

# ユビキタス環境下でのベイジアンネットワークを利用した サービス制御方式の検討

## Control System of Services using Bayesian Network under Ubiquitous Environment

宮脇 健三郎†  
Kenzaburo Miyawaki

樋上 義彦†  
Yoshihiko Hinoue

佐野 睦夫‡  
Mutsuo Sano

### 1. はじめに

近年、床センサや RFID 等の各種センサが設置されたユビキタス環境下において、状況適応型のサービス実現に関する研究が盛んに行なわれている[1][2]。

我々はゆかりプロジェクト[3~6]において情報家電やロボットをインタフェースとして用い、状況適応型のサービスを実現するための知識源として、センサ出力データを構造化して蓄積する分散環境行動データベース[5][7]を構築した。

分散環境行動データベースは DBMS に OracleXMLDB を使用し、各サービスからの情報の問合せへの応答、データの書き込みの受け付け、及びセンサから出力される特定のイベントをサービスに通知するといった役割を持つ。

しかし、センサ出力等に関する問合せについては、確実な答えを返すことができるが、ヒトが現在行なっている動

作・行動情報に関する問合せについては確実な答えを返すことは出来ない。

そこで、本稿ではベイジアンネットワークを用いて、確率的な評価を行い、動作・行動情報に確信度を付与してサービスに伝える機構の構築について検討する。

### 2. 分散環境行動データベースの概要

分散環境行動データベースの概要を図1に示す。

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. データ構造

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。

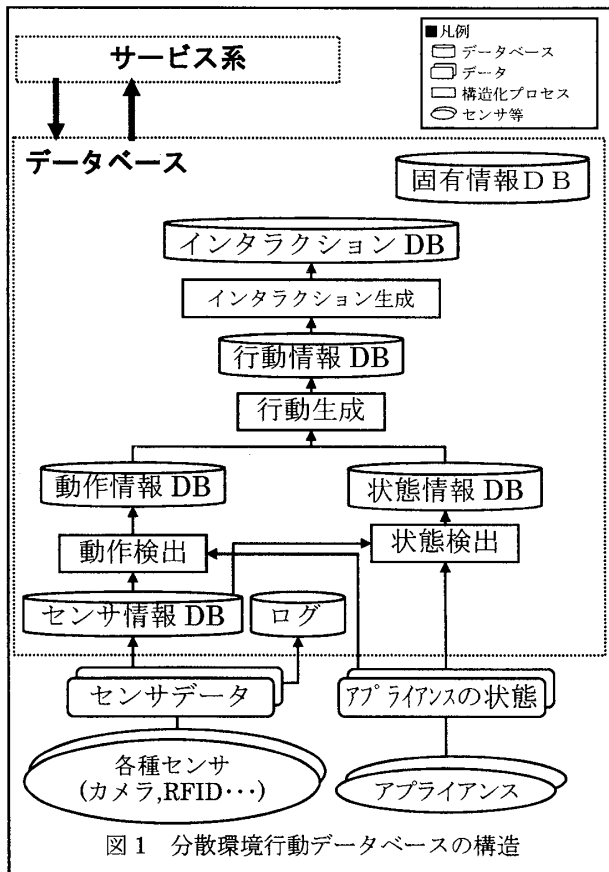


図1 分散環境行動データベースの構造

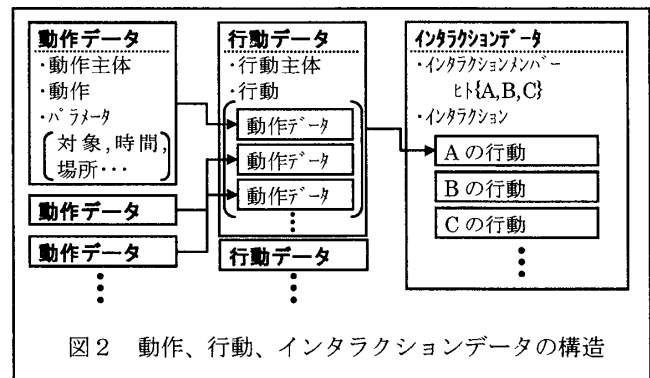


図2 動作、行動、インタラクションデータの構造

### 4. ユーザーの動作・行動推定

分散環境行動データベースは、サービスに対して、センサ出力からヒトの行動情報まで多岐に渡る情報を提供する必要がある。

†大阪工業大学 大学院 情報科学研究科

‡大阪工業大学 情報科学部,情報通信研究機構

そのような多様な情報の中でも、ユーザーが現在行なっている動作・行動情報は、それらを支援するサービスのトリガーとして利用価値は高い。

動作・行動の推定には、センサ出力から導出される低次のコンテキスト(何かを持っている、あるエリアに入った等)と、各ユーザーの嗜好や一日のスケジュールなどの事前知識が必要となる。

### 5. ベイジアンネット

ベイジアンネット[8]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、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  $P(x|y)$  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。

前述した現在の動作・行動を推定するベイジアンネットを図3に示す。

各ノードは次のような意味を持つ。

- **Task** ..... 現在ユーザーが実行中のタスク(料理、食事等の行動)を表す。
- **Action** ..... Task 実行のためになされる、意図を持った振舞いを示す(レンジに点火する、冷蔵庫を開ける等の動作)。
- **Movement** ..... Action を構成する基本的なヒトの動作(移動する、モノを持つ等)を示す。
- **Sensor** ..... センサ出力より導出される低次のコンテキストを示す。ユーザーの現在位置、機器の状態(電源の on/off)等。

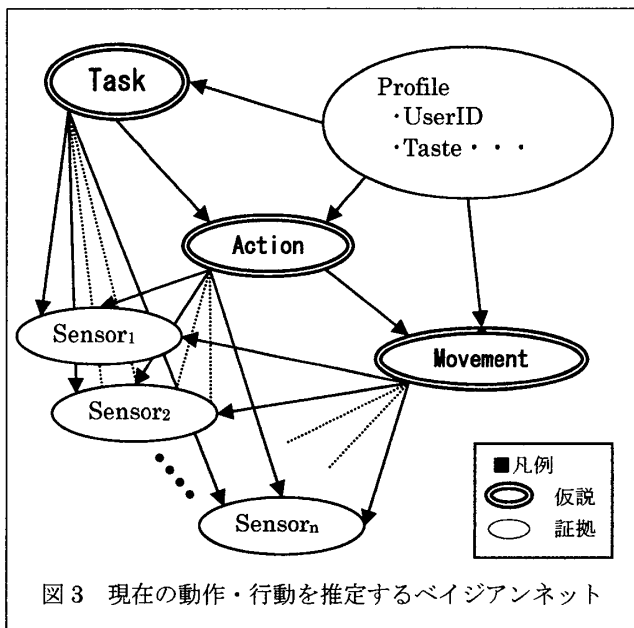


図3 現在の動作・行動を推定するベイジアンネット

- **Profile** ..... ユーザーの嗜好等のプロフィール情報。分散環境行動データベースのヒト固有情報から得られる。

Task, Behavior, Movement は直接観測することは出来ないが、これらのノードは観測可能な変数である Sensor ノードを出力する。

Task, Behavior, Movement と Sensor, Profile の関係を事例から学習しておけば、Sensor や Profile を証拠としてこれらの推定をすることが出来る。

また、Sensor として与えられる証拠が不十分でも、事前知識を用いて現在時刻により確率分布を更新し、より正確な推定をすることが可能である。

### 6. まとめ

分散環境行動データベースの構成と、ベイジアンネットを用いたユーザーが現在行なっている動作・行動の推定について述べた。

今後は、ベイジアンネットを過去の時系列情報が利用できるように拡張し、センサ出力系列からの更に高次のコンテキスト抽出に取り組む。

なお、本研究の一部は、情報通信研究機構の委託研究の一環として行われた。

### 参考文献

- [1] 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, Page3014-3023(2003.12.15)
- [2] 土川仁 他, 「ユビキタス環境下における体験共有システムの構築」 情報処理学会研究報告, Vol.2004, No.39(UBI-4), Page35-40(2004.04.23)
- [3] 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--」 情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.66th, No.5, Page5.5-5.8(2004.03.09)
- [4] 山崎達也 他, 「ゆかりプロジェクトにおける分散協調基盤--UKARI プロジェクト報告 No.2--」 情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.66th, No.5, Page5.9-5.12(2004.03.09)
- [5] 土井美和子 他, 「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--」 情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.66th, No.5, Page5.13-5.16(2004.03.09)
- [6] 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--」 情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.66th, No.5, Page5.17-5.20(2004.03.09)
- [7] 樋上義彦, 佐野睦夫, 土井美和子, 宮脇健三郎, 「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」 情報処理学会全国大会講演論文集 Vol.66th, No.4, Page4.3-4.4(2004.03.09)
- [8] Russell.S. and Norvig.P. "Artificial Intelligence, A Modern Approach" Prentice Hall, 1995. (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, pp.439-460, 1997.)