

# インタラクティブデスクトップ作業支援システム”AIDE”における ウィンドウエージェントの構築と評価

Construction and evaluation of the interactive multiagent-based window control system for desktop working

藤田真康 \*1 諏訪博彦 \*2 篠田孝祐 \*1 栗原聡 \*1  
Masayasu Fujita Hirohiko Suwa Kosuke Shinoda Satoshi Kurihara

\*1電気通信大学

The University of Electro-Communications

\*2奈良先端科学技術大学院大学

NARA INSTITUTE of SCIENCE and TECHNOLOGY

In an office working by using PC, we often feel hassle for manipulation of desktop windows and stationeries. To solve this problem, we have proposed the “AIDE”. AIDE is interactive desktop work support system autonomously the placement of windows and real objects instead of the desktop worker. We are dealing with windows and real objects as “agent that can autonomous behavior” in AIDE, and windows and real objects themselves to perform the appropriate interaction while to determine the task. In this paper, we agentified windows in AIDE. And we evaluated the task discrimination accuracy and windows agent behavior. Task discrimination accuracy was obtained generally good results. Windows agent behavior has obtained good results in more than half of tasks. Then, from these evaluation results we have obtained several findings.

## 1. はじめに

近年、個々人の日常生活における様々な行動情報を収集し、習慣的な行動パターン等を抽出して、適切なタイミングで適切なインタラクションをシステムが能動的に実行する、アンビエントシステムに関する研究が盛んに行われている [1] [2]

アンビエントシステムでは、人が居る部屋の快適性に注目している研究が多いが、人がオフィスにいるときは何かしらの作業を行っていることが予想でき、人の作業効率の向上には、部屋の快適性だけでなく、作業環境の快適性の向上も極めて重要である。そこで我々は、オフィスで行われる、主にコンピュータを用いるデスクワーク（以降、「デスクトップ作業」と呼ぶ）に注目する。

デスクトップ作業を行う際、我々は、各ウィンドウの配置操作はもちろん、机上のノート、ペン、ホチキスといった実物体の配置動作に煩わしさを感じることもある。例えば、ディスプレイ上に論文ファイルが表示されていたとして、論文を読むというタスクにおける論文ファイルの表示位置と、表示されている論文ファイルを参考しながら新規に論文を書くというタスクにおける論文ファイルの表示位置とは、同じ論文ファイルだとしても異なる位置に配置される場合がある。また、実世界で行うタスクにおいても、ノートやペン、ホチキスといった物の位置は、人が行うタスクによって異なることが考えられる。このような状況に対して我々は、作業を効率的にこなすために、ウィンドウや実物体等を人手で再配置しており、再配置にかかる時間はわずかではあるが、累積すれば膨大な時間を損失している。そのような時間の損失を防ぎ、作業者の作業環境をより快適に、そして効率的にすることには、作業者が配置作業を行う前に、作業者の意図に沿ってウィンドウや実物体自身が自律的に動くことで望ましい姿だと考える。

そこで我々は、ウィンドウや実物体を「自律行動可能なエージェント」として扱い、作業者が行おうとしているタスクを予測しながら、ウィンドウや実物体自身が自律的に適切な配置場所へと移動することにより作業を支援する、インタラクティブデスクトップ作業支援システム「AIDE」を提案している [3]

(図 1) .

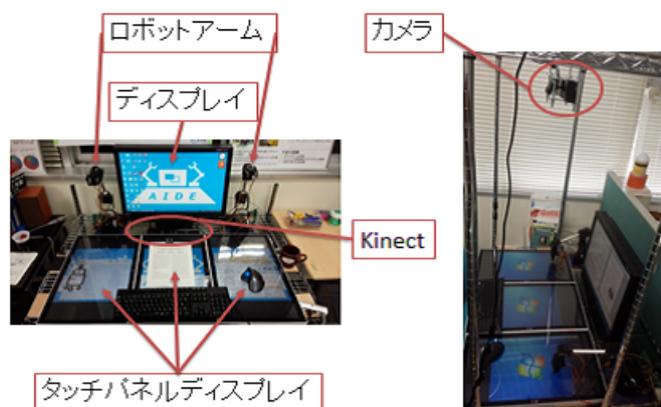


図 1: AIDE の外観 [3]

AIDE の構成要素は、ウィンドウ制御系と実物体制御系に大きく分けることができる。デスクトップ作業においてはウィンドウが主な作業対象となるため、本稿ではウィンドウ制御系の構築を主眼とし、ウィンドウのエージェント化を行う。

## 2. AIDE (Autonomous Interactive Desk Environment)

AIDE のハードウェア構成について述べる。ディスプレイを正面と机部分に設置し、机部分のディスプレイを情報提示可能な机として利用する。ディスプレイを机として利用することには、本や書類、メモ書きといった実物体とディスプレイ上のウィンドウとを見比べやすくするという狙いがある。実物体の配置作業の補助を行うため、ロボットアームとカメラを設置する。図 1 に示すように、ロボットアームは机部分の奥に、正面ディスプレイをはさむように 2 機設置し、カメラは机上の実物体の位置情報を把握できるように、机全体が映る位置に設置した。そして作業者の状態を認識するため、正面に Kinect

を設置した。

AIDEでは、ディスプレイ上に表示されているウィンドウのアプリケーション名や、机上に存在する実物体の種類等から、作業者はこれからどのようなタスクを行うのか予測し、予測したタスクに関連するウィンドウ・実物体が、タスクに対して適切な配置位置へと自律的に移動する。また、作業による各ウィンドウ・実物体の配置移動といった動作から、使い終わった物を片付けたい、Twitterやメールの受信トレイ等の、タスクとは関係なく気になるウィンドウを自分の好みの位置に配置しておきたいといった作業者の意図を予測し、作業者の意図に合わせて個々のウィンドウ・実物体が適宜動作する。

例えば、ディスプレイ上にPower PointやWord等のウィンドウが存在している状態で作業者が書類を机の上に持ってきたとき、AIDEはディスプレイ上に表示されているウィンドウと机上の実物体の組み合わせから、作業者はこれからホチキスで書類を留めるであろうと予測し、エージェント化したホチキスがロボットアームという移動手段を用いて作業者の近くまで移動を行う。そして作業者が使い終わったホチキスを机の奥の方に置くといった、ホチキスを使い終わったことを暗に伝えるような動作を行うことにより、エージェント化したホチキスは自ら片付くというインタラクションを実行する。

ウィンドウの動作例では、ディスプレイ上にプログラミング用ソフトとブラウザが存在している状態で、作業者が新たに論文作成用ソフトを起動したとき、AIDEは作業者のタスクがブラウザを参照しながらのプログラミングというタスクに変化したと判断し、参照されるプログラミング用ソフトが、自身と論文作成用ソフトとが作業者にとって見比べやすい位置・サイズへと変化する。

## 2.1 関連研究

加藤ら [4] はセル生産組立を対象とした、人間・ロボット協調型セル生産組立システムの提案を行っている。セル生産とは、1人または数人の組立作業者が製品組立を完成まで行う生産方式である。加藤らが提案しているセル生産組立システムでは、移動配膳手助けロボットが部品の配膳を行い、音声や動画等のマルチメディアを用いて作業者に組立情報を提示している。また、移動配膳ロボットは部品の配膳に加えて、ロボットアームを用いて部品を支える等、作業者にたいして直接的な物理支援を行う。マルチメディアを用いた組立情報の提示では、組立作業台にディスプレイを組み込むことにより、作業台自体を情報提示デバイスとして利用している。作業台の情報提示デバイスかは、オフィスにおけるデスクトップ作業においても実物体とディスプレイ上のウィンドウとを見比べながら作業する場が想定されるため、重要である。また、ロボットが作業者と協調して作業するための手法は、AIDEが作業者に対して実物体の配置移動や物理的補助といったインタラクションの支援にとって重要である。

デスクトップ作業支援システムにおいて、作業者が望んでいることを予測するには、作業者が行っているタスクを推定することが重要である。宮脇ら [5] は調理という作業に注目し、キッチンの状況から作業者が行うタスクを推定している。調理台上にある調理器具の種類や、キッチンの収納各部の状態（調理器具の有無や扉の開閉状態）等から、野菜を切る、水と粉を混ぜる等の、作業者がこれから行うタスクを推定する。どの調理器具がどこにあるかという情報から作業者のタスクを推定する手法は、調理器具をデスクトップ作業におけるウィンドウや実物体に置き換えることで、デスクトップ作業者がどのようなタスクを行おうとしているのか推測することが可能である。

## 3. ウィンドウ制御メカニズムの提案

ウィンドウがエージェントとして自律的に動作するには、作業者がどのようなタスクを行おうとしているのかの推定と、各ウィンドウがタスクに対して適切な位置へと移動する機能の実装が必要である。また、各ウィンドウがタスクに対して適切な位置に移動するには、タスク毎の各ウィンドウの配置位置を予め設定する必要がある。そこで、個々の作業者に適応し、タスクの判別とタスク毎の適切な移動位置を設定するため、作業者のウィンドウ配置履歴の取得を行う。そしてウィンドウ配置履歴を解析することにより、タスクの抽出とタスク毎の各ウィンドウの配置位置の設定を行う。以上のことから、ウィンドウのエージェント化は、次のような手順で行う。

1. 個々の作業者のウィンドウ配置履歴の取得
2. ウィンドウ配置履歴からタスクを抽出
3. タスク毎の各ウィンドウの配置位置の設定
4. ウィンドウエージェントの動作条件の設定

### 3.1 ウィンドウ配置履歴の取得

個々の作業者に適応して各ウィンドウが動作するには、個々の作業者に対してどのようなウィンドウを使用し、各ウィンドウをどのように配置しているかといった、ウィンドウ配置履歴の取得が必要である。そこで、作業者のウィンドウ配置履歴（以降、ログデータと表現する）の収集を行う。

作業者から取得するウィンドウ配置ログデータの内容は、「年月日、時刻、ウィンドウタイトル、ウィンドウクラス、ウィンドウの各頂点の座標、ウィンドウの表示順」である。「ウィンドウタイトル」とは、ウィンドウのタイトルバーに記載されているタイトルである。例えば、ブラウザではタイトルバーにサイト名が記載され、WordやExcel等では、ファイル名が記載されている。「ウィンドウクラス」とは、アプリケーション名である。通常、ウィンドウのタイトルバーには「ファイル名（サイト名） - アプリケーション名」というように記載されているので、本稿では、タイトルバーに記載されているウィンドウタイトルの「 - （ハイフン）」以降をウィンドウクラスと設定する。

### 3.2 タスク抽出

本研究ではタスクを、「作業者が目的を持って行う作業」と定義し、そのタスクにおいて作業者が使用するウィンドウ郡を「タスクメンバー」と呼ぶ。例えば、「プログラムコードを書く」というタスクに対するタスクメンバーは、プログラムを書くためのMicrosoft Visual StudioやEclipseといったソフトウェアのウィンドウと、参考にするために表示しているGoogle ChromeやFire Foxといったブラウザのウィンドウ等が挙げられる。また、それぞれのタスクには主な作業対象となるウィンドウが存在し、主な作業対象となるウィンドウを本研究では「主役」と呼ぶ。

タスクメンバーとタスクの主役を抽出することにより、タスクの判別を行う。

タスクメンバーの抽出は、ログデータをタスク毎に時間を区切り、ログデータの区切り目と区切り目の間で使用されているウィンドウを抽出することにより行う。

ログデータの切り分けは、各ウィンドウに重要度を付加し、重要度の高いウィンドウの開く、閉じる、他のウィンドウから隠される等といった状態の変化を用いる。重要度の高いウィンドウの状態が変化した時、タスクが変化したと判断し、ログデータを切り分ける。

ウィンドウの重要度の付加は、各ウィンドウの作業から使用される頻度を用いて設定する。

切り分けたタスク区間において、タスクメンバーとして作業員に使用されていたウィンドウの抽出には TF-IDF アルゴリズムを応用する。TF-IDF アルゴリズムは通常、言語解析等で用いられることが多く、複数の文書が存在したとき、各文書の特徴付ける単語を抽出する際に用いる。本研究における「タスク」を TF-IDF における「文書」にあてはめ、「ウィンドウ」を「単語」にあてはめる。あるタスクにおいて作業員が頻繁に使用しているウィンドウは、そのタスクにおいて重要度が高く、Twitter やメールの受信ボックスといった、どのタスクにおいても作業員が使用するようなウィンドウはタスクに対して重要度が低い。そこで、タスク毎の各ウィンドウに対してタスクにおける使用頻度 WF(Window Frequency) と、各ウィンドウのタスクに対する出現頻度の逆数 ITF(Inverse Task Frequency) を求め、WF・ITF の値からタスクメンバーを抽出する。

### 3.3 タスク毎の各ウィンドウの配置位置の設定

タスク毎の各ウィンドウの配置位置は、各タスクにおいてそれぞれのウィンドウが最も存在していた時間が長い座標から設定する。

### 3.4 ウィンドウエージェントの動作条件

作業員が現在行っているタスクを判別し、判別したタスクに適した位置へとウィンドウエージェントは移動する。現在作業員が行っているタスクの判別は、現在のディスプレイ上に表示されているウィンドウクラスと、ログデータから抽出した各タスクのタスクメンバーとを比較することによって行う。

現在のディスプレイ上にあるウィンドウのうち、どのウィンドウが作業員から使用されているかを、各ウィンドウの表示順・表示率から判断する。表示順が手前であり、他のウィンドウから隠されている部分が少ないウィンドウを、現在作業員が使用しているウィンドウであると判断し、現在作業員が使用しているウィンドウのウィンドウクラスとログデータから抽出した各タスクにおけるタスクメンバーの類似度 [6][7][8] を計算し、最も類似度が高いタスクを、現在作業員が行っているタスクだと判別する。

判別したタスクから、ディスプレイ上に存在するタスクメンバーとなるウィンドウが動作するか否かの判定を行う。各ウィンドウは次の条件をすべて満たした時に動作を行う。

- 判別したタスクの類似度が一定以上
- 判別したタスクにおけるタスクメンバーである
- 動作後の座標と動作前の座標が一定以上離れている

上記の条件を満たしたウィンドウのみ動作を実行する。

## 4. ウィンドウ制御の実験と考察

以上の手順でウィンドウのエージェント化を行った。エージェント化したウィンドウの動作精度を検証するための実験を行った。

ウィンドウが動作する際、作業員が行っているタスクとは無関係なウィンドウが動作してしまうと、作業員に対して無用な混乱を与える可能性がある。よって、タスクと関連するウィンドウのみ動作するには、タスクメンバーの検出精度が極めて重要である。そこでタスクメンバー検出精度を検証するための実験を行った。タスクメンバー検出精度検証実験の後に、ウィンドウエージェント動作の評価実験を行った。被験者は 5 名。

各被験者の実験には各々のコンピュータで 1 カ月以上収集してもらったログデータを使用した。次節から、それぞれの実験に関して述べる。

### 4.1 タスクメンバー検出精度検証実験

タスクメンバー検出精度を検証するため、タスクメンバー表示プログラムを作成し、実験を行った。タスクメンバー検出精度検証実験の実験手順は次の通りである。

1. 被験者に、タスクを 3 種類想定してもらい、各タスクにおけるタスクメンバーとなるウィンドウをディスプレイ上に表示してもらう
2. 想定したタスクとは無関係なウィンドウを 3 種類、ディスプレイ上に表示してもらう。
3. タスクメンバーとして用意したウィンドウを最小化し、タスクメンバー表示プログラムを起動
4. タスク毎のタスクメンバーを再び表示し、プログラムが検出したウィンドウを記録

5 名の被験者に任意のタスクを 3 種類ずつ想定してもらい、15 種類のタスクに対して実験を行った。

被験者が用意したタスクメンバーとなるウィンドウと、プログラムがタスクメンバーとして検出したウィンドウを比較し、F-尺度を用いて評価を行った。各被験者のタスク毎の F 値を表 1 に示す。

表 1: タスクメンバー検出精度検証実験結果

被験者	タスク 1	タスク 2	タスク 3
被験者 A	0.86	0.86	0.67
被験者 B	0.80	1.0	1.0
被験者 C	1.0	1.0	1.0
被験者 D	0.86	0.57	0.57
被験者 E	1.0	1.0	1.0

タスクメンバー検出精度検証の実験結果は、15 種類のタスクの内、12 種類のタスクの F 値が 0.8 以上となり、概ね良い結果が得られた。

F 値が 0.8 未満の結果となったタスクでは、タスクメンバー表示プログラムが、タスクメンバーとなるウィンドウを検出できなかったり、逆に、タスクとは関係ないウィンドウを検出してしまったりしていた。

タスクメンバー表示プログラムがタスクメンバーとなるウィンドウを検出できなかった原因は、タスクメンバーとなるウィンドウのタイトル表記が「ファイル名 (サイト名) - アプリケーション名」という例からもれていたからであった。よって、タスクメンバー検出精度を向上させるには、ウィンドウのタイトル表記が例外のものに対して、個々に対応していく必要があるとわかった。

タスクメンバー表示プログラムがタスクとは関係ないウィンドウを検出してしまった原因は、被験者に用意してもらったタスクとは無関係のウィンドウが、想定してもらったタスクとは別のタスクで使用されており、想定とは別のタスクに結果が引っ張られたという可能性が考えられる。他にも、タスクとは関係ないウィンドウであると被験者が認識していても、被験者がタスク内で頻繁に使用していたため、プログラムがタスクメンバーと誤認した可能性が考えられる。

## 4.2 ウィンドウエージェント動作評価実験

ウィンドウエージェントの動作に関して、各被験者に評価してもらった。ウィンドウエージェント動作評価実験では、タスクメンバー検出精度検証実験と同様のタスクを用いた。実験手順は、タスクメンバー検出精度検証実験と同様に行い、ウィンドウエージェントが動作した結果に対して被験者に、「良い、やや良い、やや悪い、悪い」の尺度で評価してもらった。

評価基準は、ウィンドウエージェントが動作した結果に対して、そのままタスクを始められるときは「良い」、多少ウィンドウの位置を調整するが、スムーズにタスクを始められるときは「やや良い」、ウィンドウの位置を調整し、タスクを始めるのに手間取るときは「やや悪い」、ウィンドウが見当違いな動作をしたら「悪い」とする。

実験結果を表2に表す。

表2: ウィンドウエージェント動作評価結果

被験者	タスク1	タスク2	タスク3
被験者 A	やや悪い	やや良い	やや良い
被験者 B	悪い	良い	やや悪い
被験者 C	やや良い	良い	良い
被験者 D	やや悪い	悪い	悪い
被験者 E	やや良い	良い	良い

ウィンドウエージェント動作評価の実験結果では、15種類のタスクの内、「良い、やや良い」という評価が9個、「悪い、やや悪い」という評価が6個あり、半数以上のタスクにおいてウィンドウエージェントの動作が被験者の好みに適応していた。また、被験者毎に評価を見ていくと、被験者によって「良い、やや良い」と「悪い、やや悪い」の偏りがあった。

「悪い、やや悪い」と評価されたタスクにおいては、ウィンドウ動作プログラムが認識できないウィンドウクラスのウィンドウがタスクメンバーであった。または、ウィンドウの動作が被験者の好みとは異なっていた。

本プログラムでは、タスク毎のウィンドウ配置位置の設定には、各タスクにおいてそのウィンドウが最も存在時間が長かった座標を設定している。各ウィンドウに対して被験者が最も長く配置していた座標を配置位置として設定しているにも関わらず、被験者の好みとズレが生じたことから、作業者のウィンドウ配置位置は同一タスク内においても、時系列的に変化していく可能性があると考えられる。よって、ウィンドウの動作精度の向上には、同一タスク内におけるウィンドウ配置の時系列変化を考慮してウィンドウ配置位置を設定する必要があることがわかった。

## 5. おわりに

我々は、ウィンドウや実物体を「自律行動可能なエージェント」として扱い、各ウィンドウ・実物体が作業者にとって適切な位置へ移動する、インタラクティブデスクトップ作業支援システム「AIDE」の提案をしている。

AIDEの構成要素として、ウィンドウ制御系と実物体制御系があり、デスクトップ作業においてはウィンドウが主な作業対象となることから、本研究ではAIDEにおけるウィンドウ制御系の構築に注目し、ウィンドウのエージェント化を行った。

ウィンドウエージェントの実装手順としては、作業者のウィンドウ配置履歴からタスクを抽出し、タスク毎の各ウィンドウの配置位置を設定する。そして、抽出したタスクと現在のディ

スプレイ上のウィンドウ配置状況とを比較し、作業者がどのようなタスクを行っているのか判別する。判別したタスクに対して、条件を満たすウィンドウが設定された位置へと移動する。

実装したウィンドウエージェントに関して、評価実験を行った。実験は、5人の被験者に対してタスクメンバー検出精度検証実験とウィンドウエージェント動作評価実験の2種類を行った。5人の被験者にそれぞれ3種類のタスクを想定してもらい、計15種類のタスクに対して実験を行ったところ、タスクメンバー検出精度検証実験では、15種類のタスクの内、12種類のタスクにおいて良い結果が得られた。ウィンドウエージェント動作評価実験では、15種類のタスクの内、9種類のタスクにおいて良い評価がされており、半数以上のタスクにおいてウィンドウエージェント動作が被験者の好みに適応することができていた。

今後の展望としては、対応できていなかったウィンドウタイトルに対して、個別に対応を行っていく。本研究で作成したプログラムでは、ログデータから抽出したタスクのクラスタリングは行っておらず、同種のタスクが複数回抽出された場合、一番最後に抽出されたデータを用いてウィンドウ配置位置の設定を行っている。そこで、ログデータから抽出されたタスクのクラスタリングを行い、各タスクにおけるウィンドウ配置位置設定精度を向上させる。また、ウィンドウエージェントの動作精度向上と共に、実物体の制御メカニズムの構築を行い、AIDEの完成を目指す。

## 参考文献

- [1] 西尾章治郎, “データベース技術およびアンビエント情報環境の構築”, 立石技術振興財団 助成研究成果集 (第21号), 2012
- [2] 村田正幸, “アンビエント情報社会の実現に向けた取り組み”, 電子情報通信学会誌, Vol.93, No.3, pp.233-238, 2010
- [3] 藤田真康, 諏訪博彦, 栗原聡, “AIDE ~Autonomous Interactive Desk Environment~”, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム, 2013
- [4] 加藤龍, 段峰, Jeffrey Too Chuan Tan, 張治, 渡邊圭, 藤田真理奈, 新井民夫, “人間・ロボット協調型セル生産組立システムの開発”, 精密工学会学術講演会講演論文集, 2009
- [5] 宮脇健三郎, 佐野睦夫, 近間正樹, 上田博唯, “知的住宅におけるタスク推定”, 自動制御連合講演会講演論文集, 2006
- [6] 木村泰知, 荒木健治, 柊内香次, “tf・AoIの重み付けに基づく類似性を用いた話し言葉における質問文の同定法”, 電子情報通信学会論文誌 D 87.8 (2004): 1653-1664
- [7] Korayem, Mohammed, David J. Crandall, “De-Anonymizing Users Across Heterogeneous Social Computing Platforms”, ICWSM. 2013
- [8] Li, Baoli, and Liping Han, “Distance Weighted Cosine Similarity Measure for Text Classification”, Intelligent Data Engineering and Automated Learning-IDEAL 2013. Springer Berlin Heidelberg, 2013. 611-618