

国際建設市場でのプロジェクトマネジメントに関する研究

ワークサンプリング調査による生産性分析技術

A Study on the Project Management for the International Construction Projects.
The Productivity Analysis by Using the Work Sampling Survey Method.

正会員、大成建設株式会社 ○ 草 柳 俊 二*
By Shunji KUSAYANAGI

米国に於いては、生産性レベルの測定の実践的手法として、ワークサンプリング調査が生産業を中心として、幅広く活用されている。建設産業の分野に於いても、未だ限られた範囲ではあるが、生産性の管理にこの方法が用いられはじめています。本稿は、建設産業でのワークサンプリング調査の活用について、米国の発電プラントプロジェクトでの実施例に従い述べるものである。筆者は当該プロジェクトで直接その調査に携わった。ワークサンプリング調査は、建設プロジェクトにおいても生産性管理に用いる定量分析技術として充分信頼するに足るものであり、生産性向上のための方法策定に役立つものと考えます。

【キーワード】生産性管理、ワークサンプリング、プロジェクトマネジメント

1. まえがき

統計的分析による品質や生産性管理手法の先駆者といえる米国に於いては、数多くの生産性レベルの測定方法が生み出されている。ワークサンプリング調査法 (Work Sampling Survey Method) はその内でも最もポピュラーな生産性測定分析法と言ってよい。この方法は、主に工場の生産ライン等を対象として使用されているのだが、本稿では、このワークサンプリング調査法の建設プロジェクトでの活用について、実施例をもとに述べる。

筆者は国際建設市場でのプロジェクト・マネジメントの研究を行う目的で米国の大手建設企業に1年数カ月間在籍した際に、この調査技術を知る機会を得、在籍企業の実際のプロジェクトで生産性管理のグループのメンバーとしてその実施に携わった。

ここで述べるワークサンプリング調査方法は、テキサス州立大学 (UNIVERSITY OF TEXAS : AUSTIN, TEXAS) のコンストラクション・マネジメントの研究グループの指導により見直がなされたものである。

2. ワークサンプリング調査技術

(1) ワークサンプルの区分設定と定義付け

ワークサンプリングは生産性レベルを定量的に調査分析する方法として、米国では多くの生産性向上プログラムに組み入れられている。

ワークサンプリングとは、言葉のとおり作業動作の状況をサンプル (標本) として捉え採集することであり、これを統計的に解析し生産性レベルの測定を行う。サンプリングの方法は一定の間隔で作業現場を写真に収めてゆく、インターバル写真撮影によるものやビデオカメラを用いたもの等があるが、本稿で述べるワークサンプリング調査はシンプルランダムサンプリング (Simple Random Sampling) を用いたものである。この方法は特別な器具を必要とせず、建設プロジェクトのように日々作業の箇所や状況が変化するものには適したものと言える。

ワークサンプリング調査はいずれの場合でも、その実施に先立ち、採集されたサンプルの分類のために作業動作 (Activity) の区分と定義設定を行っておく必要がある。

表-1はその区分を示したものである。

*国際事業本部土木部 TEL 03-5381-5335

表－１ 作業動作の生産性分析区分と作業構成要素区分

作業構成要素区分	生産性分析区分
①Direct Work (直接生産動作)	1) Direct Work (直接生産動作)
②Read Plans/Instruction (図面や指示の確認動作)	2) Support (補助支援動作)
③Travel (作業員自身の移動動作)	Support 同上
④Transportation (資機材の運搬動作)	Support 同上
⑤Tools/Materials (工具／材料の準備動作)	Support 同上
⑥Late Start/Early Quit (作業開始遅延／切上終了)	3) Delay (作業遅延動作)
⑦Waiting (待機)	Delay 同上
⑧Personal (個人的理由での作業遅延)	Delay 同上
⑨Break (定められた小休止・休憩)	Delay 同上

作業動作は、この表に示すようにまず生産性の面から捉え区分けをおこなう。次に、これらを作業の構成要素の面から捉え区分する。

a) 生産性分析区分と各項目の定義

作業動作を生産性分析の視点で区分した場合は、このプログラムでは以下の三つの因子に区分する。

①直接生産動作 (Direct Work)

生産性に直接的に結びつく作業動作。

②補助支援動作 (Support)

生産性には直接結び付かないが、直接生産動作を補助・支援する必要不可欠な動作。

③作業遅延動作 (Delay)

直接生産動作や補助支援動作の進行を阻害し、遅滞させる動作。

b) 作業構成要素区分と各項目の内容定義

作業構成要素区分の内容は以下になる。

①直接生産動作 (Direct Work)

工具、資材、機械等を用い工事の物理的な遂行に直接寄与する作業をおこなっている動作。

- ・肉体的な作業動作：スコップでの掘削作業、溶接作業、手ハンマー作業、鉄筋結束作業等の動作。
- ・作業箇所にて作業をおこなっている間に工具や材料等を持ち上げたり、下ろしたりする動作。
- ・作業場所での計測・測定をおこなす動作。
- ・他の作業員が結束するために鉄筋を支えているといった、必要に応じ材料や機械、工具等を持っている動作。

- ・資機材を正しい取り付けのための位置出し、検査をおこなっている動作。

- ・手袋、安全ベルト、ゴーグル等、作業に必要な装着品の脱着をおこなっている動作。

- ・工具や機械の清掃・調整をおこなっている動作。

- ・作業箇所の清掃作業。

- ・旋盤、クレーンやブルドーザー等の建設に必要な機械を運転している動作。

- ・クレーンへの合図、誘導等の動作。

- ・配線や電線接合、機器据え付け等の動作。

②図面や指示の確認動作(Read Plans/Instruction)

直接生産動作 (Direct Work)に着手する、あるいは継続するための指示伝達の授受、及び仕様書・図面のチェックや確認等の動作。

- ・図面をチェックし、作業内容を把握する動作。

- ・作業指示書を読み、作業内容を確認する動作。

- ・作業内容を確認するためメモを作成する動作。

- ・フォアマン、スーパーインテンドント、インスペクターとの１対１あるいはグループでの打合せ。

③作業員自身の移動動作 (Travel)

作業箇所から作業箇所へ資機材の運搬の目的ではなく、徒歩あるいは車両での移動動作。

- ・フォアマン、スーパーインテンドントやインスペクターとの打合せのための作業箇所からの移動。

- ・作業を終了し、新たな作業箇所への移動。

- ・その他の理由により空手での移動。

④資機材の運搬動作 (Transportation)

作業の継続に必要な工具、資材、機械等を徒歩あるいは車両で運搬している動作。資材運搬の専任労働者以外の者の運搬動作。

- ・仮置き場からの資機材の運搬動作。
- ・倉庫からの工具や小資材の運搬動作。

⑤工具／材料の準備動作 (Tools/Materials)

作業遂行に必要な工具、資材、機械の準備およびさがし出し、収納等のための動作。

- ・溶接作業等の機器、小資材の準備動作。
- ・工具の取り出し、収納動作。
- ・機械のセッティング動作。
- ・資材の整理整頓のための動作。
- ・安全管理のための諸器具の取り付け動作。

⑥作業開始遅延／切上終了(Late Start/Early Quit)

作業開始の遅延、定められた終了時間前の作業打ち切り等、実質的に作業を停止している状況動作。

⑦待機 (Waiting)

作業遂行に必要な指示・命令や工具、資材、機械の準備の遅れ、故障等による待機、他の業種の作業との競合、終了遅延、指示変更によって発生する待機動作。

- ・他のグループの作業の終了を待っている。
- ・資機材の到着を待っている。
- ・機械の修理完了を待っている。

- ・フォアマン、スーパーインテンデントの指示を待っている。
- ・インスペクターの検査の終了を待っている。

⑧個人的理由での作業遅延 (Personal)

指示された以外の作業員の個人的理由での作業動作又は作業休止動作。

- ・決められた時間以外の作業小休止。
暑さや疲労のために作業を休止している。
- ・水飲場やトイレ等へ行くための作業休止。
- ・特別な意味のなく、ただ作業休止している。
- ・作業員の個人的な目的の作業を行っている。

⑨定時間での小休止・休憩 (Break)

定められた時間での作業小休止・休憩。

(2) ワークサンプリングの方法と手順

作業の生産性レベルの測定のためにおこなう、ワークサンプリングはシンプル・ランダム・サンプリング (Simple Random Sampling Survey) の手法を用いた。図－1 はこれに用いる調査用紙と記入例を示したものである。調査方法と手順は以下に示す。

- ①. ワークサンプリングのための調査員を選出し、各作業要素区分の内容を把握させ、作業員の動作を速やかに分類できるよう訓練する。調査員は複数とし、測定の個人差を是正できるようにする。

WORK SAMPLING; SIMPLE RANDOM SAMPLING SURVEY

Craft Code _____ Work Area No. _____ Date ____ / ____ /19 ____ Day ____ Time ____ ;

No	Work Area Activity	001	002	003	004	005	006	007
1	Direct Work							
2	Read PI/Inst.							
3	Travel							
4	Transport							
5	Tool/Materi.							
6	L. S / E. Q							
7	Waiting							
8	Personal							
9	Break							
Total								
Remarks :								

図－2 ワークサンプリング調査用紙とその記入例

- ②. 調査のエリア区分、職種区分、一日当たりの回数と時間帯等を決定する。時間帯の設定は通常、午前の作業開始から1時間経過時、昼食時間帯の一時間前と1時間経過時、終業時間の1時間前を核とする。調査は数週間継続しておこなう。
- ③. 調査員は調査対象の作業エリアに入ったと同時に、作業要素区分イメージに従い各作業員の動作を1、2分程度の短時間で判別し、用紙に各ワークサンプルとして捉えた作業員の数を入力する。
- ④. 調査用紙に記されたワークサンプルの数値を、あらかじめ作成しておいたコンピュータプログラムにインプットする。
- ⑤. 調査期間内のサンプルの集計結果を分析する。

(2) ワークサンプリング調査の結果分析方法

コンピュータプログラムは以下のような出力帳票が得られるようにシステム化する。

- ・調査員別の調査結果を示す出力帳票（表－2）
- ・エリア別作業要素区分出力帳票（表－3）
- ・職種別作業要素区分出力帳票（表－4）
- ・曜日別出力帳票（表－5）
- ・作業時間帯別出力帳票。その他。

ワークサンプリング調査による生産性レベルの分析は以上のようなコンピュータ出力帳票を用い、様々な観点から解析してゆく。分析手順は下記のようなになるが、生産性の向上には生産性区分の補助支援動作（Support）と作業遅延動作（Delay）に属する作業構成要素区分の動作項目の比率をいかに減少させるかであり、その方法を見出さねばならない。

- ①各作業エリアごとに作業構成要素区分にしたがいワークサンプルの分布率を算出すると共に、全作業エリアの平均値を算出する。
- ②調査員別ワークサンプリング結果の出力帳票を用いて各調査員の調査精度を検証する。偏りのある調査結果が見出された調査員については、再度ワークサンプルの判定の方法の指導をおこなう。
- ③生産性区分の補助支援動作（Support）と作業遅延動作（Delay）に属する作業構成要素区分の動作項目で、平均値より高い比率のものを摘出し、その原因を追求する。

- ・全作業エリアの各作業要素項目の比率分布解析。
- ・作業エリア別の作業要素項目の比率分布の解析。
- ・職種別の作業要素項目の比率分布の解析。
- ・曜日別の作業要素項目の比率分布の解析。
- ・作業時間帯別の作業要素項目の比率分布の解析。

表－2 調査員別の調査結果出力帳票

CRAFT ACTIVITY ANALYSIS											
NUMBER OF OBSERVATION BY ACTIVITY											
OBSERVER: _____									PROCESS DATE / /		
AREA	HOURL	L/S. E/Q	PERSN	BREAK	PLN/INST.	TOOL/MTL.	TRANS.	TRAVL	WAIT	DIRCT	TOTAL
001	07:00	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100.0%
002	07:30	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100.0%
003	08:00	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100.0%
004	08:30	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100.0%
005	09:00	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100.0%
006	09:30	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100.0%
007	10:00	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100.0%
OBSR TOTAL											
% OF TOTAL	-----	%	-----	%	-----	%	-----	%	-----	%	100.0%

表－3 エリア別作業要素区分出力帳票

CRAFT ACTIVITY ANALYSIS								From / / -To / / .
OVERALL AREA PERFORMANCE - BY ACTIVITY/AREA								ACTIVITY
WORK. AREA No.	001	002	003	004	005	006	007	%OF TOTAL
ACTIVITY								
1. BREAK	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----- %
2. PERSONAL	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----- %
3. WAITING	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----- %
4. L/S. E/Q.	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----- %
5. TOOL/MTL.	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----- %
6. TRANS.	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----- %
7. TRAVL	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----- %
8. PLN/INST.	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----- %
9. DIRCT WORK	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----- %
AREA TOTAL								
% OF TOTAL	----- %	----- %	----- %	----- %	----- %	----- %	----- %	100.0%

表－4 職種別作業要素区分出力帳票

CRAFT ACTIVITY ANALYSIS											From / / -To / / .
AREA PERFORMANCE - BY ACTIVITY/CRAFT											
AREA No. _____	CRAFTS	IRON RIG.	BUDNG	BOILER	ELEC.	EXCAVT	PAINT	WELDR	MLLWR	INSTR	ACTIVITY
											%OF TOTAL
ACTIVITY											
1. BREAK	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----- %
2. PERSONAL	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----- %
3. WAITING	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----- %
4. L/S. E/Q.	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----- %
5. TOOL/MTL.	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----- %
6. TRANS.	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----- %
7. TRAVL	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----- %
8. PLN/INST.	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----- %
9. DIRCT WORK	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----- %
CRAFT TOTAL											
% OF TOTAL	----- %	----- %	----- %	----- %	----- %	----- %	----- %	----- %	----- %	----- %	100.0%

3. 実際のプロジェクトでの実施結果

次ページの表－5 は米国南部ルイジアナ州の火力発電プラントの建設プロジェクトでのシンプルランダムサーベイによるワークサンプリング調査の結果を示したものである。このプロジェクトは労働組合 (Labor union) に属さない労働者を直接雇用した、

いわゆるオープンショップ (Open Shop) の条件で行

われたもので、データは、約3ヵ月の間に採取した延べ 6,783 のワークサンプルの曜日別の各作業要素区分の比率分布を表している。

このプロジェクトで筆者は、ワークサンプリングによる生産性レベルの測定とともに、プロジェクト遂行の最前線にいるフォアマンに生産性に係わる問

題の実態を聞き、彼らの意見を取り入れる、QCサークル的な手法の生産性向上プログラムの構築を提案した。この提案は即受け入れられ、プログラムの構築がなされ、実施に移された。表-5のデータはその結果に基づくものである。

直接生産動作 (Direct Work)の比率 39.0 % に比較して待機 (Waiting) の比率は 19.2 %、作業員自身の移動動作 (Travel) は 13.8 %、これに個人的理由での作業遅延 (Personal) の 7.1 %を加える

と、合計 40.1 % という値となる。特に、プログラムの開始時点では待機 (Waiting) 項目の比率が高く、ほとんどの作業エリアで 30%以上の値を示していた。プログラムの実施結果は、米国内の発電プラントプロジェクトの平均値、表-5 (AVERAGE) と比較して、かなり低い値のとなっている。比率低下にはフォアマン達の意見の活用が有効に作用したと考えている。生産性の向上は上記3項目をいかにしっかり管理するかであるといえよう。

表-5 曜日別作業要素項目比率分布出力帳票

CRAFT ACTIVITY ANALYSIS										
OVERALL PERFORMANCE BY DAY OF WEEK IN PERCENTS										
	L/S. E/Q	PERSN	BREAK	PLN/INST.	TOOL/MTL.	TRANS.	TRAVL	WAIT	DIRCT	TOTAL
MONDAY	2.0	5.8	5.7	4.9	4.1	4.7	13.5	19.6	39.7	100.0%
TUESDAY	1.6	6.9	6.8	4.6	4.8	3.9	10.8	18.8	41.8	100.0%
WEDNESDAY	0.4	7.4	5.9	4.6	5.0	4.3	11.5	20.3	40.6	100.0%
THURSDAY	1.6	8.0	4.5	5.5	4.8	5.4	15.1	17.6	37.5	100.0%
FRIDAY	0.4	7.1	3.8	3.4	4.7	4.4	17.6	22.8	35.8	100.0%
SATURDAY										
SUNDAY										
STDY. AVERAGE	1.2%	7.1%	5.3%	4.9%	4.6%	4.8%	13.8%	19.2%	39.1%	100.0%
*(AVERAGE)	(6.0%)	- 5.0%	-	(8.0%)	-(7.0%)	-	(13.0%)	(29.0%)	(32.0)	(100.0%)

* "Productivity in Power Plant Construction" American Association of Cost Engineers, 1976.

4. まとめ

実態からみる米国の生産性管理は「生産性レベルの実態調査と問題点の指摘」を中心に置いているといつてよい。米国の生産性向上活動は、突き詰めれば労働者も機械や資材と同じように「物体」として捉えると言えよう。1950年代に米国より導入され、日本の生産性管理の創成期を担った統計的品質管理の技術においても、労働者の精神的な要因がどのように生産性に影響を及ぼすかと言った点にはほとんど触れられていない。しかしながら、逆の見方をすれば、労働者を物体として扱い、人間の感情の関わり合いを極力排除した生産性管理思想から生まれた技術は、それだけ科学的な立証に富んだものであるとも言える。事実、米国の生産性レベルの測定に関する技術は日本の生産性管理にはみられない、非常に高度なレベルにあるといえる。ワークサンプリン

グのような、生産性レベルの測定手法を取り入れた生産性管理技術の科学的な機能強化は、国際建設プロジェクトのマネジメントの向上に於いては極めて重要なものとなる。今後、さらに研究を進め、実際の国際建設プロジェクトに役立つ技術として体系化して行くべきであると考えます。

【参考文献】

- (1) ROBERT E. HEILAND AND J. RICHARDSON, [WEEK SAMPLING] MCGRAW-HILL BOOK COMPANY, NEW YORK 1957.
- (2) S. KUSAYANAGI & P. B. HATLY [LOOK AGAIN AT QUALITY CIRCLES] in ASCE Civil Engineering Magazine April 1984.
- (3) J. M. NEIL [CONSTRUCTION COST ESTIMATION FOR PROJECT CONTROL] 1982 prentice-hill, inc.,