

標準原価管理の革新可能性

曾 根 健一朗^a

難 波 圭 佑^b

岡 田 幸 彦^c

<要 旨>

本論文では、従来の標準原価管理の抱える①標準決定時・更新時に行う時間研究等のコストが高い、②決定された標準が製造現場の実状を反映していない可能性がある、③差異の認識時にその発生原因候補の特定が難しい、という問題に対し、IoT センサーを用いて製品・工程毎に作業1回の作業時間を取得し、作業時間差異を計算する原価管理アプローチを紹介する。そしてこのアプローチの利点として、①IoT センサーにより毎回の作業の作業時間を測るため、製造現場の実状を反映することができる、②正常な差異・異常な差異の判別が容易になる、③差異の原因候補の特定が容易になることを挙げている。

<キーワード>

IoT, 標準原価計算, 差異分析, 原価管理

A Possibility for Innovation of Standard Cost Management

Kenichiro Sone, Keisuke Namba, Yukihiro Okada

Abstract

We think that there are several problems about practices of Standard Cost Management; (1) The costs of time researches conducted for the standard-time determination and its update are high, (2) The determined standard may not be reflected the actual situation at the manufacturing site, and (3) We can't easy to identify the cause of the unfavorable variance. To solve these problems, we introduce a new approach of cost control with IoT sensors. The advantages of this approach are as follows: (1) It is possible easier to reflect the actual situation at the manufacturing site, (2) It becomes easier to distinguish between normal and abnormal variances, and (3) We will easier to identify the causes of variances.

Keywords

Internet of Things, Standard Costing, Variance Analysis, Cost Control

2020 年 7 月 14 日受付

Submitted: July 14, 2020

2020 年10月 12 日受理

Accepted: October 12, 2020

a 株式会社 KOSKA 代表取締役社長

b 筑波大学大学院システム情報工学研究科サービス工学学位プログラム

c 筑波大学人工知能科学センター サービス工学分野長/システム情報系社会工学域 准教授

1 はじめに

標準原価計算は、1900年代初頭に導入が始まって以来、世界中の製造企業において広く利用されている (Zoyza and Herath 2007, 271)。標準原価計算は、実際原価計算の欠陥である偶然的変動と計算量の問題を解決するために、比較対象の一方を能率測定の尺度となる原価にすることで能率の良否を測ることができるという考え方を導入することで生まれた (岡本 2000, 380)。この標準原価計算による原価管理、つまり標準原価管理は、差異が多く出た箇所のみ注目して改善策を考え、一方で差異が少ない箇所には管理者の注目を向けなくてもよいというアプローチの採用を可能にしたため経営者の間で人気を博し、さらには原価管理のみならず予算編成、原価低減といった様々な目的で標準原価計算は利用されている (Zoyza and Herath 2007, 271)。日本の製造業もこの例に漏れず、戦後より欧米との技術提携が進む中で、多くの企業において標準原価計算の導入が進行した。

しかし1980年代以降、製造業の環境は工場の自動化やジャストインタイムを始めとした技術革新の増加、市場競争の激化といった変化に直面した。そしてそれに伴い、伝統的な標準原価計算システムはもはや時代に即していないとして多くの研究者によって批判されるようになった (Fleischman and Tyson 1998, 112)。その批判内容として挙げられた標準原価計算における課題の例として次のものが存在する。

- 標準作業時間の設定・更新のコストが高い (岡本 2000, 384)
- 設定された標準作業時間が製造現場の環境の実状を反映していない可能性がある (Zoyza and Herath 2007, 280-281)
- 差異を認識したところで、その原因の特定が困難である (上総 1995, 578)

しかし、上記のような課題があるにもかかわらず、日本や他の様々な国々における今日の製造業の環境では未だ多くの企業において伝統的な標準原価計算が用いられていることを示した実証研究 (川野 2014; Marie et al. 2011; Sulaiman et al. 2005) が数多く存在している。一方で、活動基準原価計算 (ABC)、マテリアルフローコスト会計 (MFCA) 等の上記の標準原価計算の課題を一部克服できるような新しい管理会計・原価計算手法は日本の製造業においては殆ど用いられていないことが川野 (2014) の調査で示されている。これについて、川野 (2014) は、今日の日本の製造企業はそれらの新しい管理会計・原価計算手法を導入し、自社の管理会計・原価計算システムの構造を抜本的に変えるだけの人的な余裕、時間を確保できないことを理由なのではないかと推測している (川野 2014, 83)。また、Cheatham and Cheatham (1996) 等も製造企業に必要な情報を提供するために標準原価計算システムを再設計の方が新しいシステムを導入するより容易であると言及している。

そこで本稿では従来の標準原価管理に対し、今日のIT技術の進展に伴い実現可能となった作業1回単位での実環境の変化を認識し、そこから標準を動的に変化させる標準原価管理について述べ、その一例として作業時間差異を作業1回当たりに測定する方法論とその利点について議論する。

本論文では、まず次節にて従来の標準原価計算方法の課題を取り上げ、それに対しIoTを用いたその革新可能性について述べる。次の第3節では、株式会社KOSKAで用いている作業1回当たりの作業時間（サイクルタイム）を取得するIoTセンサーを用いた標準原価管理の一例を元に、IoTを用いて取得したデータをもとにした動的標準原価管理手法を紹介する。その後の第4節において、実際の製造企業において作業1回当たり作業時間差異を測定する事の利点を考察する。第5節では標準原価管理をさらに動的にしていく上での発展的な議論について述べる。最終節では、本論文の結論と、本論文のアプローチを動的標準原価管理へと繋げていくための今後の方向性について述べる。

2 標準原価管理の課題

1980年代初頭より製造業にまつわる環境の変化が起こるにつれ、標準原価計算は経営者に対し必要な情報を提供していないとして批判され始めた（Cheatham and Cheatham 1996, 23）。以下ではまず、その批判内容である従来の標準原価計算における課題を取り上げる。その後、挙げられた課題の対処をするために先行研究にて提案された新しい管理会計・原価計算システムの概要とその限界について述べる。

2.1. 標準の決定方法における課題

標準原価を算定するための標準決定においては、以下の2つの課題が存在する。

- （綿密な時間研究を行う場合）標準を決定するためのコストが高い
- （ストップウォッチを用いた簡便な時間研究や、過去の実績を基に標準を決定する場合）決定された標準が実状を反映しているかの確認が難しい

まず、技術専門家が作業の動作毎に標準時間を設定していくような綿密な時間研究を行う場合、そのコストが高くついてしまうという問題が岡本（2000）にて述べられている（岡本 2000, 384）。岡本（2000）では、一旦新標準が設定されると実際原価計算と比べて著しく計算が簡略化されるためコストに見合った利点は得られるとしているが、原価標準の改訂には相当の労力、時間及び費用を要するとも述べており、その解決法には言及していない。また、原価管理目的での標準原価（当座標準原価）は、計画期間の実状に合わせて設定され、必要であれば改訂するものである（岡本 2000, 386）。しかし、Zoyza and Herath（2007）によると、現在の製造業の環境は、競争の激化や少量多品種生産の増大による製品ライフサイクルの短縮によって短期間でも大きく変化しうするため、コストをかけて実状を把握しても、それが適用できる期間が短く、コストに見合うだけの利点を得ることが難しいとされている（Zoyza and Herath 2007, 277）。

上記の課題に対し、①作業の開始から終わりまでの所要時間をストップウォッチで測り、それを標準とする方法、②前期の結果など過去のある1期間での実績をそのまま標準として用いる方法

(Cheatham and Cheatham 1996, 26-27) が簡便な標準作業時間の設定方法として存在する。確かにこれらの方法はそれほどコストがかからないが、一方で、それにより設定された標準作業時間が実際の工場現場の実状を反映した代表的な値であるとは限らないという問題が存在する (Cheatham and Cheatham 1996, 27)。まず、ストップウォッチを用いる方法については、尾畑 (2018) にて、作業者の動作をストップウォッチにより計測しようとする、作業者が測定されている間のみ普段の実力以上の能率を発揮してしまい実状と乖離する可能性がある」と述べられている (尾畑 2018, 8)。また、過去の実績を用いる場合についても、標準は年間など一定期間の平均的な単位原価であるため、期間ごとの実環境の変化を表していない危険性がある (Zoyza and Herath 2007, 280)。

2.2. 差異分析における課題

差異分析についても課題が存在し、それは「差異を認識したところで、その発生原因の特定が困難」というものである。これについて上總 (1995) は標準原価計算では「無駄の原因を特定できない」 (上總 1995, 578) という原価差異分析の機能的限界について検討しており、パーシャルプランによる差異の計算方法 (アウトプット法) では原価差異の認識タイミングが遅すぎるため、それらを克服したシングルプランによる差異の計算方法 (インプット法) を用いることで原価差異の把握と分析を迅速に行うことができると述べている。しかし、そのために計算事務量が相当必要であるという課題が存在することも言及しており、原価差異分析のコストと原因特定への限界を示している。

2.3. 標準原価計算に代わる新しい管理会計・原価計算システムの課題

先述した標準原価計算の課題に対し、いくつかの先行研究では活動基準原価計算 (ABC)、マテリアルフローコスト会計 (MFCA) 等の標準原価計算の機能を一部代替する新しい管理会計・原価計算手法を用いることで対処しようとしている。

例えば、ABC は製造業の環境変化に伴う間接業務の複雑化、製造原価に占める間接費の割合の増加という背景のもと、従来の原価計算システムよりも間接費を正確に配賦するという目的で 1980 年代のアメリカで提案された (廣本・挽 2015, 523)。この ABC の役割として、Cooper and Kaplan (1992) では、価格決定に役立つ情報の提供、資源利用の削減に役立つ情報の提供の 2 つを指摘している (Cooper and Kaplan 1992, 12)。他にも、MFCA は企業の活動が自然環境に与える影響の増大に対する懸念が高まっているという背景のもと、企業活動に対する環境への影響をより正確に把握するために提案された (Fakoya and Poll 2013, 136)。この MFCA の役割として、標準原価計算など従来のシステムでは行っていなかった廃棄物に対する原価管理が可能であることが挙げられる (Onishi et al. 2008, 398)。このように、今日では従来の標準原価計算の課題を克服しようとする新たな管理会計・原価計算システムが提案されている。

しかし、今日の製造業の環境にて未だ多くの企業において標準原価計算が用いられていることを示した実証研究が数多く存在している。例えば、Sulaiman et al. (2005) のマレーシアの現地企業 66 社、日系企業 21 社を対象にしたアンケート調査では、現地企業と日系企業ともに 70% 以上の企業が標準原価計算を利用していると回答している (Sulaiman et al. 2005, 114)。また、トルコの

自動車産業、ドバイの製造業など、様々な国の製造業においても同様に標準原価計算が未だ用いられていることが報告されている (Badem et al. 2013, 87; Marie et al. 2011, 4)。また日本国内においても、川野 (2014) の調査にて東証一部、二部上場製造業 116 社のうち 68% が標準原価計算を実施していること、一方で先述した新しい管理会計・原価計算手法の実施率はいずれも 10% 程度かそれ以下であることが報告されている (川野 2014, 61-80)。このように未だ標準原価計算が新しい管理会計・原価計算手法に代替されず実務において広く用いられている理由として、川野 (2014) では、今日の日本の製造企業は、それら新しい手法を取り入れ自社の管理会計・原価計算の仕組み自体を抜本的に見直すような人的な余裕、時間を確保できないのではないかと述べている (川野 2014, 83)。そのため、先述した標準原価計算の課題を解決する上では、できる限り既存の標準原価計算システムの仕組みを変えないような形での対処が必要であると考えられる。

3 IoT を用いた標準原価管理

3.1. 標準原価管理の革新可能性

近年 IT システムの発達によって、製造現場に対するデータ取得はより迅速かつ正確に行えるようになった。特に製造業における IoT の普及により、生産センターがネットワークでつながり、各生産センターの状況の詳細が計測可能となり、地理的・物理的制約を越えた生産管理や原価管理が可能となった。しかしながら、標準原価管理の理論と技術は依然として「原価計算基準」(1962) までの静的な理論と技術のままである。現在の IoT 技術を用いて取得したデータを活用することによって、上総 (1995) で言及されていたようなインプット法での標準原価計算と比較して迅速な原価差異の把握をより容易に行うことができ、綿密な時間研究を行うよりも低コストで、かつ製造現場の実状に即した標準作業時間の設定ができる可能性がある。

3.2. IoT を用いた標準原価管理事例

株式会社 KOSKA (以下 KOSKA) は重量センサー、カメラを利用したサイクルタイムの自動取得により労務費と減価償却費を自動で時間配賦し、工数からなる原価、いわゆる加工費を自動計算する仕組みを提供している。

まず重量センサー (図表 1) であるが、これは機械を用いない工程における 1 個当たりサイクルタイムを取得するために提供されているもので、全品目視検査工程のようにほぼ手作業で行われる工程に用いることを想定している。使用しているのは工業用の重量計であるが、そこからノイズ除去等を行うことで、重さが変化した点をタイムスタンプで取得している。この際、ある製品がセンサーの上に置かれてから次の製品が置かれるまでのタイムスタンプの差分を作業 1 回に要した時間、つまりサイクルタイムとすることができる。手作業工程は多くの場合、作業を終えた製品を置く場所が決まっており、大抵は決められた箱の中に並べられる。そのため、その箱の下に重量センサーを設置することで、現状の作業オペレーションをほとんど変えることなくサイクルタイムを自動で取得することが可能になっている。

図表1 重量センサー



(出所：筆者撮影)

次にカメラ（図表2）であるが、これは機械の反復運動を検知して動作1回が完了したタイミングのタイムスタンプを取得する。図表2のようにARマーカーと呼ばれるマーカーを駆動部に貼り、カメラで駆動部の動きを10分程度撮ると、カメラがマーカーの動きを解析し、動作が完了したタイミングのタイムスタンプを取得することができるようになる。そのため、動作が完了してから次に動作が完了するまでのタイムスタンプの差分をサイクルタイムとすることで作業1回当たりサイクルタイムをとることができる。これも重量センサーと同様に、作業者は通常通りに作業を行うだけで自動的にデータ取得を行うため、作業者に対して負担がかからない設計となっている。

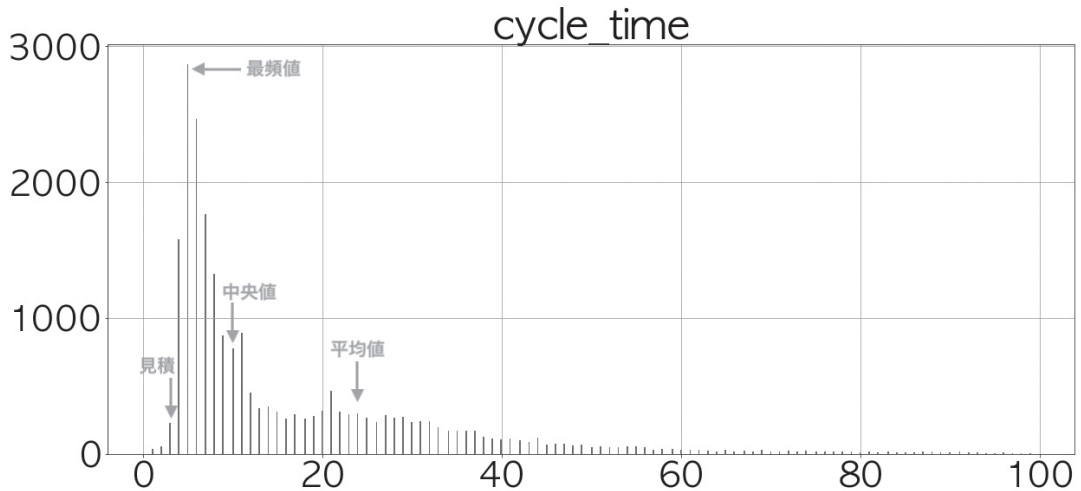
図表2 カメラ用 AR マーカー



(出所：筆者撮影)

これらセンサーで取得した現場データを用いて、標準原価計算を行う。まずはデータの性質を検証する。例えば以下の図表3はある製造企業の検査工程を重量センサーで取得し、x軸をサイクルタイム（単位は秒）、y軸を回数、階級幅を1秒としてヒストグラム分布を作成したものである。

図表3 作業1回当たりサイクルタイムの分布



(出所：筆者作成)

このヒストグラムを用いて加工費における標準作業時間を作成することが可能である。この分布から標準作業時間を決める場合、原価標準設定の基礎水準における能率水準のタイトネスによって3通りの考え方が存在する。

1. データが存在しているうち最小の値（もしくは十分達成できる最小の値）を参考に標準を作成する
2. 最頻値を参考に標準を作成する
3. 中央値を参考に標準を作成する

1の考え方は岡本（2000）の記述にて「工場における現在の設備をもってして、達成可能な最高の能率水準であり、能率改善の最高目標」（岡本 2000, 387）と述べられている、理想能率水準の考え方に近い。しかし、例えばこのデータにおける最頻値（5秒）の一つ左のバー（4秒）はこの期間中に1500回以上起こっており、十分達成可能な秒数と考えられる。それより低い秒数になると頻度が突然下がるため、十分達成できる最小な値は4秒が適切であろう。

2の考え方は岡本（2000）によると達成可能高能率水準に近い。今回のデータだと5秒が最頻値であるが、これは作業者がもっとも多く行った作業秒数となる。そのため作業者が正常に作業した場合もっとも期待される秒数として妥当性があると考えられる。ただし、最頻値は性質上複数個存在する可能性があり、また階級幅によって変動しうるのが問題となるため、最終的には参考値として妥当な数値を選ぶ必要がある。

3の考え方も岡本（2000）の記述にある達成可能高能率水準となるだろう。最頻値は確かにもっともその秒数で作業が多く行われているため妥当な数値にも見えるが、例えば検査工程の場合、作

業中に気になる点があった場合少し時間をかけて製品を検査して、不良があったとしても簡易的なものならヤスリなどで仕上げて良品にできる場合もある。このような場合の作業が正常でないのかといえば、実際頻繁に起こりうるからこそ、5秒～11秒くらいまでは1000回に近い値で作業が行われていると言える。このことを考えた場合標準作業時間を中央値とすることで、達成可能高能率水準として妥当性のある値であると考えられる。ただし、その作業専門のベテランと比べて多能工が作業した場合、能率が落ちる現象がみられるので、作業に慣れた作業者のデータのみを使うなどの工夫が必要であると思われる。

また、このシステムは差異分析にも利用可能である。一度作業標準を決めた場合、IoT データを利用して1個当たりレベルで差異分析を行うことが可能になる。このデータは作業が終了しタイムスタンプが記録された直後に自動計算することが可能であるため、例えば1時間ごとに差異分析をしつつ1週間の傾向を見るといったことも可能になる。また、後述するようにその差異がどのような原因で起きたかを高精度で検証できるため、差異分析で問題になる異常差異なのか正常差異なのかの特定が容易になるという効果も期待できる。

4 IoT を用いた標準原価管理の利点

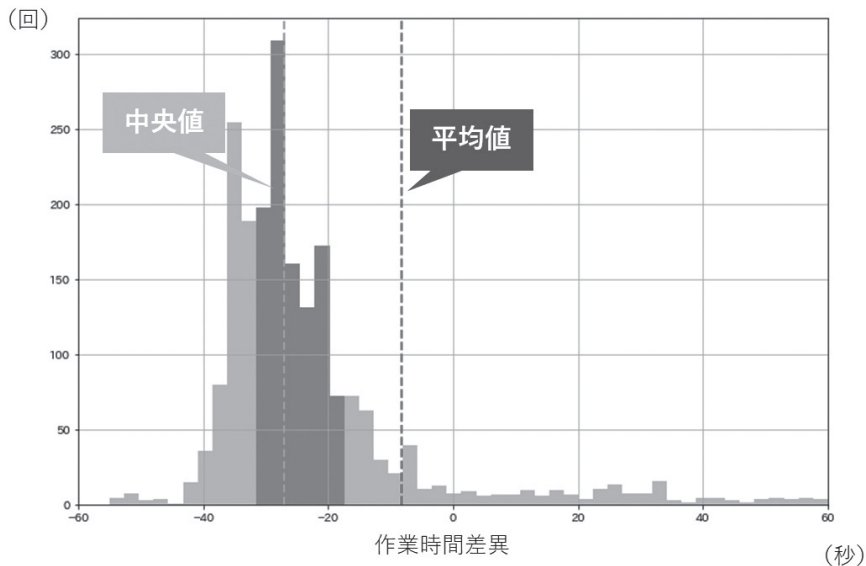
前節で述べたようなIoTで現場データを取得し標準原価管理をすることは、現状普及している標準原価管理に対してどのような利点があるのかを考察する。

利点の1つ目は、作業者に負担なく自動でデータ取得が可能であるという点である。第2節で述べた通り、標準作業時間を設定する上で、技術専門家が動作研究と時間研究を行う方法ではコストが標準原価計算導入のハードルになるため、実際の工場ではより簡易的にストップウォッチで時間測定をすることでおおよその作業時間を考える方法が取られることが多い。KOSKA 社が関わった工場でも10社以上ストップウォッチにて標準決定と差異分析を行なっている企業を確認している。しかしこの方法にはいくつか問題がある。まず、実際にストップウォッチを用いてサイクルタイムを測る場合、作業者は測定されることで作業に変化が起ってしまう可能性がある（尾畑 2018, 8）。また、サイクルタイムはどんなに取れたとしても数百個レベルのサンプル数しかなく、中断等も含めて作業の妥当な代表値を決めるのが難しい。その上、工程数が多い場合、それぞれの工数を測ることに非常に時間がかかる。このような問題はIoTセンサーを用いて作業時間を自動的に計測することで解決する。勿論、センサーを置くことで作業のオペレーションに変化が生じる可能性がある。しかし、実際のある工場現場においてKOSKAでデータを取得した事例では、最初の3日間程度は作業者が違和感を感じたためかサイクルタイムの分布が安定しないことがあったがそれも3日経つと慣れたのか安定するようになった。そのため、このように定期的に測定することで、測定による変化を最小限に抑えることができると考えられる。また、IoTセンサーから得られるデータ数は時間をかければかけるだけ取れるため、十分な作業量さえあれば必ず標準時間を策定することができる。そして、それにかかる工数もセンサーを設置して出てきた分布から標準作業時間を決めるだけであるため、容易に標準作業時間を決めることができる。

2つ目の利点は、任意の期間に対して、平均値に限らず、中央値、分散、最大値、最小値、四分位点などの統計量を導き出すことが可能になる点である。従来の標準原価計算では、作業1回当たりの作業時間の差異を求める際、1年毎や半年毎などあらかじめ定められた期間における作業1回当たりの平均作業時間を用いて差異を計算してきた。ここでは、そうして求められた差異が、十分発生のある得る差異なのか、それとも減多に起きないような、異常な差異であるのかを判別することは難しい。例えば標準作業時間が10秒の工程について5秒の不利差異が認識された際、それは起きても仕方のないレベルなのかそうでないのかの判別は過去の経験や勘に基づく以外の方法では難しい。勿論、そのような勘と経験に基づいた判別方法はどうしても主観が混ざってしまう上、あくまで過去の実績を基にしているため作業者の習熟、機械の摩耗、オペレーションの変化など今の現場環境の変化に対応できていない可能性がある。しかし、このような問題は作業1回当たりの差異の分布を見て、中央値や分散などの情報を得ることで解決できる可能性がある。図表4は、ある工程における2020年1月～2020年3月の3ヶ月間での1個当たり作業時間の差異の分布($n=2,327$)をヒストグラムで示したものである。この図のx軸は作業時間の差異を表しており、例えばx軸が50の点はその1回の作業において作業時間が(標準作業時間+50)秒かかった(50秒の作業時間不利差異が発生した)ことを表す。またこの図表の濃い青の部分は第1四分位点から第3四分位点までの間、つまり、全体のうちの真ん中50%のデータはこの部分に存在していることを示す。この図を見ると、この工程において30秒程度の有利差異(図のx軸が-30程度の部分)は200回程度発生しており、十分発生のある得る差異だと考えることができる。一方10秒以上の不利差異(図のx軸が10以上の部分)は発生回数が非常に少なく、減多に起こらない差異であることが分かる。そのため、この部分に位置するようなデータについては、普段の作業では起こらない何かしらの異常事態により作業時間の差異が起きたのかもしれないと推測をすることが可能である。

また同時に、この分布から標準作業時間についてもその妥当性をある程度検証することが可能である。この図表における0秒の部分は差異が発生しなかった部分、つまり標準作業時間と同じ秒数で作業が為された部分であるが、その回数は50回に満たず、より発生回数の大きい部分(分布の山になっている部分)がその左に位置する。このことから、この工程では殆どの場合、標準作業時間を下回る能率で作業が為されており、従ってこの場合、標準作業時間をもう少し小さくした方が大きな差異の発生を抑えることができると考えられる。

図表4 作業1回当たり作業時間差異の分布

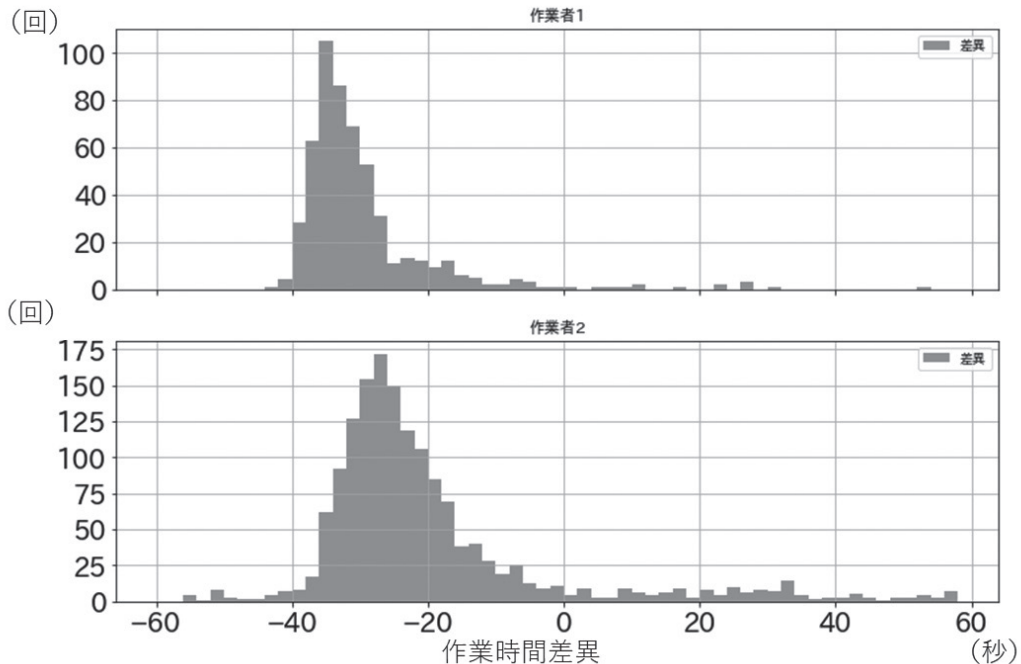


(出所：筆者作成)

3つ目の利点は、差異とその原因候補間での関係の紐づけが容易になるという点である。先述した通り、従来の差異分析はあくまである期間内での集計結果である。そのため、差異を認識したところで、その差異が具体的にいつ起きたものかが分からず、発生原因との結びつけが非常に困難である。しかし、工程毎に作業1回当たりで差異分析を行えば、ある重大な差異を認識した際にそれが具体的にいつ、どこで発生したかについてデータから遡って特定することができる。そのようにして差異の発生点の時間的・空間的な座標を求めることができれば、その発生原因候補との関係の紐づけは容易になると考えられる。

また、集計する単位は状況に応じて変化させることもできる。図表4は3ヶ月という単位での集計であったが、この集計する期間の単位は状況に応じて週単位、日単位、曜日単位、時間単位など任意に変えることができる。他にも、期間に限らず、データさえ存在すれば作業員単位、作業ライン単位など、様々な単位での集計が可能である。この性質を活用することで、差異の発生原因の候補を推測することについてもある程度は可能である。図表5は図表4と同じ製品・工程について、担当作業員ごとに個別にサイクルタイムの分布を図示したものである。これを見ると、作業員2に比べて作業員1による作業では作業時間差異が大きくマイナスとなっているデータが多い、つまり大きな有利差異が発生している割合が大きいことが分かる。ここで、ヒアリングの結果より、作業員1はいわゆる熟練工であることが分かった。このことから、35秒以上の有利差異の発生原因としては熟練工による作業が行われたことが原因候補の1つと考えられる。他にも利用している機械のデータ、ロット番号のデータ等を用いることで、機械のメンテナンス、他の工程におけるミスによる作業時間の延長など、様々な原因候補の推測が可能になると考えられる。

図表5 作業1回当たりの作業時間差異の分布（作業員ごと）



(出所：筆者作成)

5 ディスカッション

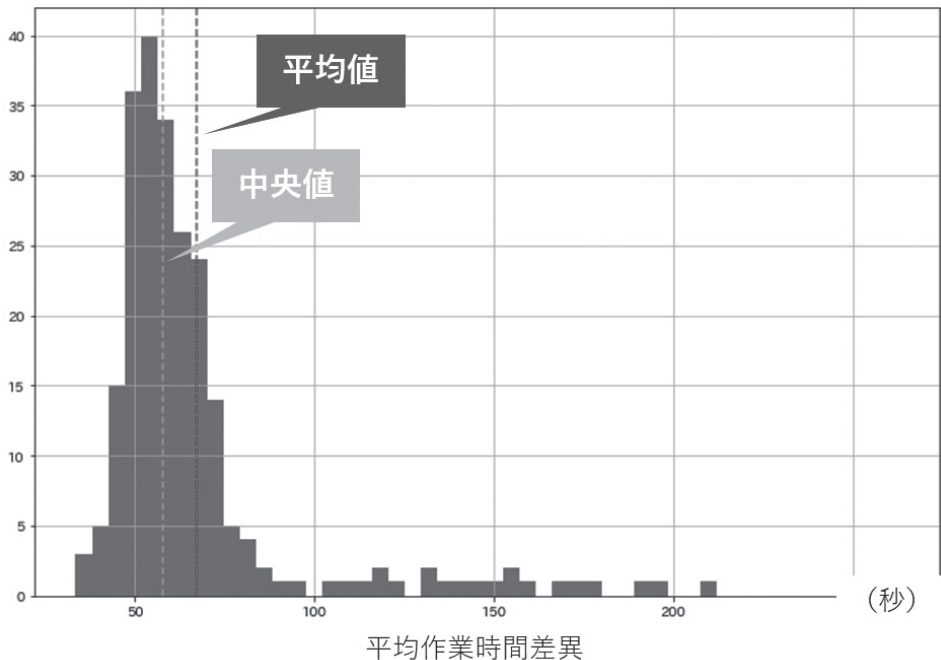
IoTを用いた標準原価管理の利点は上に示した通りだが、この手法から得られたデータでさらなる発展的な議論をすることが可能になる。以下ではその議論の例を述べる。

1つ目は原価計算を行う上で、平均値というものがどの程度妥当性があるのかという議論である。岡本（2000）では標準原価差額分析を統計的品質管理と結合した方法を解説しているが（岡本2000, 462-471）、その中では作業時間が正規分布に従うという仮定が検証をされずに用いられている。確かに中心極限定理によれば、独立同分布 (i.i.d.) に従う確率変数の分散(2次の中心モーメント)が有限な場合は標本平均と母集団平均の誤差が正規分布に従うため、例えば日報で8時間400個作成したという結果で1個当たり平均時間を算出し、それを統計的に差異分析することが可能である。先ほどの分布において、どんなに分散が大きくなっても8時間で記録すれば8時間以上誤差が出ることはないため、分散が有限であると考えうる。

しかしIoTで取得した作業1回当たり作業時間差異データに対して同様の検証を行うと、そのサンプルの平均は明らかに正規分布に従わない。例えば図表6は図表4、5と同じ工程 (n=2327) について、データを製品10個ごとにサンプリングし、平均をプロットした図である。

図表6 製品10個ごと平均作業時間差異のヒストグラム

(回)



(出所：筆者作成)

このデータは明らかに正規分布に従っていない。また、日毎にプロットしても同じく従っていない。この現象について、現状ではKOSKAに蓄積している他のデータについても同様にどの程度正規分布に従っているのかを調査しているが、ほとんどの工程において正規分布に従っておらず、むしろ正規分布に従う工程の方が珍しい状況である。正規分布に従わない理由として考えられるのはサンプル数が足りていない、もしくは独立同分布でないという可能性であるが、どちらであっても少なくとも製造現場の生産性を平均値と分散で測るのは妥当性が低いということだけは言える。現状原価管理における工数に関する理論や手法のほぼ全てが正規分布を仮定し平均値を使う前提が存在しているが、根本的な見直しが必要な可能性がある。

では妥当な代表値とは何か。これについて現状明確な答えは出せていないが、KOSKAのデータで様々な工程を見ていくと少なくとも平均値に比べて中央値の方が妥当性は高いと考えられる。ここで重要なのが、作業時間の中央値という代表値はそもそも1個当たりで作業時間を出すことでしか得られない代表値であるということである。もし平均値ではなく中央値で作業能率を測ることが本質的に妥当であるとするならば、IoTで原価管理をする最大の利点は中央値を用いて差異分析することが可能であるという点であり、逆にIoTを用いなければ差異分析の妥当性は本質的には得られないということになる。

2つ目の論点は、差異に対しての異常検知の適用である。本論文の第3節において、製品一個当

たりの差異の分布を求めることの利点として、発生した差異が正常な差異であるか異常な差異であるかを分布から見て分かることを挙げた。しかし、その判別を毎回全て人が目で見て判別するのは費用や労力の面からみても現実的ではない上、見る人の主観が混ざる以上、正確性にも欠けるだろう。そのため、正常な差異と異常な差異の判別も客観的・自動的かつ正確に行えるシステムが必要となる。このシステムを構築する上では、従来まで製造機械の故障検知などに利用されてきた異常検知 (anomaly detection) の技術を活用することができよう。異常検知技術を用いることで、作業員の習熟・交代、オペレーションの変化、器具の摩耗などの様々な要因によって常に変化する現場の作業時間の分布に対してロバストかつ客観的・自動的な正常な差異・異常な差異の判別が可能となる。特に近年の異常検知技術は、機械学習や深層学習を用いたアプローチにより、人の手で行った時よりも圧倒的に高い精度での検知が可能なのに向いている。よって、正常な差異と異常な差異を自動で判別するシステムを構築することも可能であると考えられる。

最後に3つ目の議論は、消費量差異への展開についてである。実際に今回提案する標準原価管理を行う上で、能率差異等を分析する方法は前節で示した通りだが、材料費における消費量差異に関しては言及していない。ではこの材料費標準の設定と差異分析はIoT等で自動化することが可能なのか。この議論におけるポイントは材料消費を自動で取得することが可能であるかという点である。この点に関して言えば理論上は可能であるが実務上は非常に難しいと言わざるを得ない。理由としては以下の通りである。

1. 材料の種類があまりにも多様すぎる
2. 現場において出庫＝消費ではない
3. 揮発することがある塗料など、棚卸しでないと把握するのが非常に難しいものがある

1がもっとも重要な課題であるが、材料は製品以上に必ず多品種になる。もしこの消費を測定しようとするれば、何が材料倉庫から出庫されたかがわかるような仕組みがまず必要であり、さらにどの程度出庫されたかが記録される必要がある。これをITで解決するためにはバーコード、RFID等と重量計などで可能になるが、どの方法であっても容易ではない。全ての材料にバーコード等を貼り、消費するごとにバーコードを読み取る仕組みで達成している企業も存在しているが、そもそも材料がバーコードを貼れるものでなければならず、さらにバーコードを材料分貼ることになり結果的に非常にコストがかかる。それ以外の方法だと材料が置いてある場所すべてに重量計を置く方法が考えられるが、材料の多様さから重量計が多数必要になってしまう。これも現実的には厳しいだろう。つまり、ITを用いて効果的に材料出庫を特定する方法は現状では実務への実装段階には至っていないといえる。

たとえ出庫の情報が取れたとしても、2が問題になる。実際の現場を見ると、ある程度連続して作業しやすいように次に行う作業の分の材料もまとめて取っていくことも多く、さらにパツファを取りつつ出庫するなども行われている。これは現場での効率を考えた時に一概に問題とは言えない。とすると、出庫したらその直後に作られた製品がその材料で作られたとはいいがたい。その場合、

材料が消費されたタイミングを把握しなければいけない。つまり、本質的には材料は機械や作業に投入されたタイミングを取得しなければいけないが、これは現状どのような方法でも現場作業員に負担を強いることになり、結果的に作業効率を落とす恐れもある。

最後に3であるが、例えば塗料など、出庫していなくても量が減る材料も存在する。塗料の消費量を測るためには、それこそ重量によって差を見る程度しか方法が存在しないが、塗料などは特に配合などによっても重量が変わってくるため、消費を測る方法としてはあまり妥当性があると言えない。

このような問題を考慮すると、現状では棚卸しによる差異分析の方が効率的である可能性が高い。今後ITのさらなる発展によってこのような問題が解決されることで、より簡易的でより正確な標準原価管理に近づくことが可能になるであろう。

6 おわりに

本論文では、従来の標準原価計算に対し、センサーで作業時間取得をすることで作業1回の能率差異を測定する標準原価計算事例とその利点を述べ、そこから得られる考察を議論した。

まずは従来の標準原価計算における課題点を整理した上で、センサーを利用した作業時間の取得方法とそれを元にした標準時間の決定、差異分析の手法の事例を述べた。作業者に負担をかけないセンサーでデータを取得することで標準時間を決定するための測定コストを大幅に下げ、さらに作業者の自然な作業を測定することが期待できる。また、測定をしたデータの分布を用いて妥当な能率水準を定めることが簡易化される可能性があり、さらに差異分析における課題である原因特定にも効果が期待できることを述べた。最後にそのような手法を用いて原価管理を行なっているKOSKA社のデータから生まれた仮説と今後の発展可能性を議論した。

今回はITシステムが標準原価計算の能率差異分析をどのように革新できる可能性があるかを議論したが、ITの発展による革新はもちろんこれに留まらないであろう。

まず、本論文では触れなかったが、ITシステムにより迅速な計算手段を得たにも関わらず、ここで説明した標準原価管理は従来想定される一定期間ごとに差異分析をするような管理方法のままである。これを製品1個当たりで差異分析し、さらに現場の改善状況を反映して標準も動的に変化させる動的標準原価管理への発展が期待できる。

また、本論文でも触れた消費量差異のような標準原価計算の他の差異分析を革新する可能性や、ABCやBSCといった比較的新しい管理会計手法の導入に対して、現在ITシステムとデータをうまく活用することでコストを下げ、これらの手法の利益をより得やすいシステムにすることが可能になる。

この時に重要だと考えられるのが、実務においてはたとえ原価計算システム導入におけるメリットが上回っていたとしてもコストが高すぎると導入しないことが多いという点である。岡本(2000)などでも標準原価計算は最初の計算コストが高いが一度行えばその後の計算手続きが楽になるという説明をしているが(岡本 2000, 384)、実際にはその最初で導入を諦めるケースも多い。そのため

原価計算における IT の活用は「より簡易的にデータが取れる」という方向性が実務的な貢献を大きくすると考えられる。今後の研究でいかに簡易的なデータ利用で既存の原価計算システムの理論が革新されるかに期待したい。

ただし今回の研究で述べた利点や議論はまだ研究にいたるほどの根拠となるデータが存在していない。あくまで仮説であり、今後このようなデータが蓄積していくことでさらなる研究が可能となるであろう。

<謝辞>

まず本論文を執筆するにあたり、分析のために武州工業株式会社様の現場データの利用を許可していただいたことに感謝の意を述べたい。また、本論文の改善にあたり、日本原価計算研究学会の尾畑裕教授（一橋大学）より建設的なコメントを賜った。深く感謝を申し上げたい。なお、本論文の内容についての誤記、不正確な記述の責については筆者らに帰するものである。

参考文献

- 岡本清. 2000. 『原価計算 6 訂版』 国元書房.
- 尾畑裕. 2018. 「IoT の原価計算・コストマネジメントへの活用」『原価計算研究』 42(2): 1-11.
- 上總康行. 1995. 「標準原価計算の差異分析と原因分析—管理情報の連携機能—」『経済論叢』 156(6): 573-594.
- 川野克典. 2014. 「日本企業の管理会計・原価計算の現状と課題」『商学研究』 30: 55-86.
- 曽根健一朗・林英夫. 2019. 「IoT 機器を活用して製品の原価を見える化するシステムの実証実験」『原価計算研究』 43(2): 21-27.
- 廣本敏郎・挽文子. 2015. 『原価計算論 第3版』 中央経済社.
- Badem, A. C., Ergin, E., and Drury, C. 2013. Is Standard Costing Still Used? Evidence from Turkish Automotive Industry, *International Business Research*, 6(7): 79-90.
- Cheatham, C. B., and Cheatham, L. R. 1996. Redesigning cost systems: Is standard costing obsolete?, *Accounting Horizons*, 10(4): 23-31.
- Cooper, R., and Kaplan, R. S. 1992. Activity-based systems: Measuring the costs of resource usage, *Accounting horizons*, 6(3): 1-13.
- De Zoysa, A., and Herath, S. K. 2007. Standard costing in Japanese firms: Reexamination of its Significance in the New Manufacturing Environment, *Industrial Management & Data Systems*, 107(2): 271-283.
- Fakoya, M. B., and van der Poll, H. M. 2013. Integrating ERP and MFCA systems for improved waste-reduction decisions in a brewery in South Africa, *Journal of Cleaner Production*, 40: 136-140.
- Fleischman, R. K., and Tyson, T. N. 1998. The evolution of standard costing in the UK and US: from decision making to control, *Abacus*, 34(1): 92-119.

- Marie, A., Cheffi, W., Louis, R. J., and Rao, A. 2010. Is standard costing still relevant? Evidence from Dubai, *Management Accounting Quarterly*, 11 (2): 1-10.
- Onishi, Y., Kokubu, K., and Nakajima, M. 2008. Implementing material flow cost accounting in a pharmaceutical company, *Environmental management accounting for cleaner production*, 395-409.
- Sulaiman, M., Ahmad, N. N. N., and Alwi, N. M. 2005. Is standard costing obsolete? Empirical evidence from Malaysia, *Managerial Auditing Journal*, 20 (2): 109-124.