

ワークフロー部品を用いたワークフロー合成方式

山口 真悟・田中 稔

知能情報システム工学科

本論文では最適なワークフローを効率良く定義するために、あらかじめ部品化したワークフローを用いてワークフローを定義する方式について述べる。本方式ではワークフロー部品と合成規則の組からワークフローを合成し、合成したワークフローを定量的に評価し最適なワークフローを選択するという手順でワークフローを定義する。ワークフロー部品の管理にオブジェクト指向のクラス概念を導入することによって、クラスごとに合成規則を定義できるようにしている。またワークフロー部品を時間ペトリネットでモデル化することによって、合成したワークフローを定量的に評価することを可能にしている。

Key Words : *groupware, workflow management, reusable component, Petri Nets*

1. はじめに

近年、先進的企業では業務の効率改善を目的としてワークフロー管理システム(workflow management system)の導入が進められている。ワークフロー管理システムの特徴は業務プロセスを自動的に制御・管理することにある。ワークフロー管理システムでは、業務の制御・管理を行うためにあらかじめワークフローを定義する。業務毎にワークフローを定義する必要があるため、類似業務や効率改善した業務であってもワークフローを別々に定義する必要がある。その結果ワークフロー管理が大規模になるとワークフロー定義の作業回数が増大し、多くのコストが必要となるという問題が生じている¹⁾。このコストを削減するには既存のワークフロー定義を再利用することが有効であると考えられる。

現在多くのベンダーからワークフロー製品が発表されているが、ワークフロー定義の方法論が提供されていることは少なく²⁾、設計者の経験によりワークフローを定義していることが多い。一方、大村らは業務プロセスを比較的变化しにくい部分と頻繁に変化する部分とを明確に分離する設計パターンを提案している³⁾。そして変化しにくい基本的な部分にしたがって帳票を設計することで、業務の変化に対応できる保守性の高いワーク

フロー管理システムが設計できることを示している。他にEllisらによるペトリネットを用いた理論的解析の研究⁴⁾、Jaegerらによるワークフローパフォーマンスの改善を目的とした自動変更の研究⁵⁾などがある。しかし、いずれの研究もワークフローを積極的に部品化し再利用するものではない。

本論文ではワークフロー部品を合成してワークフローを定義する方式について述べる。本方式ではワークフローをワークフロー部品の集まりとみなす。ワークフロー部品は再利用の基本単位であり、合成規則にしたがってワークフローを形成する。合成規則を効率良く定義するために、ワークフロー部品の管理にオブジェクト指向のクラス概念を導入して同じ振る舞いのワークフロー部品をグループ化している。さらに合成結果を定量的に評価するために、発火継続時間ペトリネットでワークフロー部品を記述しシミュレーションを可能にしている。

本稿の構成は以下のとおりである。まず2章でワークフローとペトリネットの概要を述べ、ペトリネットを使ったワークフローのモデル化について説明する。3章でワークフロー部品とその合成について説明し、4章では本方式を適用した事例を紹介する。最後に5章で本稿のまとめを述べる。

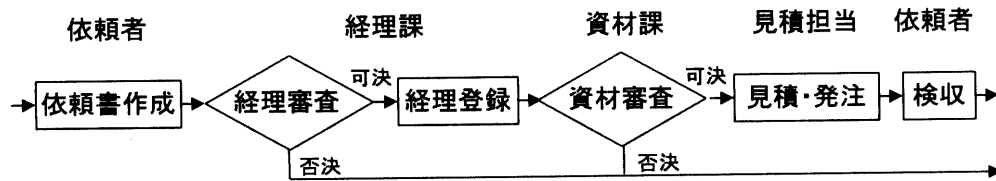


図1: 資材購買の業務プロセス

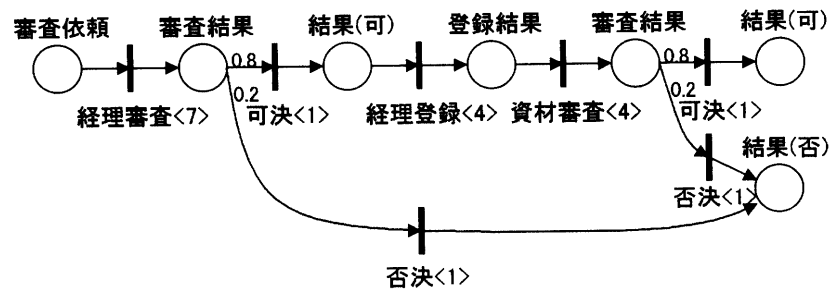


図2: 資材購買ワークフローのペトリネットモデル(依頼書作成から資材審査まで)

2. ペトリネットによるワークフローのモデル化

2.1 ワークフロー

企業活動は業務プロセスの集まりであると捉えることができる。業務プロセスはある業務目的を達成するために結合されたアクティビティの集合であり、このような業務プロセスを自動化し管理することがワークフローである⁶⁾。

図1は資材購買の業務プロセスを単純化して図示したものである。購買依頼者が注文を依頼し、経理課や資材課が依頼内容を審査する。そして見積もりを行い、取引先に対して発注を行う。最後に納品された品物を検収して業務が終了する。金額によっては役員などの上位の職務担当者も決済するため、審査注文依頼、審査のチェックは他部門に渡る。

以前はこのような業務プロセスを書類を回覧することによって手作業で行っていた。しかし業務プロセスを手作業で行うと、書類記入の誤り、連絡誤り、回覧時間の長さ、書類の紛失・滞留などの問題が発生する。そこで業務プロセスを自動化し、誤りなどがないように管理しようとするのがワークフローの基本的な考え方である。

2.2 ワークフローの時間ペトリネットモデル

ワークフローはジョブが到着すると実行される。また、あるアクティビティは他のいくつかのアクティビティと同時に実行されたり、いくつかのアクティビティの完了を待

って実行される。このためワークフローは離散事象システムとみることができ、ペトリネットにより有効にモデル化できる。さらに各アクティビティは実行時間を要するため時間が扱えること、ワークフローの分岐を確率的に扱えることが必要となる。以上のことから分岐確率を導入した時間ペトリネット⁷⁾を用いてワークフローをモデル化する。

図2は資材購買の依頼書作成から資材審査までのワークフローを時間ペトリネットでモデル化したものである。アクティビティの実行条件をプレースに、アクティビティを時間トランジションに対応させ、その発火継続時間をアクティビティの実行時間とする。図中の<>内の数字は発火継続時間である。ワークフローの分岐は発火確率を付加したトランジションの競合で表す。すなわち、審査で可決される割合が80%の場合、可決を表すトランジションの発火確率を0.8とし、否決を表すトランジションの発火確率を0.2とする。

ワークフローをペトリネットでモデル化する利点は、(1)図式表現であるにもかかわらず形式的意味論をもつ。(2)競合や同期を正確にモデル化できる。(3)ネット理論に基づく動的振る舞いの解析、シミュレーションによって効率(応答時間やスループットなど)を測定できることである。次章ではこのモデル化をベースとして部品合成によるワークフロー定義の方式について述べる。

3. ワークフロー部品を用いたワークフロー合成

この章ではワークフロー部品を用いたワークフロー合成について述べる。まずワークフロー合成システムの概観を示し、それからワークフロー部品と部品合成の方法について述べる。

3.1 ワークフロー合成システム

本システムは入力されたワークフロー部品と合成規則からワークフローを合成するシステムである。システム構成を図3に示す。システムは合成部と評価部からなる。合成部でワークフロー部品と合成規則を用いてワークフローを合成し、評価部で合成したワークフローを評価する。合成部の詳細については3.3で述べる。

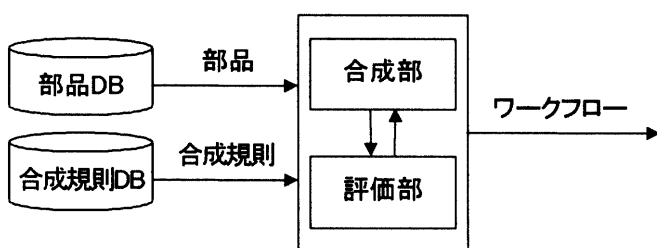


図3: ワークフロー合成システムの構成

部品合成によってワークフローを定義する本方式では、合成規則の適用順序の違いから種々のワークフロー代替案が存在する。合成されたワークフロー代替案についてペトリネットによる理論的解析と動作シミュレーションを行い、最適なワークフローを決定する。理論的解析では可達木を作成して、ワークフローの可達性、有界性、活性を調べる。動作シミュレーションでは処理時間と処理率(開始したジョブの個数に対する終了したジョブの個数の割合と定義する)を評価の尺度とした。処理時間はジョブの到着分布に応じて変動する。本研究ではジョブがランダムに到着すると仮定して、ジョブの到着分布をポアソン分布として複数回シミュレーションを行い平均処理時間を求めた。さらにワークフローのシステム負荷を評価するために、到着率をパラメータとして処理時間と処理率の変化を調べる。

3.2 ワークフロー部品

本方式ではワークフローをワークフロー部品の集まりとみなす。ワークフロー部品は既存のワークフローを再利用して新規のワークフローを定義できるように、2.2でモデル化したワークフローをあらかじめ部品化したもの

である。ワークフロー部品には他のワークフロー部品と接続するための入力コネクタと出力コネクタと呼ぶプレースがある。入力コネクタと出力コネクタはワークフロー部品のインターフェイスとなる。ジョブを表すトークンは入力コネクタを通してこのワークフロー部品に入り、出力コネクタを通して出る。

ワークフロー部品を合成する規則を効率良く定義するために、ワークフロー部品の管理にオブジェクト指向のクラス概念⁸⁾を導入して同じ振る舞いのワークフロー部品をグループ化している。個々のワークフロー部品はクラスにグループ化され、同じクラスのワークフロー部品は同じ振る舞いとインターフェイスをもつ。

図4にワークフロー部品の一例を示す。(a)は経理登録、(b)は経理審査、(c)は資材審査をモデル化したワークフロー部品である。入力コネクタを記号*i*のついたプレース、出力コネクタを記号*o*のついたプレースで図示し、他の部品との境界を破線で明示する。部品(a)「経理登録」は「登録」クラスの部品であり、部品(b)「経理審査」と部品(c)「資材審査」は「審査」クラスの部品である。したがって部品(b)「経理審査」と部品(c)「資材審査」は同じインターフェイスをもち、部品の外部に対して同じように振舞う。

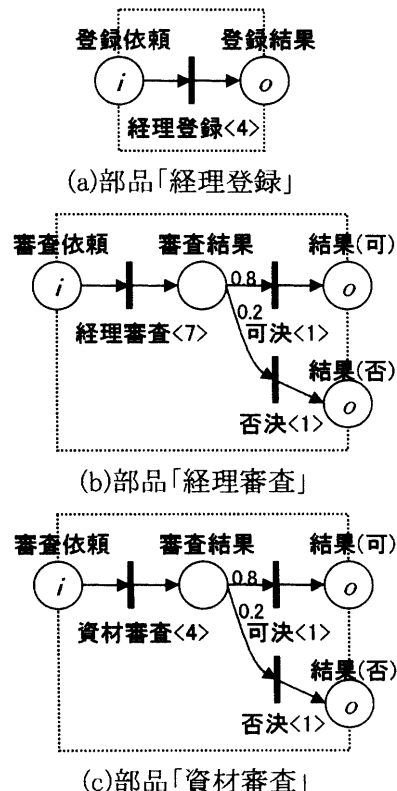


図4: ワークフロー部品の一例

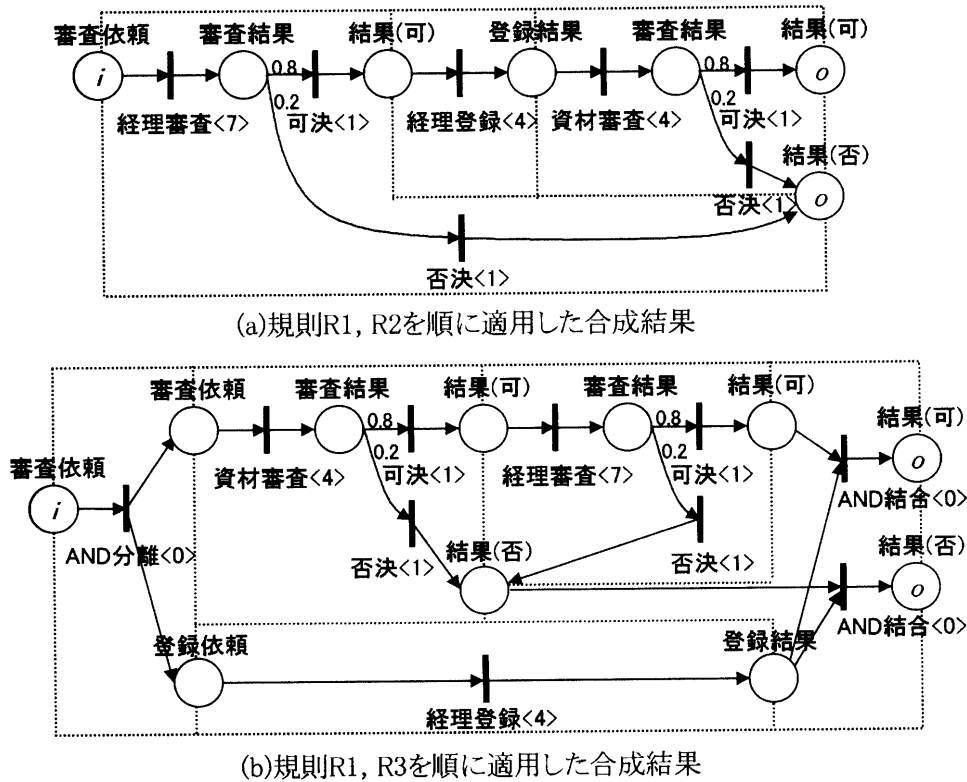


図5: 資材購買業務ワークフローの合成結果

3.3 ワークフロー合成

合成部はプロダクションシステム⁹⁾によってワークフロー部品からワークフローを合成する。合成規則は2つの部品を1つの部品に合成するプロダクションルールである。合成規則を式(1)の形式で与える。

$$\text{class}(X_\alpha, c_A) \ \& \ \text{class}(X_\beta, c_B) \ \rightarrow \ \text{add}([x_\gamma, c_C]) \ \& \ \text{rm}(X_\alpha) \ \& \ \text{rm}(X_\beta) \quad (1)$$

ここで、class(x, c)は部品xがクラスcである述語、add(x)は作業領域へ部品xを追加する述語、rm(x)は作業領域から部品xを削除する述語である。式(1)は作業領域にクラスc_A, c_Bに適合する部品X_α, X_βがあると、X_α, X_βを合成したクラスc_Cの部品x_γを作業領域へ追加し、X_α, X_βを作業領域から削除する。部品x_γは部品X_α, X_βを直列接続した部品seq(X_α, X_β)か、AND結合・分離で並列接続した部品and(X_α, X_β)もしくはOR結合・分離で並列接続した部品or(X_α, X_β)のいずれかである。

作業領域の初期状態は入力された部品の集まりである。ワークフロー合成は規則適用を繰り返すことで行

われ、適用できるルールがなくなると終了する。作業領域の合成部品が合成されたワークフローである。

4. 適用事例

この章ではワークフロー部品を用いたワークフロー合成の適用事例を示し、合成結果を考察する。

資材購買業務のワークフローを定義するために、以下に示す3つの合成規則R1, R2, R3を用いて図4に示した3つのワークフロー部品「経理登録」、「経理審査」、「資材審査」を合成した。

- R1: class(X_α, 審査) & class(X_β, 審査) → add([seq(X_α, X_β), 審査]) & rm(X_α) & rm(X_β)
- R2: class(X_α, 審査) & class(X_β, 登録) → add([seq(X_α, X_β), 審査]) & rm(X_α) & rm(X_β)
- R3: class(X_α, 審査) & class(X_β, 登録) → add([and(X_α, X_β), 審査]) & rm(X_α) & rm(X_β)

図5は合成されたワークフローの一部である。図5(a)は規則R1とR2を順に適用した結果であり、図5(b)は規則R1とR3を順に適用した結果である。

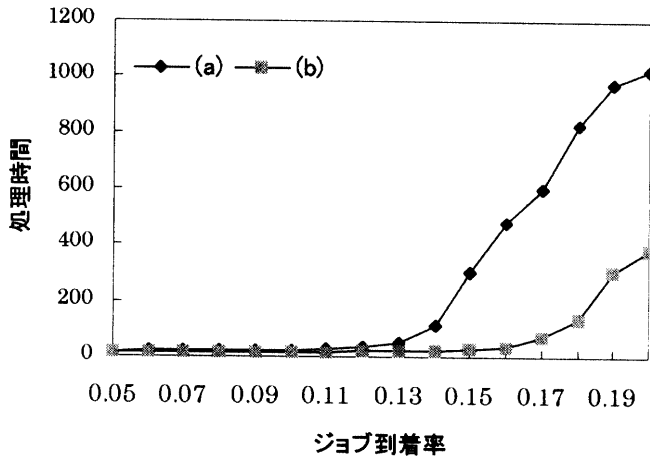


図6: 資材購買業務ワークフローのジョブ到着率-処理時間

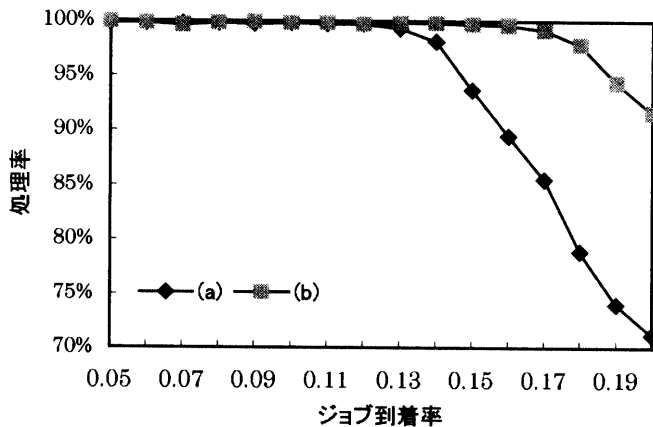


図7: 資材購買業務ワークフローのジョブ到着率-処理率

図5(a)と(b)のワークフロー代替案を比較評価するために、ポアソン到着で10000単位時間のシミュレーションを行った。ジョブの到着率を0.05~0.20の範囲で0.01きざみで変化させ、それぞれ10回の平均処理時間と平均処理率を求めた。結果をそれぞれ図6と図7に示す。

図6からワークフロー(b)はワークフロー(a)に比べて処理時間が短く、図7からジョブの到着率が増加しても処理率の低下を抑えられることが分かった。この結果を考察すると、ジョブの到着率が小さい時の処理時間の差はワークフロー(b)が審査業務と登録業務を並列化した結果生じたと考えられる。また到着率が増加した時に生

じた差は次のように考えられる。ワークフロー(a)ではまず経理審査を行う。経理審査の実行時間は7なので、到着率が1/7以下であればジョブは待たされることなく実行されることが期待される。一方、ワークフロー(b)では経理審査を先に行う。経理審査の実行時間は4なので、到着率が1/4以下まではジョブが待たされることなく実行できることが期待される。また資材審査では20%のジョブが否決されるので、経理審査が行われるジョブは入力されたジョブのおよそ80%になり、到着率が増加しても処理率の低下を抑えることができたと考えられる。

以上から、部品合成で得たワークフローをシミュレーションすることによって、最適なワークフローを選択できることが分かった。

5. おわりに

本論文ではあらかじめ部品化したワークフローを部品合成することによってワークフローを定義する方式について述べた。ワークフロー部品の管理にオブジェクト指向のクラス概念を導入して同じ振る舞いのワークフロー部品をグループ化し、効率良く合成規則を定義することを可能にした。さらに発火継続時間ペトリネットワークフロー部品を記述することによって、合成結果を定量的に評価することを可能にした。合成したワークフローを定量的に評価し、評価値の高いものを選択するという方法は、ワークフロー定義を自動化する有効なアプローチを示していると考えられる。

本論文では新規のワークフローを定義する事例について述べたが、ワークフロー変更は変更前のワークフローを再利用したワークフロー定義と捉えることができ、現在本方式をワークフロー変更へ適用する試みを行っている¹⁰⁾。

謝辞:本研究を進めるにあたり、山口大学教育学部 葛崎偉助教授から貴重なご助言を頂きました。また平成9年度卒業研究生 湊上 真知子さん(現中国日本電気ソフトウェア(株))には実験ならびに結果の整理を手伝って頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 神谷, 瀧野, 山本: WWWを用いたワークフロー管理システムに関する変更容易性の評価、電子情報通信学会技術研究報告, KBSE97-13 (1997).
- 2) 堀内, 飯島: ワークフロー管理システムの動向, システム/制御/情報, Vol. 40, No. 5, pp. 203-208 (1996).

- 3) 大村 : ビジネスプロセス設計パターンを用いたワークフローシステム設計開発技法の開発、情報処理学会 第55回全国大会講演論文集, 6Y-01 (1997).
- 4) Ellis, C., Keddara, K. and Rozenberg, G.: Dynamic Change Within Workflow Systems, *Proc. of Conference on Organizational Computing Systems '95*, ACM, pp. 10-21 (1995).
- 5) Jaeger, T. and Prakash, A.: Management and Utilization of Knowledge for the Automatic Improvement of Workflow Performance, *Proc. of Conference on Organizational Computing Systems '95*, ACM, pp. 32-43 (1995).
- 6) Workflow Management Coalition: Terminology & Glossary, Document No. WFMC-TC-1011 (1996).
- 7) 青山, 内平, 平石: ペトリネットの理論と実践, 朝倉書店, pp. 35-37 (1995).
- 8) Rumbaugh, J., et al: *Object-oriented modeling and design*, Prentice-Hall International (1991).
- 9) 北野: 知識情報処理, 森北出版社, pp. 36-38 (1998).
- 10) 山口, 淵上, 守田, 田中: ワークフローの部品化と部品合成によるワークフロー変更, 電子情報通信学会 1998年度総合大会講演論文集, D-9-6 (1998).

(1998.11.13 受理)

A Method for Assembling Workflow from Workflow Components

Shingo YAMAGUCHI and Minoru TANAKA

The purpose of this study is to propose a new method for assembling a workflow with workflow components. In this method, several workflows are assembled from workflow components, and then an efficient workflow is selected from assembled workflows according to evaluation. In order to manage workflow components, the object-oriented concept is applied. As a result, a rule for assembling is described for class of workflow components. Workflow components are described using Timed Petri Nets. Therefore, a workflow can be quantitatively evaluated based on the net theory.