋設管等の障害物、騒音・振動の配慮、作業スペースの制約、現道上での交通規制、廃棄物処理など 合計21項目
マネジメント特性	他工区、住民、関係機関との調整・折衝、工程管理、安全管理など 合計20項目

2-3 アンケート調査による影響要因の整理

(1) アンケート調査の目的と内容

アンケート調査の目的は、以下の2点である。

① 前項で網羅的に抽出した影響要因の検証

(要因の統合、削除、追加の必要性)

② 工事難易度を表現するモデル作成

本アンケートは、発注者（直轄）及び受注者（土工協会員）を対象に実施した。発注者については、全国の建設省工事事務所副所長等検査・監督担当者50人程度に一人10件程度、また受注者については全国の民間企業の現場代理人経験者200人程度に一人5件程度の回答を依頼し、受発注者ともに回答者が直接、監督・検査に携わった工事について、できるだけ工種・規模が違う工事について記載するものとした。アンケート調査の対象者と回答数を表-2.4に、アンケート調査内容を表-2.5に示す。

表-2.4 アンケート調査対象者と回答数

	対象者	回答数(工事件数)
発注者	建設省工事事務所副所長等検査・監督担当者	約900件
受注者	大手建設業者現場代理人経験者	約1500件

アンケート調査項目(表-2.5)は、「A. 工事難易度実感調査」と「B. 影響要因調査」の2種類を用意した。項目Aは施工に精通した熟練技術者の実感にもとづく評価として、当該工事の総合的な技術的難易度の評価を求めたものである。調査時に用いた難易度実感の判定目安を表-2.6に示す。項目Bは、網羅的に整理した難易度への影響要因(表-2.3)となる小項目(74項目)を対象とした。また74項目以外の影響要因がある場合は、各大項目に「その他」記入欄を設け具体内容を回答してもらうこととした。

表-2.5 アンケート調査内容(担当工事毎)

調査項目	調査方法
A. 工事難易度実感調査	当該工事の難しさを実感にもとづきⅠ～Ⅳの4段階で評価 Ⅰ：簡単 Ⅱ：普通 Ⅲ：難しい Ⅳ：非常に難しい
B. 影響要因調査 ①難易度への影響要因抽出	網羅的な影響要因(小項目全74項目)から、当該工事に係わる影響要因を選択
②難易度への影響度合い評価	選択した影響要因に対する3段階(◎, ○, △)の評価 ◎：非常に高くした要因 ○：高くした要因 △：工事特性となるが難易度への影響はなし
③具体的内容	上記の◎, ○に対して影響の具体的内容を記載

表-2.6 工事難易度実感の判定目安

実感	該当する工事レベル
Ⅳ 非常に難しい	「未経験の分野や規模であって、新規のまたは特殊な技術・工法が必要であり、それを提案することが必要な工事」または、「様々な条件の変更に対して、様々な既存の基準を応用して設計することが必要な工事」または、「計測管理により施工方法や施工速度を変える必要のある工事」
Ⅲ 難しい	「様々な条件の変更に対して、様々な既存の基準を適用して設計することが必要な工事」または、「様々な条件の変更に対して、様々な既存の工法を提案することが必要な工事」
Ⅱ 普通	「様々な条件の変更に对应して、図面や数量の変更が必要な工事」、または「一般的な技術・工法だけを用いて施工できる工事」
Ⅰ 簡単	「与えられた図面を基に施工する工事」、かつ「特に技術や工法と呼べるものが必要ない工事」

(2) アンケート調査結果

① アンケート対象工事の規模

アンケート対象となる工事の規模を整理して図-2. 3に示す。発注者は6千万円～6億円までの工事が多く、近年の建設省直轄工事の傾向と概ね一致する。受注者は6億円以上の大規模工事が多い。

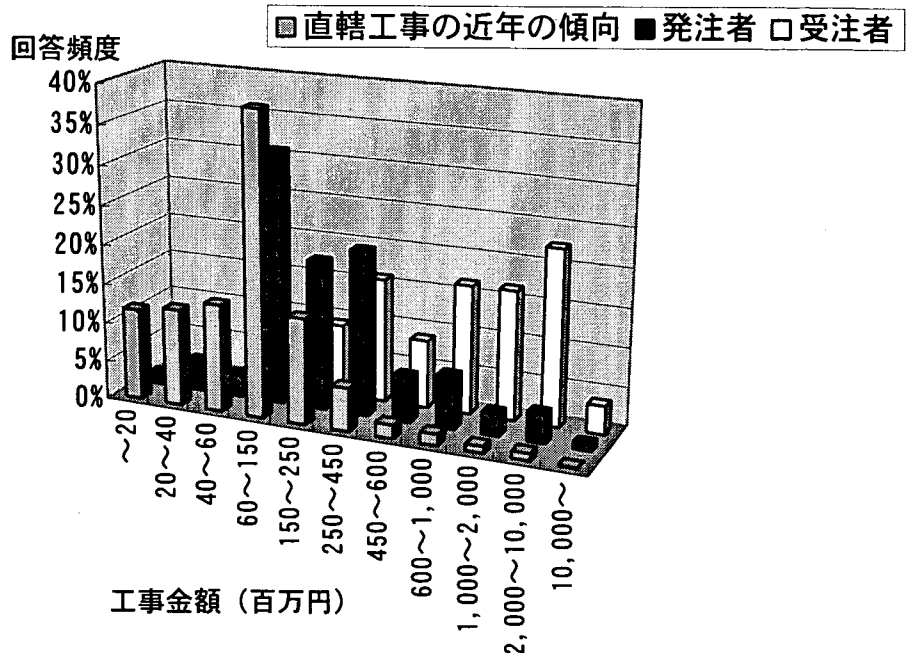


図-2. 3 アンケート調査対象の工事規模

② 工事難易度実感回答の傾向

アンケート項目A (表-2. 5参照) では発注者・受注者とも、約8割が「Ⅱ：普通」「Ⅲ：難」の回答を示している (図-2. 4)。また、発注者回答と比較して、受注者回答では「Ⅲ：難」「Ⅳ：非常に難」の回答率が高い。この原因として、受注者より回答された工事が、大規模工事に偏っていた (図-2. 3参照) ことが考えられる。

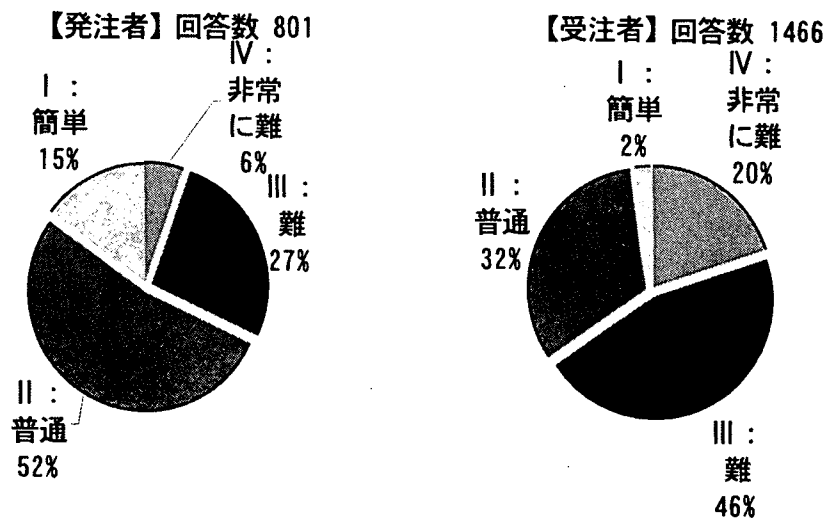


図-2. 4 工事難易度実感回答の調査結果

③ 大項目別影響要因の評価頻度の整理・比較

アンケート項目B（表-2.5参照）では、工事毎に74の小項目（表-2.3）に該当するものを回答（複数回答可）してもらった。

得られた発注者の小項目評価総数2407件、受注者の小項目別評価総数7991件について、5つに分類した大項目別の評価頻度を整理した。（図-2.5）

発注者、受注者ともにほぼ同じ傾向がみられ、社会条件、マネジメント特性に係わる回答が多く、全体の約5～6割をしめている。

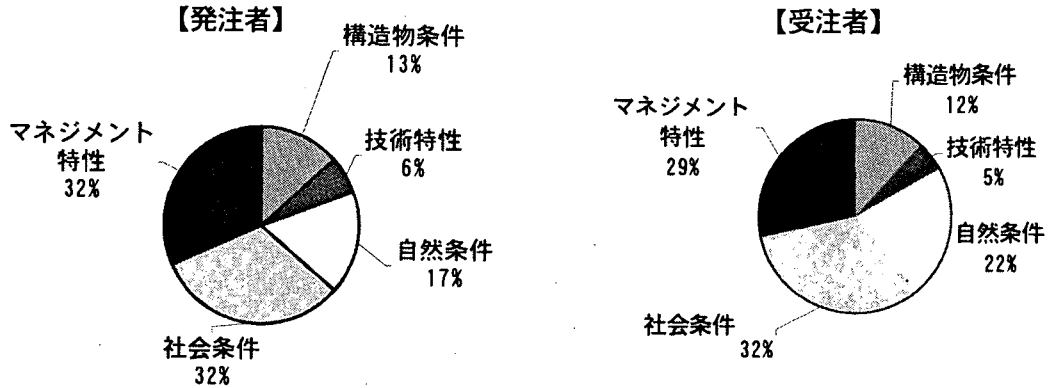


図-2.5 大項目別評価頻度

④ 小項目の評価頻度の整理・比較

以下、表-2.7に小項目全74項目より抽出頻度が高い上位20項目について、受注者・発注者別に整理した。上位20項目中14項目が受発注者共通の項目であり、前項の大項目での傾向と同様、発注者・受注者の工事の難しさを構成する影響要因に対する認識が、共通であることが想定される。

表-2.7 発生頻度の高い小項目

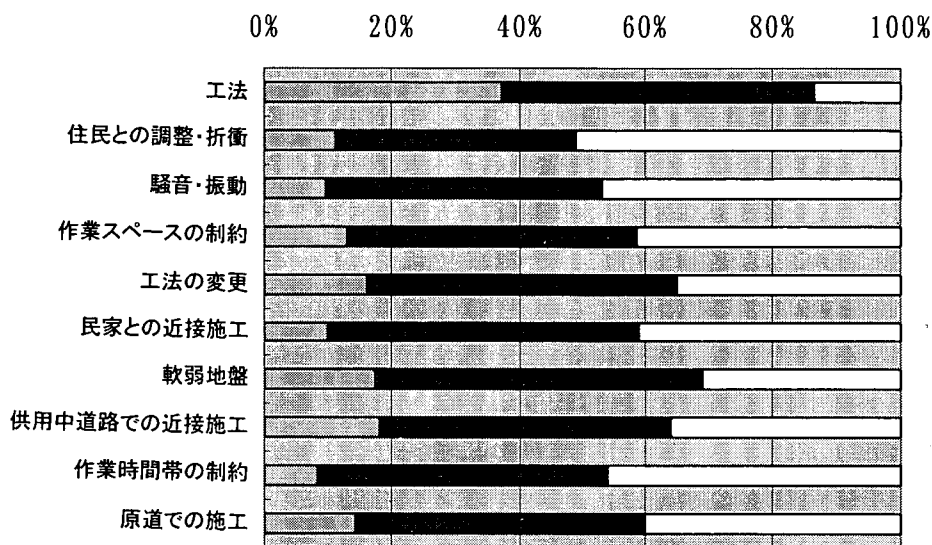
順位	発注者				受注者			
	小項目	大項目	件数	頻度	小項目	大項目	件数	頻度
1	作業スペースの制約	社会条件	134	5.6%	工法	技術特性	366	4.6%
2	工法	技術特性	125	5.2%	住民との調整・折衝	マネジメント特性	316	4.0%
3	原道での施工	社会条件	111	4.6%	騒音・振動	社会条件	293	3.7%
4	供用中道路での近接施工	社会条件	109	4.5%	作業スペースの制約	社会条件	283	3.5%
5	住民との調整・折衝	マネジメント特性	97	4.0%	工法の変更	マネジメント特性	241	3.0%
6	騒音・振動	社会条件	69	2.9%	民家との近接施工	社会条件	238	3.0%
7	関連他工区との調整	マネジメント特性	68	2.8%	軟弱地盤	自然条件	210	2.6%
8	工法の変更	マネジメント特性	64	2.7%	供用中道路での近接施工	社会条件	210	2.6%
9	構造物形状	構造物条件	63	2.6%	地下水	自然条件	199	2.5%
10	民家との近接施工	社会条件	61	2.5%	工事用道路の制約	社会条件	179	2.2%
11	自治体・関連団体との調整・折衝	マネジメント特性	60	2.5%	作業時間帯の制約	マネジメント特性	173	2.2%
12	作業時間帯の制約	マネジメント特性	59	2.5%	原道での施工	社会条件	172	2.2%
13	軟弱地盤	自然条件	53	2.2%	埋設管	社会条件	169	2.1%
14	河川内での施工	自然条件	50	2.1%	施工深さが深い	構造物条件	167	2.1%
15	警察との調整・折衝	マネジメント特性	50	2.1%	構造物形状	構造物条件	162	2.0%
16	工程変更	マネジメント特性	48	2.0%	高所作業に対する安全管理	マネジメント特性	161	2.0%
17	改築工事	構造物条件	47	2.0%	河川内での施工	自然条件	158	2.0%
18	市街地での施工	社会条件	46	1.9%	工程変更	マネジメント特性	153	1.9%
19	水質汚濁	社会条件	45	1.9%	市街地での施工	社会条件	152	1.9%
20	工事用道路の制約	社会条件	45	1.9%	施工延長が長い	構造物条件	148	1.9%

* 網掛け部は受注者・発注者共通している項目

⑤ 小項目の抽出頻度の整理・比較

共通して抽出頻度の高い小項目（表-2. 7 網掛け部の中の10項目）に対して、難易度への影響の度合いを発注者・受注者別に整理した（図-2. 6）。同一項目の評価構成は両者でやや異なるものの、影響大と評価された項目は、工法、供用中道路での近接施工、軟弱地盤等、両者ともほぼ同じ傾向となる。このことから、各評価項目が工事難易度全体に与える影響（どの評価項目が難易度に優位に影響するか）についても、発注者・受注者ともほぼ同じ視点にあることが想定される。

【発注者】



□ 影響大 ■ 影響有り □ ほとんどなし

0% 20% 40% 60% 80% 100%

【受注者】



図-2. 6 抽出頻度の高い小項目の評価
(当該評価件数に対する評価割合)

⑥ 難易度実感回答と工事規模の関係

工事規模（工事金額）と難易度実感回答の対比を図-2.7に示す。4億5千万円以上の工事に対して高い難易度（Ⅲ：難、またはⅣ：非常に難）を判定する割合が増えてくることが分かる。また6億円以上の工事に対しては「Ⅳ：非常に難」と判定するケースが工事金額と比例して増加しており、工事規模（金額）が大きくなると難易度実感が高くなるという相関が概ね確認できる。

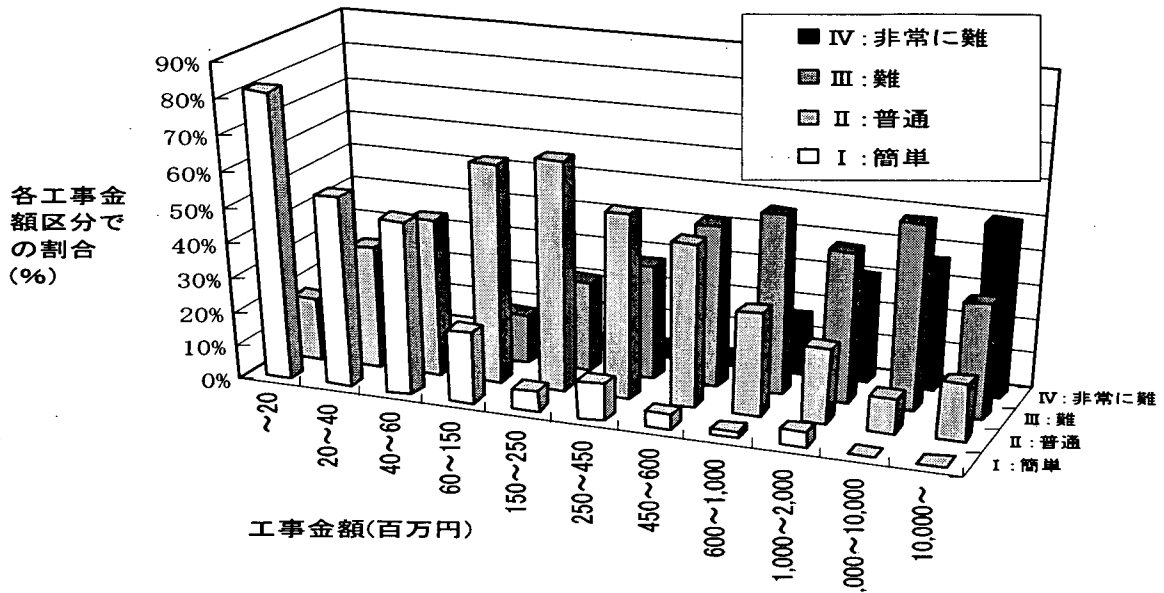


図-2.7 難易度実感回答と工事規模の関係

⑦ 難易度実感回答と工種の関係

代表的な工種の難易度実感回答の傾向を図-2.8に示す。図は各工種全回答に占める発注者・受注者を合計した実感回答の構成を示す。工種により難易度実感評価が大きく偏ることがわかる。工種と工事難易度の影響要因を関連付けることが可能となり得ることが推定される。

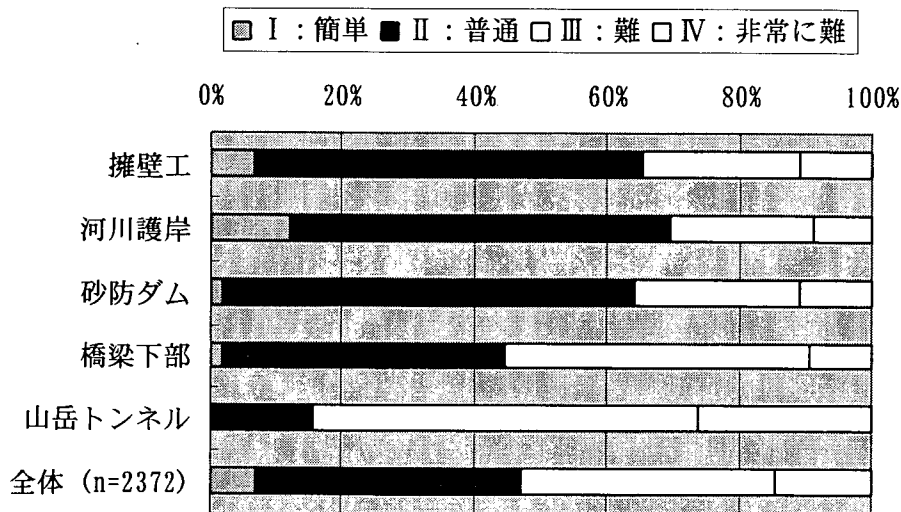


図-2.8 代表工種の難易度実感回答構成

(3) 影響要因の再検討

a) 影響要因の削除・統合

アンケート調査結果から、網羅的に抽出した影響要因（小項目）の再検討により整理された影響要因を工事難易度の評価項目とした。再検討の考え方を以下に示す。

- ① 発注者・受注者ともに評価頻度が低い項目を影響要因から削除する。
- ② 評価の内容が同一の分類となる項目を統合する。その際、評価頻度が高い項目は独立項目として残す。網羅的に抽出した全74項目に対しての削除・統合の過程を以下の表-2.8に示す。

表-2.8 影響要因統合表

(削除・統合)

大項目	網羅的に抽出した小項目	評価件数			再検討による小項目		
		発注者	受注者	合計			
構造物条件	既設補強工事	14	31	45	① 規模 ② 形状 ③ その他		
	改築工事	47	42	89			
	施工高さが高い	43	120	163			
	施工面積が広い	19	112	131			
	施工深さが深い	41	167	208			
	施工延長が長い	40	148	188			
	構造物形状	63	162	225			
	断面形状	30	119	149			
	細部構造	15	48	63			
	その他	9	35	44			
	技術特性	工法	125	366		491	① 工法 ② その他
その他		22	35	57			
自然条件	湧水	23	124	147	① 湧水・地下水 ② 軟弱地盤 ③ 作業用道路・ヤード ④ 気象・海象 ⑤ その他		
	地下水	26	199	225			
	水圧	5	75	80			
	可燃性・有毒ガス	3	25	28			
	れき・玉石・転石	25	147	172			
	軟石・硬岩	17	110	127			
	軟弱地盤	53	210	263			
	膨張性地盤	2	26	28			
	互層地盤	6	63	69			
	不均一地盤	12	48	60			
	断層・破砕層	8	69	77			
	傾斜地盤	11	40	51			
	熱性地盤	1	3	4			
	凍結性地盤		4	4			
	滑り	18	77	95			
	自然保護区域内	7	17	24			
	ある動物の存在	11	15	26			
	ある植物の存在	5	6	11			
	河川内での施工	50	158	208			
	海内での施工	13	32	45			
	急峻な地形	44	103	147			
	雨・雪・風	31	109	140			
	気温	16	52	68			
その他	20	33	53				
社会条件	埋設管	17	169	186	① 地中障害物 ② 近接施工 ③ 騒音・振動 ④ 水質汚濁 ⑤ 作業用道路・ヤード ⑥ 現道作業 ⑦ その他		
	地中支障物	17	111	128			
	重要構造物	29	130	159			
	鉄道営業線	21	108	129			
	供用中道路	109	210	319			
	民家	61	238	299			
	架空線	15	58	73			
	騒音・振動	69	293	362			
	大気汚染	5	7	12			
	水質汚濁	45	126	171			
	地盤沈下	10	112	122			
	汚染土壌		4	4			
	悪臭		6	6			
	地下水遮断	7	20	27			
	特殊・煩雑な廃棄処理	7	27	34			
	工事用道路の制約	45	179	224			
	作業スペースの制約	134	283	417			
	路面覆工下の施工	7	81	88			
	高架下の施工	8	40	48			
	原道での施工	111	172	283			
	市街地での施工	46	152	198			
	その他	8	46	54			
	マネジメント特性	関連他工区との調整	68	143		211	① 他工区調整 ② 住民対応 ③ 関係機関対応 ④ 工程管理 ⑤ 品質管理 ⑥ 安全管理 ⑦ その他
住民との調整・折衝		97	316	413			
自治体・関連団体との調整・折衝		60	104	164			
建設企業者との調整・折衝		33	106	139			
鉄道会社との調整・折衝		14	47	61			
警察との調整・折衝		50	121	171			
工程変更		48	153	201			
工法変更		64	241	305			
緊急性がある		18	99	117			
作業時期の制約		45	131	176			
作業時間帯の制約		59	173	232			
工種が多い		44	58	102			
煩雑な品質管理		16	62	78			
特殊な品質管理		31	112	143			
高所作業に対する安全管理		39	161	200			
高圧作業に対する安全管理		12	13	25			
夜間作業に対する安全管理		26	107	133			
潜水作業に対する安全管理		7	23	30			
酸欠に対する安全管理		17	26	43			
有機溶剤に対する安全管理		1	9	10			
その他		12	84	96			
全74項目+「その他」5項目			1134	7991	10398		

b) 影響要因の再検討結果

影響要因の再検討結果を表-2.9に示す。影響要因の再検討では、まず、小項目(74項目)の評価頻度の分析結果から発注者・受注者ともに低頻度の項目を削除し、「その他」として整理した。次に、残された小項目の内容から同一の枠組みに束ねることが可能な影響項目を統合し、新たな小項目を整理した。マネジメント特性の①他工区調整、②住民対応、③関係機関対応は、「外部との調整・対応」として統合可能と考えられたが、発注者回答において評価頻度が高い影響要因となるため、独立した要因とした。

影響要因の小項目(表-2.9)は、各大項目について2~7項目とし、「その他」5項目を含む計24項目とした。表中の評価対象事項は、新たな小項目を具体化した項目例として、アンケート調査結果により確認された具体的な影響要因を示すこととした。

表-2.9 影響要因(難易度評価項目)の再検討結果

大項目	小項目	評価対象事項(代表的事項等)
構造物条件	① 規模	対象構造物の高さ、延長、施工(断)面積、施工深度等の規模
	② 形状	対象構造物の形状の複雑さ(土被り厚やトンネル線形等を含む)
	③ その他	既設構造物の補強、撤去等特殊な工事対策
技術特性	① 工法等	工法、使用機械、使用材料等
	② その他	施工方法に関する技術提案等
自然条件	① 湧水・地下水	湧水の発生、掘削作業等に対する地下水位の影響等
	② 軟弱地盤	支持地盤の状況
	③ 作業用道路・ヤード	河川内・海域・急峻な地形条件下等、工用道路・作業スペース等の制約
	④ 気象・海象	雨・雪・風・気温・波浪等の影響
	⑤ その他	急流河川における水流、海域における潮流等の影響、動植物への配慮
社会条件	① 地中障害物	地下埋設物等の地中内作業障害物
	② 近接施工	工事の影響に配慮すべき鉄道営業線・供用中道路・架空線・建築物等の近接物
	③ 騒音・振動	周辺住民等に対する騒音・振動の配慮
	④ 水質汚濁	周辺水域環境に対する水質汚濁の配慮
	⑤ 作業用道路・ヤード	生活道路を利用する資機材搬入等の工用道路の制約、路面覆工下、高架下等の作業スペースの制約
	⑥ 現道作業	現道上での交通規制を伴う作業
	⑦ その他	騒音・振動・水質汚濁以外の環境対策、廃棄物処理等
マネジメント特性	① 他工区調整	隣接工区との工程調整
	② 住民対応	近隣住民との対応
	③ 関係機関対応	関係行政機関・公益事業者等との調整
	④ 工程管理	工期・工程の制約・変更への対応(工法変更等に伴うものも含む)
	⑤ 品質管理	品質管理の煩雑さ、複雑さ(高い品質管理精度の要求等を含む)
	⑥ 安全管理	高所作業、夜間作業、潜水作業等の危険作業
	⑦ その他	災害時の応急復旧等

2-4 工事難易度を表現するモデルの設定

(1) 基本的考え方

工事難易度の指標作成を目的として、アンケート調査結果をもとに工事難易度の評価モデルについて検討した。モデル設定の基本的考え方を以下に示す。

- ① 工事規模・工種等により異なるモデルを適用せず、全ての工事を同一の指標で評価し得るモデルとする。
- ② 影響要因に対する難易度への影響度合いの評価結果（アンケート項目B）から、工事難易度を定量化した「工事難易度スコア」として表現する。
- ③ 各工事の工事難易度スコアが、工事難易度実感回答（アンケート項目A）に適合することを基本とする。

(2) モデル案の設定

前述のアンケート調査の分析結果から、工事難易度実感回答が工種により大きな偏りを示すことが確認されている（図-2.8）。そのため、難易度実感を構成する要因として、工種による影響を加えて取り扱い、工種が工事難易度に与える影響について検討することとした。

設定したモデル案を図-2.9に示す。各工事の工事難易度スコアは、条件難易度スコアと工種難易度スコアを足し合わせることで表現するものとした。ここで条件難易度スコアとは、主要な影響要因（表-2.9の小項目）に対する影響度合い（◎：影響大、○：影響あり、△：影響なし）別に設定した難易度スコアの総和であるものとした。工種難易度スコアは工種に応じて一定値として設定されるものとし、条件難易度スコアは構造物条件、技術特性他の当該工事の条件・特性に応じて変動するスコアと考えた。各工事の各影響要因による条件難易度スコアおよび工種難易度スコアの足し合わせにより構成される工事難易度スコアが、工事難易度実感回答レベル（Ⅰ～Ⅳ）による適合するよう設定を試みた。

本来、工事の難易度実感、および各影響要因の難易度への影響度合いは、技術者の認識・判断にもとづく評価であり、両者を結ぶ関数の選択により多様なモデル設定が可能と考えられる。設定したモデル案は、工事の難易度実感で示される工事難易度が各影響要因および工種に対する困難さの総和に起因すると仮定したものであった。

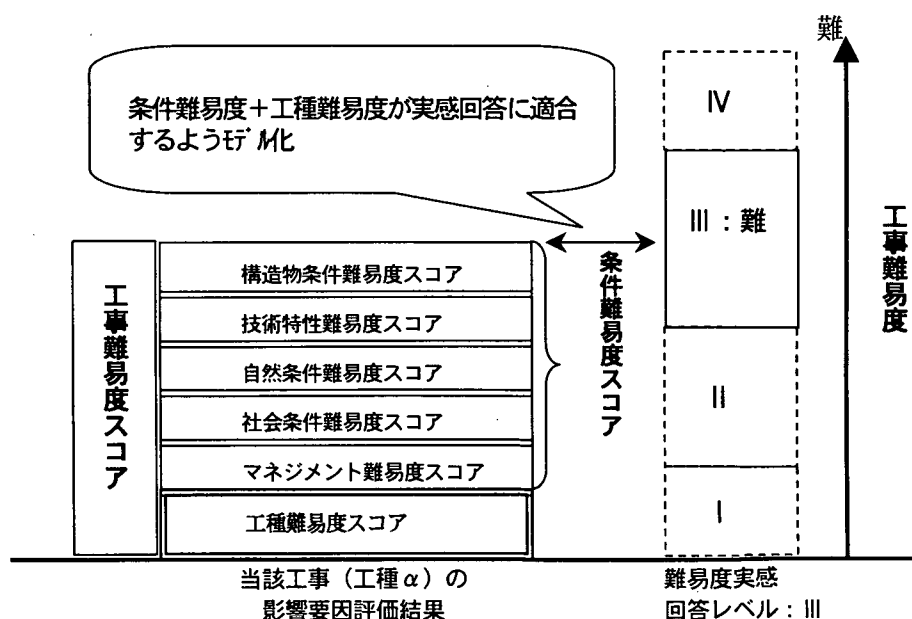


図-2.9 工事難易度を表現するモデル（案）

2-5 工事難易度の分析・評価

(1) 分析・評価に用いるデータ

分析・評価に用いるデータは、多様な工種にわたり回答を得ている発注者のアンケート回答を用い、これらのうち回答率が高い16工種を取りまとめたサンプル(600件)とした。また、影響要因調査結果(アンケート項目B)は、主要な影響要因(表-2.9)となる24項目から「その他」の5項目を除いた19項目とし、統合された項目の影響度合いは、調査結果の最大値とした。

(2) 分析・評価方法

工事難易度の分析・評価は、工種による影響の取り扱いに着目し、以下の2つの方法により実施した。

Case.A: 工種による影響を他の影響要因(19項目)と同一の枠組みで捉える方法。

Case.B: 工種による影響を他の影響要因がない場合を想定して先行評価し、難易度実感に適合するよう他の影響要因(19項目)の難易度スコアを評価する方法。

(3) Case.Aによる分析・評価

発注者を対象としたアンケート回答「B. 影響要因評価」にもとづき、アンケート対象工事の工事難易度スコアを分析・評価した。ここではアンケート結果を客観的にスケーリングするため分析手法としては数量化理論第Ⅱ類を用いた。説明アイテムを工種と他の影響要因(19項目)とし、各説明アイテムのカテゴリーは、工種については16の工種とし、他の影響要因については影響度評価の3分類(◎、○、△)とした。また、外的基準は難易度実感Ⅰ～Ⅳの4分類とした。

代表的な5工種の工事難易度スコアの分析・評価結果を整理して図-2.10に示す。分析結果の相関比は0.56、説明アイテム間の相関係数は最大0.35となる。図は各工種の工事難易度スコアの分布形状を表す。各分布形状は分析により得た工事難易度スコア(サンプルスコア)の頻度(図中○)を結ぶ曲線により示している。工事難易度スコアが負の大きい値となるほど、工事難易度が高い。また、分析結果により算出した工事難易度スコアの平均値(以下、工事難易度平均スコア)を図中●で示している。

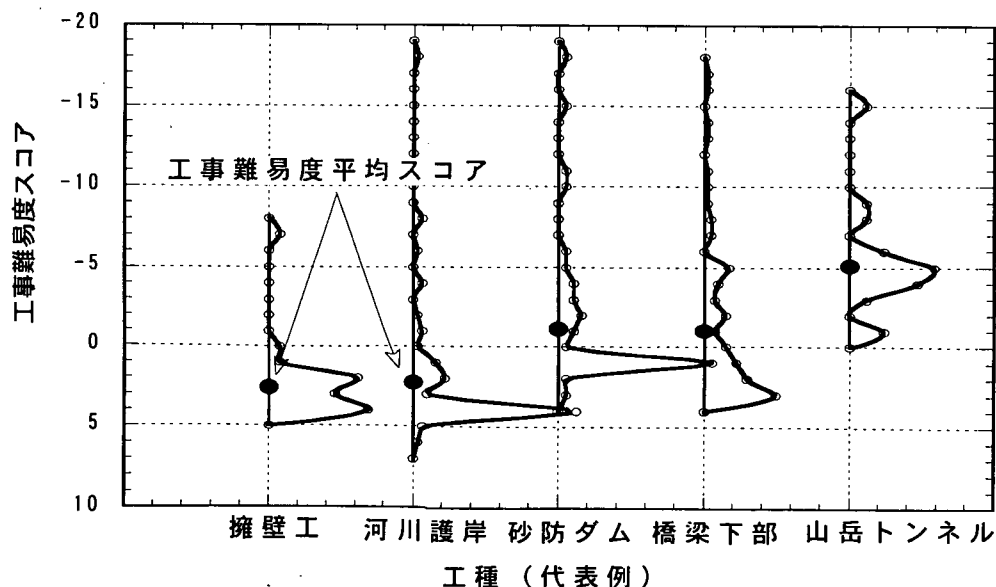


図-2.10 工事難易度スコア分析 (Case.A)

分布形状から、各工種とも条件難易度スコアの変動により、頻度は少ないものの高い工事難易度スコアが発生することがわかる。

代表的な5工種の工種難易度スコアを工事難易度平均スコアと併せて図-2.11に示す。数量化理論Ⅱ類によるCase.Aの分析結果は、ゼロ点を基準とした工種難易度スコアと条件難易度スコアの和により工事難易度スコアを表現する。言い換えると、工事難易度平均スコア(図中●)と工種難易度スコア(図中◆)の差が他の影響要因(19項目)に応じた難易度スコアの和(平均的な条件難易度スコア)となる。山岳トンネルと擁壁工の工種難易度スコアの差は、両工種の平均的な条件難易度スコアの差に比べ、大きいものとなる。工種難易度スコアが各工種の工事難易度平均スコアに大きく影響することが判断できる。

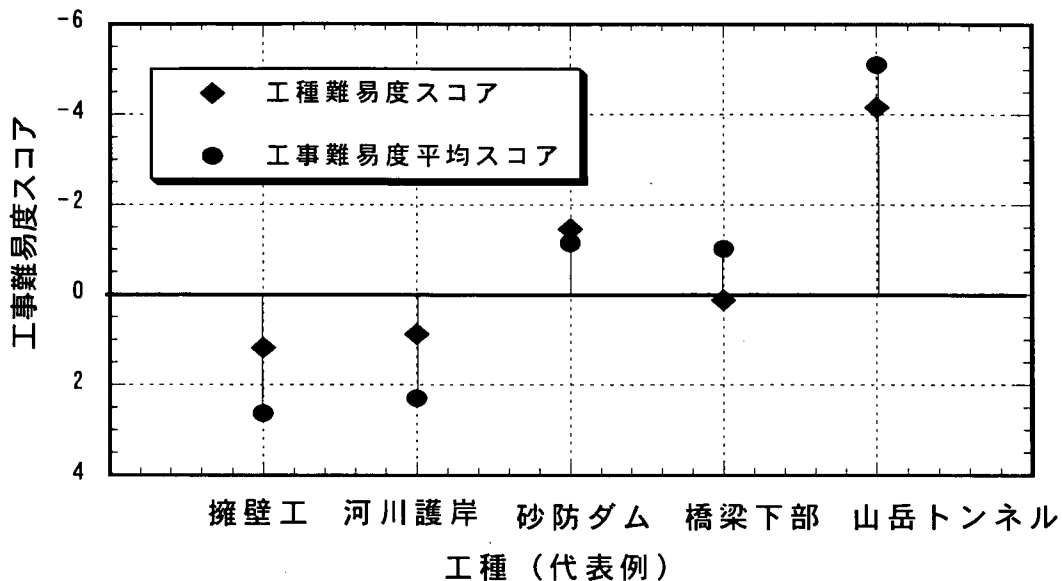


図-2.11 代表的な5工種の工事難易度スコア

(4) Case.Bによる分析・評価

a) 分析・評価手法

工種により工事難易度に大きな影響が生じることに着目して、各工種の工種難易度スコアを先行評価により設定し、難易度実感に適合するよう他の影響要因の難易度スコアを評価したものがCase.Bである。ここでは、工種難易度スコアを工種に応じた工事難易度スコアの基礎点(他の影響要因がない場合のスコア)として表現する。

各工種の工種難易度スコアの評価に先立ち、工種分類と難易度実感回答に関する分析を行った。分析は工種分類に対する難易度実感(I~IV)の定量化(スコア化)を目的とし、分析手法として数量化理論第Ⅱ類を用いた。説明アイテムを工種、外的基準を難易度実感回答のI~IVの分類とした。分析結果を図-2.12に示す。

図中●は外的基準となる難易度実感(I~IV)のグループスコア(Gs)に対する代表工種の工事難易度平均スコア(以下、工種難易度初期スコア)を示している。グループスコアは各難易度実感の平均的な難しさを示す判別値となる。なお、外的基準を4分類とした分析結果では、難易度実感Ⅲ、Ⅳのグループスコアがほぼ等しくなったことから、図はⅢ、Ⅳを同じ分類で再分析した結果を示している。

代表工種の工種難易度初期スコア(E_c)は、難易度実感(I~IV)のグループスコア(G_s)から、次式により算出した。

$$Ec(x) = \frac{Gs1 \cdot n1 + Gs2 \cdot n2 + Gs3 \cdot n3 + Gs4 \cdot n4}{n1 + n2 + n3 + n4}$$

ここで Gsi は難易度実感 $i = 1 \sim 4$ (I ~ IV) のグループスコア

ni は対象工種の全サンプルにおける難易度実感 $i = 1 \sim 4$ (I ~ IV) の回答総数である。

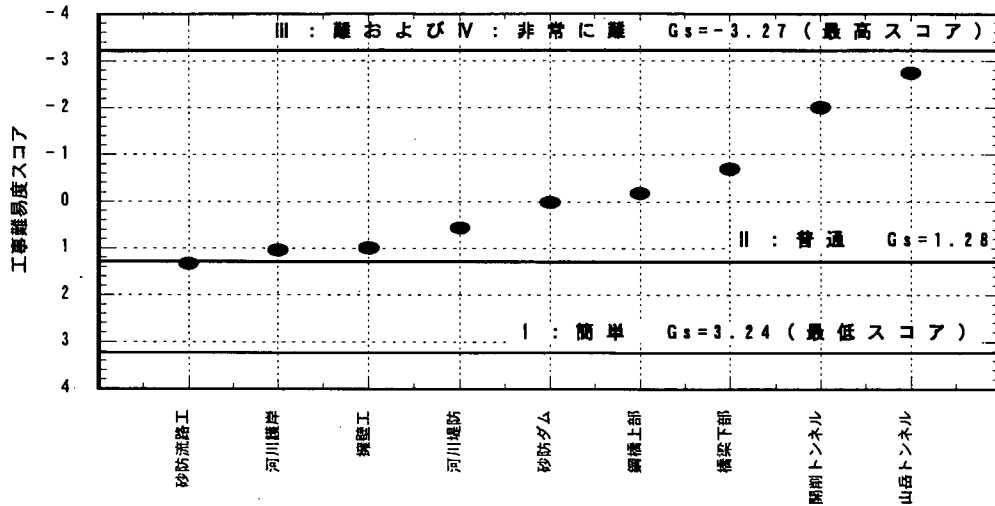


図-2. 12 代表工種の工種難易度初期スコア分析結果

工種難易度スコアの評価は、工種難易度初期スコアを初期条件とした繰り返し分析により実施した。繰り返し分析の流れを図-2. 13に示す。繰り返し分析では、各分析ステップの工種難易度スコアから、各工種の平均的な条件難易度スコアを減じた値として取り扱う。このとき、条件難易度スコアの評価は、数量化理論I類を用いて実施した。説明アイテムは条件難易度スコアを構成する影響要因(19項目)、カテゴリー分類は評価の3分類である。外的基準は、難易度実感回答(I~IV)にもとづくグループスコア(Gs)から、各分析ステップの工種難易度スコアを減じたものとした。

繰り返し分析の終了は、前分析ステップと新たな分析ステップとの工種難易度スコアの残差平均値、数量化理論第I類における実測値(アンケート結果)と予測値の重相関係数の変化傾向から判定した。

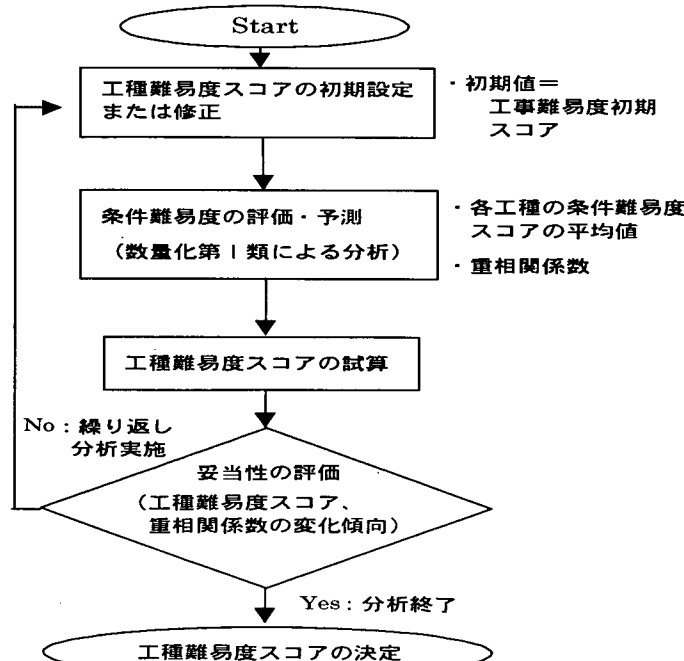


図-2. 13 繰り返し分析の流れ

b) 分析・評価結果

工種難易度スコア繰り返し分析の重相関係数の変化傾向、および工種難易度スコア（16工種）の前分析ステップと新たな分析ステップの残差平均値の変化傾向を図-2.14に示す。重相関係数は増加しつつ収束に、残差平均値は減少しつつ収束に至ることがわかる。両項目の変化傾向より、繰り返し分析は5回で終了し、工種難易度スコアを決定した。

Case.Bによる工事難易度スコアの分析・評価結果を図-2.15に示す。図はCase.Aと同じく、代表的な5工種の工事難易度スコアの分布形状を表し、Case.Aと同様に各工種の工事難易度平均スコア（図中●）を併せて示している。工種難易度スコア（図中◆）に影響要因（19項目）評価に応じた条件難易度スコアを加えることで、工事難易度スコアの分布を表現している。工種難易度スコアを先行評価する繰り返し分析により、工事難易度スコアの基礎点として、工種難易度スコアを設定している。工事難易度平均スコアと工種難易度スコアの差は、各工種の平均的な条件難易度スコアを示している。分析結果の重相関係数は0.65、説明アイテム間の相関係数は最大0.34となる。

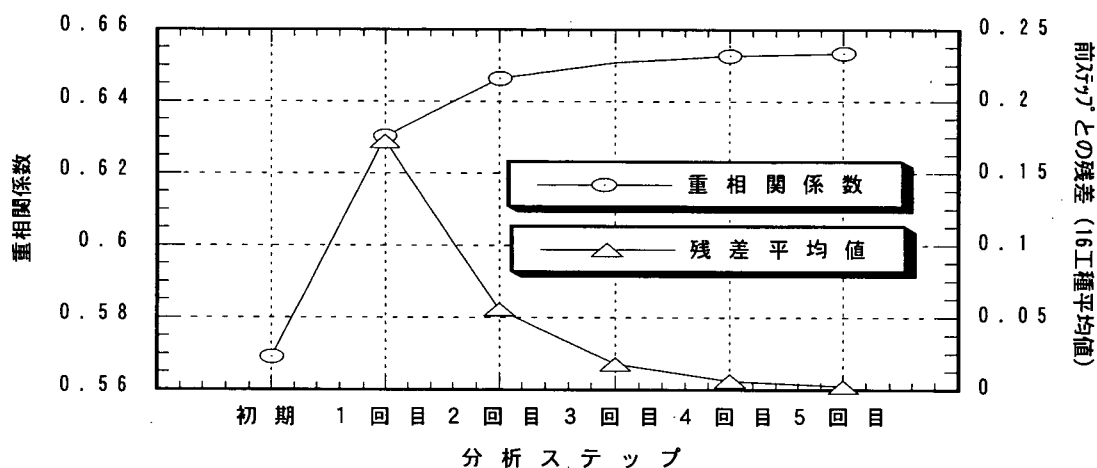


図-2.14 繰り返し分析の収束状況

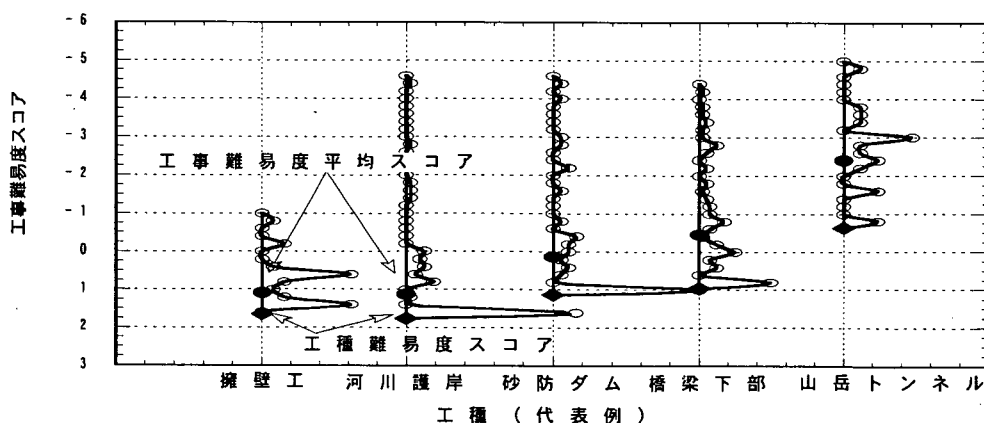


図-2.15 工事難易度スコア分布分析結果 (Case.B)

工事難易度スコアの分析形状は、Case.Aと概ね一致しており、条件難易度スコアの変動により頻度は低いものの高い工事難易度スコアが発生することがわかる。また、難易度が高い工種は、平均的な条件難易度スコアが大きく、工種以外の影響要因（19項目）に関する影響度が総じて多いことがわかる。山岳トンネルと擁壁工の工種難易度スコアの差は、各工種の平均的な条件難易度スコアの差の2～5倍程度となる。Case.Aと同様に、工種難易度スコアが工事難易度平均スコアに与える影響は大きい。

(5) Case. A、B の分析・評価結果の比較

Case.A、B の両分析結果から、工事難易度スコアの構造について、以下のことが判断できる。

- ① 工種難易度スコアが各工種の工事難易度平均スコアに与える影響は大きい。
- ② 工事難易度が高い工種ほど、平均的な条件難易度スコアが大きい。

2-6 分析結果のまとめ

アンケート調査結果から、難易度への主要な影響要因を整理し、難易度を表現するモデルを設定した。さらに、設定したモデルを用いた工事難易度スコアの分析・評価を実施し、「主要な影響要因」と「工種」による難易度への影響を考慮するモデルにより、難易度実感に適合し得る工事難易度スコアの分布傾向を得た。

これらの分析により得られた結果は以下のとおり。

- ① 工事難易度は工種により大きな偏りが生じており、「工種」および「工種以外の影響要因（条件難易度）」により評価が可能となる。
- ② 「工種以外の影響要因（条件難易度）」は、構造物条件、技術特性、自然条件、社会条件、マネジメント特性に関する、合計24項目で表現可能となる。また各項目の評価レンジ及びこれらの各項目による条件難易度の評価レンジは、判断内容が多様なことより、3段階程度の評価基準を設けることが適切であると考ええる。
- ③ 設定したモデルによる分析・評価結果から、全体的な傾向としては、工事難易度に対する「工種」の影響は大きく、「工種」による基本的難易度（工種難易度）の設定が可能となる。評価システムの構成は、「工種」により設定される基本的難易度の一定範囲内でのレベルを、条件難易度を用い判定することが適当であると考ええる。

以上の検討結果から、『工事難易度の評価システム』について、図-2.16に示す概念を構築した。図中には各サブシステムが具備すべき内容について示している。

評価システムは、以下3つのサブシステムで構成するものとする。

- ① 当概工事の工種に対する基本的難易度評価
- ② 工種以外の影響要因の評価に対する条件難易度評価
- ③ 両難易度の評価にもとづく工事難易度評価

上記①には、工種分類に対する難易度への影響を表す指標が必要となる。指標イメージを表-2.10に示す。表は工種難易度スコアの算出結果から、工種の難易度への影響を4つのランクに整理したものである。I~IVで記した各指標はひとつの数値としてとらえたものではなく、一定の幅を示すものである。

上記②は工種以外の広範な影響要因に対する難易度を表し、当該工事の条件・特性を反映した個別の評価となる。評価要因リストとして表-2.9（再検討後の工事難易度評価項目）を用いる。

また今後の検討課題として、以下の2点が挙げられる。

- ① 個別の工事における「工種以外の影響要因（条件難易度）」の判定において「難易度への影響度合」（本モデルでは3段階（◎, ○, △））の評価・判定方法に対する検討が必要。
- ② 工種難易度の基本レンジの設定、及び工種難易度と条件難易度を総合的に評価し、工事難易度へ反映する総合的な評価モデルの確立。

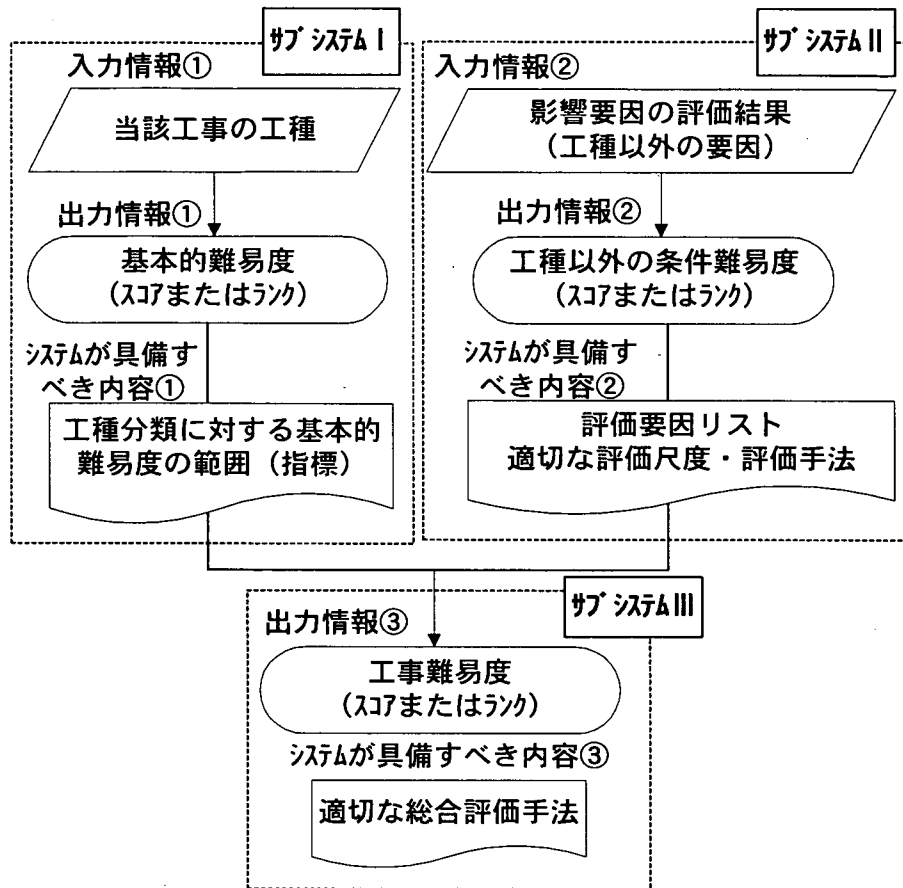


図-2.16 工事難易度評価システムの概念

表-2.10 工種による工事難易度への影響

指標	小 ← 工事難易度への影響 → 大			
	I	II	III	IV
工種 (例)	河川護岸 流路工 擁壁工等	砂防ダム 橋梁下部 樋門・樋管	堰・水門 山岳トンネル 開削トンネル	重力式ダム