

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

齋藤晴紀^{†1} 川口正太郎^{†1} 篠田孝祐^{†1} 栗原聡^{†1 †2}

概要：我々は、オフィス等におけるデスクトップ作業を情報面と物理面から支援する Autonomous Interactive Desk Environment (AIDE) を提案している。本研究では、PC上のウィンドウと机上の実物体を自律可能なエージェントとして扱い、ウィンドウと実物体が適切なタイミングで適切な位置へ移動するためのエージェント化メカニズムの構築を行った。その上で、エージェント化メカニズムを実装した作業支援システムを用いて、デスクトップ作業の分類化と分類結果に基づくタスク予想を行い、評価した。

キーワード：エージェント、デスクトップ作業支援、ウィンドウ制御、オブジェクト制御

Proposal of Work Support System by Ambient Intelligence based on Classification and Prediction of Desk Work

Haruki Saito^{†1} Shotaro Kawaguchi^{†1} Kosuke Shinoda^{†1} Satoshi Kurihara^{†1 †2}

1. はじめに

近年、コンピュータ・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きている。このような背景から、実空間のモノにセンサを組み込み、収集した情報は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(Internet of Things)[1]の研究が盛んに行われている。さらに、IoT技術を用いたデバイスを使って、人の活動を予想し、その活動を拡張・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[2][3]。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センシングから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][5]。本研究では生活環境の中でもデスクワークに注目し、オフィスなどで行われる、デスクトップ作業の快適性の向上に注目する。

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、それぞれの要素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[6]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: Autonomous Interactive 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。また、構築したシステムを評価することで今後の課題について検討する。

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[7]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。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。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[9]」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的な状態を推定し、

^{†1} 電気通信大学大学院情報理工学研究所
Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

^{†2} 人工知能先端研究センター
Artificial Intelligence eXploration Research Center

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[10]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、作業そのものを支援するインタラクションは行われていない。デスクトップ作業環境において、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 Interactive Desk Environment

3.1 AIDE の構成

AIDE の概観を図2に示す。AIDE はデスクトップ作業における個々の作業を支援することを目的としている。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。

3.2 AIDE

AIDE は個々の作業情報を取得し、その情報からユーザの癖や作業で良く使用するウィンドウや実物体を判断するため、ユーザによって作業支援内容が変化する。本節では、エージェント化したウィンドウと実物体についてそれぞれの動作例について述べる。

3.2.1 エージェント化したウィンドウの動作例

エージェント化したウィンドウの作業支援例を図3に示す。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場合、AIDE は「ユーザはブラウザを参照しながらプログラミングをする」という作業と判断する。そして、ユーザが新たに論文作成用ソフトを起動したとき、AIDE は「プログラムコードを参照しながら論文を作成する」という作業に変化したと判断し、参照されるプ



図 1 オーエンス・ルイス試作システムの概観[8]



図 2 AIDE の外観

ログラミングソフトと論文作成用ソフトがユーザにとって見比べやすい位置・サイズへと変化する。

3.2.2 エージェント化した実物体の動作例

エージェント化した実物体の作業支援の例を図4に示す。図4のように、ディスプレイ上に PDF や Power Point, Word といったウィンドウが存在している状態でユーザ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、ユーザはホチキスで書類を留めると予測する。次に、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ユーザのホチキスを普段使用している位置へ移動する。そして、ユーザが使い終わったホチキスを先述した位置から離れた位置に置くと、エージェント化したホチキスはロボットアームによって普段置かれている位置へ移動して自ら片付けられるというインタラクションを実行する。AIDE では、ディスプレイ上に表示し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・配置位置などの関係性から、ユーザの行う作業を予測し、予測した作業に関連するウィンドウ・実物体が、その作業に対して適切な配置位置に自律的に移動する。本研究では、エージェント化したウィンドウと実物体をそれぞれ「ウィンドウエージェント」「オブジェクトエージェント」と呼ぶ。

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。そこで、始めにユーザのウィンドウ配置履歴と実物体配置履歴を取得する。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。したがって、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したとき、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タスクを判断すること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。また、タスクが変化しても閉じられずにそのままディスプレイに残っているウィンドウのようにタスクメンバーの組み合わせだけではタスクを切り分ける判断ができない。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とその時刻に表示されているウィンドウ数の 1/4 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[11]を応用する。このアルゴリズムは、文書内で頻出する単語はその文書の特徴付ける上で重要であり、どの文書にも現れる単語は文書の特徴付ける上で重要ではないとするアルゴリズムである。ある文書における単

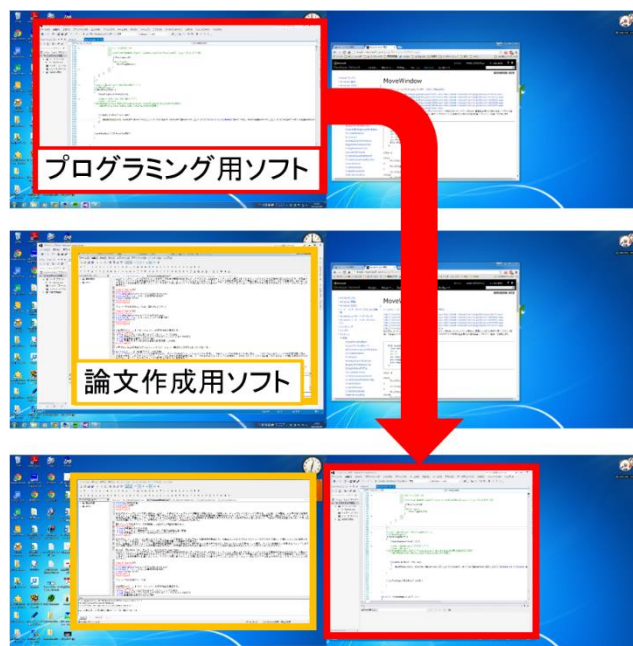


図 3 エージェント化したウィンドウの動作例
(ディスプレイ上にプログラミング用ソフトとブラウザが存在している状態で、ユーザが新たに論文作成用ソフトを起動したとき、ブラウザを参照しながらのプログラミングという作業から、プログラムコードを参照しながらの論文作成という作業に変化したと判断し、参照されるプログラミングソフトと論文作成用ソフトがユーザにとって見比べやすい位置・サイズへと変化する。)



図 4 エージェント化した実物体の動作例
(ディスプレイ上の Power Point とユーザが持っている書類から、ユーザが行う作業を予測しホチキスがロボットアームという移動手段を用いて自律的に移動する。)

語の出現頻度TF値と、すべての文書におけるある単語の出現頻度の逆数IDF値を掛けることにより、文書内における各単語の重要度の値TF_IDF値を求め、TF_IDF値から文書の特徴付ける単語を抽出する。

本研究では、この考え方をタスクメンバーの抽出に適用する。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決定

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。タスクとは無関係なウィンドウに関しても同様に配置座標を決定する。

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「タスクメンバーであること」、「動作後の座標と動作前の座標が十分に離れていること」という条件を満たした際に動作する。

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。k-means 法は事前にクラスタ数を決定する必要がある。初期のクラスタ数 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、その中から最適な初期クラスタ数を決定する。

本来、クラスタ数は評価関数を最小にするクラスタ数を選ぶ方法や自動的にクラスタ数を決定することが望ましいが、本研究ではデータ取得対象者が一人であり、タスクの内容から適切なクラスタ数を考慮して人手による決定を行った。

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ごとにインタラクションを決定した場合、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にはタスククラスタを用いる。

例えば、ブラウザ画面を印刷するタスクではタスクメンバーは「Google Chrome」と「印刷プロパティ」で構成される。また、論文などの資料を印刷するタスクではタスクメンバーは「Adobe Acrobat Reader DC」と「印刷プロパティ」であることから、この2つのタスクは「ユーザが閲覧している資料を印刷する」というタスククラスタに分類される。この2つのタスクにおいて、ウィンドウエージェントはウィンドウ毎にタスクに適した位置へ移動する。オブジェクトエージェントは2つのタスクにおいてもホチキスを同じ位置へ配置する。

4.2.3 オブジェクトエージェントの配置の位置の決定

抽出したタスクと同時刻の実物体履歴から、各タスククラスタ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、ユーザのタスククラスタ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。そのため、普段配置している位置とタスククラスタ毎に使用する配置位置を設定する。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

オブジェクトエージェントにてあるタスクにおける、よく使用される実物体は配置履歴からタスク毎の各実物体とユーザの右手・左手との距離を計算し、最小値の距離を持つ実物体とする。

タスククラスタ内でよく使用される実物体を抽出し、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
 - 対象の物体がそのクラスに適したい力10cm以上離れた位置におかれている。
 - 対象の物体がユーザの右手または左手から5cm以上離れた位置におかれている。
- (2) 使用した実物体を片付けるインタラクションの動作条件の設定

使用した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クラスタに適した位置の10cm以内におかれていない
- 対象の実物体が普段は位置している位置から10cm以上はなれた位置におかれている
- 多少の実物体がユーザの右手または左手から5cm以上離れた位置におかれている

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。

ウィンドウエージェントの評価では、タスクメンバー検出精度実験と、ウィンドウエージェントの配置動作の評価実験を行った。オブジェクトエージェントの評価では、エージェントの配置位置と動作タイミング精度の評価実験を行った。

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た。

そして、被験者が用意した正解データとシステムが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。

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、被験者にはタスク毎のウィンドウエージェント動作について次の尺度で評価をしてもらった。

- 良い：位置の調整が必要ない、またはタイミング良い
- やや良い：位置を微調整が必要、または配置が少し遅い
- やや悪い：位置の調整が必要、または配置が遅い。
- 悪い：見当違いな動作を行った。

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

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

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

5.3 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、被験者1人でAIDE環境下でのタスクを5つ想定し、順番にそのタスクを実行してもらった。各タスクで用いたオブジェクトエージェントが被験者の想定する通りに動作したか、動作結果に対して前章と同様の基準で評価を行ってもらった。

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。

5.4 結果の考察

タスク判別のためのタスクメンバー検出精度実験では、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、どのタスクにも関係ないウィンドウがタスクメンバーとして検出された結果も得られた。このことから、タスクメンバーの抽出に使用するWF-ITFの閾値の調整が必要であることが分かった。

また、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を元に行っているが、想定していないタイトル表記が発生したことが原因であった。この抽出漏れを改善するには、タイトル表記が例外であるアプリケーションに対してユーザ毎に対応する必要がある。

ウィンドウエージェント動作の評価実験では、12種類のタスク中8種類のタスクのウィンドウエージェントの動作の評価は「良い」「やや良い」であった。しかしながらウィンドウの再現率がよくても評価として「悪い」となることがあった。この原因の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、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。

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に遅延が生じてしまうことから、ユーザにとって最適なタイミングでインタラク션을実行することが困難であることが分かった。

6. おわりに

6.1 まとめ

本研究では、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エージェント化メカニズムの構築を行った。

6.2 今後の課題

今回実装したAIDEの課題としては、各オブジェク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、机上で行われるタスクの切り分け、タスククラスタ数の決定にも課題が残る。現在、独自の条件設定によるタスクの抽出を行っているが、タスクの推定精度向上のために、異なる条件との比較やユーザによって自動的にタスクの抽出が決定されるアルゴリズムを検討していく必要がある。タスククラスタ数の決定に関しても社会への普及を目指し、自動的に決定されることが望ましい。現在、様々なクラスタ数自動決定方法が研究されている。クラスタ数自動決定法であるJain-Dubis法やx-means法、Upper Tail法を今回のデータに対して適応し、机上タスクのクラスタ数の決定に対して最適な手法を検討していく予定である。

現在のオフィス環境において、机上作業はデスクトップ型PCだけでなく持ち運び可能なノート型PCも広く利用されている。今後、様々なオフィス体系に適応、普及させ、より良い作業環境を実現するためにAIDEも持ち運び可能なシステムに対応していく必要がある。そこで、我々はAIDEシステムのモバイル化を目指し、Portable-AIDE

の研究にも取り組んでいる。Portable-AIDEの開発に向けて、本システムの実装にて得られた課題を改善していくと同時に、個々のユーザに対してのインタラクションを最適化していく必要がある。具体的には、システムからユーザに一方向的にインタラクションを働きかけるのではなく、インタラクションを行った後に、インタラクションの妥当性をシステム自身が判断し、学習フェーズにフィードバックすることでよりユーザに適したシステムの構築を目指す。インタラクションの妥当性を判断するために、インタラクションに対するユーザのリアクションを画像センサ等から検知し、リアクションの有無をインタラクションの妥当性を判断する評価値として利用することを検討している。

謝辞 AIDE研究の前任者である兒島賢三郎氏（現在、パナソニック株式会社）に、感謝いたします。

参考文献

- [1] Kevin Ashton, "That 'Internet of Things' Thing," *RFID Journal*, Vol. 22, pp.1, 2009
- [2] 大槻智明, 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-Simar, 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] 三木光範, 池上久典, 江見明彦, 吉井拓郎, 東陽平, "執務者の視野内輝度分布を考慮した知的照明システム", *電子情報通信学会論文誌*, Vol.J96-D, No.10, pp.2390-2397, 2013
- [6] 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
- [7] 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
- [8] 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/OutlineJP>
- [9] 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
- [10] 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
- [11] 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