

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：32503

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330260

研究課題名(和文) 観察に基づいて利用者の行動を支援する共生エージェントとその動作基盤の開発

研究課題名(英文) Development of Symbiotic Agents supporting user's actions based on observation and the platform

研究代表者

菅原 研次 (SUGAWARA, Kenji)

千葉工業大学・情報科学部・教授

研究者番号：00137853

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：共生エージェントとは、日常生活における利用者の行動を観察することにより、利用者の意図や要求を理解し、必要に応じて助言、情報、サービスを提供する永続的なマルチエージェントシステムである。このために、共生エージェントは日常の生活空間に埋設された多数のセンサーからの情報を取得し、典型的行動と意図や要求の対応関係を見つけ出し、それに従ったサービスを提供する。

エージェントの動作プラットフォームは、エージェントの中心となる部分をクラウド上に、知覚や表示の部分をエッジに作成した。共生エージェントによる利用者の支援の評価実験として、オフィスにおける会議支援の実験をフランスの共同研究者と行った。

研究成果の概要(英文)：A Symbiotic Agent is a multi-agent system that is persistent and provides advises, information and services for a user based on understanding user's requirements and intentions by observing user's actions in his/her daily life. The Symbiotic Agent acquires information of a user and his/her environment using various sensors imbedded in daily life spaces, and finds relationships between recognized action patterns and typical requirements and intentions, and finally, it provides a service according to the recognition for a user. A working platform of the multi-agent system of a Symbiotic Agent is installed separately at a cloud server and at an edge network that connects to sensors and displays. A meeting support system in a smart office that is supported by a prototype of a Symbiotic Agent was conducted with a collaborator at University of Technology of Compiegne France.

研究分野：知能情報学

キーワード：共生エージェント 利用者の観察 IoT

1. 研究開始当初の背景

人とシステムの共生に関する概念は、J. C. R. Licklider により提案された[1]。また M. Weiser は Ubiquitous Computing と Calm Computing という言葉を用いて、環境に埋め込まれたセンサや装置により、人とシステムが密接な相互作用を行い、人が明示的にシステムに要求を行わなくても、さりげなく適切な情報サービスが提供される情報環境の概念を提唱した。この提案は当時は技術的実現性が伴わず、概念にとどまっていた。しかしながら、2010年代に入ると、スマートフォンやセンサーネットワークなどの技術開発が進み、IoT(Internet of Things)と呼ばれるセンサー技術とクラウド技術の統合が行われ、センサーを用いた認識技術と人工知能技術の融合が実現可能な状況になってきた。すなわち、クラウドの中で永続的に安定して動作する人工知能プログラムが、物理空間に広範に埋め込まれたセンサーからのデータを取得し、利用者の行動を観察し、利用者の周囲の状況を観察し、利用者にとって適切なサービスを提供するシステムを実用化することが現実味を帯びてきている。

このような状況の中で、本研究代表者は、IEEE の国際会議である ICCICC において、2007年から2013年まで毎年共生コンピューティングに関するスペシャルセッションを開催し、また、国際論文誌 IJSSCI において共生コンピューティングに関する特集号を編集するなど[2]、共生コンピューティングに関する研究の活性化を進めてきた。

本研究代表者は、科研費基盤研究 C「共生コンピューティングの定式化と共認知機能の開発」(平成20年度～平成22年度)を遂行する中で、人とシステムの共生を実現するための共生コンピューティングの定式化を行っている。このように、複雑な情報環境のなかで、複雑な社会生活を人が営むことを支援するためには、人とそのパートナーである共生エージェントが、互いの意図や能力を理解して、互いの社会情報を共有し、協調してその人にとって暮らしやすい情報環境を実現することが重要であるという着想に至った。このような概念を「人とエージェントの共生」と呼び、本研究では共生コンピューティングに基づく、共生エージェントの設計と、その動作基盤を開発し、利用者との共生エージェントの協調機能の評価実験を行う。

[1] J. C. R. Licklider、Man-Computer Symbiosis, IRE Trans. on Human Factors in Electronics, HFE, 4-11, 1960

[2] Kenji Sugawara, Fumio Hattori, Guest Editorial Preface: Symbolic Computing, International Journal of Software Science and Cognitive Informatics Vol.2, No.1, pp.ii, January-March, 2010

2. 研究の目的

センサーを利用して人の行動を認識し、その行動情報に基づいて人の暮らしや仕事を支援するスマートホームやスマートオフィスなどの研究と開発が進められている。

本研究では、利用者の行動をセンサー群を用いてエージェントが観察することにより利用者の要求を理解し、様々な知識を利用者と共有することによりその利用者の行動を継続的に支援する共生エージェントの開発を目的として、以下の3項目の研究開発を行う。

- (1) 利用者の情報の生成や利用を自律的に支援する共生エージェントの定式化
- (2) 共生エージェントの動作基盤である共生エージェントプラットフォームの開発
- (3) 共生エージェントの機能を検証するために、遠隔のグループによる共同作業をそれぞれの共生エージェントが支援する共生エージェントアプリケーションの開発と実験

3. 研究の方法

これまで、ユビキタス技術などの発展により、利用者とのインタフェースが自然でかつ利便性の高いサービスが提供される一方で、情報空間巨大化、その利用法の複雑さの増大、利用者のシステムに関する知識やスキルの不足などにより、システムの持つ機能を、暮らしのために十分に使いこなせていない状況を是正することが、重要な課題となっている。

この課題に対し本提案研究では、(1) 利用者を観察することにより、利用者の情報の生成や利用を自律的に支援する共生エージェントの設計を行い、(2) 共生エージェントが永続的に動作する動作基盤を開発し、(3) センサーやアクチュエータが埋設された遠隔の会議室でのグループによる共同作業を支援する共生エージェント群を開発することによりそれらの機能の検証を行うことを目的とする。ここで、共生エージェントは、利用者に対して専属的なサービスを行うことを存在目標とするエージェントであり、利用者もエージェントに対して、対話などにより情報提供や確認などの便宜を図る努力をすることにより、より有効なサービスを受けるという意味で利用者との共生する関係を作り上げていくことを目指すプログラムである。すなわち、利用者は、共生エージェントの行動に必要な情報を積極的に提供することにより、さらに適切なサービスを共生エージェントから受けることができるということを理解し、共生エージェントシステムは、このような利用者の理解を前提にした行動を行うように設計される。例えば、図に共同作業を支援する共生エージェントの例を示すが、この共生エージェントを開発するために、これまでの研究成果を基礎にお

いて①共生エージェントのマルチエージェント型アーキテクチャの設計、②利用者に専属的・永続的にかかわり目標や知識を利用者と共有する中核機能エージェントの設計③共生エージェントが現実世界や web 空間と相互作用をするための認識や行動の要素機能を実現するプログラムのエージェント化機能の設計、④共生エージェントをネットワーク上で永続的に動作させるための共生エージェント動作基盤と開発支援環境の設計、⑤共生エージェントの実証実験のためのアプリケーションの設計、を行いこれらを実装する。

共生エージェントの開発を支援し、これらを継続的に動作させるための動作基盤のネットワークを共生エージェントプラットフォームと呼ぶ。共生エージェントプラットフォームは以下の(i)エージェント化機能、(ii)エージェント開発支援機能、(iii)永続的動作基盤機能から構成される。エージェント化機能とは、一般の手続き的プログラムや、データとその操作機能を、エージェントメッセージにより利用可能にする機能である。たとえば、音声認識や発話のプログラムをエージェント化することにより、エージェントと利用者が音声対話を行う機能を容易に実現でき、互いの意図や知識を共有するための基本機能を提供できる。エージェント開発支援機能は、プログラムをエージェント化し、JADE などの知的エージェントと組み合わせる共生エージェントを開発する機能である。永続性機能は共生エージェントが永続的に動くことを保証する機能である。

最後に、共生エージェントプラットフォーム上で共生エージェントが目的の機能を実現することを示すために、遠隔地での協働作業を支援する共生エージェント群を開発し、上記の①～⑤のプログラム/データを開発し、インターネットを利用した遠隔共同作業支援の実験を行う。

4. 研究成果

(1) 共生エージェントのアーキテクチャ

共生エージェントは、利用者に対して専属的で永続的なサービスを行うことを存在目標とするエージェントである。利用者の行動空間に埋設されたセンサーとその認識プログラムなどをエージェント化し、それらの協調により、利用者の行動や周囲の状況をイベントの時系列として認識・記録し、その結果、利用者の周囲のデバイスを制御する行動により利用者にサービスを提供し、さらにその結果を観察する。これらの機能を、共生エージェント中核機能と要素機能からなるマルチエージェントシステムとして設計した。(雑誌論文④)

(2) 共生エージェント中核機能の設計

中核機能は、利用者の行動や状況を要素エ

ージェントから event として入力し、event に従って状況や利用者のモデルを Cognition により状況のモデル Memory を書き換える。次に、利用者の利益や作業に関する知識 Knowledge を使って行動 action を Decision により生成する。action を決定した理由や効果を Knowledge に書き込み、次の Decision に利用する。最後に action を実行する。(学会発表⑥)

(3) 共生エージェントのためのセンサー信号から利用者行動を認識する要素エージェントの設計

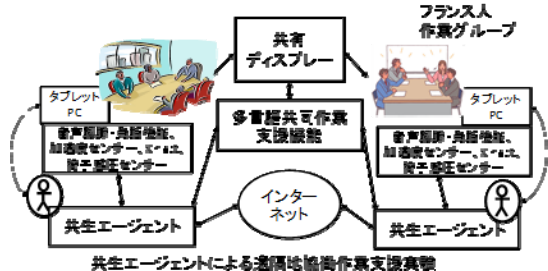
加速度センサーからの信号を分析して、利用者の行動の識別や認証を行う共生エージェントの要素機能を設計した。(雑誌論文②, ③, 学会発表⑤)

(4) 共生エージェント動作プラットフォームの設計と実装

共生エージェントの知識ベース、知識処理などの中核部は、安定した動作環境であるクラウドの中で永続的に動作する。利用者の行動を認識するためのセンサーはエージェントにより制御され、エッジネットワークで動作する認知エージェントにより信号から記号への変換をしたのち、エージェントメッセージとして中核エージェントに送信される。全体で IoT の枠組みの中で動作する。認知エージェントが周辺装置と PC で動作するための動作プラットフォームを C# で開発し、クラウドで動作する中核エージェントは JADE で作成した。(雑誌論文④, 学会発表③, ⑥)

(5) 評価実験システム

インターネットを利用して、カメラやマルチタッチディスプレイなどで互いの遠隔会議の拠点の情報を共有し、共生エージェントによる助言やサービスを受けることのできる、リモートブレインストーミングの支援システムを設計し、動作実験をフランスコンピュータ工科大学の共同研究者の間で行った。ビデオ映像の切り替え、増設、アイデアを生成して記録するノート機能など様々な支援機能を作成した。これらの支援機能は会議の状況に応じて設定を切り替えることができるが、利用者にとって操作の負担が大きい。共生エージェントは、利用者の音声などの指示に従って、その操作を代行する。(雑誌論文①, 学会論文①、②, ④, ⑦)



5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

①Moulin, C., Kaeri, Y., Sugawara, K., & Abel, M.-H., Capitalization of remote collaborative brainstorming activities, *Computer Standards & Interfaces* (Elsevier), Vol.48, No.2016, 2016, pp. 217-224, 査読あり

②Y. Manabe, K. Matsumoto, K. Sugawara, Multi-angle Gait Recognition Based on Skeletal Tracking, *Data, Journal of Information Processing*, Vol. 24, No. 3, 2016, pp. 451-459, 査読あり

③真部雄介, 松寄晃司, 菅原研次, 複数の歩行状態に対応した加速度センサーに基づく人物識別. *知能と情報*, 27(5), 2015, pp. 711-722. , 査読あり

④顧優輝、真部雄介、菅原研次、現実空間とデジタル空間の情報リソースをエージェントと接続するためのエージェントプラットフォームの開発、*情報処理学会論文誌*、第56巻、第1号、2015、pp. 284-294、査読あり

[学会発表] (計 7 件)

① Claude Moulin, Kenji Sugawara, Yuki Kaeri, Marie-Hélène Abel, Distributed Architecture for Supporting Collaboration. OTM Workshops, 2015年10月24日, Rhodes (Greece)

② Yuki Kaeri, Kenji Sugawara, Yusuke Manabe, Claude Moulin, A SUPPORT SYSTEM FOR REMOTE BRAINSTORMING SESSIONS, proc. of ICCI*CC, 2015年7月7日, Beijing(China)

③ Yuki Kaeri, Kenji Sugawara, Yusuke Manabe, Claude Moulin, Prototyping a Meeting Support System using Ubiquitous Agents, Proceedings of the 2015 IEEE 19th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, 2015年5月4日, Compiègne(France)

④ Caude Moulin, Kenji Sugawara, Yuki Kaeri, Shigeru Fujita, Marie-Hélène Abel, Collaborative Brainstorming Activity Results and Information Systems. In *On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2014 Workshops on On the Move to Meaningful Internet Systems*, 2014年10月27日, Amantea(Italy)

⑤ Yasuhiro Ohnuki, Yuki Kaeri, Yusuke Manabe, Kenji Sugawara, Awareness of human activities by detecting state change of room equipment, 2014 IEEE 6th International Conference on Awareness Science and Technology, 2014年10月29日, Lieusaint-Paris(France)

⑥ Kenji Sugawara, Yuki Kaeri, Yusuke Manabe, Claude Moulin, Jean-Paul Barthes, An application of an agent space

connecting real space and digital space, 13th International Conference on Cognitive Informatics & Cognitive Computing, 2014年8月19日, London(UK)
⑦ Caude Moulin, Kenji Sugawara, Yuki Kaeri, Shigeru Fujita, Synchronous interaction for supporting remote multilingual brainstorming, Proceedings of the 2014 IEEE 18th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, 2014年5月22日, Hsinchu(Taiwan)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菅原 研次 (SUGAWARA Kenji)

千葉工業大学・情報科学部・教授

研究者番号：00137853