

共生コンピューティング基盤の設計 (2)

藤田 茂^{1,a)}

概要: センサー情報を活用し、利用者を識別してサービスを提供するための、共生コンピューティング基盤の設計について述べる。多様なセンサーから得られた情報を分類し、ラベルを付与することで、プログラム開発の助けとなる基盤機能を示す。本稿では、DPS151 に続いて設計と実験の様子を述べる。

キーワード: センサー利用, 分類アルゴリズム, ラベル付け

A Design of The Symbiotic Space Platform, Part 2

FUJITA SHIGERU^{1,a)}

Abstract: In this paper, we described a design of the symbiotic space platform which assists a developer of a personalized service to an identified user. The symbiotic space platform uses a diverse sensor around an user and makes a label to identify an user. This paper is revised from DPS151.

Keywords: Sensor, Clustering Algorithm, Labeling

1. はじめに

ユビキタスコンピューティング,あるいはパーベイシブコンピューティング,モバイルコンピューティングなどの表題で,身の回りの多くのセンサーやアクチュエータを使って,アプリケーションを構築するための研究が行われてきた [1].

身の回りのカメラや多種多様なセンサーの普及,携帯電話に内蔵された加速度センサーやGPSなどにより,利用者に関するデジタルデータの獲得と蓄積,利用が盛んになっている.また,ユビキタスコンピューティングやウェブコンピューティングの研究開発が盛んに行われてきた.この結果,利用者の情報が計算機上に蓄積され,効果的な利用が求められている [12].

これらの情報を用いるシステムの開発では,特定のシステムやAPIを用いることが必要であり,開発された情報システムの範囲で獲得された情報を相互に交換することは困

難であった.このため,Context-Aware Systemのためのミドルウェアを構築する研究が行われている [7].

この他,関連研究として,文献 [6], [8] のように,述語を使ってモデル化する手法,木構造を使ってモデル化する手法などが提案されている.また,文献 [5] は「記号設置問題」として,記号システム内のシンボルが実世界の意味と結びつけられるかを問題として提起している.また,文献 [4] では,実世界から得られたセンサー情報を使い,ロボット移動時の記号世界モデルを実世界に適應させることを示している.これらの研究はセンサーから得られる信号が,分類器によって機械的に記号として生成可能であり,これらの記号と実世界の意味を対応付けるといった問題が新たに発生していることを示している.

本稿では,実世界のセンサー情報と特定の個人を対応させるために,これまでに研究されてきた共生コンピューティング [2], [3], [10], [11] の概念に基づいて,情報システムを開発する際に,基盤機能として利用可能なミドルウェアの設計を述べる.

DPS151 からの変更点として,単に受動的なミドルウェアとして,共生コンピューティング基盤を構築するのは

¹ 千葉工業大学情報工学科
Dept., Computer Science, Chiba Institute of Technology,
Narashino-shi, 275-0016, Japan

^{a)} fujita@cs.it-chiba.ac.jp

なく、利用者に対して行動するパートナーエージェントに利用者とのインタラクションを維持しつづけるという動機を組み込む設計とした。

人工知能分野からプログラミングを捉えた Shoham のエージェント指向プログラミング [9] では、エージェントの動作の前提となる全ての事象を仮説として言明した。これによって、エージェントが知り得ないが、恐らくは真であると仮定できる事象の表現が可能となった。

後節で述べるパートナーエージェントの動作状態においても、エージェント指向プログラミングを導入する。

2. 共生コンピューティングの概念

2.1 受動システムから能動システムへ

利用者に対して情報を提示するシステムは、図 1 に示すように、利用者からの明示的な要求に回答を返すもの、利用者に対して情報をプッシュするもの、一定の時刻に情報をプッシュするもの、利用者からの要求に対して別途情報を取得し加工した後に提示するもの、などが用いられている。

しかし、いずれもシステムが情報をプッシュしようとしたときに、利用者が不在である、異なる利用者が情報を受け取ってしまう、利用者が多忙であって情報を受け取る余裕が無い、利用がシステムの想定する情報を既に得てしまっている、などの事象が考えられる (図 2)。また実際に、情報検索研究において、利用者のスキルや知識を考慮に入れた研究が行われている。

情報システムが、利用者のことを想定していないという点に着目し、共生コンピューティング基盤では、パートナーエージェントというプログラムが、利用者に対して 1 対 1 で対応する仕組みを取っている (図 3)。

現時点では設計モデルのみであるが、情報システムの側が、利用者のことを常に認知することを前提とすることで、受動システムの持つ課題を解決しようとしている。この過程をモデル化するに当たって、Shoham のエージェント指向プログラミング [9] を用いる。

2.2 構成要素

共生コンピューティングは、人と既存情報システムとの間に存在する双方の認識のギャップを埋めて、人の活動を支援する情報システム概念モデルである。

この共生コンピューティングを実現するために、利用者とは対になってサービスを提供するパーソナルエージェント (PA, Personal Agent) と、既存情報システムを利用して、パーソナルエージェントにサービスを提供する社会エージェント (SA, Social Agent) からなる共生空間 (Symbiotic Space) を構成する。

利用者は、パーソナルエージェントを介して、既存情報システムや、社会エージェントによって提供されるサービ

Passive

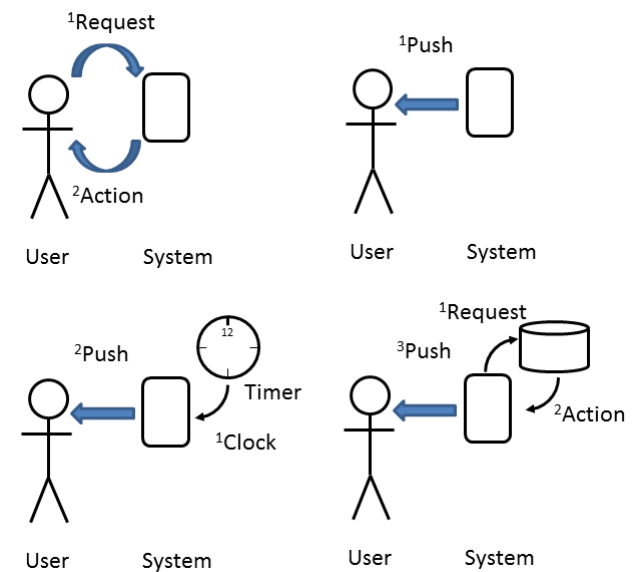


図 1 受動システム-1

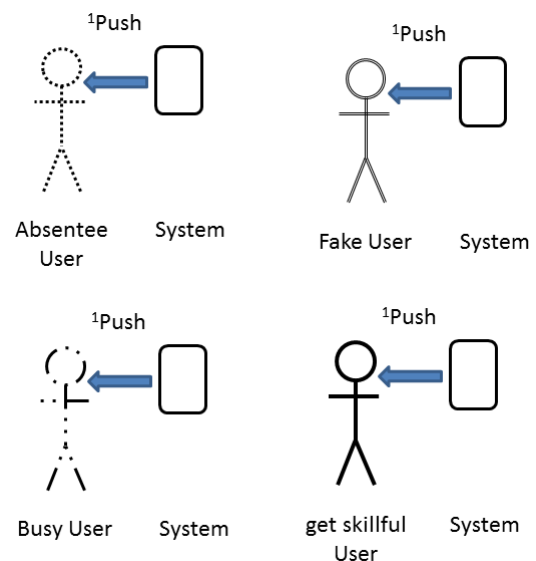


図 2 受動システム-2

Active

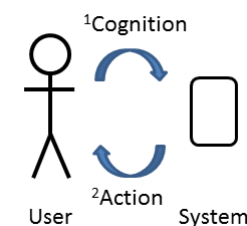


図 3 能動システム

スを楽しむ。利用者の情報は、ユビキタスインプラストラクチャーや、既存情報システムを介して得られる、信号（分類、意味付けされていない値）として、共生コンピューティング基盤に与えられる。この信号から利用者の求めるサービスや利用者の状態を推定することは、そのままの形では困難である。

そこで、これらの信号から、いわゆる知的エージェントとしてのパーソナルエージェント、社会エージェントを作成可能にするために、記号への変換を行う機能が、パーセプチュアルファンクション (PF, Perceptual Function) である。

一方、既存情報システムの代表例として、ウェブサービスとそのウェブサービスを利用する社会エージェントと、パートナーエージェントとのやり取りを、信号として獲得し、その信号から新たな意味を付与した記号への変換を行う機能が、ソーシャルファンクションである。これら、共生コンピューティングの構成要素である、利用者、パーソナルエージェント、社会エージェント、共生コンピューティング基盤、既存情報システムとの関係を図4(共生コンピューティングフレームワーク)に示す。

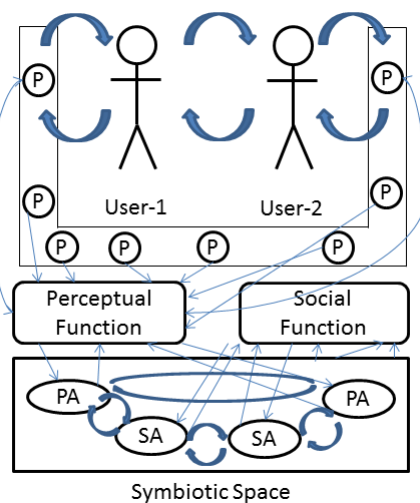


図4 共生コンピューティングフレームワーク

Real Space からの情報は、信号 (signal) として共生コンピューティング基盤へ送られる。共生コンピューティング基盤は、信号 (signal) を記号 (icon) へ変換する。同様に、ソーシャル機能は、共生空間 (Symbiotic Space) 内のエージェントの相互作用を信号 (signal) として得て、同様に記号 (icon) へ変換する。

Real Space から得られる信号 (signal) は、以下の情報を持つ。

$$signal = \langle time, position, type, value \rangle .$$

time は日時情報、position は位置情報、type は種別、value は値である。SA を介して得られない、利用者がウェブブラウザを直接操作して Digital Space にアクセスして

いる場合なども、上述の Real Space からの信号 (signal) として共生コンピューティング基盤に入力される。

共生コンピューティング基盤が出力する記号 (icon) は、共生空間の中で動作する PA, SA が利用可能な情報である。icon 自体は機械的に生成された識別子であり、それ自体には意味との対応は存在しない、記号 (icon) と意味との対応付けは、PA, SA 内部で行われる。

共生空間 (Symbiotic Space) は、複数のエージェントの動作を抽象的に表現した空間であり、実態は各計算機上で動作するエージェント実行環境の集合である。このエージェント実行環境の動作は、共生コンピューティング基盤によって観測され、PA-PA 間、PA-SA 間、SA-SA 間の相互作用は、信号 (signal) として Social Function へ送られる。このエージェント間の相互作用の観測結果も、Real Space の信号と同様に分類され、機械的に生成された識別子である記号 (icon) として、再帰的に共生空間へ送られる。

2.3 共生コンピューティング基盤とエージェントの内部構造

共生コンピューティング基盤の主な機能は、信号 (signal) を記号 (icon) に変換するところである。Real Space, Digital Space からの信号 (signal) は共生コンピューティング基盤内部の履歴保存機能を介して、属性値化を経て、属性リストと変換され、分類器を経て、機械的に生成された記号 (icon) として、共生空間内のエージェントへ伝えられる。signal の定義は、前節に示した。

$$icon = \langle identificationnumber, agentid, itime, iposition, itype, ivalue \rangle .$$

identificationnumber は、icon 自身の識別子である。現在の設計では UUID を用いている。agentid は、icon を利用するエージェントの識別子である。itime, iposition, itype, ivalue はそれぞれ、日時、位置、種別、値である。それぞれの意味は signal と異なり、抽象化された状態での表現を許容する。例えば、「18632675-66b1-4e36-873b-4c9103b32fa9 は、初夏に、東京で、郭公が、鳴く」ことを表現する、という形で icon を示す。

エージェントは、記号 (icon) を分類器によって、エージェントの内部の推論に用いるシンボルのリストへ変換する。さらにシンボルのリストによって決定器がアクションを決定し、Real / Digital Space に対して動作 (action) を実行する。この動作結果は、さらに再帰的に共生コンピューティング基盤によって観測される。この動作は、再び記号としてエージェントに入力され、評価器によって、得られた記号が妥当であったのかの評価 (feedback) が行われる。

この評価結果は、共生コンピューティング基盤に伝達される。また、評価は、エージェント内部の分類器へも送られ、生成したシンボルが妥当であったのかを繰り返し評価し、分類器のパラメータを調整する。

$feedback = \langle identificationnumber, agentid, itype, ivalue \rangle$.

それぞれの項目の定義は *icon* に同じである。

2.4 パーソナルエージェント, PA

パーソナルエージェントは、特定の一利用者に対して専従するエージェントである。共生コンピューティングの概念では、利用者に1対1に対応するパーソナルエージェントが介在する。直接的に身近なパーソナルコンピュータ上でパーソナルエージェントが動作しない場合であっても遠隔地の共生コンピューティング基盤を介して、パートナーエージェントは、利用者の挙動を把握可能である。

一方、利用者の側も、常にパーソナルエージェントが自らのためにサービスを提供するために待機していることを意識している。パーソナルエージェントは、PCや携帯電話、その他の装置を利用して、対応する利用者にパーソナルエージェントが利用者を知覚可能な範囲にとらえていることを定期的に通知する。

このパーソナルエージェント構築のためには、利用者特定するための機能が不可欠であり、一般的なサービスとして共生空間へ記号 (*icon*) として利用者情報を通知する機能が必要である。

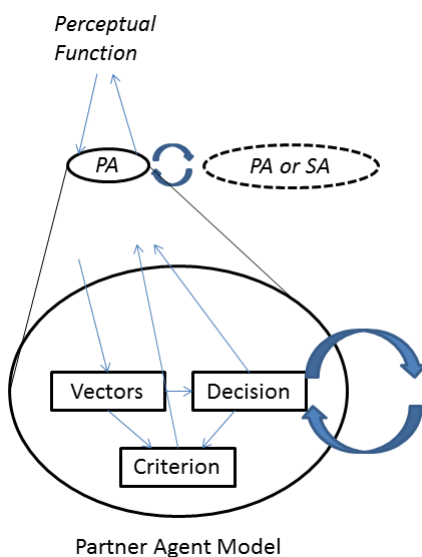


図5 パートナーエージェントモデル

2.5 実空間知覚機能の設計

抽象的な信号 ← 記号の変換を行う Perceptual Function の設計を示したが、次いでここのセンサーやデバイスに対して記号への変換を行う、実空間知覚機能の概要設計を示す。

実空間知覚機能は、カメラやマイクロホン、圧力センサ、温度センサ、加速度センサ等の実空間から得られる信号を、

パートナーエージェント、社会エージェントが処理可能な記号へ変換する機能である。

信号は、デジタルデータに変換されて、実空間知覚機能に取り込まれ、履歴保管機能にそのログが記録される。また、変換を行う属性計測機能によって信号から属性：属性値への変換が行われる。この属性計測機能は、それぞれのセンサから得られる信号を、一次的に記号に変換する機能である。この機能は、実空間知覚機能の設計者によって、設計された仕様に基づいて実現される。設計については、既存手法である分類アルゴリズムを用いる。分類アルゴリズムは既に多くの手法が提案されており、信号の性質に応じて、設計者が選択することになる。

記号生成機能は、属性：属性値の形式で与えられる情報を、パーソナルエージェント、社会エージェントの実装で用いられる記号へ変換する機能である。記号生成機能は、生成した記号に対する評価を、パーソナルエージェント、社会エージェントから得て、新たな記号生成の助けとする。

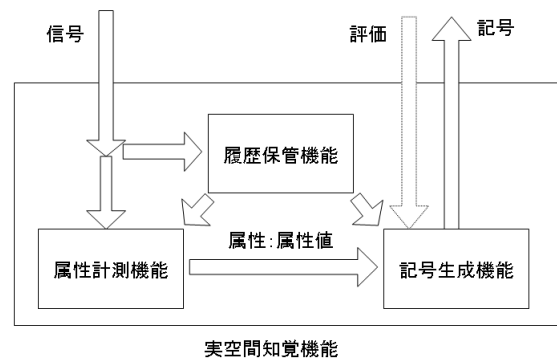


図6 実空間知覚機能

3. シナリオ

本稿で述べる共生コンピューティング基盤の評価実験のためのシナリオを以下に述べる。

室内に4台のウェブカメラ (A, B, C, D) を設置し、常時画像データを取得する。7では、おおよその撮影可能範囲を図示している。この室内が利用者が移動し、いくつかの椅子に着席する。

この室内を利用して以下の3つの機能が、共生コンピューティング基盤から提供される記号化された情報に基づいて、パーソナルエージェントの機能として実現可能であることを示す。

(1) 利用者追跡機能

室内に設置したカメラからの画像を利用して、利用者特定を行い、パーソナルエージェントの対応する利用者の移動を追跡する。

(2) 利用者への追跡状況の通知機能

利用者の周辺にある装置を利用して、パーソナルエー

エージェントが利用者の位置を把握していることを通知する。

(3) 利用者への情報提供機能

利用者自身のスケジュール，利用者の室内の行動履歴から，利用者の位置と，ウェブから取得される情報を用いて，利用者に提供することが望ましいと思われる情報を提示する機能。

次に各機能が目的の処理を達成していることを確認する手順について述べる。

機能 (1) の確認手順

- i 室内のカメラ映像を監視する実空間知覚機能は，室内で発見した人の顔を記号化して，パートナーエージェントへ位置，時間情報と共に送付する
- ii パートナーエージェントは，以前に利用者を特定した同種の記号があれば，対応する利用者であるとして追跡を行う
- iii 追跡の過程で過去の動作履歴から推定される移動方向との一致度を計り，対応する利用者であることを確認し続ける

上述の情報はパーソナルエージェントへの問い合わせによって，確認することができる。

機能 (2) の確認手順

- i 機能 (1) により，パーソナルエージェントは利用者の位置を把握する
- ii 利用者に対して，位置を把握していることを通知するために利用者にもっとも近い PC 上のインタフェースを利用して，利用者の注意を引く。
 - (a) インタフェースはすべてのパーソナルエージェントが利用可能な形式で，室内のすべての PC 上で動作しているものとする。このシナリオでは，PC のスピーカーと PC 画面上に，パーソナルエージェントからのメッセージを表示可能とする。

機能 (3) の確認手順

- i 機能 2 により，利用者はパーソナルエージェントが利用者の位置を認識し，位置を認識していることを通知する。
- ii パーソナルエージェントは，利用者の行動履歴から利用者がまもなく外出するであろうことを推論する。
- iii パーソナルエージェントは，外出時に“天候”が重要な情報であることを知識としてっており，利用者へ外出前に“天候”に関する情報を伝えることが，利用者への情報提供として妥当であることを推論する。
- iv ウェブから現在地点に近い地区の天候情報を取得し，利用者に通知する。

以上のシナリオにそって，パーソナルエージェントが，サービスを提供すべき利用者を特定し，その利用者の室内での移動を追跡し，利用者の求めるであろう情報を適切なタイミングで提供できることを示す予定である。

4. おわりに

本稿では，エージェントが共通して利用することのできる共生コンピューティング基盤の設計について述べた。今回を第一回の設計とし，継続して実装評価を行う予定である。

参考文献

- [1] Claudio Bettini, Oliver Brdiczka, Karen Henriksen, Jadwiga Indulska, Daniela Nicklas, Anand Ranganathan, and Daniele Riboni. A survey of context modelling and reasoning techniques. *Pervasive and Mobile Computing*, 6(2):161–180, 2010.
- [2] Shigeru Fujita, Kenji Sugawara, Tetsuo Kinoshita, and Norio Shiratori. An approach to developing human-agent symbiotic space. *Second Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering*, September 1996.
- [3] Shigeru Fujita, Kenji Sugawara, Cloud Moulin, and Jean-Paul BARTES. The design of awareness and operation module for the symbiotic applications. *9th IEEE International Conference on Cognitive Informatics (ICCI 2010)*, 2010.
- [4] Cipriano Galindo, Juan-Antonio Fernandez-Madrigal, Javier Gonzalez, Alessandro Saffiotti, and Par Buschka. Life-long optimization of the symbolic model of indoor environments for a mobile robot. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics*, 37(5):1290 – 1304, October 2007.
- [5] Stevan Harnad. The symbol grounding problem. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 42:335 – 346, 1990. <http://cogprints.org/3106/sgproblem1.html> (2011/Oct/06 accessed).
- [6] Karen Henriksen and Jadwiga Indulska. A software engineering framework for context-aware pervasive computing. *Proceedings of the Second IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communication*, 2004.
- [7] Karen Henriksen, Jadwiga Indulska, Ted McFadden, and Sasihan Balasubramaniam. Middleware for distributed context-aware systems. *OTM Conferences*, pages 846–863, 2005.
- [8] Justin Mazzola Pauluska, Hubert Pham, Umar Saif, Grace Chau, Chris Terman, and Steve Ward. Structured decomposition of adaptive applications. *Proceedings of the Sixth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communication*, 2008, 2008.
- [9] Yoav Shoham. Agent-oriented programming. *Artificial Intelligence*, 60:51 – 92, 1993.
- [10] Norio Shiratori and et. al. Symbiotic computing based approach towards reducing user’s burden due to information explosion. *Journal of Information Processing*, 20(1), 2012.
- [11] T. Saganuma, T. Uchiya, S. Konno, G. Kitagata, H. Hara, S. Fujita, T. Kinoshita, K. Sugawara, and N. Shiratori. Bridging the e-gaps: towards post-ubiquitous computing. *20th International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, April 2006.
- [12] Dqing Zhang, Bin Guo, and Zhiwen Yu. The emergence of social and community intelligence. *IEEE Computer*, pages 21 – 28, July 2011.

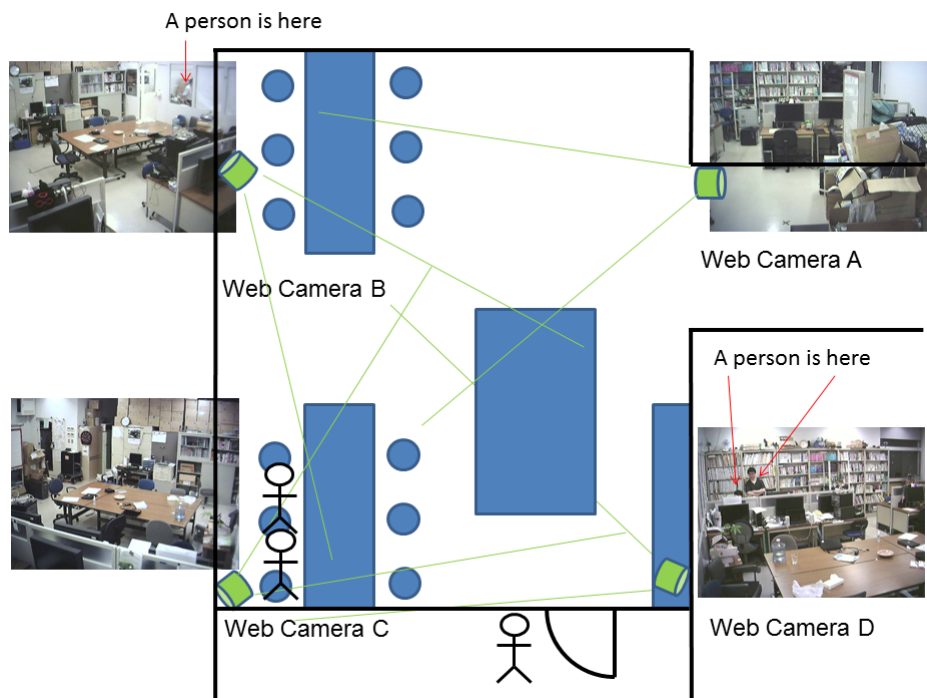


図 7 実験室イメージ