JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	ホームネットワークにおけるユーザー行動のモデリングに関する研究
Author(s)	坂野，良輔
Citation	
Issue Date	2008-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/4322
Rights	
Description	Supervisor:丹　康雄，情報科学研究科，修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

修 士 論 文

ホームネットワークにおける
ユーザー行動のモデリングに関する研究

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報システム学専攻

坂野 良輔

2008 年 3 月

修 士 論 文

ホームネットワークにおける
ユーザー行動のモデリングに関する研究

指導教官　丹 康雄 教授

審査委員主査　丹 康雄 教授
審査委員　篠田 陽一 教授
審査委員　敷田 幹文 准教授

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報システム学専攻

610039 坂野 良輔

提出年月: 2008 年 2 月

Copyright © 2008 by Sakano Ryousuke

概 要

多種多様な機器で構成された複合型のネットワークであるホームネットワークでは、事前に実環境を構築し、検証することが困難であるため、シミュレーションを用いた検証が不可欠である。加えて、ホームネットワークはユーザーとインタラクションを取りながら状態を変えていくことから、ホームネットワーク全体のシミュレートを行うためには、ユーザー行動のモデリングが必要となる。

現在、ある機器群のカテゴリに対して具体的な目的を与えるとユーザーの機器の操作を生成する手法 [1] が提案されている。本研究では、この提案をホームネットワーク全体に拡張するために、存在する機器やユーザーの生活行動を分類し、かつユーザーの意向を含む具体的な入力を生成する。

目 次

第 1 章　はじめに **1**
1.1　研究の背景 1
1.2　研究の目的 1
1.3　本論文の構成 2

第 2 章　ホームネットワーク **3**
2.1　ホームネットワークとは 3
2.2　住宅におけるホームネットワークの普及 3
2.3　ホームネットワークとユーザーの関係 4

第 3 章　ユーザー行動モデリング実現のために **5**
3.1　モデリングとは 5
3.1.1　ユーザーモデリング 5
3.1.2　ユーザーモデリング手法の分類 5
3.1.3　ユーザーモデリングの問題点 7
3.2　ユーザー行動の定義 7
3.2.1　意向と部分意向 7
3.2.2　機器と生活行動のカテゴライズ 8
3.2.3　機器と生活行動の組み合わせ 11
3.2.4　ユースケース群の作成 11
3.3　ユーザー行動の生成 13
3.3.1　意向・部分意向のモデリング 15
3.3.2　シーケンスモデル 18

第 4 章　時間軸に対するユーザー行動の性質 **25**
4.1　意向の直列・並列性 25
4.2　行動履歴取得への応用 26
4.2.1　実験データの構成 26
4.2.2　行動履歴の取得方法 27

第 5 章　システムの設計 **30**
5.1　システムの概要 30

5.2 確率推論部の概要 31
5.3 シーケンス生成部の概要 38
5.4 動作例 39

第 6 章 評価および考察 **41**
6.1 評価方法 41
6.1.1 生活パターンの分類 41
6.2 提案モデルの妥当性評価 44
6.2.1 評価項目 44
6.2.2 評価対象 44
6.2.3 一様乱数を用いたモデルとの比較・考察 45

第 7 章 終わりに **46**
7.1 まとめ 46
7.2 今後の課題 47
7.2.1 ユーザー行動の可視化 47
7.2.2 ホームネットワークを用いたサービスへの適用 47

第 8 章 謝辞 **48**

付 録 A プリコード表一覧 **51**
A.1 照度 51
A.2 意向 51
A.3 部分意向 52
A.4 機器 53
A.5 機器の操作 55
A.6 天候 60
A.7 性別 61

図 目 次

3.1 ベイジアンネットワークの例 7
3.2 意向と部分意向 8
3.3 AV 機器関連図例 14
3.4 ユーザー行動生成の全体像 15
3.5 各ノードのグループ化と依存関係 17
3.6 作成したベイジアンネットワーク 18
3.7 シーケンスモデルの全体像 19
3.8 部分状態機械の概念 20

4.1 意向の直列性 26
4.2 意向の並列性 26
4.3 画像データ例 1 27
4.4 画像データ例 2 27
4.5 画像データ例 3 27
4.6 画像データ例 4 27
4.7 画像データ例 5 27
4.8 ユビキタスホーム 28

5.1 システム構成図 30
5.2 ベイジアンネットワークの実装 (1) 32
5.3 ベイジアンネットワークの実装 (2) 33
5.4 ベイジアンネットワークの実装 (3) 34
5.5 ベイジアンネットワークの実装 (4) 35
5.6 ベイジアンネットワークの実装 (5) 36
5.7 ベイジアンネットワークの実装 (6) 37
5.8 コマンドシーケンス生成部の処理の流れ 38

表 目 次

3.1 集約した機器リスト 10
3.2 生活行動の分類 11
3.3 生活行動と機器カテゴリの組み合わせ (1) 12
3.4 生活行動と機器カテゴリの組み合わせ (2) 12
3.5 AV 機器関連表例 13
3.6 AV 機器のユースケース例 13
3.7 作成したユースケース数 14
3.8 ノードのグループ化 17
3.9 AV 家電に対応した部分状態機械 21
3.10 AV 機器の部分状態機械 21
3.11 部分状態機械 (POWER) に対する入力 21
3.12 部分状態機械 (TUNER) に対する入力 22
3.13 部分状態機械 (AMP) に対する入力 22
3.14 部分状態機械 (LINE) に対する入力 22
3.15 部分状態機械 (INSERT-REMOVE) に対する入力 22
3.16 部分状態機械 (DUBBING) に対する入力 22
3.17 部分状態機械 (PLAYER/RECORDER) に対する入力 23
3.18 部分状態機械 AMP 状態遷移表 23

4.1 データフォーマット 29

5.1 各層と各ノードの対応表 31

6.1 一週間の在宅率 (男女) 42
6.2 一週間の意向発生数 (男性) 42
6.3 一週間の意向発生数 (女性) 43
6.4 一週間の特殊なイベント 43
6.5 作成したユーザーモデルの合致率 44
6.6 一様乱数モデルの合致率 45

A.1 プリコード 照度 51
A.2 プリコード 意向 51
A.3 プリコード 部分意向 52

A.4 プリコード 機器 (1) 53
A.5 プリコード 機器 (2) 54
A.6 プリコード 機器の操作 (1) 55
A.7 プリコード 機器の操作 (2) 56
A.8 プリコード 機器の操作 (3) 57
A.9 プリコード 機器の操作 (4) 58
A.10 プリコード 機器の操作 (5) 59
A.11 プリコード 機器の操作 (6) 60
A.12 プリコード 天候 60
A.13 プリコード 性別 61

第1章　はじめに

1.1　研究の背景

AV 機器や白物家電、空調機器などの異なる分野の機器から構成されるホームネットワークは、一般家庭に導入され、ユーザーの快適性、利便性などに貢献することが期待されている。ユーザーはある意向を達成するために、年代や嗜好などユーザー固有の情報や室内温度、天気といった環境などから影響を受け、ホームネットワークとインタラクションをとりながら生活する。それに伴い、設計したホームネットワークをユーザーの挙動も含めた形でモデリングし、検証することが必要である。現在、ホームネットワークを構成する機器を分類し、ユーザーの行動履歴と組み合わせることによって、ユーザーの意向から目的を達成するまでの機器の操作を出力する手法が提案されている [1] 。

1.2　研究の目的

本研究の目的は、ホームネットワークにおいて、ユーザーの行動をシミュレートする機構を提案し、その設計、実装および評価を行うことである。ホームネットワークにおけるユーザーの最終的な目的は、ユーザーの意向によって決定する。そこで本研究では、確率モデルであるベイジアンネットワークを用いて、ユーザー固有の情報 (プロファイル、プリファレンス) や温度、照度などの環境情報などからユーザーの意向を生成し、全体的な意向から機器レベルの意向を生成する機構を構築する。全体として、それらの意向を達成するためにユーザーが行う機器の操作をシミュレートするシステムを構築し、システム被験者の主観や一致率など確率的な観点で提案方式の検証、評価を行う。本研究の成果は、仮想的なホームネットワーク空間におけるシミュレーションを行う際のトラフィックの発生源、また、実空間においてユーザーの嗜好に合わせた機器の操作を提案できるシステムなどに応用できるものとして期待される。

1.3　本論文の構成

本論文は以下の構成になっている.

- 第 1 章
  研究の背景と目的，本論文を通しての全体の流れの説明を行う.
- 第 2 章
  ホームネットワークの概要と現状，ユーザーとの関係についてまとめる.
- 第 3 章
  ユーザー行動モデリング実現のための原理や枠組みについて説明を行う.
- 第 4 章
  時間軸に対する人間行動の知見と行動履歴取得への適応例を説明する。
- 第 5 章
  本研究で提案するシステムの概要及び設計を説明する。
- 第 6 章
  提案モデルの妥当性に関する評価を行う。
- 第 7 章
  本研究について総括し、今後の課題について論じる。

第2章　ホームネットワーク

2.1　ホームネットワークとは

ホームネットワークとは、AV 機器や白物家電、空調機器などの異なる分野の機器から構成され、有線や無線などの伝送技術を用いて、相互接続し連係動作させることで、家庭の活動を支援するネットワークである。本章では、ホームネットワークの普及状況とユーザーとの関係を明らかにする。

2.2　住宅におけるホームネットワークの普及

従来、住宅に存在する家電は、1950 年代半ば以降に一般家庭に浸透した冷蔵庫、エアコン、洗濯機、アナログテレビなどの白物家電であった。その後、これまでの白物家電とは異なる、デジタル通信技術・処理すなわち IT 技術を利用した情報家電が 1990 年代末から一般家庭に普及していった。ネットワーク接続機能をもつ情報家電は、PC 系機器や白物家電機器、AV 系機器、設備機器などに分類される。[2] これらの情報家電を相互接続したホームネットワークを用いホームアプリケーションは 1980 年代より盛んに検討されており、屋外から携帯電話などを用いて遠隔操作するホームコントロール、ホームセキュリティ、エンターテイメント、生活支援などに大きく分けられる。

平成 19 年度の内閣府による高齢社会白書 [3] によると、高齢化率は今後も上昇を続け、平成 67（2055）年には 40.5 %に達して、国民の 2.5 人に１人が 65 歳以上の高齢者となる社会が到来すると推計されている。総人口に占める後期高齢者の割合も上昇を続け、67（2055）年には 26.5 %となり、４人に１人が 75 歳以上の高齢者となると推計されている。高齢化社会の到来に伴い、防犯・防災、介護などをニーズとした高齢者世帯見守り・遠隔介護などのために、設備機器系ネットワークとそれに伴うホームアプリケーションの充実が期待される。

住宅内には、多種多様な機器が存在する。これらを相互接続し、連係動作させるためには、全体を締め上げるアーキテクチャが重要となってくる。

もともとの目的が異なる情報家電について単独でネットワーク経由での制御を行うのはもちろん複数のデ バイスを相互に接続し制御するためにはそれぞれ共通的な規格の取り決めを行う事が必要となる。しかし、もともと背景も目的も異なるデバイス全体を共通的に規格化するのは困難を極め、標準化を目的とする団体・技術が数多く存在 する状況になっている。　そのように一種混沌としたホームネットワークのアーキテクチャについ

てはITU -T J.190[6]でレファレンスモデルが示されているが、そのモデルにおいてもデジタルAVドメイン、PCドメイン、電話・FAXドメイン、暮し環境（白物）ドメイン、というそれぞれ固有のプロトコルを用いるドメイン分けがされており、宅外の通信ネットワークからの接続は共通的なIPドメインを介して行われる形態が示され ている[3]。

ホームネットワークのいっそうの普及には、全体を締め上げるアーキテクチャの標準化とそれにのっとた形でのネットワークとサービスの実現が期待される。

2.3 ホームネットワークとユーザーの関係

ユーザーとホームネットワークは互いに独立しているものではなく、互いにインタラクションをとりながら絶えず環境を変化させていき、両者を切り離して考える事はできない。家庭には、人間の生活活動の大部分が含まれ、そこに住むユーザーには年齢層、性別、嗜好など様々な要因が存在する。一方、ホームネットワークにも多種多様な機器やサービスが存在している。このような状況下では、ユーザーが自身の嗜好性に合わせた環境を構築する事は困難である。そこで、ユーザーがホームネットワークに合わせるのではなく、ホームネットワークがユーザーに合わせるような関係が必要である。また、ホームネットワークにおけるユーザーモデリングをおこなう際にも、ユーザーのみでなく、ホームネットワークを含めた形でモデリングする必要がある。

第3章　ユーザー行動モデリング実現のために

本章では、現在用いられているユーザーモデリング手法を明確にした上で、ユーザー行動の行動を生成するための原理と枠組みを説明する。

3.1　モデリングとは

3.1.1　ユーザーモデリング

ユーザーが情報システムを利用する場合、どのような動作が理想的であるかを事前に決定する事は困難である。これは、システムの設計が事前に規定されてることに起因する。情報システムを利用するユーザーは様々なプロファイル・プリファレンスを持ち、システムに期待する事も千差万別である。したがって、ユーザーの期待に沿う形でシステムを動作させるには、ユーザーの反応を実行時に予測した上で、さらにその反応や評価を最適化するようなメカニズムを考慮する必要がある [7]。このメカニズムこそ、ユーザーモデリングと呼ばれるものである。

3.1.2　ユーザーモデリング手法の分類

ユーザーのモデル化手法は統計学、人工知能の分野から様々な手法が提案されている。統計学の分野では、ユーザーのデータやそのユーザーが置かれた状況のデータに対する、コンテンツのデータの対応関係をモデル化する手法として発達している。人工知能の分野では、エージェント的なアプローチとして、発達している。エージェントは、エージェント自身の目的を果たすために、環境との相互作用をとおして環境モデルを環境に適応させていく事で、結果的にユーザーの能力を改善していくシステムをさす。この環境モデルのうち、ユーザーに対するものがユーザーモデルである。ユーザーモデリングは現実のモデルを表現する方法としてグラフを用い、モデルに基づく推論のために確率を用いることが多い。　ユーザーモデルの構築にあたっては、ユーザーの操作や行動の履歴から　統計的に決定する事になる。ある状況において、発生したユーザーの行動を記憶し、そのデータを元にモデルを作成する。作成したモデルを元にユーザーとその状況から様々な行動への

嗜好への適合度を求め、推定する。
以下に各方式の概要を示す。

(1) 協調フィルタリング

協調フィルタリングは、インターネットに置けるコンテンツ推薦の技術として注目されている。この手法では、ユーザーは似たようなコンテンツを好むほかのユーザーがとった行動と同じ行動、すなわちコンテンツ選択と同じ選択をするであろうと考える。これをモデル化することで、コンテンツを推薦する。特徴として、多くのユーザーからの大量データが必要となり、計算量が多くなる。また、推薦の精度は、該当コンテンツに対して似た履歴を持ユーザーが多数存在するのか、他のユーザーの選択結果をどの程度参考にするかに依存する。

(2) 共分散構造分析

共分散構造分析は、調査・実験研究の解析手法として注目を集めている。気温、天気など観測できる状況データだけでなく、選択理由など、存在的な状況についても、コンテンツの属性に対する因果関係として、グラフ構造でモデル化できる。属性間の関係は、観測変数間の分散と共分散により求められるパス係数という母数により定量化する。特徴として、データの正規性を仮定できることを前提としているため、ユーザーやコンテンツなどのデータについて前提に対する検討が必要である。

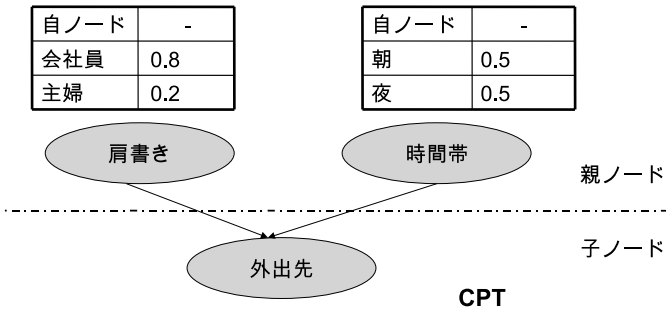
(3) ニューラルネットワーク

ニューラルネットワークは、非線形現象のモデル化に利用できる技術である。多層パーセプトロンを逆誤差伝搬法で学習することで、任意の非線形の関係を表現できる汎用性の高い手法である。特徴として、中間層やネットワーク構造がブラックボックスであるため、モデルの正しさを定常的に理解する事ができない。

(4) ベイジアンネットワーク

ベイジアンネットワークは、統計データに基づいて統計的学習によりグラフ構造を持つモデルを構築し、モデルにより確率推論を行う技術である。ユーザーモデルへの適用に対して統計的学習によって、ユーザーモデルの構築ができるとともに、個々のユーザーへの適応が行えるという特徴がある。さらに以下のような特徴のもと、ユーザー適応システムへの適応を期待できる。ベイジアンネットワークは問題の対象にある複雑な依存関係を表すためにグラフ構造を用いて、依存関係のある変数の間を向きを持ったリンクで結ぶ。つまりは、リンクを辿ったパスは単方向非循環有向グラフとなる。
図 3.1 に示したベイジアンネットワークは肩書き、時間帯、外出先という各ノードとそれらを結ぶ依存関係を示した矢印と、CPT(Conditional Probability Table) と呼ばれるノード間の条件付き確率表で表現される。肩書きと時間帯、外出先の間には、肩書きが会社員かつ時間帯が朝であれば 0.9 の確率で外出先は駅となる。

このように、ある事象間に因果関係を見いだす事で、ユーザーの意向や嗜好などの不確定要因を含む不完全な情報や直接観測困難な情報を取り扱う事に適用している。[7] また、すべての変数に意味を持たせることができるため、モデルの可読性が高く、定常的な意味が理解しやすい。そのため、設計者がモデルの正しさを直接確認することができる。



CPT

親ノード / 子ノード	会社員		主婦	
	朝	夜	午前	午後
駅	0.9	0.7	0.2	0.3
スーパー	0.1	0.3	0.8	0.7

図 3.1: ベイジアンネットワークの例

3.1.3 ユーザーモデリングの問題点

ユーザーの行動モデリングで、問題となる点は、ユーザーの目的とユーザーを取り巻く様々な状況との間に、どのような依存関係が存在するかを明確にする点、人間の行動をどのような枠組みでとらえるかという点、一人の人間として一貫性がとれているか等、である。本研究ではこの問題に対して、人間の行動に対する知見を示し、周囲を取り巻く状況を含めた形で、一人の人間を表現できる機構を構築する。

3.2 ユーザー行動の定義

3.2.1 意向と部分意向

文献 [9] によると、ユーザーが家電機器を操作するときの心理過程は、以下の 3 つの段階に分けられる。

1. 意向の形成
   ユーザーは外部からの要因 (騒音、湿度など) やユーザー自身の要因 (音楽を聴きたいなど) により様々な意向を形成する。

2. 行動の生成
   形成した意向に対して、それぞれの行動候補を形成する。

3. 行動の決定
   いろいろな行動に対し、ユーザーは最終的に一つを選び行動する。

本研究では、この心理変化過程に基づき、ユーザー行動の枠組みを決定した。ユーザーが意向を達成するには複数の目的を達成しなければならない。意向に含まれる単一及び複数の具体的な目的を、本研究においては部分意向と呼ぶ。意向は単一及び複数の部分意向によって表現される。外出時のユーザーの意向と部分意向の例を図3.2 に示す。この例では、ユーザーが外出という目的を達成するためには、消灯する、鍵をかける、テレビを消す、という具体的な目的を達成する必要がある。このように、意向とそれを達成するための行動候補との関係を明確にすることで、ホームネットワークにおけるユーザー行動を表現する枠組みとする。

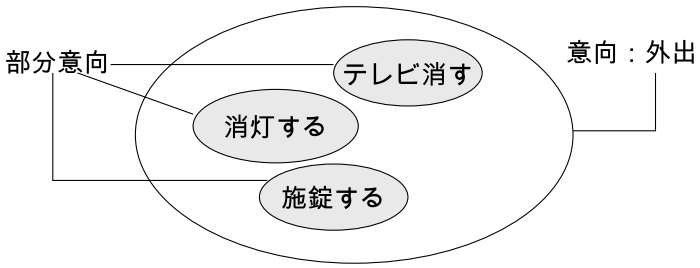


図 3.2: 意向と部分意向

3.2.2 機器と生活行動のカテゴライズ

文献 [1] の提案手法では、ユーザーの目的が定義されておらず、部分意向レベルのユーザーの目的のみ定義されている。そこで本研究では、文献 [1] をホームネットワーク全体に拡張するために住宅内に存在する機器カテゴリの作成とユーザーの生活行動の分類をおこなった。

- 機器カテゴリの作成

ホームネットワークに存在する機器の網羅的な機器カテゴリの作成をおこなう。分類手法を以下に示す。

a) 網羅的な家電機器リストの作成

b) 目的毎に分類

c) 2 を集約

調査した家電機器メーカー [?, toushiba][?, 25] 全ての機器に対しこれらをおこない、集約した機器リストを作成した。作成した機器カテゴリを表 3.1 に示す。

表 3.1: 集約した機器リスト

機器系	機器名
AV 機器	テレビ，DVD プレーヤー/レコーダー，デジタルカメラ，オーディオ，ラジオ，メディア，ヘッドフォン，スピーカー，PC
空調機器	エアコン，扇風機，暖房機器，加湿器，除湿機，換気扇，窓，カーテン
照明機器	(調光可能) 白熱電球，ハロゲン電球，LED (調光不可) 蛍光ランプ，電球蛍光ランプ，コンパクト形蛍光ランプ，窓，カーテン 場所:リビング・ダイニング，吹き抜け・リビング，ダイニング，キッチン，寝室，子供部屋，個室，和室，内玄関，廊下，階段，トイレ，洗面室，浴室, 納戸，クローゼット，ポーチ，門・アプローチ，勝手口，庭・テラス，ベランダ，バルコニー，ガレージ
情報機器	PC，プリンタ，スキャナ
美容機器	ドライヤー，シェーバー，洗面化粧台，電動歯ブラシ，ネイルケア
洗濯機器	洗濯機，乾燥機，アイロン，換気扇
掃除機	掃除機，食器洗い乾燥器，生ごみ処理機，空気清浄機
調理機器	冷蔵庫，電子レンジ，換気扇，ガスコンロ，炊飯器，ポット，温水器，IH クッキングヒーター，トースター
通信機器	PC，ファックス，携帯電話，固定電話，ネットワークカメラ，インターホン
トイレ機器	トイレ設備，換気扇，空気清浄機
入浴機器	バスルーム，給湯機，換気扇，暖房機器
防犯機器	防犯用窓ガラス，ID 付き電気錠付門扉
ヘルスケア機器	体調チェック用器具，マッサージャー，フィットネス機器
睡眠機器	目覚まし時計

- 生活行動のカテゴライズ

住宅内の人間の基本生活行動を定義した一例に [8] がある。本研究では、この分類に意向・部分意向の考え方を取り入れ、再定義した。具体的には、睡眠、外出などの基本生活行動に対となる起床、帰宅などの生活行動を追加した。

表 3.2: 生活行動の分類

生活行動	
起床	くつろぎ
着脱衣	入浴
洗面/身だしなみ	トイレ
食事	外出
食事準備	帰宅
洗濯	学習/仕事
掃除	睡眠

3.2.3 機器と生活行動の組み合わせ

作成した機器リストとユーザーの生活行動から、ユーザーが生活行動をおこなう際にどの機器カテゴリを用いるかを定義する。表 3.3, 表 3.4 は生活行動に対する機器カテゴリの組み合わせである。

3.2.4 ユースケース群の作成

部分意向達成までの行動を規定するために、ユースケースの作成をおこなう。 ユースケース作成手順を以下に示す。

a) 機器カテゴリより機器の関連表を作成

b) 機器カテゴリより機器の関連図を作成

c) a,b より関連性、依存関係を判断しユースケースを抽出

関連表

家電機器の関連表は各家電機器間の関連性を示す表である。表は、縦軸と横軸の交差しているところに○が付いていれば、この縦軸を代表している家電機器は横軸を代表している家電機器と関連を示している。

表 3.3: 生活行動と機器カテゴリの組み合わせ (1)

機器のカテゴリ	AV	空調	照明	情報	美容	洗濯	掃除
起床	○	○	○				
着脱衣		○	○				
洗面/身だしなみ		○	○		○		
食事	○	○	○				
食事準備		○	○				
洗濯		○	○			○	
掃除		○	○				○
くつろぎ	○	○	○		○		
入浴		○	○				
トイレ			○				
外出	○	○	○	○			
帰宅		○	○				
学習/仕事	○	○	○	○			
睡眠	○	○	○				

表 3.4: 生活行動と機器カテゴリの組み合わせ (2)

機器のカテゴリ	調理	通信	トイレ	入浴	防犯	ヘルスケア	起床	睡眠
起床							○	
着脱衣								
洗面/身だしなみ								
食事		○						
食事準備	○							
洗濯								
掃除								
くつろぎ	○	○				○		
入浴				○				
トイレ			○					
外出					○			
帰宅					○			
学習/仕事	○	○						
睡眠					○	○		○

関連図

各家電機器の依存関係を有向グラフで表現した図である。各家電機器の依存関係を明確に判断するために作成した。

ユースケースは上記の作成方法従い、関連表・関連図を参照し作成する。AV 機器系のユースケース作成の例をみていくと、表 3.5 に示す AV 機器関連表から機器間の関連性を参照し、図 3.3 の AV 機器関連図から機器間の依存関係を判断する。これによって、表 3.6 に示すユースケースが作成される。作成したユースケース名は部分意向、ユースケースを部分意向達成のための行動として用いる。この手法を用いて、全ての機器カテゴリに対し、ユースケースを作成した。作成したユースケース総数を表??に示す。

表 3.5: AV 機器関連表例

	テレビ	DVD プレーヤー/レコーダー	ヘッドフォン	スピーカー	PC
テレビ		○	○	○	
DVD プレーヤー/レコーダー	○				○
ヘッドフォン					
スピーカー	○				○
PC	○	○	○		

表 3.6: AV 機器のユースケース例

ユースケース名	使用機器	映像再生	DVD →テレビ→スピーカー
テレビを見る	テレビ	映像再生	DVD →テレビ→ヘッドフォン
テレビを見る	テレビ→スピーカー	映像再生	PC
テレビを見る	テレビ→ヘッドフォン	映像再生	PC →スピーカー
映像再生	DVD →テレビ	映像再生	PC →ヘッドフォン

3.3 ユーザー行動の生成

本研究の目的は、ホームネットワーク上で生活するユーザーの行動を生成することである。つまり、ホームネットワークを取り巻く様々な外因から、ユーザーの意向を形成し、それを達成するための機器に対する具体的なコマンドまでを生成することを目指す。図 3.4 にユーザー行動生成の全体像をしめす。

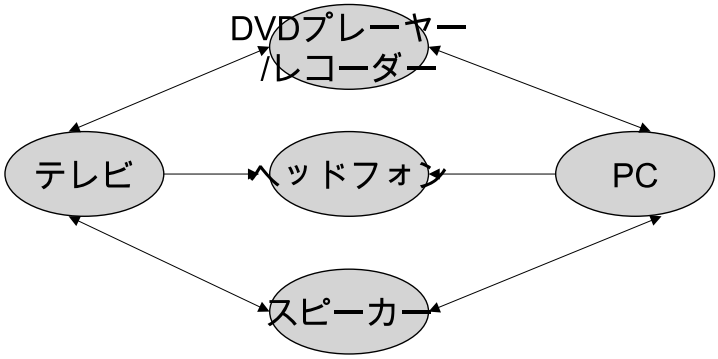


図 3.3: AV 機器関連図例

表 3.7: 作成したユースケース数

カテゴリ	ユースケース数
AV	22
空調	32
照明	15
情報	3
美容	10
洗濯	5
掃除	5
調理	14
通信	8
トイレ	3
入浴	4
防犯	4
ヘルスケア	3
睡眠	3
合計	131

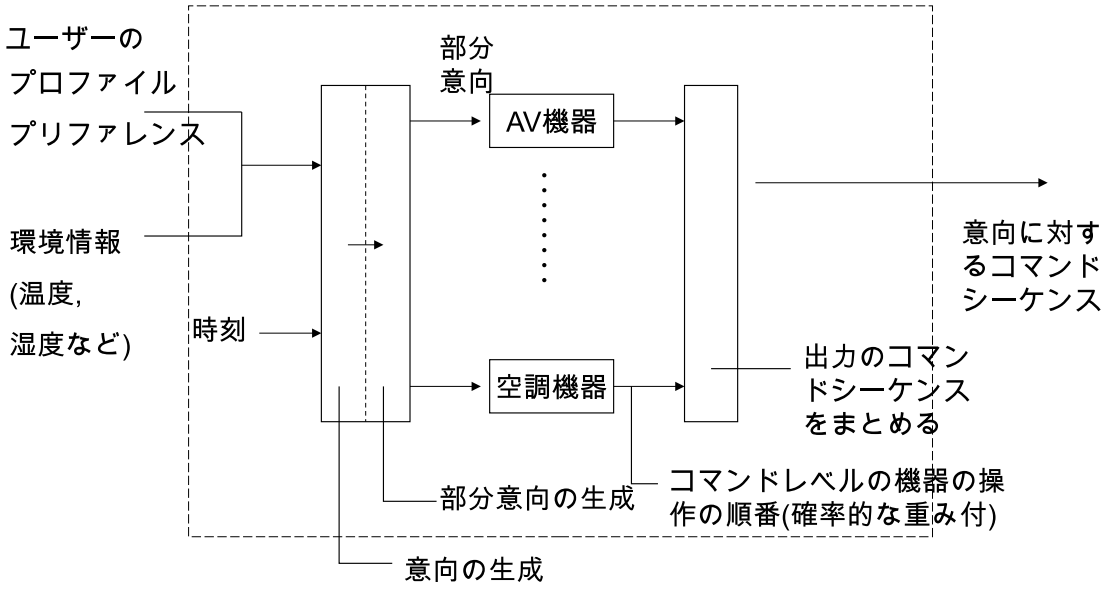


図 3.4: ユーザー行動生成の全体像

本研究では、実現のために、ユーザーの頭の中での意思、つまり、意向とそれらを達成するための部分的な意向を形成するための部分、また部分的な意向からコマンドを生成する部分に分類し、ユーザーの行動を生成する。ここでは、意向・部分意向レベルでのモデリング、部分意向からコマンドを生成する方式を説明する。

3.3.1 意向・部分意向のモデリング

ユーザーの意向は、ユーザー固有の情報や環境情報、時刻などの状況情報から影響を受ける。そこで、本研究ではこれらの情報から意向を生成するために、 確率モデルであるベイジアンネットワークを構築し、ユーザーモデルを作成する。ここでは、ベイジアンネットワークを用いたユーザーモデル構築手法をまとめ、本研究の課題に対する解決策を示す。

ベイジアンネットワーク構築手法

ベイジアンネットワークを用いたユーザーモデルの構築には、

- 各ノードにおける CPT の決定
- グラフ構造の決定

が必要となる [7]。
以下それぞれの決定方法について説明を行う。

CPT の決定

CPT を決めるには、必要なノードを決定する必要がある。基本的には、ユーザーの嗜好を分類できるノードを、ユーザー属性、状況属性、コンテンツ属性等から意味的な関係を考慮して抽出する。そして、抽出した各属性を表す変数の持つ状態を決定する。例えば、時間帯と言う属性が持つ状態としては、朝、昼、夜などがあげられる。

グラフ構造の決定

ベイジアンネットワークの構造学習アルゴリズムとしては、現実的な時間でグラフ構造を探索するためのヒューリスティックスを用いた k-2 アルゴリズム [10] が知られている。
子ノードの 1 つを根、これに接続する親ノード軍を葉とした木に注目すると、ベイジアンネットワークはこの木が複数組合わさった物になる。そして、条件付確率分布をこの局所的な木のそれぞれについて 1 つ定義する。そこで、グラフ構造の決定は、各子ノードごとに最適な局所木を探索するアルゴリズムとして実現できる。以下にグラフ構造を決定する k-2 アルゴリズムの基本手順を示す。

1. 子ノードを定義
2. 子ノードごとに候補となる親ノードの集合を与える
3. 各子ノード五都に親ノードとの条件付き確率を決定
4. モデルの良さを評価する情報量基準に基づいて、最適な局所木 (親ノード) を子ノードごとに探索する

(4) については、k-2 アルゴリズム独自に提案されているもののほかに、AIC、BIC、MDL など、様々な情報量基準を利用することができる。

本研究では、ホームネットワーク上で生活するユーザーの生活行動を生成する為に、ユーザー行動のモデリングを行う。モデリングの対象は、ユーザーの意向とそれらを達成するための具体的な目的である部分意向である。
まず、各ノードを決定する必要があるが、それぞれの因果関係を考慮した上で、表 3.8 に示すユーザーに関する情報、環境情報、時刻、意向、機器のカテゴリ、部分意向の 6 つのグループに分類した。これらの依存関係は図 3.5 に示すとおりである。

グラフ構造は、評価に AIC を用いた k-2 アルゴリズムを用い、各ノードの親子関係からユーザーの行動履歴をもとに決定した。
作成したベイジアンネットワークの一例を図 3.6 に示す。
作成したベイジアンネットワークは、表 3.8、図 3.5 から定義され、

表 3.8: ノードのグループ化

グループ	ノード例	説明
ユーザー	性別	ユーザーに関する情報
環境	天候	ユーザーを取り巻く環境の情報
時刻	時刻	
意向	外出	ユーザーの行動決定のおおもと
機器のカテゴリ	防犯機器	意向達成のために使用する機器
部分意向	施錠する	意向達成のための小目的

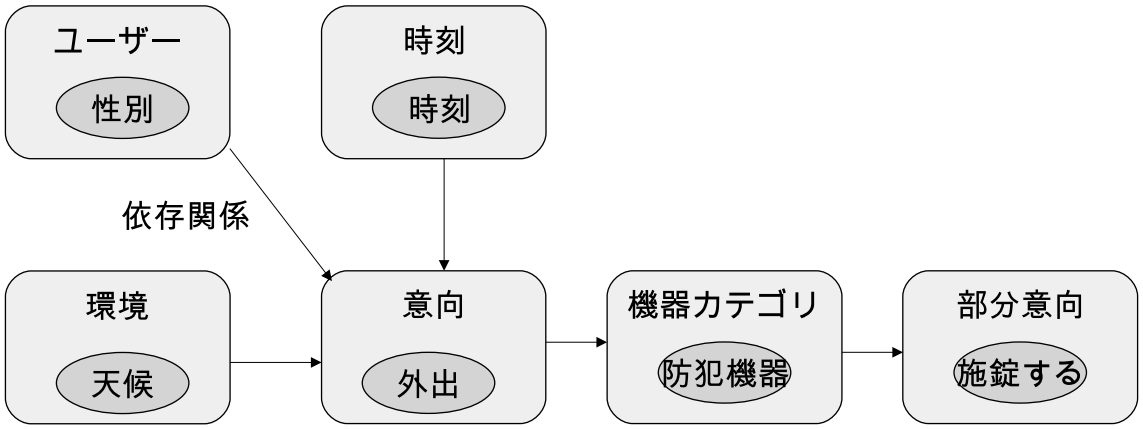


図 3.5: 各ノードのグループ化と依存関係

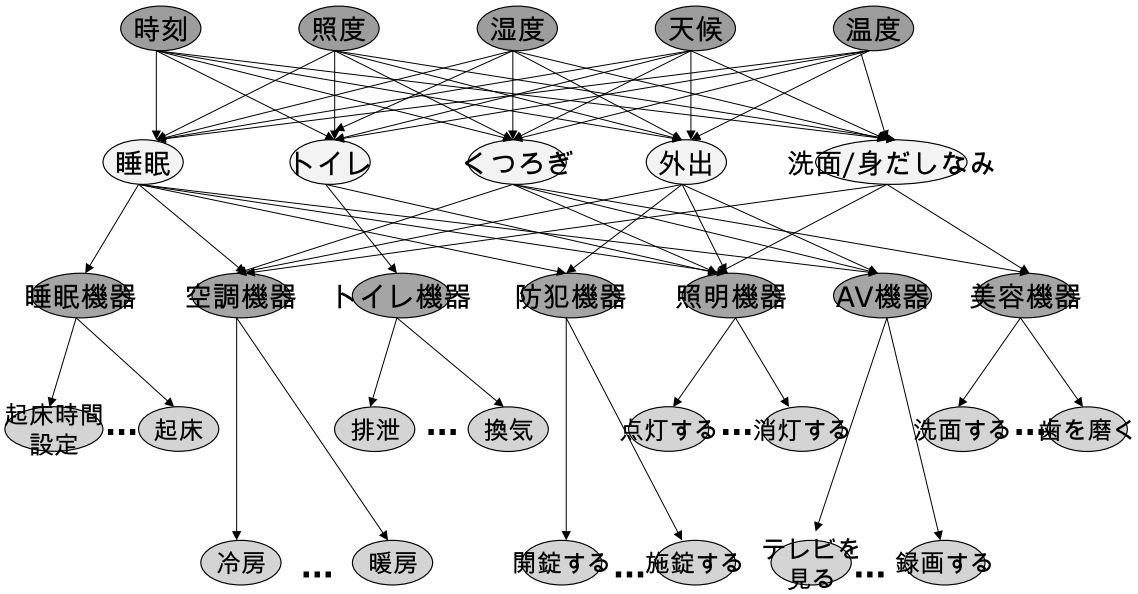


図 3.6: 作成したベイジアンネットワーク

1. 意向推定層
2. 意向層
3. 機器群層
4. 部分意向層

から成る。

1 層目はプロファイル、プリファレンスや温度、湿度、などの環境情報と時刻を配置し、ユーザーの意向を推定する元となる。2 層目はユーザーの意向を示し、3 層目は機器のカテゴリ、4 層目は部分意向である。2 層と 4 層の間に機器のカテゴリを挿入しているのは、意向と部分意向間の制限をユーザーモデルに取り入れるためである。

3.3.2 シーケンスモデル

シーケンスモデルは、住宅内でのユーザーの意向から具体的な機器のコマンド群を生成する手法 [1] である。本研究では、部分意向からコマンドレベルシーケンスを生成するために、シーケンスモデルを利用する。図 3.7 にシーケンスモデルの全体像を示す。

図 3.7 はシーケンス生成の全体像であり、シーケンス生成の流れとして、

1. 機器レベルシーケンスの生成
2. コマンドレベルシーケンスの生成

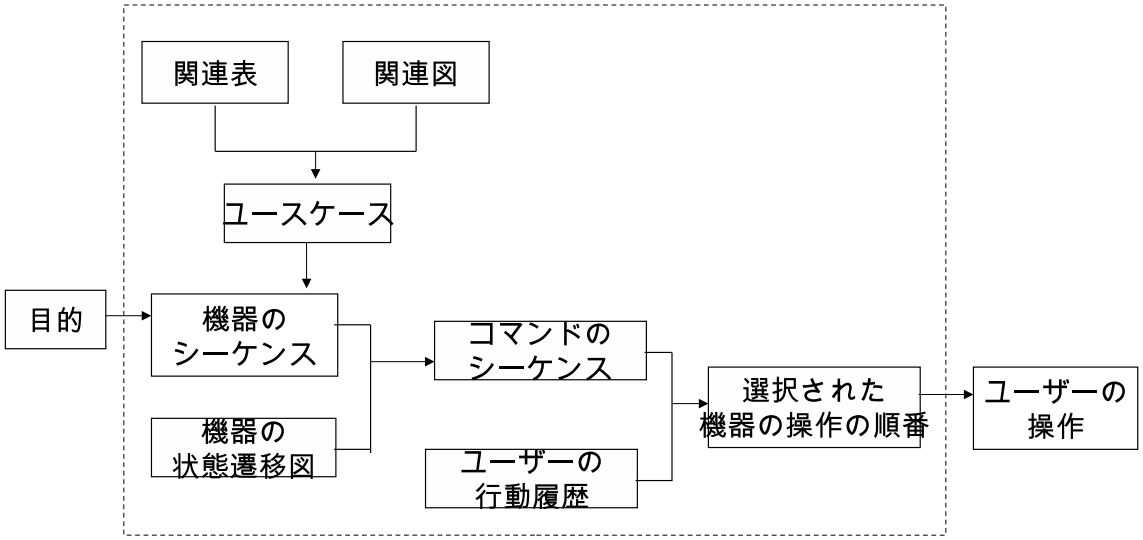


図 3.7: シーケンスモデルの全体像

3. コマンドレベルシーケンスの選択

という手順でおこなう。本研究では、シーケンスモデルをホームネットワーク全体を対象とできるよう、拡張を行った。以下各項目の説明を行う。

機器レベルのシーケンスの生成

シーケンスモデルでは、ある目的に複数の家電機器を利用する場合のユーザーの振る舞いを家電機器の一連の動作によって表す。はじめに、これを抽出するために、まず家電機器の間で総当りの依存性を評価した関連表と各機器の依存関係を有向グラフで表現した関連図を作成する。関連表と関連図内の機器の組合せでユーザーにとって有意義な動作をユースケース図を作成して列挙する。その行動パターンを参照し、機器レベルのシーケンスを生成する。ここで注目すべき特徴として、関連表内の機器同士の組合せのみを考えることにより、ユースケース数の爆発をある程度抑えることができる点が挙げられる。関連性のあるグループ内での機器の組み合わせ、例えば、食事をする際には、照明→テレビ→暖房機器などのシーケンスが生成される。

コマンドレベルのシーケンスの生成

コマンドレベルのシーケンスは、生成された機器レベルのシーケンスと各機器の状態機械を参照し、具体的なコマンドレベルのシーケンスを生成する。注意すべき点は、この段階では、生成された機器レベルシーケンスが持つ状態機械に対するイベントを重複を許した順列で表しただけであるという点である。

また、本研究では、一つの家電機器を複数の独立した機能群から構成され、各機能群が平行して動作していると捉える部分状態機械 [11] 方式を利用する。これにより、各家電

機器を一から定義する必要なく、各部分状態機械を組み合わせることで、各家電機器を表現することができる。テレビを例に取った部分状態機械の概念図を図3.8に示す。

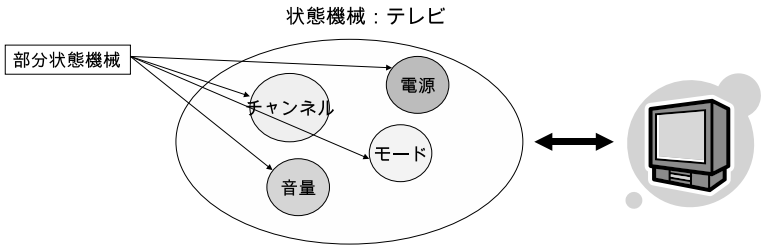


図 3.8: 部分状態機械の概念

有限状態機械は、イベントを受け取り、現在の状態に応じた動作をおこない状態へ遷移する装置を指す。状態機械は、次のような5つの組で定式化する。
A=(Q, Σ, δ,q0,F)

- Q:状態の集合
- Σ:入力記号の集合
- δ:遷移関数
- q0:初期状態
- F:最終状態

部分状態機械の考えに基づき、部分状態機械を用いるためには、

1. 部分状態} 機械の抽出
2. 各家電機器と対応する部分状態機械
3. 各部分状態機械の状態
4. 各部分状態機械に対する入力
5. 各部分状態機械の状態遷移表

を定義する必要がある。表3.9にAV機器に対応した部分状態機械、表3.10にAV機器を構成する各部分状態機械、表3.11-表3.17に、各部分状態機械に対する入力を、表3.18に部分状態機械AMPの状態遷移表を示す。

コマンドレベルシーケンスの選択

表 3.9: AV 家電に対応した部分状態機械

機器系	機器名	部分状態機械
AV 機器	tv	power/tuner/amp/aux/
	DVD プレイヤー/レコーダー	power/tuner/amp/aux/player・recorder/media/
	デジタルカメラ	power/media/dubbing/
	ラジオ	power/tuner/amp/
	ヘッドフォン	Insert_remove/
	スピーカー	power/amp/
	PC	power/media/player・recorder/dubbing/

表 3.10: AV 機器の部分状態機械

部分状態機械	機能	状態
power	電源	オン, オフ
tuner	チャネル	1-12
amp	音量	音量レベル (0-40)
aux	外部ライン入力	ライン (0-3)
media	ディスクの挿入, 火挿入	挿入, 非挿入中
dubbing	ダビング	ダビング中, 非ダビング中
Insert_remove	ヘッドフォンの挿入, 火挿入	挿入, 非挿入中
player/recorder	プレイヤーレコーダの基本的な機能	再生, 巻き戻し, 早送り, 停止, 一時停止, 録画, 頭出し早送り, 巻き戻し

表 3.11: 部分状態機械 (POWER) に対する入力

入力記号	意味
power	ソフト電源切り替え
link	ハード電源 on
unlink	ハード電源 off

表 3.12: 部分状態機械 (TUNER) に対する入力

入力記号	意味
Ch0 12	チャネル切り替え
chup,chdown	チャネル切り替え

表 3.13: 部分状態機械 (AMP) に対する入力

入力記号	意味
volup	音量を上げる
voldown	音量を下げる

表 3.14: 部分状態機械 (LINE) に対する入力

入力記号	意味
Line	ライン入力切替 (トグル)
line0 3	ライン入力切替

表 3.15: 部分状態機械 (INSERT-REMOVE) に対する入力

入力記号	意味
Insert_disc	ディスクの挿入
Remove_disc	ディスクの取り出し

表 3.16: 部分状態機械 (DUBBING) に対する入力

入力記号	意味
start_x	x(部分状態機械名) の開始
stop_x	x(部分状態機械名) の停止
τ (finish)	内部遷移 (動作の終了)

表 3.17: 部分状態機械 (PLAYER/RECORDER) に対する入力

入力記号	意味
play	再生
stop	停止
rew	巻き戻し
Ff	早送り
rec	録画
pause	一時停止

表 3.18: 部分状態機械 AMP 状態遷移表

状態/入力	vol-x	vol-up	vol-down	power
0	vol-x	1	0	off-vol0
1	vol-x	2	0	off-vol1
…	…		…	…
39	vol-x	40	38	off-vol39
40	vol-x	40	39	off-vol40
off-vol0	off-vol0	off-vol0	off-vol0	vol0
off-vol1	off-vol1	off-vol1	off-vol1	vol1
…	…	…	…	…
off-vol39	off-vol39	off-vol39	off-vol39	vol39
off-vol40	off-vol40	off-vol40	off-vol40	vol40

コマンドレベルシーケンスは、ユーザーの行動履歴をもとにシーケンス選択基準を用いて選択される。シーケンス選択基準は式に示すように、ユーザーの行動履歴との類似度とシーケンスの長さの差を用いて決定する。

$$V = -S + F \tag{3.1}$$

S:行動履歴との類似度 (距離)

F:行動履歴との長さの差

式にしめすS は、生成したコマンドシーケンスとユーザーの行動履歴とのレーベンスタイン距離を DP マッチングにより求める。

DP マッチング

DP マッチングとは動的計画法を文字列類似度計算に利用した物である。動的計画法は、1957 年にベルマンが開発した時間的、また空間的に多段階の最適問題を取り扱う数学的手法である。動的計画法は、最適経路中の部分経路もまた最適経路になっているという最適性原理を用いて、決定すべき N 個の最適決定を順次おこなうことによって、問題全体の最適解を探索していく。[12]

本選択基準の特徴として、コマンドシーケンスと行動履歴とのレーベンスタイン距離だけでなく、それにコマンドシーケンスの長さを足している点にある。動的計画法は、長いシーケンスを選択しやすいため、それを補正するために本選択基準では、コマンドシーケンスの長さを足して用いる。

第4章　時間軸に対するユーザー行動の性質

本研究では、意向・部分意向の考え方にもとづき人間行動を捉え、行動を生成する機構を提案してきた。本章では、意向・部分意向を時間軸に対して、見た場合どのような性質があるかを明確にし、現実世界の人間行動に適応し、ユーザーの行動履歴を作成する。

4.1　意向の直列・並列性

時間軸に対し、ユーザーの意向を眺めてみると、意向は直列または、並列であると考えることができる。以下意向が直列・並列である際の特徴を述べる。

意向の直列性

意向が直列である場合、図 4.1 に示すように複数の意向を重複して持つことができない。よって、ある意向 A が発生しているときに、意向 B が発生した場合は、意向 A は一度途切れ意向 B が終了後に再度意向 A が発生する形になる。特徴としては、意向の重複を許さないため、意向・部分意向の関係が保ちやすく、シンプルな人間の行動を表現できる。

意向の並列性

意向が並列である場合、複数の意向を重複して持つ事ができる。よって、直列である場合と比較し、意向が途切れる事なく、人間行動を表現できる。しかし、図 4.2 に示すように、複数の意向を引きずった形になりやすく、人間行動は複雑になる。また、複数の意向から同一の部分意向を持つと、意向・部分意向の包含関係が崩れる可能性がある。これは、瞬間的に見ると部分意向がどちらの意向に属しているか不明であるためである。つまりは、一人の人間の中で、資源競合が起こってしまうことをしめしている。

一人の人間内での資源競合を防ぐ、また、人間行動をより単純な形で示すため、本研究において意向は直列であるものとして取り扱う。

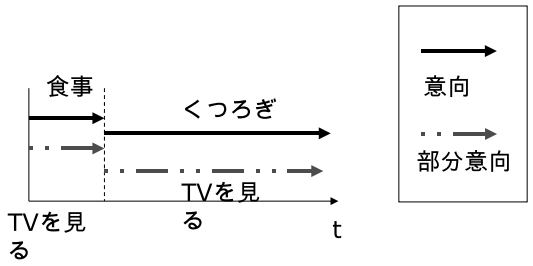


図 4.1: 意向の直列性

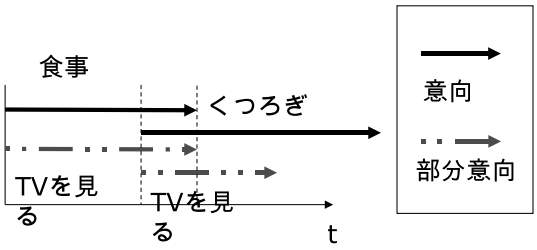


図 4.2: 意向の並列性

4.2 行動履歴取得への応用

本研究では、意向の直列性を用いたユーザーの行動履歴を作成するために、独立行政法人　情報通信機構 (NICT)、けいはんな情報通信融合研究センター、分散協調グループ [13] が、ユビキタスホームでおこなった実証実験データをもとに、ユーザーの行動履歴を作成する。

4.2.1 実験データの構成

NICT にておこなわれた実証実験データの構成を以下に示す。

1. 実験データの期間
   - 2006 年 01 月 14 日-2006 年 01 月 29 日
2. 被験者人数
   - 2 人 (60 代のご夫婦の日常生活)
3. 実験データの内容とサイズ
   - 天井カメラ画像データ (JPEG 画像ファイル) 1414GB
   - 天井マイク音声データ (MP3 音声ファイル) 257GB
   - センサーデータ (PostgreSQL dump 形式) 1.9GB
4. 各データについて
   - 画像データ
     ユビキタスホームの天井に設置された 17 台のカメラで撮影した各部屋の画像。5frame/sec の Motion Jpeg 形式で撮影。図 4.3-4.7 は、キッチンで 1 秒間撮影した画像データで、画像からは食事していることを確認できる。寝室、洗面・脱衣、浴室については、プライバシー保護の観点から撮影されなかった。

- 音声データ
  ユビキタスホームの天井に設置された 25 台のマイクで録音した各部屋の音声。64kbps の MP3 フォーマットで 1 分ごとにファイルに記憶。寝室での音声データはプライバシー保護の観点から実施されなかった。
- センサーデータ
  ユビキタスホーム各所に設置されたセンサーデータ。
  床圧力センサー、人感センサー、クッションセンサー、睡眠センサー、アクティブ RFID リーダー、無線 LAN、省電力無線、Bluetooth、リードスイッチセンサーから取得される。

5. 実験環境

- ユビキタスホーム環境。玄関、廊下、トイレ、洗面・脱衣、浴室、書斎、寝室、リビング、キッチンから構成されている。図 4.2.1 にしめす。



図 4.3: 画像データ例 1



図 4.4: 画像データ例 2



図 4.5: 画像データ例 3



図 4.6: 画像データ例 4



図 4.7: 画像データ例 5

4.2.2 行動履歴の取得方法

意向・部分意向の考え方にもとづき、行動履歴の取得をおこなう。
行動履歴の取得をおこなうには、

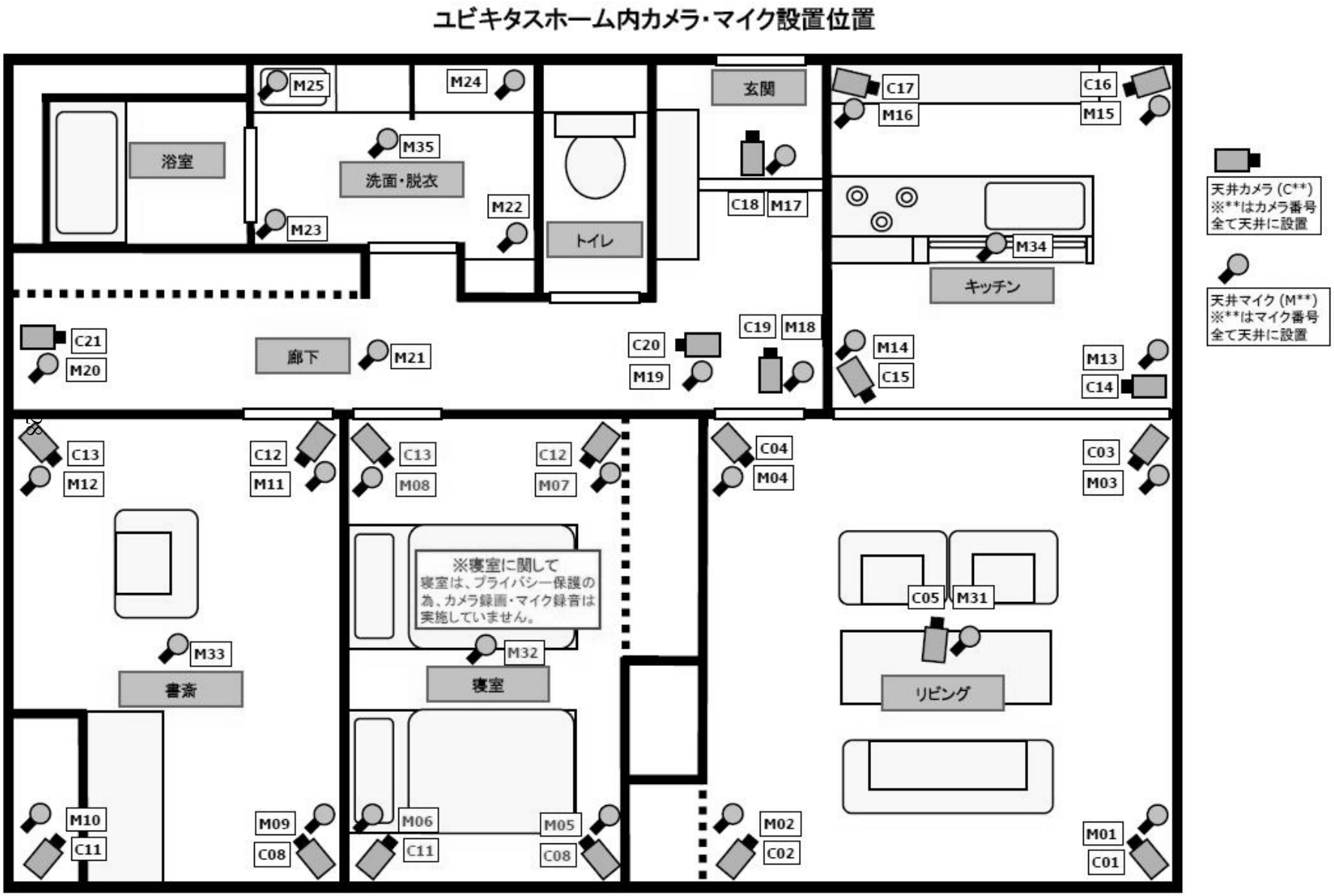


図 4.8: ユビキタスホーム

- データ分析方針
- データ記述方式

を明確にする必要がある。以下、各項目について説明をおこなう。

データ分析方針

データの分析は、画像を主に用い、それを補足する形でセンサー・音声データを利用する。手順としては、

1. 画像を眺め、行動を目視する。詳細が掴めない場合は、センサー・音声データから確認を行う。
2. 前回から変化があれば 3. へ、なければ 1. へ
3. 行動・状況を記述後、1. へ

を始まりから終わりまで、繰り返すことで行動を分析する。

データ記述方式

データの記述方法は、NHK 放送文化研究所がおこなった、2005 年 NHK 国民生活時間調査 [14]、また、統計局による平成 13 年度社会生活基本調査 [15] で用いられたプリコード方式を応用する。プリコード方式とは、調査票にあらかじめ記載された行動分類を記入者自身が選択する方式である。本研究では、あらかじめ生活者の行動を分類し、それに基づいた表 4.1 のコードを表に示すフォーマットに記入していくこととする。表 4.1 中の数字はプリコードと呼ばれるもので、18 であれば「くつろぎ」という意向をしめし、31 は意向を達成するために「テレビを見る」という部分意向という行動をしめしている。。

人間行動の認識についてだが、人間の行動は機械的に判断できるものではなく、ある程度記述者の主観に依存する。この点が、被験者自身が記述するプリコード方式との相違点である。

表 4.1: データフォーマット

時刻	照度	意向	部分意向	使用機器	機器の操作	天候※	性別※	主なイベント	備考
21:31:45	2(リビング)	18	31	102	206	702	802	くつろぎ	テレビ

本研究では、この手法を用いてユーザーの行動履歴を作成した。作成した行動履歴を用い、提案方式の評価をおこなう。

第5章　システムの設計

前章までに述べた手法・考察に基づき、ユーザー自身やそれを取り巻く環境情報などからユーザーの行動生成を実現するシステムの設計をおこなった。本章では、システムの概要と各コンンポーネントの設計内容、システムの動作概要について述べる。

5.1　システムの概要

本研究で、提案するシステムは主に、ユーザー固有の情報や環境情報等からユーザーの意向・部分意向を生成する確率推論部、推論から導かれた意向から機器レベルのコマンドシーケンスを生成するコマンドシーケンス生成部からなる。本システムの構成図を図5.1に示す。

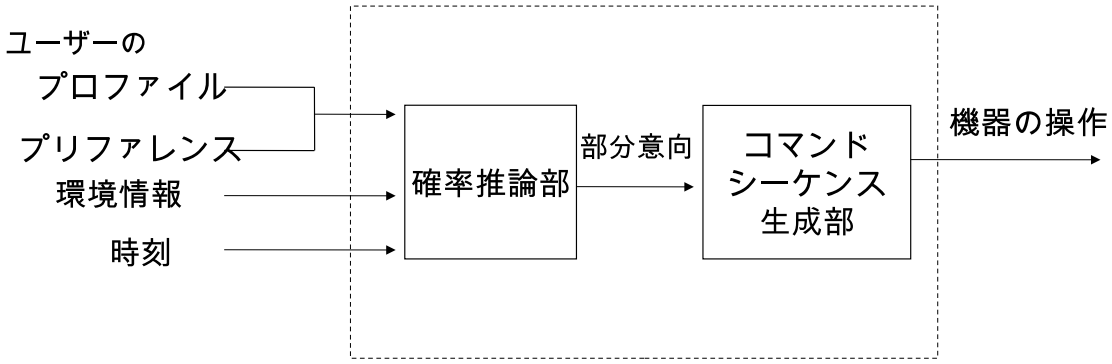


図 5.1: システム構成図

本システムにおけるデータの流れを説明する。ユーザーの行動履歴により作成されたユーザーモデルに基づき実行者が指定した状況時のユーザーの意向・部分意向を生成する。生成した部分意向を、コマンドシーケンス生成部に渡し、部分意向を達成するコマンドシーケンスを生成する。
以降、各コンンポーネントについて説明をおこなう。

表 5.1: 各層と各ノードの対応表

層	各ノード
意向推定層	性別, 照度，天候，時間帯
意向層	起床，着脱衣，洗面/身だしなみ，食事，食事準備， 掃除，くつろぎ，入浴，トイレ，外出，帰宅，学習/仕事，睡眠
機器群層	AV 機器，空調機器，照明機器，情報機器，美容機器，洗濯機器 掃除機器，調理機器，通信機器，トイレ機器，入浴機器， 防犯機器，ヘルスケア機器，睡眠機器
部分意向層	テレビを見る，録画する，映像再生，ダビング，音楽再生，暖房， 冷房，加湿，除湿，点灯する，消灯する，調光する，印刷， 画像取り込み，ブラウジング，調髪する，髭を剃る，洗顔する， 洗顔する，歯を磨く，整髪する，爪を磨く，洗濯する，衣服を乾かす 衣服を整える，掃除する，後片付け，食材を保存する， 食材を冷凍する，食材を暖める，食材を回答する，換気する， 食材を焼く，食材を炒める，米を炊く，お湯を沸かす，パンを焼く， 電話する，メール，ファックス，テレビ電話，出迎える，排泄，除菌， 湯貼り，入浴，浴室乾燥，浴室暖房，施錠する，開錠する， 体調チェック，マッサージ，フィットネス，起床，起床時間設定

5.2 確率推論部の概要

確率推論部は、ユーザーの行動履歴より作成されたユーザーモデルに基づき実行者が指定した状況でのユーザーの意向・部分意向を生成する。ユーザーモデルは、第三章にて説明したベイジアンネットワークの構築手法を用いる。

表 5.1 にしめすように各層にノードを配置し、ベイジアンネットワークを構築した。

各ノードの抽出方法は、第 3 章にておこなったユーザー行動の定義を用いて作成した。

行動履歴とグラフ構造を組み合わせ、ベイジアンネットワークの実装のために、産業技術総合研究所が開発をおこなった Bayonet を用いた。Bayonet を用いて、図からに作成したベイジアンネットワークをしめす。各ノードが持つ状態変数について、意向推定層について、性別、照度、天候は、行動履歴取得時に得られた値をそのまま利用した。例えば、性別であれば男性、女性という値をもつことになる。時間帯は、行動履歴取得の際には、時刻であったが、本モデル構築のために、朝、昼、夕方、夜というように一日を 4 分割した上で、扱った。分割は、0-6,6-12,12-18-18-24 時というように 6 時間ごとにサンプリングした。意向層、機器群層、部分意向層は、その状態を取れているかを真偽値を用いて表現した。

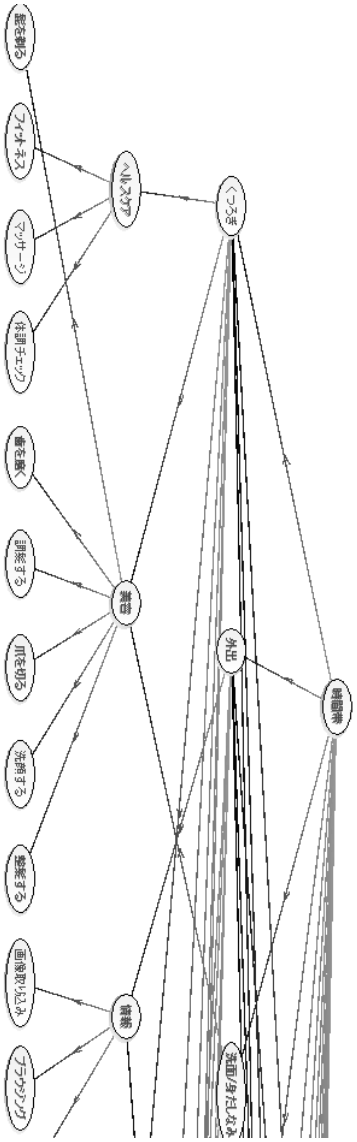


図 5.2: ベイジアンネットワークの実装 (1)

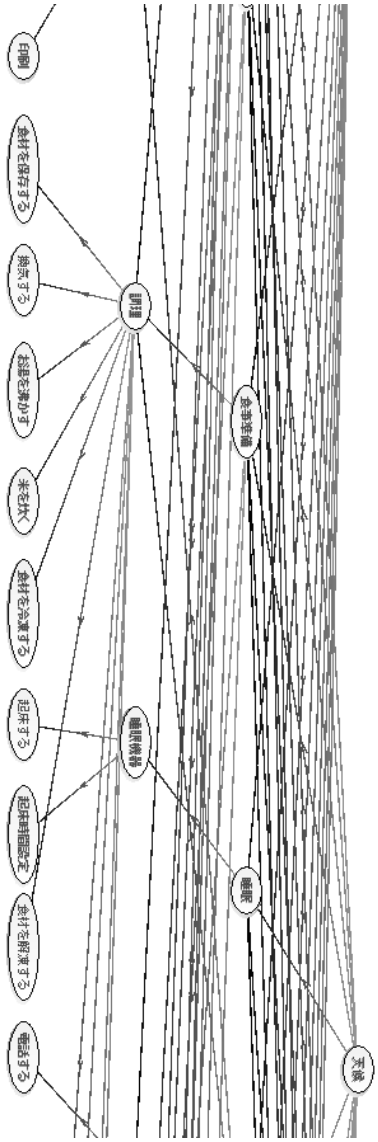


図 5.3: ベイジアンネットワークの実装 (2)

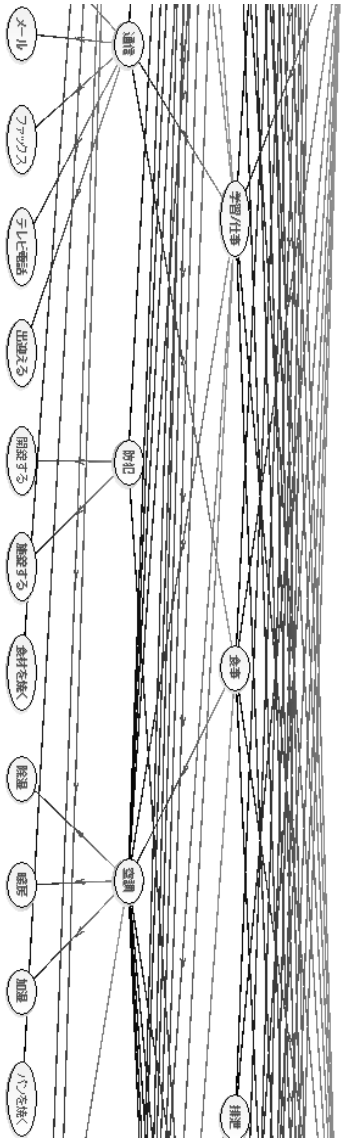


図 5.4: ベイジアンネットワークの実装 (3)

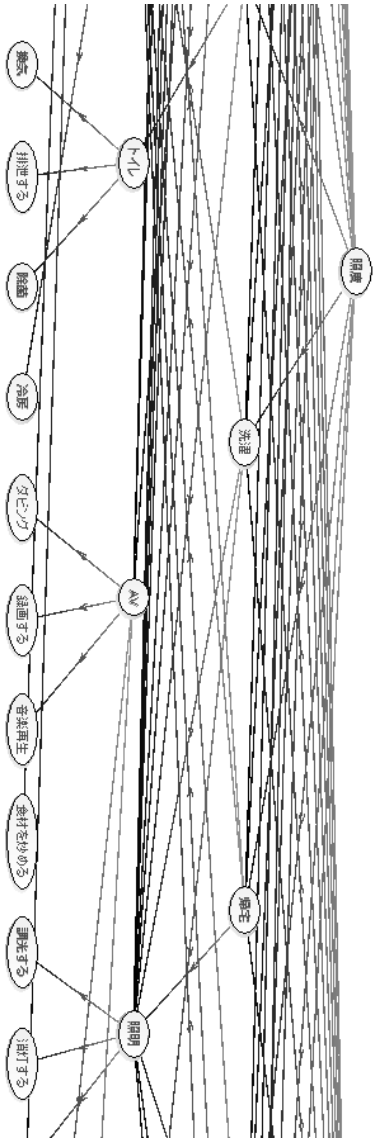


図 5.5: ベイジアンネットワークの実装 (4)

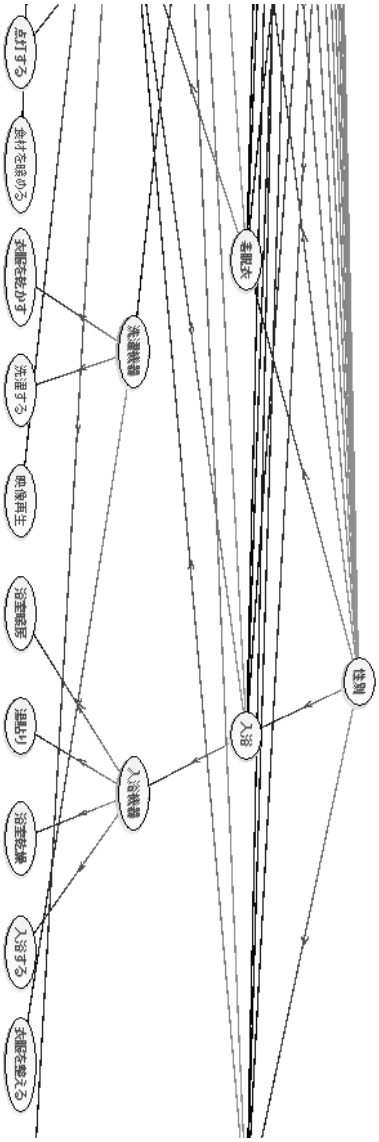


図 5.6: ベイジアンネットワークの実装 (5)

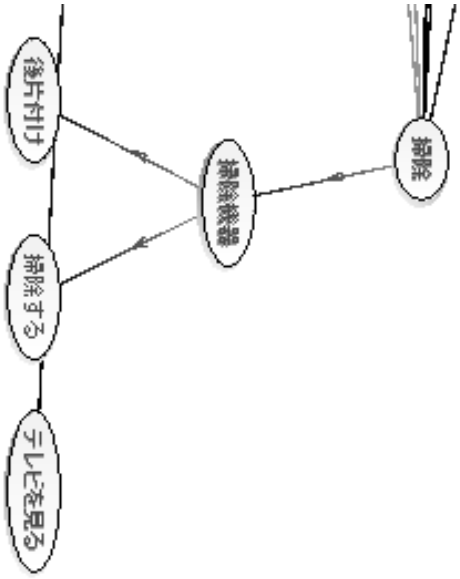


図 5.7: ベイジアンネットワークの実装 (6)

5.3　シーケンス生成部の概要

コマンドシーケンス生成部は、確率推論部より生成された部分意向からユーザーの機器の操作を生成する。図に処理の流れを示す。

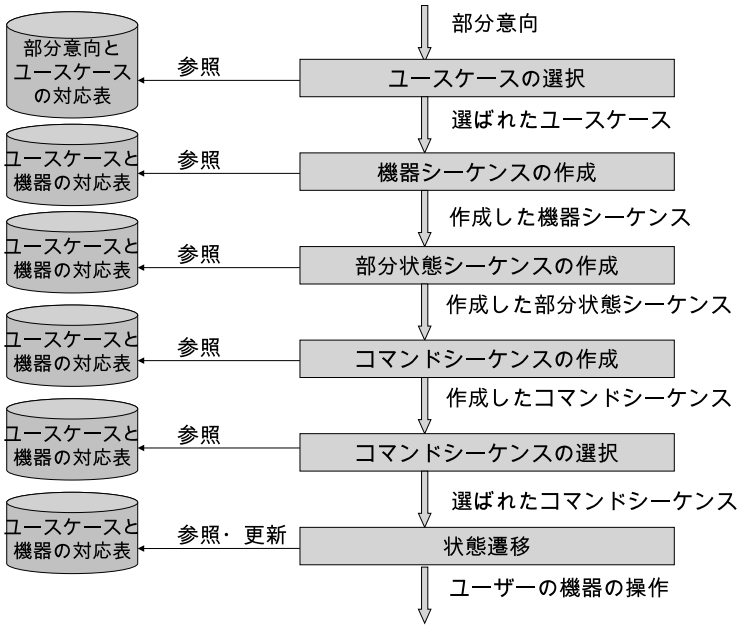


図 5.8: コマンドシーケンス生成部の処理の流れ

はじめに、確率推論部より部分意向を受け取り、表にしめす部分意向との対応表とユースケースの対応表よりユースケースが選択される。ユースケースに記述されている機器シーケンスと、機器と部分状態機械の対応より、部分状態シーケンスが生成される。部分状態機械がとり得るすべてのコマンドシーケンスの重複順列をコマンドシーケンスとして生成する。生成したコマンドシーケンス群とユーザーの行動履歴を比較し、コマンドシーケンス選択基準を用い、一つのコマンドシーケンスを選び出す。その後、対象となる家電機器 (状態機械) にコマンドを渡し、全家電の状態表と比較した結果、不整合がなければそのコマンドに決定される。不整合がある場合は、拒否されたコマンドをのぞきもう一度コマンドを選びだす。これをコマンドが受理されるまで、繰り返しおこなう。

コマンドシーケンスの選択

コマンドシーケンスの選択は、作成したコマンドシーケンス群から一つを選び出すものである。具体的には、ユースケース、使用機器により限定された部分状態機械のイベントの重複順列を受け取り、第三章で定義したシーケンス評価式を用い、全てのコマンドシーケンスの評価を計算する。DP マッチングを用い、レーベンスタイン距離を求めるためには、文字のずれ、不一致に対するペナルティを決定する必要がある。本研究では、

- 文字のずれ:-1
- 不一致:-3

とし、作成したコマンドシーケンスとユーザーの行動履歴の距離を算出し評価値を求めた。レーベンスタイン距離とシーケンスの長さの和より評価値を算出した。その後、計算した値が高いものを選びやすいように確率を付け、ランダムにコマンドを出力する。以下動作例を示す。

5.4 動作例

コマンドシーケンス選択時の動作例をしめす。はじめに、施錠するというユースケースが選択され、ユーザーの行動履歴の長さの最大長分部分状態機械のイベント (機器の操作) の重複順列を生成している。ここでは、施錠という部分意向が選択され、それを達成する機器の操作の組み合わせが 5 通りある。機器の操作の組み合わせの算出は、使用する機器の部分状態機械の組み合わせから求められる。施錠では、部分状態機械 OPEN-CLOSE と KEY の組み合わせを用いる。今、ユーザーの行動履歴が 142 とあるが、機器の操作として、open → unlock → close というコマンドシーケンスをしめしている。これらの情報から、重複順列を生成している。求め方は、最大長 3、機器の操作が 5 種類ありるので、5 の 1 乗から 3 乗までの総和を取ることで求められる。ここでは、155 通りの重複順列を作成した。

lock
UCnumber: 0x008f
user history:142
****
maked command sequence.
total sequence: 155

次に、生成した全ての順列に対し、シーケンス評価基準を用いて、評価値をつけていく。

N uc seq distance length V
————————————-
0 0x08f 142 0.0 3 0
1 0x08f 242 3.0 3 -3
2 0x08f 12 4.0 2 -3
3 0x08f 122 3.0 3 -3
4 0x08f 112 3.0 3 -3

5 0x08f 143 3.0 3 -3
6 0x08f 141 3.0 3 -3
7 0x08f 342 3.0 3 -3
8 0x08f 042 3.0 3 -3
9 0x08f 442 3.0 3 -3
.
.
.
150 0x08f 00 10.0 2 -9
151 0x08f 01 10.0 2 -9
152 0x08f 03 10.0 2 -9
153 0x08f 20 10.0 2 -9
154 0x08f 21 10.0 2 -9

評価値 V 毎に確率的な重みを付け、ランダムにシーケンスを出力する。重みは、評価値が高くなるにつれ、出現するように割り振る。
V Weight
————————
0 20.000000
1 17.777778
2 15.555556
3 13.333333
4 11.111111
5 8.888889
6 6.666667
7 4.444444
8 2.222222
9 0.000000

ここでは、距離 0、長さの差 0、評価値 0 の 142 というシーケンスが選択された。これは、ユーザーの行動履歴そのものが出力された結果である。

select V:0
sequence:142

第6章　評価および考察

本章では、提案したユーザーモデルを評価する方法や基準について、明確にした後、合致率などの観点を用いて評価を行い、結果に対しての考察を行う。

6.1　評価方法

本提案手法においては以下の手順を用いて作成したユーザーモデルの評価をおこなう。

(1) 取得した行動履歴を学習データと評価データに分類

(2) 評価データに対しての学習モデルの合致率を求める

(3) (2) と一様乱数を用いた行動形成との合致率との比較

合致率

学習モデルが推論した上位 1 位の結果と評価データが合致するかである

6.1.1　生活パターンの分類

評価を行うためには取得した行動履歴 (行動データ) を、

- 学習データ
  モデルを学習する際に使用するデータ。
- 評価データ
  学習したモデルの妥当性を確認するためのデータ。

に分割する必要がある。

本研究では、取得した行動履歴を日毎の意向発生数、在宅率、一日の主なイベントから総合的に分類する。表 6.1 は、一週間の在宅率、表 6.2,6.3 は、一週間の意向発生数、表 6.4 は、一日の特殊なイベントを示す。

一週間の行動履歴を、以下に示すようにある程度偏りが無いように、学習・評価データに分類した。

表 6.1: 一週間の在宅率 (男女)

	1/14(土)	1/15(日)	1/16(月)	1/17(火)	1/18(水)	1/19(木)	1/20(金)
在宅率 (男性)	0.547	0.621	0.468	0.353	0.413	0.419	0.439
在宅率 (女性)	0.547	0.742	0.933	0.497	0.951	0.8	0.929
在宅率 (平均)	0.547	0.682	0.701	0.425	0.682	0.61	0.684

表 6.2: 一週間の意向発生数 (男性)

	1/14(土)	1/15(日)	1/16(月)	1/17(火)	1/18(水)	1/19(木)	1/20(金)
起床				2	2	1	1
着脱衣	1	7	5	5	3	4	5
洗面/身だしなみ		2	1	1			
食事	2	3	1	3	1	1	1
食事準備	3	3	2	5		2	
洗濯							
掃除			9				
くつろぎ	8	7	2	5	5	6	5
入浴	3	2	3	1	1	1	1
トイレ	2	6	4	3	4	2	3
外出	3	3	4	2	2	2	2
帰宅	4	3	4	2	2	2	2
学習/仕事	3		4	1			
睡眠	2	3	2	1	3	1	2
合計	31	39	41	31	23	22	22

表 6.3: 一週間の意向発生数 (女性)

	1/14(土)	1/15(日)	1/16(月)	1/17(火)	1/18(水)	1/19(木)	1/20(金)
起床		1	2	1	1	1	1
着脱衣		4	5	6	3	6	3
洗面/身だしなみ		1	1	1			
食事	3	3	4	3	3	2	2
食事準備	4	4	11	9	10	7	7
洗濯			1				
掃除		1	2		2	2	
くつろぎ	8	7	18	14	19	11	18
入浴	1	2	1	3	1	2	1
トイレ	5	7	10	5	7	7	10
外出	2	3	5	4	6	5	6
帰宅	5	3	5	3	6	5	6
学習/仕事				2			2
睡眠	1	2		2	2	4	5
合計	29	39	65	53	60	52	61

表 6.4: 一週間の特殊なイベント

	1/14(土)	1/15(日)	1/16(月)	1/17(火)	1/18(水)	1/19(木)	1/20(金)
イベント	引越し	なし	来客	なし	来客	来客	なし

- 学習データ
  1/15(日),1/18(水),1/19(木)
- 評価データ
  1/16(月),1/17(火),1/20(金)

本研究では、この学習・評価データを用い、第 5 章にて設計したシステムを用い、提案モデルの評価をおこなう。

6.2 提案モデルの妥当性評価

6.2.1 評価項目

評価をおこなう項目は、評価データを用いて学習させたモデルに対して、評価データと推定結果が合致するかである。本方式を用いた場合の合致率と一様乱数を用いた場合との比較をおこない、提案モデルの妥当性を評価する。

6.2.2 評価対象

学習したモデル、一様乱数を用いたモデルの評価データに対する合致率を求める。評価対象は、

1. 意向の合致率
2. 部分意向の合致率
3. 機器に対する操作 (コマンド) の出力の合致率

である。
表 6.5 に学習モデルの合致率を、表に一様乱数を用いたモデルの合致率を示す。

表 6.5: 作成したユーザーモデルの合致率

提案モデル	意向	部分意向	機器に対する操作列
レコード総数	1365	1266	357
合致したレコード	805	849	148
合致率	0.59	0.67	0.41

表 6.6: 一様乱数モデルの合致率

提案モデル	意向	部分意向	機器に対する操作列
合致率	0.07	0.017	0.23 × 10^-31

6.2.3 一様乱数を用いたモデルとの比較・考察

合致率を用いて、一様乱数を用いたモデルと作成したユーザーモデルの比較をおこなったところ、意向に関しては約 8 倍、部分意向は約 39 倍、機器の操作は 18 × 10 の 29 乗倍合致率が高くなり、作成したユーザーモデルは、ユーザーの行動履歴に類似した行動を生成することができた。

また、一様乱数を用いて作成した行動は、類似した行動を含まないものが大多数となるが、本提案方式では、ユーザーの行動履歴を元に行動を生成しているため、意味の無い行動を生成しない。

これらの点より、シミュレーション時に有効であると考えられる。

第7章　終わりに

7.1　まとめ

本研究では、ホームネットワークにおいて、ユーザーの行動をシミュレートする機構を提案し、その設計、実装および評価をおこなった。ユーザーの行動を行動の心理変化過程に基づき、意向・部分意向として捉え、それをもとにユーザーモデルの構築をおこなった。モデルの構築にあたり、ユーザーの行動を定義するため、機器と生活行動のカテゴライズをおこない、それらの組み合わせを定義した。また、ユーザーが意向を達成するシナリオとして、機器のカテゴリから関連図、関連表を作成し、ユースケースの抽出をおこなった。定義したユーザー行動より、意向・部分意向のモデリングの実現のため、ベイジアンネットワークを、部分意向から具体的な機器の操作を出力するために、シーケンスモデルを用いた。意向レベル、機器の操作レベルで組み合わせることで、ユーザーのプロファイル、プリファレンス、環境情報、時刻等の情報より、ユーザーの意向を生成し、それに対するユーザーの行動を生成した。次に、時間軸に対するユーザー行動の意向は、直列・並列性を伴うという知見を明らかにし、その適応例として、現実世界のユーザーを対象に行動履歴の取得をおこなった。ユーザーモデル構築を含む機構、ユーザーの行動履歴を用い、ユーザーモデル評価手法にのっとり、提案したモデル、システムの評価をおこない、評価結果より提案モデルの妥当性について考察をおこなった。

7.2 今後の課題

7.2.1 ユーザー行動の可視化

提案システムでは、ユーザーの行動を表現したが、コマンドライン上の出力のため、シミュレーションをおこなう際には、ユーザーの行動とそれに伴う変化が視認しにくい。生成したユーザーの行動とその環境をグラフィカルに表現するための枠組みと、より簡易に可視化できるような仕組みの検討をおこなう必要がある。

7.2.2 ホームネットワークを用いたサービスへの適用

提案するシステムでは、ユーザーの基本的な生活行動をモデリングし、その振る舞いを表現した。しかし、現実世界のユーザーの行動は、基本的な生活行動のみではなく、ホームネットワークを活用した様々なサービスを用いている。本研究で提案した生活行動に加え、そのようなサービスを取り込める仕組みの検討をおこなう必要がある。また、そのためには、住宅内の行動だけではなく、住宅外からのアクセスも考え、住宅内・外からのシミュレーションをおこなう際のトリガーとしての役割を果たせるようにユーザーのモデリングをおこなう必要がある。

第8章　謝辞

研究をまとめるにあたり、研究の方向性についての指針を与えてくださり、論理的に物事を捉え、全体像を把握することの重要性を教授してくださった丹康雄教授に深く感謝いたします。また、研究に関して度々貴重な意見を与え、叱咤激励してくださった丹研究室のみなさんに感謝いたします。他研究室ながら、研究面に限らず、様々な指摘をしてくださった敷田研究室の金子浩平氏に深く感謝いたします。
最後に私を支えてくれた多くの友人、そして学ぶ機会を与えてくれた家族に感謝し、ここに祝辞といたします。

参考文献

[1] 宋　慶輝、”仮想ホームネットワークにおけるユーザーのモデリングに関する研究”
、北陸先端科学技術大学院大学修士論文、2007/02

[2] 阪田　史郎、”ユビキタス技術センサーネットワーク”、オーム社、2006/08

[3] 高齢社会白書
、http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/index-w.html

[4] 本村　陽一”ベイジアンネットによる確率的推論技術”、計測と制御
、42-8、649-654、2003

[5] E.Castillo,J.Gutierrez,and A.Hadi,Expert Systems and Probabilitistic Network Models,Springer
,1997

[6] ITU-T J.190 アーキテクチャ
、http://www.itu.int/rec/T-REC-J.190/en

[7] 本村　陽一、岩崎　弘利、”ベイジアンネットワーク技術”
、東京電機大学出版局、2006/07

[8] 松岡　克典、”住宅内の人間行動計測による生活支援システム”
、システム/制御/情報、vol46、No8、pp.484-489(2002)

[9] 宋　慶輝、丹　康雄、”ホームネットワークにおけるユーザーのモデリング”
平成 18 年度電気関係学会北陸支部連合大会

[10] G.Cooper and E.Herskovists,”A Bayesian method for the induction of proba-bilistic networks from Data”
,Machine Learning,Vol.9,No.309,1992

[11] 松崎　寛之、”レガシーデバイスを用いたホームネットワーク構築における機器の状態取得及び管理に関する研究”
、北陸先端科学技術大学院大学修士論文、2003/02

[12] 鍋島　一郎、”動的計画法”、森北出版株式会社、1985

[13] 独立行政法人　情報通信機構　けいはんな情報通信融合研究センター　分散協調メディアグループ
、http://univ.nict.go.jp/past_pj/disco/index.html

[14] 2005 年 NHK 国民生活時間調査
、http://www.nhk.or.jp/bunken/new_06021001.html

[15] 平成 13 年度社会生活基本調査
、http://www.stat.go.jp/data/shakai/2001/index.htm

付 録A　プリコード表一覧

A.1　照度

表 A.1: プリコード 照度

照度	
照度の種類	コード No.
暗い	1
明るい	2

A.2　意向

表 A.2: プリコード 意向

意向	
意向の種類	コード No.
起床	11
着脱衣	12
洗面/身だしなみ	13
食事	14
食事準備	15
洗濯	16
掃除	17
くつろぎ	18
入浴	19
トイレ	20
外出	21
帰宅	22
学習/仕事	23
睡眠	24

A.3 部分意向

表 A.3: プリコード 部分意向

部分意向			
部分意向の種類	コード No.	食材を解凍する	60
テレビを見る	31	換気する	61
録画する	32	食材を焼く	62
映像再生	33	食材を炒める	63
ダビング	34	米を炊く	64
音楽再生	35	お湯を沸かす	65
暖房	36	パンを焼く	66
冷房	37	電話する	67
加湿	38	メール	68
除湿	39	ファックス	69
点灯する	40	テレビ電話	70
消灯する	41	出迎える	71
調光する	42	排泄	72
印刷	43	換気	73
画像取り込み	44	除菌	74
ブラウジング	45	湯貼り	75
調髪する	46	入浴	76
髭を剃る	47	浴室乾燥	77
洗顔する	48	浴室暖房	78
歯を磨く	49	施錠する	79
整髪する	50	開錠する	80
爪を磨く	51	体調チェック	81
洗濯する	52	マッサージ	82
衣服を乾かす	53	フィットネス	83
衣服を整える	54	起床	84
掃除する	55	起床時間設定	85
後片付け	56	洗う	86
食材を保存する	57	お湯を出す	87
食材を冷凍する	58	水を出す	88
食材を暖める	59	PC を使う	89

A.4 機器

表 A.4: プリコード 機器 (1)

機器			
機器の種類	コード No.	機器の種類	コード No.
TV1(リビング 1)	101	カーテン 1（リビング）	117
TV2(リビング 2)	102	カーテン 2（寝室）	118
TV3(玄関)	103	カーテン 3（書斎）	119
TV4(廊下)	104	白熱灯 1（玄関）	120
TV5(書斎)	105	白熱灯 2（廊下）	121
TV6(寝室)	106	白熱灯 3（トイレ）	122
プロジェクタ 1（キッチン 1）	107	白熱灯 4（浴室）	123
プロジェクタ 2（キッチン 2）	108	白熱灯 5（脱衣洗面洗濯内側）	124
エアコン 1（キッチン）	109	白熱灯 6（脱衣洗面洗濯外側）	125
エアコン 2（リビング）	110	調光白熱灯 1（キッチン外側）	126
エアコン 3（寝室）	111	調光白熱灯 2（キッチン内側）	127
エアコン 4（書斎）	112	調光白熱灯 3（リビング）	128
窓 1（浴室）	113	調光白熱灯 4（寝室内側）	129
窓 2（リビング）	114	調光白熱灯 5（寝室外側）	130
窓 3（寝室）	115	調光白熱灯 6（書斎内側）	131
窓 4（書斎）	116		

表 A.5: プリコード 機器 (2)

機器			
機器の種類	コード No.	機器の種類	コード No.
調光白熱灯 7（書斎外側）	132	換気扇（浴室）	148
蛍光灯 1（キッチン）	133	電気錠付門扉	149
蛍光灯 2（リビング）	134	目覚まし時計	150
蛍光灯 3（寝室）	135	PC1(書斎）	151
蛍光灯 4（書斎）	136	携帯 1（女性）	152
洗面化粧台	137	シンク	153
洗濯機	138	加湿器	154
乾燥機	139	炊飯器	155
換気扇（脱衣洗面洗濯）	140	薄いカーテン 1(リビング)	156
食器洗い乾燥機	141	ポット	157
冷蔵庫	142	掃除機	158
電子レンジ	143	レンジフード照明	159
IH	144	携帯 2(男性)	160
トイレ設備	145	IH(魚)	161
換気扇（トイレ）	146	IH(奥)	162
バスルーム	147		

A.5 機器の操作

表 A.6: プリコード 機器の操作 (1)

機器の操作			
操作	コード No.	操作	コード No.
POWER_POWER	201	VOL_12	230
LINK_POWER	202	VOL_13	231
CH_1	203	VOL_14	232
CH_2	204	VOL_15	233
CH_3	205	VOL_16	234
CH_4	206	VOL_17	235
CH_5	207	VOL_18	236
CH_6	208	VOL_19	237
CH_7	209	VOL_20	238
CH_8	210	VOL_21	239
CH_9	211	VOL_22	240
CH_10	212	VOL_23	241
CH_11	213	VOL_24	242
CH_12	214	VOL_25	243
CH_UP	215	VOL_26	244
CH_DOWN	216	VOL_27	245
POWER_TUNER	217	VOL_28	246
VOL_0	218	VOL_29	247
VOL_1	219	VOL_30	248
VOL_2	220	VOL_31	249
VOL_3	221	VOL_32	250
VOL_4	222	VOL_33	251
VOL_5	223	VOL_34	252
VOL_6	224	VOL_35	253
VOL_7	225	VOL_36	254
VOL_8	226	VOL_37	255
VOL_9	227	VOL_38	256
VOL_10	228	VOL_39	257
VOL_11	229	VOL_40	258

表 A.7: プリコード 機器の操作 (2)

機器の操作			
操作	コード No.	操作	コード No.
VOL_UP	259	TEMP7	288
VOL_DOWN	260	TEMP8	289
POWER_AMP	261	TEMP9	290
LINE_0	262	TEMP10	291
LINE_1	263	TEMP11	292
LINE_2	264	TEMP12	293
LINE_3	265	TEMP13	294
LINE	266	TEMP14	295
POWER_AUX	267	TEMP15	296
INSERT_DISC	268	TEMP16	297
REMOVE_DISC	269	TEMP17	298
START_DUBBING	270	TEMP18	299
STOP_DUBBING	271	TEMP19	300
INSERT_HEADPHONE	272	TEMP20	301
REMOVE_HEADPHONE	273	TEMP21	302
PLAY	274	TEMP22	303
REW	275	TEMP23	304
FF	276	TEMP24	305
STOP	277	TEMP25	306
REC	278	TEMP26	307
PAUSE	279	TEMP27	308
POWER_PLAYER_RECORDER	280	TEMP28	309
TEMP0	281	TEMP29	310
TEMP1	282	TEMP30	311
TEMP2	283	TEMP31	312
TEMP3	284	TEMP32	313
TEMP4	285	TEMP33	314
TEMP5	286	TEMP34	315
TEMP6	287	TEMP35	316

表 A.8: プリコード 機器の操作 (3)

機器の操作			
操作	コード No.	操作	コード No.
TEMP36	317	DRY	346
TEMP37	318	AIR	347
TEMP38	319	POWER_MODE_DRIVE	348
TEMP39	320	NOT_WIND	349
TEMP40	321	WEAK_WIND	350
TEMP41	322	BIG_WIND	351
TEMP42	323	POWER_MODE_WIND	352
TEMP43	324	OPEN	353
TEMP44	325	CLOSE	354
TEMP45	326	POWER_OPEN_CLOSE	355
TEMP46	327	ILLUMINATION_ON	356
TEMP47	328	ILLUMINATION_OFF	357
TEMP48	329	START_BROWSING	358
TEMP49	330	STOP_BROWSING	359
TEMP50	331	START_SCAN	360
TEMP_UP	332	STOP_SCAN	361
TEMP_DOWN	333	START_PRINT	362
POWER_TEMP	334	STOP_PRINT	363
HUMID0	335	TURBO	364
HUMID1	336	SET	365
HUMID2	337	COOL_BLOW	366
HUMID3	338	POWER_MODE_BLOW	367
HUMID4	339	PRESS_BUTTON	368
HUMID_UP	340	RELEASE_BUTTON	369
HUMID_DOWN	341	AUTO_MODE_LAUNDRY	370
POWER_HUMID	342	RINSE	371
AUTO	343	DEWATERING	372
WARM	344	DRYING	373
COOL	345	PAUSE_MODE_LAUNDRY	374

表 A.9: プリコード 機器の操作 (4)

機器の操作			
操作	コード No.	操作	コード No.
POWER_MODE_LAUNDRY	375	WEAK_WATERFLOW	404
HIGH_TEMP	376	COMMAND_LOCK	405
MIDDLE_TEMP	377	COMMAND_UNLOCK	406
POWER_MODE_IRON	378	DIMMER0	407
START_WORKING	379	DIMMER1	408
STOP_WORKING	380	DIMMER2	409
START_WASH	381	DIMMER3	410
STOP_WASH	382	DIMMER4	411
HEATING	383	DIMMER5	412
THAWING	384	DIMMER6	413
HEAT0	385	DIMMER7	414
HEAT1	386	DIMMER8	415
HEAT2	387	DIMMER9	416
HEAT3	388	DIMMER10	417
KEEP_WARM	389	POWER_DIMMER	418
COMMAND_COOK_RICE	390	WATER0	419
FASTCOOK_RICE	391	WATER1	420
PORRIDHE	392	WATER2	421
PRESS_BUTTON_POT	393	WATER3	422
RELEASE_BUTTON_POT	394	WATER4	423
TOAST	395	WATER5	424
HEAT_UP_MODE_TOASTER	396	WATER6	425
SWEETPOTATO	397	WATER7	426
RICE_CAKE	398	WATER8	427
START_SEND	399	WATER9	428
STOP_SEND	400	WATER10	429
START_TELEPHONE	401	WATER11	430
STOP_TELEPHONE	402	WATER12	431
BIG_WATERFLOW	403	WATER13	432

表 A.10: プリコード 機器の操作 (5)

機器の操作			
操作	コード No.	操作	コード No.
WATER14	433	WATER43	462
WATER15	434	WATER44	463
WATER16	435	WATER45	464
WATER17	436	WATER46	465
WATER18	437	WATER47	466
WATER19	438	WATER48	467
WATER20	439	WATER49	468
WATER21	440	WATER50	469
WATER22	441	WATER51	470
WATER23	442	WATER52	471
WATER24	443	WATER53	472
WATER25	444	WATER54	473
WATER26	445	WATER55	474
WATER27	446	WATER56	475
WATER28	447	WATER57	476
WATER29	448	WATER58	477
WATER30	449	WATER59	478
WATER31	450	WATER60	479
WATER32	451	POWER_WATER	480
WATER33	452	ch_change	481
WATER34	453	suihan_yoyaku	482
WATER35	454	START_PC	483
WATER36	455	STOP_PC	484
WATER37	456	START_MOBLILE	485
WATER38	457	STOP_MOBILE	486
WATER39	458	START_YUHARI	487
WATER40	459	STOP_YUHARI	488
WATER41	460	START_BATH	489
WATER42	461	STOP_BATH	490

表 A.11: プリコード 機器の操作 (6)

機器の操作	
操作	コード No.
START_IH	491
STOP_IH	492
START_FAN	493
STOP_FAN	494
START_RANGE	495
STOP_RANGE	496

A.6 天候

表 A.12: プリコード 天候

天候	
天候の種類	コード No.
快晴	701
晴	702
薄曇	703
曇	704
煙霧	705
砂じんあらし	706
地ふぶき	707
霧	708
霧雨	709
雨	710
みぞれ	711
雪	712
あられ	713
ひょう	714
雷	715

A.7　性別

表 A.13: プリコード 性別

性別	
性別の種類	コード No.
男	801
女	802