

地域戦略研究所紀要

第4号

行動経済学の応用による中小企業における新しい生産スケジューリングに関する研究

野村 利則、吉村 英俊 …… 85

北九州市立大学
地域戦略研究所
2019.3

行動経済学の応用による中小企業における 新しい生産スケジューリングに関する研究

野村 利則、吉村 英俊

- I 研究の背景と目的
- II 中小企業と次世代生産システム
- III 中小企業と生産スケジューリング
- IV 中小企業の実現のための課題と方向性
- V 中小企業に適した生産スケジューリングの基本構造と概念
- VI 中小企業に適した生産スケジューリング支援ツールの実現
- VII 中小企業の次世代生産システム対応と生産スケジューリング

<要旨>

本研究では、行動経済学の知見の活用による新たな生産スケジューリング手法を、スケジューリング担当者自身で制作可能な Microsoft Excel を用いて、生産スケジューリング支援ツールとして実現した。それは、生産意思決定に対する行動経済学の有効性を証明するとともに、一般人材レベルで利用可能な表計算ソフトウェアの積極活用が、中小企業の課題解決となり得ることを示すものとなった。

<キーワード>

生産意思決定、生産スケジューリング、行動経済学、Microsoft Excel
Production Decision-making, Production Scheduling, Behavioral Economics,
Microsoft Excel

I 研究の背景と目的

第4次生産革命ともいべき次世代生産システムは工場をつなぎ、同期・連動生産によって「ものづくり」に変革をもたらそうとしている。工場が企業を越えてつながり生産連動するためには、確実な納期遵守生産が不可欠であり、情報通信技術だけでなく生産連動を製造工程まで波及させ確実に生産実行へとつなげることのできる「しくみ」が求められる。その実現のためには、生産意思決定の役割としての生産スケジューリングがより重要となることを先の研究 [野村、2017] において見てきた。

しかしながら、実際に製造現場で実行されている生産スケジューリングと、その手法に目をやると、未だ最終的な生産意思決定に人が介在し、人が大きな役割を果たしている。

それは、生産条件が複雑となり条件間に競合関係が存在する場合、既存の生産スケジューリング手法、技法には自ずと限界があり、その限界に対処するために人が介在し、問題解決が図られている。しかし、人の介在は生産連動を阻害し、その極小化が課題となる。

この課題解決のため、生産スケジューリング現状把握を目的とした先の研究過程において、その課題として生産条件の「網羅性¹⁾」を高めつつ、スケジューリング結果への「納得性²⁾」を得るための人間の判断と意思決定行動に代わるある種「調停³⁾」機能のような役割が必要であることが分かった。そして、この生産スケジューリングが生産意思決定すなわち人間の生産活動に対する意思決定であることから人間の行動意思決定に着目し研究を進めた。その結果、行動経済学の知見の活用が生産スケジューリング問題の解決に有効であることを先の研究〔野村、2018〕において見出した。

これを受けて、本研究は「この行動経済学の知見を活用した新しい生産スケジューリングについて、提案から実践に移すべく、企業、とりわけ中小企業の生産システムのあり方や情報通信技術の利活用状況、IT人材についてその実態を把握・分析し、それを基に次世代生産システムにおける生産スケジューリング問題の解決」を目指すものである。

II 中小企業と次世代生産システム

本節では、「中小企業にとって次世代生産システムとは何か、その取り組みは如何にあるべきか、それを手段としての情報技術に偏ることなく、次世代生産システムに求められる迅速な生産意思決定のための製造現場の課題」に軸足を置き、論じる。そして、先行研究を基に、これまでの中小企業における情報システムのあり方や導入の問題点と、「中小企業」と「情報システム」のあり方を探り、そのうえで「第4次産業革命」に係る取り組みの経緯と現状を把握し、さらに中小企業のIT利活用の現状を捉えながら、中小企業の次世代生産システムに対する取り組み課題を探る。

1 中小企業における情報システムのあり方

中小企業における情報システムのあり方や導入の問題点について、〔田中宏和、2013〕は大企業と比較して中小企業の情報化が進展していない原因が、中小企業向けシステム開発手法にあるとしている。「PDCAサイクルが一回で終了し、連続しないことが中小企業にシステムを導入することを困難にしている」とし、コンサルタントとシステムエンジニア、プログラマ、ユーザの四者がチームを組み、短いサイクルでPDCAサイクルを回しながら、情報システムの検討と開発、および業務改善活動を同時並行で推進していくシステム開発アプローチを提案している。筆者も、これまでの経験から問題解決に効果があると考ええる。しかし、同時にコストやユーザ側で人を充てることができるかという別の問題についても、その考慮が必要であると考ええる。

このように、これまでの「中小企業における情報システムのあり方や取組み方」には、外部ITベンダーへのシステム開発の丸投げが中小企業の情報化を阻んできたことなど、

情報技術の活用に後れを来している体質的問題がある。それは、社内業務が分かり IT 技術も備えた人材の育成と、現場が情報技術の活用に取り組むことによって生産現場から変わって行くことを求めている。この問題解決には、実際に業務を行う部署や生産活動を行う現場が IT 導入プロセスに参画、または自分たちで利活用できるものとするのが重要であると考えられる。

2 中小企業とインダストリー4.0

政府の「中小企業におけるインダストリー4.0 などの IoT への取り組み」の基本的方向性については、中小企業による IT 投資の対象を内部管理業務の IT への置き換え、企業間連携、製造プロセス、サービス提供方式の改善など経営力を強化する事業活動への拡大を促進するとする経済産業省の支援策の基本方針が『新産業構造ビジョン 第4次産業革命をリードする日本の戦略』に示されている。しかし、これは IT 投資をすれば問題が解決するという論理にすり代わってしまっており、結論ありきの政策論となっている。もし、IT 投資したとしても効果が上がらないばかりか、逆に IT を使うことにより事業活動にかかるオペレーションコストが増加する可能性がある。そのような結果とならないためには、本当に必要なもの、今必要とするものを峻別して取り組む必要がある。

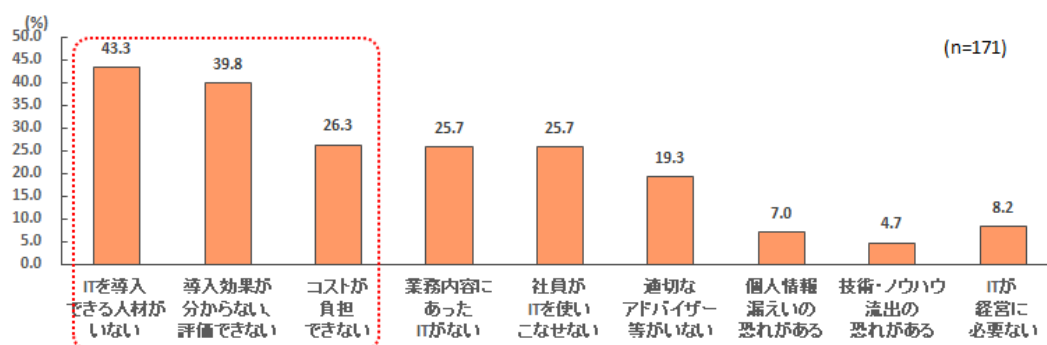
次に、インダストリー4.0 のブームの背景とその正体は、インダストリー4.0 の有用性を唱える研究者やビジネスジャーナリズムの動きを見ると、その実像が見えてくる。まず、[西岡靖之、2015] は TPS⁴⁾や NPW⁵⁾に代表される日本の自動車産業の生産システムについて研究し比較することなく、インダストリー4.0 を積極的に推進する独 VW (フォルクスワーゲン) 社がインダストリー4.0 に関して、いちばん進んだ考え方を持っている主張している。この根拠なき主張は、インダストリー4.0 について日本社会に間違った情報を与えている。また、[岩本晃一、2015] のインダストリー4.0 は中身がわからなくても、現有の機械と取り替えて簡単に接続でき、すぐにインダストリー4.0 が利用できる「モジュール化」された「プラグ・アンド・プレイ方式」であるとの主張は、事実や経験に基づかない空論である。これらの事実から、中小企業は有用性を唱える研究者や、ビジネスジャーナリズムの動きに惑わされることなく、IoT としてのインダストリー4.0 の真の価値と実力をユーザ企業自身が目利きできる実力を持つ必要がある。

最後に「経営学視点によるインダストリー4.0 の捉え方」に目をやると、[中沢孝夫、2016] は、研究者やビジネスジャーナリズムが主張する IoT の将来像または将来計画論的なものの多くが、すでに実現されていることを指摘している。また、[藤本隆宏、2017] はインダストリー4.0 の本質について、「上空」を制するアメリカの ICT 企業と「地上」にあるドイツの優良な企業が直接コントロールされてしまわないように、標準化などで発言力を持つことによりドイツに有利な産業構造の維持を図るものとしている。また、それは既存のものを全否定し、まったく新しいグローバル標準システムに置き換えという極端な話でなく、第3次産業革命のひとつの段階であるとしている。

筆者の経験からインダストリー4.0が実現しようとするものは、自動車産業では1970年代から始まり、センサーは時代とともに進化するものの製造工程と生産設備を制御・管理する工程管理システムと基本的考え方は変わらないものである。実際に部品メーカーとの連動が必要であれば部品メーカーとも情報連携しており、その連携密度がさらに高まる点と、時代の最新技術を取り込むくらいの違いしか見当たらない。そして、未だに人間の手のようなロボットハンドが実現できていないように、インダストリー4.0が魔法の杖のように問題解決してくれることはないと思う。

3 中小企業におけるIT利活用の現状と課題

『2016年版中小企業白書 未来を拓く稼ぐ力』によれば、中小企業がIT投資を行わない理由を「ITを導入できる人材がない」と回答した企業が最も多く、次いで「導入効果分からない、評価できない」、「コストが負担できない」の順であった。それは、中小企業におけるIT人材不足の実態を如実に示している。



- (注) 1.複数回答のため、合計は必ずしも100%にはならない。
 2.IT投資を重要であると回答しているが現在IT投資をしていない企業を集計している。
 3.「その他」の項目は表示していない。
 出所) 中小企業庁編(2016)『2016年版中小企業白書 未来を拓く 稼ぐ力』日経印刷,137頁

図 II.3 IT投資未実施企業のIT投資を行わない理由

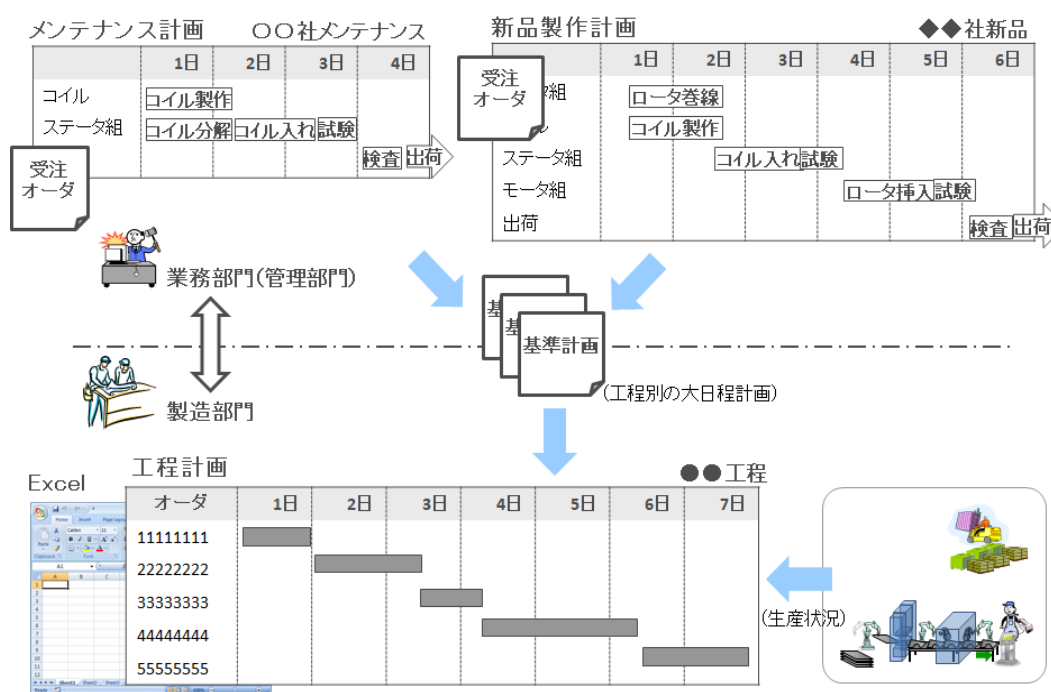
III 中小企業と生産スケジューリング

地場中小製造業の生産スケジューリングの現状について、2015年6月にヒヤリング調査を行った。対象のA社は1945年創業、資本金15百万円、売上高3,270百万円(2016年度)、従業員209名(2017.6現在)の回転機⁶⁾を製造する地場の中小企業である。コイル製作設備、コイル分解設備、巻線設備、組立・機械加工設備、試験設備を有し、巻線型誘導電動機、小水力発電機、直流電動機、交流励磁機などの新品製作と既存品のコイル巻替・修理・改造・整備などのメンテナンスや検査、診断を事業の柱としている。

A社の場合、回転機の新品製作とメンテナンスという2つの事業を同じ製造工程で対応

するため、新作とメンテナンスのどちらを優先させるかという資源配分と、どの順番で生産するかという着工順序の調整が生産スケジューリングの主要機能となる。とくにメンテナンス事業においては、顧客設備の故障修理やオーバーホール対応のための特急オーダーの飛び込みもある。これらに可及的速やかに対応するためには、すでにスケジューリング済みの工程計画に割り込ませたり、未着工分の再スケジューリングが必要となる。

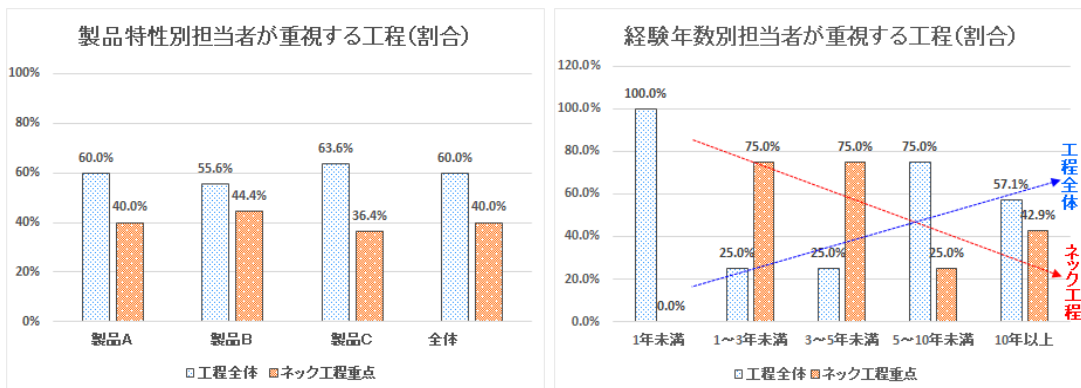
しかし、この企業は個別受注生産（受注品毎に仕様が異なる）であるため、それぞれの商品の作業にどれくらいの時間を要するかを明確に示す基準日程がなく、製造工程の状況を見ながら調整を図り、再スケジューリングするしかない。結局のところ、業務部門（管理部門）では製造工程内の仕掛状態や負荷状況が分からないから、希望納期を基準計画として製造部門に伝達するだけで、生産スケジューリングは製造部門任せとなる。したがって、再スケジューリングを含む日々の生産スケジューリングは、製造部門でしか行うことができないのである。



(筆者作成)

図Ⅲa A社の生産スケジューリングの概要

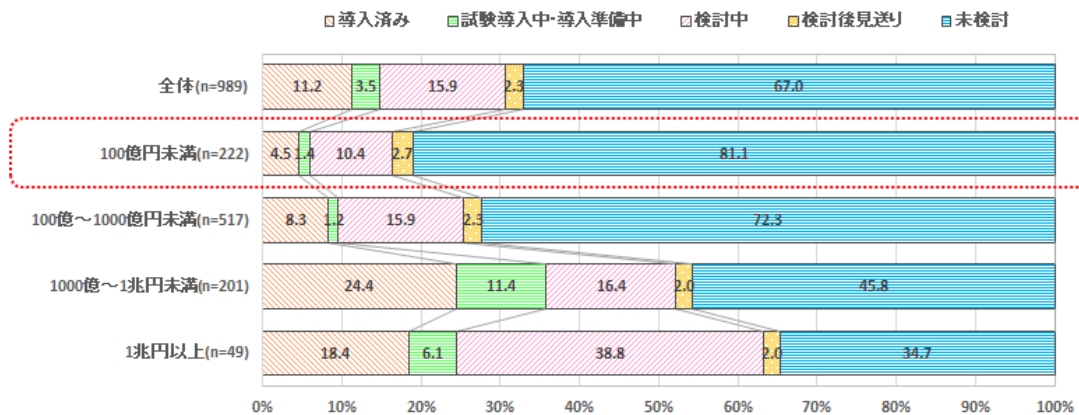
次に、製造現場において実際のスケジューリングがどのように行われているのか、2016年8月に電機メーカーB社のスケジューリング担当者総勢30名へアンケート調査を行った。B社は受注生産方式を採る産業用電気機械メーカーで、調査対象の製造部門は製品属性別に3つの工場内の製造工程とし、アンケートは生産スケジューリングを行ううえで、どのような生産条件を重視するのか質問し、その回答を求めた。



(筆者作成)

図Ⅲb 担当者が重視する工程 (割合)

スケジューリング担当者が重視する生産条件を見ると、経験が浅いうちは「ネック工程重点」に立案し、経験を重ねるに従い「ネック工程重点」の割合が減少する傾向を示している。これらは、担当者が経験を重ね習熟するにつれて工程間をうまく調停し、全体最適を図っていることを示している。このように、生産スケジューリングに必要な生産条件の選好傾向は製品や経験によって異なることが分かる。



出所) 一般社団法人日本情報システム・ユーザー協会(JUAS)編(2017)『企業 IT 動向調査報告書 2017』日経 BP 社,19-20 頁

図Ⅲc 売上高別マスターデータ管理の導入状況 (2016 年度調査)

最後に、『企業 IT 動向調査報告書 2017』は、企業活動の中核情報の整合性、正確性、管理、責任を確保するためのマスターデータ管理の導入状況について、売上高 100 億円未満の中小企業の 81.8%が「未検討」、100 億円～1000 億円未満の企業においても 72.3%が「未検討」とするなど、規模の小さい企業はマスターデータ管理のしくみが整備されていない状況を示している。このため、生産スケジューリングが必要とする生産条件を既存データから流用することは難しく、既存の生産管理データから加工して生成するしくみを構築す

るか、個別に生産スケジューリングだけのための生産条件データの生成が必要になることを示している。

IV 中小企業の実現のための課題と方向性

これまでに得られた中小企業特有の課題から、中小企業の実現は日々製造部門で実行できるような小回りの利くものであること。そして、マスターデータが整備されていない中小企業にあって、製品特性やスケジューリング担当者によって異なる生産条件を簡単に生成できることが必要とされる。

また、中小企業が IT 投資を行わない理由とする「IT 人材不足」に対し、特別な IT スキルを持たない一般の人材であっても、IT を利活用した生産スケジューリングを実現可能とすることが求められる。それは IT 人材の育成にもつながり、「現場 IT 力」の強化ともなる。さらに、この「現場 IT 力」が中小企業にありがちな飛び込みの特急オーダーに対応して工程計画へ割り込ませたり、再スケジューリングしたり柔軟な現場対応力となる。そして、この強化された「現場 IT 力」はインダストリー4.0 が進展し工場が企業を越えて繋がる段階において、生産スケジューリングを確かなものとするのが期待できる。それは、IT 導入がうまく行く条件として、ユーザ参画の重要性は白書等においても示されている。

その具体的手段が、「現場でも利用可能な Microsoft Excel などの表計算ソフトを活用して新しい生産スケジューリングを担当者自身で制作すること」であり、そして「担当者の経験と知識の反映方法として行動経済学の知見を活用すること」である。それは、IT 処理だけでは解決できないところに行動経済学の知見を応用し、自分の経験と知識を反映した生産条件にしたがい処理することが、スケジューリング処理結果の納得性につながり、また誰がやっても同じ結果が得られるという考えに基づくものである。すなわち、(仮説として)「行動経済学の知見を応用し担当者の経験と知識を生産条件に反映、処理する新しい生産スケジューリングを、現場レベルの工夫次第で実現できる Microsoft Excel を活用して担当者自身が制作すれば、(その結果として)競合する生産条件間の「調停」機能を果たし、生産条件の「網羅性」を高めつつ、スケジューリング結果への「納得性」を確保した迅速な生産意思決定としての生産スケジューリングが実現できる」というものである。

また、現場でも活用可能な Microsoft Excel の利用による生産スケジューリングは、担当者の経験と知識を生産条件に反映することによって、『図 4 知識変換の4つのモード (SECI モデル)』に示した「暗黙知」から「形式知」へと表出化することを意味し、作業の標準化にも資するものとなる。それは、情報の共有化でありマスターデータの整備にもつながる。



出所) 野中郁次郎/竹内弘高(1996)『知識創造企業』東洋経済

図 4 知識変換の 4つのモード (SECI モデル)

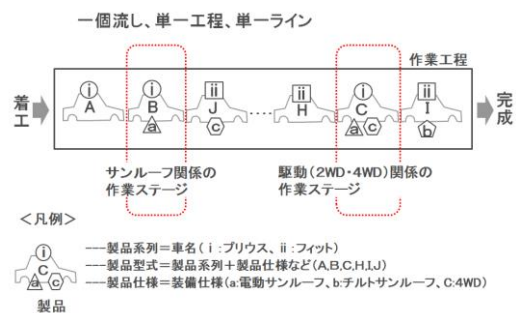
V 中小企業に適した生産スケジューリングの基本構造と概念

本節は、中小企業に適した生産スケジューリングの具体的実現方法を提案するものである。それは、IT 人材が不足する中小企業にあつて Microsoft Excel を活用し、新しい生産スケジューリングを実現するための基本的考え方および機能概要、そして論理構造を示すものとなる。この新しい生産スケジューリングの最大の特徴は、生産意思決定としての生産スケジューリングに対する「行動経済学」の応用にある。行動経済学の応用は、購買行動などにその応用事例が見られるが、これまで生産活動における活用事例は見当たらない。とくに生産活動においては生産性など数理的合理性に基づき意思決定されることが多い。本研究においては、無理やり意思決定条件を数値化し合理的意思決定を推し進めるのではなく、むしろ行動経済学を応用することによって経験や勘に基づき生産意思決定している現状に歩み寄り、問題解決を図ることを目指した。

1 対象とする生産モデル

対象とする生産モデルは、『図 V.1 対象生産モデル』に示すように、製品を一個流し生産する単一工程、単一ラインの生産工程とし、単純化によって複雑な設備環境から受ける影響を排除することによって、論理的可視性を確保する。

また、この生産工程で生産する製品系列は2系列（系列 i、ii）とし、身近な耐久消費財を例に「プリウス」や「フィット」という自動車の車名で区分される製品群とする。製品型式は2系列を通じて最大10型式（製品型式 A,B,C,D,E,F,G,H,I,J）とし、製品系列と仕様の組み合わせを表す。生産条件は、製品が装備するオプション仕様や機能を表す個別仕様として、自動車の「サンルーフ」や「4WD」（四輪駆動）などのような機能要素を設定する。



（筆者作成）

図 V.1 対象生産モデル

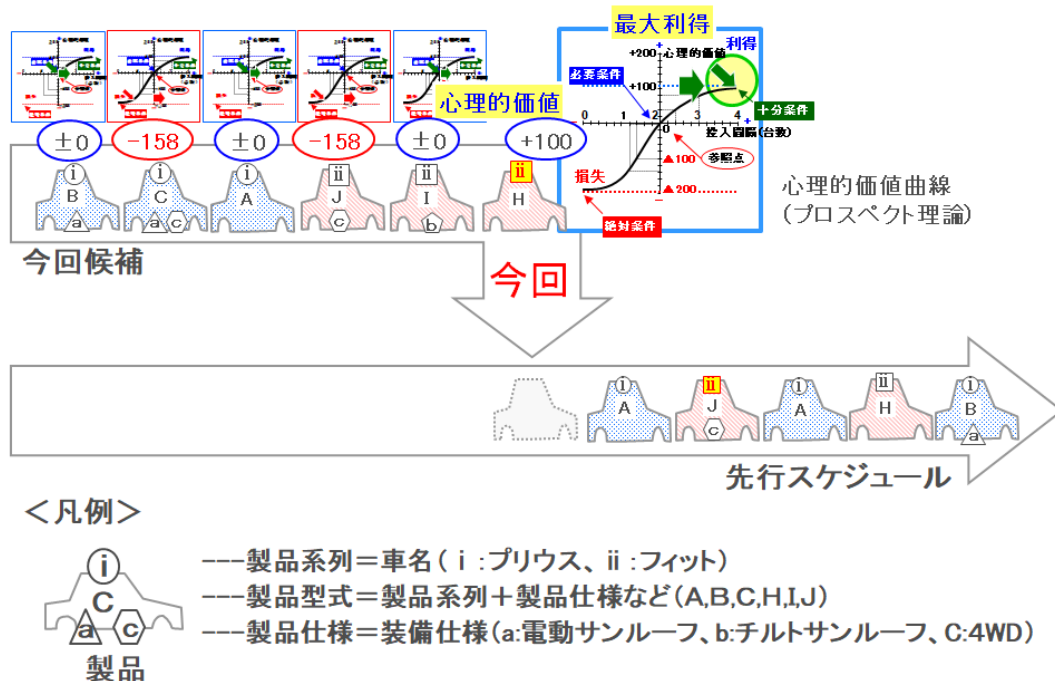
なお、個別生産条件を複数持つ場合、個別生産条件の組合せとして個別生産条件と同列に扱い、これを複合生産条件として設定する必要がある。これは、表計算ソフト Microsoft Excel の機能制約によるもので、データ操作を得意とするデータベースソフトに比べて、組み合わせパターンの管理に不向きであることがその理由にある。

2 行動経済学に基づくプロスペクト理論が果たす役割

生産スケジューリング作業の処理エンジンとして、その中核をなすものが行動経済学のプロスペクト理論に基づく調停機能である。それは、生産スケジューリング処理において、生産順序を決めるうえで、該当順位としてどの製品がふさわしいか比較し選択するとき、スケジューリング担当者が受ける心理的価値を疑似的に評価判定するものである。

『図 V.2 プロスペクト理論に基づく調停機能』に示すように、すでに順序が決まった先行スケジュール（製品型式別の順序：A→J→A→H→B→前方）があり、その次の順序候補として今回候補（製品型式別の優先順序：B→C→A→J→I→H→優先）があるとき、今回候補の製品型式に対して製品系列や製品仕様に基づき設定されている生産条件について、先行する前方スケジュール内の同一生産条件との間の投入間隔から得られる利得または損失を心理的価値曲線に基づいて心理的価値へ変換し、利得の大きいもの（損失の少ないもの）を選択することによって、納得性の高い工程計画を生成する。具体的には、このときの今回候補のそれぞれの製品型式に対し設定されている複数の生産条件中、心理的価値の最小値が H は+100、I が 0、J が▲158、A が 0、C が▲158、B が 0 である場合、最大値+100 の製品型式 H を今回順序として選択する。これを生産計画台数分繰り返すことによって、目的の計画期間分の工程計画として完成させる。

なお、製品型式に対する生産条件とその心理的価値への変換は『V.3.(1) 意思決定代替条件としての生産条件の取り込み（意思入れ）』に詳述する。



※各候補の心理的価値曲線とその値の求め方については『V.3.(3).② 生産条件に基づく意思決定時の候補の心理的価値の抽出』による。(筆者作成)

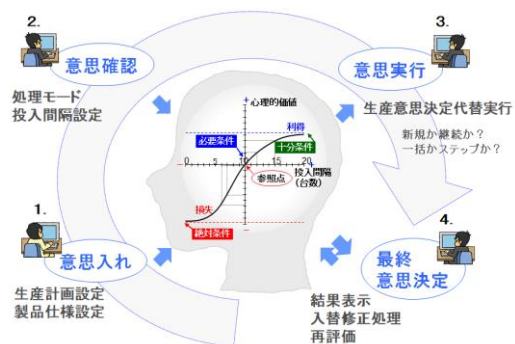
図 V.2 プロスペクト理論に基づく調停機能

3 生産意思決定代替の基本構造 (しくみ) と機能

スケジューリング担当者に代わる生産意思決定代替としての生産スケジューリングは、担当者から生産スケジューリング支援ツールへの「意思入れ」、「意思確認」、そして「意思実行」と「最終意思決定」の作業サイクルの機能より構成する。これは、我々が何らかの作業をするときに必要なものを事前に揃え、その作業準備状況を再確認したうえで作業を実行し、実行結果を確認して必要な事後処理を行う手順と同じである (図 V.3a)。

その処理結果を『表 V.3b 生産意思決定としての工程計画 (生産スケジューリング処理結果)』の工程計画リストに示す。

「No」は生産順序を表し、それぞれの順位について生産スケジュールの「製品型式」と「生産条件_n」の内容、「評価結果」を示す。「評価結果」は「最低」、「最高」、「平均」の別に



(筆者作成)

図 V.3a 意思決定代替の基本構造と機能

心理的価値を表示し、「最低」は該当順位の製品型式に設定されたすべての生産条件（「生産条件_1」～「生産条件_10」）の評価値の中の最低点を示し、「最高」は最高点、「平均」は平均点を示す。以下、機能について詳述する。

表 V.3b 生産意思決定としての工程計画（生産スケジューリング処理結果）

No	評価			製品 型式	生産条件_1 (車系)	生産条件_2 (サンルーフ)	生産条件_3 (駆動)	生産条件_4 (複：全サンルーフ)	生産条件_5 (複：サンルーフ 4WD)
	最低	最高	平均						
1	100	100	100	B	1_プリウス	a_チルト式サンルーフ		X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD
2	100	100	100	H	2_フィット				
20	100	100	100	J	2_フィット		c_4WD		Y_サンルーフ 4WD
21	100	100	100	A	1_プリウス				
22	100	100	100	H	2_フィット				
23	100	100	100	B	1_プリウス	a_チルト式サンルーフ		X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD
24	100	100	100	H	2_フィット				
25	100	100	100	A	1_プリウス				
26	100	100	100	H	2_フィット				
27	100	100	100	A	1_プリウス				
28	100	100	100	I	2_フィット	b_電動サンルーフ		X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD
29	0	0	0	H	2_フィット				
30	-126	100	35	C	1_プリウス	a_チルト式サンルーフ	c_4WD	X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD

(筆者作成)

(1) 意思決定代替条件としての生産条件の取り込み（意思入れ）

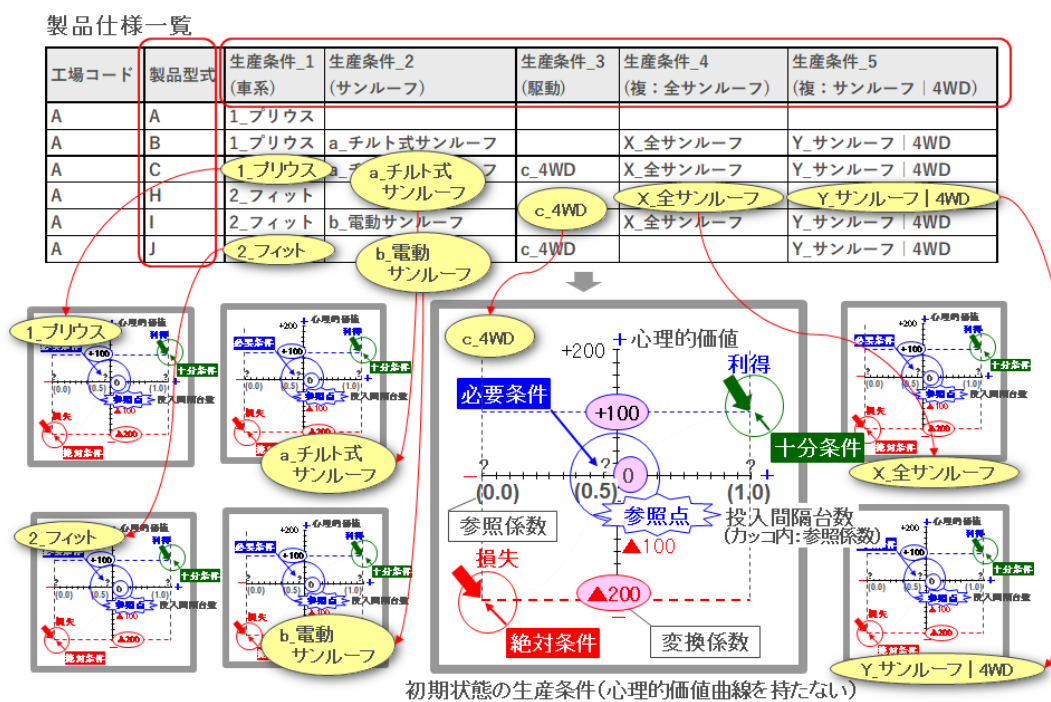
生産意思決定するために必要な生産条件を担当者の意思として生産スケジューリング支援ツールに伝え、それを取り込み意思決定代替のための判断基準を生成する。それは「何を生産条件にするか」、「その生産条件は、どの製品が対象か」という条件項目とその対象条件の設定や、「投入間隔台数を何台にするか」という具体的な生産条件数値の設定にある。

① 製品仕様からの生産条件項目の取り込み

生産条件の抽出から初期値設定の流れを『図 V.3.(1).① 製品仕様からの生産条件の抽出と初期値設定』に示す。「製品仕様一覧」には、製品型式別に最大 10 件の製品系列または製品仕様を生産条件として設定する。生産条件の優先順位は「生産条件_1」、「生産条件_2」・・・「生産条件_10」の順に固定とする。ただし、「生産条件_1」には、必ず製品系列を設定するものとし、製品系列が 1 番目に優先されることにより平準化に留意した。また、「生産条件_n」（n=1～10）の設定値は、製品系列または製品仕様を識別することのできる文字または文字列、例えば「1_プリウス」や「b_電動サンルーフ」とする。なお、製品仕

様を識別する文字または文字列は空白（ブランク）も認める。その場合は「条件なし」の生産条件として扱い、例えば「サンルーフなし」や「2WD（二輪駆動）」を表す。そして、設定した「製品仕様一覧」から生産条件項目を取り込み、生産条件として生成する。

ただし、この段階における生産条件は規定値のみを設定し、投入間隔台数が設定される前の状態のため、心理的価値曲線を持たない係数値だけが設定された状態の初期値として生成する。「絶対条件」、「必要条件」、「十分条件」それぞれの「〇〇条件の固定／可変」（〇〇は「絶対」、「必要」、「十分」を指す）には「可変」を設定し、生産計画台数に応じて投入間隔台数条件値を自動的に変動させる処理方法を選択する。そして、生産計画に基づき理論投入間隔台数より投入間隔台数条件値を算出するときの係数値である「〇〇条件の参照係数」には規定値として「絶対条件」には0、「必要条件」には0.5、「十分条件」には1.0を初期設定する。さらに、そのときの心理的価値を表す「〇〇条件の変換係数」には「絶対条件」には▲200、「必要条件」には0、「十分条件」には+100を初期設定する。



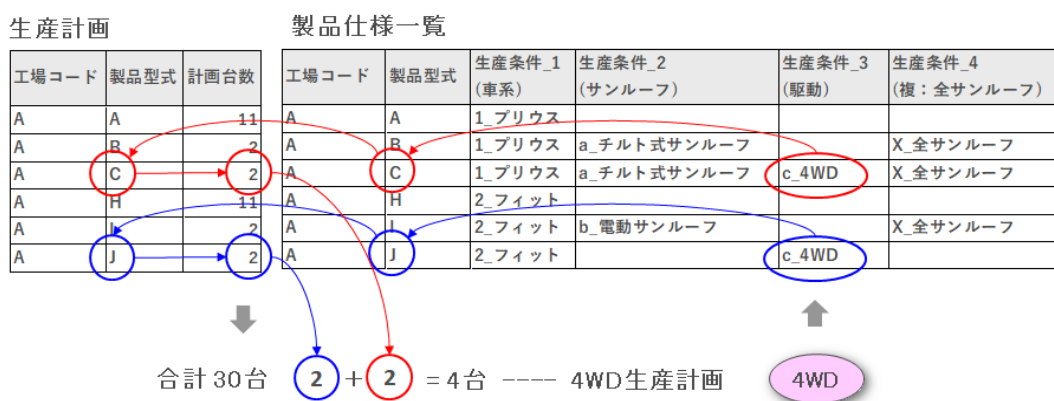
※どの生産条件も投入間隔台数を持たず、心理的価値曲線のない規定値だけの初期値（筆者作成）

図 V.3.(1).① 製品仕様からの生産条件の抽出と初期値設定

② 生産計画からの生産条件値の取り込み

生産条件項目に対して十分条件、必要条件、絶対条件それぞれの投入間隔台数条件値を求め、心理的価値曲線を生成し、意思決定代替のための判断基準を作り込む。

まず、「生産計画」の製品型式別生産計画台数から「製品仕様一覧」によって各生産条件の生産計画台数を求め、生産条件に対する理論投入間隔台数を算出する。このときの理論投入間隔台数は合計計画台数を該当生産条件の計画台数で割り、その商から 1 を減じた値である。例えば、「4WD」の場合、『図 V.3.(1).②a 生産条件の生産計画台数』に示すように、「4WD」を生産条件として持つすべての製品型式の生産計画を抽出し集計することにより、その生産計画台数を求めることができる。

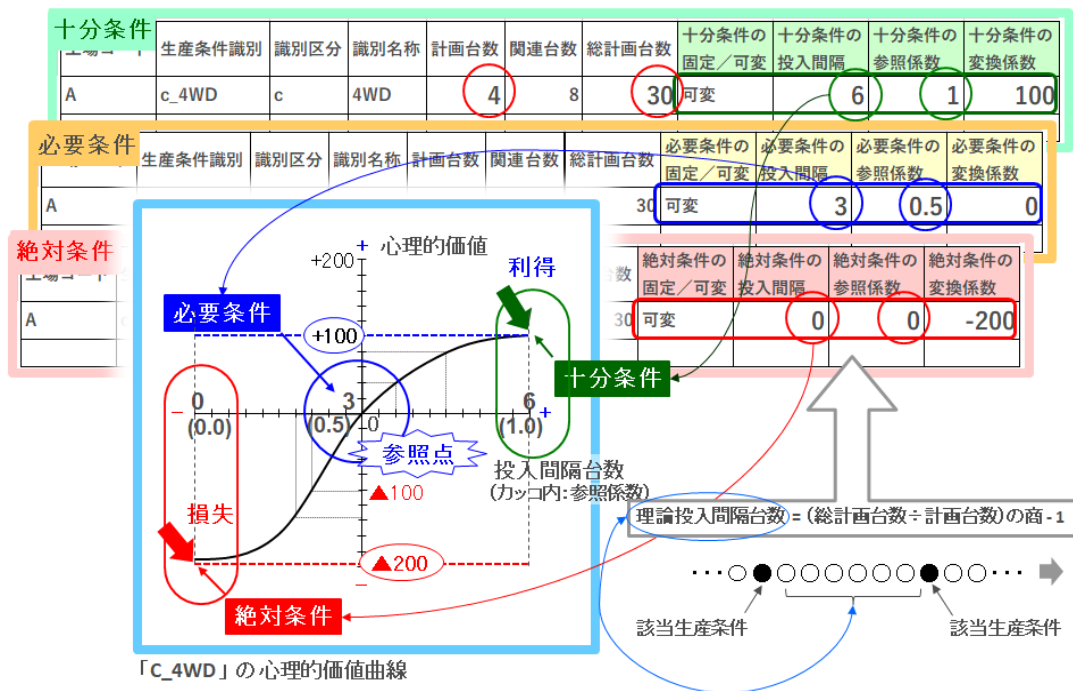


(筆者作成)

図 V.3.(1).②a 生産条件の生産計画台数

そのうえで、十分条件、必要条件、絶対条件のそれぞれに設定されている「〇〇条件の固定/可変」モード（〇〇は「絶対」、「必要」、「十分」を指す）が「可変」に設定されている場合においてのみ、この理論投入間隔台数に十分条件、必要条件、絶対条件のそれぞれに設定されている「参照係数」（0.0～1.0）を乗じた値を十分条件、必要条件、絶対条件の投入間隔台数条件値とする。そして、求めた十分条件、必要条件、絶対条件の投入間隔台数条件値を基に心理的価値曲線を生成する。

「4WD」を例に、生産条件の投入間隔台数と心理的価値曲線との関係を『図 V.3.(1).②b 生産計画に基づく投入間隔台数と心理的価値曲線の生成』に示す。総計画台数 30 台、該当生産条件の生産台数が 4 台のときの理論投入間隔台数は 6 台（= (30 ÷ 4) の商 - 1）である。そして、参照係数は十分条件が 1.0、必要条件が 0.5、絶対条件が 0.0 の規定値が設定されているので、このときの投入間隔条件値は十分条件が 6 台、必要条件が 3 台、絶対条件が 0 台となる。



(筆者作成)

図 V.3.(1).②b 生産計画に基づく投入間隔台数と心理的価値曲線の生成

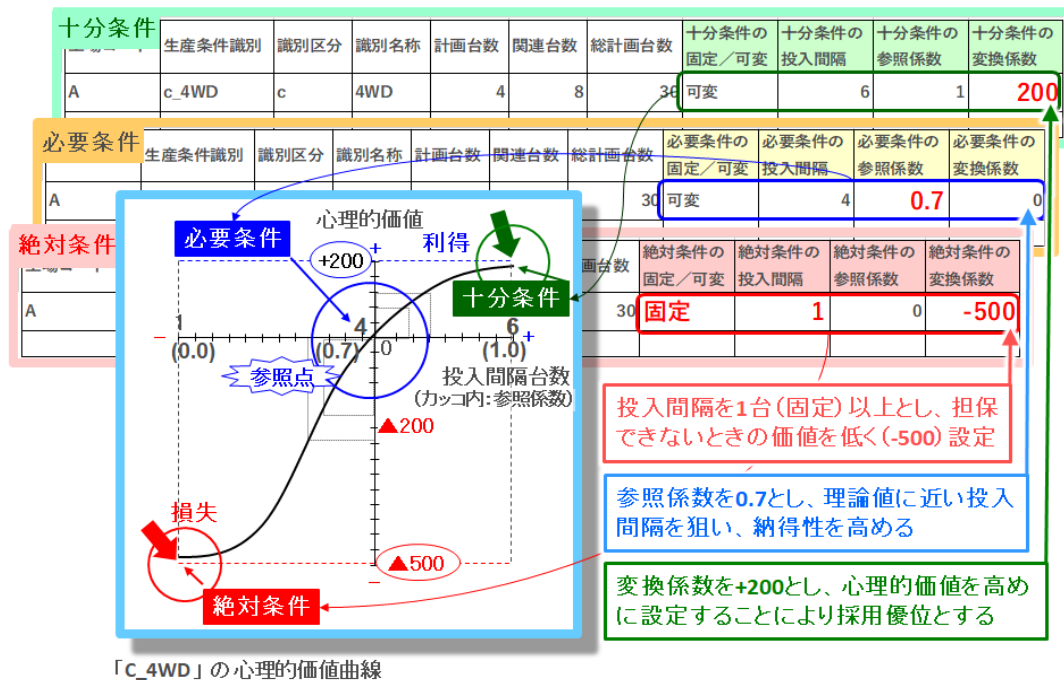
(2) 意思決定代替条件の設定確認 (意思確認)

生産スケジューリング作業に必要な情報として収集した生産条件を再確認したり、必要に応じて生産条件を補正したり、生産条件が担当者の意思として生産スケジューリング支援ツールに正しく伝わり、取り込まれているか生産スケジューリング実行前に最終点検する。また、生産スケジューリング支援ツールの実行モードを指定したり、意思決定代替のために必要な担当者の意思決定判断基準の取り扱い方法を指定したり、意思決定代替の範囲を指定したり、生産スケジューリングの処理方法を選択する。

① 生産条件の設定変更

生産条件が意図したとおりに作成できているか再確認し、スケジューリング担当者の意思が正しく生産スケジューリング支援ツールへ取り込まれていることを担保する。もし、担当者の意図したものとなっていなければ、ここで必要な生産条件の補正を行う。

また、生産条件の設定変更は条件項目の再確認とその補正だけでなく、生産スケジューリング担当者の処理結果に対する納得性をさらに高める役割も果たす。それは、『図 V.3.(2).① 生産条件の変更 (例)』に示すように、担当者が条件を厳しくしたり、緩和したり生産条件の特性に合わせて変化させることにより実現する。



「c_4WD」の心理的価値曲線

(筆者作成)

図V.3.(2).① 生産条件の変更 (例)

例えば、図中の絶対条件「投入間隔を1台（固定）以上とし、担保できないときの価値を低く（▲500）設定」のように設定すれば、固定の絶対条件として必ず1台以上の投入間隔を保つようにスケジューリングされ、条件を担保できないときの心理的価値が▲500となり、規定値（▲200）よりも相対的に負の値が大きくなるため、選択される可能性が低くなる。そして、必要条件「参照係数を0.7とし、理論値に近い投入間隔を狙い、納得性を高める」のように設定すれば、必要条件の投入間隔が4台となり、4台未満の心理的価値が負の値となるため、規定値の投入間隔台数3台と比較して理論投入間隔台数に近い方向へ作用することになる。さらに、十分条件「変換係数を+200とし、心理的価値を高め設定することにより採用優位とする」のように設定すれば、十分条件成立時の心理的価値のみならず、必要条件を超える投入間隔台数であれば、規定値（+100）の場合と比較して相対的に高い心理的価値評価となり、該当生産条件が他と比較して採用優位な状況となる。

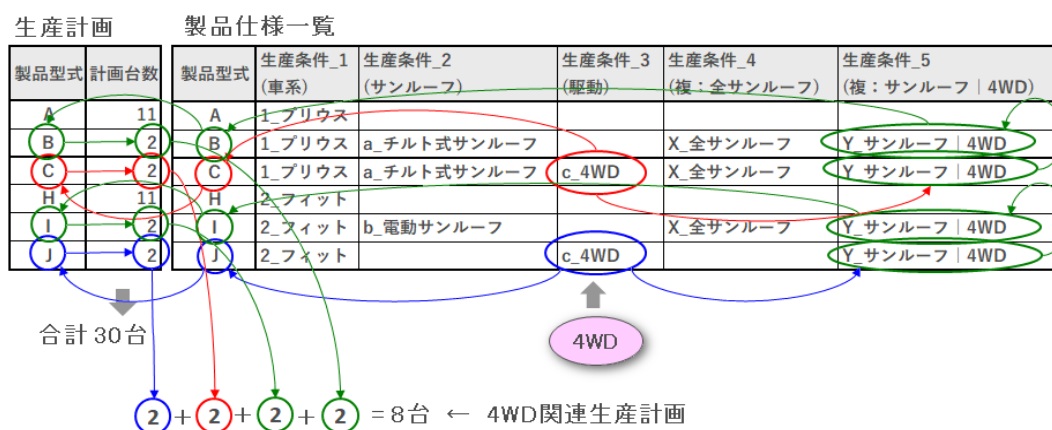
② 処理条件の設定

実際にスケジューリング担当者がどのような手順で作業を行うか、また生産スケジューリング支援ツールをどのように動作させるか、その処理モードの選択を行う。

処理手順は大別して自動的に「一括処理」する方法と、スケジューリング担当者へ配分候補の生産条件と評価値を示しながら対話的に意思決定選択する「ステップ処理」がある。

「一括処理」は、生産計画台数分を自動的に処理し、生産条件にしたがって支援ツールが意思決定代替し、生産計画台数分のスケジュール配列を自動生成する。一方の「ステップ処理」は、支援ツールがスケジュール1件ずつ生産条件にしたがって該当順位のスケジュール配列候補を示し、スケジュールリング担当者が候補の中から自身が良いと考える生産条件を選択する。また、「一括処理」と「ステップ処理」ともに1台目のスケジュールから処理を開始する「新規」と、処理途中のスケジュール配列順位から再開する「継続」の2つの処理方法がある。これらを「実行処理モード」と呼び、生産スケジュールリング支援ツール実行時に選択実行する必要がある。

次に、実行時の生産計画からスケジュール配列順への配分過程において、「出現率」と「生産条件」のどちらを優先するか、「配分処理条件モード」により選択指示する。この「配分処理条件モード」として「出現率優先（配分実績の少ない順）」を指定した場合、工程計画への分配を出現率により行い、製品型式別の生産計画台数を基に製品型式が持つ生産条件の階層ごとの生産計画比率に対して、それまでの配分実績比率の小さい方を優先候補として処理する。一方、「生産条件優先（条件満足度順）」を指定した場合は、上記「出現率優先（配分実績の少ない順）」により優先順に並べられた候補について、同じ製品系列内において生産条件の心理的価値の高い順に並べ替え、条件満足度の高い方を優先候補として処理する。上記「実行処理モード」について「一括処理」を選択した場合は、「配分処理条件モード」で指定した候補の1番目がスケジュール配列として支援ツールの意思決定代替により選択されることになる。一方、「ステップ処理」が選択された場合は、支援ツールが示した候補の中から良いと考えるものをスケジュールリング担当者の意思によって選択することになる。



(筆者作成)

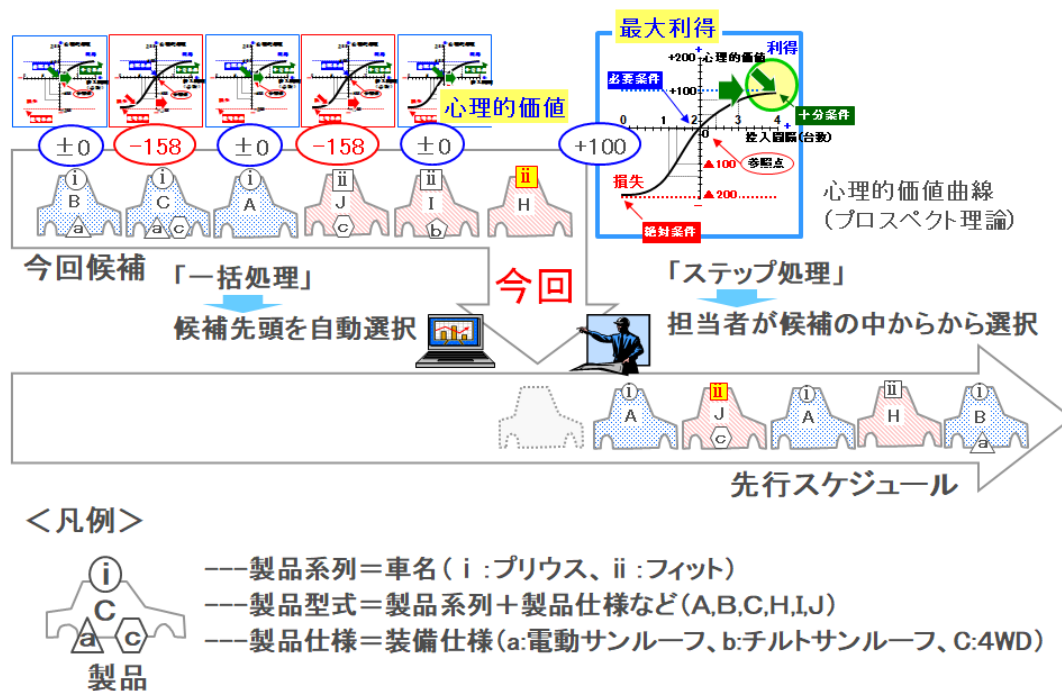
図 V.3.(2).②関連生産条件の生産計画台数合算

最後に、各生産条件の投入間隔台数条件を算定するときに個別生産条件単独の生産計画台数だけで算出するか、複合生産条件を構成している関連するすべての個別生産条件の生

産計画台数を合算して、あるべき投入間隔台数を算出するかについて「投入間隔処理モード」により選択指示する。この「投入間隔処理モード」について「単独生産条件台数（個別の生産条件のみ）」を指定した場合、各生産条件単独の生産計画台数を基に投入間隔台数を算出するため、「絶対条件」、「必要条件」、「十分条件」ともに投入間隔台数および評価値基準は厳しい条件値となる。一方、「関連生産条件合算（複合生産条件すべて）」を指定した場合は、例えば「サンルーフ」と「4WD」の両方を装備する複合生産条件が存在するとき、「4WD」の生産計画台数として「サンルーフ」と「4WD」の両方を合算するなど、関連するすべての個別生産条件の生産計画台数が合算されるため、比較的緩やかな投入間隔台数および評価値基準となる。これは、設定する生産条件が多くなり、とくに複合条件の割合が多くスケジューリング処理が困難となり、満足できる処理結果が得られなくなった場合に、投入間隔制御の緩和措置として使用する。

(3) 生産意思決定代替としての生産スケジューリング（意思実行）

生産条件および処理モードにしたがい、スケジューリング配列を決定して行く過程における候補配列の選択と決定方法について詳述する。



※『V.3.(3).② 生産条件に基づく意思決定時の候補の心理的価値の抽出』参照（筆者作成）

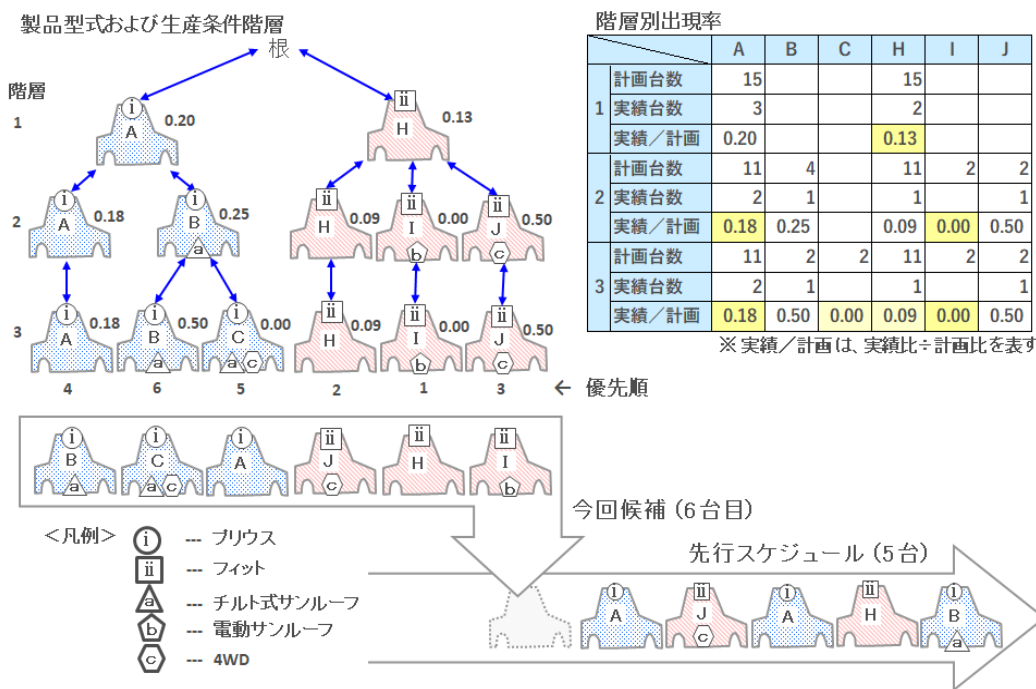
図 V.3.(3) 生産意思決定代替としての生産スケジューリング

その中核機能は、『図 V.3.(3) 生産意思決定代替としての生産スケジューリング』に示すように、スケジュール配列の決定過程における今回候補の選定にある。それは、「優先して着工すべきスケジュールはどれか」、そして「工程能力を鑑みて支障なく効率的に生産でき

るスケジュールはどれか」という2つの問題を同時に解決するか、同時解決できない場合は、その中での最良解を見つけることである。そして、ここが行動経済学に基づく行動意思決定の応用による要となる機能である。それを、今回候補（例えば合計30台のスケジュールリングを実行するときの配列6台目の候補）を決めるための「出現率に基づく候補順の決定」と「生産条件に基づく意思決定時の候補の心理的価値の抽出」、「心理的価値に基づく候補の並び替え」の作業が繰り返される。この3つの段階に分けて、機能概要を示す。

① 出現率に基づく候補順の決定

「優先して着工すべきスケジュールはどれか」、スケジュール配列の決定過程における今回候補の選定は、製品型式および生産条件に基づく出現率により行う。出現率とは、生産計画比率と配分済みの実績比率との割合を指し、実績比率を計画比率で除した数値とする。そのときの生産計画比率とは、ある製品型式または生産条件の計画数を計画合計数で除した数値を指し、同様に実績比率とは、製品型式または生産条件の配分実績数を配分実績合計数で除した数値を指す。この出現率に基づく候補順の決定イメージを『図V.3.(3).① 出現率によるスケジュール配分と今回候補優先順』に示す。図中の「製品型式および生産条件階層」に示すような製品の階層構造があり、「先行スケジュール」に示す5台がすでに決定している。また、生産計画と配分実績および出現率は「階層別出現率」の表に示すような状態にある。



(筆者作成)

図V.3.(3).① 出現率によるスケジュール配分と今回候補優先順

まず、第一階層の出現率を比較すると製品系列 ii の「フィット」側の方が小さいのでこちら側の系列が選択される。製品系列 ii の「フィット」側の第 2 階層を比較すると、生産条件 b の「電動サンルーフ」を持つ製品 I の出現率が最小であるため、これを今回候補の第 1 優先として選択する。第 2 優先以降も同じように選択する。製品系列 ii の「フィット」側に対象がなくなったら、製品系列 i の「プリウス」側を同じように探索して出現率により優先する製品型式を選択する。その結果、製品型式 I を第 1 優先とする B→C→A→J→H→I→（優先）の順番の今回候補配列を得ることができる。

② 生産条件に基づく意思決定時の候補の心理的価値の抽出

「工程能力を鑑みて支障なく効率的に生産できるスケジュールはどれか」、与えられた生産条件を担当者の意思とし、今回候補のそれぞれについて選択した場合の心理的価値を評価、抽出するものである。ここでは、行動経済学におけるプロスペクト理論を応用し、それを機能エンジンとして今回候補のすべてについて、スケジュール配列として確定済みの先行スケジュールに対する同一生産条件間の投入間隔を該当生産条件に基づき心理的価値へ変換し評価する。

なお、このときの生産条件は『表 V.3.(3).②a 生産条件表（可変、規定値）』に示すとおりである。この中、複合生産条件「X_全サンルーフ」は「a_チルト式サンルーフ」または「b_電動サンルーフ」のどちらかの個別生産条件を満たすもので、生産計画台数は両方の合計台数となる。また、「Y_サンルーフ | 4WD」は、「a_チルト式サンルーフ」または「b_電動サンルーフ」、「C_4WD」のいずれかの個別生産条件を満たすもので、生産計画台数はこれらの合計台数である。

この生産条件の「十分条件」、「必要条件」、「絶対条件」別の「投入間隔」、「参照係数」、「変換係数」を基に心理的価値は得られる。それは、利得または損失が逓減するというプロスペクト理論の特性を簡略化し、参照点である必要条件を原点 (0) とする対数値を求める疑似的数値化によって代替し心理的価値曲線とする。

表 V.3.(3).②a 生産条件表（可変、規定値）

生産条件識別	単独 複合	計画 台数	絶対条件			必要条件			十分条件		
			投入間隔	参照係数	変換係数	投入間隔	参照係数	変換係数	投入間隔	参照係数	変換係数
1_プリウス	単独	15	0	0	▲ 200	0	0.5	0	1	1	100
2_フィット	単独	15	0	0	▲ 200	0	0.5	0	1	1	100
a_チルト式サンルーフ	単独	4	0	0	▲ 200	3	0.5	0	6	1	100
b_電動サンルーフ	単独	2	0	0	▲ 200	7	0.5	0	14	1	100
c_4WD	単独	4	0	0	▲ 200	3	0.5	0	6	1	100
X_全サンルーフ	複合	6	0	0	▲ 200	2	0.5	0	4	1	100
Y_サンルーフ 4WD	複合	8	0	0	▲ 200	1	0.5	0	2	1	100

(筆者作成)

具体的には、『表V.3.(3).②b 投入間隔台数と心理的価値』に示すように、必要条件を満たしている場合は、十分条件の投入間隔台数と必要条件の投入間隔台数との差分に1を加えた値を基底とし、算出時の投入間隔台数と必要条件の投入間隔台数との差分に1を加えた値の対数を求め、条件指定された満点の係数値を乗じることにより利得を疑似的数値として得ることができる。また、必要条件を満たしていない場合は、絶対条件の投入間隔台数と必要条件の投入間隔台数との差分の絶対値に1を加えた値を基底とし、算出時の投入間隔台数と必要条件の投入間隔台数との差分の絶対値に1を加えた値の対数を求め、条件指定された及第点の係数値を乗じることにより損失を疑似的数値として得ることができる。

表 V.3.(3).②b 投入間隔台数と心理的価値

条件領域	条件区分	投入間隔	心理的価値
満点→ (満足) ↑	十分条件→	I_s → 19	100 ← M_s
		18	95
		17	90
		16	85
		15	78
		14	70
		13	60
		12	48
		11	30
		10	0 ← M_n
参照点→ (不満足) ↓	必要条件→	9	-58
		8	-92
		7	-116
		6	-134
		5	-149
		4	-162
		3	-173
		2	-183
		1	-192
		0	-200 ← M_a
及第点→	絶対条件→	I_a →	

↓
⊙ V

I_r = 実際の投入間隔
 I_s = 十分条件の投入間隔
 I_n = 必要条件の投入間隔
 I_a = 絶対条件の投入間隔

M_s = 十分条件の係数(満点)
 M_n = 必要条件の係数(参照点)
 M_a = 絶対条件の係数(及第点)

v = 利得または損失の心理的価値

(筆者作成)

これを数式で示すと、実際の投入間隔 I_r 、十分条件の投入間隔 I_s 、必要条件の投入間隔 I_n 、絶対条件の投入間隔 I_a 、十分条件の係数(満点) M_s 、必要条件の係数(参照点) M_n 、絶対条件の係数(及第点) M_a とするとき、利得または損失の心理的価値 V を下記数式により求めることができる。

$I_r \geq I_s$ のとき

$$V = M_s$$

$I_n < I_r < I_s$

$$V = (\log_{\text{abs}(I_s - I_n) + 1} (\text{abs}(I_r - I_n) + 1)) \times M_s$$

$I_r = I_n$ のとき

$$V = M_n$$

$I_a < I_r < I_n$

$$V = (\log_{(abs(Ia \cdot In)+1)} (abs(Ir \cdot In)+1)) \times Ma$$

$Ir \leq Ia$ のとき

$$V = Ma$$

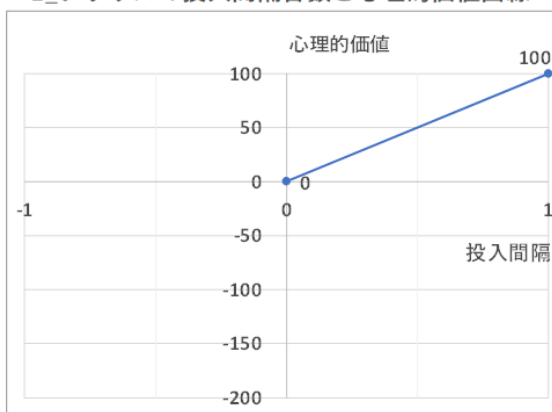
また、算定結果得られたこれら生産条件の心理的価値曲線を『図表V.3.(3).②c 投入間隔台数と心理的価値曲線』に示す。

図表 V.3.(3).②c 投入間隔台数と心理的価値曲線

1_プリアスの投入間隔台数と心理的価値

条件領域	条件区分	投入間隔台数	心理的価値
(満点→)	十分条件→	1	100
参照点→	必要条件→	0	0
(及第点→)	絶対条件→		-200

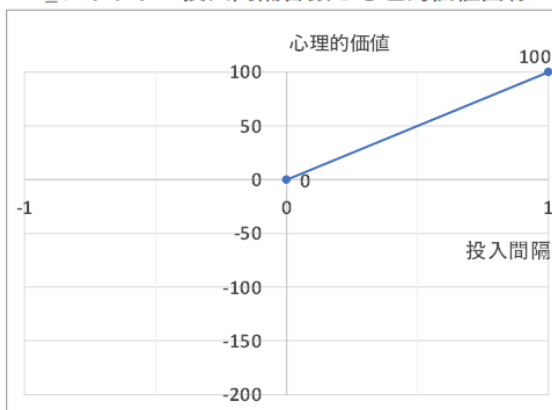
1_プリアスの投入間隔台数と心理的価値曲線



2_フィットの投入間隔台数と心理的価値

条件領域	条件区分	投入間隔台数	心理的価値
(満点→)	十分条件→	1	100
参照点→	必要条件→	0	0
(及第点→)	絶対条件→		-200

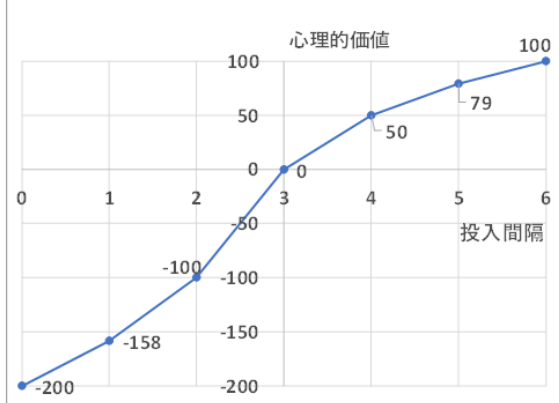
2_フィットの投入間隔台数と心理的価値曲線



a_チルト式サンルーフの投入間隔台数と心理的価値

条件領域	条件区分	投入間隔台数	心理的価値
(満点→) (満足)	十分条件→	6	100
		5	79
		4	50
↑			
参照点→	必要条件→	3	0
↓			
(不満足)	絶対条件→	2	-100
(及第点→)		1	-158
		0	-200

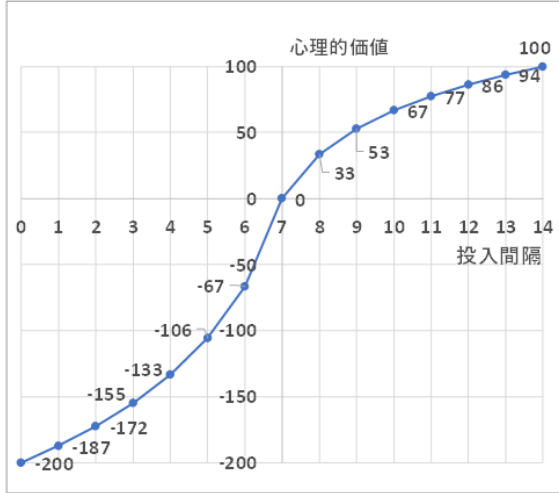
a_チルト式サンルーフの投入間隔台数と心理的価値曲線



b_電動サンルーフの投入間隔台数と心理的価値

条件領域	条件区分	投入間隔台数	心理的価値
(満点→) (満足)	十分条件→	14	100
		13	94
		12	86
		11	77
		10	67
		9	53
		8	33
↑			
参照点→	必要条件→	7	0
↓			
(不満足)	絶対条件→	6	-67
(及第点→)		5	-106
		4	-133
		3	-155
		2	-172
		1	-187
		0	-200

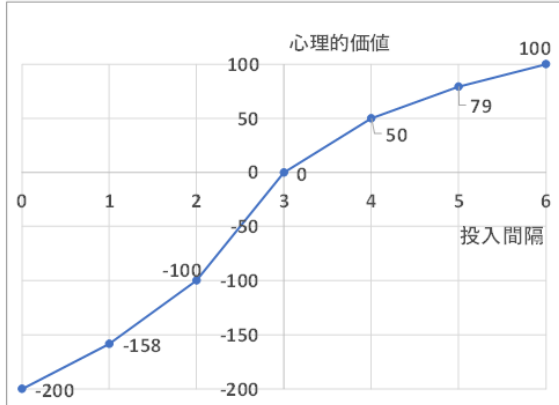
b_電動サンルーフの投入間隔台数と心理的価値曲線



4WDの投入間隔台数と心理的価値

条件領域	条件区分	投入間隔台数	心理的価値
(満点→) (満足)	十分条件→	6	100
		5	79
		4	50
↑			
参照点→	必要条件→	3	0
↓			
(不満足)	絶対条件→	2	-100
(及第点→)		1	-158
		0	-200

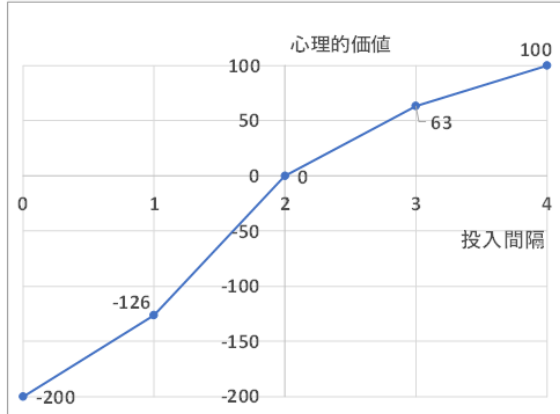
4WDの投入間隔台数と心理的価値曲線



X_全サンルーフの投入間隔台数と心理的価値

条件領域	条件区分	投入間隔台数	心理的価値
(満点→)	十分条件→	4	100
↑		3	63
参照点→	必要条件→	2	0
↓		1	-126
(及第点→)	絶対条件→	0	-200

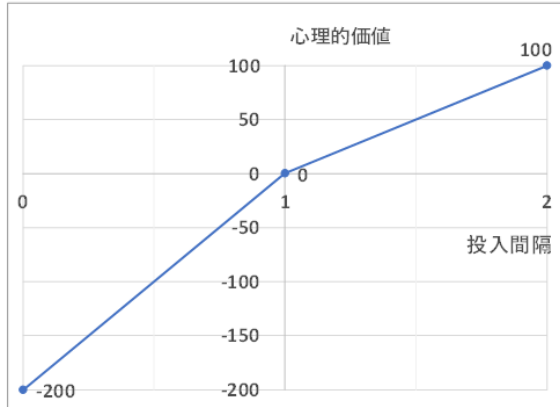
X_全サンルーフの投入間隔台数と心理的価値曲線



Y_サンルーフ | 4WDの投入間隔台数と心理的価値

条件領域	条件区分	投入間隔台数	心理的価値
(満点→)	十分条件→	2	100
参照点→	必要条件→	1	0
(及第点→)	絶対条件→	0	-200

Y_サンルーフ | 4WDの投入間隔台数と心理的価値曲線



(筆者作成)

この条件の下、今回候補 6 件のそれぞれが持つ複数の生産条件のすべてについて、先行スケジュールが持つ同一生産条件との間の投入間隔による心理的価値評価を行い、その中で一番低いものを該当候補の心理的価値とする。その結果を『図 V.3.(3).②d 今回候補の投入間隔と心理的価値評価』に示す。

まず、1 件目は、生産条件「2_フィット」の先行スケジュール「2_フィット」との投入間隔が 1 台であるから十分条件の 1 台を満たしている。また、「b_電動サンルーフ」は先行スケジュールが存在せず、十分条件の 14 台を満たしている。さらに、「b_電動サンルーフ」に関連し該当する複合条件「X_サンルーフ」は先行スケジュール「a_チルト式サンルーフ」との投入間隔が 4 台であるから十分条件の 4 台を満たしている。しかし、同様の複合条件「Y_サンルーフ | 4WD」は先行スケジュール「c_4WD」との投入間隔が 1 台であるから十分条件の 2 台は満たせないものの必要条件の 1 台は満たしている。この結果、1 件目の候補 1 の心理的価値は参照点の 0 点となる。

続く候補 2 は、生産条件「2_フィット」の先行スケジュール「2_フィット」との投入間

隔が1台であるから十分条件の1台を満たしており、その心理的価値は+100点である。

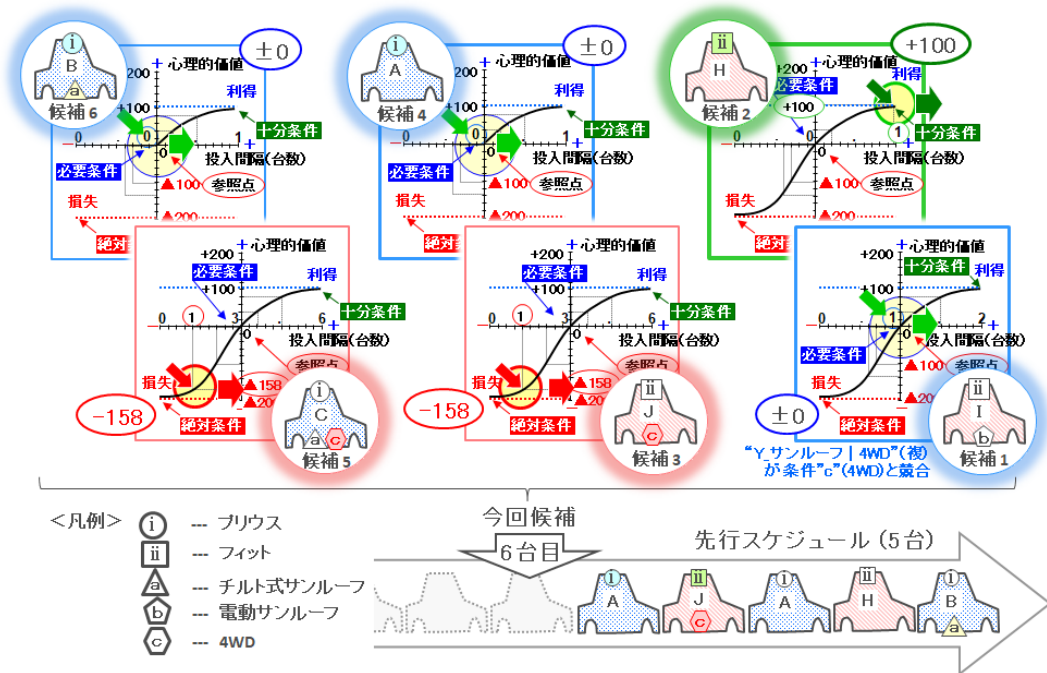
候補3は、生産条件「2_フィット」の先行スケジュール「2_フィット」との投入間隔が1台であるから十分条件の1台を満たしている。しかし、生産条件「c_4WD」は先行スケジュール「c_4WD」との投入間隔が1台であり必要条件の3台を満たせず、その心理的価値は▲158点である。なお、複合条件「Y_サンルーフ | 4WD」は先行スケジュール「c_4WD」との投入間隔が1台であり、必要条件の1台は満たしている。

候補4は、生産条件「1_プリウス」の先行スケジュール「1_プリウス」との投入間隔が0台であるから、十分条件の1台は満たせないものの必要条件の0台は満たしており、心理的価値は参照点の0点である。

候補5は、生産条件「1_プリウス」の先行スケジュール「1_プリウス」との投入間隔が0台であるから、十分条件の1台は満たせないものの必要条件の0台は満たしている。また、生産条件「a_チルト式サンルーフ」は先行スケジュール「a_チルト式サンルーフ」との投入間隔が4台であるから、十分条件の6台は満たせないものの必要条件の3台は満たしている。しかし、生産条件「c_4WD」は先行スケジュール「c_4WD」との投入間隔が1台であり必要条件の3台を満たせず、その心理的価値は▲158点である。なお、複合条件「X_サンルーフ」は先行スケジュール「a_チルト式サンルーフ」との投入間隔が4台であるから十分条件の4台を満たしている。同様に、複合条件「Y_サンルーフ | 4WD」は先行スケジュール「c_4WD」との投入間隔が1台であり、必要条件の1台は満たしている。

候補6は、生産条件「1_プリウス」の先行スケジュール「1_プリウス」との投入間隔が0台であるから、十分条件の1台は満たせないものの必要条件の0台は満たしている。また、生産条件「a_チルト式サンルーフ」は先行スケジュールとの投入間隔が4台であるから、十分条件の6台は満たせないものの必要条件の3台は満たしている。さらに、「a_チルト式サンルーフ」に関連し該当する複合条件「X_サンルーフ」は先行スケジュール「a_チルト式サンルーフ」との投入間隔が4台であるから十分条件の4台を満たしている。同様に複合条件「Y_サンルーフ | 4WD」は先行スケジュール「c_4WD」との投入間隔が1台であるから十分条件の2台は満たせないものの必要条件の1台は満たしている。この結果、候補6の心理的価値は参照点の0点である。

これらの結果は、「配分処理条件モード」として「出現率優先（配分実績の少ない順）」を指定し、かつ「実行処理モード」として「一括処理」を指定している場合は、支援ツールによって意思決定代替され、心理的価値の評価結果に関係なく出現率を基に選択した今回候補の中の候補1が無条件に今回のスケジュール配列として自動的に選択される。また、「実行処理モード」として「ステップ処理」を指定している場合は、ここで評価した心理的価値を今回候補順とともに表示し、スケジュール担当が良いと思うものを今回候補の中から選択することによって今回のスケジュール配列として決定することができる。



(筆者作成)

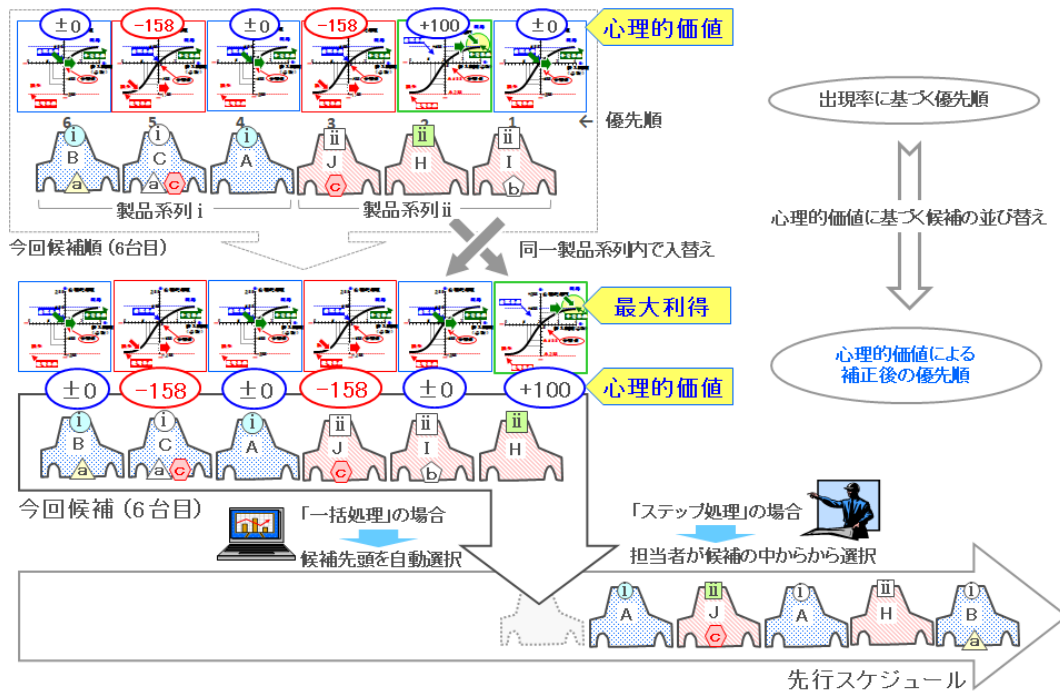
図 V.3.(3).②d 今回候補の投入間隔と心理的価値評価

③ 心理的価値に基づく候補の並び替え

出現率に基づく今回候補選択に続き、「工程能力を鑑みて支障なく効率的に生産できるスケジュールはどれか」、それぞれの候補選択時の投入間隔から受ける心理的価値に基づき評価し、その中での最良解を見つけ出すものである。

具体的には、最上位階層の生産条件を製品系列(必須)としたことにより、出現率に基づく今回候補順は製品系列順に並んでいる。そこで、生産条件最上位階層について今回候補先頭の製品系列との同一の製品系列の範囲において、心理的価値の降順(数値の大きい順)に並び替える。ただし、同一製品系列内に必要条件を満たす(心理的価値が正の数値)候補が存在しない場合に限って、その次の製品系列を含む範囲で並び替えを行う。これを『図 V.3.(3).③ 心理的価値に基づく今回候補の並び替え補正』に示す。

この結果は、「配分処理条件モード」として「生産条件優先(条件満足度順)」を指定し、かつ「実行処理モード」として「一括処理」を指定している場合は、支援ツールによって意思決定代替され、心理的価値の評価結果にしたがい選択した今回候補の中の候補1が無条件に今回のスケジュール配列として自動的に選択される。そして、「実行処理モード」として「ステップ処理」を指定している場合は、ここで評価した心理的価値を今回候補順とともに表示し、スケジュール担当者が良いと思うものを今回候補の中から選択することによって今回のスケジュール配列として決定することもできる。



(筆者作成)

図 V.3.(3).③ 心理的価値に基づく今回候補の並び替え補正

(4) 生産意思決定代替結果の確認・修正と最終意思決定

生産条件の網羅性と競合生産条件間の調停結果をスケジューリング担当者自身が再確認し、修正すべき点があれば並び順を入れ替え修正することによって、より条件満足度の高い工程計画として完成度を上げて行くものである。そして、担当者自身が最終意思決定することにより納得性が得られる工程計画として完成させる。

例えば、「配分処理条件モード」として「生産条件優先（条件満足度順）」を指定し、「実行処理モード」として「一括処理」を指定して実行した生産スケジューリングの実行結果を『図 V.3.(4) 処理結果の入れ替え』に示す。このとき、最終 30 台目の「製品型式 C」は、「生産条件_4」の複合条件「X_全サンルーフ」に対し、先行する 28 台目の「X_全サンルーフ」との投入間隔が 1 台のため、必要条件の投入間隔 2 台を確保できず、「評価」欄の「最低」値に示すように心理的価値が▲126（『図表 V.3.(3).②b 投入間隔台数と心理的価値曲線』参照）となり評価を下げている。この場合、26 台目と 28 台目、29 台目と 30 台目のそれぞれを入れ替えることによって、複合条件「X_全サンルーフ」の必要条件 2 台を確保できるようになり、心理的価値評価の改善が見込める。

実際に 26 台目の「製品型式 H」と 28 台目の「製品型式 I」を入れ替えると、30 台目の「製品型式 C」は複合条件「X_全サンルーフ」の先行する 26 台目の「X_全サンルーフ」

との投入間隔が3台となり、十分条件の4台は満たせないものの必要条件の2台を満たし、その心理的価値評価は+63に改善した。その代わりに、入れ替わった26台目の「製品型式I」は、複合条件「X_全サンルーフ」の先行する23台目の「X_全サンルーフ」との投入間隔が2台となり、必要条件の2台を満たすものの心理的価値評価を0に下げる結果となった。しかし、工程計画全体の心理的価値の合計評価点（リスト最終行の下に表示）は+2674（平均89.1）から+2763（平均92.1）に改善させることができる。

さらに、29台目の「製品型式H」と30台目の「製品型式C」を入れ替えると、30台目の「製品型式H」の生産条件「2_フィット」の先行する28台目の「2_フィット」との投入間隔が1台となり、十分条件の1台を満たし、心理的価値評価を+100に上げ改善した。その代わりに、入れ替わった29台目の「製品型式C」は、複合条件「X_全サンルーフ」の先行する26台目の「X_全サンルーフ」との投入間隔が2台となり、必要条件の2台を満たすものの心理的価値評価を0に下げる結果となった。しかし、工程計画全体の心理的価値の合計評価点は+2800（93.3）となり、さらに改善できる。

このように、「工程計画リスト」の心理的価値の「評価」欄に記録された生産スケジューリング処理結果を見て、生産条件の競合などにより心理的価値評価の低い並び順を見つけて満足できるまで修正し、納得性の高い工程計画とすることができる。

(スケジューリング直後)

No	評価			製品型式	生産条件_1 (車系)	生産条件_2 (サンルーフ)	生産条件_3 (駆動)	生産条件_4 (複:全サンルーフ)	生産条件_5 (複:サンルーフ 4WD)
	最低	最高	平均						
1	100	100	100	B	1_プリウス	a_チルト式サンルーフ		X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD
22	100	100	100	H	2_フィット				
23	100	100	100	B	1_プリウス	a_チルト式サンルーフ		X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD
24	100	100	100	H	2_フィット				
25	100	100	100	A	1_プリウス				
26	100	100	100	H	2_フィット				
27	100	100	100	A	1_プリウス				
28	100	100	100	I	2_フィット	b_電動サンルーフ		X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD
29	0	0	0	H	2_フィット				
30	-126	100	35	C	1_プリウス	a_チルト式サンルーフ	c_4WD	X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD
GT 2674									
Av 89.1									
Mi -126									

(26⇔28 入替え)

No	評価			製品型式	生産条件_1 (車系)	生産条件_2 (サンルーフ)	生産条件_3 (駆動)	生産条件_4 (複:全サンルーフ)	生産条件_5 (複:サンルーフ 4WD)
	最低	最高	平均						
1	100	100	100	B	1_プリウス	a_チルト式サンルーフ		X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD
22	100	100	100	H	2_フィット				
23	100	100	100	B	1_プリウス	a_チルト式サンルーフ		X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD
24	100	100	100	H	2_フィット				
25	100	100	100	A	1_プリウス				
26	0	100	75	I	2_フィット	b_電動サンルーフ		X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD
27	100	100	100	A	1_プリウス				
28	100	100	100	H	2_フィット				
29	0	0	0	H	2_フィット				
30	63	100	93	C	1_プリウス	a_チルト式サンルーフ	c_4WD	X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD
GT 2763									
Av 92.1									
Mi 0									

(29⇔30 入替え)

No	評価			製品型式	生産条件_1 (車系)	生産条件_2 (サンルーフ)	生産条件_3 (駆動)	生産条件_4 (履:全サンルーフ)	生産条件_5 (履:サンルーフ 4WD)
	最低	最高	平均						
1	100	100	100	B	1_プリウス	a_チルト式サンルーフ		X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD
22	100	100	100	H	2_フィット				
23	100	100	100	B	1_プリウス	a_チルト式サンルーフ		X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD
24	100	100	100	H	2_フィット				
25	100	100	100	A	1_プリウス				
26	0	100	75	I	2_フィット	b_電動サンルーフ		X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD
27	100	100	100	A	1_プリウス				
28	100	100	100	H	2_フィット				
29	0	100	76	C	1_プリウス	a_チルト式サンルーフ	c_4WD	X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD
30	100	100	100	H	2_フィット			X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD

GT 2800
 Av 93.3
 Mi 0

(筆者作成)

図 V.3.(4) 処理結果の入れ替え

VI 中小企業に適した生産スケジューリング支援ツールの実現

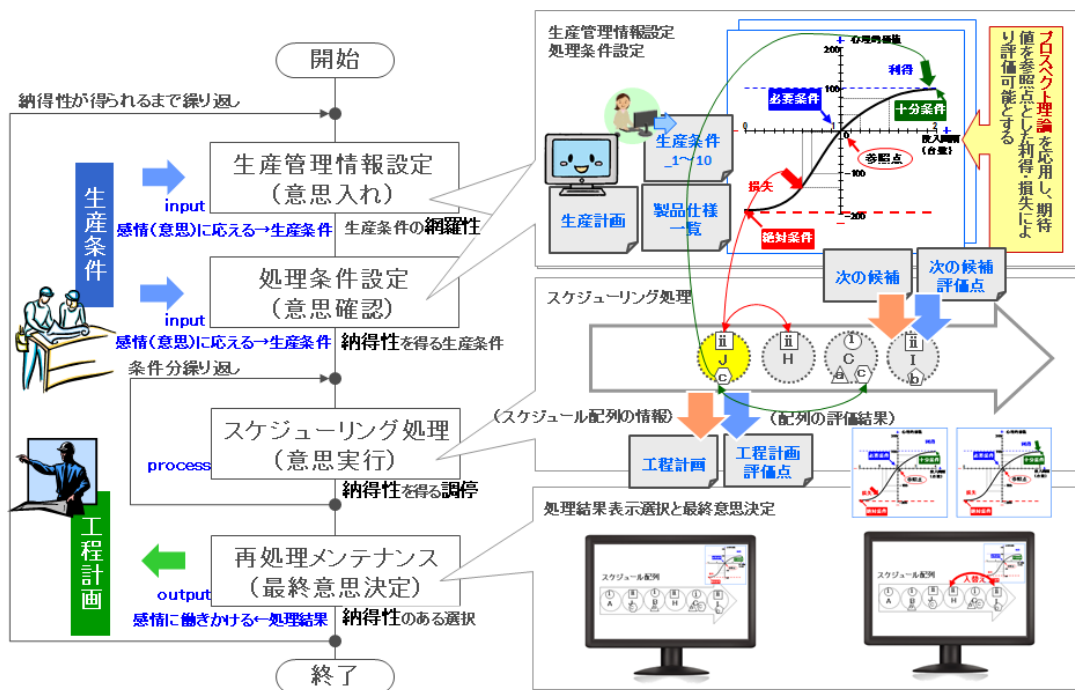
前章を具体化するものとして、広く社会で利用されている表計算ソフト Microsoft Excel を用いて、一般（非 IT）人材レベルで制作可能な生産スケジューリング支援ツールをプロトタイプ制作する方法を具体的に示すものである。ただし、先の研究 [野村、2018] で示した「新しい生産スケジューリング手法の構造」と比較した場合、この支援ツールは Microsoft Excel の機能に起因する若干の機能制約を受けるものとなった。

なお、紙幅の関係により概要と機能評価の要約にとどめた。

1 生産スケジューリング支援ツールの概要とその基本機能

プロトタイプとして制作した生産スケジューリング支援ツールの機能概要を『図 VI.1a 生産スケジューリング支援ツールの基本構造とプロスペクト理論』に示す。その基本構造は、まず「生産管理情報設定」および「処理条件設定」において生産条件を設定し、意思決定代替のために必要な担当者の意思決定のための判断基準として取り込む。そして、「スケジューリング処理」において担当者に代わって工程計画を立案し、その処理結果を報告する。最後に「再処理メンテナンス」において、担当者は処理結果が満足できるものであるか確認し、修正が必要であればスケジュール順を入替えるなど、スケジューリング担当者の納得できる工程計画が得られるまで繰り返し、最終意思決定を図るというものである。

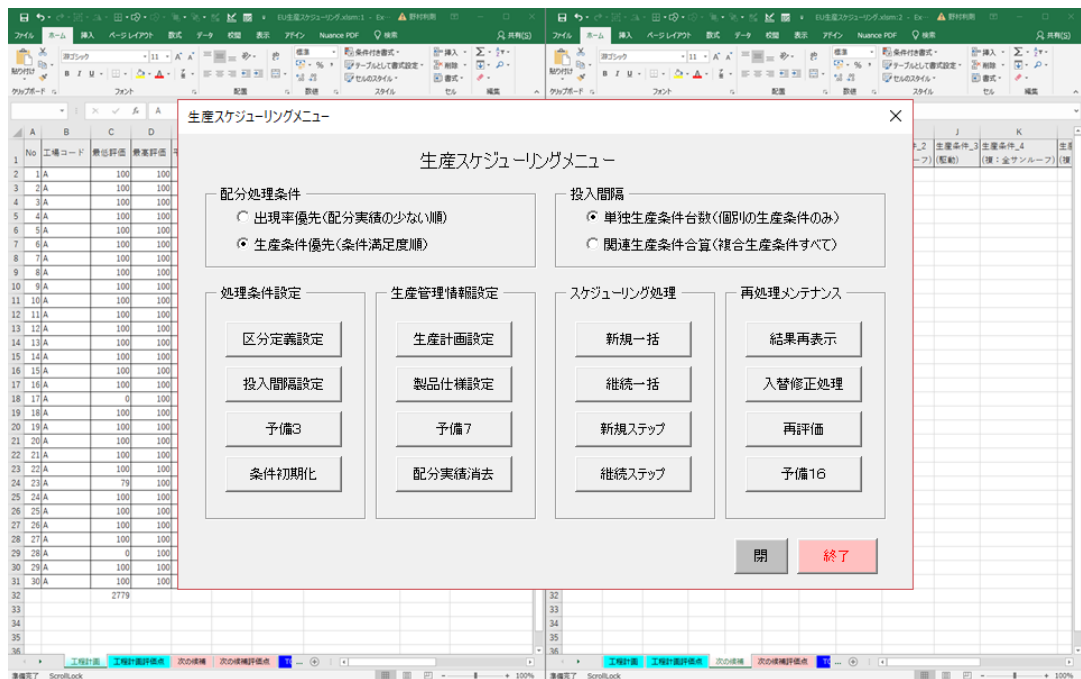
また、処理構造の複雑化を避け、特別な IT スキルを持たない一般（非 IT）の人材レベルで制作可能とするため、すべての候補が不合格となった場合の「スケジューリングの蒔き直し」は実装しないものとし、これに代えて担当者による処理途中からの継続処理または入替え修正処理に依存することとした。これらが、[野村、2018] との相違点であり、本プロトタイプの機能的制約となる。



(筆者作成)

図VI.1a 生産スケジューリング支援ツールの基本構造とプロスペクト理論

なお、本プロトタイプは Microsoft Excel 2016 を使用して制作し、“ EU 生産スケジューリング.xlsx” (名称可変) というファイルを開くことによって自動実行する構造とした。支援ツールは起動後、『図VI.1b 生産スケジューリング支援ツールのメニュー画面』に示す左右に配置した 2 枚のワークシートとメニュー画面が表示され、担当者からの要求にしたがい各種支援機能を実行するように設定している。そして、Microsoft Excel の基本機能だけでは実現できない機能は Microsoft Excel VBA (Visual Basic for Applications : ビジュアルベーシック・フォー・アプリケーションズ) という簡易的なプログラミング言語を使って補完しながら生産スケジューリング業務の支援機能を実現している。



(筆者作成)

図VI.1b 生産スケジューリング支援ツールのメニュー画面

2 中小企業に適した生産スケジューリング支援ツールの評価

プロトタイプとして示した生産スケジューリング支援ツールの実現機能とその処理結果を振り返りながら順を追って示す。その主な機能は、平準化を図るための『VI.2.(1) 出現率による生産スケジューリング処理』、行動経済学のプロスペクト理論を応用し生産条件間の調停を図る『VI.2.(2) 生産条件優先による生産スケジューリング処理』、スケジューリング担当者とスケジューリング支援ツールが協働し納得性を高める『VI.2.(3) 生産スケジューリング担当者による入替え操作』の3つである。プロトタイプは、この3つの機能により生産条件の「網羅性」、スケジューリング結果への「納得性」、競合する生産条件間の「調停」機能という生産スケジューリング問題の課題解決を実現している。

(1) 出現率による生産スケジューリング処理

検証する生産モデルはA、B、C、H、I、Jの6つの製品型式があり、『図V.3.(1).②a 生産条件の生産計画台数』に示した生産計画台数と生産条件により構成されている。このとき、「生産条件_1」→「生産条件_2」→「生産条件_3」・・・「生産条件_10」の階層順にそれぞれの出現率（生産計画台数比率に対する配分実績台数比率との関係）に従って配分した生産スケジューリング処理結果が『図VI.2.(1) 出現率優先工程計画』に示す工程計画である。

生産条件の上位階層から下位階層に向かって階層順に配分するため、最上位階層の「生産条件_1(車系)」は出現率にしたがいうまく配分できている。「生産条件_2(サンルーフ)」になると、「a_チルト式サンルーフ」と「b_電動サンルーフ」は別仕様として扱われるため、出現率としては正しく配分できていても、前後の投入間隔は考慮できない。「生産条件_4(複：全サンルーフ)」「生産条件_5(複：サンルーフ | 4WD)」も同様に上位階層で配分が事実上確定し、前後の投入間隔は考慮されていない。その結果、心理的評価値の合計値は2,100(平均72.4)に留まった。

このように、出現率だけで配分した場合、個々の生産条件の出現率を守れても、生産条件間の前後関係の投入間隔を一定に保つことができないことが分かる。

No	工場コード	最低評価	最高評価	平均評価	製品型式	生産条件_1 (車系)	生産条件_2 (サンルーフ)	生産条件_3 (駆動)	生産条件_4 (複：全サンルーフ)	生産条件_5 (複：サンルーフ 4WD)	生産条件_6	生産条件_7	生産条件_8	生産条件_9	生産条件_10
1															
2	1A	100	100	100	B	1_ブリウス	a_チルト式サンルーフ		X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD					
3	2A	-200	100	-50	I	2_フィット	b_電動サンルーフ		X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD					
4	3A	100.0	100	100	A	1_ブリウス									
5	4A	0.0	100	67	J	2_フィット		c_4WD		Y_サンルーフ 4WD					
6	5A	100.0	100	100	A	1_ブリウス									
7	6A	100.0	100	100	H	2_フィット									
8	7A	100.0	100	100	A	1_ブリウス									
9	8A	100.0	100	100	H	2_フィット									
10	9A	50.0	100	90	C	1_ブリウス	a_チルト式サンルーフ	c_4WD	X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD					
11	10A	100.0	100	100	H	2_フィット									
12	11A	100.0	100	100	A	1_ブリウス									
13	12A	100.0	100	100	H	2_フィット									
14	13A	100.0	100	100	A	1_ブリウス									
15	14A	100.0	100	100	H	2_フィット									
16	15A	100.0	100	100	A	1_ブリウス									
17	16A	100.0	100	100	H	2_フィット									
18	17A	100.0	100	100	B	1_ブリウス	a_チルト式サンルーフ		X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD					
19	18A	-200.0	100	-50	I	2_フィット	b_電動サンルーフ		X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD					
20	19A	100.0	100	100	A	1_ブリウス									
21	20A	0.0	100	67	J	2_フィット		c_4WD		Y_サンルーフ 4WD					
22	21A	100.0	100	100	A	1_ブリウス									
23	22A	100.0	100	100	H	2_フィット									
24	23A	100.0	100	100	A	1_ブリウス									
25	24A	100.0	100	100	H	2_フィット									
26	25A	50.0	100	90	C	1_ブリウス	a_チルト式サンルーフ	c_4WD	X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD					
27	26A	100.0	100	100	H	2_フィット									
28	27A	100.0	100	100	A	1_ブリウス									
29	28A	100.0	100	100	H	2_フィット									
30	29A	100.0	100	100	A	1_ブリウス									
31	30A	100.0	100	100	H	2_フィット									
32	Total			2100.0											
33	Ave.			72.4											
34	Min.			-200.0											

(筆者作成)

図VI.2.(1) 出現率優先工程計画

(2) 生産条件優先による生産スケジュールリング処理

前項『VI.2.(1) 出現率による生産スケジュールリング処理』に対して、各階層の配分前に投入間隔による生産条件の評価値順の候補選択を加えた場合、『図VI.2.(2) 生産条件優先工程計画』に示すように工程計画終盤の29台目と30台目に修正の必要性が認められる程度まで配分の平準化が大きく改善した。その結果、心理的評価値の合計値が2,674(平均92.2)まで改善した。これにより、行動経済学の応用による生産条件としての投入間隔台数の心理的価値評価と意思決定代替処理の有効性を証明することができた。

No	工場コード	最低評価	最高評価	平均評価	製品型式	生産条件_1 (標準)	生産条件_2 (サンルーフ)	生産条件_3 (駆動)	生産条件_4 (複:全サンルーフ)	生産条件_5 (複:サンルーフ 4WD)	生産条件_6	生産条件_7	生産条件_8	生産条件_9	生産条件_10
1	1A	100	100	100	B	1_プリウス	a_チルト式サンルーフ		X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD	0	0	0	0	0
2	2A	100	100	100	H	2_フィット									
3	2A	100	100	100	A	1_プリウス									
4	3A	100.0	100	100	A	1_プリウス									
5	4A	100.0	100	100	J	2_フィット		c_4WD		Y_サンルーフ 4WD					
6	5A	100.0	100	100	A	1_プリウス									
7	6A	100.0	100	100	H	2_フィット									
8	7A	100.0	100	100	A	1_プリウス									
9	8A	100.0	100	100	I	2_フィット	b_電動サンルーフ		X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD					
10	9A	100.0	100	100	A	1_プリウス									
11	10A	100.0	100	100	H	2_フィット									
12	11A	100.0	100	100	A	1_プリウス									
13	12A	100.0	100	100	H	2_フィット									
14	13A	100.0	100	100	C	1_プリウス	a_チルト式サンルーフ	c_4WD	X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD					
15	14A	100.0	100	100	H	2_フィット									
16	15A	100.0	100	100	A	1_プリウス									
17	16A	100.0	100	100	H	2_フィット									
18	17A	100.0	100	100	A	1_プリウス									
19	18A	100.0	100	100	H	2_フィット									
20	19A	100.0	100	100	A	1_プリウス									
21	20A	100.0	100	100	J	2_フィット		c_4WD		Y_サンルーフ 4WD					
22	21A	100.0	100	100	A	1_プリウス									
23	22A	100.0	100	100	H	2_フィット									
24	23A	100.0	100	100	B	1_プリウス	a_チルト式サンルーフ		X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD					
25	24A	100.0	100	100	H	2_フィット									
26	25A	100.0	100	100	A	1_プリウス									
27	26A	100.0	100	100	H	2_フィット									
28	27A	100.0	100	100	A	1_プリウス									
29	28A	100.0	100	100	I	2_フィット	b_電動サンルーフ		X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD					
30	29A	0	0	0	H	2_フィット									
31	30A	-126.0	100	0	C	1_プリウス	a_チルト式サンルーフ	c_4WD	X_全サンルーフ	Y_サンルーフ 4WD					
32	Total	2674.0													
33	Ave.	92.2													
34	Min.	-126.0													

(筆者作成)

図VI.2.(2) 生産条件優先工程計画

(3) 生産スケジューリング担当者による入替え操作

前項『VI.2.(2) 生産条件優先による生産スケジューリング処理』結果、修正の必要性が認められる工程計画終盤の 29 台目と 30 台目に対する入替え操作による改善を試みる。担当者による入替え操作の一例として、まず 26 台目と 28 台目のフィットを入れ替える。さらに、29 台目のフィットと 30 台目のプリウスを入れ替えることによって、『図VI.2.(3) 入替え操作後の工程計画』に示すように心理的評価値の合計値を 2,800 (平均 93.3) まで高めることができた。

この入替え操作を、その結果を見ながら実行できる点が本件生産スケジューリングの特徴のひとつであり、行動経済学の応用による生産条件としての投入間隔台数の心理的価値評価と意思決定の有効性を示すものである。

No	工場コード	最低評点	最高評点	平均評点	製品型式	生産条件_1 (車重)	生産条件_2 (サドルーフ)	生産条件_3 (駆動)	生産条件_4 (種: 全サドルーフ)	生産条件_5 (種: サドルーフ 4WD)	生産条件_6 (0)	生産条件_7 (0)	生産条件_8 (0)	生産条件_9 (0)	生産条件_10 (0)
2	1A	100	100	100	B	1.ブリクス	a_チルト式サドルーフ		X_全サドルーフ	Y_サドルーフ 4WD					
3	2A	100	100	100	H	2.フィット									
4	3A	100.0	100	100	A	1.ブリクス									
5	4A	100.0	100	100	J	2.フィット		c_4WD		Y_サドルーフ 4WD					
6	5A	100.0	100	100	A	1.ブリクス									
7	6A	100.0	100	100	H	2.フィット									
8	7A	100.0	100	100	A	1.ブリクス									
9	8A	100.0	100	100	J	2.フィット	b_電動サドルーフ		X_全サドルーフ	Y_サドルーフ 4WD					
10	9A	100.0	100	100	A	1.ブリクス									
11	10A	100.0	100	100	H	2.フィット									
12	11A	100.0	100	100	A	1.ブリクス									
13	12A	100.0	100	100	H	2.フィット									
14	13A	100.0	100	100	C	1.ブリクス	a_チルト式サドルーフ	c_4WD	X_全サドルーフ	Y_サドルーフ 4WD					
15	14A	100.0	100	100	H	2.フィット									
16	15A	100.0	100	100	A	1.ブリクス									
17	16A	100.0	100	100	H	2.フィット									
18	17A	100.0	100	100	A	1.ブリクス									
19	18A	100.0	100	100	H	2.フィット									
20	19A	100.0	100	100	A	1.ブリクス									
21	20A	100.0	100	100	J	2.フィット		c_4WD		Y_サドルーフ 4WD					
22	21A	100.0	100	100	A	1.ブリクス									
23	22A	100.0	100	100	H	2.フィット									
24	23A	100.0	100	100	B	1.ブリクス	a_チルト式サドルーフ		X_全サドルーフ	Y_サドルーフ 4WD					
25	24A	100.0	100	100	H	2.フィット									
26	25A	100.0	100	100	A	1.ブリクス									
27	26A	0.0	100	75	J	2.フィット	b_電動サドルーフ		X_全サドルーフ	Y_サドルーフ 4WD					
28	27A	100.0	100	100	A	1.ブリクス									
29	28A	100.0	100	100	H	2.フィット									
30	29A	0.0	100	75	C	1.ブリクス	a_チルト式サドルーフ	c_4WD	X_全サドルーフ	Y_サドルーフ 4WD					
31	30A	100.0	100	100	H	2.フィット									
32	Total			2800.0											
33	Ave.			93.3											
34	Min.			0.0											

(筆者作成)

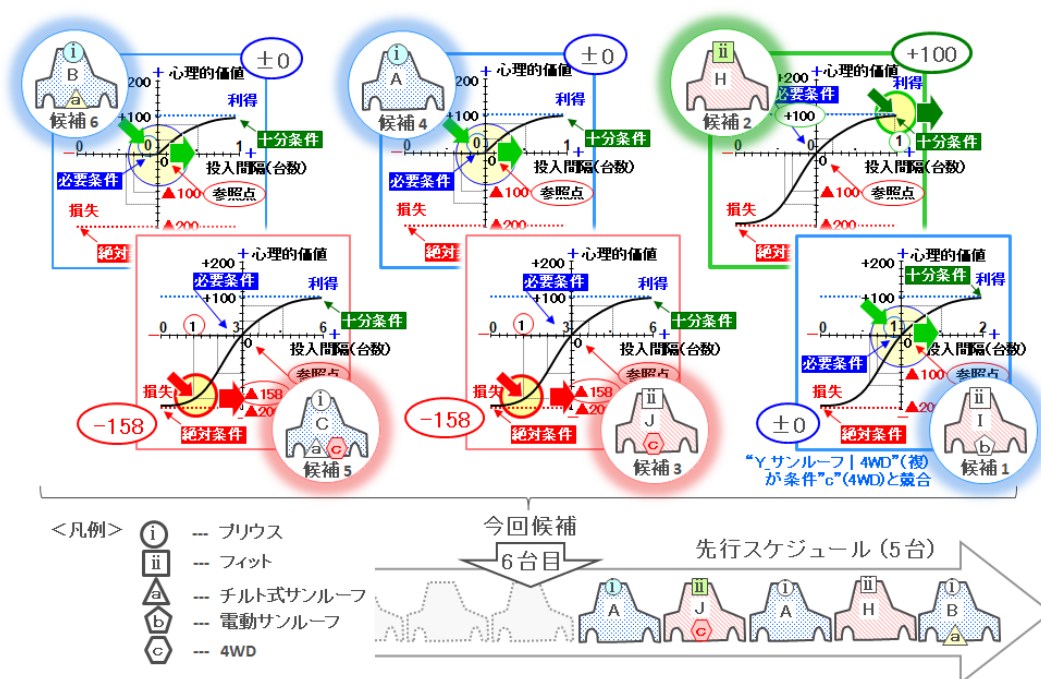
図VI.2.(3) 入替え操作後の工程計画

VII 中小企業の次世代生産システム対応と生産スケジューリング (まとめ)

本研究は、次世代生産システムが求める生産連動に対し生産現場、とりわけ中小企業が対応できるかという疑問から始まった。実際の生産工程には、生産に着手するための生産意思決定としての生産スケジューリングが存在し、現実として人の介入なしに実行できない現場の姿があった。また、そこには既存の生産スケジューリング技法または手法だけでは解決することが困難な問題があり、処理条件としての生産条件に対する「網羅性」を高めつつ、スケジューリング結果への「納得性」を得るための人間の判断と意思決定行動に代わるある種「調停」機能のような役割の必要性という課題があった。それは、生産連動を実現するためには生産スケジューリングにおける人の介入の極小化が課題であることを示していた。

そして、その研究過程において生産意思決定に対して行動経済学を応用し生産スケジューリング支援ツールを制作した。その処理結果は、行動経済学のプロスペクト理論を応用によって期待どおりの「調停」機能を発揮し、スケジューリング担当者とスケジューリング支援ツールが協働することによって納得性を高め満足を得られるものであった。それは、これまでに前例のない行動経済学の応用が、生産意思決定としての生産スケジューリングに対して有効であることを証明するものとなった。

その処理概要を『図VIIa 投入間隔と心理的価値評価に基づく候補選択（再掲）』に示す。すでに順序が決まった先行スケジュール（製品型式別の順序：A→J→A→H→B→前方）があり、その次の順序候補として今回候補（製品型式別の出現率に基づく優先順序：B→C→A→J→H→I→優先）があるとき、今回候補の製品型式に対して製品系列や製品仕様に基づき設定されている生産条件について、先行する前方スケジュール内の同一生産条件のスケジュールとの間の投入間隔から得られる利得または損失を心理的価値曲線に基づいて心理的価値へ変換し、利得の大きいもの（損失の少ないもの）を選択することによって、納得性の高い工程計画を生成するものである。この場合、今回候補の中から心理的価値が候補中最大の+100となる候補2の製品型式Hを選択する。



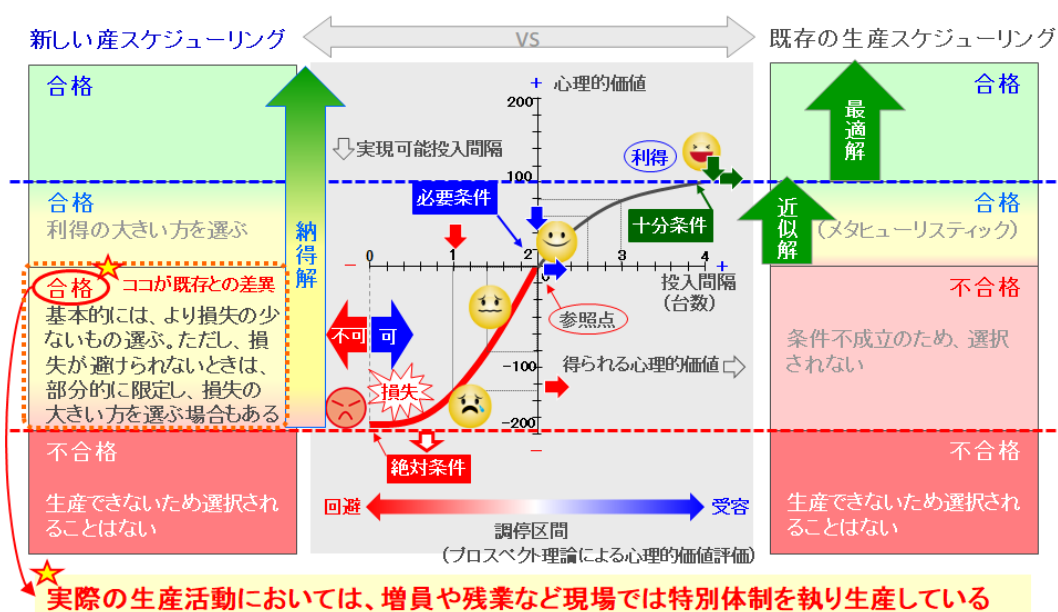
(筆者作成)

図VIIa 投入間隔と心理的価値評価に基づく候補選択（再掲）

この中小企業における新しい生産スケジューリングを実現するため、生産スケジューリング支援ツールの制作過程において明らかになったことは、課題に対応し問題解決する原動力は情報通信技術そのものではなく、問題解決の技術や知識であること。本研究においては、行動経済学という行動意思決定の研究に基づく知見とその応用による解決方法、とりわけプロスペクト理論がその中核機能を果たしているという事実である。

そもそも、多くの変数条件から成り立つ生産活動の中で行われる生産意思決定としての生産スケジューリングにおいて、その一部の条件だけを見て合理的意思決定を下すことは不可能である。結局のところ、スケジューリング担当者が正しいと感じ、実行に移すことのできるスケジューリング結果が良いスケジュールなのである。それは、生産スケジュー

リング担当者には、スケジューリング結果としての工程計画に対して実行責任がともなうからである。その意味において、プロスペクト理論に基づく生産条件選択の心理的価値評価は、スケジューリング担当者が処理結果から受ける利得損失の心理的価値を疑似的に扱い、生産スケジューリングツールによるスケジューリング担当者に代わる意思決定代替をうまく実現している。それを『図VIIb プロスペクト理論による心理的価値評価の有効性』に示す。それは、増員や残業などの生産体制を執りながら対応している実際の生産活動の状況を選択することができている。



(筆者作成)

図VIIb プロスペクト理論による心理的価値評価の有効性

また、新しい生産スケジューリングを実現するにあたり、IoT としてのインダストリー 4.0 の真の姿を捉えるとともに、中小企業が次世代生産システムに対応して迅速な生産意思決定をするために何が必要か探った。その結果、IoT としてのインダストリー4.0 が、その有用性を唱える研究者やビジネスジャーナリズムが主張するように急激に発展し導入が進むことはないこと。また、魔法の杖は存在せず、情報通信技術だけでは企業が抱える問題を解決することはできないこと。それは、人や生産設備、情報システムをはじめとするすべての生産資源が一体となって構成されたものが生産システムであるから、もし生産設備はそのまま変わらず、情報システムだけを刷新しても根本的な生産能力や製造品の付加価値は変わらず、導入コストとオペレーションコストが増加するだけとなること。そして、そもそもシステム導入しようにも、中小企業には対応できる IT 人材がないのであるから、つまるところ外部 IT ベンダーへシステム開発を丸投げし、その結果、思ったようなシステムを構築できず使われないものとなり、これまでの悪循環の繰り返しとなることが分かった。

さらに、中小企業には特急オーダーの飛び込みがあり、これに可及的速やかに対応するためには、すでにスケジューリング済みの工程計画に割り込ませたり、未着工工程計画の再スケジューリングが必要となる。したがって、再スケジューリングを含む日々の生産スケジューリングは製造部門任せ、いや製造部門でしか行うことができないのである。そして、担当者へのヒヤリング調査により、生産スケジューリングに必要な生産条件の選好傾向は製品やスケジューリング担当者の経験によって異なることも分かった。さらに、規模の小さい企業はマスターデータ管理のしくみが整備されていないため、生産スケジューリングが必要とする生産条件を既存データから流用することは難しく、個別に生産スケジューリングだけのための生産条件データの生成が必要となることも分かった。

これらを踏まえて、中小企業が将来の次世代生産システムを見据え、また現状の課題解決のために情報システム導入を図るためには、特別な IT スキルを持たない一般の人材であっても活用できる、例えば **Microsoft Excel** のような平易な表計算ソフトを利用することが、結果として新しい生産スケジューリングを幅広く中小企業においても活用できる可能性を高めることになること。また、IT ベンダーなどへ丸投げせず、自ら参画または制作することは IT スキルを身に付け、来るべき次世代生産システムの到来において「新たな IT 人材」となって、生産スケジューリングなどの課題に対する対応をさらに進化させることが期待できるなど、中小企業が抱える諸問題を解決するための「現場 IT 力」の強化にもつながる。そして、このスキルを生産スケジューリングに利用することが、迅速な生産意思決定を可能とし、短納期生産や生産連動につながると考え、生産スケジューリング支援ツールを **Microsoft Excel** によりプロトタイプとして制作したものであった。

この一般人材レベルでも利用可能な **Microsoft Excel** を用いた生産スケジューリング支援ツールの制作は、表計算ソフトが集計作業のような事務処理のための単なる個人のワークシートに留まらず、行動経済学の応用という課題解決のための工夫次第で業務ツールとして機能発揮できるものであることも示す結果となった。そして、システム導入しようにも対応できる IT 人材がいない中小企業においては、特別な IT スキルを持たない一般（非 IT）人材レベルであっても対応でき、小回りの利く **Microsoft Excel** のような表計算ソフトの活用が有効であることを示した。

さらに、生産スケジューリングツールは、これまでスケジューリング担当者の暗黙知である生産スケジューリング時の生産条件を表出させ、生産スケジューリング支援ツールに取り込み形式知としたことは、生産組織における生産条件の情報共有となり、誰が生産スケジューリングを実行しても同じ結果が得られる業務の標準化にも資するものともなった。

そして、IT スキルよりも行動経済学のような問題解決するための技術や知識が重要であることは、その技術や知識と IT スキルを車の両輪のように身につけることが問題解決へとつながることの必要性を示している。これは、資源に限りのある中小企業においては、最小の設備投資で最大の効果を上げるためには、費用をかけず創意工夫による問題解決が重要であり、その行動として自らが実践する取り組みが必要であるからである。

これらから、これまでに前例のない行動経済学の応用は、生産意思決定としての生産スケジューリングに対して有効であること。そして、問題解決の原動力は情報通信技術ではなく、本研究の行動経済学のような問題解決の技術や知識であること。また、ITを導入・運用できる人材がおらず、そしてITの導入効果が分からず、さらにコストも負担できないため投資に踏み切れていないという中小企業の現状に対し、行動経済学の応用という課題解決のための工夫と一般（非IT）人材レベルでも利用可能なMicrosoft Excelのような表計算ソフトウェアの活用を積極的に進めることが迅速な生産意思決定を実現し、それが次世代生産システムにともなう生産連動など、中小企業が抱える諸課題に対する解決策になるとの結論に至った。

（本学 大学院社会システム研究科 院生）

（本学 地域戦略研究所 教授）

〔注〕

- 1) 網羅とは「もらすことなく、すべてに及ぶこと」（新村出編(1991)『広辞苑第四版』岩波書店）である。ここでは、網羅性をスケジューリング担当者が対象条件としたいとする条件の中で実際にどれを条件として採用できたか、その度合いとして扱う。
- 2) 納得とは「承知すること。なるほどと認めること」（新村出編(1991)『広辞苑第四版』岩波書店）である。ここでは、納得性をスケジューリング担当者が対象とした条件に対し、スケジューリング処理結果が期待どおりであり、承知できるものであるかという心理的な満足の度合いを意味するものとして扱う。
- 3) 調停とは「当事者双方の間に第三者が介入して争いをやめさせること」（新村出編(1991)『広辞苑第四版』岩波書店）である。ここでは、調停をスケジューリング処理過程において与えられた条件の中、複数の条件が採用するか否かの対象となったときに、それぞれの条件の優劣を評価判断のうえ優れた方を採用し劣る側を引き下げるよう、あたかも仲裁するかのような振る舞い（処理）として扱う。
- 4) TPS（Toyota Production System：トヨタ生産方式）とは、7つのムダ（作りすぎ、手待ち、運搬、加工、在庫、動作、不良を作る）の削減、ジャストインタイム、自働化（異常が発生したとき、生産設備が自動停止する）などを中心とするトヨタの製造手法。
- 5) NPW（Nissan Production Way：日産生産方式）とは、お客さまに対する「品質の同期」「コストの同期」「時間の同期」を掲げ、現場管理を中心とする日産の「モノづくりの底力」を支える製造手法。
- 6) 回転機とは、電動機や発電機、タービン、ポンプ、ファンなどの軸を中心として回転する機械の総称。⇔ピストンで動く往復型機械（レシプロ）

<参考文献>

- 赤穂満/福田豊(2012)『オープンソース・ソフトウェアによる中小企業における企業間ネットワークの実証研究』情報通信学会誌 9 巻 (2011-2012) 4 号 p. 4_31-4_45 (https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsicr/29/4/29_4_31/_pdf/-char/ja 参照 2018.2.11)
- 岩本晃一(2015)『インダストリー4.0 ードイツ第4次産業革命が与えるインパクトー』日刊工業新聞社,132-133.
- 岩本晃一/井上雄介(2017)『中小企業が IoT をやってみた-試行錯誤で獲得した IoT の導入ノウハウ』日刊工業新聞社,189.
- 小川正博(2016)『中小企業の情報技術活用の課題と今後の展望』中央大学商学研究会,商学論纂,第57巻,第5・6号,pp.53-84 (<http://ir.c.chuo-u.ac.jp/repository/search/binary/p/8741/s/6991/> 参照 2018.2.12)
- 経済産業省経済産業政策局産業再生課編 (2016)『新産業構造ビジョン 第4次産業革命をリードする日本の戦略』経済産業調査会
- 独立行政法人情報処理推進機構(IPA)IT人材育成本部編(2017)『IT人材白書2017』独立行政法人情報処理推進機構(IPA).
- 総務省編(2017)『情報通信白書(平成29年版)データ主導経済と社会変革』日経印刷.
- 田中宏和(2013)『中小企業の情報化を促進する社会情報プラットフォームの提案』経営情報学会,2013年春季全国研究発表大会セッション ID: H1-3 (https://www.jstage.jst.go.jp/article/jasmin/2013s/0/2013s_113/_pdf/-char/ja 2018.1.25 参照)
- 中小企業庁編(2016)『2016年版中小企業白書 未来を拓く稼ぐ力』日経印刷.
- 中沢孝夫/藤本隆宏/新宅純二郎(2016)『ものづくりの反撃』筑摩書房,121-171.
- 仲野友樹(2016)『中小企業における情報システムの導入状況と活用の実態についての研究』千葉商大論叢 p.171-189,千葉商科大学国府台学会 (https://cuc.repo.nii.ac.jp/?action=repository_uri&item_id=5234&file_id=22&file_no=1 参照 2018.2.11)
- 西岡靖之(2015)「インダストリー4.0 中小企業にこそチャンスがある」『週刊東洋経済2015年11月7日号』東洋経済新報社,90.
- 一般社団法人日本情報システム・ユーザー協会(JUAS)編(2017)『企業IT動向調査報告書2017』日経BP社.
- 野村(2017)「生産スケジューリングの今日的課題」『地域戦略研究所紀要 第2号 2017年3月発行』北九州市立大学, pp39-68
- 野村(2018)「行動経済学による生産スケジューリングの実用化に関する研究」『地域戦略研究所紀要 第3号 2018年3月発行』北九州市立大学, pp 83-115
- 藤本隆宏(2017)『現場から見上げる企業戦略論 デジタル時代にも日本に勝機はある』KADOKAWA,213-278.
- 布施匡章/清水義生/寺西太亮(2013)『e-Kansai レポート 2013 と中小企業の情報化事例』経営情報学会,2013年春季全国研究発表大会セッション ID: E (https://www.jstage.jst.go.jp/article/jasmin/2013f/0/2013f_237/_pdf/-char/ja 2018.1.25 参照)
- 松島桂樹/高島利尚/岡田浩一/坂本恒之(2013)『中小企業のIT経営を推進する新たなイニシアティブ ークラウドサービス推進機構の設立の意義ー』経営情報学会,2013年春季全国研究発表大会セッション ID: E2-3 (https://www.jstage.jst.go.jp/article/jasmin/2013f/0/2013f_241/_pdf/-char/ja 2018.1.25 参照)

光山博敏/中沢孝夫(2017)「インダストリー4.0の崩壊とその先にあるもの」『一橋ビジネスレビュー2017WIN』東洋経済新報社,108-121.

宮崎淳子/桜井秀之/藤原正樹/高力美由紀/手塚大(2014)『宮城県の中水産加工業でのIT活用推進』経営情報学会、2014年春季全国研究発表大会セッションID: D2-2 (https://www.jstage.jst.go.jp/article/jasmin/2014s/0/2014s_121/_pdf/-char/ja 参照 2018.2.11)

STUDIES
OF
INSTITUTE FOR
REGIONAL STRATEGY
CONTENTS

A Study on New Production Scheduling for Small and Medium-Sized
Enterprises by Application of Behavioral Economics

Toshinori NOMURA, Hidetoshi YOSHIMURA..... 85

No.4
March 2019
INSTITUTE FOR REGIONAL, STRATEGY
THE UNIVERSITY OF KITAKYUSHU
KITAKYUSHU CITY, JAPAN