

修士論文概要書

Master's Thesis Summary

Date of submission: 01/07/2023

| | | | | | |
|----------------------------|--|------------------------------|------------------------|---------------------|-------------------|
| 専攻名 (専門分野) Department | 経営デザイン専攻 | 氏名 Name | 小堤 瞭 RYO KOTSUTSUMI | 指導 教員 Advisor | 棟近雅彦 印 Seal |
| 研究指導名 Research guidance | 品質マネジメント 研究 | 学籍番号 Student ID number | 5221F009-4 | | |
| 研究題目 Title | 多品種小ロット生産における製造実態の分析方法に関する研究 Methods to Understand Actual Manufacturing Conditions of High-mix, Small-lot Make-to-order Factories | | | | |

1. 序論

1.1. 研究背景

消費者ニーズの多様化, 成熟した市場での差別化の必要性, 生産技術の高度化により, 製造業では, 従来の大量生産から多品種小ロット生産の実現が必要不可欠な時代となっている。多品種小ロット生産は, 顧客のニーズに対応して多種多様な製品を不定期, 不定量で製造するために, 工場の製造実態の把握が困難となり, 管理が複雑化しやすいという問題がある。

たとえば, 原価管理の側面では, 原価を精度よく把握できず, どの製品でどの程度の利益を出せるかが予測しにくくなり, 適切な価格設定が困難となる。特に, 受注生産の場合, 顧客からの要求が複雑化するため, 困難の度合いが増す傾向にある。具体的には, 受注する案件の条件から製造費用を決定するテーブル(以下, 案件受注基準)を, 適切に更新し続けることが困難になる。また, 従来の製造条件の下で作られた案件受注基準が, 現在の作業時間と品質ロスが複雑な製造条件に適していない可能性がある。

1.2. 研究目的

1.1 節で述べた問題を解決するためには, 製造費用の計算を目的とした, 工場の製造実態の把握が不可欠である。それを効率的に行うためには, 多品種小ロットの製品を, 製造実態の違いから生まれる製造費用の違いによって, 複数のグループに分類することが有効と考えられる。複数のグループに分ける理由は, 製造費用の傾向を詳細に把握しつつも, その後の案件受注基準の作成などにおいて, 企業内でも管理しやすくし, 円滑に改善活動に繋げやすくなるためである。

複数のグループに分類する段階では, そのグループ内での製造費用のばらつきを小さくするために, 分析すべき生産ロットデータを抽出し, 最適な分類方法を検討する必要がある。本研究では, この最適な分類方法と, それを活用した案件受注基準の作成指針を提案することを目的とする。なお, 印刷会社 A 社の食品パッケージ工場を事例とする。

2. 従来研究と研究方法

2.1. 従来研究

管理会計には, ABC マネジメントなど様々な考え方が存在する。しかし, 多品種小ロット受注生産という形態において, それを適用するのは容易ではない。また, 企業が

生き残るためには, 企業側の都合で価格を決定するのではなく, 市場が求める価格に対応する必要がある。そのためには, 継続的に工場の製造実態の把握を行い, その先の改善活動に円滑につなげていくことが求められる。

2.2. 研究方法

本研究では, A 社の工場で生産された多品種小ロットの製品を, 生産ロットデータのクラスター分析によって, 製造実態の違いから生まれる製造費用のばらつきが小さくなるような, 複数のグループに分類する。A 社の工場は, 複数の製造工程を有しているため, 製造工程ごとにクラスター分析による分類を行う。製造実態を表す生産ロットデータとして, 固定費の配賦に直結する製造工程の時間データや, ロス率データをクラスター分析に用いる候補として検討する。これらのデータを, 製造数量以外の影響もクラスター分析に反映されるように適切に加工した上で, クラスター分析を行う。

その後, クラスターごとに, 分類された製品の仕様を調査し, 各クラスターを解釈することで, 必要であればクラスター同士を統合し, 最終的なグループ分類と, グループごとの製品の仕様を決定する。これによって, A 社の多品種小ロットの製品を, 製品の仕様から, 製造費用のばらつきが小さくなる複数のグループに分類する。

また, 分類したグループごとに, 各製造工程の合計製造時間を把握し, 固定費配賦の参考とする。また, 製造時間が異常に長い製品を特定し, 原因を調査するなどの改善を行う対象とする。

3. A 社製品の複数グループへの分類

3.1. 製造工程による整理

A 社の食品パッケージ工場における製造工程は, 「印刷」「コート」「ラミネート」「スリット」「シュリンク製袋」の 5 種類であり, 製品によって用いる製造工程が異なる。各製造工程の内容を表 1 に示す。

表 1. 各製造工程の内容

| 製造工程 | 内容 |
|---------|-----------------------------------|
| 印刷 | 透明な原反にインキを載せる |
| コート | 印刷したフィルムにコーティングする |
| ラミネート | 印刷したフィルムに別の樹脂などを貼り合わせる |
| スリット | 食品パッケージとして袋状の形に加工するために, フィルムを裁断する |
| シュリンク製袋 | 熱収縮性を利用して袋状の形に加工する |

この5つの製造工程ごとに、製造実態を表すデータを変数として用いたクラスター分析を行う。

3.2. 製造実態を表すデータ候補の抽出

製造実態を表すデータの候補として、製造工程の時間データと、ロス率データを取り上げることとした。これらのデータは、A社内で以前から記録されていた、もしくは計算可能なものであり、製造実態を表すデータとしての利用が適切であると考えられたため、候補とした。

各製造工程は、複数の作業工程に分かれており、その作業工程ごとに時間が記録されている。詳細を表2に示す。各製造工程において、「工程」という作業工程が稼働時間を、それ以外の作業工程が非稼働時間を指す。

表 2. 各製造工程の作業工程

| 製造工程 | 作業工程 | 製造工程 | 作業工程 |
|------|------|-------|------|
| 印刷 | 準備 | ラミネート | 準備 |
| | 調色 | | 工程 |
| | 工程 | | 後始末 |
| | 後始末 | スリット | 準備 |
| | 工程 | | |
| コート | 準備 | シュリンク | 準備 |
| | 調色 | | 工程 |
| | 工程 | 製袋 | 準備 |
| | 後始末 | | 工程 |

ロス率データは、食品パッケージの原材料となる原反の、生産ロットごとの「投入数」と「製造数」という長さがm単位で記録されていたため、その差から「ロス m」を計算し、元の「投入数」で割ることで計算した。

3.3. 製造実態を表すデータ候補の加工

3.3.1. 製造工程の時間データの加工

クラスター分析を行う際に、分類を適切に行えるように、3.2節で示した製造実態を表すデータを加工し、その結果を踏まえて、クラスター分析に用いるかどうかを選定する。

まず、作業工程ごとの時間データを加工する。ここでは観点が2つある。1つ目の観点は、定義が曖昧な時間データの統合である。A社の工場の場合、ある生産ロットの「準備」の時間データと、その前ロットの「後始末」の時間データの境界が曖昧であることから、簡易的に、各生産ロット内で「準備」と「後始末」の時間データを合計した。

2つ目の観点は、クラスター分析を行う際の、製造数量の影響の緩和である。製造数量の影響を弱くする理由は、クラスター分析時に、製造数量以外の影響要因も見出すためである。製造数量が増えるほど製造時間が増えることは自明であり、案件受注基準を製造数量の区分に沿って作成する場合には、それ以外の影響要因によってA社製品が分類されていることが望ましい。

そこで、製造数量と各作業工程の時間データの関係性を調査した。製造工程「印刷」を例として、製造数量を横軸に、各作業工程の時間データを縦軸にとった散布図を、図1～図3に示す。図1～3を見ると、「工程」の時間は、製造数量と比例関係にあることがわかる。それ以外の作業工程に関しては、製造数量との関連性が見られなかった。この傾向は、「印刷」以外の製造工程でも同様であった。

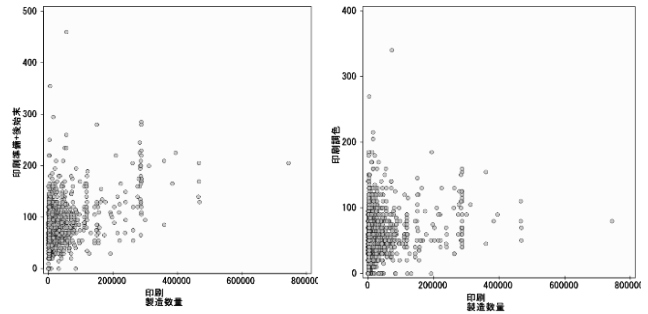


図 1. 印刷製造数量と「準備+後始末」時間の散布図

図 2. 印刷製造数量と「調色」時間の散布図

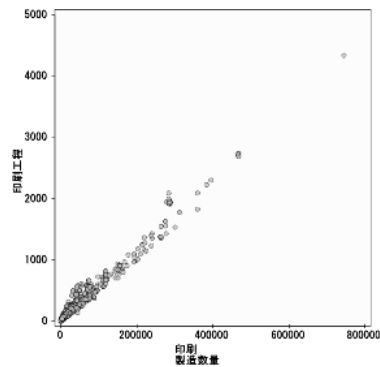


図 3. 印刷製造数量と「工程」時間の散布図

この結果から、各製造工程の「工程」の時間データのみ製造数量で割り算し、単位 m 当たりの時間データに換算した。

3.3.2. 製造工程のロス率データの加工

ロス率データに関しても、同様の理由から製造数量の影響が強くと存在するならば、緩和するべきであると考えられる。そこで、製造工程「印刷」を例として、製造数量とロス率データの関係性を調査した。製造数量を横軸に、ロス率データを縦軸にとった散布図を、図4に示す。

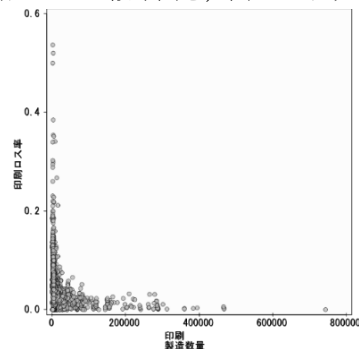


図 4. 印刷製造数量とロス率の散布図

図4の結果から、製造数量とロス率に反比例の関係があることがわかった。この結果を踏まえ、ロスが生まれる理由を改めてA社社員と討議したところ、単なる「ロス率」では製造実態を正しく表さないと考えられた。

ロスは、製造開始時に必ず発生してしまう「必要ロス」と、不具合やミスが原因の「純粋なロス」の2種類がある。製造工程「印刷」を例にとると、「必要ロス」は、工程に用いる機械と、印刷する色の数を指す「色数」に左右されるものであることが、A社社員へのヒアリングによってわ

かった。よって、小ロット製品の場合、単なる「ロス率」を用いると、必然的に「必要ロス」の割合が大きくなり、図4のような反比例の関係が生じる。

「ロス率」を、製造実態を正しく表す指標として、つまり製造の難易度を示す指標として用いるためには、「必要ロス」を推定し、単純な「ロス m」のデータからその値を引き算し、「純粋なロス」のみでロス率を計算する方が適切である。ここで、製造工程「印刷」の「必要ロス」は、機械と色数で層別したロス m の中央値で推定した。

この結果を用いて計算した、製造数量と「純粋なロス率」の散布図を図5に示す。「純粋なロス率」を用いた場合でも、図4と似た反比例の関係が見られた。

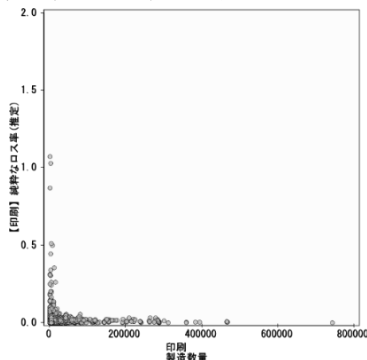


図5. 印刷製造数量と「純粋なロス率」の散布図

3.4. 製造実態を表すデータ候補の選定

加工した製造工程の時間データは、製造数量以外の影響要因を持っていると考えられることや、固定費の配賦に直結させることができるため、クラスター分析に用いる変数とすることとした。

一方で、製造工程のロス率データに関して、図5で見られた反比例の関係は、3.3.1項で算出した、各製造工程の単位 m 当たりの「工程」の時間データと同じような傾向であり、製造数量以外の影響要因を持っているとは考えにくい。また、「純粋なロス率」をクラスター分析に用いる変数として追加した場合でも、製造数量の影響がさらに強くなるのが考えられるため、変数として用いないこととした。

3.5. クラスター分析

3.4節で決定した、製造実態を表すデータを用い、製造工程ごとにクラスター分析を行った。統計解析ソフトはStatWorksを用いた。例として、製造工程「印刷」のk-means法を用いた非階層的クラスター分析を行った結果を図6に示す。図6は、クラスターで層別した際の、用いた変数のヒストグラム3種類と、データ個数のヒストグラムを表している。

クラスター数は、StatWorksで容易にクラスターの比較が可能な最大個数である12に設定した。単位 m 当たりの「工程」時間は、クラスターごとの違いはあまり見られず、「準備+後始末」「調色」時間は違いが見られた。「準備+後始末」と「調色」時間で、概ね似た傾向が見られるものの、クラスター6のように、「準備+後始末」時間が短いものの、「調色」時間が長いクラスターなどが見られた。同様の分析を、他の製造工程4つに対しても行った。

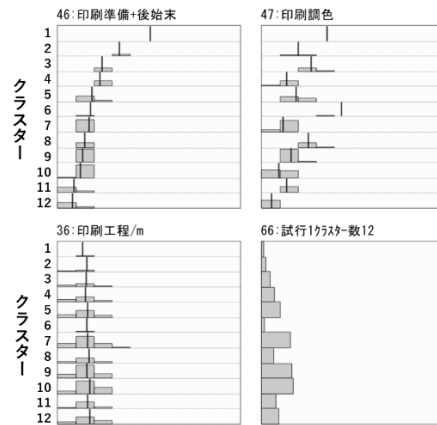


図6. 製造工程「印刷」の12個のクラスターの比較

3.6. クラスター分析結果の解釈とグループ分類の決定

3.5節で行ったクラスター分析結果を、クラスターごとの製品の仕様から解釈し、最終的なグループ分類と、グループごとの製品の仕様を決定する。製品の仕様に含まれる情報は以下である。

- 得意先
- 商品シリーズ
- 原反名称
- 製造数量
- 色数

なお、商品シリーズは、商品名、主要取引先、製品形態、製造工程の回数という4つの観点を総合し、予め42個のシリーズとして分類したものである。例として、製造工程「印刷」の12個のクラスターに関する、製品の仕様の分析結果を図7に示す。

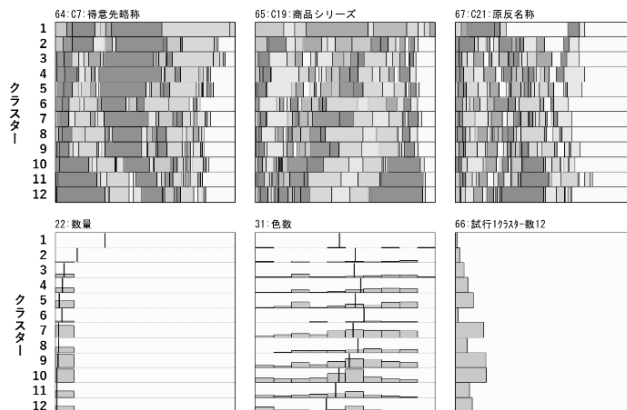


図7. 製造工程「印刷」の12個のクラスターごとの製品の仕様の分析結果

図7からわかったことは以下である。

- クラスター1,2に製造数量が多い製品が分類されている。
- 後半のクラスターほど、製造数量が少ない。
- 「製造数量」以外の仕様である、「得意先」「商品シリーズ」「原反名称」に関しては、目立った特徴は見られず、「製造数量」の違いに対応した結果を表している。
- 他のクラスターとは違う特徴を示していたクラスター6に関しては、「製造数量」以外の製品の仕様からの解釈は難しい。

結果として、「製造数量」以外の影響要因を見出すことを目的としてクラスター分析を行ったものの、そのような結果を得ることができなかった。

一方で、「製造数量」と「製造工程の時間」の関係に関しては、大まかな傾向を掴むことができた。どのくらいの「製造数量」であれば、どのくらいの「製造工程の時間」がかかるかを把握できるため、この結果を固定費配賦の参考とすることができる。

最終的なグループ分類は、企業としてどれだけ緻密に管理したいか、によって変化するものと考えられる。しかし今回、製品の仕様の中でも、製造数量の大小でしか解釈できなかったため、それがグループ分類の基準となる。「クラスター1と2」「それ以外のクラスター」という2つのグループへの分類が、候補として考えられる。

なお、他の製造工程のクラスター分析結果の解釈も、「印刷」工程と類似した結果が得られた。

4. 案件受注基準の作成指針

3章の結果から、各製造工程の、主に製造数量によって解釈された、各グループの製造工程の時間を把握することができた。

つぎに、A社の工場の各製造工程の固定費を調査し、3.6節にて決定したグループ間で配賦した。配賦基準は、その製造工程における、グループごとの、全生産ロット、全作業工程の時間データの合計の割合である。例として、製造工程「印刷」を、前述した2つのグループに配賦した結果を以下に示す。

表 3. 製造工程「印刷」の配賦結果

| | クラスター-1 | クラスター-2 | クラスター-3 | クラスター-10 | クラスター-11 | クラスター-12 |
|-----------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| データ数 | 32 | 95 | 177 | 631 | 287 | 348 |
| 「準備+後始末」時間合計 | 7481.6 | 14725.0 | 19682.4 | 35714.6 | 11939.2 | 13258.8 |
| 「調色」時間合計 | 3878.4 | 6450.5 | 16266.3 | 20444.4 | 13460.3 | 6020.4 |
| 「工程/m」時間合計 | 0.2336 | 0.7790 | 1.4160 | 5.4266 | 2.3821 | 2.9928 |
| 「数量」合計 | 6658761.6 | 8788801.5 | 6592860.6 | 5127821.5 | 2696881.6 | 3227560.8 |
| 「準備+後始末」時間合計 | | 22206.6 | | | | 245000.4 |
| 「調色」時間合計 | | 10328.9 | | | | 178567.8 |
| 「工程」時間合計 | | 15642202.4 | | | | 1522733874.6 |
| 時間合計 | | 15674737.9 | | | | 1523157442.8 |
| 時間合計割合(固定費配賦割合) | | 1.0% | | | | 99.0% |

この結果から、各グループに配賦される固定費を把握することができ、グループごとの製造費用の計算が可能となった。生産ロットごとに、「準備+後始末」「調色」時間は、グループごとの平均時間とし、「工程」時間はグループごとの「工程/m」の平均時間に製造数量を掛けることで計算する。その時間から、生産ロットごとの固定費の配賦割合を計算することができる。この結果から、各生産ロットの製造原価を把握することが可能となり、案件受注基準の作成に繋げることができる。

5. 検証

分析結果について、案件受注基準の承認を行うA社経営陣と協議したところ、以下のような意見を得た。

- 製品の価格決定には様々な要素が影響するが、製造コストは、工程ごとの単位時間(機械速度)を元に計算するため、理に適った分析と認識できる。
- クラスター分析において、「製造数量」以外の影響要因を見出すことはできなかったが、これは不具合発生やロス率抑制のために、既に機械速度を調整している影響と考えられる。
- 3.5節のクラスター6に該当する製品は、製造時に突発的な不具合が起きたことが考えられ、品質向上のための分析に役立てられる。

この結果から、実際の経営的な視点から、この手法の有効性を確認することができた。

6. 考察

提案した手法は、製造実態を表すデータを抽出し、クラスター分析を行い、クラスターごとの製品の仕様の違いを分析したことにより、仕様の違いが、総合的にどのように製造実態に影響を及ぼすかを把握するものである。クラスター分析に用いるためのデータを、予め記録しておく必要があるが、製品の情報から製造実態を予測する従来のやり方と比べ、より論理性に優れている。この方法は、他の多品種小ロット生産企業にも当てはめることが可能である。

4章の結果から、グループごとの製造費用を把握することができる。またグループごとに変動費を調査し、実際の受注金額と比較することで、グループごとの黒字額または赤字額を可視化することができる。これを踏まえ、価格競争戦略を考慮して配賦方法を検討することで、A社の案件受注時の価格競争をより有利に進めることが可能となる。例えば、小規模の案件の多いグループには固定費をあまり割り振らず、代わりに大規模案件の多いグループでカバーさせる戦略などである。これによって小規模案件の価格設定を論理的に下げることが可能となり、案件獲得数を増やす戦略立案に、研究結果を活用することができる。

従来の、対外的に財務状況をまとめた財務会計だけでは、企業経営に必要な情報を網羅しているといえず、企業独自に、経営を円滑に行うための管理会計を運用する必要がある。しかし、管理会計に関する手法は古いものが多く、現在の市場環境に適合しているとはいえない。特に多品種小ロット受注生産企業に関しては、必要な管理会計も複雑になりやすく、独自の枠組みのレベルも高いものが求められる。その中で本研究は、統計的視点を踏まえた、多品種小ロット受注生産企業における、実務的な管理会計の実現まで、つなぐことができる。

クラスター分析を用いることで、取り入れた複数の変数を総合して分析することが可能となり、多品種小ロット製品を分析する切り口を設定することができた。これは、様々なデータを得られる多品種小ロット生産に適していると考えられる。今回、クラスター分析に用いた変数の候補は、各生産ロットでの、製造工程の時間データとロス率データであったが、原材料費などの変動費的データを用意することができれば、製造費用のみならず、製品の原価全体を分析することができる。これによって、製品の原価計算の簡略化と高精度化を実現できる可能性が考えられる。

7. 結論と今後の課題

本研究では、多品種小ロット生産における、製造費用計算を目的とした、工場の製造実態の効果的な分析方法を提案した。

今後の課題として、クラスター分析に用いるべき適切な変数や、その加工方法の再考、本提案の汎用性の検証などが挙げられる。

参考文献

- [1] 吉川武文(2018):「図解!本気の製造業『管理会計』実践マニュアル」, 日刊工業新聞社