

AIDEにおけるデスクワークパターン抽出法の検討

Consideration of desk work pattern extraction method in AIDE

藤田真康^{1*} 諏訪博彦¹ 篠田孝祐¹ 栗原聡¹

Masayasu Fujita¹, Hirohiko Suwa¹, Kosuke Shinoda¹, and Satoshi Kurihara¹

¹ 電気通信大学大学院情報システム学研究科

¹ Graduate School of Information Systems, University of Electro-Communications

Abstract: 我々は、オフィス等における PC を用いたデスクワークを支援するシステムとして、AIDE(Autonomous Interactive Desk Environment) を提案している。AIDE は、ディスプレイ上に表示されているウィンドウや、机上のペン、ホチキス、マグカップといったオブジェクトをエージェント化し、自律的に移動させることでユーザの支援を行う。各エージェントを自律的に移動させるには、ユーザの行動をパターン化し、次の動作を予測する必要がある。そこで本研究では、ユーザの行動を予測するための、デスクワークパターンの抽出方法について検討する。

1 はじめに

オフィス等における PC を用いたデスクワークにおいては、各ウィンドウの配置や、机上のノート、ペン、マグカップといったオブジェクトの配置に煩わしさを感じることもある。しかし現状では、配置作業は手動で行われている。

我々は配置作業の煩わしさを軽減するため、PC を用いたデスクワークを対象とし、デスクワーク支援システムとして、ウィンドウやデスク上にある物の配置・整理整頓をユーザの代わりに自律的に行う机型デバイス、AIDE (Autonomous Interactive Desk Environment) を提案している (図 1)。

AIDE の主な機能として、ディスプレイ上に表示されているウィンドウや、机上のペン、ホチキス、マグカップといったオブジェクトをエージェント化し、ユーザの指示を必要とせず各ウィンドウエージェントや机上オブジェクトエージェントが自律的にユーザにとって適切な位置に適切なタイミングで移動するというシステムを実装する。しかし、各エージェントの適切な位置と移動タイミングは一概に決定することはできず、ユーザにとって異なる。また、エージェントの数が増えるとシステム製作者が各エージェントの適切な位置と移動タイミングをデザインすることは不可能である。よって、各ユーザに適応し、ウィンドウや机上オブジェクトをエージェント化するには、デスクワークにおけるユーザの行動履歴を取得し、システムに学習させる必要がある。

このデスクワークにおけるユーザの行動には、何らかのパターンが存在していると考えられる。例えば、ユー

ザが Word や Tex 等の書類作成作業をしている時、これらの書類作成アプリケーションはほぼ決まった位置に配置されることが予想できる。また、作成した書類等を印刷し、ホチキスでとめる時、ホチキスを用いる前に書類を揃えるという動作が入ることが予想できる。

そこで本研究では、AIDE にユーザの行動を予測させるため、ユーザの行動履歴から定型的なデスクワークパターンを抽出する方法について検討する。



図 1: AIDE

*電気通信大学大学院情報システム学研究科社会知能情報学専攻
E-mail: fujita@ni.is.uec.ac.jp

章では AIDE の構成と動作イメージについて述べる。4 章ではデスクワークにおけるユーザの行動履歴の取得方法について述べる。5 章ではデスクワークパターンの抽出法の検討について述べる。6 章では本論文のまとめと今後の予定について述べる。

2 関連研究

近年、ロボット等のエージェントを用いて人間を支援する研究が進んでいる。Duan[1] らは、デスクワークの 1 つであるセル生産組立を対象とし、ロボットが部品を作業者のもとまで配膳する、組立情報を机上に表示する等、作業者とシステムとの協調による組立作業支援システムを提案している。しかしこのシステムでは、動作タイミングをユーザが指示しなければならず、システムがユーザの作業状況を見て自律的に動作するという事はできない。

Duan らの提案しているシステムでは、ロボットと人間とが接触しないよう空間的な隔たりが設けられているが、AIDE はユーザの手元まで机上オブジェクトを運ぶなど、ユーザに対して直接的な支援も行うことを想定しており、ロボットと人間とが同じ作業空間に存在する。

そこで、山田 [2] らの研究では、製造業の生産現場において人間とロボットが同じ作業空間において作業を行うことは有用であるとし、搬送作業における人間の意向をロボットに反映させるためのヒューマン・インタフェースの構築を提案している。山田らはロボットに、予めパターン化された搬送経路の中のどの経路を用いて搬送するかを人間の動作から予測させ、人間の動作に合わせたスムーズな搬送を可能としている。

AIDE に搭載するロボットアームには機能的限界があり、ユーザに対して行える物理的支援には制約がある。

Stephanie[3] らは、人間を目的地まで案内するシステムとして、システムの性能が低くても、システムと人間とが適切にインタラクションを行い、人間を目的地まで案内するガイドロボットエージェントの研究を行っている。ロボットの機能とコストはトレードオフの関係にあり、また、ロボットの機能にも技術的限界が存在する。そこで Stephanie らは、ロボットの機能の不足する部分を、ロボット自身が人間に助けを求めることにより補ってもらい、人間とロボットの双方の目的を達成するシステムを提案している。

3 AIDE の構成と動作イメージ

AIDE では、ディスプレイを正面に 1 台置き、手前にタッチパネルディスプレイを 3 台寝かせ、寝かせた 3 台のタッチパネルディスプレイを情報表示可能な机と

して利用する。本研究では、机として利用するディスプレイを「水平ディスプレイ」と呼ぶ。水平ディスプレイを用いることにより、本や書類、メモ書き等の手元にある物とディスプレイ上の情報を見比べやすくする。また、タッチパネルディスプレイにより、直感的な操作を可能とする。

机上の状態を認識するため、机の上空に Kinect を設置する。また、ウィンドウはソフトウェア的にディスプレイ上を移動することができるが、机上オブジェクトは自力で動くことができない。そこで机の奥、左右にロボットアームを設置し、机上オブジェクトの移動にはロボットアームを用いる。さらに、ユーザの手の動きや姿勢に対応してインタラクションを実行させるために、正面のディスプレイ部分にも、もう 1 台 Kinect を設置し、ユーザの動作を検出する。

AIDE は、エージェント同士が互いにインタラクションを行い、各エージェントが自律的に適切な配置位置へと移動したり、ロボットアームとユーザとがインタラクションを行うことにより、ユーザのデスクワークをソフトウェア・ハードウェアの両方で支援するシステムである。

各エージェントにはそれぞれ自分が居たい位置の候補を持っており、すべてのエージェントはなるべく第 1 候補の位置へと行きたがる。しかし、それだけではエージェント同士の重なりが起こってしまう。ウィンドウ同士の重なりならば、必要なウィンドウを前面に持ってくることは簡単であり、例えばブラウザで複数のページを開いている時等、ディスプレイ上にブラウザを分散して配置するよりも一定の位置に配置し、必要な時に必要なページに切り替えるという作業は普通にある。しかし、AIDE は水平ディスプレイを机として用いていることから、ウィンドウと机上オブジェクトが重なってしまうという状況が起こり得る。ウィンドウと机上オブジェクトとでは、前面背面の切り替えは不可能である。そこで、各エージェントに優先度を設定する。エージェント同士が重なってしまった、あるいは重なってしまいそうな状況が発生し、その重なりが許容できない時、各エージェントはどちらが優先されるかを判断し、優先度が低いエージェントが第 2 候補以下の位置へと移動する。

例えば、図 2 の枠で囲まれている部分のようにペンエージェントとウィンドウエージェントが重なってしまった場合、ペンエージェントとウィンドウエージェントとがどちらが優先されるかを判断し、図 3 の様に、優先度の低い方が移動する。



図 2: エージェントの重なり状態



図 3: エージェントの重なり状態解消

4 デスクワークにおけるユーザの行動履歴取得方法

ユーザのデスクワークパターンを抽出するため、以下のようなユーザの行動履歴を取得する必要がある。

1. 各ウィンドウの配置位置とその位置における存在時間
2. 各ウィンドウのサイズ
3. 各ウィンドウの配置位置変更のタイミング
4. 各机上オブジェクトの配置位置とその位置における存在時間
5. 各机上オブジェクトの配置位置変更のタイミング
6. ユーザの手の動作

そして、取得した行動履歴を分節化し、時系列における状態遷移図を作成する。

行動履歴 1, 2, 3 の取得について 4.1 節で述べる。行動履歴 4, 5 の取得について 4.2 節で述べる。行動履歴 6 の取得について 4.3 節で述べる。

4.1 ウィンドウ情報の取得

ウィンドウエージェントの配置候補と優先度を設定するためにウィンドウ情報の取得が必要である。ウィンドウ情報は API を用いて取得する。API により以下のウィンドウ情報を取得することが可能である。

- ディスプレイ上に表示されている全ウィンドウ（タスクバーに収納されているものも含む）の名前
- 正面に設置されているメインディスプレイの左上を座標 (0,0) における、各ウィンドウの座標
 - ウィンドウの上辺の y 座標
 - ウィンドウの下辺の y 座標
 - ウィンドウの左辺の x 座標
 - ウィンドウの右辺の x 座標
- 各ウィンドウの位置座標における滞在時間
- 各ウィンドウの位置変更タイミング
- 各ウィンドウのサイズ
- アクティブウィンドウの情報
- 時計情報

取得したウィンドウ情報から、各ウィンドウエージェントは自身が最も長い時間居た位置から配置位置候補を設定し、また、その位置における滞在時間を優先度の指標とする。

4.2 机上オブジェクト情報の取得

オブジェクトエージェントもウィンドウエージェントと同様に、配置位置候補と優先度を設定するため、机上オブジェクト情報の取得が必要である。机上オブジェクト情報の取得には、第 3 章でも述べたように、机の上空に設置した Kinect のカメラと深度センサーを用いる。ウィンドウ情報と同様に、机上オブジェクトも以下の情報を取得する。

- 各机上オブジェクトの形状
- 各机上オブジェクトの位置座標
- 各机上オブジェクトの位置座標における滞在時間
- 各ウィンドウの位置変更タイミング
- 各机上オブジェクトのサイズ
- 時計情報

取得した机上オブジェクト情報から、ウィンドウエージェントと同様、各オブジェクトエージェントの配置位置候補と優先度を設定する。

ウィンドウエージェントとオブジェクトエージェントとを同じアルゴリズムで動作させることにより、計算負荷を軽減させる。

4.3 ユーザ情報の取得

各エージェントがユーザに対して適切なインタラクションを行うため、ユーザの動作情報が必要である。ユーザ情報の取得には、もう1台の Kinect を用いる。

ユーザの動作を観測し、特定の動作の後に特定のオブジェクトを使用する等のパターンを抽出する。例えば、紙を揃える動作の後にホチキスを使用する、紙を机の上に乘せた後にペンを使用する等のパターンが想定される。

しかし、ユーザの動作情報からデスクワークパターンを抽出するには解決しなければならない問題が存在する。ユーザ情報はウィンドウ情報や机上オブジェクト情報と異なり、連続的であることから、動作をどこで区切っていくかを判断することは難しく、動作の区切りを設定しなければ、ユーザの動作とウィンドウや机上オブジェクトの位置変化・使用とを適切に結びつけることができない。そこで、ユーザの手の位置に着目する。

本研究では、PC を用いたデスクワークを対象とすることから、ユーザの手や手首が基本的に机と接している、あるいは数 mm 程度浮いていることが想定できる。つまり、ユーザの手が机から数 cm でも浮けば、ユーザのタスクの変遷を感知することができる。例えば、キーボードやマウスで PC 操作を行うときは机に手首が接しているが、ペンを持つという動作を行うときは必ず手を浮かせる。そして、書類を揃えるといった動作を行うときは必ず手は机から数 cm 離れ、さらに上下運動を行う。よって、本研究では、ユーザの手の高さを基に動作の分節化を行う。

5 デスクワークパターンの抽出法の検討

ウィンドウや机上オブジェクトを単にユーザが頻繁に配置してある位置に配置するだけであれば、4章で述べた情報を取得すれば可能である。しかし、デスクワークの環境は流動的であり、頻繁に机上やディスプレイ内の状況が変化する。ユーザが必要だと思った時に動き始めるのでは遅く、ユーザのデスクワークにリアルタイムで対応するにはユーザの行動を予測し、先回りして各エージェントが動く必要がある。

よって、取得したウィンドウ情報、机上オブジェクト情報、ユーザ情報から状態遷移図を作成し、ユーザのデスクワークパターンを抽出する。また、ロボットアームの機能には制約があり、オブジェクトエージェントに指示されても、AIDE に設置されているロボットアームでは指示を達成することができない場合が考えられる。そこで、抽出したデスクワークパターンのうち、どの動作に対してロボットアームを利用するかを設定する。そして予測したユーザの行動に対して、抽出したパターンの中のどこのタイミングで支援動作を行うかを設定する。

5.1 パターン抽出方法

ユーザの行動パターンを抽出する方法の1つとして HMM (隠れマルコフモデル) がある。HMM は動画像からの人物の行動認識 [4] やジェスチャの認識 [5] 等に適用されている。しかし、本研究が対象としているデスクワークでは、今まで使っていた物を使わなくなる、または新たに物を追加する等、環境が動的に変化することから、AIDE に HMM を適応するのは難しい。

そこで本研究では、デスクワークパターン抽出に、動的環境への適応性が高いという特徴を持つ ACO (Ant Colony Optimization) アルゴリズムを用いる。ACO アルゴリズムを用いた時系列パターン抽出法 [6] が提案されており、ACO アルゴリズムはデスクワークにおいても適応可能であると考えられる。

デスクワークパターン抽出において、単純に頻出パターンを抽出しようとする、不要なパターンまで抽出してしまうことが予想される。例えば、ユーザが一旦席を離れて戻ってくる時、ユーザが書類や飲み物等、何かしらのオブジェクトを持ってくるといったパターンよりも、トイレや一時休憩等のデスクワーク環境に影響を及ぼさないパターンの方が発生する頻度が高いと予想され、デスクワーク環境に影響を及ぼさないユーザの動作に関してもパターンを抽出することは、システムにとって余分なデータとなると考えられる。

そこで、デスクワークパターン抽出に ACO アルゴリズムを適応するにあたって、エージェントの追加、位置変化、使用、除去のいずれかの状態変化が起こった時にのみフェロモンを付与する様にする。

デスクワークパターンへのフェロモン付与について“書類のホチキス止め”を例に挙げ説明する。図4のように、状態が①→②→③と変化したとき、エージェントに変化がなければ、どんなに頻出するパターンであろうとフェロモンを付与せず、状態が①→②→④→⑤→⑥と変化していったとき、状態変化④の時点で“書類”というオブジェクトエージェントが追加されており、状態変化④にフェロモンを付与する。そし

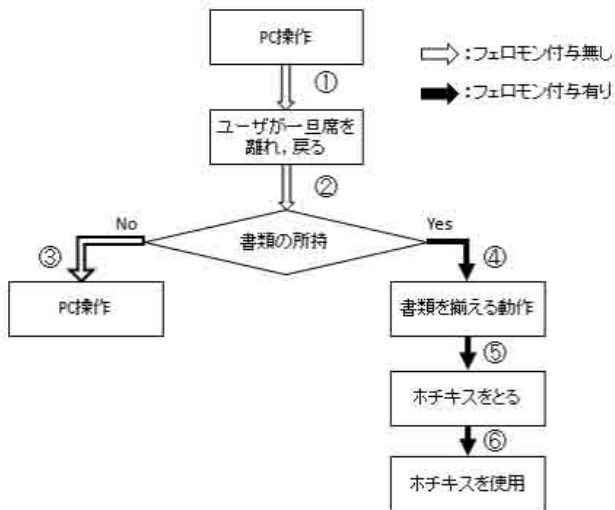


図 4: “書類のホチキス止め”に関するフェロモン付与

て、状態変化⑤においてホチキスエージェントの位置に変化が起きていることから、状態変化⑤にもフェロモンを付与する。そして状態変化⑥でホチキスを使用するという動作が起ったことから、状態変化⑥にフェロモンを付与する。これらより、ユーザが書類をAIDE上に追加したとき、ホチキスが使用されるというパターンを抽出することが可能となる。

5.2 AIDEによる支援の範囲

抽出したデスクワークパターンのうち、AIDEがすべての動作をユーザの代わりに行うと、は非効率的な場合や達成不可能な場合がある。そこで、ユーザのどの動作をAIDEの動作に入れ替えるか設定する。

ユーザはデスクワークをする際、なるべくスムーズに作業を進めたいと考えるはずである。そして、“何かに待たされる”という状態を嫌うことが予想される。よって、AIDEがユーザを待たせるという状況を作ることは避けるべきであり、もしユーザを待たせるのであれば、AIDEはユーザが自分で行うよりも早く作業を完了させなければならない。

そこで、ユーザの動作を予測するAIDEだからこそユーザよりも早く作業を完了できる動作、“配置動作”を入れ替える。

例えば図4のような書類のホチキス止め作業において抽出される動作のパターンとしては、“書類を揃える”、“ホチキスをとる”、“ホチキスを使用する”の3つである。この場合AIDEには、“ホチキスをとる”という動作のみ行う。

しかし、ロボットアームには図5のように可動できる範囲が存在し、範囲外の机上オブジェクトに対して

は配置動作を行えない。そこで、オブジェクトエージェントの移動に関しては、ロボットアームに自身の可動範囲を学習させ、ロボットアームの可動範囲内においてのみ支援動作を行うよう設定する。



図 5: ロボットアームの可動範囲

5.3 AIDEによる支援動作のタイミング

AIDEに支援させるユーザの動作を設定したとき、その支援動作をどのタイミングで始めるか、という問題が存在する。ユーザが必要だと思ったときにはすでに適切なモノを適切な位置に配置されていて欲しい。そこで、事前に支援作業を完了するため、AIDEの支援動作開始タイミングを設定する。

AIDEの支援動作を開始するには、まず各エージェントがそれぞれの配置位置を決定する必要がある。エージェントの配置位置は、エージェントの追加、位置変化、使用、除去等の状態の変化が起こる毎に再計算を行う。そこで、AIDEが支援動作を行うタイミングを基本的には、エージェントの配置位置を計算し、算出結果が計算前の配置位置と異なっていたとき、と設定する。

例えば、図6のパターンAのようなデスクワークパターンが抽出されたとする。パターンAにおいて、step1でエージェントの新しい配置位置が算出されたとき、step2でエージェントの配置位置の変化が算出されなかった場合、AIDEはstep1のタイミングで支援を開始する。しかし、step2においてもエージェントの配置位置の変化が算出される場合、AIDEはそのパターンを学習しておき、step1では支援動作を開始せず、step2で支援動作を開始する。また、図6のパターンBのようなデスクワークパターンが抽出されたとき、AIDEは配置位置の変化が算出される毎に支援動作を開始する。

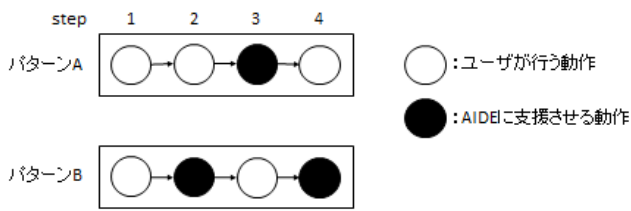


図 6: 抽出したデスクワークパターン

6 おわりに

本論文では AIDE におけるデスクワークパターンの抽出法について述べた。AIDE 上でのデスクワークにおけるユーザの行動履歴を取得し、ACO アルゴリズムを用い、ユーザ毎のデスクワークパターンを抽出する。抽出したデスクワークパターンを学習し、AIDE による物理的な支援を行う範囲と支援動作を開始するタイミングについて設定した。AIDE による物理的な支援を行う範囲は、図 5 に示したロボットアームが届く範囲とした。AIDE による支援動作を開始するタイミングは、基本的にはエージェントの配置位置を計算し、算出結果が計算前の配置位置と異なっていたとき、と設定した。

本論文では、AIDE を動かすためのデータ取得について述べたが、今後の AIDE の運用を考えたとき、AIDE による支援動作が正しかったかどうかという評価が必要となる。

そこで、今後の課題として、AIDE の支援動作の評価方法を検討する。

実際に AIDE がユーザに対して支援動作を行ったとき、もしその支援動作がユーザにとって不必要だった場合、ユーザは不快感を感じることが予想できるところに着目し、AIDE の支援動作の正解・不正解の指標としてユーザのストレスを用いる予定である。

ストレスを計測する手法として、脈波の計測がある。PC 用のマウスに脈波計測機器を組み込み、ユーザのストレスを計測を行う研究 [7] もなされている。

そこで、ストレス反応の指標として有用であり、デスクワークを中断しなくてもリアルタイムでストレスの計測が可能である“脈波”を用いる。

脈波は指や耳たぶといった末端部位の動脈からとることができる。今後の予定としては、デスクワークを阻害しない部位にバイタルセンサを取り付けるため、指先用のバイタルセンサを耳たぶ用へ改造したもの [8] を用い、ユーザの耳たぶにバイタルセンサ (図 5) を取り付け、ユーザのデスクワーク中のストレスを計測する。

また、ユーザの行動履歴を取得するためのアプリケーションを作成し、ログを取得する。エージェントの配



図 7: バイタルセンサ

置位置の候補と各エージェントの優先度を算出するための式を設定する。

参考文献

- [1] Feng Duan, Masahiro Morioka, Jeffrey Too Chuan Tan, Ye Zhang, Kei Watanabe, Nuttapol Pongthanya, Masao Sugi, Hiroshi Yokoi, Ryou Nihei, Shinsuke Sakakibara and Tamio Arai: "Multimedia based Assembly Supporting System for Cell Production", (2008)
- [2] 山田 陽滋, 大東 治宜, 酒井 隆之, 梅谷 陽二: "人間/ロボット共同搬送作業において作業者の意向を反映させるためのヒューマン・インターフェースの提案", 日本機械学会論文集 (C 編), 67 巻, 656 号, (2001-4)
- [3] Stephanie Rosenthal, Joydeep Biswas, Munuela Veloso: "An Effective personal Mobile Robot Agent Through Symbiotic Human-Robot Interaction, AAMAS, (2010)
- [4] 大和 淳司, 大谷 淳, 石井 健一郎: "隠れマルコフモデルを用いた動画像からの人物の行動認識", 電子情報通信学会論文誌 D-II, No.12, p.2556-2563, (1993)
- [5] 益満 健, 小林 哲則: "部分隠れマルコフモデルとそのジェスチャの認識への応用", 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.11, (2000)
- [6] 坪井 一晃, 諏訪 博彦, 栗原 聡: "ACO 型時系列パターン抽出法の提案と評価", 情報処理学会研究報告, (2013)
- [7] 中國 嘉巳, 尾関 広明, 水澤 純一: "光電脈波計組み込み型 PC マウスを用いたストレス負荷時循環応答の無拘束計測", バイオメカニズム学会誌, Vol.33, No.1, (2009)
- [8] 中瀬 絢哉, 森山 甲一, 清水 清, 沼尾 正行, 雄山 真弓, 栗原 聡: "バイタルセンサを用いた効果的な覚醒のためのインタラクション学習システム", 人工知能学会, (2013)