

自動車の新シート開発における作業負荷予測

2015SS035 美馬将大 2015SS093 横川翠り

指導教員：鈴木敦夫

1 はじめに

本研究では、オペレーションズ・リサーチ（以下 OR）を用いて企業から委託を受けた課題の解決に取り組む。OR は、数学的・統計的モデル、アルゴリズムなどを利用することによって、複雑なシステムにおいて「制約条件を満たした最適解」を決定する科学的手法である。OR は、身近な問題の解決に非常に多く用いられており、企業では、業務の効率化を図るために OR の手法が用いられるケースも多い。

現在共同研究を行っている企業では、セミナーの時間割作成の効率化などに、OR の手法を適用して成果を上げてきた [[1], [2], [3]]。新たな車種の自動車のシートの設計にかかるであろう従業員の人数とその労働時間（工数と呼ぶ）をあらかじめ予測している。その予測に基づいて将来の予算や人員の配置を決めている。ところが、実際にかかった工数はその予測と大きくかけ離れていることが多い。その原因の一つは、予測を手作業で行っていることである。この手作業も個人の過去の経験により行っている。そのため、膨大な手間と時間を要しており、かつ様々な条件を考慮して行わなければならないので、上記のように実際の開発データとの差が大きくなっている。

まず、データの整理とデータの可視化を行った。のちに示す表 1 は、開発に要するコストは従業員が入力して集計しているが、実態が把握されていないのであった。さらに、実績に大きく影響している車種の特徴を統計的手法を用いることで算出し、新シート開発の工数予測を OR の手法を用いて定式化をすることで、新たなシートの開発の作業負荷を正確に予測でき、割り当てた計画と実績が大きく乖離をなくすような予測を最終目標とする。

2 研究の流れ

今回の委託研究の流れについて説明する。研究は 2 段階に分けられる。第 1 段階は、「シート設計の作業実績の可視化」。第 2 段階は、「作業実績をもとにした設計作業計画の策定」。第 1 段階では、作業実績を可視化する。また、作業実績をあらかじめグラフを自動作成できるようにする。作業工数データを可視化することで、問題点を発見する。第 2 段階では、実績に大きく影響している車種の特徴を、OR の手法と統計的手法を用いることで算出し、新たなシートの開発の作業負荷を正確に予測する。最終目標は、割り当てた計画と実績が大きく乖離することのない予測を立てるツールを作成することである。今年度の研究では第 1 段階まで進んだため、第 1 段階までの研究内容について記す。

3 提供されたデータについて

本研究では企業側から提供されたデータを使用した。そのデータは、「年月」「業務段階」「業務詳細」「行為」「担当者」などが記録されている。部コードは「設計」「実験」「評価」の項目で構成されている。2010 年 9 月～2018 年 4 月に開発したシートのうち 28 車種分の開発期間の作業と作業時間の記録である。

今回使用するデータは黄色と赤色で示されている。「年月」「月間実績」「目的」「プロジェクト」「部位」「部コード」を使用する。「目的」は仕事内容の事である。「プロジェクト」は開発する車種に与えられた番号の事である。「部位」は自動車の設計上のコード。「部コード」はその仕事を行う部署の事である。今回は「実験」と「評価」を除いた「設計」の部コードのみを抽出した。「月間実績」はある年月においてある車種のどの部位をどの部署がどのくらいの時間と人員をかけて開発したかを表している。この月間実績を作業工数データと呼ぶことにする。提供されたデータの一部は以下の通り。

表 1 提供されたデータ

新たな車種のシート設計にかかるであろう、従業員の人数とその労働時間をあらかじめ予測し、社内計画を立てている。社内計画は、プロジェクト予測工数を積み上げ、開発全体の年次ごとの負荷予測をもとに立てられており、二つのパターンがある。一つ目は契約済みのプロジェクトである。契約済みのプロジェクトは、社内で計画を立てその計画通りに作業を行う。これは契約通りの社内計画となるため、今回は扱わない。二つ目は未契約のプロジェクトである。未契約のプロジェクトは、前のモデルの契約工数とモノサシと呼ばれる型をもとに計画を立てる。社内計画の流れの例として図 1 をあげる。

モノサシとは、シートの総開発工数を、「開発車種タイプ」「開発期間」に応じて変換した期間内工数の山谷を表現

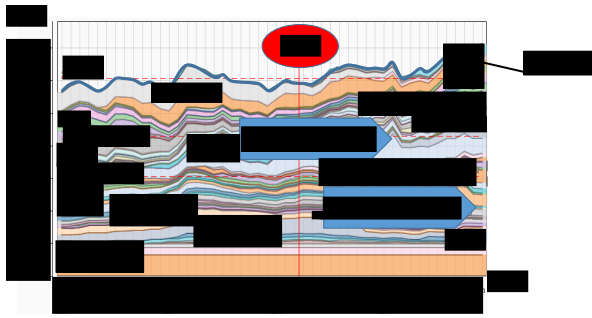


図1 社内計画の流れ(例)

した波形の事である。種類は8種類である。

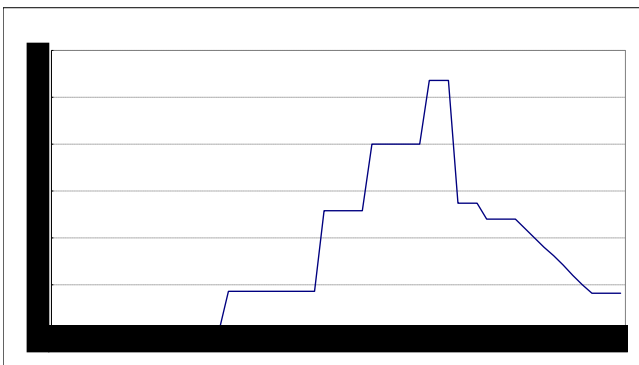


図2 モノサシの例

4 過去のデータの活用と整理

今回の研究で初めて行ったのは、過去のデータの可視化。過去のデータは、全28項目が2010年9月から2018年4月まで記録されたデータ。このデータは、作業員が手作業で一つ一つ入力したものである。このデータをもとに作成されたモノサシを使って社内計画をたてており、その計画が実績と乖離しているため、まず過去の作業工数データが正しいデータかどうかを判断する必要があった。そのため過去の作業工数データの可視化を行った。この作業工数データを可視化することでデータが正しく入力されているか、本来のグラフの形になっているかを確認することができるだけでなく、問題点があれば改善することもできる。

可視化するツールを作成し、そのツールによって実際に作業工数データを可視化したグラフを紹介する。データを可視化すると、グラフが本来あるべき形をしていないなど、正しく記録されていないことがわかった。まず、データを可視化するツールについて紹介する。

5 データを可視化するツールについて

データを自動的に可視化するツールについて紹介する。自動車の作業工数データをまとめた元データが表2。シートの属性(属性とは、開発開始や開発終了などシートの詳細)データをまとめたものが表3。グラフを自動で出力す

るファイルが表4。表4の特定の場所に車種コードを入力すると表2と表3から、対象の車種のデータを読み取り自動的にグラフを出力する。

表2 データを可視化するツール-1

1	開発コード	車名	生産国	規模	Lの時期	備考	部品開発コード	開発Start	RDDP時期	開発End	開発Start
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											

表3 データを可視化するツール-2

2	開発コード	車名	生産国	規模	Lの時期	備考	部品開発コード	開発Start	RDDP時期	開発End	開発Start
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											

表4 データを可視化するツール-3

1	開発コード	車名	生産国	規模	Lの時期	備考	部品開発コード	開発Start	RDDP時期	開発End	開発Start
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											

6 データの可視化と特徴の抽出

6.1 グラフの色分けについて

グラフの色分けについて前置きをしておく。この色分けは、いくつかある設計の部署ごとに色分けしている。例えば図3の大部分を占めているグレーの部署は「第1シート設計部」、黄色で示されている部署は「第2シート設計部」にあたる。また、グラフの横軸は時間、縦軸は工数である。

6.2 車種コード1A, 車種コード2B

車種コード1Aを可視化するとグラフの後半が欠けていることから、車種コード2Bの後工程に当たるデータが欠落していることがわかった。(表3)

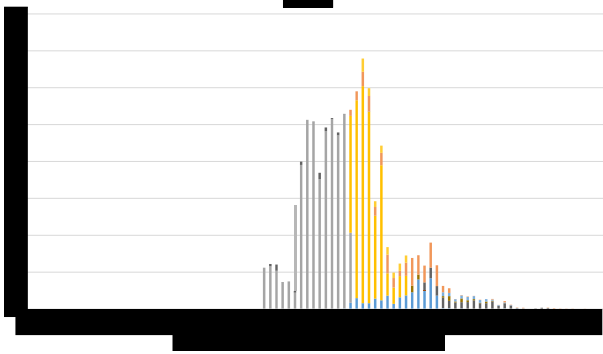


図3 車種コード 1A

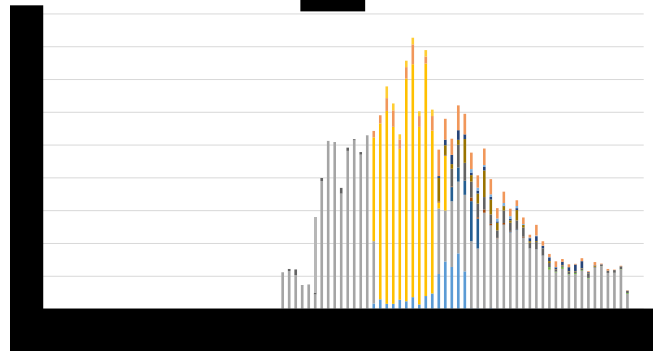


図5 車種コード 1A2B

車種コード 1A を可視化するとグラフの前半がかけていることから、車種コード 1A の前工程にあたるデータが欠落していることがわかった。(表 4)

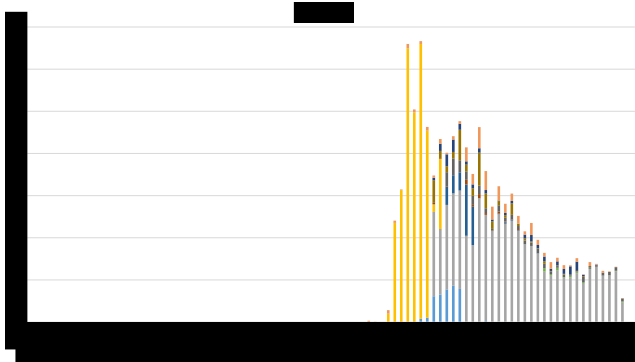


図4 車種コード 2B

車種コード 1A と車種コード 2B を可視化することで、二つともデータが正しく記録されていないことがわかった。原因は二つ考えられる。一つ目が、部署の再編でシートを開発設計するデータが散在してしまったこと。二つ目が、シート開発の一部を他社に委託していたため、その作業のコードが引き継がれておらず、データが欠落してしまったこと。しかし、車種コード「2B」は車種コード「1A」の派生車種であることがわかった。そのため、ふたつを合体させて「1A2B」と新しく名付け可視化した。派生元の車種と派生車種を合体させることで、実績通りのパターンになった。(表 5)

7 重要な車種の属性の決定方法について

7.1 社内アンケート

過去データをもとに新車種のシートの作業負荷を行う。そのために、新車種の属性と同じ属性を持つ過去の車種を割り出し、その過去の車種の実績をもとに新車種の作業負荷を行えば、より正確な予測になるのではないかと考える。属性は一車種に一つではないため重複する。そこで、特に作業工程に負荷を与える属性の順を決めておく。そのために、社内でも特に経験を積んだ社員にアンケートをとって、車種の作業工程に負荷を大きく与える属性を回答してもら

うアンケートを取る。

7.2 AHP

上で述べた通り、作業工程に負荷を与える属性の順を決めたい。そのために、AHP (Analytic Hierarchy Process 階層分析法) を用いる。AHP とは、意思決定における問題の分析において、人間の主観的判断とシステムアプローチの両面からこれを決定する問題解決型の意思決定手法のこと。AHP を用いる利点は二つ。一つ目は、データの入手が容易であること。これは、項目全体について重要度を点数化することに比べて、一対の評価で済む。二つ目は、主観的評価を客観的にできる。これは、主観的な側面が含まれているかもしれない評価結果を客観的に統計処理して、それぞれの意見を公平に取りまとめることができる。我々がこれまで過去の車種を可視化する過程で、特に車種の作業工程に負荷を大きく与えていると考えられるものを7つ出した。この7つをそれぞれ一対比較し、社員が9段階で評価する。また、その7つの属性のうち、ある属性においてモノサシの一対比較も行う。どちらのモノサシにも関係しないという結果ならば中間の5を選ぶ。結果は表5・表6のように一つのエクセルシートにまとめる。Saaty の定理より C.I. 値 (Consistency Index: 整合度) も範囲内である。このことから、二分木の条件を A1, A2, A3 の順に設定する。

表5 アンケート結果1

属性1	属性2	属性3	属性4	属性5	属性6	属性7	幾何平均	重要度
属性1	1	2	6	7	3	9	4.1276	0.3698
属性2	0.5	1	6	7	3	9	3.386	0.3034
属性3	0.1667	0.1667	1	4	2	7	1.2984	0.1183
属性4	0.1667	0.1429	0.25	1	2	8	0.8361	0.0749
属性5	0.1429	0.3333	0.5	0.5	1	9	0.9782	0.0876
属性6	0.3333	0.1111	0.1429	0.125	0.1111	1	0.2567	0.023
属性7	0.1111	0.1111	0.25	0.3333	0.125	1	0.2781	0.0249
合計							11.161	1

属性1	に関する各代替案の重要度							幾何平均	重要度	
	1	2	3	4	5	6	7	8		
属性1	1	1	5	1	2	3	1	1	1.5298	0.1406
属性2	1	1	5	2	3	8	8	8	3.3366	0.3067
属性3	0.2	0.2	1	5	5	5	5	5	1.8286	0.1681
属性4	1	0.5	0.2	1	7	8	8	7	2.0514	0.1886
属性5	0.5	0.3333	0.2	0.1429	1	7	6	5	1	0.0919
属性6	0.3333	0.125	0.2	0.125	0.1429	1	4	2	0.431	0.0396
属性7	1	0.125	0.2	0.125	0.1667	0.25	1	4	0.3887	0.0357
属性8	1	0.125	0.2	0.1429	0.2	0.5	0.25	1	0.3118	0.0287
合計									10.878	1

表6 アンケート結果2

総合評価値							
評価基準	属性1	属性2	属性3	属性4	属性5	属性6	属性7
重要度	0.36982	0.30337	0.11633	0.07491	0.08764	0.023	0.02492
	0.14064	0.14064	0.27901	0.3335	0.30427	0.24446	0.22817
	0.30673	0.30673	0.25137	0.25951	0.20923	0.25137	0.34606
	0.1681	0.1681	0.1681	0.1681	0.1681	0.1681	0.1681
	0.18858	0.18858	0.14593	0.1156	0.09622	0.1345	0.09749
	0.09193	0.09193	0.09809	0.08013	0.10503	0.10392	0.11796
	0.03962	0.03962	0.04072	0.04447	0.04782	0.04674	0.04089
	0.03573	0.03573	0.03178	0.03315	0.03505	0.03362	0.03167
	0.02866	0.02866	0.02336	0.02568	0.02814	0.02248	0.02581

表8 分類システムの入力シート-2

8 予測支援システムの実現

8.1 二進木を用いた分類

セクション7で得られた、作業負荷に影響を与える順に決められた属性をもとに、車種を分類する。属性は、その属性があるかないかの0-1で表す。新車種を含めた全車種を二進木で分ける。新車種の作業負荷予測に用いるモノサシは、最終的に同じところに分類された過去の車種と同じモノサシを使う。

8.2 システムの実行方法

新車種の属性が決まれば、シートの「A11」に新車種の開発コードを入力する。表7の黄色のセルに新車種の属性を入力する。(属性のあるなしを1-0で入力)

表7 分類システムの入力シート-1

表8の「新シート登録」ボタンをクリックすると、過去データがまとめられているファイルに新車種のデータが追加される。表8の「分類する」ボタンをクリックすると、車種があらかじめ設計しておいた属性(表5・表6)のあるなしを判断して、分類される。表8の「表示する」ボタンをクリックすると、新シートと似ている属性を持っている順に過去のシートを並び変え、上位2つをオレンジ・黄色で色付けされる。

9 おわりに

本研究は、企業と共同で行った。企業の社内計画をより正確なものにするためのツール作成と、人員配置ツールを作成することが目標で、今回の研究はその初年度であった。企業から提供された、自動車のシート開発における作業工程データは可視化されておらず正確なデータかどうかわからない状態であったため、可視化するツール作成から始まった。実際に作業工程データを可視化すると、データが欠けているなど正しく記録されていないことがわかった。データを精緻化することが最も時間のかかる作業であった。次に、シートの特徴である属性をもとに車種を分類するツールを作成した。社内アンケートでシートの作業工程に負荷を与えやすい順を聞き、AHPによってシートの属性の重要度を決定することができた。

今後は、データの分類を行うツールを社員に使ってもらい評価してもらおう。実際に使えるようであれば、その属性の重要度を考慮しながらモノサシの改良を行う。モノサシの改良も社員の方と相談しながら行う。また、人員の配置を最適に決定するツールも作成する。このツールの作成にはPERT/CPMを活かすことでより正確な結果が得られると考える。

参考文献

- [1] 川口裕貴, 松崎佳人, 西尾論:『企業内セミナーのスケジューリング問題について』。南山大学情報理工学部情報システム数理学科, 2015年度卒業論文, 2016.
- [2] 長崎有純, 小川智也, 大谷拓也, 佐藤優里香:『企業内研修に関するスケジューリング問題の実際の解決法』。南山大学情報理工学部情報システム数理学科, 2016年度卒業論文, 2017.
- [3] 永田勇貴, 荒川弘規, 郷治若葉, 伊藤和哉:『製造業における企業内研修の最適設計』。南山大学理工学部システム数理学科, 2017年度卒業論文, 2018.