

## 異なる種類のデータを利用する知的エージェント設計 — 共生コンピューティング適用事例 (2) —

藤田 茂<sup>†1</sup> 真部 雄介<sup>†1</sup> 原 英樹<sup>†1</sup>  
今野 将<sup>†2</sup> 菅原 研次<sup>†1</sup>

共生コンピューティングの概念に基づくアプリケーションを構築するために、現実空間からのデータとネットワーク上のデータを統合的に利用するための知的エージェントを設計し、プロトタイプを作成したので報告する。

### A Design of An Intelligent Agent with Multiple Data Type, — A Case Study of Symbiotic Computing Part Two —

SHIGERU FUJITA,<sup>†1</sup> YUSUKE MANABE,<sup>†1</sup> HIDEKI HARA,<sup>†1</sup>  
SUSUMU KONNO<sup>†1</sup> and KENJI SUGAWARA<sup>†1</sup>

In this paper, a design of an intelligent autonomous agent which handles multiple data type. The intelligent autonomous agent is designed for a concept of a symbiotic computing and makes an application to use a both of raw data on the real world and the web. The aim of the intelligent autonomous agent makes easy to use multiple data type on agent oriented programming.

#### 1. はじめに

我々はこれまで、共生コンピューティングの概念を提唱し、その提唱に基づいた試作システムを構築し、有効性を検討してきた<sup>1)-4),6)</sup>。また、共生コンピューティングの概念に基づ

<sup>†1</sup> 千葉工業大学情報科学部

Faculty of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology

<sup>†2</sup> 千葉工業大学情報科学部

Faculty of Engineering, Chiba Institute of Technology

いて、地域情報の利用システム<sup>15)</sup>、高齢者の見守り支援システム<sup>14)</sup>、子供の見守り支援システム<sup>12),13)</sup>などを構築してきた。

共生コンピューティングは、現在の計算機ネットワーク環境では感覚的現実感と社会的現実感が、人間にとって十分でないために、計算機ネットワーク上で実現されるサービスに課題が残されたり、十分なサービスを実現出来ていないという問題を解決するために、これまでの計算機ネットワークやユビキタス環境の上に感覚的現実感を実現するパーセプチュアルウェアと、社会的現実感を実現するソーシャルウェアを構築し、この二つのミドルウェアの上で処理を実現する枠組みである。

ウェブ技術で互いに接続される、いわゆる Web2.0 の世界や、セマンティックウェブによる自動的な信頼性の担保や自動推論は、共生コンピューティングと一見すると共通の目標を掲げているように見える。共生コンピューティングは、これらの技術を否定するものではない。共生コンピューティングでは、社会的現実感を実現するための様々な知識表現や推論機構実現の一手法として、これらの技術を取り込んで実装されることを想定している。

また、ユビキタスコンピューティングやセンサーネットワークなどの技術と、共生コンピューティングも共通の目標を掲げているように見える。共生コンピューティングでは、ウェブ技術と同様にこれらの技術を感覚的現実感を実現するための一手法として、これらの技術を取り込んで実装されることを想定している。

情報処理学会誌にて「ライフログ」が特集記事<sup>17)</sup>となるなど、身の回りのデータを蓄積利用するための環境が整いつつあると言える。しかしながら、それらのアプリケーションにおいて、サービスを提供する側の実装形式については言及が少ない。

本稿では、共生コンピューティングの概念に基づいて、情報システムから能動的に実世界に動作を起こす知的エージェントが、サービスを実現するというモデルを作成し、このモデルに基づいて動作するエージェントを作成するためのプロトタイプを作成したので、これを報告する。

#### 2. 共生コンピューティング

##### 2.1 モデル

共生コンピューティングモデルは、実空間 (Real Space)、仮想空間 (Virtual Space)、人 (people)、知的エージェント (intelligent agent)、パーセプチュアルウェア (Perceptual-Ware)、ソーシャルウェア (Social-Ware) から構成される。図 1 中のアクチュエータ (a) とセンサ (s) は定義上は、パーセプチュアルウェアに含まれるが、人と接するエンティティ

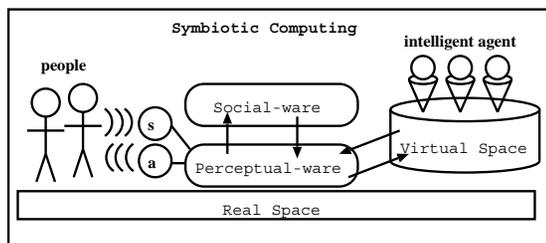


図 1 共生コンピューティングの単純化したモデル

であり分かり易さのために図中で明示している。

実空間は、現実空間を指しセンサによって情報がパーセプチュアルウェアに送られ、パーセプチュアルウェアから、アクチュエータによって影響を受ける。センサは、いわゆる温度センサ、圧力センサ、GPS、RFID-tag といった装置から、ビデオカメラ、マウス等、現実空間から仮想空間へデータを送信可能なすべての装置を指す。アクチュエータは、モータやモニタ、アラーム音発生装置、ディスプレイ装置、ウェブブラウザ、コンソール出力等、仮想空間から現実空間へアクションを起こすことが可能な装置、ソフトウェアを指す。

仮想空間は、ネットワークで接続されたサーバ上に存在するプログラムとデータによって構成される情報空間である。狭義には Semantic Web 概念に基づいて実現されたサーバ群とその上で動作するサービスプロバイダの集合である。

パーセプチュアルウェアは、人が感じる感覚的現実感を実現するためのソフトウェア、ハードウェアから構成される情報システムである。人が感じる感覚的現実感には、いわゆる五感によるものである。現時点ではパーセプチュアルウェアの実装には、視覚が中心であり、聴覚が補助的に用いられ、触覚、味覚、嗅覚については関連研究の発達に依存している。

ソーシャルウェアは、人の感じる社会的現実感を実現するためのソフトウェアから構成される情報システムである。社会的現実感とは、ある人が行動中に明示的・暗示的に感じる他人との関係から得られる、人が其処に居る、協同している人である、依頼を受けて作業をしている、といった社会を構成する要素感覚を識別し、社会的な現実感を実現する。

## 2.2 共生コンピューティングの例

### 2.2.1 センサー椅子

共生コンピューティングの適用事例として、圧力センサーを付与した「センサー椅子」を作成し、人の姿勢状態を取得している citedps137-fujita。



図 2 センサー椅子

作業者の状態を把握するために、ビデオカメラやキーロガー等を用いることも可能であるが、プライバシーやセキュリティの観点から設置が困難な場合が多い。そこで、作業者の姿勢変化を椅子に設置した圧力センサーによって取得し、作業者の状況を獲得し、作業者意図に変換することを試みた。

センサー椅子には 14 個の圧力センサーが設置されている。この圧力センサーはシート上の装置であり、一点で圧力を検知する。この圧力センサーからの信号は USB-I/F を介してサーバへ蓄積される。サーバに蓄積されたデータは、プログラムによって処理され、作業者の姿勢情報に変換される。

この実験においては、特定の個人向けにパラメータが調整されたために、汎用性ある情報の獲得ができないという課題が残された。現在継続してデータ取得と作業者アウェアネス獲得のためのアルゴリズム研究を行っている。

### 2.2.2 仮想空間

遠隔地で作業をする複数の作業員間において、他の作業員の作業状況が不明で連帯間や進捗状況の把握が困難になるという問題が指摘されている。ここでいう作業状況とは、ソフトウェア開発や作業工程の進捗状況のような、実際のタスクの進捗に関わる情報ではなく、「今は忙しそうに作業に専念している」「課題にあたり解決策を探している」「一段落したので漠然と情報交換をしたい」というような個別の作業員の状況を示している。

作業員間で互いの作業進捗状況が容易に把握できれば、物理的に分散した環境下で協同作業を行う複数の作業員にとって、協同作業の進行に利点があると考え、センサー椅子等の情報を反映した 3 次元仮想空間によるモニタを作成した citedps137-fujita。

この TVML で作成されたビューア内のアパタは、センサー椅子に着座した作業員が姿勢



図 3 TVML による仮想空間構成例

を変えると、その姿勢に合わせてアバタが自動的に姿勢を変える。このアバタを作業者間で観測することによって、漠然とした作業者の状況が伝わることを目的として仮想空間を構築した。この実験では実際の作業環境と仮想空間の表現が異なることや、将来の仮想空間拡張に大して制約があることが明らかとなって、実装技術を変更することとなった。

### 2.2.3 共生空間

人の感覚的現実感を仮想空間を通じて実感させるために、現実の空間と対応する仮想空間を構築し(図5)、人と対応するアバタと、仮想空間上で現実空間の人を支援するエージェントを明示的に実世界に存在させることを狙った<sup>19)</sup>。これにより、人は仮想空間から支援を受けていることを感覚的に理解しやすくなり、また実際の空間と対応した仮想空間が示されることから、遠隔地に存在する作業者の状況をよりの確に把握しやすくなると期待している。

これまで多くの仮想空間が作業支援目的や、遊技を目的として構築されてきた。遊技を目的とする場合、現実でない仮想の世界で遊ぶということが主眼であるために、フライトシミュレータ等の例外を除き、現実空間との対応はむしろ不要であると認識されることが多い。一方、作業支援という側面から仮想空間を捉えと、作業者の状況をよりの確に反映させるためには、現実のオフィスに対応する空間が、仮想空間上にあった方が適切であると思われる。例えば、席を離れて珈琲を飲みに行っているという状況が伝われば、作業進行上の相談を持ちかけることが可能である。一方で、席を離れたのが他の作業者との打ち合せであれば不急の相談を控えるというアクションが可能になる。

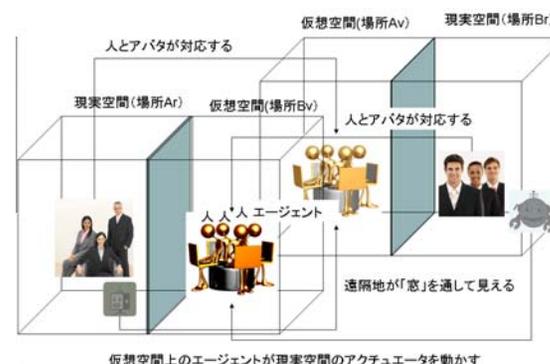


図 4 共生空間構成例 (1)

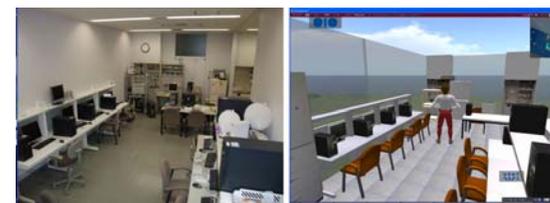


図 5 共生空間構成例 (2)

### 2.2.4 社会的現実感を用いた例

独居老人等の見守りを遠隔地から行うことは、プライバシーの観点からたとえ近親者であっても困難である。しかしながら、日常生活の中にも救助を必要とする状況が容易に発生する点で、プライバシーに配慮した見守りが要求されている。関連する研究者らが、この課題に対して社会的な関係と見守り対象者の状況に基づいて、見守りに必要な画像情報の品質を制御するリアルタイム見守り支援システムを提案している<sup>14)</sup>。

通常時は粒度が荒く状況を把握できない画像を近親者が閲覧することが可能であるが、見守り対象者が通常と異なる状況になった場合には画像の精度を向上させ、見守り対象者の状況を伝える。これにより、救助が必要ときに速やかに状況を伝えること可能にしている。

### 3. 能動的支援

これまでに感覚的現実感，社会的現実感を用いてサービスを構築してきた．この過程で，環境変化，あるいは利用者からの明示的な要求無しで起動されるサービスが必要であるという状況が多く出現した．しかしながら現在のユビキタスサービスでは，人からのアクセス無しに情報を提供することが少なく，また人の意図しないサービスが提供されることは無く，人からの要求発生か，情報システムが漠然と示す情報に対する人の”気づき”を必要としている．

共生コンピューティングの概念モデル構築の動機の一つに，デジタルデバイドの解消がある．デジタルデバイドは，いくら使いやすいユーザインタフェースや分かり易い情報提示をしたとしても，人の感覚的現実感，社会的現実感とは異なるために解消不能であり，依然として仮想世界の情報に適切にアクセスできない人を生んでしまうという着想を得て，パーセプチュアルウェア，ソーシャルウェアによる感覚的現実感，社会的現実感の実現を目指した．しかしながら，なお，デジタルデバイド発生の可能性と，人からの明示的なアクセスがなくなったときに適切な支援をどのように提供するかという課題が残されてる．

人の集合である社会は，他人の意図や行動を予測し漠然と不測の事態の発生を防いでいる．また人の多くは情報システムと共同作業するよりも，人との協同作業を好むと思われる．これは人のもつ社会的現実感が，対人コミュニケーションによって成立しているからであると思われる．一方で情報システムはエキスパートにとっては予測可能であり，ほぼ確実な動作を行うものであるが，情報システム毎にその振る舞いは異なり，対人コミュニケーションに比べて，人が適応するのが困難な場合が多い．

そこで，情報システムに能動性を持たせ，人のもつ社会的現実感の範囲で人と実世界に積極的に関与する情報システムを構築することが，人への支援として適切なモデルであると考え，能動的支援を実現する要素を共生コンピューティングに取り入れる．

### 4. エージェント設計

#### 4.1 モデル

人に対して能動的支援を行うソフトウェアを本稿では知的エージェントと定義する．従来のエージェントの定義では，アクチュエータとセンサを持ち，知識ベースを用いて推論を行い環境に対してアクションを行う自律的プログラムである<sup>18)</sup>．本稿で述べる知的エージェントの基本的な構造は同一であるが，能動的な動作のために，二つの基本要素を導入して定

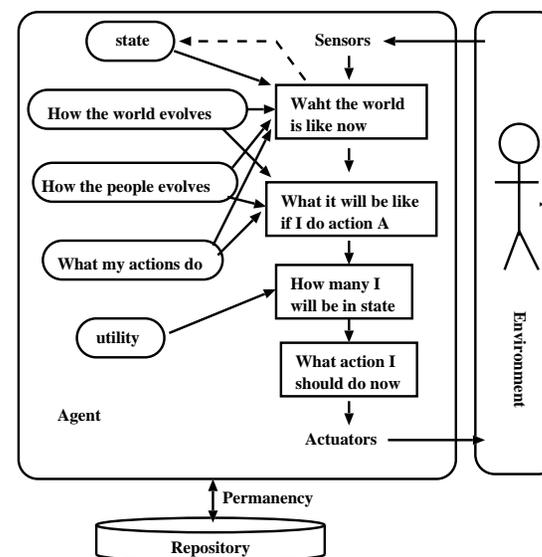


図 6 エージェントモデル

義する．

一般的なモデル・目的ベースエージェントモデルに対して，明示的に人の存在を導入した点，この人の行動を推測する機能を追加した点，人から見てエージェントが識別可能なように永続性を持たせた点が異なる．

従来の知的エージェントの構造において，人は環境の一部として明示的には出現していないが，知的エージェントの設計において環境と人とを区別することが，人の感覚的現実感，社会的現実感に答えるためには必要である．この目的のために，知的エージェントは単なるプログラムではなく，人からも識別可能であり，かつ永続性を持つように，Agentの外に永続性を保証する Repository を置いている．

#### 4.2 データモデル

エージェントが多様なデータを永続的に利用するために，本エージェントのプラットフォームは，エージェントが処理するデータのすべてに UUID を付与している．また，エージェントが処理の過程で作成したコンテキストやアウェアネス情報，およびエージェント自身にも UUID が付与されている．これらデータとエージェントを Repository に保存すること

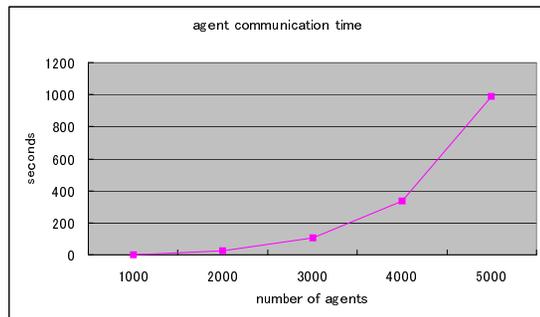


図 7 エージェントの実行時間計測

で、人から見た知的エージェントの感覚的現実感、社会的現実感の基礎としている。

また、データの表現には、RDF triple を用い、UUID の関連づけを行っている。RDF triple と UUID の組み合わせにより、無数に存在するセンサ情報やセンサ情報から生成されるコンテキストの保存を行っている。

この枠組みの中で、研究室内に設置されたビデオカメラ (6 箇所) と、各 PC の利用状況を取得し、研究室内の活動状況を取得しようとしている。また、ウェブデータの蓄積を一部行い、これらと合わせて能動的な支援を行う。

#### 4.3 プロトタイプ

エージェントモデルを実装するための、Steel-Bank Common Lisp(1.0.30)、以下 SBCL 上にプラットフォームを構築した。SBCL の機能の一つであるスレッド機能を使い、エージェントの内部モデルがコンカレントに動作する機能を実現している。

図 7 にエージェントの実行時間を計測した結果を示す。縦軸は時間 (単位: 秒) を、横軸はエージェント数 (個) を示している。実験環境は Linux 2.6 kernel, CPU: Pentium M(1.7GHz), メモリ 2GByte である。それぞれのエージェントは自らを除く他のエージェントに対して Hello メッセージを送り、また自ら以外のすべてのエージェントからの Hello メッセージを受け取る。

#### 5. おわりに

実世界、仮想空間とに存在する多様なデータを対象にして動作する知的エージェントの設計について述べた。現在プロトタイプの改良と実データを用いた実験を行っている。

#### 参考文献

- 1) 白鳥則郎, ポスト・モダン分散システム, 2010 マルチメディア通信と高速・分散・協調コンピューティングシンポジウム論文集, 情報処理学会, p.1-7, 1994
- 2) 藤田茂, 打矢隆弘, 北形元, 原英樹, 今野将, 木下哲男, 菅原研次, 白鳥則郎, InterSociety2005, 共生コンピューティング (1), 電子情報通信学会, 人工知能と知識処理研究会, pp.16-17, 2005
- 3) 菅沼拓夫, 打矢隆弘, 今野将, 北形元, 原英樹, 藤田茂, 木下哲男, 菅原研次, 白鳥則郎, InterSociety2005, 共生コンピューティング (2), 電子情報通信学会, 人工知能と知識処理研究会, pp.18-19, 2005
- 4) 白鳥則郎, 菅原研次, 菅沼拓夫, 藤田茂, 小出和秀, Symbiotic Computing -ポスト・ユビキタス情報構築へ向けて-, 情報処理学会誌, 2006, Vol.47, pp.811-816
- 5) 木下哲男, 今野将, 北形元, 打矢隆弘, 原英樹, ソーシャルウェア, 情報処理学会誌, 2006, Vol.47, pp.811-816
- 6) Symbiotic Computing Web pages, <http://symbiotic.agent-town.com>
- 7) Norio Shiratori, Takuo Suganuma, S. Sugiura, G. Chakraborty, Kenji Sugawara, Tetsuo Kinoshita, E.S. Lee, Framework of a Flexible Computer Communication Network, Computer Communications, Vol.9, pp.1268-1275, 1996
- 8) Shigeru Fujita, Kenji Sugawara, Tetsuo Kinoshita, Norio Shiratori, An Approach to Developing Human-Agent Symbiotic Space, Proc. of 2nd Joint Conference on Knowledge-based Software, pp.11-18, 1996
- 9) Shigeru Fujita, Hideki Hara, Kenji Sugawara, Tetsuo Kinoshita, Norio Shiratori, Agent-based design model of adaptive distributed systems, Applied Intelligence, Vol.9, pp.57-70, 1998
- 10) 総務省, ユビキタスネット技術を用いた子どもの安全確保システムに関する事例, [http://www.soumu.go.jp/s-news/2006/060330\\_3.html](http://www.soumu.go.jp/s-news/2006/060330_3.html)
- 11) 経済産業省近畿経済産業局, IC タグを活用した児童生徒の安心安全確保システム構築事業調査報告書, [http://www.kansai.meti.go.jp/27it/ic\\_tag.html](http://www.kansai.meti.go.jp/27it/ic_tag.html), 2006
- 12) 渡邊悠介, 富岡健治, 藤田茂, 今野将, 菅原研次, 子供の見守り支援システムのためのエージェント型異常行動検知モジュールの設計, 合同エージェントシンポジウム&ワークショップ, 2006
- 13) 富岡健治, 渡邊悠介, 藤田茂, 今野将, 菅原研次, 社会知を用いた子供の通学における異常行動の理由推定方式, 合同エージェントシンポジウム&ワークショップ, 2006
- 14) 高橋秀幸, 山中一宏, 東海林祥一, 北形元, 菅沼拓夫, 白鳥則郎, uEyes: 見る側と見られる側の双方にやさしいリアルタイム見守り支援システムの提案, FIT2006, LO-002
- 15) Susumu KONNO, Kazuhide KOIDE, Shigeru FUJITA, Tetsuo KINOSHITA, Kenji SUGAWARA, Norio SHIRATORI, RUIS: Development of Regional Ubiquitous Information System and its Applications - Towards a Universal Ubiquitous Informa-

情報処理学会研究報告  
IPSJ SIG Technical Report

tion Society -, Proc., of the 3rd International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing (UIC-06), LNCS 4159, pp.200-208, 2006

- 16) 藤田茂, 今野将, 真部雄介, 菅原研次, センサー椅子による作業者アウェアネス獲得の試み, ~共生コンピューティング~, 情報処理学会, マルチメディア通信と分散処理研究会, Vol.137, 2008
- 17) 大橋正良 (編), 特集「ライフログ」, 情報処理学会誌, Vol.50, No.7, 2009
- 18) Stuart Russell, Peter Norvig, 古川康一監訳, エージェントアプローチ人工知能, 共立出版, 1997
- 19) 藤田茂, TVML とセンサー椅子を例とした現実空間と仮想空間融合の狙い 共生コンピューティング適用事例(1), 第9回レイマージョン技術研究会, 2009年6月