

## ワークウェブシステム： ワークフロー動的再計画の方式

垂水浩幸<sup>†</sup> 喜田弘司<sup>†</sup> 柳生弘之<sup>‡</sup> 吉府研治<sup>†</sup>  
{tarumi,kida,yagyū,yoshifu}@obp.cl.nec.co.jp

<sup>†</sup> NEC 関西C&C研究所

<sup>‡</sup> NEC情報システムズ(株)

ワークウェブシステムは、マルチエージェントを用いて複数のワークフローシステムを管理するシステムであり、個々の業務担当者のスケジュールの都合を勘案しつつ、各ワークフローを所定の時間内に終了させるよう、ワークフローを計画する。この計画は分散的に行われるため、ワークグループの構成が複雑で兼務者等の多い近年のオフィスに適合している。本稿では、ワークフローの各業務担当者が所定の時間内に業務をこなせない場合のワークフローの再計画を柔軟に行う方式と、複数ワークフロー間でリソースコンフリクトが発生した場合の交渉方式について述べる。

### Workflow Rescheduling in the WorkWeb System

Hiroyuki Tarumi<sup>†</sup>, Koji Kida<sup>†</sup>, Hiroyuki Yagyū<sup>‡</sup>, Kenji Yoshifu<sup>†</sup>

<sup>†</sup>NEC Corp., Kansai C&C Research Labs.

<sup>‡</sup>NEC Inmatec Systems, Ltd.

The WorkWeb system is a multi-agent system which manages multiple workflows in the office in order to finish as many workflows as possible, negotiating with each worker's schedule management agent, which is aimed to manage the user's schedule according to the user's preference. In the WorkWeb system, the management and control are exercised in a distributed manner, so that it is suitable for modern offices which have many complicated work groups. In this article the authors describe the flexible replanning method for workflows and the method for negotiation between workflows competing office resources.

## 1 はじめに

ワークウェブシステム (WorkWeb System)[1, 2] とは、オフィスに網の目のように存在する複数のワークフロー業務 (及び他の個人的業務) をマルチエージェントを用いて分散的に管理するシステムである。<sup>1</sup>

我々は開発した INA/LI (INtelligent Agent/Lite) エージェント基盤 [3] 上にワークウェブシステム構築している。このシステムでは、オフィスの各作業者はスケジュール管理エージェント (Pochet[4]) に自らのスケジュールデータを管理させている。個々のワークフロー業務を管理するエージェントがこれとは別に存在し、BPT (Business Process Tactics) エージェントと呼ばれている。BPT エージェントは、ワークフロー業務の各ステップの作業者の Pochet と通信し、各作業者の所定期日における業務遂行可能性の問い合わせを行い、業務が可能であれば予約<sup>2</sup>を行い、さらに業務開始時には業務依頼を行う。この様子を図 1 に示す。

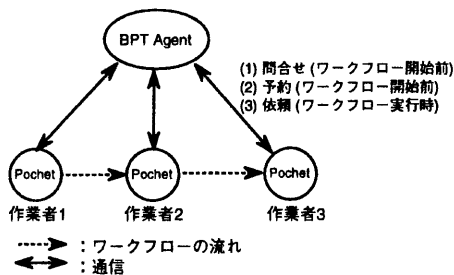


図 1: BPT エージェントの動作

Pochet は、スケジュールデータと照らし合わせて業務の遂行が不可能と判断すれば、問い合わせ、予約、依頼のいずれの段階でも BPT エージェントに対して否定的回答 (NG) ができる。また、いかなるタイミングでも予約のキャンセルや依頼された業務の中断を BPT エージェントに対して要求できる。BPT エージェントはこれらの事態に遭遇した場合、代理人指名や業務優先度の変更等の手段によって解決を図ろうとする。これを BPT エージェントによるワークフローの再計画という。

また、BPT エージェントは組織の目標 (例え

<sup>1</sup>最近では Web といえ World Wide Web (WWW) のことを指すようであるが、本システムは WWW とは直接の関係はない。

<sup>2</sup>[2] では仮予約と呼んでいたが、誤解を招きやすいので、本稿では単に予約と呼ぶ。

ば、月間のワークフロー業務達成目標) を参照し、目標が達成できるようにワークフロー業務の計画を立てようとする。例えば月間目標達成まであと少しのような場合、BPT エージェントは月末までにワークフローを終了させようとする。組織の目標は、GIM (Group Information Management) エージェント [5] に格納されている。

以上がこれまでに発表した内容の概略である。本稿では、既発表内容を前提として、以下の点について説明する。

1. 再計画を利用者の要求に応じて柔軟に行う方式について。
2. 複数のワークフローの衝突、例えば複数の BPT エージェントが特定の業務担当者に同時期に締切となるような業務を依頼しようとして、これらが両立しない場合の解決方法について。

## 2 ワークフロー再計画部品

### 2.1 再計画部品とは

再計画が必要な場合を分類すると以下の通りである。

- a) BPT からの問い合わせ、予約、依頼に対して Pochet が NG の返答を返した。
- b) Pochet が予約を取り消した。
- c) ワークフロー開始後、ある作業者の業務遂行が不可能になったため、Pochet がキャンセルした。
- d) ワークフロー開始後、ある作業者の業務遂行が不可能になったため、締切の延期を依頼した。あるいは、ある作業者からの業務終了報告が締切時刻になっても得られなかった。
- e) 組織目標が変更された。

a) ~ d) の各場合とも処理の仕方は基本的に同じであるが、c) や d) の場合は既にワークフロー業務が開始されてからの再計画で時間が切羽詰まっているため、他の作業者に仕事を振るなどの処理が難しく、再計画の成功率が低いであろう。e) の場合には、再計画のトリガが GIM からかけられるところが他と異なっている。

昨年の段階では、これらの場合について、代理人指名 (代理人が定義されている場合) や業務優先度変更 (組織目標変更等の場合) によって対処していたが、再計画アルゴリズムが固定的で柔軟性に欠け

るという問題点があった。本稿で述べる方式では、再計画の戦略を再計画アルゴリズムとして部品化し、ワークフロー定義者が業務の性格によって再計画戦略を任意に指定して使い分けることが可能である。

## 2.2 部品の紹介

以下の再計画アルゴリズム部品を提供した。なお、説明中の例題では、N01, N02, N03, N04, N05 の五つのノードが順に業務を行うワークフローを仮定し、N03 が NG を返したノードであるとする。

### 2.2.1 alt

alt は当初予定の作業者に代えて、代理人に業務を依頼する。代理人はワークフロー定義中に予め定義されているか、alt の引数として代理人名を与える。これは例えば、(alt :to (URL URL ...)) の様に書く。ここで URL は代理人の Pochet のエージェントアドレスであり、複数指定も可である。

代理人が定義されていない場合と、代理人が NG を回答した場合は alt は失敗である。なお、代理人に依頼する際、締切と優先度を変更しない。

### 2.2.2 delay

delay アルゴリズムは、後のノードに日程を齎せる戦略である。delay は :step と :max の二つの引数を取り、:step 刻みで :max まで N03 での締切を順に延長して、N03 が OK を返せば成功。:max まで延長しても N03 が NG を返しつづければ delay は失敗である。または、N03 の締切を延長した結果が N04 の締切を超えた場合は失敗とする<sup>3</sup>。

### 2.2.3 hurry

hurry は前のノードに日程を齎せることでワークフロー業務を予定通り終わらせようという戦略であり、N03 のスケジュールを優先したい場合に用いることができる。ただし既に前のノードまでの業務が終了している場合には必ず失敗する。

hurry は :step, :newpri の二つの引数を取る、次のようなアルゴリズムである。

1. N03 の業務開始時刻を:step 時間(例えば1日)刻みで早くしながら問い合わせを行い、N03 が OK を返すのを待つ。OK が返されれば次に進む。OK が返される前に業務依頼時刻が、現在時刻より早くなったら hurry は失敗である。

<sup>3</sup>これを失敗としない方法もある。

2. N03 に、1 で決めた業務依頼時刻までに業務を依頼できるよう、N02 までのワークフローを計画し直す。ここで、N02 以前のノードについては、業務の優先度を :newpri に変更し、再計画し易くする。N02 以前のノードに対する時間配分比は、元の定義と同じ比率とする。

3. N02 までの再計画に成功すれば hurry は成功、そうでなければ失敗である。

### 2.2.4 pri

pri は、N03 における業務優先度を局所的に上げることによって計画通りに業務を進めようとする戦略である。この戦略は他の作業者には日程の齎せを与えず、当該作業者の他の業務を犠牲にすることになるので、N03 の担当者の地位が比較的下位で、ワークフローが重要な業務の場合に用いることができる。

pri は、引数: newpri をとり、N03 に限り優先度を :newpri に変更する。優先度を変更後、N03 が OK を返せば pri は成功、そうでなければ失敗である。

### 2.2.5 force-end

force-end は、ワークフローの最終ノードの締切遵守を最優先に考え、ワークフロー内の各作業者についてすべて業務優先度を上げるという戦略である。

force-end は、二つの引数 :deadline, :pri を取る。最終ノードの締切を:deadline に変更し、再計画後の優先度を :pri に変更する。

例えば、(force-end :pri 20 :deadline "1996/10/22 17:00:00") は、優先度を 20 に変更し、最終ノードの締切を 96 年 10 月 22 日の 17 時にする。

### 2.2.6 report

report は再計画せず、状況を管理者に報告する。管理者が誰であるかは、ワークフロー定義中に示されている。

report は常に成功する再計画アルゴリズムという位置付けになっている。

## 2.3 再計画アルゴリズムの指定方法

以上述べた再計画アルゴリズムの適用順、適用方法について、各ワークフロー業務毎に指定する必要がある。

現在、BPT エージェントは、起動時にワークフロー定義を参照して動作しているため、このワークフロー定義の中に、これらを指定する書式を導入した。最初の二つ (define-plan, define-gim-plan) がこの範疇である。

また、それ以外に実行時に再計画アルゴリズムをアドホックに起動するためのプロトコルも提供する。

### 2.3.1 define-plan

define-plan はアルゴリズムを適用順に指定する構文である。

例えば次のように利用する。

```
(define-plan 'N03
  '((alt) (delay :step "1d" :max "5d")))
```

この例は、'N03 から NG が返された場合、まずアルゴリズム alt を適用し、それが失敗したら delay を :step が 1d :max が 5d というパラメータで適用することを示している。(d は日を表す単位)

これらのアルゴリズムの適用は、再計画が発生する度に、また各ノード毎に最初のアルゴリズムから順に行う。なお、report が仮に明記されていなくても、すべてのアルゴリズムが失敗すれば、最終的には report が自動的に起動される。これは、定義ミスにより再計画失敗が誰にもわからないままワークフローがペンディングをするのを避けるためである。

すべてのノードについてアルゴリズムリストを指定するのは煩雑なので、ノードIDを 'default とすることにより、デフォルトのアルゴリズムリストを指定できるようにした。'default に対するアルゴリズム指定を省略すると、report が指定されたのと同様である。

### 2.3.2 define-gim-plan

define-gim-plan は、組織目標変更の場合のアルゴリズム適用順を特に指定する構文である。本稿では詳細を割愛する。

### 2.3.3 管理者による、アドホックな再計画

BPT に指定した再計画アルゴリズムを強制的に起動させるプロトコルを提供する。例えば、そのプロトコル中で

```
:replan ('N02 '((force-end :pri 20
  :deadline "1996/10/22 17:00:00")))
```

と書くと、force-end アルゴリズムを強制的に起動できる。このプロトコルの送付権限は、ワークフローの管理者に限定する。

本機能は次のような場合有効である。ワークフローの起動時に終了予想時刻が管理者に対して表示されるが、管理者がその時刻に不満であるような場合、それより早い時刻を指定した force-end アルゴリズムによる再計画を強制起動することができる。

### 2.3.4 作業による、アドホックな再計画

例えばある作業者が予定通り業務ができなくなったとき、当該作業者が自主的に代理作業者を見つけ、代理業務の依頼の根回しが終わっているような場合、ワークフロー管理者を通さず、当該作業者の指示によって再計画が行われると便利である。(このような機能を提供することは、トップダウンなワークフロー管理にこだわらず、オフィスの仕事の進め方の実態に合わせることにつながり、重要であると考えている。)

そこで、キャンセルや業務の延期依頼のプロトコルに、前述と同様の :replan パラメータを付加して、特定の再計画アルゴリズムの起動を Pochet が指定する。BPT エージェントは、自身の持つ再計画アルゴリズムの適用順ではなく、:replan で指定されたアルゴリズムを採用する。

これにより、Pochet 側から予約の取消、業務の中断等の際に明示的に代理人を指定できる。

## 3 複数ワークフロー間の交渉

我々は、別の論文 [4] にて、個人間の仕事依頼交渉に関して方式提案を行っている。これは、ユーザ A に対してユーザ B と C が仕事依頼を行い、それらが両立しない場合の解決手順を提案したものである。簡単に説明すると以下ようになる。

1. A の Pochet は、B と C の Pochet に対して「調整案」を提示する。調整案は、依頼された仕事のキャンセルや締切の延期などの可能性を打診するものである。
2. 調整案を受け取った (B, C の) Pochet は、A の Pochet に対して、調整案の諾否<sup>4</sup> を回答する。これは、単なる Yes/No の回答に限らず、締切延期可能日数の数値で回答しても良い。
3. A の Pochet は、調整案に対する回答を分析して、B あるいは C のどちらかから依頼され

<sup>4</sup>正確には、ユーザが返すであろう諾否の回答の予測。

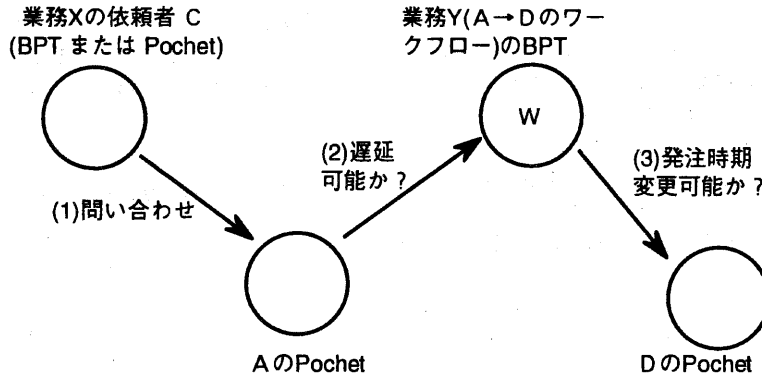


図 2: 自動交渉のしくみ

た仕事(あるいは両方)に対して、仕事のキャンセル、あるいは締切延期を依頼する。

本稿で説明する交渉は、個人間の仕事依頼交渉ではなく、ワークフロー間、あるいはワークフローと個人間の交渉である。これは、上記のB、Cのいずれかあるいは両方のPochetが、BPTエージェントに置き換えられた場合を想定すればよい。

以下、上記の説明で、BのPochetをBPTエージェントWで置き換えた場合を想定して説明する。

Wは、AのPochetからの調整案を受け取る。これは、例えば「BPTエージェントWから依頼されたワークフロー関連業務 a12345の締切を、某時刻まで延期したいがどうか?」というような内容である。

Wは、この調整案を受け取った場合、指定された再計画アルゴリズムに従った再計画を行えば、その成功/不成功によって調整案に対する回答を作成することができる。しかしながら、これはまだ調整案の段階なので、実際に再計画を実施して業務のキャンセルや日程変更を行うわけにはいかない。そのようなことを行えば、調整を諦めた場合にPochetのデータを元の状態に戻す必要が生じるし、万一再計画中に別の業務が予約されてしまったら、元の状態に復帰できなくなる恐れがある。

即ち、調整案の受諾を仮定して影響を調査するためのプロトコルが必要である。このプロトコルを用いた場合の、BPTエージェントが調整案を受け取った際の動きを説明する。(図2)

Aは、業務Yのワークフローに組み込まれており、すでに業務が予約されているか、或いは作業中である。業務Yは、Aの次にユーザDの業務が予定されているワークフローである。

ここで、別の業務Xに関する問い合わせがAのPochetに送られたとする(1)。AのPochetは優先度の低いYの業務の締切を遅らせれば、Xの業務ができるかと判断する。そこで、業務Yを管理しているBPT Wに対して、業務の遅延が可能かを尋ねる((2)、実際には遅延を依頼しない)。Wは、Aの業務の遅延を仮定してDへの業務の発注時期変更を計画し、DのPochetに発注時期の変更が可能かを尋ねる((3)、調整案の受諾を仮定した影響調査)。

DのPochetがOKを返せば、WはAに業務の遅延が可能であると伝える。AのPochetは業務Yの納期延期を実際にWに依頼し、業務Xを引き受ける。DのPochetがNGを返した場合は、AのPochetは他にキャンセルあるいは遅延できる業務を探してXを引き受けようとするか、業務Yを強引に遅延させる(業務Xが予約される段階で、Yの遅延を要求する)か、或は業務Xの問い合わせにNGを返すかのいずれかの動作をする。

#### 4 比較

最近、ワークフローの動的変更に関する研究が発表されているが、多くはワークフロー定義の変更に伴う処理についての研究である[6, 7, 8, 9]。ワークウェアシステムはワークフローの定義変更を伴わない、実運用時のアドホックな問題に対処できる。

よって本稿で述べた意味のワークフローの再計画に関する研究は他に類がないが、市場のワークフロー製品には類似の機能が部分的に導入されている。例えば、Staffware[10]では、ある作業員の業務が締切までに終わらなかった場合に起動すべき例外処理が定義できる。しかしながら本稿で述べたように再計画処理を系統的かつ柔軟に実現しているも

のではない。

また、マルチエージェントを用いたスケジュール管理についての研究については、会議のスケジュール調整についての研究が多く発表されている [11, 12, 13]。会議のスケジュール調整とワークフローのスケジュール調整は方式もおのずから異なっているが、ロバストネスという観点ではワークフローへのエージェント応用の方が容易であると言える。なぜならば、会議時間調整の場合エージェントへのスケジュールデータ入力は常に完全であることを要求されるが、ワークフローの場合は多少の入力漏れがあっても締切までに各担当者が業務をこなせるかどうかには大きな影響が出ないことも多いからである。

## 5 おわりに

本稿で述べた再計画方式により、ワークフロー定義者の要求に応じた再計画戦略の変更や、ワークフローと他の業務との調整の自動化が可能になる。

Pochet は改版を重ねながら社内で実用試験中である。BPT エージェントは現在の段階では実際のワークフローシステムとは連動していないため、(紙の)書類承認等の終了期日の確認程度の使い方しかできないが、当面このような方法で評価を行っていく予定である。各再計画アルゴリズムについては既に実装を終了している。

なお、BPT エージェントの機能は、将来的には Flexflow [14] に導入の予定である。

## 謝辞

熱心に議論していただき、適切な助言をいただいた宮井均部長、宮下敏昭課長をはじめとする NEC 関西 C & C 研究所の諸氏に感謝します。

## 参考文献

- [1] 垂水、他: ワークウェブシステムの提案～ワークフローを越えて～、情報処理学会グループウェア研究会、GW-12-10 (1995)
- [2] 垂水、他: ワークウェブシステムの実現、情報処理学会グループウェア研究会、GW-15-22 (1996)
- [3] Ishiguro, Y., et al.: An Agent Architecture for Personal and Group Work Support, *Proc. of International Conference on Multi Agent Systems (ICMAS'96)*, pp. 134-141 (1996)
- [4] 喜田、他: エージェント間交渉によるスケジュールの調整方式、情報処理学会グループウェア研究会、GW-21-17 (1997)
- [5] 吉府、他: ワークフローシステムにおける視覚的直接操作インターフェース、情報処理学会第 52 回全国大会、6X-3 (1996)
- [6] Bogia, D. P. and Kaplan, S. M.: Flexibility and Control for Dynamic Workflows in the wOrlds Environment, *Proc. of Conference on Organizational Computing Systems (COOCS'95)*, ACM, pp. 148-159 (1995)
- [7] Ellis, C., et al.: Dynamic Change Within Workflow Systems, *Proc. of COOCS'95*, ACM, pp. 10-21 (1995)
- [8] Herrmann, T.: Workflow Management Systems: Ensuring Organizational Flexibility by Possibilities of Adaption and Negotiation, *Proc. of COOCS'95*, ACM, pp. 83-94 (1995)
- [9] Mehandjiev, N., et al.: User Enhanceability for Fast Response to Changing Office Needs, *Proceedings of the 27th Hawaii Int. Conf. on Systems Sciences*, IEEE (1994)
- [10] [http://www.unisys.co.jp/product\\_info/staffware/pattern2.htm](http://www.unisys.co.jp/product_info/staffware/pattern2.htm) (1996 年 12 月現在)
- [11] Wada, Y., et al.: An agent oriented schedule management system - IntelliDiary -, *Proc. of the First Int. Conf. and Exhibition on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology*, pp. 655-667 (1996)
- [12] Sen, S. and Durfee, E.H.: On the design of an adaptive meeting scheduler, *Proc. of the 10th IEEE Conf. Artificial Intelligence Applications*, pp.40-46 (1994)
- [13] Garrido, L. and Sycara, K.: Multi-Agent Meeting Scheduling Preliminary Experimental Results, *Proc. of ICMAS'96*, pp.95-102 (1996)
- [14] 中川路、他: ワークフローシステム Flexflow のエージェントによる実装、情報処理学会グループウェア研究会、GW-20-5 (1996)