

建設現場における生産性管理データ収集・分析システムの精度向上

高知工科大学

学生会員

○弘光 太郎

高知工科大学

正会員

五艘 隆志

1. はじめに

建設プロジェクトの遂行には品質、時間、およびコストの総合管理が重要であり、この総合管理は施工計画書・工程表・工事費内訳書（以下、「三点セット」と称する）に基づいて行われる。三点セット書類の作成には正確な生産性データが不可欠である。特に、国際建設プロジェクトにおいては、三点セットの各書類は契約図書として扱われる。例えば施工段階において契約条件に変更（地盤条件の相違など）があった場合、追加費用や工期延伸の請求には生産性に変化があったことを証拠書類として示す必要がある¹⁾。こういった証拠書類は継続的な生産性データの取得が行われていなければ作成が不可能である。一方、我が国の建設産業は、信義則に基づく問題解決が基本となっており、上述のような証拠を示し、権利に基づく請求を行う“claim”といった要素は薄い。こういった状況では生産性データを継続的に取得するという動機は薄くなる。その結果、我が国の建設プロジェクトにおける生産性管理データの収集・分析は、未だ、建設産業の共通システムとして確立されたものとはなっていないのが現状である²⁾。本研究は2003年から着手され、これまで継続して研究が行われてきた。本稿はこれまで構築されてきた生産性データの自動収集・分析システムの紹介を行うとともに、筆者らが取り組んできた精度向上の活動について述べるものである。

2. 生産性管理データ収集・分析システムの必要性

2.1 ダumping入札への対応策（適正価格の把握）³⁾

ダumpingの判断基準は適正価格に対して低すぎないか否かであり、適正価格は『どの企業が行っても同じような価格』になるものとして見出される。適正価格を見出すには本来現場で取得した信頼性の高い生産性管理データが必要となる。一方、公的発注機関が行う積算はあくまで予定価格の算出を目的とするものであることもあって、受注者に対する聞き取り調査で得た歩掛を用いている。一定の精度で生産性管理データを収集・分析して得た作業歩掛から信頼性の高い適正な工事価格の特定、更にはプロジェクトマネジメントの信頼性の向上が期待できる。

2.2 建設コストの透明性向上⁴⁾

生産性管理データは、労働力・機械・材料等の作業歩掛であり、建設プロジェクトにおいてコスト管理・スケジュール管理を行う上で重要なデータである。しかし、市場単価に基づく契約方式の導入を背景として、こういった情報を取得する意義が薄れ、生産性データの収集・分析機能やコスト管理機能の低下が危惧される。

3. システム概要と精度向上のプロセス

これまで、プロジェクトに必要な工事資源（労務・機械・材料）の労務に関する管理を、高度情報処理技術を用いて、労働者の位置と動向をリアルタイムで把握し、建設プロジェクトの生産性データ（作業歩掛）の収集と分析を行うシステムの構築を行ってきた。システム概要を図-1に示す。

本システムは、GセンサーとZigBee無線通信機能が一体化した端末を各作業員のヘルメットに装着し、振動パターンと位置情報を把握する。各動作それぞれの特有の振動パターンと位置情報から、直接生産動作、補助支援動作、作業遅延動作を把握する。併せて、調査員によるワークサンプリング調査も同時に行う。本システムによる生産性分析の結果と調査員によるワークサンプリング結果とを照合し、システムの改良を行うというプロセスを繰り返すことで、精度の高い労働生産性データ収集・分析システムの構築が可能となる。

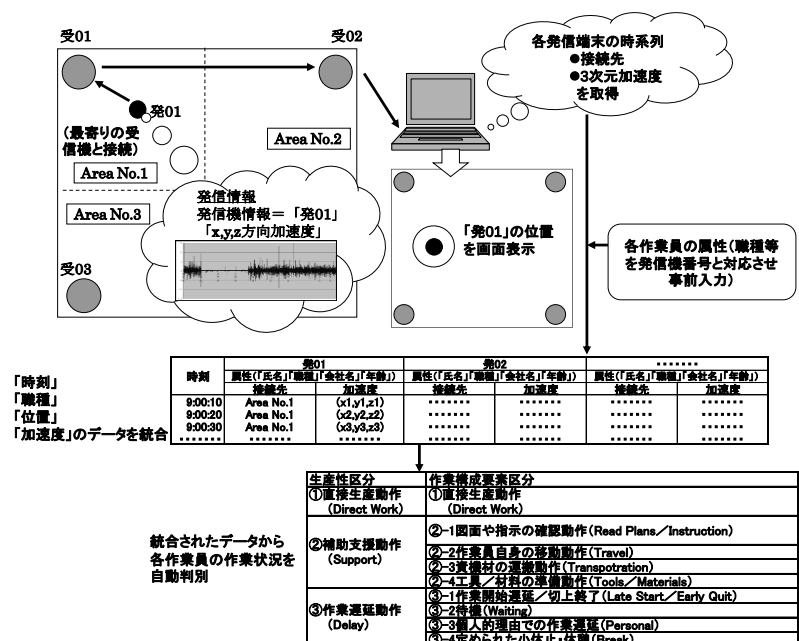


図-1. システム概要

4. 建設現場における生産性データ収集・分析と精度向上

4.1 現状のシステムの精度検証

井本(2010)⁵⁾でシステムの基本形が構築されており、現場にて取得した作業員の生産性管理データの分析を行なった。図-2 は作業員(型枠工)4 名の作業区分を自動判別した結果である。1.DirectWork (直接生産動作)において、ワークサンプリング結果と自動判別結果が一致したのは98%であった。同様に 2.2Travel(作業員自身の移動動作)、は18%程度であった。2.3Transportation(資機材の運搬動作)においては判別できなかった。その原因として、判別基準として設定した卓越周波数(約 2Hz)が検出できなかったことや、調査員によるワークサンプリングの記録精度が考えられる。なお、3.4Break(定められた小休止)については、1.DirectWork と同様に、高い精度を確認できた。これらの結果を踏まえ、システムに以下の改良を施した。

- ・「移動」の判別：歩行に伴う「卓越周波数 2Hz の検出」有無に加えて「位置情報の変化」を追加
- ・「運搬」の判別：「卓越周波数 2Hz の検出」、「加速度の大きさ」に加えて「位置情報(資材置場)」を追加。

4.2 判別基準の改良による精度向上

判別基準を改良した結果を図-3に示す。2.2Travelは、約16%精度が向上し、2.3Transportation に関しても資材置き場への移動を判別基準に加えることで、一部判別が可能となった。しかしながら、移動動作に関しては、今後も精度向上の余地があり、今後も加速度による判別基準の改良を進めたいと考えている。

4.3 解析プログラムの利便性向上

本研究では、データ収集後に作業員の動作加速度の卓越周波数の有無を確認することを目的としたフーリエ解析をVBA(Visual Basic for Applications)を用いたFFT解析用プログラムを開発した。これにより、作業員1日分の作業データの解析時間を3日程度から数分程度に短縮した。

5. まとめと今後の課題

本研究の成果と課題は下記のとおりである。

本研究の成果

- ・精度向上プロセスの継続実施
- ・新開発の計測機器を用いたデータ取得
- ・位置情報の活用方法の再検討
- ・作業員の動作加速度の卓越周波数の有無確認を目的としたフーリエ解析における解析時間の短縮

本研究の課題

- ・作業員動作の詳細な定義
- ・調査員によるワークサンプリングの精度向上
- ・判別基準の改良
- ・現場における機材の配置
- ・プロジェクトマネジメントソフト(MS Project 等)との連動

参考文献

1) 草柳俊二「21 世紀型建設産業の理論と実践-国際建設プロジェクトのマネジメント技術-」(株)山海堂。

2) 五艘隆志・越智淳・草柳俊二「建設現場における先端情報技術を活用した生産性管理データ収集・分析システムの構築に関する研究」土木学会論文集 F4 (建設マネジメント) 特集号 Vol.66 No.1, pp.317-328, 2010.12

3) 安里哲平：建設現場における高度情報処理技術 (IT) を活用した生産性管理データの測定技術に関する研究、高知工科大学大学院工学研究科基盤工学専攻社会システム工学コース修士論文、2002 年度修士論文

4) 安田陽介：建設現場における高度情報処理技術 (IT) を活用した生産性分析システムに関する研究、高知工科大学大学院工学研究科基盤工学専攻社会システム工学コース修士論文、2005 年度修士論文

5) 井本浩平：建設現場における生産性管理データ収集・分析システムの精度向上、高知工科大学大学院 工学研究科 基盤工学専攻社会システム工学コース修士論文、2010 年度修士論文

図-2 自動判別結果とワークサンプリング結果比較 (2011 年 10 月 15 日)

Manual sampling 結果	Automated sampling 結果										計	精度
	1.Direct	2.1F	2.2T	2.3T	2.4T	3.1L	3.2V	3.3F	3.4B	合計		
1.Direct Work	757	2	10	0	0	0	0	0	0	769	98.4%	
2.1Read Plans/Ins	73	0	4	0	0	0	0	0	0	77	0.0%	
2.2Travel	50	0	11	0	0	0	0	0	0	61	18.0%	
2.3Transportation	134	0	13	0	0	0	0	0	0	147	0.0%	
2.4Tool/Materials	26	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0.0%	
3.1Late Start/Early	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	
3.2Waiting	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	
3.3Personal	28	0	1	0	0	0	0	0	0	29	0.0%	
3.4Break	3	0	2	0	0	0	0	0	361	366	98.6%	
合計	1071	2	41	0	0	0	0	0	361	1475		

図-3 改良後 自動判別結果とワークサンプリング結果比較 (2011 年 10 月 15 日)

Manual sampling 結果	Automated sampling 結果										計	精度
	1.Dire	2.1F	2.2T	2.3T	2.4T	3.1L	3.2V	3.3F	3.4B	合計		
1.Direct Work	757	2	10	0	0	0	0	0	0	769	98.4%	
2.1Read Plans/Ins	73	0	4	0	0	0	0	0	0	77	0.0%	
2.2Travel	39	0	21	1	0	0	0	0	0	61	34.4%	
2.3Transportation	97	0	43	7	0	0	0	0	0	147	4.8%	
2.4Tool/Materials	26	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0.0%	
3.1Late Start/Early	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	
3.2Waiting	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	
3.3Personal	28	0	1	0	0	0	0	0	0	29	0.0%	
3.4Break	3	0	2	0	0	0	0	0	361	366	98.6%	
合計	1023	2	81	8	0	0	0	0	361	1475		