

デスクトップ作業タスクの分類化とタスク予測に基づく アンビエントな作業支援システムの提案

Proposition of an Ambient System for PC desktop work support by Classifying and Predicting User's Daily Habitual tasks

兒島 賢三郎*¹ 栗原 聡*¹
Kenzaburo Kojima Satoshi Kurihara

*¹電気通信大学大学院情報システム学研究科
The University of Electro-Communications

In the PC desktop work, the user often rearranged windows on the display and stationeries for each task. However, operations such as moves a cup or operates a mouse is troublesome when you are concentrating on writing and programming. In order for the user work more effectively with stress-free, it is ideal that will move autonomously windows and object itself predicts the user's intention. Therefore, we has proposed "AIDE" which an ambient system for pc desk work support by controlling desktop windows and stationeries as agents. In this study, we agentified windows and objects in AIDE, and we evaluated the task determine accuracy and the agent of the implemented system. Task discrimination accuracy is generally better results, and the operation accuracies of both the agents are better results in more tasks than half of tasks.

1. はじめに

近年、ハードウェア技術、センシング技術の発展により、ネットワーク空間だけでなく、我々の行動やリアルタイムの環境情報などの実世界の情報を収集・解析することが容易になっている。このような背景の下、実空間のモノにセンサを組み込み、収集した情報をネットワークを介して、実空間とネットワーク空間を相互にアクセス可能とする IoT(The Internet of Things)[1] の研究が盛んである [2][3]。IoT の発展を背景として、個々人の日常生活における環境や行動情報をセンシングし、その情報をもとに習慣的な行動の予測や環境に適した推奨情報の能動的な提示により、人の活動を拡張・支援する「アンビエントシステム」に関する研究が注目されている。

アンビエントシステムは、個々のユーザの行動に適したインタラクションを提供するため、各ユーザの詳細な行動情報を取得する必要がある。したがって、家庭環境における個人のユーザを対象とした生活環境の向上に注目した研究が多い [4]。しかし、家庭での生活行動と同様にオフィス等でもデスクワークのような個人の作業行動が行われている。よって、生活環境の快適性だけでなく、作業環境の快適性の向上も重要である。そこで、本研究ではオフィス等で行われる、主にコンピュータを用いるデスクトップ作業に注目する。

デスクトップ作業では、ユーザは作業毎にディスプレイ上のウィンドウや机上のノート、ペンなどの実物体の配置操作を行う。しかし、この操作はユーザ自身の手で行われ、煩わしさを感じることもある。ユーザがストレスフリーで効率的に作業を行うためには、ウィンドウや実物体自身がユーザの意図を予測して自律的に動くことが望ましいと考える。

そこで、藤田ら [5] 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、ユーザが行うタスクを予測して、ウィンドウや実物体自身が自律的にタスクに沿った適切な配置場所に移動する、インタラクティブデスクトップ作業支援システム (AIDE: Autonomous Inveractive Desk Environment) を提案している。

本研究では、インタラクティブデスクトップ作業支援システ

ム「AIDE」において、ウィンドウによるタスク予測とそのタスク分類化に基づく、ウィンドウと実物体のエージェント化メカニズムを構築する。

2. 関連研究

デスクトップ作業に関するアンビエントシステムの研究として、清川ら [6] はオフィス環境における個々人の状態を認識し、その状態に合わせて照明や空調、BGMなどを制御することで作業支援を行う知的オフィスチェア「オーエンス・ルイス」を提案している。実際に試作されたオーエンス・ルイスの概観を図 1 に示す。



図 1: オーエンス・ルイス試作システムの概観 [7]

オーエンス・ルイスはユーザの状態を各種センサでセンシングし、眠気や集中度といったユーザの疲労度を推定する。このシステムは推定結果に基づいて、ユーザに与える揺動と照明、BGMを制御してユーザの覚醒を促す、またはユーザをリラックスさせるインタラクションを行う。制御する感覚提示装置は様々な揺動を与えるモーションチェア、色温度と輝度を変更する LED 照明、対象のユーザのみに BGM を提供可能な指向性スピーカーを用いる。

このインタラクションには生物システムの環境適応メカニズムの非線形数理モデルである「アトラクター選択モデル [8]」が用いられている。このモデルを用いることでユーザがどのような状態からでも、結果的にその状態が改善されるまで作業環境が変化するという、しなやかな制御を実現する。

また、ユーザの情報の要求度といった作業効率の状態を推定し、ユーザの行動を妨げないタイミングでインタラクションを行う研究も行われている。田中ら [9] は、他のユーザからの会話要求や情報システムからの提示要求を一括して仲介し、割り込み拒否度に基づいてインタラクションを行う秘書エージェントを開発している。秘書エージェントはユーザの PC 操作履歴と頭部運動履歴から、ユーザのデスクワーク中の割り込み拒否度を推定し、視線制御による提示要求アピールを行う。

これらの研究では、目には見えない精神的な状態や行動の状態を推定してその状態に合わせたインタラクションを行っている。しかし、デスクトップ作業環境における作業の内容を理解し、作業自体を支援するインタラクションは行われていない。作業環境の快適さを向上するインタラクションの他に、ユーザの行う作業の内容を理解し、効率的に作業をこなすために協調して支援するシステムを考える必要がある。

3. AIDE: Autonomous Inveractive Desk Environment

本章では AIDE のハードウェア構成と動作例について述べる。

3.1 AIDE の構成

AIDE の外観を図 2 に示す。AIDE はデスクトップ作業における個々人の作業を支援することを想定しており、通常のデスクトップ作業に加え、実物体とウィンドウを見比べながら作業が行うことができるように構築している。



図 2: AIDE の外観

また、ユーザが通常のデスクトップ作業を行えるように、ディスプレイを正面に設置し、本や書類、メモ帳等の実物体とディスプレイ上のウィンドウを見比べやすくするため、机部分にもディスプレイを設置し、机自体を情報提示可能なデバイスにしている。実物体の自律的移動手段のために、ロボットアームと Web カメラを設置している。Web カメラは卓上全体を俯瞰できる位置に設置しており、実物体の認識・情報取得に使用する。Web カメラから得られた情報をもとにロボットアームによって実物体を把持し、移動するという動作を想定している。ロボットアームは、ユーザの作業の妨げにならないように、机の奥側に二台設置している。また、ユーザに適切なインタラクションを行うために、ユーザのジェスチャー認識が可能である Kinect を設置している。

4. エージェント化メカニズムの提案

各エージェントが自律的に動作するには、ユーザが行うタスクの推定と、タスク毎の各ウィンドウと実物体の配置位置および動作条件の設定が必要である。デスクトップ作業では PC を用いた作業が中心となるため、タスクをウィンドウの状態から判断する。取得したウィンドウ配置履歴からユーザが行ったタスクを抽出し、そのタスクに基づいて各エージェントを設定する。

4.1 ウィンドウエージェントの設定

ウィンドウのエージェント化は、始めに、ウィンドウ配置履歴からタスクを抽出する。次に、抽出したタスクの中でエージェントとして機能するウィンドウを決定し、各タスクにおけるエージェントの配置位置を決定する。最後にウィンドウエージェントとして動作する条件を設定する。

4.1.1 タスクの抽出

本研究では、タスクを「ユーザがある目的を持って行う作業」と定義し、そのタスクにおいてユーザが使用するウィンドウを「タスクメンバー」と呼ぶ。

このタスクメンバーの組み合わせが変化するとき、ユーザが行うタスクは変化したと考えられる。しかし、タスクメンバーの組み合わせだけでは正確にタスクを抽出できない場合がある。例えば、「英語論文を読む」タスクではメインウィンドウが Adobe Acrobat Reader DC、サブウィンドウが Google Chrome と考えられるが、「英語論文を検索する」タスクではメインウィンドウが Google Chrome、サブウィンドウが Adobe Acrobat Reader DC と考えられる。

そこで、ウィンドウの移動距離や表示している割合、表示される順番等の変化を考慮したタスク抽出条件を次のように設定する。

1. ウィンドウの中心座標が 10cm 以上移動した
2. 表示順が 2 以上変化した
3. 表示率が 0.3 以上変化した

この条件を満たすウィンドウ数が設定した閾値以上であればタスクが変化したと判断する。

4.1.2 タスクメンバーの抽出

各タスクにおけるタスクメンバーを抽出するために、各文書の特徴付ける単語を抽出する際に用いられる TF-IDF アルゴリズム [10] を応用する。TF-IDF アルゴリズムにおける「文書」は、本研究において「タスク」に相当し、「単語」は「ウィンドウ」に相当する。あるタスクにおいて頻出するウィンドウは、そのタスクを特徴付ける上で重要であり、Twitter や Facebook 等、どのタスクにも現れるウィンドウは重要ではない。

そこで、各タスクにおけるウィンドウ毎の使用頻度 WF(Window Frequency) と、各タスクにおけるウィンドウ毎の出現頻度の逆数である ITF(Inverse Task Frequency) 値を算出し、WF・ITF の値からタスクメンバーを決定する。

4.1.3 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、タスク毎に各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。

4.1.4 ウィンドウエージェントの配置動作条件の設定

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群と、ウィンドウ配置履歴から抽出した各タスクのタスクメンバーのコサイン類似度を計算し、最も類似度が高いタスクを、ユーザが行うタスクと判定する。

各ウィンドウエージェントは、タスクの変化時にディスプレイ上に存在するウィンドウが「判別したタスクにおいてタスクメンバーである」、「動作後の座標と動作前の座標が十分に離れている」という条件を満たした場合に動作する。

4.2 オブジェクトエージェントの設定

オブジェクトエージェントは、実物体配置履歴のみでタスクを判断することが困難であるため、タスク毎に配置位置等の設定は行わない。そこで、4.1.1 節で抽出したタスク群から「目的が同じでウィンドウ状況が似ている」タスクを分類して、クラスタを生成する。オブジェクトエージェントは、生成したクラスタ毎に配置位置や実行条件を設定する。

4.2.1 タスクの分類

タスクの分類には k-means 法を用いる。クラスタ数 k の決定には、クラスタ数を変更しながら複数回クラスタリングを実行し、その中から最適なクラスタ数を決定する。本研究では、AIDE 環境下でユーザが取得したウィンドウログデータの期間からクラスタ数 k を 5~15 であると予想し、クラスタリング結果の内容を手で確認してクラスタ数を決定する。

4.2.2 タスククラスタの定義

タスククラスタとは、抽出したタスク群から「目的が同じでウィンドウ状況が似ている」タスクを分類して生成されたタスクの集合である。タスクはウィンドウ環境によって抽出されるため、オブジェクト環境はタスクの決定に依存しない。そのため、オブジェクトエージェントはタスク毎にインタラクションを設定した場合、同様のインタラクションが重複してしまう。したがって、オブジェクトエージェントのインタラクションの判定にはタスククラスタを用いる。

4.2.3 オブジェクトエージェントの配置位置の設定

抽出したタスクと同時刻の実物体配置履歴から、各タスククラスタ毎の実物体の配置位置を設定する。オブジェクトエージェントは、ユーザのタスクに適した位置へ実物体を移動するインタラクションと、使用した実物体を片付けるために実物体を普段配置している位置へ移動するインタラクションの 2 つを想定している。普段配置している位置は、抽出した全実物体配置履歴における平均値とする。また、タスクで使用する配置位置は、タスククラスタ毎の実物体配置履歴の平均値とする。

4.2.4 オブジェクトエージェントの配置動作条件の設定

オブジェクトエージェントが実物体の配置移動を行う条件は、オブジェクトエージェントが実行するインタラクション毎に設定する。条件の設定には、実物体の普段配置している位置とタスククラスタ毎に適した位置、そしてタスクでよく使用される実物体の 3 つの情報を用いる。

1. タスクに適した位置へ実物体を移動するインタラクションの動作条件の設定

ウィンドウエージェントに、タスク毎によく使用されるウィンドウがあるように、オブジェクトエージェントにもタスク毎によく使用される実物体が存在する。タスクに適した実物体を優先して移動するために、そのタスクの中でよく使用される実物体を設定する必要がある。各タスク内でよく使用される実物体は実物体配置履歴において、タスク毎の各実物体とユーザの右手・左手との距離が最小値である実物体をそのタスクでよく使用される実物体とする。このインタラクションは以下の条件をすべて満たすときに実行する。

- 対象の実物体がタスククラスタの中で 1 番目、または 2 番目に重要な実物体である

- 対象の実物体がそのタスクに適した位置から 10cm 以上離れた位置に置かれている
- 対象の実物体が普段配置している位置から 10cm 以内の位置に置かれている
- 対象の実物体がユーザの右手または左手から 5cm 以上離れた位置に置かれている

2. 使用した実物体を片付けるために実物体を普段配置している位置へ移動するインタラクションの動作条件の設定

使用した実物体を片付けるために実物体を普段配置している位置へ移動するインタラクションは、タスククラスタ内でよく使用する実物体に依存せずに行う。このインタラクションは以下の条件をすべて満たすときに実行する。

- 対象の実物体がユーザのタスクに適した位置の 10cm 以内に置かれていない
- 対象の実物体が普段配置している位置から 10cm 以上離れた位置に置かれている
- 対象の実物体がユーザの右手または左手から 5cm 以上離れた位置に置かれている

5. 各エージェントの評価実験と考察

実装したウィンドウエージェントとオブジェクトエージェントの配置動作を評価するための実験を行った。

5.1 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検証では、被験者は 3 名で、各々の PC で 3 週間以上ウィンドウ配置履歴を取得してもらった。被験者毎にそれぞれ普段行っているタスクを複数想定し、さらにそのタスクとは無関係なウィンドウを 3 種類用意する。システムが用意したタスクのタスクメンバーを過不足なく検出できるか実験を行った。

そして、被験者が用意した正解データと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。各被験者の各タスクにおける F 値を表 1 に示す。12 種類のタスクにおいて、9 種類のタスクの F-尺度が 8 割以上であった。

表 1: タスクメンバー検出精度検証実験結果

	被験者 A	被験者 B	被験者 C
タスク 1	0.67	0.8	0.8
タスク 2	0.67	1.0	1.0
タスク 3	0.67	1.0	1.0
タスク 4	-	0.8	1.0
タスク 5	-	-	1.0

5.2 ウィンドウエージェントの配置動作の評価

ウィンドウエージェントの動作評価の実験では、タスクメンバー検出精度検証実験と同じ被験者とタスクを用い、各被験者にタスク毎のウィンドウエージェント動作について評価してもらった。被験者には、タスク毎のウィンドウエージェントの動作結果に対して、「良い・やや良い・やや悪い・悪い」の尺度で評価を行ってもらう。

評価結果を表 2 に示す。12 種類のタスクにおいて、8 種類のタスクが「良い」「やや良い」という評価であった。

表 2: ウィンドウエージェントの配置動作の評価結果

	被験者 A	被験者 B	被験者 C
タスク 1	良い	やや悪い	やや良い
タスク 2	悪い	やや悪い	良い
タスク 3	やや良い	良い	良い
タスク 4	-	やや良い	やや悪い
タスク 5	-	-	良い

5.3 オブジェクトエージェントの配置動作の評価

オブジェクトエージェントの動作評価の実験では、試作した AIDE は 1 台のみであるため、AIDE 環境下で 1ヶ月以上作業を行った被験者 1 名を対象とした。被験者は AIDE 環境下で実際に行ったタスクを 5 つ想定し、順番にそのタスクを実行してもらい、各タスクで用いたオブジェクトエージェントが被験者が想定する通りに動作したか、動作結果に対して、「良い・やや良い・やや悪い・悪い」の尺度で評価を行ってもらい。

評価結果を表 3 に示す。配置位置は想定した全てのタスクで「良い」「やや良い」という評価であったが、タイミングは 5 種類のタスクにおいて 3 種類のタスクが「良い」「やや良い」という結果であった。

表 3: オブジェクトエージェント動作評価結果

	配置位置	タイミング
タスク 1	やや良い	やや良い
タスク 2	やや良い	やや良い
タスク 3	良い	やや良い
タスク 4	やや悪い	やや悪い
タスク 5	やや良い	やや悪い

5.4 結果の考察

タスク判別のためのタスクメンバー抽出精度実験では、12 種類のタスク中、9 種類のタスクの F-尺度は 8 割を超えており、残り 3 種類のタスクの F-尺度も 6 割を超えたことから、本研究の提案手法によるタスクの抽出精度は概ね良い結果であるといえる。しかし、F-尺度が低かったタスクでは、ウィンドウタイトルが本研究で作成したタスクメンバー抽出プログラムでは対応できなかったウィンドウが含まれていた。本研究では、ウィンドウのタイトル表記は「ファイル名(サイト名) - アプリケーション名」であると想定して実装した。そのため、ウィンドウのタイトル表記が「アプリケーション名 - ファイル名(サイト名)」であるタイトルのウィンドウや、ファイル名(サイト名)とアプリケーション名を区切る文字が「-」以外であるウィンドウなどは、想定していたタイトル表記とは異なるために、対応することができない。よって、ウィンドウクラス名の抽出漏れを改善するために、例外であるタイトル表記に対してユーザ毎に対応する必要があることが分かった。

ウィンドウエージェント動作の評価実験では、各被験者の想定したタスクのウィンドウエージェントの評価が半数以上が、「良い」「やや良い」であったことから、本研究の提案手法によるウィンドウエージェントの動作は比較的適応できたといえる。しかし、ユーザにとって最適なインタラクションを実行することはできなかったことも分かった。ウィンドウエージェントの評価が低くなった原因の 1 つに、同一名のウィンドウクラスがタスク中で使用されるとき、各ウィンドウの配置位置を正しく設定できていなかったことが挙げられる。これらのウィンドウが正しく動作するために、ウィンドウ配置履歴中に同じ

ウィンドウクラスを持つウィンドウが複数存在する場合は、複数の配置位置を設定可能にする必要があることが分かった。

オブジェクトエージェント動作の評価実験では、被験者が用意した 5 つのタスクに対して 4 つが「やや良い」「良い」という評価であり、実物体をタスク毎に適した配置位置へ移動できたといえる。しかし、ロボットアームの把持の失敗や机上の実物体のデータ取得の遅延により、最適なタイミングでインタラクションを実行することが困難であることが分かった。

6. まとめと今後の課題

本研究では、オフィスにおけるデスクトップ作業に注目した、インタラクティブデスクトップ作業支援システム「AIDE」を拡張した。ウィンドウや机上の実物体を自律行動可能なエージェントとして扱うことにより、各ウィンドウ・実物体がユーザにとって適切な位置へ適切なタイミングで移動するための、ウィンドウと実物体のエージェント化メカニズムの構築を行った。

AIDE の今後の課題としては、ウィンドウエージェントとオブジェクトエージェントのインタラクション精度の向上とともに、ウィンドウエージェントとオブジェクトエージェントが協調して、適切にインタラクションを行うシステムの実装が考えられる。また、ユーザからのフィードバックを受けてエージェントの設定を修正する機能も望まれる。

参考文献

- [1] Kevin Ashton, "That 'Internet of Things' Thing," RFID Journal, Vol. 22, pp.1, 2009
- [2] 大槻知明, 渡辺 尚, 中澤 仁, 川島英之, 滑川 徹, 山本高至, "知的環境とセンサネットワーク — アンビエントセンサネットワーク —", 電子情報通信学会誌, Vol.96, No.7, pp.495-500, 2013
- [3] 増尾 剛, 中村二郎, 松岡茂登, 長谷川 剛, 村田正幸, 松田和浩, "リアルタイム Web 技術による HEMS サービスクラウド化の検討", 信学技報, Vol.112, No.350, NS2012-117, pp.1-6, 2012
- [4] Jean-Sebastien Bilodeau, Dany Fortin-Simard, Sebastien Gaboury, Bruno Bouchard, Abdenour Bouzouane, "Assistance in Smart Home: Conbinung Passive RFID Localization and Signatures of Electrical Devices", Bioinformatics and Biomedicine (BIBM), 2014 IEEE International Conference on. IEEE, pp.19-26, 2014
- [5] 藤田真康, 諏訪博彦, 篠田孝祐, 栗原 聡, "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", 2015 年度人工知能学会全国大会論文集, pp.1-4, 2015
- [6] 清川 清, 畠中理英, 細田一史, 岡田雅司, 繁田浩功, 石原靖哲, 大下福仁, 角川裕次, 栗原 聡, 森山甲一, "オーエンス・ルイスーアンビエント環境制御を用いた知的オフィスチェアの提案", システム制御情報学会誌, Vol.56, No.1, pp.14-20, 2012
- [7] 大阪大学グローバル COE プログラムアンビエント情報社会基盤創成拠点 プログラム概要, <http://www.ist.osaka-u.ac.jp/GlobalCOE/Outline.JP>
- [8] Akiko Kashiwagi, Itaru Urabe, Kunihiko Kaneko, Tetsuya Yomo, "Adaptive Response of a Gene Network to Environmental Changes by Fitness-Induced Attractor Selection", PLoS ONE, Vol.1, No.1, e49, 2006
- [9] 田中貴紘, 藤田欣也, "ユーザの割り込み拒否度推定に基づくインタラクション仲介エージェント", HAI2010, 2010
- [10] G. Salton and C.S. Yang, "On the specification of term values in automatic indexing", Journal of documentation, vol.29, pp.351-372, issue 4, 1973