

オンラインながらコミュニケーションにおける ユーザの割り込み拒否度を考慮した 円滑な会話開始支援エージェント

Acceptable Dialogue Start Supporting Agent based on User Uninterruptibility for Multi-Tasking Online Communication

田中 貴紘^{1*} 藤田 欣也¹
Takahiro TANAKA¹ Kinya FUJITA¹

¹ 東京農工大学大学院

¹ Tokyo University of Agriculture and Technology

Abstract: The current users of real-time online communication tools have a problem in recognizing the status of interaction partners. Therefore, the start of dialogue has a risk of unintended interruption of the partner. To overcome the problem, we prototyped an acceptable dialogue start supporting agent which allows users to naturally recognize the uninterruptibility of interaction partners, by estimating uninterruptibility, presenting uninterruptibility as avatar posture and motion, and appealing a dialogue request by the gaze control. Moreover, we confirmed the possibility of dialogue start using ambient appeal of gaze control.

1 はじめに

近年、インターネットの普及やユビキタスコンピューティング環境が整備されるに従い、ユーザがシステムから随時情報提示される機会が増えてきている。しかし、情報提示タイミングや頻度にユーザの作業状況が適切に反映されず、提示情報の確認のためユーザは思考を度々中断されることで、情報システムが却ってユーザの知的生産性を低下させる可能性が指摘されている。特に、職場や自宅において、インスタントメッセンジングツールによるコミュニケーションが広く行われるようになったが、このコミュニケーションでは、“何か他の作業をしながら、会話もする (multi-tasking communication)” ことが一般的である。そのため、他ユーザへの話し掛けが、意図せず相手の作業を妨害することが懸念される。

キー入力やマウス操作などの PC 操作量から、作業中のユーザの状態を推定することで情報提示制御を行う研究には、いくつかの先行研究がある [1][2][3]。しかし、実際の作業には、思考を主とする作業も存在するため、このような知的作業を考慮した忙しさの推定が望まれる。そこで著者らは、PC 作業時のアプリケーション切り替え (AS) に着目し、AS が知的作業を含め

た作業の切れ目であり、ユーザの集中度が一時的に低下すると仮説を立て、PC 作業履歴の収集・分析を行った [4]。その結果、AS 時の割り込み拒否度は作業中と比較して有意に低く、ユーザに受け入れられ易いことが確認された。しかし、本来、AS は次の作業の開始であり、一時的に低下した割り込み拒否度は、AS 直後から徐々に高まると考えられ、情報提示や話し掛けに遅延が生じた場合には、却ってユーザ作業を妨害することが懸念される。そこで著者らは、NIRS (Near Infrared Spectroscopy: 近赤外分光器) を用いて、人間の思考を司るとされる前頭前野の AS 前後の脳活性量を測定し、AS 直後から再集中に至るまでの時間を検討した結果、AS による拒否度低減効果時間は 2 秒程度であることが示唆された。

知的作業を含めた作業の切れ目として、AS 発生タイミングで話し掛け行動を行うことが、円滑な会話開始に繋がると考えられる。しかし、ユーザ状態推定は、本質的に推定誤差を避けられず、従来の音やポップアップウィンドウのような割り込み方法では、誤差推定であった場合にユーザの作業を阻害することが懸念される。また、AS 発生から割り込みまでの猶予時間は 2 秒程度であるため、人間が AS 発生に合わせ、かつ猶予時間内に話し掛けを行うことは困難であり、また、いつ起こるか分からない AS を待ち続けることは、話し

*連絡先: 東京農工大学大学院 工学府情報工学専攻
〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16
E-mail: takat@cc.tuat.ac.jp

掛ける側にとって負担が大きいと言える。

そこで、本研究では、自然で円滑な会話の場の雰囲気を持ったオンラインコミュニケーションの実現を目指し、AS による作業の切れ目に着目したユーザ状態推定を行い、会話パートナーへのアバタの姿勢・動作による状態表出機能と、視線制御によるアンビエントな話し掛け代行機能を持った、円滑な会話開始を支援する、Acceptable Dialogue Start Supporting (ADSS) エージェントの試作を行った。

2 AS に着目した情報提示タイミング制御の研究

2.1 ユーザ状態の推定

これまで、ユーザコンテキストを利用してユーザの状態を推定する様々な研究が行われている。中でも、PC 作業中のユーザの忙しさを推定する研究では、キー入力やマウス操作に基づく推定方法が提案されている [1][2]。これらの研究では、PC を使った作業において、ユーザの PC 操作量が多くなるほどユーザが忙しいと想定されている。また、PC 作業に加えて、机上でペンを使用する作業までを対象とした研究も行われており [3]、ペンにセンサを取り付け、ユーザがペンを持っているかどうかを認識し、忙しさの推定に利用している。これらの研究では、ユーザの作業が外部から観察可能な物理的アクティビティを伴う場合には忙しさの推定に有効と考えられる。反面、アクティビティのみから、知的作業をも反映した忙しさを推定することは容易ではなかった。

そこで著者らは、作業が一段落したときには、作業内容にかかわらず集中度が一時的に低下し、割り込みに対する拒否度も低下する可能性が高いと予想し、利用アプリケーションの切り替え情報を作業の切り替わりと見なして、ユーザの割り込み拒否度と AS の関連を実験的に検討するため、10 名の被験者から研究室環境・自宅環境における PC 作業履歴 40 時間分を収集し、分析を行った [4]。

AS 時と作業継続 (NAS) 時の割り込みに対する拒否度を比較した結果を表 1 に示す。NAS 時の割り込み拒否度の平均値 3.2 に対して AS 時の平均値は 2.8 となり、t 検定の結果、AS 時の割り込み拒否度が NAS 時に比べ有意に低く ($p < 0.01$)、AS 時の割り込みは、NAS 時に比べ拒否度が低くなるという予想を支持する結果であった。さらに、頻度の低い AS の方が作業の切れ目としての意味が大きく、特に 2 分以上継続して作業した後の AS において、割り込み拒否度の低減効果が大きいことが分かった。また、NAS 時を対象に、割り込み拒否度と瞬時アクティビティ (キー入力数、クリッ

ク数、ホイール使用量の重み付き和) の積算値との関係を分析したところ、数十秒程度の積算値と拒否度には相関が見られず、図 1 に示すよう、5 分間アクティビティ積算値と拒否度に弱い相関が観察されたことから、瞬時アクティビティは NAS 時のユーザの割り込み拒否度をある程度反映するが、瞬時アクティビティは思考等の影響を受けるため変動が大きく、数分程度の積算が必要であることを示唆する結果となった。

表 1: AS 時と NAS 時の割り込み拒否度の比較

	拒否度					
	1	2	3	4	5	Ave.
NAS	7	14	22	20	12	3.2
AS	51	80	67	45	36	2.8

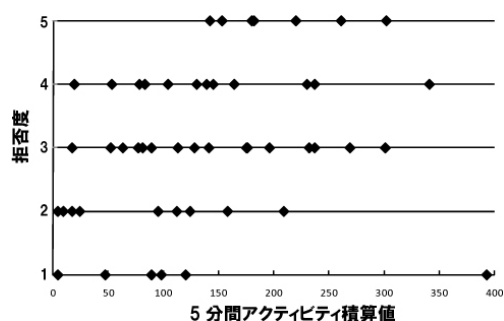


図 1: 5 分間アクティビティと拒否度の関係

2.2 AS による拒否度低減効果時間の検討

分析により、AS の利用は割り込みタイミング制御に有効であると言えるが、AS は作業の切れ目であると同時に、次作業始まりである可能性も高く、ユーザの作業に対する集中度は AS 直後から徐々に高くなるため、AS による割り込み拒否度低減効果は一時的なものであると予想された。そのため、推定から割り込みまでの遅延や情報提示方法によっては、AS 発生タイミングであっても、却ってユーザの作業を阻害する可能性が懸念される。そこで著者らは、まず、NIRS (Near Infrared Spectroscopy: 近赤外分光器) を用いて、ユーザの AS 前後の脳活性化量を測定し、AS 直後から再集中に至るまでの時間の検討を行った。

人間の思考を司るとされる前頭前野を NIRS を用いて計測を行った研究として、テストによる知的生産性改善評価への利用 [5] や、心的負担度を評価しインタフェースの定量的評価を試みる研究 [6] などが挙げられる。実験では、5 人の被験者に 2 種類のタスクを任意のタイミングで交互に切り替えながら同時に行わせ、タスク中の前頭前野部の脳活性化量を計測した。

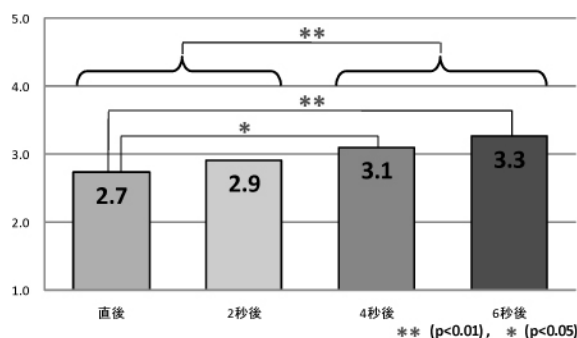


図 2: 時間差割り込み実験結果

実験の結果、AS 前後の活性量の増減傾向が変化する点を元に拒否度低下時間の検討を行ったところ、AS 後の経過時間によって活性量が増加し集中状態に至ること、ピーク到達までの潜時は最長でも 5 秒程度という知見が得られた。また、AS 発生時点での活性量は、平均でピークの 40.2%、AS の 2 秒後にはピークの 70%、4 秒後には 90% に到達していた。そこで、この知見に基づく時間差割り込み実験を行い、拒否度低減効果時間の検討を行った。

実験では、AS 後の割り込みに時間差（直後、2・4・6 秒後）を設け、実際に被験者に割り込んだ時の割り込み拒否度を収集し、検証を行った。被験者は大学生・教員の 13 名とし、15 時間分のデータを [4] と同様の手法で収集した。AS 後の割り込みタイミングによる拒否度の比較を図 2 に示す。

AS 直後で割り込んだ場合の平均拒否度は 2.7 であり、表 1 で示した AS 平均値と比較しても同程度の値であった。AS 直後から、2 秒・4 秒・6 秒と時間が経つにつれ、平均拒否度も徐々に高くなる結果となった。t 検定を行ったところ、AS 後 2 秒以下と 4 秒以上の拒否度の間に有意差が確認され ($p < 0.01$)、AS による割り込み拒否度低減時間は、2 秒以内が目安であるという知見が得られた。

3 ADSS エージェント

本研究では、オンラインながらコミュニケーションを対象として、自然で円滑な会話の場の雰囲気を持ったオンラインコミュニケーションシステムの実現を目的としている。本システムは、身体性を持ったアバタによるノンバーバル表現を利用し、会話開始から、会話中、そして会話終了前の 3 ステージに渡って支援を行うことを目指している。そこで、まず、会話パートナーへのアバタの姿勢・動作による状態表出機能と、視線制御によるアンビエントな話し掛け代行機能を持った、円滑な会話開始を支援する、ADSS エージェントの試作を行った。

3.1 エージェントによる会話開始支援

2 章で述べた通り、著者らは、AS 時の割り込みはタスク継続 (NAS) 時と比較して、ユーザに受け入れられ易いことを示した。この知見に基づき、システムがユーザの PC 操作をモニタしてユーザ状態を推定し、ネットワークを介して、アバタの姿勢・動作によりユーザ状態を表出し合うことで、会話開始タイミング取得を支援する手法を提案して来た [7]。しかし、ユーザ状態推定は、本質的に誤差を避けることができないため、ユーザ自身が表出される相手のユーザ状態を見て割り込む場合、依然として意図せず相手の作業を妨害する懸念がある。また、割り込み方法に関しても、従来の音やポップアップウィンドウによる割り込み方法では、やはり推定誤差であった場合に、相手の作業を妨害する危険が高い。そのため、本当にユーザが忙しい場合であれば気付かず、余裕があれば気付く程度のアンビエントな話し掛け方法が必要である。また、AS 発生タイミングの予測は困難であるため、ユーザが話し掛けたい相手の AS 発生を待ち続けることは、ユーザ自身の作業を行うことができず、負担が大きい。更には、時間差割り込み実験結果が示す通り、AS による拒否度低減効果を利用するためには、AS 発生から 2 秒以内で話し掛けを行う必要がある。相手の AS を認識する時間、通信遅延、話し掛けのための操作等を踏まえると、AS 効果時間内に人手で話し掛けを行うことは困難であり、システムによる支援が必須と考えられる。

そこで本研究では、ユーザから会話開始要求を受けたエージェントが、ユーザの代わりに対象ユーザに対して働き掛けを行うことで、会話開始を支援する。対象ユーザへの働き掛けは、人間が日常的に行っている [8]「話し掛けたい相手の様子をまず伺う行動」により行う。具体的には、エージェントは、対象ユーザのユーザ状態を考慮しつつ、NAS 時にはアバタの共同注視により、AS 時には視線交差を用いて、対象ユーザへ「話し掛けたい」ことをアピールし、対象ユーザの気付きを促す。そして、このアピールに気付いた対象ユーザから、要求元ユーザへ発話が行われることで、会話が開始される。これにより、従来、話し掛けたい側が割り込み、話し掛けられる側が割り込まれるという関係を逆転し、要求元ユーザは、エージェントに会話開始要求を送信し待つだけで、エージェントが対象ユーザの状態に合わせアピールを行い、対象ユーザからの話し掛けを促す。また、一方的に割り込まれる側であった対象ユーザは、状態推定誤差に関わらず、実際に対応する余裕があり、相手のアピールに気付いた場合のみ、対応するかどうかの判断をし会話すれば良い。以上により、円滑な会話開始が支援できると考えられる。

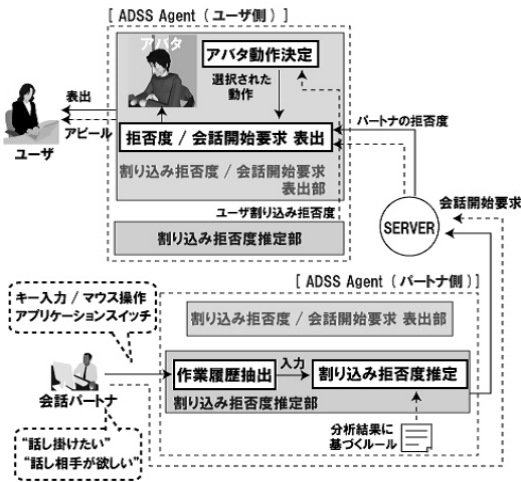


図 3: ADSS エージェントの構成

3.2 ADSS エージェントの構成

エージェントは、自ユーザの PC 操作をモニタし、割り込み拒否度を推定する。各ユーザのエージェントは、ネットワークを介して他のエージェントと拒否度を交換し合う。また、エージェントは送られてきた他ユーザの拒否度を、アバタの姿勢・動作によって表現する。更には、エージェントは、他ユーザから“自ユーザとの会話開始要求”を受け取った場合は、要求元ユーザのアバタを用いて、共同注視等によるアンビエントな表現によって要求をアピールする。今回試作した ADSS エージェントの構成を図 3 に示す。エージェントの構成は大きく分けて、“割り込み拒否度推定部”と“割り込み拒否度・会話開始要求表出部”の 2 つのコンポーネントから構成される。

割り込み拒否度推定部では、ユーザの PC 操作をモニタし、作業履歴の分析 [4] で得られた知見に基づき、割り込み拒否度を推定する。推定する拒否度は、アクティビティ要素と作業切れ目要素の、異なる 2 つの要素から構成される。ユーザが NAS 時の場合は、割り込み拒否度をアクティビティ要素とし、5 分間のアクティビティ量（キー打鍵数 + クリック回数 + ホイール操作有無）から算出する。また、AS 時は作業切れ目要素として、5 分間の AS 頻度を基に算出する。NAS 時は、毎秒ごとにアクティビティ要素から成る拒否度をサーバに送信し、AS 発生時は瞬時に作業切れ目要素から成る拒否度を送信する。

割り込み拒否度・会話開始要求表出部は、送られてきた拒否度・会話開始要求を、送信元ユーザのアバタを用いてユーザに表出する。NAS 時拒否度の表出は、アバタの「姿勢」により表現を行う。また、AS 時拒否度の表出は、作業の切れ目度合を示す「動作」により表現を行う。一方、ユーザの会話開始要求は、アバタ

の視線制御により、共同注視と視線交差を使い分けアピールを行う。

3.3 アバタの視線制御による要求アピール

本研究では、ADSS エージェントに送られるユーザの要求は 2 種類存在する。一つは、任意のユーザとの会話開始要求であり、本研究ではこれを「待機モード」と呼ぶ。もう一つは、自身が会話受け入れ態勢にあることを示す、「歓迎モード」である。前者の要求を受けたエージェントは、視線行動によるソフトな会話開始要求を行い、対象ユーザが会話開始要求に気付くよう促す。後者の場合は、自ユーザの拒否度を他ユーザの PC 上で低く表示することで、他者が話し掛けやすいようアピールする。これにより、エージェントのアピールに気付いた対象ユーザが、要求元のユーザに自ら話し掛けることで、推定誤差が存在する場合であっても、円滑な会話開始支援が実現できると考えられる。

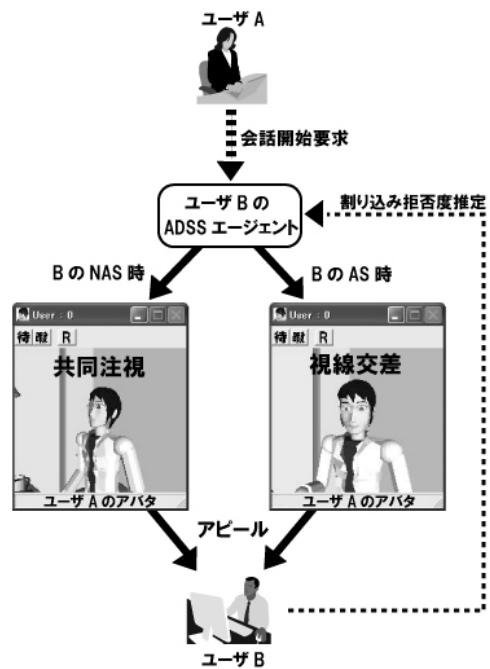


図 4: 会話開始要求アピール例

エージェントによる会話開始要求アピールは、対象ユーザの作業状況に応じ、そのアピール方法を変更する。図 4 にアピール例を示す。対象ユーザが NAS 時の場合は、対象ユーザの使用しているウィンドウ（アクティブウィンドウ）方向に視線を向ける、共同注視によるアピールを行う。対象ユーザが注視している（と予想される）作業スペースを、アバタが注視する素振りを見せることで、自身の作業内容に興味がある/用事があるのではないかと対象ユーザに気付きを促す。ま

た、エージェントは、作業継続中のユーザの注意を引き過ぎないように、対象ユーザの拒否度が高いほど、注視を継続する時間を短く、共同注視発生頻度を低く調整する。実際にユーザが忙しい時ほど気付き難いアピールを敢えて行うことで、例えばアピールに回答しなかった（アピールに気付いていた・いなかった）場合でも、要求元ユーザが“無視された”と感じさせ難くすることも可能であると考えられる。

一方、対象ユーザがASを発生させた場合は、対象ユーザとの視線交差によるアピールを行う。視線交差は、ユーザが居るであろうモニタ正面に対しアバタの顔を向けることで行う。AS時には一時的に割り込み拒否度が低下することを利用し、対象ユーザの方を見るという強いアピールにより、会話開始要求への気付きを促す。視線交差もまた、対象ユーザの拒否度が高いほど、交差継続時間を短く、またアピール頻度を低く調整する。

4 実験

本研究では、ADSS エージェントによる会話開始支援機能評価のための予備実験として、ながらコミュニケーションにおいて、実際に、エージェントの要求アピールによる会話開始が可能であるかの検証を行った。

4.1 実験方法

実験は、日常的にインスタントメッセージングツールを使用している大学生・教員の男女7名を被験者とし、別室に別れ、本システムを2日間で合計6時間使用させた。実験中のPC利用目的に一切制限を設けず自由に使用させ、また、会話回数等のノルマも与えなかった。実験後、被験者には、要求アピール、拒否度表出機能、システム全体に関しての自由回答による聞き取り調査を行った。さらに、サーバ側で、各ユーザが送信した要求アピールと発話時間を計測し、記録した。

被験者間の会話は、本システムのインスタントメッセージ機能によって行った。他の被験者への話し掛けは、要求アピールの利用と直接のメッセージ送信の両方を利用可能とした。また、本実験中は、各ユーザのアバタ表示用ウィンドウが、他のアプリケーションの全画面表示で隠れ、被験者が要求アピールに気付かないことが無いよう、常にPC画面の最前面に表示されるよう設定した。実験の様子を図5に示す。

4.2 実験結果

表2に実験結果を示す。ユーザの要求に対し、対象ユーザからの話し掛けで会話が始まった場合を「要

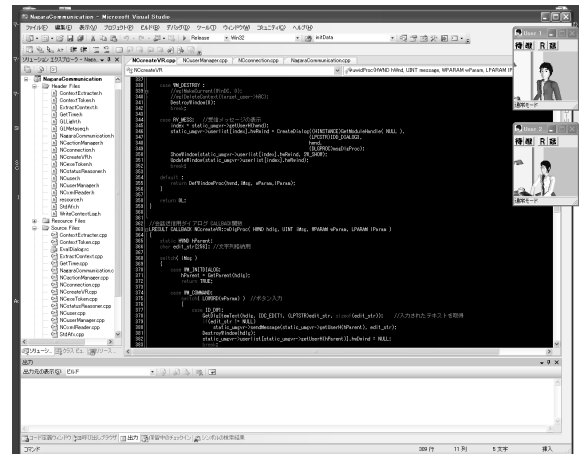


図 5: 実験の様子

求成立」とした。また、要求が成立しなかった場合を、要求後に直接対象ユーザへ話し掛けを行った場合を「直接会話」、要求に対する応答がなく諦めて要求解除した場合を「取り下げ」とした。実験中、会話開始要求は17回行われ、要求成立が6回、不成立が11回であった。また、不成立中5回が直接話し掛けが行われ、要求の取り下げは6回であった。また、成立までの平均時間は188秒、不成立までの平均時間は566秒（直接会話が432秒、取り下げが678秒）であった。

表 2: 要求アピールの成立・不成立

	回数	平均時間
要求成立	6	188 秒
直接会話	5	432 秒
取り下げ	6	678 秒

また、実験後の聞き取り調査により、以下のような内観報告が得られた。

- 相手の要求アピールに対し、自分がある程度暇でないとエージェントの動きに気付かなかった。
- 要求送信後、相手のASを見て、直接話し掛けるか、話し掛けられるのを待つが使い分けられた。
- 視線交差に比べ、共同注視の動き・視線の移動が小さくて分かり難いため、ウィンドウを移動させるなどの反応を見て確認した。

これ以外にも、相手の状態が分かると便利である、話し掛ける用事はなくても相手の雰囲気分かると良い、アピールに気付いてもらえると嬉しい、といった報告も得られた。また、アバタウィンドウの最前面表示が問題であったという報告は無かった。

4.3 考察

実験の結果，ユーザからの会話開始要求のうち3割強が，エージェントのアピールにより会話が始まった．今回の実験では，要求を意図的に無視したという報告はなく，アピールに気付かなかったことが，要求が成立しなかった主な原因であると考えられる．多くの被験者が挙げた，自身に余裕がない場合にはエージェントの動きに気付かなかったという点は，本研究の意図するアンビエントな要求アピールであり，アバタの視線制御が，この点で有効であったと考えられる．

要求不成立の半数が，要求後の直接会話であったが，AS発生に合わせて話し掛けを行っているため，何も情報がない場合と比較し，相手の作業を阻害し難いと考えられる．しかし，無応答時間が一定以上超えた場合にアピールの強さを変更可能にするなど，要求成立の可能性をより高める手段の検討も必要である．また，ユーザが要求を取り下げた場合に，より要求が成立し易い状況となった時点で，エージェント側から再要求を提案するなどの対応も必要であろう．更には，相手のアピールに気付いた場合の確認手段や，共同注視の表現や拒否度表現との差別化も今後の課題である．

拒否度表示に関しては，相手の状態が分かる点が評価され，また，要求に対して応答が為されない場合の理由付けや，直接会話への切り替えの判断に利用されていた．拒否度表示が会話開始支援に対しても有効であると考えられる．また，拒否度表示と要求アピールとの組み合わせ効果についても，今後検討する必要があると言える．

現段階では，エージェントからユーザに対する一方の動き掛けのみであるが，アバタが他のウィンドウに隠れている場合やユーザが離席している場合など，対象ユーザからの応答を期待できない時の要求元ユーザへのフィードバックや，長時間応答が無く，推定誤差の可能性が考えられる場合での，状態推定への補正なども考えられる．

5 おわりに

本研究では，円滑な会話開始支援を目的とした，ADSSエージェントの試作を行った．本エージェントは，ユーザの割り込み拒否度推定を行い，他ユーザへアバタの姿勢・動作を用いて表出する．また，ユーザの代わりに，共同注視と視線交差による話し掛け支援を行う．予備実験により，エージェントの要求アピールによる会話開始が可能であることを確認した．今後の課題は，ADSSエージェントによる会話開始支援の有用性の評価が挙げられる．

謝辞

本研究の一部は，文部科学省特別教育研究費共生情報工学研究推進経費によるものである．ここに記して感謝する．

参考文献

- [1] 本田 新九郎, 富岡 展也, 木村 尚亮, 大澤 隆治, 岡田 謙一, 松下 温: 作業者の集中度に応じた在宅勤務環境の提供: 仮想オフィスシステム Valentine, 情報処理学会論文誌, Vol. 39, No. 5, pp.1472-1483, (1998)
- [2] 清水 健, 平田 敏之, 山下 邦弘, 西本 一志, 國藤 進: 個人作業状況アウェアネス提供システムの構築と評価, 第二回知識創造支援シンポジウム, pp.78-85, (2005)
- [3] 水口 充, 竹内 友則, 倉本 到, 渋谷 雄, 辻野 嘉宏: デスクワークにおける忙しさの自動推定, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 6, No. 1, pp.69-74, (2004)
- [4] 田中 貴紘, 松村 京平, 藤田 欣也: アプリケーションスイッチに着目した情報提示タイミング制御のための作業履歴の分析, 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 1, (2009)
- [5] 宮城 和音, 近藤 佑樹, 榎本 健治, 石井 裕剛, 下田 宏, 岩川 幹生, 寺野 真明: パフォーマンステストによる知的生産性改善評価時の NIRS を用いた脳活動計測, 第 47 回ヒューマンインタフェース学会研究会, Vol. 10, No. 1, pp.149-154, (2008)
- [6] 宮川 道夫, 新井 直樹, 前田 義信: インターフェース手法の定量評価を目的とした前頭前野の NIRS 計測, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2007, No. 3231,(2007)
- [7] 田中貴紘, 藤田欣也: オンラインながらコミュニケーションにおけるアバタを介した会話パートナーのコンテキストアウェア, HAIシンポジウム 2007, (2007)
- [8] K, Kobayashi, S. Yamada: Informing a User of Robot's Mind by Motion, *The third International Conference on Computational Intelligence, Robotics and Autonomous Systems (CIRAS 2005)*, SS4B-3 (2005)