

複数工種における効果的な建設施工マネジメント に関する一考察

(財) 日本建設情報総合センター 鈴木信行
By Nobuyuki SUZUKI

建設工事は、複数の作業工種で施工されることが一般的である。例えば、トンネル工事の掘進は、削孔作業、発破作業、ズリ出し作業が1組を構成して、繰り返し実施される。本稿は、トンネル工事のように直列的な作業工種が連携する場合と、複数の作業工種が並列的に実施される場合の建設施工マネジメントは異なると仮説を立て、作業工種の連携形態毎における、より効果的なマネジメントのあり方について研究した。

研究対象は、米国プロジェクトマネジメント協会（PMI）が規定するマネジメント要素（知識エリア）から統合マネジメントを除いた8つの要素である。マネジメント要素間の関連性を基に検討した効果的な建設施工マネジメント要素構成¹⁾を用いる。この検討結果を用いて、DSM（Dependency Structure Matrix）とグラフ理論の媒介性指標を導入して解析した。その結果、直列的な複数工種の施工では、単一工種の場合と同じマネジメント要素構成が効果的であったが、並列的な場合は、工事全体のスコープを最初に検討し、情報で工事全体を一体化することが、効果的な建設施工マネジメントであると示された。

【キーワード】建設施工マネジメント、マネジメント要素構成、DSM、媒介性指標

1. 研究の背景と目的

(1) 建設生産システムの特徴

建設工事は、受注して作業が開始される。建設資材は別として、建設産業は商品を予め製造して市場で販売するような業態ではない。社会経済の動向や災害の有無、降雪の量等の自然環境の変化からの影響が強く、業務の暇忙等の不確定要素が多い。したがって、生産性確保のために分業化や専門化が促進されている。また、工事の有無に伴うリスク回避の観点から、建設会社は労働者や建設機械のような事業資産を保有しない方向にある。このため、建設産業はリスクヘッジとして複数の専門企業等への外注が多くなる²⁾。

特に、ゼネコン（General Contractor の略称）と呼ばれる総合建設会社は、その傘下に協力業者会を構築し、様々な専門業種を含めて協力業者会の会員を中心に施工体制を構築することが多い。これは、工事の安全成績が次期工事の受注機会に多大な影響を与えるため、ゼネコンと同程度の安全教育や安全意識の高さを維持し、安全作業に優れた能力を持った専門企業を雇用することが重要と考えているからでもある。

(2) 研究の目的

本稿は、建設産業の特性でもある複数工種で構成される施工形態において、作業工種の連携形態によりマ

ネジメント要素構成は必ずしも同等ではない、という仮説を立てて、複数工種の連携形態に適した効果的なマネジメント要素構成を示すことを研究目的とした。

2. 研究方法とその結果

(1) 研究対象

建設施工は、求められる仕様を満足し、決められた期間内に、限りある事業資源で完遂しなければならぬ、いわゆる“プロジェクト”と同義といえる。このためにプロジェクトマネジメントの考え方を導入することが有効といえる。

PMI では 1996 年に PMBOK（A Guidance to the Project Management Body of Knowledge）という手引書を発刊した。本研究では世界中で最も多くの会員の指導書となっている PMBOK のマネジメント要素（知識エリア）を研究対象とした。

(2) 利用するデータ

マネジメント要素間の相互依存性に関する調査結果から、効果的なマネジメント要素の検討順序¹⁾が示されており、そのマネジメント要素の構成と検討順序を用いる。そして、これらのマネジメント要素構成を基に複数工種で構成されるモデルを構築して、DSM および媒介性指標を用いて分析を行う。

図-1は、効果的な建設施工マネジメントにおけるマネジメント要素の検討順序とその関連性を示している¹⁾。表-1は図-1のマトリックス表示である。

(3) 複数工種のマネジメント要素統合マトリックスの構築

建設施工は、トンネル工事や橋梁工事のように線形に延び、数種の作業工種が直列的に連続するものと、平面的に広がり、複数の作業工種が同時に、並列的に施工可能な場合に大別できる。

本研究では、簡略化のために3作業工種で検討した。表-1を基に、並列的な複数作業工種のマネジメント要素の連携を表-2に示す。表-2において、作業工種間の接点である2ヶ所のセルに「1」というマークを記入した場合は、直列的な連携となる。

(4) DSMを用いたプロセスの効率化検討法

DSMのパーティショニング (Partitioning : 仕切り分け) 手法は、行及び列の順序を入れ替えて、対角線の上のマークを対角線の下、または、対角線に近づけ、繰り返し (手戻り) を少なくする検討順序の効率化手法である。ソフトウェアの設計順序の効率化検討³⁾などに採用されている。図-2にDSMの概略を示す。

図-2の上半のマトリックスに示した手順A→B→C→Dには手戻りが存在する。Bを最後に実施することにより手戻りが無くなり、作業の効率化が示されている (下半のマトリックス)。

DSMパーティショニング手法を用いて表-2のマネジメント要素の検討順序を効率化した結果を表-3に示す。表-3より3作業工種のスコープを最前段に検討を実施することが、工事全体において効果的であることが示されている。なお、直列的な作業工種の連携の場合は、検討順序の変更は無い。

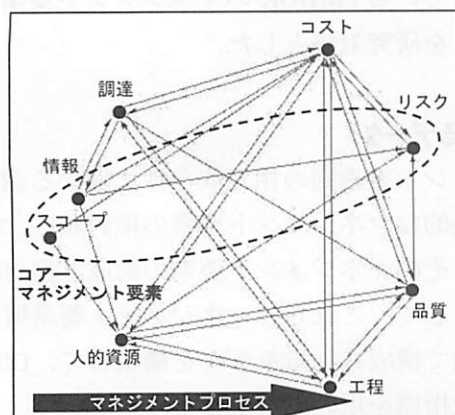


図-1 効果的なマネジメント要素構成¹⁾

表-1 効果的なマネジメント要素構成のマトリックス表示

	スコープ	情報	調達	人的資源	工程	コスト	品質	リスク
	g	c	e	f	b	a	d	h
スコープ	g							
情報	c							
調達	e		1					
人的資源	f	1	1			1	1	
工程	b			1	1		1	
コスト	a	1	1	1	1	1	1	1
品質	d			1	1	1		
リスク	h		1		1		1	

影響の方向

表-2 並列的な3作業工種の関連性

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
作業工種 A	スコープ	1																								
	情報	2			1																					
	調達	3		1				1	1																	
	人的資源	4	1	1			1	1	1																	
	工程	5				1				1																
	コスト	6	1	1	1	1		1			1															
	品質	7					1	1	1																	
	リスク	8		1		1		1	1																	
作業工種 B	スコープ	9																								
	情報	10							1																	
	調達	11								1																
	人的資源	12									1	1				1	1									
	工程	13										1	1	1				1	1							
	コスト	14										1	1	1	1					1						
	品質	15											1	1	1	1										
	リスク	16											1		1	1	1									
作業工種 C	スコープ	17																								
	情報	18																								
	調達	19																		1			1	1		
	人的資源	20																			1	1	1	1	1	
	工程	21																				1	1	1	1	
	コスト	22																					1	1	1	1
	品質	23																						1	1	1
	リスク	24																							1	1

直列型の場合、
このセルに「1」を入れる。

表-3 パーティショニング後の並列的な3作業工種の関連性

3作業工種の“スコープ” を同時に検討

パーティショニング後

	1	9	17	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
作業工種 A	スコープ	1																							
作業工種 B	スコープ	9																							
作業工種 C	スコープ	17																							
作業工種 A	情報	2				1																			
作業工種 B	調達	3			1			1	1																
作業工種 C	人的資源	4	1							1	1														
作業工種 A	工程	5				1	1	1			1	1													
作業工種 B	コスト	6	1			1	1	1	1		1	1													
作業工種 C	品質	7				1	1	1	1	1															
作業工種 A	リスク	8			1					1	1														
作業工種 B	情報	10										1	1												
作業工種 C	調達	11												1	1	1									
作業工種 A	人的資源	12		1								1				1	1								
作業工種 B	工程	13											1	1	1		1	1							
作業工種 C	コスト	14		1									1	1	1					1	1				
作業工種 A	品質	15												1	1	1	1								
作業工種 B	リスク	16											1		1		1	1							
作業工種 C	情報	18																	1						
作業工種 A	調達	19																			1	1	1		
作業工種 B	人的資源	20		1																1		1	1	1	
作業工種 C	工程	21																			1	1	1	1	
作業工種 A	コスト	22																				1	1	1	1
作業工種 B	品質	23																					1	1	1
作業工種 C	リスク	24																						1	1

3作業工種が
同時(並列)
に進行

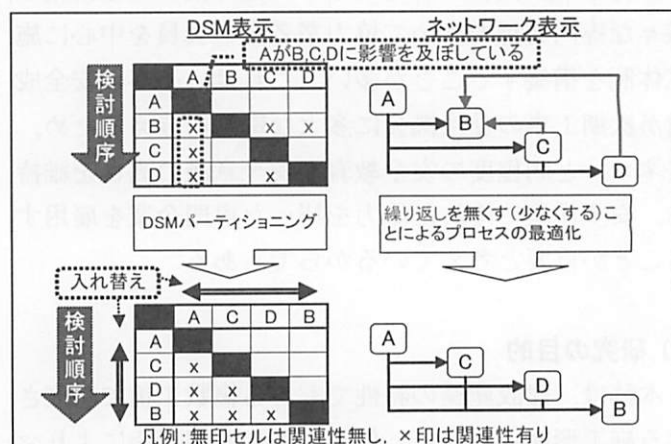


図-2 DSMパーティショニングによる効率化

(4) 媒介性指標を用いたマネジメント効果の分析法

グラフ理論の媒介性指標は、ノード j からノード k へ到達するのに、どの程度ノード i に依存しているかに基づいて、そのネットワークにおける中心性を定義する方法をフリーマン (Freeman) が提唱した⁴⁾。

個々のマネジメント要素における連関性や結合力を評価できる。算出式を式1に示す。

簡単なネットワークモデルを図-3に例示する。ノード4と5の媒介性指標が大きく、このネットワークにおいて重要な役割を果たしているといえる。

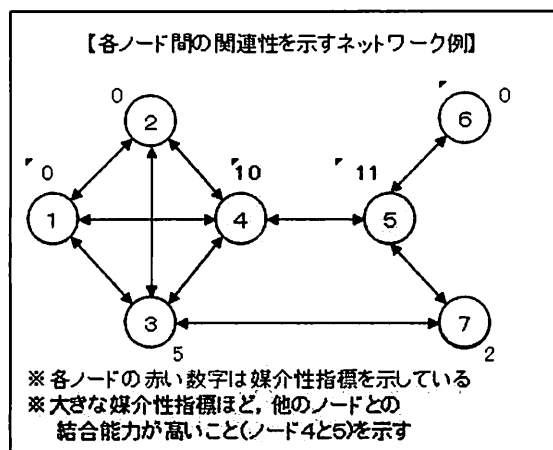


図-3 媒介性指標の例

次に、 N 個のノードで構成されたネットワークを N 次元マネジメント要素空間と捉え、媒介性ベクトル値 $|P|$ を式2のように定義する。3作業工種のマネジメント要素の繋がり方による媒介性ベクトル値 $|P|$ の変動を評価することにより、より効果的な連携を抽出する。

$$\text{Betweenness}(i) = \sum_{j=1, k=1}^N \frac{G_{\text{paths}}_{j \rightarrow i \rightarrow k}}{G_{\text{paths}}_{j \rightarrow k}} \quad \text{式1}$$

ここに $G_{\text{paths}}_{j \rightarrow k}$ はノード j からノード k までの全ての最短経路数、 $G_{\text{paths}}_{j \rightarrow i \rightarrow k}$ はノード j からノード i を含んでノード k までの最短経路数。

$$|P_{3\text{工種}}| = \sqrt{\sum_{ac=1}^3 \sum_{i=1}^8 (\text{マネジメント要素}[i] \text{の媒介性指標})^2} \quad \text{式2}$$

ここで、 ac は複数工種の一つ、 i はマネジメント要素を表す。

式2を用いて、3作業工種間の追加リンク (関連性) を付け加えたシミュレーション結果を表-4に示す。そして、その結果を基に3作業工種の連携イメージを図-4に示す。3作業工種の“情報”を連携することにより、工事全体の一体化を図ることが効果的なマネジメントであることを表している。

表-4 媒介性ベクトル値によるマネジメント要素の連携効果

3工種直列型												
リンク無し	1リンク								2リンク		3リンク	
	+品質	+コスト	+工程	+人的資源	+調達	+スコープ	+情報	+リスク	+CD	+SR	+QCD	+SComR
266	189	226	187	187	202	218	173	216	169	193	143	140

3工種並列型												
リンク無し	1リンク								2リンク		3リンク	
	+品質	+コスト	+工程	+人的資源	+調達	+スコープ	+情報	+リスク	+CD	+SR	+QCD	+SComR
25	356	359	353	367	354	45	398	388	259	343	216	220

直列的な工種連携の場合、どのマネジメント要素とも連携しない場合が媒介性ベクトル値 $|P|$ は最高となる。並列の場合は3作業工種の“情報”を連携すると媒介性ベクトル値 $|P|$ が最高値となることが示された。

凡例	+CD	: コストと工程を連携
	+SR	: スコープとリスクを連携
	+QCD	: 品質とコストと工程を連携
	+SComR	: スコープと情報とリスクを連携

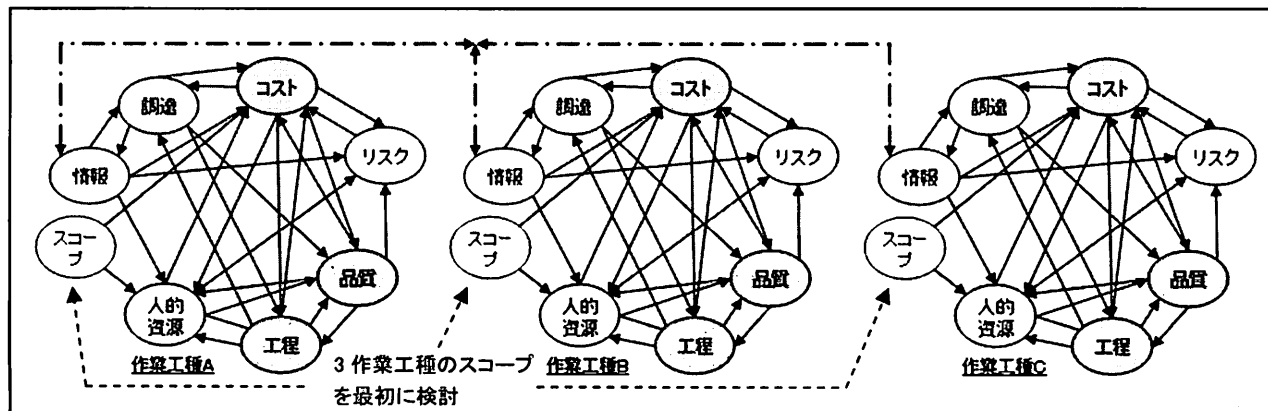


図-4 並列的な3作業工種の効果的なマネジメント要素の連携イメージ

3. 複数工種における効果的な建設施工マネジメントのまとめ

本研究では、複数の作業工種で実施される建設施工において、より現実の施工を反映したマネジメントのあり方を検討した。その結果、直列的な作業工種の連携と並列作業では、仮説通り異なることが判明した。その相違点は以下のように整理できる。

(1) 直列的な作業工種の連携

直列的な作業工種の連携の場合、各作業工種における効果的なマネジメントの検討順序が工事全体としても最も効果的と示された。他の作業工種のマネジメント要素との連携も効果がない。

すなわち、個別作業の効果的なマネジメントが、工事全体においても効果的なマネジメントとなる。

(2) 並列的な作業工種の連携

並列的な作業工種の連携の場合、DSM パーティショニングの結果、直接的には関連性の無い各作業工種のスコープを同時に、かつ、最初に検討することが工事全体として効果的であると示された。また、媒介性ベクトル値を用いたシミュレーションでは、情報で工事の一体化を図ることが工事全体におけるマネジメント効果を高めることが示された。

(3) まとめ

本研究で採用した検討モデルは、両極端の例である。実際の工事は、直列的および並列的な作業工種が混在して複雑な形態で実施されることが多い。したがって、工事全体を統括する建設施工マネジメントは、工事内

容や協力業者の体制、資機材の調達関連、周辺への影響などを常に統括的に検討し、適時、適切に判断をする柔軟性が必要である。そのためには、机上での数値分析や書類作成等と共に、施工現場で起きている事実を基に、何が起きそうなのか等を洞察する経験が重要と考える。

近年、建設産業を取り巻く経済環境は厳しさを増している。分業化や専門化等が促進されているが故、工事全体を統括するマネジメント技術の重要性を見直す必要があると考える。特に、海外へ進出するような場合、初対面の協力業者等と協働しなければならないことも多く、統括マネジメントの能力がさらに重要と考える。

【参考文献】

- 1) 鈴木信行, 他: 建設施工におけるマネジメント要素間の相互依存性と順序立てに関する研究, 土木学会論文集 F, Vol.63(2007), No.1, pp.72-85
- 2) 桐山孝晴, 廣瀬哲也: 情報化社会の進展と建設産業のあり方に関する研究—建設産業を取り巻く状況の変化と情報化の取組み事例—, 国土交通政策研究10号, 国土交通省国土交通研究所, 2002.09
- 3) 森 俊樹: 工程・組織効率化のための設計手法, 東芝レビューVol.60 No.1, 2005
- 4) Freeman, Linton C.: A set of measures of centrality based on between-ness, Sociometry 40; 35-40, 1997

A STUDY ON EFFECTIVE CONSTRUCTION MANAGEMENT FOR MULTI WORKING PARTY INVOLVED

By Nobuyuki SUZUKI

This paper utilizes the results of a survey carried out amongst construction managers in Japan to study the effective construction management configuration. I studied on the two typical construction styles, such as series and parallel types. As a result of my study, the integration management configuration of two different types was basically different which site manager should earn his ability from site works. Without integration management technique, it is impossible to work with the first faced stakeholders on the overseas projects especially.