

暗黙的作業誘導機構を備えたマルチユーザインターフェース

守田 了、小島 恵一 (感性デザイン工学科)

Multi-user Interface with Inductive Work Navigation Facility.

Satoru Morita Keiichi Kojima (Kansei Design Engineering)

We have developed an multi-user iconic system, which supports distributed work spaces. In distributed work environment, it is important for a group to be worked efficiently and for members to work appropriately. In this systems, an user grasps work space by icons. So we propose the method leading users efficient work by changing intentionally each user's work space. A manager agent sends instructions for work space to user agent. User agents display work spaces, which are icon sets according to manager's instruction. We model some works in multi-user iconic systems and support group works actually. The effectiveness of the proposed model is evaluated.

keywords: *Multi-user interface, Computer supported cooperative work, Work navigation*

1 はじめに

遠隔地で共同して作業を行なうために、分散作業環境における様々な協調活動支援ツール GROVE[1], TeamPaint[2], Quilt[3] が提案されている。これらのツールではアウェアネスを伴う共同作業環境や通信機構について述べられているが、作業の管理機構については述べられていない。

グループ作業の手順、関連する作業、関連するデータをシステムが管理し、作業のなごれを追跡するワークフローシステムが提案されている [1][4][5]。グループで行う作業には、組織で行う事務処理のようにどの人がどの作業を行うかがあらかじめ定められる作業と、共同でホームページを作成する場合のように一人では大変であるが、あらかじめ作業の割当てを定めにくい作業がある。ワークフローのアプローチでは一般に、作業と作業（組織）の対応関係があらかじめ定められている作業を扱っており [4]、共同でホームページを作成する場合のように作業と作業者の対応に柔軟性のある作業を扱っていない。

そこで本論文では、作業があらかじめ与えられているが、作業と作業者の対応関係に柔軟性があるような作業を対象に計算機で行なう共同作業が円滑に行なえる管理機能を備えた支援環境を作成する。

他方ユーザに適合するインタフェースの研究が行なわれ、その重要性が述べられている [6][7][9][8]。一般に管理システムが与える作業が気に入らないことや、個人的に得意であることがあるため、作業管理システムにおいて個人の要求に柔軟に対処できる適応的インタフェースが要求される。従来の管理システムでは、管理主導で作業に対する個人の要求に対応できにくい [1][4][5]。そこで図 1 に示すように管理主導で管理するのではなく、ユーザ主導で個人の作業要求を優先して管理する。本研究ではユーザ主導の管理の実現のために、エージェントモデルを用いて個人の要求に柔軟に対処した適応的管理機能を備えた分散作業支援インタフェースを提案する。

また 初心者ユーザが容易に扱えることはインタフェースを構成する上で重要である。そのため 現実世界のも

のをアイコンで表現し、計算機上の作業をアイコンの重ね合わせによって模擬するアイコンシステム [10] を用いる。特に分散環境でアイコンシステムを使用するために、マルチユーザインターフェース [1][2] を用いる。

一方膨大な情報の中から必要な情報を探すために、情報フィルタリングの考え方が述べられている [11]。本論文では、インターフェース上に存在する多数のアイコンの中からシステムが一連の作業に必要なアイコンをグループ化して表示することにより、ユーザ主導で作業を行わせつつ、効率のよい作業に誘導する手法を提案する。

2. 設計の方針と暗黙的作業誘導の原理について述べ、3. では、ユーザの作業を妨げずにユーザの意図と仕事の効率の両面を考慮した作業空間の実現のために、エージェントに基づく支援について述べ、4. では、実際に作成したマルチユーザインターフェース上で作業を行ないその有効性を評価する。

2 設計の基本方針

インターフェースの設計方針および管理システムの設計方針と作業の暗黙的誘導の原理について述べる。

2.1 インタフェースの設計方針

一つの部屋で複数人が共同作業を行う場合、暗黙のうち自分の行なった作業、全体の作業の進行状況や他のメンバーが行なっている作業を知ることができる。このことが、効率良い協同作業につながる。そこで自分の行なった作業、全体の作業の進行状況及び他のメンバーが行なっている作業をユーザ画面に表示する。

特に分散協同作業を支援するインターフェースを実現する上で以下の点を考慮する。

- (1) 計算機の初心者が容易に扱えること。
- (2) 作業の進行状況が把握できること。

近年インターネットなどの普及に伴い、初心者ユーザが計算機を使用する機会が増えている。そのため、初心者ユーザが容易に扱えることはインターフェースを構成

する上で重要である。(1)の条件を満たすインターフェースのために、現実世界のものをアイコンで表現し、計算機上の作業をアイコンの重ね合わせによって模擬するアイコンシステム [10] を用いる。特に分散環境でアイコンシステムを使用するために、マルチユーザインターフェース [1][2] を用いる。

次に行うべき作業に戸惑わないために、作業の進行状況や相手の状況が把握されていることの重要性が述べられている [2]。(2)の実現のために、全体の作業の進行状況を画面に表示し、時間と共に変化する他人および自分の操作をユーザ画面に表示する。

2.2 管理システムの設計方針

分散協同作業を支援する管理システムを実現する上で以下の点を考慮する。

- (3) 作業全体の効率がよいこと。

特に (3) の作業全体の効率がよくなるために以下の条件が必要である。

- (4) 仕事が管理されていること。
- (5) 作業の分配が適切であること。

共同作業を効率よく行うためには仕事が管理されていてその流れに従って作業が分配されることの必要性が述べられている [1][4][5]。また一般に作業の分配が適切でなかったり、つらい作業が集中して割り当てられたり、ある人には全然作業が分配されない場合、全体としての時間もかかる上作業者の仕事に対する満足感も得られない。(4)の実現のために管理エージェントを導入し、仕事の全体を管理する。(5)の実現のためにユーザエージェントを導入し、ユーザの仕事の監視と管理エージェントに個人の現在の作業を報告させ適切な分配を実現する。

特に作業効率とともにユーザの柔軟な作業に対処できることが重要である。ユーザの柔軟な作業に対処するために以下の条件が必要である。

- (6) 作業は個人の自由であること。

- (7) 例外的な処理に対応できること.

(6) の実現のために、作業を自由に選ぶ権利をユーザに与える。仕事の強要は効率のよい共同作業につながるとはかぎらない。作業者の意図を優先できるシステムであることは重要である。

(7) の実現のために、管理機能は仕事の分配を静的に決定するのではなく、動的に決定する。このようにすることによって、例外的な処理が行われても考慮される。また作業は個人の自由であるため、例外的な処理が発生した場合に個別に対処できる。

このように、(3) の要求に答えつつ (6)(7) の要求を実現するために複数の要求に柔軟に対処できるエージェントモデルを導入する。

2.3 作業の暗黙的誘導の原理

アイコンが増えてくると、すべてのアイコンを見せることは不可能になる。一般に仕事の強要は効率のよい共同作業につながるとはかぎらない。管理者が作業者に一方的に仕事を強要するのではなく、管理者の指示に基づいて仕事が与えられるもの、与えられた仕事に対して作業者の意図が優先されることが重要である。そこで作業空間に作業を提示するのではなく、システムが一連の作業に必要な道具を提示することによりユーザ主導で作業を行わせつつ、暗に効率のよい作業に誘導する。作業空間を意図に無関係に頻繁に変更すると、注意が分散して仕事に集中しにくい。そこで、ユーザの意図を無視して作業を妨げないために次の点を考慮する。作業空間がユーザの意図に無関係に頻繁に変更されることはさける。また作業に不必要なコミュニケーションは相手の作業をさまたげるため、最小限に押える。

3 作業空間の管理機構

分散作業環境における仕事の管理とユーザの意図に柔軟に対処した仕事の誘導を行なうために、図 2 に示すようにユーザの意図を解釈するユーザエージェントと仕事の管理を行なう管理エージェントを用いた作業空間の呈示を実現する。

3.1 作業タイプ

ツリーで表される作業計画は、いくつかの作業タイプから成り立っている。例えば”協同文書執筆”という仕事は、「文書作成」、「図作成」、「グラフィック作成」などの作業タイプから成り立っている。このような作業タイプで使用されるアイコンは、アイコンのクラスで考えた場合ほぼ決まったアイコンが繰り返し使用される。「文書作成」という作業タイプの場合、ペーパー、ペン、プリンター等のアイコンが繰り返し使用される。このように特定の作業タイプには特定のアイコンが繰り返し使用されていることがわかる。このようなアイコンのクラスをあらかじめセットとしてまとめておく。これを作業タイプに対するアイコンのセットとする。図 3 に文書作成、グラフ作成、グラフィック作成、図形作成の作業タイプに対するアイコンのセットを示す。

ユーザに対して作業タイプ単位で作業空間に表示することによって、「文書作成」、「図作成」といった作業タイプに誘導する。作業単位で表示する場合と比較して、ユーザが無関係な作業を行なう可能性が低くなり、操作性の面からは作業に必要なアイコンを探す手間が軽減される。表示の面からは作業終了毎の表示の変化が少ないという利点がある。

このような作業タイプに応じたアイコンのグループ化は、OLE などを用いたいわゆる複合文書や、クラリスワークスなどの統合ソフトなどでも用いられていてその有効性が示されている。しかし、複数のユーザが同時並行して作業を行う分散作業環境では、複数のユーザの作業にしたがって作業が進行していくため次に行うべき作業を見失ってしまうことがある。その場合、ユーザが手動で選択するシステムでは、どの作業タイプを選択すべきかわからなくなってしまう。そのため管理プログラムが作業の効率とユーザの意図に応じた作業タイプを提示することにより、ユーザは作業の進行状況を見失わずに効率のよい作業に導かれる。

3.2 ユーザエージェント

ユーザエージェントは各ユーザの行なってきた作業と管理エージェントが送ってきた指示をもとに、ユーザ

の意図に応じた作業空間を呈示する。ユーザエージェントが行なう仕事は操作履歴の収集、管理エージェントの命令の授受、作業の識別、作業空間の呈示、管理エージェントへの作業の報告の4つである。

3.2.1 ユーザエージェントの仕事

ユーザエージェントは、管理エージェントから作業空間の指示を受ける。作業空間の指示は提示すべきアイコンの集まりの候補と時間によって行われる。

ユーザエージェントは作業履歴を現在から過去にさかのぼり特定の作業タイプのアイコンのセットとマッチングしていく時、最も長い時間矛盾のない作業タイプを現在行なっている作業タイプと識別する(図4)。

ユーザエージェントは管理エージェントが指示する作業および作業タイプと現在行っていると識別された作業タイプと現在使用している作業タイプから、現在行なっている作業を極力さまたげない作業空間を呈示する。作業空間がユーザの意図に無関係に頻繁に変更されることは作業のさまたげになるため、作業空間がユーザの意図に無関係に頻繁に変更されることはさける。実際には以下の処理にしたがって、ユーザの意図に無関係に頻繁には変更されにくい作業空間を実現する(図4)。

- 管理エージェントが指示する作業が現在の作業空間の作業タイプ中に含まれているなら、管理エージェントの作業タイプの候補を無視し、ユーザが行っている作業タイプを作業空間にそのまま提示する。
- 管理エージェントが指示する作業がユーザが行なっている作業タイプ中に含まれていなくても、ユーザエージェントが現在行っていると判断した作業タイプ中に含まれている場合はその作業タイプを作業空間に提示する。
- どちらでもない場合は作業空間を管理エージェントが指示した作業タイプに変更する。

ユーザエージェントはユーザが行なった操作を管理エージェントに伝える。操作は重ね合わせるアイコン、起動される作業、作業が起動された時間、ユーザ名で記述される。

ユーザエージェントは管理エージェントから受け取った他のユーザの操作および管理エージェントから受け取った全体の作業を表示する。

3.3 管理エージェント

管理エージェントは作業全体とユーザが送ってきた作業を元にユーザの作業空間を指示する。管理エージェントが行なう作業はユーザエージェントへの命令、ユーザエージェントからの履歴の授受、作業のユーザへの分配、全体の仕事の保持の4つである。

3.3.1 管理エージェントの仕事

管理エージェントは操作した2枚のアイコンと生成したアイコンと起動した作業タイプ、時間、ユーザ名を受けとる。

管理エージェントはユーザに行なわせたい作業に適した作業空間の指示をユーザエージェントに送る。作業空間の指示はアイコンの集まりの候補と候補の優先順位と指示の発生時間によって行われる。また受け取った操作(重ね合わせるアイコン、起動される作業タイプ、作業が起動された時間、ユーザ名)をすべてのユーザに送る。

作業の始めにこれから行う作業の全体とメンバーをユーザの一人が指定して管理エージェントを立ち上げることによって、共同作業が開始される。

管理エージェントは作業の全体から各時刻に各ユーザが次に行なえる作業を未来にむけてマッチングを行ない、最長一致する仕事を今後行なうのに適した仕事とみなす(図5)。

作業の全体と各ユーザの作業をもとに作業の効率を考慮した評価関数を用いて各ユーザが次に行うべき作業の候補を計算する((図5),(3.3.2節))。またその作業と作業の全体をもとに次にユーザが行うべき作業タイプを計算する((図5),(3.3.3節))。

3.3.2 評価関数

管理エージェントは変化する作業状況の中で、行なわれていない作業の全体のうちユーザがどの作業をす

ると効率的であるか、各作業の効率性を評価関数を用いて評価する。

評価関数は作業計画上で未実行の作業と全てのユーザの組合せについて適用して評価する (式 (1)).

i 番目のユーザの未実行作業 j に対する評価 $f(i, j)$

$$f(i, j) = \begin{cases} \text{(作業が可能な場合)} \\ \text{(作業が不可能な場合)} \end{cases} \quad (1)$$

(作業 j が実行可能な場合)

$$= \theta_1 \times (\theta_2 + \theta_3) \quad (2)$$

- アイコンの貸し借りに関する評価 θ_1

$$\theta_1 = \eta^n \quad (3)$$

n : 借りてくるアイコン数
 η : 重み

- 現在の作業との関連性に関する評価 θ_2

$$\theta_2 = \theta_1 \times \frac{1}{l_{(j,j')}} \quad (4)$$

$l_{(j,j')}$: 作業 j とユーザ i が行なった作業 j' 間のパス長
 θ_1 : 重み

- 作業手順の数に関する評価 θ_3

$$\theta_3 = \theta_2 \times \frac{l_j}{l_{root}} \quad (5)$$

l_j : 作業計画を表すツリーにおける作業 j の深さ
 l_{root} : ツリーの高さ
 θ_2 : 重み

(作業 j が実行不可能な場合)

$$= -1 \quad (6)$$

作業 j が実行可能な場合つまり作業に必要なアイコンが生成されている場合、3つの非効率と思われる作業進行について評価する。まずアイコンの貸し借りにつ

て評価をおこなう (式 (3)). 他のユーザから作業に必要なアイコンを借りなければ実行できないものは、ユーザ間で”貸し借り”という手間がかかる。そのため効率的でないので評価を下げる。次に現在の作業との関連性について評価を行なう (式 (4)). 作業計画を表すツリーにおいて作業アイコン間のパス長が長いものは、ユーザが今まで実行した作業と関連性が少ない。ユーザが今まで行なった作業情報の知識を無駄にし、時間と労働力がかかるため、パス長が長い作業ほど評価を下げる。後に作業手順の数に関して評価する (式 (5)). 作業手順がかかる作業、つまりツリーにおいてルートからの深さが大きい作業は早めに実行しておかないと、未処理だった場合、仕事全体を終了させるのに時間がかかってしまう。作業の実行はルートからの深さが深い作業から行なっていく方が仕事全体の終了が早くなる。そのためルートからの深さが深い作業ほど優先して、作業を行なった方が効率的であるので評価を高くする。これら3つの評価項目の中で現在の作業との関連性に関する評価 θ_2 、作業手順に関する評価 θ_3 はそれぞれ未実行作業のツリーにおける位置に関する点から見た評価である。またアイコンの貸し借りに関する評価 θ_1 は他の評価 θ_2 、 θ_3 と比較して通信する手間や他のユーザに与える影響度から最も重要視した。これらのことを考慮して3つの評価項目を式 (2) に示すように組み合わせ、得られる評価関数を計算することによって、各ユーザごとに評価が高い作業が求まる (図 5)。また作業自体が実行不可能なものについては評価値を-1とした。

3.3.3 作業タイプの決定

評価の高い作業と全体の作業計画から、評価の高い作業がどの作業タイプに属しているか判断する。

図 5に管理エージェントによる作業タイプの決定の流れを示す。作業計画を表すツリーを評価の高い作業を中心に、一つのアイコン列にする。ツリーをアイコン列に並べかえる際、パスの距離が近いものほどアイコン同士に関連性が高いので、評価の高い作業からパスの距離が近い作業を順に並べていく。このアイコン列はユーザが仕事を終了させるために使うアイコンの作業手順を

表している。アイコン列に並べられた作業アイコンを順番に使用していくと仕事が完了する。アイコン列を使用する順にアイコンのクラスについて、各作業タイプのアイコンのセットに含まれるアイコンと照合していく。並べられたアイコン列と使用する順に最長一致する作業タイプを決定する。管理エージェントはその最長一致した作業タイプのアイコンのセットを、次にユーザのインターフェイスに表示すべきアイコンの候補としてユーザエージェントに報告する。

3.4 ユーザの対話的操作

ユーザは呈示された作業空間によって、エージェントが指示する作業に誘導され、結果的に効率のよい作業が行なわれる。エージェントが誘導する作業を行いたくない場合、ユーザは自由に作業が実行できる。エージェントはユーザの自由な作業に応じて適応的に作業空間を変更する。

4 インタフェース画面と評価

作成したマルチユーザインタフェースのシステム構成と、実際の作業を通して実験システムを評価する。

4.1 インタフェースの画面構成

図 6は実験システムのインターフェイスである。(1)のウインドウは作業タイプによって選択されたアイコンのセットの表示画面である。(2)のウインドウでは次に実行可能な作業とそれに必要な作業アイコンを示している。このウインドウでは左から順に評価結果の高い作業が並べられている。ユーザはこのウインドウから、目的の作業に必要な作業アイコンの情報を得る。(3)のウインドウでは仕事の作業計画と全体の作業進行状況を示している。各作業が行われていくと、その作業を実行したユーザ別に色分けされていく。(4)のウインドウでは使用者別に色分けした各作業アイコンの使用状況である。(5)のウインドウでは他のユーザの作業状況を示している。各ユーザが行った最新の作業などが表示される。(6)のウインドウは(1)のウインドウから選択

されたアイコンを重ね合わせて作業を行う個人作業ウインドウである。ウインドウ中の左上のゴミ箱を表すアイコンを通して、不要なアイコンの共有空間への返却やアイコンの貸し借りを行う。また本システムは、サーバクライアントモデルを用いて UNIX 上に実現されている。

4.2 共同作業のながれ

以下に実験システム上の作業実行をステップごとに説明する。

- Step 1 管理プログラムが現在の作業状況から適した作業タイプのアイコンのセットをウインドウ (1) に呈示する。ユーザは目的の作業に必要なアイコンをウインドウ (1) に表示されているアイコンのクラスをクリックすることで、そのアイコンのインスタンスがポップアップメニューに表示され、その中から選択して個人作業ウインドウ (6) にアイコンを送る。図 7(ステップ 1) では管理プログラムの作業状況から判断した評価結果より「グラフィック作成」の作業タイプのアイコンのセットを呈示している。ユーザは”b.gif”を作成するという作業に必要な作業アイコンである”c.gif”と”xpaint”をそれぞれポップアップメニューから選択し、個人作業ウインドウ上に送っている。また、ユーザが所望する作業アイコンが現在表示されているアイコンのセットに含まれていない場合は、「next」「prev」ボタンをクリックすることでアイコンのセットを切り替えることができる。
- Step 2 個人作業ウインドウ (6) 上で作業アイコンを重ね合わせる。重ね合わされたアイコン間でメッセージマッチングが行われ、対応した機能やアプリケーションが実行され、作業を行う。図 7(ステップ 2) では作業アイコン”c.gif”と”xpaint”を重ね合わせて、対応したアプリケーションであるペイントツールが起動されている。
- Step 3 作業が完了し、アプリケーションを終了すると、作業の実行結果として新しい作業アイコンが生成さ

れる。管理プログラムはユーザの作業実行をうけて、再度全体の作業状況を判断してそのユーザに適した作業タイプのアイコンのセットを呈示する。図 7(ステップ 3) ではユーザの作業結果として作業アイコン”b.gif”が生成されている。ユーザの作業”b.gif”の実行をうけて、管理プログラムは再度作業状況を判断し、ウインドウ (1) に「文書作成」の作業タイプのアイコンのセットを呈示している。

4.3 共同作業実験

選択的表示による誘導の効果を見るために、複数のユーザで研究室のホームページを作成した。事前にユーザにはホームページを構成する各部分の仕様とホームページの完成イメージを渡した。ホームページ作成のための作業計画は総アイコン数 41 個、作業数 20 で、ユーザ数は 2 人の場合と 3 人の場合で行った。作業タイプは 10 個前後のアイコンを含んだ「文書作成」「グラフィック作成」「図形作成」「映像作成」「ファイル管理」「通信関係」の 6 タイプを用意した。

4.3.1 計算機シュミレーションとユーザの作業による比較

また計算機シュミレーションとしてユーザの能力差や作業終了に費す時間を一定とし、管理プログラムの選択的表示による誘導に従った場合についてパラメータを (I) $\eta = 0.5, \theta_1 = 0.5, \theta_2 = 0.5$, として実験を行った。図 8 は (I) の場合の実験結果である。実験結果は管理システム側の理想的なスケジューリングによる結果である。同じ作業の計算機シュミレーションに対して、重みのパラメータを変化させて実験を行った ((II) $\eta = 0.5, \theta_1 = 0.4, \theta_2 = 0.6$, (III) $\eta = 0.5, \theta_1 = 0.6, \theta_2 = 0.4$) が、誘導結果によって行った作業の一部に変化は見られたが、各ユーザが行った作業の大部分に大きな変化はなかった。

実際に 3 人のユーザによって行なったホームページ作成の結果を図 9 に、その実験の評価結果を表 1 に示す。ユーザ間のコミュニケーションには実験システムとは別に簡単な talk 機能がある電子会議室プログラムを用

いた。評価関数の各重みは $\eta = 0.5, \theta_1 = 0.5, \theta_2 = 0.5$ と設定した。2 人の場合は約 42 分、3 人の場合は約 30 分が仕事の終了までにかかった。作業によって画像ファイルを 11, 651 バイト、テキストファイルを 2, 523 バイト、全体として 14, 174 バイトのファイルが作成された。また、あるタスクに対してやらなければならないアイコンのリストがあってユーザに対してそれを全部見せて、まだ終了していないものをユーザ自身が選択する実験を行った。2 人の場合は約 58 分、3 人の場合は 49 分を作業に要した。

実際に複数のユーザにより仕事を行った。計算機シュミレーションではほぼ作業数が割れているのに対して、実際の作業では各ユーザの行った作業数に差が表れた。ユーザ B, C はユーザ A の 2 倍の数の作業をこなしているが時間的には同等の作業を行なっている。これは各ユーザの能力差と各作業内容による時間差が現れたためと考えられ、理想の状況を想定することが困難であり本手法が有効であることがわかる。実験の評価結果である表 1 で誘導率とはどれほどユーザがシステム側の誘導に従ったかを示し、アイコンの貸し借り率とはその程度アイコンの貸し借りが抑えられたかを示している。結果からユーザはある程度システム側の呈示した効率的な作業に誘導され、ユーザの合意を含んだ組織的かつ合理的な作業進行が図られたことがわかる。

作業誘導を行わない場合と比較して、作業時間が短縮され、貸し借り率も小さくなっていることがわかる。作業の誘導が行われない場合、作業が分配されずに作業の後半に一人のユーザのみが長く作業を行ってしまうため、作業時間がかかってしまうという結果が生じている。また他のユーザが行っている作業とツリーのパスが近い作業を行ってしまうために、頻繁にアイコンの貸し借りが起きるといった結果が生じている。

実際の作業と計算機シュミレーションの双方とも全般的にユーザは関連する作業を続けて行っており、管理プログラムの選択的表示による誘導が有効であったといえる。また選択的表示の面からもツリーで表される作業計画では、葉 (リーフ) にあたる作業アイコンの表示が、作業タイプのセットに含まれるアイコンの数だけに抑えられる。実験で扱った 20 個の作業からなる作業計

画では、最大で 21 個のアイコンが表示されるが選択的表示による情報フィルタリングにより約半分の 10 個程度に抑えられた。

なお、実験システムはサーバクライアントモデルを用いて UNIX 上に実現している。

5 まとめ

分散作業環境で複数人がかかわる共同作業の支援のために、各ユーザの作業空間を意図的に変更することにより、各ユーザの作業を暗黙的に誘導する手法を提案した。エージェントの導入により、ユーザの自由な作業に柔軟に対処した作業の管理が実現できた。また共同作業に必要な共同作業者の作業や全体の作業がインタフェースを通じて視覚的にわかるため、他のユーザの作業に適応的に対処できる。また実際に共同してホームページを作成し、その有用性が確認できた。

表 1: 評価結果

	2人(誘導あり)	3人(誘導あり)
誘導率 (%)	60.0	65.0
アイコンの貸し借り率 (%)	50.0	50.0
作業終了時間 (分)	42	30
	2人(誘導なし)	3人(誘導なし)
誘導率 (%)		
アイコンの貸し借り率 (%)	66.0	70.0
作業終了時間 (分)	58	49

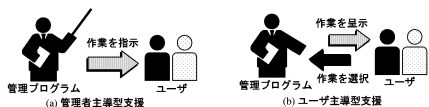


図 1: 対話的關係

参考文献

[1] C. A. Ellis, S. J. Gibbs, and G. L. Rein, "Groupware: Some Issues and Experiences," *Communication of the ACM*, Vol. 34, No. 1, pp. 38-58, 1991.

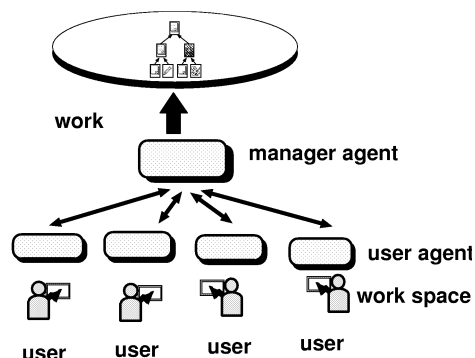


図 2: 協同作業支援モデル



図 3: 各作業タイプのアイコンのセット

[2] H. Ishii, M. Kobayashi, and J. Grudin, "Integration of Inter-Personal Space and Shared Workspace: Design and Experiments of ClearBoard," *Proceedings of CSCW'92, ACM*, pp. 33-42, 1992.

[3] Mary D. P. Leland, Robert S. Fish, and Robert E. Kraut, "Collaborative Document Production Using Quilt," *CSCW'88*, pp. 206-215, 1988.

[4] 石井 裕, オフィスモデル OM1 によるオフィスワークの記述と分析, 電子情報通信学会技術報告, OS86-24, pp. 39-46, 1986

[5] Karbe, B., Ramsperger, N., and Weise, P., "Support of Cooperative Work by Electronic Circulation Folders," *Proc. ACM SIGOIS Bull*, Vol.11, No.2, pp. 109-117, 1990.

[6] Darragh, J. J., Witten, I. H. and James, M. L., "The reactive keyboard: A predictive typing aid.," *IEEE*

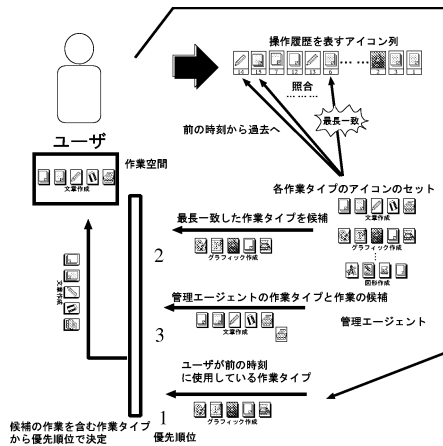


図 4: ユーザーエージェントの作業タイプ決定の流れ

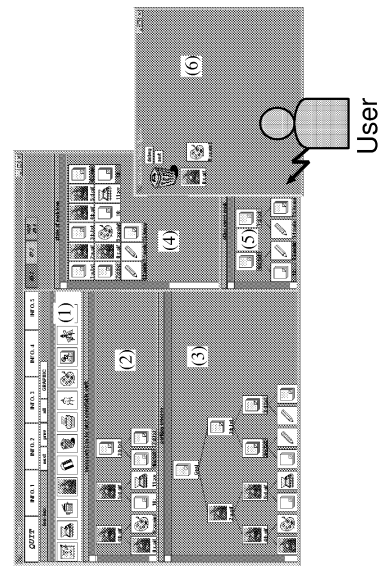


図 6: インターフェース画面

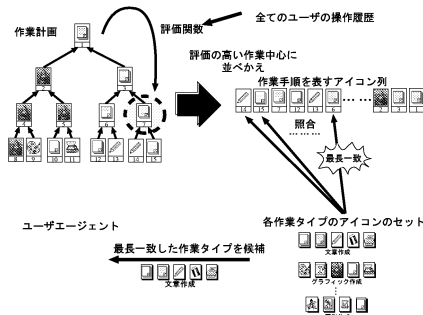


図 5: 管理エージェントの作業タイプ決定の流れ

trans. on Software Engineering-16, 10, pp. 1178-1184, 1990

- [11] Borenstein, N. S., "Computational Mail as Network Infrastructure for Computer Supported Cooperative Work," Proc. ACM CSCW, pp. 67 -74, 1992
- [12] Maes, P., "Learning interface agents," In proc. of the 1994 Friend 21 International Symposium on Next Generation Human Interface, 1994

computer, 23, 11, pp. 41-49, 1990

(平成 11 年 11 月 30 日受理)

- [7] Myers, B. A., "Demonstrational interfaces: A step beyond direct manipulation.," IEEE Computer,25, 8, pp. 61-73, 1992
- [8] Greenberg, S. and Witten, I. H., "Supporting command reuse: mechanisms for reuse," Int. J. Man-Machine Studies, 39, pp. 391-425, 1993
- [9] Cypher, A., "EAGER: Programming Repetitive Tasks by Example.," In Proceedins of CHI, ACM, New York, pp. 33-39, 1991
- [10] Hirakawa, M. , Tanaka, M. and Ichikawa, T., "An Iconic Programming System , HI-VISUAL," IEEE

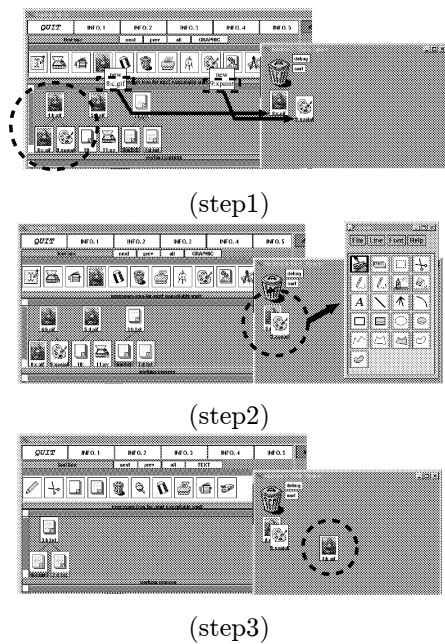


図 7: 作業の流れ

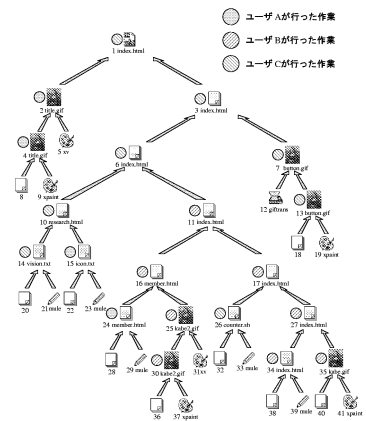


図 9: 3人の場合の作業進行結果 (実際の作業者による)

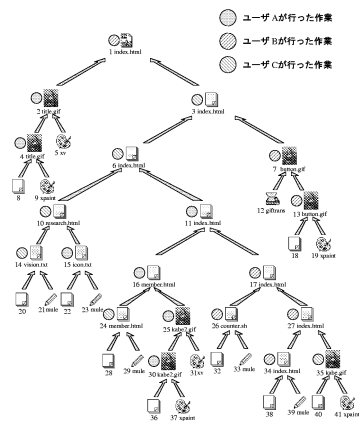


図 8: 3人の場合の作業進行結果 (誘導に従った場合 (I)(計算機シミュレーション))