

人型エージェントとの協調認知的コミュニケーションを介した Errorless Learning システムの提案：予備的実験と考察

山口武彦^{†1} 藤野響^{†2} Stephane Polat^{†3} Etienne Gilbert^{†3} 富山眞之介^{†1}
原田哲也^{†1} Déborah Alexandra Foloppe^{†3} Paul Richard^{†3} Philippe Allain^{†3}

我々はこれまで、Virtual Reality(VR)技術を用いて日常生活活動(ADL)の一つである料理活動の再学習を目的としたアルツハイマー(AD)患者のためのリハビリシステムの開発を行ってきた。本研究では、AD患者でも障害が出にくい手続き記憶を利用したエラーレスラーニング(EL)を応用し、AIで制御されるヒューマノイド型エージェント(HA)を用いたELシステムを提案する。HAは、言葉や動作により疑似的にコミュニケーションを図ることができ、患者の注意を引き付けるだけでなく、患者との協調的動作を誘導するよう制御される。本報告では、システムのアセスメント評価として、システムの作業負荷、ユーザビリティ、および没入感尺度について、健常者を用いた測定を行った。その結果、HAの協調的動作を誘導する振る舞いが、被験者の知覚的要求の負荷を低減することが分かった。また、タスク中のHAとのコミュニケーションが被験者にポジティブな印象を与えることが分かった。

VR based Collaborative Errorless Learning System Using Virtual Humanoid Agent: A Preliminary Development and Assessment

TAKEHIKO YAMAGUCHI^{†1} HIBIKI FUJINO^{†2} STEPHANE POLAT^{†3} ETIENNE GILBERT^{†3} SHINNOSUKE TOMIYAMA^{†1} TETSUYA HARADA^{†1} DÉBORAH ALEXANDRA FOLOPPE^{†3} PAUL RICHARD^{†3} PHILIPPE ALLAIN^{†3}

Everyday action impairment is one of the diagnostic criteria of Alzheimer's disease and is associated with many serious consequences, including loss of functional autonomy and independence. It has been shown that the (re)learning of everyday activities is possible in Alzheimer's disease by using errorless learning approaches. The purpose of this study is to propose a newly revised Virtual Kitchen system that allows training of everyday activities to integrate a new approach of errorless learning (EL) framework using collaborative learning with a virtual agent. In this paper, we describe a concept of the proposed framework, as well as explore the effectiveness of the proposed EL framework.

1. はじめに

1.1 日常生活活動(ADL)

日常生活活動(Activities of Daily Living: ADL)は、人が独立して生活するために行う基本的かつ、共通に毎日繰り返される一連の身体的動作群を言う。この動作群は、食事、排泄、着脱衣、入浴などの目的を持った各作業に分類され、それぞれの作業は、作業対象への注意、反応、あるいは行動計画など、複数の認知プロセスを伴うことが知られている。しかしながら、脳機能に障害がある患者などは、作業の誤りを頻繁に起こしやすく、また、作業の達成自体も困難である場合がある[1,2]。実際、ADLにおける障害は、アルツハイマー型認知症の診断基準の一つに数えられているだけでなく、フレイル、うつ病などへの関連も報告されている[3,4,5]。

認知症やその他の病状への転移を未然に予防するための共通なアプローチとして、神経心理学の分野では、認知

症患者に対し、患者自身の機能的自立性を高めるため、手段的日常生活活動の(再)学習を勧めている[6,7]。これは、これまで行われてきた認知症患者のADLに対する介入治療研究の結果、対象となるADLの反復が機能の改善に繋がることが示されてきた[8,9]ことに裏づけられている。

1.2 Virtual Reality 技術を用いた介入への応用

現在、ADLの反復(再)学習法が、特に明白な記憶障害を持つアルツハイマー型(AD)患者に対して、有益な効果をもたらすことは疑いのない事実である。しかしながら、従来の方法は、典型的な臨床の現場では常に扱いやすい状況になく、代替手段の開発が求められている。

Virtual Reality (VR) 技術は、リハビリテーションへの応用に関して多くの有益な機能を提供する可能性をもつ新しい技術である[10]。VR技術は、現実の物理世界をコンピュータシミュレートし、仮想空間上に再現することを目的とした情報提示技術である。従って、VR技術を用いることで、構築された仮想環境内での行動を現実のそれに近い状況で再現することが可能となる[11]。VR技術はこれまで、脳機能障害者のADL評価への応用が主流であった。すなわち、ADLの中でも朝食の準備に特化したもの[12-14]、あるいは買い物に特化したVR環境[15]を構築し、認知的・

^{†1} 東京理科大学基礎工学部電子応用工学科
Department of Applied Electronics, Faculty of Industrial Science and Technology, Tokyo University of Science
^{†2} 東京理科大学大学院基礎工学研究科電子応用工学専攻
Department of Applied Electronics, Graduate School of Industrial Science and Technology, Tokyo University of Science
^{†3} LUNAM Université, Université d'Angers

運動機能的な観点から患者のプロファイル情報を解析するためのツールとして用いられてきた。実際、VR環境で構築されたタスクは、現実の物理世界を再現するだけではなく、仮想空間ならではの情報提示プロセスを用いて効果的な情報フィードバックを用いた反復作業を可能とする[16]。これらの機能をADLの反復（再）学習に応用できれば、従来の（再）学習方法の問題点を克服した新しい（再）学習法の環境構築が可能となる。

1.3 Virtual Kitchen システム

我々はこれまで、VR環境を用いたAD患者のためのADL（再）学習システム（Virtual Kitchen システム）の提案をしてきた[17]。提案システムでは、朝食の準備（トースト、およびコーヒーの準備）に特化した環境を構築してきた。トーストの準備用のタスクでは、患者は、2枚のトーストの作り方を学習することが出来る。仮想環境内には、7つの操作可能なキッチンアイテム（トースター、2枚のトースト、2切れのバター、そしてスプーン2杯分のジャム）が配置されており、それぞれマウスを使って操作をすることが可能である。コーヒーの準備用のタスクでは、患者は、1杯のコーヒーの作り方を学習することが出来る。仮想環境内には、7つの操作可能なキッチンアイテム（コーヒーメーカー、コーヒーフィルタ、コーヒー豆、コーヒーポット、水差し、角砂糖、ミルク）が配置されており、それぞれマウスを使って操作をすることが可能である。それぞれのタスクは、タスク完了までに10ステップに細分化された施行を必要とする。

1.4 （再）学習法

前節で説明した2つの朝食準備タスクは、2つの（再）学習法（Written Instruction Learning Method: Written ILM, Self-Recorded Instruction Learning Method: Self-Recorded ILM）を適用し学習することが可能である。Written ILMは、10ステップの施行に合わせ、段階的にインストラクションを提示する学習法である。インストラクションは、（再）学習中の誤りを軽減するために提示される。一方、Self-Recorded ILMは、Written ILMに患者自身の声の反復再生を加えた学習法である。

記述的、あるいは言語的インストラクションは、アクション混乱症候群の患者に対して有効であることが示されている[21]。これらの学習法は、患者が次に行うべき行動を指し示すことで、患者はそのガイドに添ってタスクを進めることが可能である点で有効であるが、インストラクション提示後の誤りを回避することはできないため、患者に試行錯誤的な学習を強いる可能性がある。

1.5 Errorless learning

Errorless learning (EL)とは、患者に誤りを起こさない用にヒントとなるプロンプトを段階的に提示する学習法であり、ADL学習において効果的な学習法の一つである[22]。ELは、エピソード記憶に障害を持つ認知症患者のリハビリテ

ーションにおいて、その有用性が示されている[23]。さらに、ELは様々な範囲の障害の介入にも応用され、その重要性が注目されている[24]。

1.6 VR技術を用いた Errorless learning

ELの有効性は、多くの科学的知見によって証明されてきた。ELにおける重要なコンセプトの一つは、患者の学習状況に応じたプロンプトの調整である。プロンプト調整は、患者の状況に合わせて適宜変更をする必要があるため、一般的には、セラピストの協力が必要となり、ELをシステムティックに実現するには技術的な課題がある。

いくつかの研究では、VR技術を用いたELを実現している。例えば、Connor et al [25]らは、脳卒中後の視覚認知障害を持つ患者を対象とし、力触覚提示を用いたEL環境を実現している。Connorらの提案では、患者が仮想空間内で誤った進路に進もうとした時、力触覚を提示することで方向修正をさせるELシステムを実現している。Kober et al [26]らは、空間識失調患者のためのリハビリシステムを提案した。Koberらが用いたELでは、リハビリ環境をVRで構築しているが、インストラクションは、実験者による言語的インストラクションを用いている。

関連研究から、ELをシステムティックに実現している研究では、VRを用いた複数感覚提示方法により、誤りを感覚的に認識させる方法が取られているが、プロンプトが段階的に調整されていないため、本来の意味でのELが実現されているかは定かではない。また、インストラクション自体は、実験者が行うなど、患者との対話的なインタクションを通じてのELの実現には至っていないことが分かる。実際、典型的なELのアルゴリズムは、以下のステップで行われる[27]。

- (a) ターゲットとなるタスクの細分化
- (b) 細分化されたタスクの詳細を患者に伝える
- (c) 患者を励まし推測による行動を避ける
- (d) 誤りが起きたら直ちに修正する
- (e) 注意深くプロンプトを調整する。

本研究では、これまで我々が開発してきたVirtual Kitchenシステムを基に新しく改良したELシステムを提案する。具体的には、AIで制御されるヒューマノイド型エージェント(HA)を用いたELシステムを提案する。HAは、言葉や動作により疑似的にコミュニケーションを図ることができ、患者の注意を引き付けるだけでなく、患者との協調的動作を誘導するよう制御される。また、仮想環境への自己投射性を向上するため、被験者の頭部の位置・姿勢変化に追従して仮想世界が更新される情報提示を採用する。

本報告では、提案システムのフレームワークについて概説した後、健常者を用いたシステムのアセスメント評価の結果について議論する。アセスメント評価に関しては、特にHAの挙動や被験者の頭部の位置・姿勢変化に追従して仮想世界が更新される情報提示が、被験者の没入感やシステ

ムのユーザビリティ、作業負荷にどのような影響を与えるかを評価する。

2. 提案システム

2.1 要求分析

前節で議論した EL のアルゴリズムを基にシステム設計に必要な要求を抽出するための要求分析を行う。新しい EL システムの要求として、以下の仕様を抽出した。

- (1) 患者の注意を制御する機構
- (2) 患者がタスクを主体的に行える状況設定
- (3) 患者の誤りを予測・検出する機構
- (4) 適応的にプロンプトレベルを調整する機構

これらの要求を満たす EL システムを構築するため、我々は、AI で制御されるヒューマノイド型エージェント (HA) との協調作業を想定した仮想環境を設計した (図 1)。



図 1 VK システムのフレームワーク図

Figure 1 A system framework of the proposed VK system.

Soliman and Guetl [28] によれば、HA は、学習者の特性に合わせてカスタマイズされた学習法を提供可能であり、学習者の動機づけや学習者の学習に対する主体性に大きく影響することが分かっている。本研究では、HA との協調学習環境を構築することで、要求事項 (1, 2) を達成する。要求事項 (3, 4) には関しては、それぞれ誤りを予測・検出するための機構[29]、および患者の学習状況に応じて適応的にプロンプトを調整する機構が必要であるが、本報告では、詳細については割愛する。加えて、本研究では、患者の仮想空間への自己投射性を向上するため、被験者の頭部の位置・姿勢変化に追従して仮想世界が更新される情報提示系を採用する。

2.2 システム構成

提案システムは、デスクトップ PC、PC 用モニター、患者の手の 3 次元位置・姿勢の計測に Leap motion 社の Leap motion™ センサーを用いた。また、患者の頭部の 3 次元位置・姿勢の計測に NaturalPoint 社の TrackIR 5™、そして TrackClip Pro™ を用いた。システムの概観を図 2 に示す。

本報告では、提案システムの根幹となる 3 つのフレームワーク (インタラクション管理フレームワーク、タスク管理フレームワーク、エージェント制御フレームワーク) について概説する。



図 2 VK システムのシステム構成

Figure 2 System configuration of the VK system.

2.2.1 インタラクション管理フレームワーク

このフレームワークは、仮想環境とのインタラクションに関わるモジュールを統括する。モジュールは、患者が仮想空間とのインタラクションに用いる仮想手の制御、患者の頭部の位置に追従して仮想空間の視点を更新するモジュールがある。仮想手を制御するモジュールは、システムに接続された Leap motion センサーから取得される患者の手の 3 次元位置・姿勢の情報を用いて仮想手を制御する[30]。仮想手の位置・姿勢は約 125Hz で更新される。患者は、仮想手を通じて仮想空間内のキッチンアイテムを現実の物理空間と同じように把持することが可能である。仮想空間の視点を制御するモジュールは、TrackIR 5™ を用いて取得される頭部の 3 次元位置・姿勢の情報に基づき更新される。更新周期は、約 120Hz である。

2.2.2 タスク管理フレームワーク

ADL タスクを管理するフレームワークである。現在のバージョンでは、コーヒーの準備を行うタスクを管理する。タスク画面のスクリーンショットを図 3 に示す。このタスクでは、7 つの操作可能なキッチンアイテム (コーヒーメーカー、コーヒーフィルタ、コーヒー豆、コーヒーポット、水差し、角砂糖、ミルク) が配置される。これらのアイテムは、仮想手を用いて操作可能であり、コーヒーを作成するまでに 10 ステップの施行を要する。全ステップは、インタラクションによって指示される。以下にインストラクションの内容を示す。

1. フィルタドアを開けるため、コーヒーメーカーの青いボタンを押してください
2. コーヒーフィルタをフィルタドア内にセットして下さい
3. 挽いたコーヒー豆をフィルタドア内のコーヒーフィルタに入れて下さい

4. フィルタドアを開めるため、もう一度コーヒーマーカーの青いボタンを押してください
5. 水差しからコーヒーマーカーに水を注いでください
6. コーヒーポットをコーヒーマーカーにセットしてください
7. コーヒーのドリップを開始するため、コーヒーマーカーの赤いボタンを押してください
8. コーヒーポットの中のコーヒーをコーヒーカップへ注いでください
9. 角砂糖を一つコーヒーカップの中へ入れてください
10. 牛乳をコーヒーカップの中へ注いでください

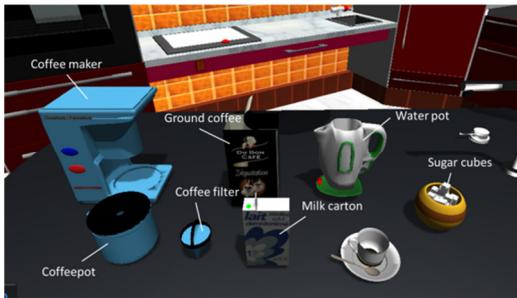


図 3 コーヒー準備タスク環境のスクリーンショット

Figure 3 Screenshot of the coffee making task.

2.2.3 エージェント制御フレームワーク

エージェント制御フレームワークは HA を管理するフレームワークであり、HA は AI を用いて制御される。図 4 に AI のインフォメーションフローを示す。AI は、センサーモジュールと制御モジュールを持つ。センサーモジュールは、タスク環境内で起こるイベント・状態を検出し、その状態をデータベースに蓄積する。制御モジュールは、知識化モジュール、意思決定モジュール、そして、動作生成モジュールの 3 つのモジュールによって構成される。センサーモジュールによって管理される情報の一部は、知識化モジュールによって処理され、患者の状態やタスクの進行状況などが知識化される。それらの情報は、データベースに蓄積され、その他のモジュールによって共有される。知識化モジュールの結果により、意思決定モジュールが HA の次の行動を決定する。その意思決定を受け、動作生成モジュールは、HA の動作を更新する。

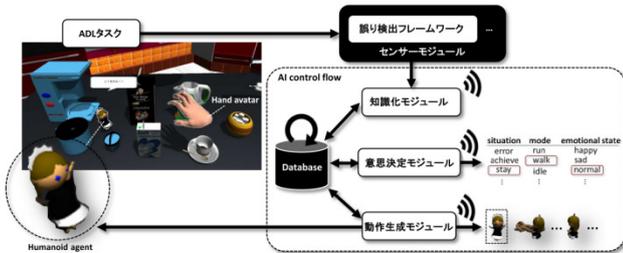


図 4 AI 制御部のインフォメーションフロー

Figure 4 Information flow of AI.

HA の動作は、患者との協調的動作を誘導するよう制御される。基本的な動作として、インストラクション表示後、

患者の状態を観察しながら、まずは HA 自らタスクを達成しようと自律的に動き出す。HA は、一人ではタスクを遂行できないため、図 5 に示す様に患者に助けを求めるような動きを見せることで、協調学習を誘導する。

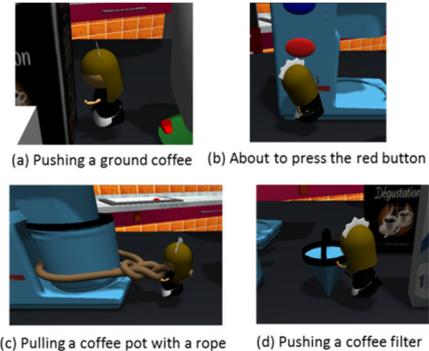


図 5 協調動作中の HA の振る舞い

Figure 5 Collaborative operation of the HA.

3. システムの評価

提案したシステムのアセスメント評価を行う。本報告では、被験者に健常者を用い、特に HA の挙動や被験者の頭部の位置・姿勢変化に追従して仮想世界が更新される情報提示が、被験者の没入感やシステムのユーザビリティ、作業負荷にどのような影響を与えるかを評価する。

3.1 被験者

本学の学部、大学院生 15 人 (年齢: $M = 22.3$, $SD = 1.29$) を被験者として用いた。全ての学生は、コンピュータを扱う経験はあるが、VR 環境での 3 次元物体操作に関しては初心者である。

3.2 実験装置

実験に用いた環境のハードウェア構成について説明する。実験には、PC (Windows 7 Professional 64 bit, Core i7-4770 CPU, 8192MB Memory, NVIDIA GeForce GTX 760 GPU), PC 用モニター (iiyama ProLite T2253MTS 21.5 型ディスプレイ)、被験者の手の位置・姿勢の取得に leap motion センサー、被験者の頭部位置・姿勢のトラッキング用に NaturalPoint 社の TrackIR 5、そして TrackClip Pro を用いた。仮想環境は、Unity technologies 社の Unity3D version 4.5 を用いて開発をした。

3.3 独立変数と従属変数

本報告では、独立変数として、HA 表示の効果 (HA 表示有/無の 2 水準)、そして被験者の頭部の位置・姿勢変化に追従して仮想世界が更新される情報提示の効果 (ヘッドトラッキング (HT) 有/無の 2 水準) の 2 変数を用いた。従属変数は、主観的データのみとし、ユーザビリティ (System Usability Scale [18])、作業負荷 (Nasa-TLX [19])、そして没入感 (Presence questionnaire [20]) の 3 つの観点から分析を行った。

3.4 実験手続

実験は、2 要因 2 水準の被験者内計画として行った。すなわち、各被験者は、(1) HT 有 - HA 表示有、(2) HT 有 - HA 表示無、(3) HT 無 - HA 表示有、そして (4) HT 無 - HA 表示無の 4 条件について、主観評価を行った。尚、各条件の順序については、順序効果を相殺するためランダム化を行った。

被験者はまず、実験の目的、VR 環境の操作方法について実験者から説明を受け、Leap motion を用いて操作方法の練習を行った。次に、割り当てられた条件下において、ADL タスク（コーヒーの準備）を遂行してもらった。タスク終了後すぐに、アンケートへの回答を行い、休憩後に次の条件下による ADL タスクを行った。実験は、4 条件でのタスクが終了した時点で終了とした。

4. 結果と考察

測定した各従属変数に 2 要因分散分析をかけた結果について考察する。尚、分析には ANOVA 4 を用いた。

4.1 作業負荷への影響

作業負荷への影響については、Nasa-TLX の結果を用いて分析を行った。Nasa-TLX とは、被験者のメンタルワークロードを計測するための主観的な評価尺度であり、知覚的要求、身体的要求、時間的プレッシャー、作業達成度、努力の程度、フラストレーションの 6 項目（7 段階リッカート尺度）の下位尺度から構成される。Nasa-TLX の結果について分散分析を行った結果を表 1 に示す。分析の結果、身体的要求、時間的プレッシャー、作業達成度、努力の尺度において、各要因の主効果に有意差は見られなかった。知覚的要求に関しては、HA の主効果 ($F(1,14) = 11.651, p < 0.005$) が有意であった。従って、HA の表示がある場合 ($M = 2.533, SD = 1.114$) は、HA の表示が無い場合 ($M = 3.433, SD = 1.570$) に比べて知覚的要求が低い事が分かった。HA が表示されている場合、エージェントとの協調作業が前提となるため、ターゲットとなるタスクの探索に使われる被験者の注意のリソースが節約出来る。また、誤った行動を取ろうとした時は、HA とのコミュニケーションを通じて直ちに行うべきタスクへと誘導されるため、誤りからの復帰率が高い。これらの要因が知覚的要求への負荷の低減に繋がったと考えられる。

表 1 Nasa-TLX の分散分析の結果

Table 1 The result of the ANOVA : Nasa-TLX.

独立変数	Nasa-TLX					
	知覚的要求	身体的要求	時間的プレッシャー	作業達成度	努力	フラストレーション
HT の効果 $d(1, 14)$	$F = 1.312$ ($p = 0.2711$)	$F = 1.522$ ($p = 0.2377$)	$F = 3.027$ ($p = 0.1038$)	$F = 1.503$ ($p = 0.2404$)	$F = 0.337$ ($p = 0.5706$)	$F = 0.01$ ($p = 0.9232$)
HA の効果 $d(1, 14)$	$F = 11.651$ ($p = 0.0042^{***}$)	$F = 0.318$ ($p = 0.5816$)	$F = 0.057$ ($p = 0.8151$)	$F = 0.024$ ($p = 0.8792$)	$F = 0.000$ ($p = 1.000$)	$F = 1.082$ ($p = 0.3158$)
HT x HA の効果 $d(1, 14)$	$F = 1.312$ ($p = 0.2711$)	$F = 2.154$ ($p = 0.1643$)	$F = 8.407$ ($p = 0.0117^*$)	$F = 1.777$ ($p = 0.2038$)	$F = 0.034$ ($p = 0.8563$)	$F = 0.018$ ($p = 0.8963$)

$^{\dagger}p < 0.1, *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.005$

また、時間的プレッシャーにおいて、交互作用が有意で

あった ($F(1, 14) = 8.407, p < 0.05$)。各要因の単純主効果を分析した結果、表 2 に示す通りとなり、HA 無水準における要因 HT の単純主効果が有意であった ($F(1,28) = 10.995, p < 0.005$)。従って、HA 条件の組み合わせによって、HT の効果が変わることが分かった。また、HT 無水準における要因 HA の単純主効果が有意であった ($F(1,28) = 4.5, p < 0.05$)。従って、HT 条件の組み合わせによって、HA の効果が変わることが分かった。

表 2 HA x HT の交互作用分析表

Table 2 Analysis on interaction effect of HA x HT.

効果	SS	df	MS	F	p
HT at HA 有	0.833	1	0.833	0.951	0.3378
HT at HA 無	9.633	1	9.633	10.995	0.0025***
error		28	0.876		
HA at HT 有	3.333	1	3.333	3.125	0.088†
HA at HT 無	4.8	1	4.8	4.5	0.0429*
error		28	1.066		

$^{\dagger}p < 0.1, *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.005$

4.2 ユーザビリティへの影響

System Usability Scale (SUS) の結果について分散分析を行った結果を表 3 に示す。SUS は、使用したシステムについてのユーザビリティ尺度を動作の効率性、有効性、満足度などを問う 10 項目から評価することができる。それぞれの項目には、5 段階のリッカート尺度を用いた。

分析の結果、HA の主効果 ($F(1,14) = 5.116, p < 0.05$) が有意であった。従って、HA の表示がある場合 ($M = 72.583, SD = 12.803$) は、HA の表示が無い場合 ($M = 66.381, SD = 14.745$) に比べてユーザビリティが高い事が分かった。HA の有効性を支持するコメントとして、「途中でタスクが分からなくなることがない」などがあつた。また、「HA の挙動に愛着が持てる」など、HA の挙動にポジティブな印象の持てるとの意見もあつた。エピソード記憶研究において若年者はポジティブな内容よりも、ネガティブな内容を多く思い出す一方で、高齢者は逆にポジティブな内容を多く思い出すという事が報告されている[31,32]。このことから、HA が患者に与えるポジティブな印象は、タスクの記憶再生率にポジティブな影響を与える可能性が示唆される。

表 3 SUS の分散分析結果

Table 3 The result of the ANOVA : SUS.

要因	SS	df	MS	F	p
subject	8290.000	14	592.142		
HT の効果	32.162	1	32.161	0.453	0.5120
error	994.464	14	71.033		
HA の効果	577.042	1	577.042	5.116	0.0401*
error	1579.047	14	112.789		
HT x HA の効果	7.400	1	7.400	0.159	0.6964
error	653.154	14	46.653		

$^{\dagger}p < 0.1, *p < 0.05, **p < 0.01$

4.3 没入感への影響

Presence questionnaire (PQ) の結果について分散分析を行った結果を表4に示す。PQとは、VR環境における臨場感に寄与する要因を分析する尺度であり、現実感、感覚的忠実さ、インタフェースの質、観察の自由度、適合感の下位尺度から測定できる。項目は、24項目（7段階リッカート尺度）からなる。

分析の結果、観察の自由度において、HTの主効果 ($F(1,14) = 22.007, p < 0.001$) が有意であった。従って、HTを使用した場合 ($M = 15.567, SD = 3.238$) は、HTを使用しなかった場合 ($M = 11.533, SD = 3.546$) に比べて観察の自由度が高い事が分かった。

観察の自由度は、VR環境内にあるオブジェクトに対し、複数の視点から、あるいは、どの程度近づいてその詳細について観察が可能であったかを評価する下位尺度である。HTの主効果が有意であったことで、HTが仮想世界を観察する際の自由度の向上に貢献したことが分かったが、一方で、今回実験に用いたタスク環境は、視点移動を伴わなくても全体を見渡せるようにキッチンアイテムが配置されていたため、特にタスク中に視点移動を意識しなかったという被験者からのコメントがあった。

表4 Presence Questionnaire の分散分析の結果
 Table 4 The result of the ANOVA : Presence Questionnaire.

独立変数	Presence questionnaire				
	現実感	感覚的忠実さ	インタフェースの質	観察の自由度	適合感
HTの効果 <i>d</i> (1, 14)	$F = 0.247$ ($p = 0.6272$)	$F = 3.512$ ($p = 0.0819$ †)	$F = 0.051$ ($p = 0.8246$)	$F = 22.007$ ($p = 0.0003$ ****)	$F = 0.367$ ($p = 0.5544$)
HAの効果 <i>d</i> (1, 14)	$F = 2.641$ ($p = 0.1265$)	$F = 1.631$ ($p = 0.2224$)	$F = 2.355$ ($p = 0.1472$)	$F = 0.387$ ($p = 0.5441$)	$F = 1.965$ ($p = 0.1828$)
HT x HAの効果 <i>d</i> (1, 14)	$F = 0.026$ ($p = 0.8734$)	$F = 1.256$ ($p = 0.2813$)	$F = 0.610$ ($p = 0.4479$)	$F = 0.158$ ($p = 0.6967$)	$F = 0.690$ ($p = 0.4202$)

† $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.005$, **** $p < 0.001$

5. 結論

本研究では、AIで制御されるヒューマノイド型エージェント (HA) を用いた認知症患者のためのADL (再) 学習用ELシステムを提案した。HAは、言葉や動作により疑似的にコミュニケーションを図ることができ、患者の注意を引き付けるだけでなく、患者との協調的動作を誘導するよう制御される。また、仮想環境への自己投射性を向上するため、被験者の頭部の位置・姿勢変化に追従して仮想世界が更新される情報提示を採用し、没入感の向上を図った。

本報告では、健常者を用いたシステムのアセスメント評価の結果について議論した。アセスメント評価に関しては、特にHAの挙動や被験者の頭部の位置・姿勢変化に追従して仮想世界が更新される情報提示が、被験者の没入感やシステムのユーザビリティ、作業負担にどのような影響を与えるか評価を行った。その結果、HAの協調的動作を誘導する振る舞いが、被験者の知覚的要求の負荷を低減し、患者にポジティブな印象を与えることが分かった。HTを用いた情報提示系については、今回用いたタスクでは視点の

動きが少なかつたため、有用性についての効果は見られなかったが、観察の自由度の向上に対しての効果が得られたことが分かった。

今後は、患者を対象とした実験を行い、臨床的観点からのシステムの有効性について調査をする予定である。

謝辞 本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金 (若手研究(B)課題番号 26750230) の支援で行われた。

参考文献

- 1) Chevnard, M., Taillefer, C., Picq, C., Poncet, F., Noulhiane, M., & Pradat-Diehl, P.: Ecological assessment of the dysexecutive syndrome using execution of a cooking task. *Neuropsychological Rehabilitation*, Vol.18, No.4, pp.461-485 (2008)
- 2) Fortin, S., Godbout, L., & Braun, C. M. J.: A test of Shallice's and Grafman's neuropsychological models of executive functions with head trauma patients performing activities of daily living. *Cortex*, Vol.39, No.2, pp.273-291 (2003).
- 3) Adam, S., Van der Linden, M., Juillerat, A.C., & Salmon, E.: The cognitive management of daily life activities in patients with mild to moderate Alzheimer's disease in a day care center: A case report. *Neuropsychological Rehabilitation*, Vol.10, No.5, pp.485-509 (2000).
- 4) Hargrave, R., Reed, B., & Mungus, D.: Depressive symptoms and functional ability in dementia. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, Vol.13, pp.72-77 (2000).
- 5) Noale, M., Maggi, S., Minicuci, N., Marzari, C., Destro, C., Farchi, G., Scafato, E., Baldereschi, M., DiCarlo, A., & Crepaldi, G.: Dementia and disability: Impact on mortality. *Dementia & Geriatric Cognitive Disorders*, Vol.16, No.1, pp.7-14 (2003).
- 6) Giovannetti, T., Schwartz, M. F., & Buxbaum, L. J.: The coffee challenge: A new method for the study of everyday action errors. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, Vol.29, No.7, pp.690-705 (2007).
- 7) Dechamps, A., Luciano, F., Jungheim, J., Leone, E., Dood, E., Allieux, A., Robert, P. H., Gervais, X., Maubourguet, N., Olde Rikkert, M. G. M., & Kessels, R. P. C.: Effects of different learning methods for instrumental activities of daily living in patients with Alzheimer's dementia: A pilot study. *American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementias*, Vol.26, No.4, pp.273-281(2011).
- 8) Avila, R., Bottino, C., Carvalho, L., Santos, C., Seral, C., & Miotto, E.: Neuropsychological rehabilitation of memory deficits and activities of daily living in patients with Alzheimer's disease: A pilot study. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, Vol.37, No.11, pp.1721-1729 (2004).
- 9) Farina, E., Fioravanti, R., Chiavari, L., Imbornone, E., Alberoni, M., Pomati, S., Pinardi, G., Pignatti, R., & Mariani, C.: Comparing two programs of cognitive training in Alzheimer's disease: A pilot study. *Acta Neurologica Scandinavica*, Vol.105, No.5, pp.365-371 (2002).
- 10) Le Gall, D., Bersnard, J., Louisy, T., Richard, P., & Allain, P.: Utilisation de la re' alite' virtuelle en neuropsychologie. *Neuropsych News*, Vol.7, No.4, pp.152-155 (2008).
- 11) Broeren, J., Claesson, L., Goude, D., Rydmark, M., & Sunnerhagen, K. S.: Virtual rehabilitation in an activity centre for community-dwelling persons with stroke: The possibilities of 3-dimensional computer games. *Cerebrovascular Disorders*, Vol.26, No.3, pp.289-296 (2008.).
- 12) Allain, P., Richard, P., Naud, M., Besnard, J., Massenet, L., Nolin, P., & Le Gall, D.: The value of a virtual kitchen to assess the activities of daily life in Alzheimer's disease. *Journal of Cybertherapy and Rehabilitation*, Vol.4, No.2, pp.278-279 (2011).
- 13) Richard, P., Massenet, L., Besnard, J., Richard, E., Le Gall, D., &

- Allain, P.: A virtual kitchen to assess the activities of daily life in Alzheimer's disease. *Proceedings of the International Conference on Computer Graphics Theory and Applications*, pp.378-383 (2010).
- 14) Zhang, L., Abreu, B. C., Seale, G. S., Masel, B., Christiansen, C. H., & Ottenbacher, K. J. :A virtual reality environment for evaluation of a daily living skill in brain injury rehabilitation: Reliability and validity. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol.84, No.8, pp.1118-1124 (2002).
- 15) Klinger, E., Chemin, I., Lebreton, S., & Marie', R. M. :Virtual action planning in Parkinson's disease: A control study. *Cyberpsychology and Behavior*, Vol.9m No.3, pp.342-347 (2006).
- 16) Crosbie, J. H., Lennon, S., Basford, J. R., & McDonough, S. M.: Virtual reality in stroke rehabilitation: Still more virtual than real. *Disability and Rehabilitation*, Vol.29, No.14, pp.1139-1146 (2007).
- 17) Yamaguchi, T., Foloppe, D. A., Richard, P., Richard, E., Allain, P.: A Dual-Modal Virtual Reality Kitchen for (Re)Learning of Everyday Cooking Activities in Alzheimer's Disease. *Presence*, Vol.21, No.1, pp.43-57 (2012).
- 18) Brooke, J.:SUS: A Quick and Dirty Usability Scale, In *Usability Evaluation in Industry* (PW Jordan, B Thomas, BA Weerdmeester & IL McClelland, Eds), Taylor & Francis, London, pp.189-194 (1996).
- 19) Hart, SG, Staveland, LE.: Development of NASA-TLX: results of empirical and theoretical research. In *Human Mental Workload* (PA, Hancock, & P Meshkati, Eds), Elsevier, Amsterdam, pp.139-183(1988).
- 20) Witmer, B.J., Jerome, C.J., & Singer, M.J. :The factor structure of the Presence Questionnaire. *Presence*, Vol.14, No.3, pp.298-312 (2005).
- 21) Bickerton, W. L., Humphreys, G. W., & Riddoch, J. M. :The use of memorised verbal scripts in the rehabilitation of action disorganisation syndrome. *Neuropsychological Rehabilitation*, Vol.16, No.2, pp.155-177 (2006).
- 22) Dechamps, A., Luciano, F., Jungheim, J., Leone, E., Dood, E., Allieux, A., Robert, P. H., Gervais, X., Maubourguet, N., Olde Rikkert, M. G. M., & Kessels, R. P. C.:Effects of different learning methods for instrumental activities of daily living in patients with Alzheimer's dementia: A pilot study. *American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementias*, Vol.26, No.4, pp.273-281 (2011).
- 23) Dunn, J., Clare, L. :Learning face-name associations in early-stage dementia: comparing the effects of errorless learning and effortful processing. *Neuropsychol Rehabil.* Vol.17, No.6, pp.735-54 (2007).
- 24) Clare, L., Jones, RS.:Errorless learning in the rehabilitation of memory impairment: a critical review. *Neuropsychol Rev*, Vol.18, No.1, pp.1-23 (2008).
- 25) Connor, B. B., Wing, A. M., Humphreys, G. W., Bracewell, R. M., and Harvey, D. A. :Errorless learning using haptic guidance: Research in cognitive rehabilitation following stroke. In *Proceedings of the 4th International Conference on Disability, Virtual Reality & Associated Technology*, Veszprém, Hungary, pp.77-84 (2002).
- 26) Kober SE, Wood G, Hofer D, Kreuzig W, Kiefer M, Neuper C.: Virtual reality in neurologic rehabilitation of spatial disorientation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, Vol.10, No.17, (2013)
- 27) Sohlberg, M. M., Ehlhardt, L., & Kennedy, M.. :Instructional techniques in cognitive rehabilitation: A preliminary report. *Seminars in Speech Language Pathology*, Vol.26, pp.268 - 279 (2005).
- 28) M. Soliman and C. Guetl. :Intelligent Pedagogical Agents in Immersive Virtual Learning Environments: A Review, " MIPRO 2010, May 2010, Opatija, Croatia (2010).
- 29) 佐藤俊彦, 山口武彦, 山上裕大, 藤野響, 原田哲也, Debora Alexandora Foloppe, Paul Richard, Philippe Allain: Virtual Kitchen システムにおけるアルツハイマー患者の異常行動検出システム, 第24回ライフサポート学会フロンティア講演会 (2015).
- 30) 藤野響, 山口武彦, 山上裕大, 佐藤俊彦, 原田哲也, Debora Alexandora Foloppe, Paul Richard, Philippe Allain :Virtual Kitchen システムにおける仮想手を用いた物体把持操作モデルの提案および
- 実装, 第24回ライフサポート学会フロンティア講演会 (2015).
- 31) Kensinger, E. A.: Age differences in memory for arousing and nonarousing emotional words. *Journals of Gerontology Series B-Psychological Sciences and Social Sciences*, Vol.63, No.1, pp.13-18 (2008).
- 32) Carstensen, L. L., & Mikels, J. A. At the intersection of emotion and cognition - Aging and the positivity effect. *Current Directions in Psychological Science*, Vol.14, No.3, pp.117-121 (2005).