

レシピ設計プロジェクト推進能力向上のためのシミュレーションベースマネジメント

Simulation Based Management for Recipe Design Activities

¹河野浩司、²橋本芳宏、³湊野哲郎、⁴長谷部伸治

バッチプロセスでは、設備は共通のものを利用し、製法を工夫して新規の製品が製造されるケースが多い。新製品のためのレシピ設計業務は、複数の製品に対して並行にあるいは順番に実施されるが、個々のレシピ設計業務には手戻りが多く、その管理は経験に依存していた。

本研究では、レシピ設計のシステム化が新製品の迅速生産の鍵となると考え、研究開発から市場化までのレシピ設計過程のモデル化を試みる。モデルにはレシピ設計の各業務の信頼性を表す「確信度」という指標を新たに導入し、その値により業務の手戻りを表現する。そして、複数の開発プロジェクトを推進する組織力を向上させるためのマネジメントについて、作成したモデルに基づくシミュレーションを利用した解析方法を提案する。

キーワード：バッチプロセス、レシピ設計、IDEF0、確信度、組織力、シミュレーション

In a batch process new products are manufactured by changing the recipes. The recipe design projects of multiple products are executed in parallel or in sequence, and the recipe design process of each product has many recycle steps. Thus, the management of recipe design project has been executed manually.

In this study, from the viewpoint that the systematization of recipe design process is the key factor for agile production, the recipe design process is modeled. In the developed model, an index called “certainty” is introduced to express the degree of reliability of each recipe design step. By using the developed model the simulation based analysis method is proposed to improve the organizational potential.

Keywords: Batch process, Recipe design, IDEF0, Certainty, Organizational potential, Simulation

1. 緒言

付加価値の高い機能化学品の多くは、多品種変量生産に適しているバッチプロセスにて製造されている。近年は、製品のライフサイクルが短くなってきているだけでなく、顧客から個別に品質の指定を受けて製品設計や装置開発から実施する割合が高くなってきている。製品設計の核となるレシピについては、その設計業務が開発担当者の能力に依存するケースが多いだけでなく、設計されるレシピ自体がうまく製造できる一通りの運転条件が数値で表現されているだけで、原料特性や装置の汚れといった製造環境の変動と製品品質の関係は表現されていない。

¹ 三菱化学エンジニアリング(株) システムソリューション事業部

² 名古屋工業大学大学院 情報工学専攻

³ 東京工業大学大学院理工学研究科 化学工学専攻

⁴ 京都大学大学院工学研究科 化学工学専攻

ケースがほとんどである。よって、製造環境の変動に対する製品品質の確保対応は、製造現場の運転員に依存しているのが現状である。それゆえ品質の作り込みは、レシピの質の改善という形ではなく、製造現場の運転員のスキル向上という形で実現され、組織としての知的資産となっていない。

一方、市場化までのスピードアップという観点からレシピ設計業務のシステム化の重要性が各企業で認識されており、プロジェクト管理システムの導入やプロジェクトの推進体制であるマトリクス型組織への組織改革を実施して高い専門性と幅広い技術を管理し、多種多様な顧客要求品質を実現することを目指した活動が行われている。しかし一般のプロジェクト管理システムは、建設など業務の流れがC P MやP E R Tで計画管理できるようなプロジェクトを対象としており、製品開発のような不確実性が高く、やり直しが多発する業務には不適切である。マトリクス構造においてもその業務でのプロジェクトの経験による各業務組織の能力向上や経験の蓄積は期待できても、業務間での情報共有や連携による組織力向上の観点でのマネジメントにはなっておらず、開発業務の進行管理が依然として熟練者の勘と経験に依存した属人的な業務となっている企業が多い。

そこで本研究では、レシピ設計を構成する業務間の関係を整理し、業務のやり直しを含む現状のレシピ設計過程を表現でき、今後の戦略検討に利用できるモデルを提案する。

ここでは、組織の力および業務の成果に対して、「確信度」という評価指標を導入する。レシピ設計業務の確信度が高いということは、そのレシピが根拠のある情報および手法に基づいて実施されているという意味であり、不確定な部分が少ないことを示す。ただし、確信度が低いからといって、そのレシピが利用できないとは限らない。レシピ開発では、その根拠がしっかりしていなくても、たまたま製品製造に成功するケースもある。しかし、品質生成のメカニズムが十分に把握されていない状況では、つぎのレシピ開発でも成功する確率は高いとは考えられない。各業務の確信度は、その業務で利用する情報(入力)の確からしさとその業務に費やした労力で決まると考える。不確定さが大きな入力情報の下ではいくら労力をかけてもその業務の確信度は上がらない。このように考えることにより、いつ業務をやり直すことが適当かを表現する。

本研究で対象としているのは、ある一つの製品の市場化までを早くするという問題ではなく、組織として製品を市場化するまでの過程のモデル化と、その各段階で適切な判断を行うための指針の提供である。バッチプラントは、汎用性の高さが評価されるものであり、1つのプラントで複数の製品群の製造が想定され、新製品の開発が継続的に行われる。確信度は、新たな製品群の開発に対する組織力を表現するための指標であり、各業務で得られる知見や技術を組織として蓄積し、共有し、レシピの信頼性向上を継続していく体制を推進するうえで、業務間でコミュニケーションをとりながら戦略を検討する際の有効な指標となる。開発業務をモデル化し、複数業務にわたる連携を確信度という指標に基づいてシステムティックに検討する手法を確立することは、多様化した市場に柔軟に対応できるように組織力を向上させるという観点で非常に意義のあることと考えられる。

2. 現状の問題点

2・1 製造部門における問題点

たとえば、色材やトナーの製造部門では、同一原料ベンダーが製造した原料でもロットの違いにより原料品質が変動するため、前もって対象ロットの原料サンプルを入手し、納入先の品質規格に合う製造条件を定めている。この例のようにバッチプロセスでは、原料中の不純物や原料特性が製品品質に与える影響といった不確定要素を含んだ状態のまま営業生産している場合が多い。製品設計段階で製品品質に関するコントロール因子全てを洗い出すのは困難であり、その結果、原料やプロセス流体の組成変動、装置内混合状態の不均一性や設備の経年変化、計測制御性能等様々な外乱が製品品質に影響を与えている。

それゆえ、レシピ通りに製造しても仕様を満たす製品が生産できず、製造現場にて品質の作り込みを実施しているケースが多い。その作り込みは、運転員のノウハウとして蓄積されるか、状況毎に都度レシピを設計して蓄積されることになる。すなわち、運転員個人の経験知として残ることになるか、製造側固有レシピのバリエーションの増加となる。このように現場での経験が研究開発部門にフィードバックされることが少なく、組織としての知的財産になりにくいのが実情である。

2・2 開発部門における問題点

開発部門では、過去に実施した類似実験／試作や失敗経験で得られた豊富な知見に基づいて、効率的にレシピを設計するケースが多く、熟練者と経験の浅い担当者とは設計所要時間に大きな差が出てくる。また、実験内容や根拠が組織ではなく個人に残っているケースが多いので、重複実験を誘発しやすい環境である。またレシピ設計業務において、マネジメントが不十分であると、以下の状況が発生しやすい。

- ・要求品質の実現に成功した結果だけを残し、失敗した結果を残さない。
- ・品質生成メカニズムの把握まで踏み込まずに、要求品質を満たした時点でレシピ設計業務を完了させてしまう。
- ・経験の浅い担当者は何が要求品質実現の鍵かわからず、要求品質を実現していく上で労力を掛けても効果の低い業務に注力してしまう。

2・3 レシピ設計業務のモデル化の必要性

レシピを中心に考えると、現状の問題点の多くは、製造部門と研究開発部門の両者がレシピに内在する不確定要素を相互認識せずに運用していることに大きく起因していると考えられる。すなわち、対象レシピがどのような根拠に基づいて設計されたものか、そして設計上把握すべき項目の中で不確定情報は何かということが可視化されていないということである。もし可視化できれば、製造部門でも確定情報と不確定情報が明確になるとともに、両部門が協力し

て不確定情報を削減していく、すなわち組織による品質の作り込みが可能となる。そこで次章にて可視化する環境を構築するために、レシピ設計業務をモデル化する。

3. レシピ設計業務のモデル化

3・1 モデル化の前提

本研究では、ある特定の顧客から特定の品質を満足する製品の供給要求を受けて、新製品のレシピを設計し工業化する業務を対象とする。試作および製造設備に関しては、現在保有している設備を使用することを前提とし、必要があれば装置の改造や増強を実施するものとする。また、合成ルートや触媒探索等の研究は本稿のスコップ外とする。

モデル表記手法として I D E F O を採用した。I D E F O は動詞句で表現されるアクティビティに対して、上から入力される制約条件及び指示に基づき、左から検討に必要な情報(Input)を入力し、下から検討に必要なツールもしくはシステムが与えられ、右へ検討結果(Output)を出力する。この表記方法により、各アクティビティに入力される情報の入手ルートが残るので、単に業務を実施した結果だけでなく、どのような情報に基づいて検討したかという根拠が残るようになる。そして I D E F O の特徴は、与えられたジョブに対して何を決めなくてはならないのかという課題解決指向でモデルを構築する点にあり、本研究のテーマであるレシピ設計のような課題解決業務をモデル化するのに適していると考えられる。業務をモデル化するにあたり、レシピオリエンテッドなバッチコントロールに関する国際規格である S88 に則ってレシピ情報を決定する。次項にてこれらの情報を決定する業務プロセスモデルを提案する。

3・2 I D E F O を用いた業務プロセスモデル

I D E F O にて全ての情報を記述すると、アクティビティ間を結ぶ線が多く錯綜してとても複雑な図になってしまうこと、そして本研究の目的が業務実施過程のモデル化であることから、本研究ではアクティビティとそれを結ぶ Input および Output の線のみを記した簡易的なモデル図にて表現することとする。図 1 に本研究で対象とする「A0:新製品を市場化する」アクティビティを展開した図の一例を示す。

この図は、顧客要求品質を満足する試作結果を得るマスターレシピが得られ、ある程度の変動に対して品質が確保できる管理情報が得られた時点で市場化が完結するとして、R&D 後の開発のアクティビティを整理したものである。「A2:マスターレシピを設計する」の前工程として、原料選定や反応条件、物質／熱収支等レシピのベースとなる情報を出力する「A1:ゼネラルレシピを設計する」を設定し、さらに後工程としてマスターレシピの開発だけでは抑えきれない変動に対する柔軟性や必要な対応の検討を行う「A3:実行可能条件を探索する」を設計実務サブアクティビティとして設定している。マスターレシピができれば、製造を開始できると考えられるのだが、品質管理の点でもレシピの確信度の向上に対しても、単に 1 つの運転条件を求めるのではなく、変動を考慮したアクティビティを設定している。ここでは、市場化までの期間を評価するため、実行可能条件を探索するというアクティビティ表現になっているが、

市場化後も変動に対する情報をフィードバックし、レシピの向上と開発力の向上を目指す活動を行うことを仮定している。図1では「A2:マスターレシピを設計する」に対して、レシピ開発で決定すべき課題の解決業務が展開されている。「A1:ゼネラルレシピを設計する」に対して、同様に展開される。

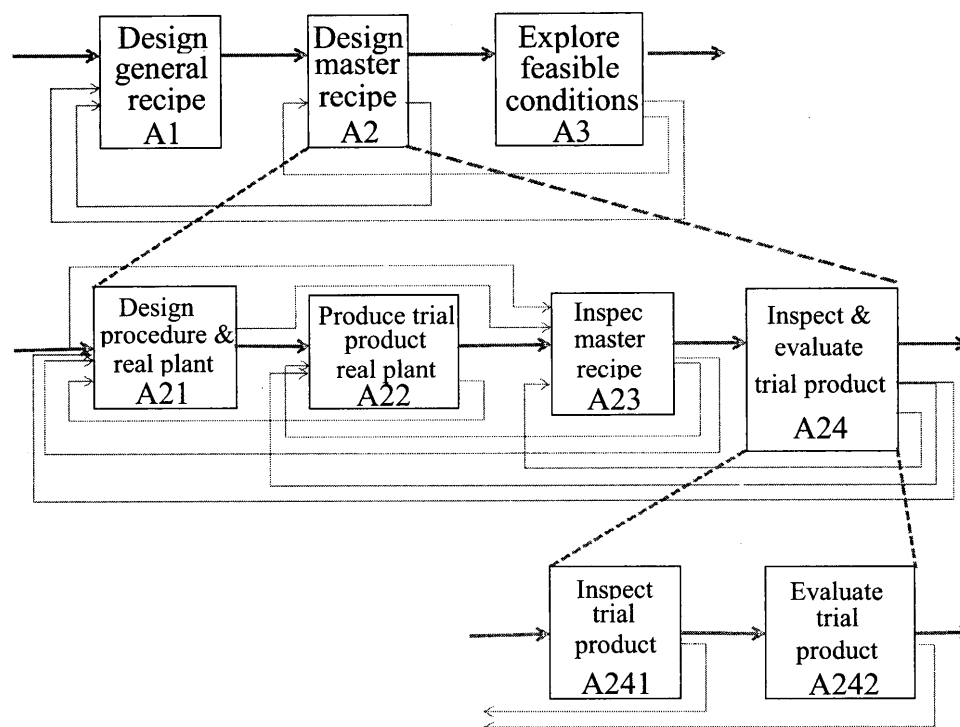


図1 「新製品を市場化する」のアクティビティモデル

3・3 確信度モデル

図1からわかるように、現実の業務プロセスは多くの業務やり直しの流れを含んでいるが、この図だけからではどの時点で各アクティビティをやり直すべきかは明らかでない。そこで、本研究では各アクティビティに対してその出力の確からしさを定義し、その値により業務の実行を制御することを提案する。すなわち、各アクティビティで取り扱う情報の根拠の有無および業務手順／考え方の確からしさという観点から、対象アクティビティの出力に対してどの程度確信を持てるかという意味で「確信度」という指標を定義する。レシピ設計のような開発業務は、業務全体としての確信度を向上させるように取り進めていくべきであるということが本研究の基本的な考え方である。根拠を明確にすることにより、その場限りの検討ではなく、継続的に応用の利く組織的な技術力が培われていくことになる。また、開発部門は製造部門に対してレシピの確信度を提示するとともに根拠が不明確な内容を伝え、製造部門は開発部門に対して生産活動を通じて、実績ベースで根拠の裏付け情報をフィードバックし、両部門が協業して確信度を向上させるように努める。

各アクティビティの確信度は、そのアクティビティへの入力情報の確からしさと、本来そのアクティビティで実施すべき業務がどの程度実施されたかによって定まると考える。いくら業

務に時間をかけても入力情報が不確かであればそのアクティビティの確信度の向上には限度がある。そこで、アクティビティ j を k 回繰り返して行った後の確信度 $Y_j(k)$ が、そのアクティビティへの入力情報に依存する部分 $U_j(k)$ と、自業務の遂行により向上する部分 $X_j(k)$ からなるとした。本研究では、単純に $Y_j(k)$ は $U_j(k)$ と $X_j(k)$ の線形和として(1)式で表されるとするが、より複雑な関係式を用いても良い。

$$Y_j(k) = \alpha_j \cdot U_j(k) + (1 - \alpha_j) \cdot X_j(k) \quad (1)$$

ここで、 α_j は確信度が入力情報と自業務のどちらに大きく影響されるかを定めるパラメータである。

入力情報に依存する部分 $U_j(k)$ は、アクティビティ j の k 回目の実行開始時におけるアクティビティ j への入力情報出力元アクティビティの確信度 $Y_i(*)$ により、(2)式で与えた。

$$U_j(k) = \min_{i \in R_j} Y_i(*) \quad (2)$$

ここで、 R_j は、アクティビティ j の入力流れとなる出力を有するアクティビティの集合である。本研究では確信度が低いアクティビティからの入力が1つでもあれば、その入力全体の信頼性は下がると考え、最小値を用いることにしたが、平均値を用いるのも一案である。

自業務の遂行により向上する部分 $X_j(k)$ は、その業務の繰り返し回数 k の単調増加関数として、以下の様に与えた。

$$X_j(k) = X_j(k-1) + \beta_j \{1 - X_j(k-1)\} \quad (3)$$

ここで、 β_j は1回の自業務実行により X_j がどの程度向上するかを表す0から1の間の値をとるパラメータであり、業務の難しさや経験の豊富さといった業務の性格により決定される。業務の性格の例としては、誰でもできる機械的な作業、慣れたルーチンワーク、過去に経験した作業、経験はあるが難度の高い作業、全く経験の無い作業等が挙げられる。 β_j が1に近ければ少ない回数の実行により X_j は1に近づく。

X_j の初期値 $X_j(0)$ は、過去の類似の商品の開発による学習効果を考慮し、次式で表す。

$$X_j(0) = \phi_j X_j^* + \gamma_j (1 - X_j^*) \quad (4)$$

ここで X_j^* は、前回の類似レシピ設計実施時における X_j の最終値である。また、 ϕ_j は前回作成したレシピとの類似度を表すパラメータ、 γ_j は前回作成のレシピ以外で初期段階で得られている情報の程度を示すパラメータである。

3・4 審査アクティビティ

レシピ全体の確信度が低い状態においても、要求仕様を満たす製品を生産できるレシピが構築できる可能性もある。この点を考慮し、確信度が低くても、審査を通過することもあることを確率で表現する。すなわち、審査を行うアクティビティ r については、その審査の厳しさを

Y_v^* として、審査対象への入力確信度 U_v と Y_v^* の差に応じて審査結果が異なるものとする。不合格になる確率を Z とし、次式で表す。

$$Z = \begin{cases} 0 & (\text{if } U_v \geq Y_v^*) \\ (Y_v^* - U_v)^{\lambda_v} & (\text{if } U_v < Y_v^*) \end{cases} \quad (5)$$

ここで、べき乗を示すパラメータ λ_v は審査の通過しやすさを調整するパラメータで、大きくすると合格しやすくなる。

審査期間 T_e を審査アクティビティのパラメータとして設定し、審査期間が終了し、上記の確率で合格になれば、審査によって審査対象が変化することはないので、入力確信度 U_v が、審査アクティビティの出力確信度 Y_v として出力される。

不合格時には確信度は出力されず、やり直し指示を出力する。やり直し指示通知先のアクティビティを1つにするか複数にするかは、レシピ設計戦略に依存する。本報ではモデル中のパラメータとして選択可能とした。

3・5 アクティビティモデルの実行制御

開発業務は、やり直しや試行錯誤が存在し、ウォーターフォール型のプロジェクトとはならないので、市場化までのスピードアップの検討にはPERTやCPMのような期間算出方法は適用できない。また開発によっては、製造現場で新たな製造条件を探索するものやR&Dから順に積み上げるものもある。それゆえ開発に対する戦略を検討するには、モデルでのシミュレーションの検討が必要になる。そこで、戦略毎の確信度の変化や市場化までの期間を算出するシミュレーションを行うためのモデルを提案する。

各アクティビティがコンカレントに実行されるシミュレーションを行うため、入力情報が新たに揃ったら、あるいはやり直しの指示が通知されたら業務を開始できるものとした。ただし、同一アクティビティでは業務を開始したら、予め定めた時間業務は継続され、その間に到着したやり直し指示は、待機リストに蓄積される。そして、業務の実行が終了したとき、待機リストにやり直し指示があれば、入力情報を更新し再度業務を実行する。また待機リストにやり直し指示が蓄積されていない場合も、入力値がその業務を開始した時刻以降に変化していれば、業務を再度開始する。やり直し指示が蓄積されておらず、かつ入力も変化していない場合は、入力の変化もしくはやり直し指示があるまでそのアクティビティは実行せずに待機する。

R&Dから順にアクティビティを実施する場合、すべてのアクティビティが出力をもたない状態を初期状態とする。R&Dからの入力情報が最初のアクティビティに入ると、そのアクティビティのみが開始され、業務が終了すると待機状態となる。そして、次のアクティビティが入力の変化を検知して業務を開始する。審査アクティビティでは、不合格の場合、複数のやり直し指示先の中で最低の確信度を出力しているアクティビティを一つ選択し、やり直し指示を一つ出す。その審査アクティビティは、入力に変化するまで待機状態となり、やり直し指示を受けたアクティビティが開始される。このようにすべてのアクティビティは、新たな入力もし

くはやり直し指示を受けるまで待機状態になっている。アクティビティの出力が他の1つのアクティビティのみの入力もしくはやり直し指示であればシーケンシャルな挙動になる。

各アクティビティの初期値 $X_j(0)$ が与えられれば、 $U_j(0)$ を0として、各アクティビティの確信度の初期値 $Y_j(0)$ を求めることができる。最初からコンカレントに業務を進めるときには、各業務の確信度が、上記のようにすでに得られている状態を初期状態とする。そして、やり直し指示あるいは新たな評価結果を複数業務に対してフィードバックすれば、コンカレントに複数の業務が進行する開発を表現できる。

4. レシピ設計業務管理へのシステムティックアプローチ

4・1 確信度モデルを利用した業務計画意思決定支援

レシピ開発業務には迅速性が要求されるため、構成要素である1つ1つのアクティビティの不確信性を完全に無くしてから（確信度を1に近づけてから）次のアクティビティに移ることは得策ではない。一方、将来類似した製品の生産要求があることを考えると、できるだけ各アクティビティの確信度を大きくしておくことが、将来の生産要求への迅速な対応や組織の実力を向上させるために重要である。従来、どの程度の曖昧さを含んだ状態で次のアクティビティに移行するかは、業務を管理するエンジニアの経験により定められていた。これまでに生産経験のある製品と非常に類似した製品や、全く経験のない新規の製品の生産が要求されることを考えると、与えられた業務の特徴を捉え、それにふさわしい戦略で業務を遂行することが必要である。本章では、前章で提案した確信度モデルを利用し、業務完了までの時間が、与えられた業務の特徴と業務実行戦略によりどのように異なるかをシミュレーションにより求め、レシピ設計業務計画における業務実行戦略策定の指針を示す。

まず図1に示すようなアクティビティモデルを構築する。このモデル中の各アクティビティは、確信度モデルの以下のパラメータ群を有する。

α_j : 入力情報依存度パラメータ[(1)式]、

β_j : 業務実行による確信度の向上率を示すパラメータ[(3)式]

γ_j : 初期段階で得られている情報の程度を示すパラメータ[(4)式]

ϕ_j : 前回作成したレシピとの類似度を表すパラメータ[(4)式]

$X_j(0)$: 自業務の遂行により向上する確信度の初期値（最初に実行する製品のみ）[(4)式]

Y_v^* : 審査アクティビティの合格基準[(5)式]

λ_v : 審査アクティビティの合格率調節パラメータ[(5)式]

T_j : アクティビティの実行時間

T_e : 審査アクティビティの実行時間

これらのパラメータの与え方により、様々な特徴を有する対象を表現できる。また、審査アクティビティの合格基準を変えることで、様々な戦略を考えることが可能である。本研究でのシミュレーションプログラムは、マイクロソフト社のMS-EXCELにて作成した。

4・2 ケーススタディ

①問題設定

この項では、図1に示したレシピ開発業務を対象に、提案したモデルに対していくつかのケースを想定した計算結果を示し、同じ戦略でも状況に応じてその有効性が異なることを示し、関係部門の担当者間で現状を共通認識するとともに改善対策の有効性も併せて検討することの必要性を示す。

- ・開発対象のバリエーション： α_j , β_j , γ_j , $X(0)$ の値により様々な開発対象の難しさのケースを設定した。
- ・学習効果の有無： ϕ_j の値により、直前に開発した製品の情報が利用できる場合（ ϕ_j 大）と利用できない場合（ ϕ_j 小）を設定した。また類似製品の開発により学習効果が継続的に働く開発回数を5回とし、5製品開発する毎に従来と全く異なる製品を開発する前提とした。
- ・実行制御方式：実行順序の制御は、シーケンシャル（1つの審査アクティビティからのやり直し情報は確信度の最も小さいアクティビティのみに伝達）とコンカレント（1つの審査アクティビティからのやり直し情報は、そのアクティビティと接続されている全てのアクティビティに伝達）の2ケースを設定した。
- ・実行時間：各実行アクティビティの所要時間 T_j の値により、標準の場合と長い場合を用意し、全ての業務が標準、上流業務が標準、下流業務が標準の3ケースを設定した。
- ・審査閾値：審査アクティビティでの審査が厳しい場合（ $Y_v^*=0.9$ ）と甘い場合（ $Y_v^*=0.5$ ）の2通りを設定した。

②シミュレーション結果

開発対象の差異、学習効果有無、実行制御方式、実行時間の長さ、審査の厳しさなど、それぞれの影響を基準のパターンから一つずつずらして感度解析を行うことが考えられるが、状況により戦略の有効性やそれぞれの条件の差異の影響が変化することが想定されるので、すべての変動の様々な組み合わせ 180 種類についてシミュレーションを行った。

各試行では、一様乱数にて評価業務での合格判定を行い、条件毎に 10000 回試行した結果において、最終審査で合格となるまでの期間（開発期間）Term、並列に行われる業務の時間も積算した総業務実行時間 CostTotal、終了時の最終審査からの出力の確信度 Y_{final} 、終了時のすべての実行業務の X_j の最小値 MinX および最大値 MaxX、すべての評価業務での不合格判定回数の総和 SumIterNG、そして各業務の実行回数 Iter の期待値を算出した。

シミュレーション結果の一例として、「審査の厳しさの影響」について以下に示す。

表1 各評価指標の平均値に対する審査の厳しさの影響

	Term	Cost Total	SumIter NG	Y_{final}	MinX	MaxX
全ての審査を厳しくする	505	697	23	0.76	0.80	0.90
中間の審査のみ厳しくする	226	346	7	0.66	0.71	0.85
最下流審査のみ厳しくする	293	441	7	0.70	0.73	0.84

表1は各審査アクティビティにおける審査の厳しさの違いによる影響を示すものである。上流、中間、最下流すべての審査を厳しくするケース、中間審査を緩くし上流アクティビティで確信度を向上させないまま下流に移行するケース、現場での試作品が得られる段階の審査だけを厳しくして実操業しながら製造条件のばらつきの対応を検討して確信度を上げていくケースの3ケースの比較であり、開発期間 Term の平均値は、それぞれ 505、226、293 となった。

最下流審査のみ厳しくするケースでは、最終の審査で確信度の低いアクティビティの見直しが発生するので、上流までの大きなやり直しループが発生する恐れがある。ただし、中間の審査が緩く上流でのやり直しが発生しにくいため、全体としてやり直し回数が少なくなり、結果としてすべての審査を厳しくする場合と比べ開発期間の短縮につながっていると考えられる。審査が厳しくすると通過する出力の確信度は高くなるがやり直しが増えるので、一般的にすべての審査を厳しくすることは有効でないということが確認できる。

表2は、180種類のシミュレーションパターンの中から、中間の審査を緩くして早く下流に進めることが、すべての審査を厳しくすることよりも長い開発期間となる例を抜き出したものである。この例に示すように、同じ戦略でもその効果は状況により大きく変化し、その感度の違いの予測は容易ではなく、シミュレーションにより検討することの有効性が理解できる。

表2 業務の難易度による審査の厳しさを変更する効果の差異

開発対象	学習効果	実行順	実行時間	閾値	Term	Cost Total	Sumiter NG
難易度は中程度	有り	シーケンシャル	上流業務が標準	全ての審査を厳しくする	363	363	7
難易度は中程度	有り	シーケンシャル	上流業務が標準	中間の審査のみ厳しくする	277	277	2
難易度は中程度	有り	シーケンシャル	上流業務が標準	最下流審査のみ厳しくする	369	369	2
難易度が高くやり直し効果も高い	有り	シーケンシャル	上流業務が標準	全ての審査を厳しくする	251	251	4
難易度が高くやり直し効果も高い	有り	シーケンシャル	上流業務が標準	中間の審査のみ厳しくする	240	240	2
難易度が高くやり直し効果も高い	有り	シーケンシャル	上流業務が標準	最下流審査のみ厳しくする	318	318	2

6. 結言

一般に、レシピ設計のような開発は、システムティックにマネジメントすることが難しい。そこで本研究では、I D E F 0にてレシピ設計業務をモデル化し、業務間のコミュニケーション指標として確信度を定義した。さらに、この確信度を利用して設計課題毎の現状レベルを個々に評価し、シミュレーションによって総合力を評価することで、管理者が効率的にレシピ設計業務を取り進めることのできる意思決定支援手法を提案した。従来の手法は、対象ジョブをいかに早く完了させるかという観点であるのに対し、本提案の手法は今回の設計だけでなく、今回の経験を次回以降の設計にも活用できるように根拠のあるレシピにブラッシュアップしていくことを主眼に置いている。そのため、組織力を向上させるツールにもなると考えられる。

参考文献

<http://www.supply-chain.gr.jp>

ANSI/ISA-S88.01;" Batch Control, Part1; Models and Terminology", pp27-43, ISA, 1995