

ベイジアンネットによるヒトとサービスの インタラクション生成方式の検討

宮脇 健三郎[†] 樋上 義彦[‡] 佐野 睦夫[‡]

[†] 大阪工業大学大学院 情報科学研究科 〒573-0171 大阪府枚方市北山1丁目79番1号

[‡] 大阪工業大学 情報科学部 〒573-0171 大阪府枚方市北山1丁目79番1号

E-mail: [†] mlm03a18@info.oit.ac.jp, [‡] e1800086@info.oit.ac.jp, sano@is.oit.ac.jp

あらまし 各種センサーが設置された環境において、ヒトの動作や行動に応じた状況適応型サービスの実現のために、ヒトの動作・行動、及びヒト対ヒトのインタラクション履歴を蓄積する枠組みとして分散環境行動データベースを構築した。本稿ではデータベースの構成と、ヒトの動作・行動・インタラクションの記述方法について述べるとともに、蓄積されたデータを利用してベイジアンネットによりヒトとサービスの対話を生成する方式について検討する。本検討の成果は、人間同士の関係やコミュニケーションの状態を理解して状況に応じて話題提供するロボットなど、人と人とのコミュニケーションを補助する仕組みの実現に応用できる。

キーワード ホームユビキタス,インタラクション,ベイジアンネット,コミュニケーション,XML

Generation system of Interactions between Human and Service by Bayesian Network

Kenzaburo Miyawaki[†] Yoshihiko Hinoue[‡] Mutsuo Sano[‡]

[†] Division of Information Science, Graduate School of Information Science, Osaka Institute of Technology

1-79-1 Kitayama, Hirakata-shi, Osaka, 573-0171 Japan

[‡] Faculty of Information Science, Osaka Institute of Technology

1-79-1 Kitayama, Hirakata-shi, Osaka, 573-0171 Japan

E-mail: [†] mlm03a18@info.oit.ac.jp, [‡] e1800086@info.oit.ac.jp, sano@is.oit.ac.jp

Abstract To realize flexible service with situation in the environment where the various sensors are installed, we built distributed database of environment and human actions as a framework which stores human actions, behaviors and interactions. In this paper, we represent the structure of database and description method of human actions, behaviors and interactions, and the generation system of interactions between human and service by Bayesian Network which uses the stored data is discussed. The result of this study is applicable to realize the system which assists human communications, for example, the robot which understands human relations and the state of communication and offers subject according to a situation.

Keyword Home Ubiquitous, Interaction, Bayesian Network, Communication, XML

1. はじめに

近年、床センサーや RFID 等の各種センサーが設置された環境内において人間の動作データを蓄積し、行動パターンを分析する研究が盛んに行われている[7][8]。

しかし、蓄積されたデータの具体的な活用方法に関する研究はまだ不十分である。

我々はゆかりプロジェクト[1][2][3][4]においてロボットや各種家電機器(アプライアンス)をインタフェースとして用い、状況に応じた動的なサービスの実現を

目指して、センサにより検出された人間の動作・行動のデータを蓄積する枠組みとして分散環境行動データベースを構築した[5]。

本稿では分散環境行動データベースの詳細について述べるとともに、現在行っている研究の一環として家庭内で起きるイベントをセンサ情報から察知し、グループコミュニケーションの仲介となるようなサービス例を考え、ベイジアンネットを用いてヒトとサービスの対話を生成しながら適切なサービスを推定・実行

する手法を検討する。

2. 分散環境行動データベース

分散環境行動データベースは、

- (1) 各種センサ(カメラ,RFID,床センサ等)から取得されたセンサ情報及びログデータ。
- (2) センサデータを構造化したヒトやモノの動作データ。
- (3) 動作データの系列からなるヒトの行動データ。
- (4) 複数のヒト同士のインタラクションデータ。
- (5) ヒトやモノの属性をまとめた固有情報。

等を蓄積する。各データベースに蓄積されるデータは取得したセンサデータを構造化することにより生成される。

ここで、「モノ」はネットワークに接続される家電機器(アプライアンス)やロボット、RFID やセンサで識別される一般物等の集合とする。

3. データベース設計

3.1. データベースの構成

分散環境行動データベースの構造を図1に示す。各データベースの定義は次の通りである。

- (1) ログデータベース：カメラやマイクから得られる動画像や音声のような大容量データを蓄積する。RFID・圧力センサの出力などの軽量のデータはセンサ情報データベースに蓄積する。

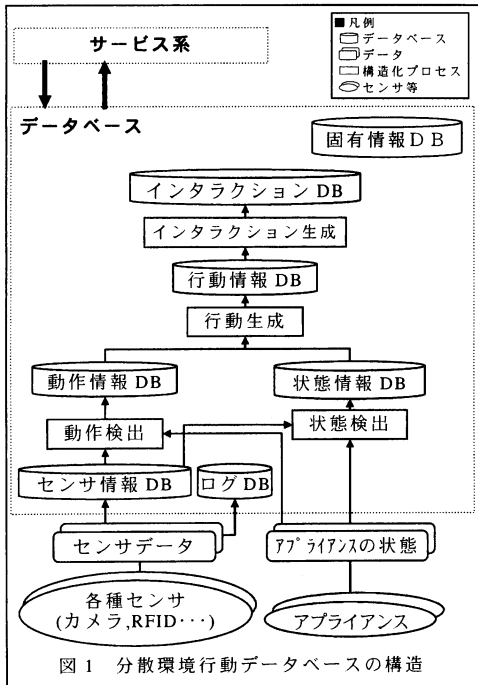


図1 分散環境行動データベースの構造

- (2) センサ情報データベース：RFID や床センサから得られる軽量のデータや、動画像データ・音声データのヘッダー情報、及びログデータベースへのリンク情報を蓄積する。

- (3) 状態情報データベース：ヒト、モノ、環境、サービスの状態を蓄積する。

(状態情報の例)

ヒト：位置、姿勢、顔の向き、体の向き、表情。

モノ：位置、向き、アプライアンスの電源状態の変化。

環境：室温、湿度。

サービス：実行中、停止、その他サービスごとに定義された状態。

- (4) 動作情報データベース：ヒトの動作履歴を蓄積。動作情報はセンサデータから検出する。

(動作の例) 持つ、放す等。

- (5) 行動情報データベース：ヒトの行動履歴を蓄積。行動情報はヒトの動作情報系列を構造化して生成する。

(行動の例) 食事、掃除、仕事等。

- (6) インタラクションデータベース：複数のヒトの行動がどのようにに関わりあったかを蓄積する。

- (7) 固有情報データベース：ヒト、モノ、環境固有の属性情報を蓄積する。

データベースは oracle9iXML データベースにより構築、開発環境はデータベースと連携した XML アプリケーションを実現する XDK(XML Developer's Kit)を用いた。

3.2. データ構造とスキーマ

分散環境行動データベースの中核となる動作、行動、インタラクションデータの構造を図2に示す。

行動は動作の系列からなり、インタラクションは複数のヒトの行動をまとめたデータとなっている。

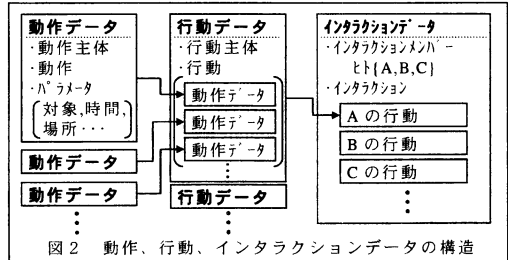


図2 動作、行動、インタラクションデータの構造

次に各データのスキーマについて説明する。

3.2.1. 動作データ

ヒトやモノの動作記述にあたっては、動作主体が動作を実行するために使用した部位を<interface>として表現し、「誰(何)が、どのインタフェースで、誰(何)の、どのインタフェースに対して、何をしたか」という形式

で次のように記述する。

(動作記述例)

```

<lwml>
<head>
  <user_ID>hum01_humanA</user_ID>
</head>
<body>
  <action user_action_ID="act-0001">
    <target_ID>obj02_radio</target_ID>
    <action_name>carry</action_name>
    <action_generate>
      <module_ID>m03-action-generater</module_ID>
    </action_generate>
    <use_interface>
      <interface_name>hand</interface_name>
    </use_interface>
    <target_interface>
      <interface_name>body</interface_name>
    </target_interface>
    <position>
      <area_ID>are01_living</area_ID>
      <position_x>xx</position_x>
      <position_y>yy</position_y>
      <position_z>zz</position_z>
    </position>
    <sensor_ID>sen01_camera</sensor_ID>
    <certainty>0.48</certainty>
    <start_time>2000_11_2T10:40:15</start_time>
    <end_time>2000_11_2T10:40:16</end_time>
  </action>
</body>
</lwml>

```

3.2.2. 行動データ

行動データはその行動を構成する要素となる動作や状態の系列により記述される。

(行動記述例)

```

<lwml>
<head>
  <user_ID>hum01_humanA </user_ID>
</head>
<body>
  <behavior_name>tvwatching</behavior_name>
  <certainty>0.6</certainty>
  <start_time>2000-11-2T10:40:15</start_time>
  <end_time>2000-11-2T10:40:16</end_time>
  <behavior_generate>
    <module_ID>m01-behavior-generator</module_ID>
  </behavior_generate>
  <behavior behavior_ID="beh-0001">
    <contents_list>
      <contents contents_number="1">
        <user_ID>hum01_humanA</user_ID>
        <user_action_ID>act-0001</user_action_ID>
      </contents>
      <contents contents_number="2">
        <object_ID>obj01_tv</object_ID>
        <object-state_ID>sta-0003</object_state_ID>
      </contents>
      <contents contents_number="3">
        <user_ID>hum01_humanA</user_ID>
      </contents>
    </contents_list>
  </behavior>
</body>
</lwml>

```

```

  <user_state_ID>sta-0005</user_state_ID>
</contents>
<contents contents_number="4">
  <user_ID>hum01_humanA</user_ID>
  <user_action_ID>act-0002</user_action_ID>
</contents>
<contents contents_number="5">
  <object_ID>obj01_tv</object_ID>
  <object-state_ID>sta-0004</object_state_ID>
</contents>
</contents_list>
</behavior>
</body>
</lwml>

```

3.2.3. インタラクションデータ

インタラクションデータは参加したメンバーのリストとその行動の系列により記述される。

(インタラクション記述例)

```

<lwml>
<head>
  <member_list>
    <user_ID>hum01_humanA</user_ID>
    <user_ID>hum05_humanB</user_ID>
    <user_ID>hum06_humanC</user_ID>
  </member_list>
</head>
<body>
  <interaction_name>talk</interaction_name>
  <start_time>2004-01-29T20:15:30</start_time>
  <end_time>2004-01-29T21:12:04</end_time>
  <certainty>0.9</certainty>
  <interaction_generate>
    <module_ID>m03_interaction-generator</module_ID>
  </interaction_generate>
  <interaction interaction_ID="int-0002">
    <contents_list>
      <contents contents_number="1">
        <user_ID>hum01_humanA</user_ID>
        <user_behavior_ID>beh-0001</user_behavior_ID>
      </contents>
      <contents contents_number="2">
        <user_ID>hum05_humanB</user_ID>
        <user_behavior_ID>beh-0005</user_behavior_ID>
      </contents>
      <contents contents_number="3">
        <user_ID>hum06_humanC</user_ID>
        <user_behavior_ID>beh-0007</user_behavior_ID>
      </contents>
      <contents contents_number="4">
        <user_ID>hum01_humanA</user_ID>
        <user_behavior_ID>beh-0012</user_behavior_ID>
      </contents>
      <contents contents_number="5">
        <user_ID>hum05_humanB</user_ID>
        <user_behavior_ID>beh-0018</user_behavior_ID>
      </contents>
    </contents_list>
  </interaction>
</body>
</lwml>

```

3.3. データの構造化

取得されたセンサデータの構造化について述べる。カメラで取得された画像データはログデータベースに蓄積され、画像データへのリンクがセンサ情報データベースに蓄積される。動作検出モジュール・状態検出モジュールはログデータベースの画像データを処理することで動作と状態を検出し、それぞれを動作データベース、状態情報データベースに蓄積する。

行動生成モジュールは動作情報の系列から行動を生成し、行動情報データベースに蓄積する。

インタラクションデータベースでは、各データベースを元に複数のヒト同士がどのように関わりあったかを蓄積する。固有情報データベースでは推論エンジンによって行動パターン、趣味などの自動更新が行われる。「ヒト A がリビングに来ると野球中継をテレビで見る。」というパターンが抽出できれば、その結果が固有情報データベースの行動パターン・趣味に反映される。

3.4. 分散環境行動データベースの利用方法

分散環境行動データベースのデータ利用例とその実現のための検索方法には次のようなものがある。

- (1) ある人物の特定の時間帯における行動の系列を取得し、スケジュール管理や行動パターン分析を行なう。

(検索方法)

行動情報データベースから、指定された時間帯における当該人物の<user_ID>の<behavior_ID>を検索することにより、行動の系列が取得できる。

- (2) ヒト対ヒトのインタラクション履歴から、人間関係を理解する手がかりを得る。

(検索方法)

インタラクションデータベースより、ある人物の<user_ID>が<member_list>に含まれているインタラクション履歴を検索することで、一緒にインタラクションに参加しているメンバーの詳細が分かる。

- (3) 固有情報データベースから同じ趣味を持つ人物を抽出し、コミュニケーション補助を実現する。

(検索方法)

固有情報データベースで<hobby>を検索することで、同じ趣味を持つヒトを抽出することができる。

4. ベイジアンネットワークを用いた対話生成

次に分散環境行動データベースとベイジアンネットワークを用いた対話生成について説明する。

4.1. ベイジアンネットワークとは

ベイジアンネットワークとは確率変数をノードで表し、依存関係のあるノード間を有向リンクで結んだ非循環グラフである(図3)。

ノード間のリンクが $y \rightarrow x$ となるとき、 y を親ノード、 x を子ノードと呼び、変数間の依存関係は条件付確立 $P(x=t|y=t)$ で表される。

離散変数における子ノードの条件付確率は親ノードのすべての状態における条件付確率を並べた表、条件付確率表(Conditional Probability Table)で表される。

このように形成されたネットワークの各ノードに確率分布を与えると、不完全な情報から知りたい変数の確率分布を計算し、評価することができる。ベイジアンネットワークの適用例としては車の故障診断や医療系診断システムなどが挙げられる。

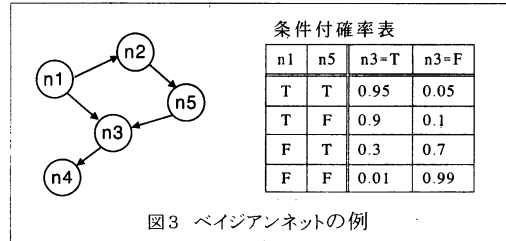


図3 ベイジアンネットワークの例

4.2. サービス実行のためのシステム構成

図4にセンサデータから検出したイベントに対するサービスの実行とユーザーからのサービス評価による学習を行なうシステムの構成を示す。

センサデータやユーザーの動作・行動のデータに基づきシナリオの検証が行なわれ、サービスが実行される。実行されたシナリオはユーザーの動作・行動に対して検証を繰り返し、適切なサービスを実現する。

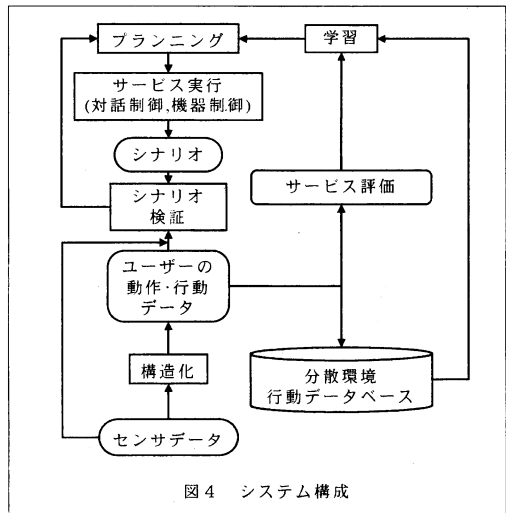


図4 システム構成

4.3. 関連研究との比較

ベイジアンネットワークに関しては近年関心が高まっており、ロボットの発話戦略にベイジアンネットワークを用い

た例も多数存在する。[9][10]

これらの研究は基本的に人間1人対ロボットという関係の中での対話戦略で、人間からの指示の曖昧性を対話により解消し、ロボットに適切なタスクを実行させるものである。

我々の目的はヒトのグループコミュニケーションを仲介するサービスの実現であるから、複数のヒト対ロボットという関係を考える必要がある。

そのような関係の中で、ロボットにグループの一員として適切な振る舞いを実現させるためには、分散環境行動データベース内に蓄積されたヒト対ヒトのインタラクション履歴は有効な情報源となる。

データベース内の人間の動作・行動・インタラクション履歴を参照し、ヒト対ヒトの関係をも考慮したサービスの実現が研究の大きな目標となる(図5)。

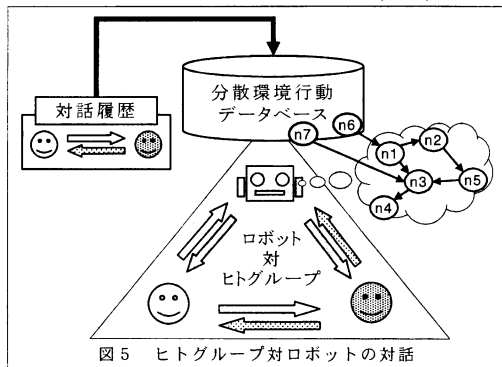


図5 ヒトグループ対ロボットの対話

4.4. 対話生成のためのベイジアンネット

対話生成のためのベイジアンネットを図6に示す。

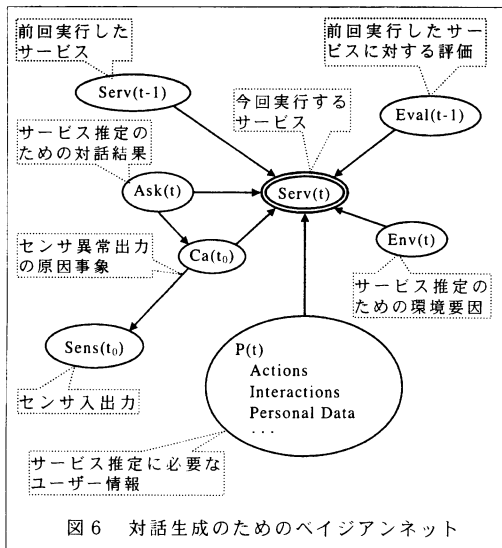


図6 対話生成のためのベイジアンネット

次に、このネットワークを用いた簡単なサービス実行と対話の例として「呼びかけサービス」というものを想定し各ノードの説明を行なう。

「呼びかけサービス」とは呼んだヒト(A)と呼ばれたヒト(B)の間のコミュニケーションをロボットが仲介するもので、

- (1) キッチンに設置されたマイクに音声入力があった。
- (2) キッチンにはヒトAがいる。

という条件の下でマイクへの入力原因を特定し、ヒトAに呼ばれたヒトBを推定した上で、分散環境行動データベースからヒトBの状況に関する情報を収集し、その状況に応じた適切なサービスを実行するものである。(図7)

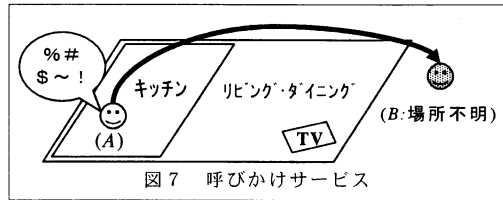


図7 呼びかけサービス

4.4.1. 各ノードの説明

Sens(t₀): 時刻 t₀ におけるセンサの異常入出力を表す。

(例) キッチンのマイクへの入力。

Ca_i(t₀): Sens(t₀)の原因と推定される事象を表す。

(例) Ca₁(t₀): キッチンでヒトAがしゃべった。

Ca₂(t₀): 付近のアプライアンスが音を出した。

P_i(t): サービス推定に使用するユーザー情報。分散環境行動データベースから取得可能なセンサ情報やヒトの動作、行動、固有情報等。

(例) P₁(t): Bはどこにいるか

{自分の部屋, リビング, 家の外, 不明}

P₂(t): Bは何をしているか?

{勉強中, TVを見ている, 寝ている, その他, 不明}

Ans_i(t): 適切なサービスの推定を行なうためのノード。

ロボットの質問(Q_i「」)に対するヒトの返答を認識した結果(Ans_i={ans₁, ans₂, ...})として定義する。

(例) Q₁ → Ans₁

Q₁ 「今誰かを呼んだ?」

→ Ans₁ = {父親, 母親, 息子, 誰も呼んでいない}

Q₂ 「Bさんと呼んでよろうか?」

→ Ans₂ = {Yes, No}

Serv(t): 実行するサービスを表すノード。各サービスは Serv(t) の状態 State_i として設定されており、確率が最も高く、閾値を越えるサービスを実行する。

(例) State₁: ロボットが直接 B を呼びに行く。

State₂: B の部屋のアプライアンスに呼び出しメッセージを送る。

State₃: B のおかれている状況を A に説明する。

(Bは呼びかけサービスのターゲットを表す。)

Env₁(t) : Serv(t)の確率に影響する環境要因。

(例) Env₁(t):ロボットはBのところに行けるか?

Env₂(t):Bのいる場所にはメッセージを送信できるアプライアンスがあるか?

Eval(t) :実行された Serv(t)に対するユーザーの評価。

表情や身振り、音声認識結果等から導出される。

4.5. ペイジアンネットを用いた対話例

前述のように形成されたペイジアンネットを用いた対話の例として次のようなものが考えられる。

① 呼びかけターゲット推定

Aの発話に関して、音声認識結果の信頼性が低い場合に、ロボットがその内容を確認する。

ロボット:「今誰かを呼んだの?」

A:「お父さん。」

② 父親への呼びかけサービス実行を確認

ノード Serv(t)の状態において、確率の最大値が閾値に達していない場合、実行すべきサービスが正しいかどうかユーザーに確認する。

ロボット:「お父さんをお呼びしてよろしいですか?」

A:「呼んで来て。」

③ サービス実行

各サービスをいくつかのステップに分けて、ステップが終了するたびにユーザーからの評価を確認する。評価に応じてサービスを途中から変更することも可能である。

(State₁, Step(1))実行

ロボット:「じゃあ呼びに言ってくるね。」

(State₁, Step(1))に対する評価

A:「お願いします。」(“良い評価”を表す内容の発話)

(State₁, Step(2))良い評価を得て実行を継続

ロボット:「お父さんをお呼びして来たよ!」

このようにして生成されたヒトとサービスの対話は、ヒトやロボット(アプライアンス)の動作として分散環境行動データベースに記録される。

5. まとめ

本稿では日常生活におけるヒトやモノの動作、行動、インタラクションを蓄積する分散環境行動データベースの説明と、データベースを利用し、ペイジアンネットを用いたヒトとサービスのインタラクション生成についての検討を行なった。

今後はデータベースのデータからの学習によるペイジアンネットのノード自動生成や条件付確率表の自動設定の実現について検討したい。

なお、本研究の一部は、通信総合研究所の委託研究の一環として行われた。

文 献

- [1] 美濃導彦:“ゆかりプロジェクトの目的と概要--UKARI プロジェクト報告 No.1--”,情報処理学会第66回全国大会講演論文集(5),3TTC-2,PP.5-8 (2004)
- [2] 山崎達也,沢田篤史,多鹿陽介,大倉計美,中尾敏康,マハタド スリ シラジ,佐野睦夫,金田重郎:“ゆかりプロジェクトにおける分散協調基盤ミドルウェア--UKARI プロジェクト報告 No.2--”,情報処理学会第66回全国大会講演論文集(5),3TTC-3 PP.9-12 (2004)
- [3] 土井美和子:“分散環境行動 DB と場モデルに基づくユビキタスインタフェース設計-- UKARI プロジェクト報告 No.3 --”,情報処理学会第66回全国大会講演論文集(5),3TTC-4, PP.13-16 (2004)
- [4] 上田博唯:“ユビキタス生活支援のためのロボットインタフェース-- UKARI プロジェクト報告 No.4 --”,情報処理学会第66回全国大会講演論文集(5),3TTC-5,PP.17-20 (2004)
- [5] 樋上義彦,土井美和子,宮脇健三郎,佐野睦夫:“ホームユビキタスサービス実現のための分散環境行動データベースの構成法に関する検討”,情報処理学会第66回全国大会講演論文集(4),1A-2,PP.3-4 (2004)
- [6] 宮脇健三郎,樋上義彦,佐野睦夫:“グループコミュニケーションにおけるインタラクション記述方式の検討”,情報処理学会第66回全国大会講演論文集(4),1A-4,PP.7-8 (2004)
- [7] 角康之,伊藤禎宣,松口哲也,シドニー フェルス,間瀬健二:“協調的なインタラクションの記録と解釈”,情報処理学会論文誌,Vol.44, No.11, pp.2628-2637 (Nov.2003)
- [8] 磯田佳徳,倉掛正治,石黒浩:“ユビキタス環境での状態系列モデルを用いたユーザ支援システム”,情報処理学会論文誌,vol.44, No.12, pp.3014-3023 (Dec.2003)
- [9] 稲邑哲也,稲葉雅之,井上博充:“ユーザとの対話に基づく段階的な行動決定モデルの獲得”,日本ロボット学会誌, Vol.19, No.8, pp.983-990, (Nov.2001)
- [10] 本村陽一,麻生英樹,原功,赤穂昭太郎,松井俊浩:“事情通ロボットにおけるニューラルペイジアンネットの学習”人工知能学会第4回情報統合研究会 Technical Report, SIG-CII-9601-04, pp.22-25 (1996)