

Title	スマートハウスシミュレーションにおける諸要素とのインタラクションを考慮した人間行動シミュレータ
Author(s)	Okamura, Soichiro
Citation	
Issue Date	2016-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/13612
Rights	
Description	Supervisor:丹 康雄, 情報科学研究科, 修士

修士論文

スマートハウスシミュレーションにおける
諸要素とのインタラクションを考慮した
人間行動シミュレータ

1410012

岡村 宗一郎

主指導教員 丹 康雄
審査委員主査 丹 康雄
審査委員 篠田 陽一
審査委員 リム 勇仁

北陸先端科学技術大学院大学

情報科学研究科

平成 28 年 2 月

概要

近年、インターネットの普及に伴い、住宅内のエネルギー関連機器をネットワークに接続し、稼働状態の監視・制御を行うホームエネルギーマネジメントシステム（以下、HEMS）に期待が寄せられている。HEMSのサービスのもっとも基本的なものに、現在のエネルギー使用量をユーザにリアルタイムで表示することで、ユーザの行動に変化を促しエネルギー消費を抑制させる「見える化」サービスがある。一般に、新たなサービスの効果を検証するには、実証実験かシミュレーションが用いられる。シミュレーションは、実証実験と比較し、時間的、規模的、網羅的な観点から優位性があるが、「見える化」サービスのようにシステムと人間がインタラクションするような事象の効果を検証する場合、その効果はサービスを受けたユーザのリアクションに多く依存するため、結果の妥当性が問題となる。

先行研究により、人間の知性や意志といった高次概念レベルでの人間行動を如何に生成するに重点がおかれ、次世代HEMSシミュレータとして耐えうる高度な人間行動を生成する人間行動シミュレータフレームワークが提案、実装された。しかし、ユーザのリアクションは、最終的にはユーザの意向という高次概念により生成されるが、実際には温湿度などの物理量や、機器や設備の動作、機器が表示するデータといった、それぞれ単体では必ずしも高次概念とは結びつかない情報をユーザが受け、ユーザの内面で次の行動に結びつく高次概念を生じている。シミュレーションにおいても、このプロセスを実現することが求められる。このことを踏まえ、本研究では、スマートハウスシミュレーションにおける諸要素とのインタラクションを考慮した人間行動シミュレータの提案、実装をおこなう。人間行動シミュレータが温熱環境シミュレータ、電力シミュレータなどの他シミュレータ及びiHouse実験環境設備などの実世界と、家電状態、温湿度などの情報をやりとりし、相互作用しあうことで、より高度な人間行動を生成することが可能である。また、人間行動シミュレータの人間行動の結果を実世界に反映させることにより、過去の行動履歴や周囲の環境からユーザの行動を予測し、ユーザが望んだ生活環境を自動で整えるシステムへの対応も可能である。本研究では、単体ではユーザの高次概念とは結びつかないが、ユーザの行動に変化を促す多様な要素を明確にした。各要素の情報は温熱環境シミュレータ、家電シミュレータ、iHouse実験環境設備からのセンシングデータから取得するため、各情報のやりとりをおこなう形式を定めた。また、人間行動シミュレータの出力を他シミュレータや実世界に反映させる場合、先行研究により実装されたシミュレータのままでは、人間行動の抽象度が高く高次概念レベルの出力に留まっている。実際の人間は機器を操作する際、リモコンやスイッチなどのインタフェースを選択し、電源ボタンを入れ、機器の操作を行うといったコマンドの操作をおこなう。このことを考慮した上で、高次概念レベルの行動をもとにコマンドレベルの行動を生成する機能を実装した。人間行動シミュレータの出力を実世界に反映させるため、iHouse実験環境設備内の実家電機器の操作を試みた。人間行動シミュレータが出力するコマンドレベルの人間行動出力をもとに、

ECHONET Lite パケットを iHouse 実験環境設備内の実家電に送信することで実家電機器の動作ができ、シミュレータの結果を実世界に反映させることが可能となった。

本研究では、住宅環境などの諸要素を考慮した人間行動を生成するために、他シミュレータや実世界と通信をおこなう基盤を整えた。その結果、温熱環境、家電シミュレータとのインタラクション及び実世界とのインタラクションを実現させ、多様な要素を考慮したより高度な人間行動の再現が可能となった。

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	関連研究	2
1.3.1	ホームネットワークサービス実証的検証をおこなうシミュレータ	2
1.3.2	ECHONET (Energy Conservation and Homecare Network) Lite	2
1.4	本論文の構成	3
第2章	スマートハウスシミュレーション	4
2.1	ホームネットワークの現状	4
2.2	スマートハウスシミュレーションの概要	4
第3章	人間行動シミュレータ	6
3.1	人間行動シミュレータの必要性	6
3.2	人間行動シミュレータの定義	6
3.2.1	確率的な動作	7
3.2.2	高次概念の情報判断	7
3.2.3	複数の人間行動モデルの組み合わせ	7
3.2.4	行動の一貫性の確保	7
3.2.5	温熱環境, 家電シミュレータとのインタラクション	8
3.2.6	他の人間とのインタラクション	8
3.2.7	実世界とのインタラクション	8
3.3	人間行動シミュレータフレームワーク	8
3.3.1	人間行動シミュレータフレームワークの概要	8
3.3.2	ユーザプログラム	10
3.3.3	データ同期	10
3.3.4	コアモジュール	10
3.3.5	家族モジュール	11
3.3.6	個人モジュール	12
3.3.7	人間行動モデルモジュール群	13
3.3.8	実装フレームワークの処理の流れ	14
3.4	行動生成の流れ	15

3.5	既存の人間行動シミュレータ出力結果	15
第4章	インタラクションを考慮した人間行動シミュレータ	19
4.1	インタラクションのための要素	19
4.2	他シミュレータおよび実世界とのインタラクション	20
4.3	インタラクションを考慮した人間の行動	23
4.4	コマンドレベル行動の生成	24
4.5	インタラクションを考慮したシミュレータ全体の処理の流れ	24
第5章	実装	27
5.1	他シミュレータとのインタラクション	27
5.2	コマンドレベル行動	28
5.3	実世界とのインタラクション	30
第6章	結果・評価	33
6.1	人間行動シミュレータの実行結果	33
6.2	iHouse 仮想環境での家電機器操作の実行結果	38
第7章	まとめ	45
第8章	謝辞	46

目次

2.1	スマートハウスシミュレーション概要図	5
3.1	人間行動シミュレータフレームワーク概要図	9
3.2	リクエスト/レスポンスの呼び出し順序	12
3.3	リクエスト/レスポンスの呼び出し順序 (3人家族)	13
4.1	人間行動シミュレータと他シミュレータとのインタラクションの概要図 . .	21
4.2	インタラクションを考慮した人間行動の生成	23
5.1	実世界とのインタラクション	31

表 目 次

3.1	フレームワークで提供するデータベース	11
4.1	通信ライブラリ仕様関数	22
5.1	行動生成のために必要な情報	27
5.2	コマンドレベル行動の生成	29
5.3	LED 照明の照度レベル	30
5.4	エアコンの運転モード	30
5.5	家電機器と IP の対応表 (csv データベース 1)	31
5.6	家電機器と EPC の対応表 (csv データベース 2)	31

第1章 はじめに

1.1 研究の背景

近年、インターネットの普及に伴い、多くの住宅内のエネルギー関連機器をネットワークに接続し、稼働状態の監視・制御を行うホームエネルギーマネジメントシステム（以下、HEMS）に期待が寄せられている。

HEMSが提供するサービスのもっとも基本的なものに、現在のエネルギー使用量をユーザにリアルタイムで表示することで、ユーザの行動に変化を促しエネルギー消費を抑制させる「見える化」サービスがある。こうしたシステムは政府の補助金もあり一般家庭における実用化も進みつつある。

一般に、新たなサービスの効果を検証するには、実証実験かシミュレーションが用いられる。シミュレーションは、実証実験と比較し、時間的、規模的、網羅的な観点から優位性があるが、「見える化」サービスのようにシステムと人間がインタラクションするような事象の効果を検証する場合、その効果はサービスを受けたユーザのリアクションに大きく依存するため、結果の妥当性が問題となる。ユーザのリアクションは、最終的にはユーザの意向という高次概念により生成されるが、実際には温度などの物理量や、機器や設備の動作、機器が表示するデータといった、それぞれ単体では必ずしも高次概念とは結びつかない情報をユーザが受け、ユーザの内面で次の行動に結びつく高次概念を生じていることには留意が必要であり、シミュレーションにおいても、このプロセスを実現することが求められる。

1.2 研究の目的

本研究では、スマートハウスシミュレーションにおける諸要素とのインタラクションを考慮した人間行動シミュレータの提案、実装を行う。

人間の行動がシステム全体の挙動に大きな影響を与えるスマートハウスシミュレーションにおいては温湿度や照度といった物理環境はもとより、機器や設備の動作、機器類の発するメッセージによる人間行動の変化を適切に実現することが極めて重要となる。また逆に、人間の意向に基づいてどのように機器や設備を操作するかは各機器の動作、ひいては消費電力を規定することになることから、これについても詳細なモデル化が必要となる。本研究では、住宅環境などの物理要素がユーザのリアクションにどのような影響を与えるか調査、分析し、モデル化を行う。次にモデルをもとに実装を行い、シミュレータの実験

を経て、結果からリアクションの再現性や妥当性を検証する。多様な要素とのインタラクションを考慮することで、高度な人間行動を再現することが可能となる。

1.3 関連研究

1.3.1 ホームネットワークサービス実証的検証をおこなうシミュレータ

北陸先端科学技術大学院大学の岡田ら [1] により、ホームネットワークサービスおよびシステムを実証的に検証可能なホームシミュレータが提案・実装された。ホームネットワークの要素を実験住宅におけるシステム構築の知見をもとに住宅、家電、環境、電力、人の5つの要素の切り分け、各要素間で相互作用し、個々の要素の状態を変化させることで、ホームネットワークの実世界を取り入れた複雑なシステムの再現を可能としている。シミュレーションの制度に対し、大規模な世帯への対応、実世界との連携、制度の異なるシミュレーションの組合せ、マクロモデルについて議論しており、家電、環境、電力、人間が相互に作用する住宅の様々なサービス、システムのシミュレーションに関する知見を得た。

また、本研究において、青戸ら [2] により人間行動シミュレータフレームワークが提案・実装された。既存の人間行動シミュレータはシナリオに基いた静的な人間行動モデルを用いるものや、自身のモデルを変化させるような動的な人間行動モデルをもちいるものがあるが、人間のリアクションを再現する場合、ユーザの個性、サービスの内容といった様々な要因によってリアクションが変化するため、静的な人間行動で記述することが困難であり、動的な人間行動モデルでは極めて複雑で実装が困難になるという問題点がある。既存のシミュレータでは次世代の HEMS シミュレータとしては不十分であるという点を述べている。問題点を踏まえた上で、主に人間の意志といった高次概念レベルでの人間行動を如何に生成するか重点を置き、HEMS シミュレータに耐えうる高度な人間行動シミュレータの定義を行った。本研究で用いる人間行動シミュレータフレームワークの詳細は第3章で説明する。

1.3.2 ECHONET (Energy Conservation and Homecare Network) Lite

本研究では人間行動シミュレータと実世界とのインタラクションを実現する方法として、人間行動シミュレータの出力結果であるユーザの行動履歴をもとにして、ECHONET Lite を用いた iHouse 実験環境設備内または iHouse 仮想環境内の家電機器の操作を行う。

ECHONET Lite は ECHONET コンソーシアムで規格化された ECHONET プロトコル一種であり、従来の ECHONET のプロトコルスタック構成やプロトコルを軽量化している。スマートハウス向け制御プロトコルおよびセンサーネットプロトコルである、ISO 規格および IEC 規格として国際標準化されている。

ECHONET Lite 機器は主に照明, 空調, 冷蔵, 電力設備, 一般白物家電, センサ, アクチュエータなどの通信インターフェース, システム対応機能を備える ECHONET Lite ノードである. また, これらを監視, 制御, 操作する機能を持つ集中制御装置や, 操作器のコントローラ機能を備える ECHONET Lite ノードである.

1.4 本論文の構成

本論文は以下の章で構成される.

- 第1章
 - 研究の背景と目的, 本論文の構成を示す.
- 第2章
 - ホームネットワークの現状について説明し, スマートハウスシミュレーションの概要について述べる.
- 第3章
 - 先行研究で提案, 実装された人間行動シミュレータについて説明する.
- 第4章
 - インタラクションを考慮した人間行動シミュレータについて述べる.
- 第5章
 - インタラクションを考慮した人間行動シミュレータの実装方法について述べる.
- 第6章
 - 実装した人間行動シミュレータのシミュレーション結果を示す.
- 第7章
 - まとめおよび今後の課題について述べる.

第2章 スマートハウスシミュレーション

2.1 ホームネットワークの現状

近年、家電機器は私たちの生活には必要不可欠なツールである。現在でも、様々な機能が追加された新製品が発売され、家電機器の技術は進歩を続けている。しかし、一方で、私たちの家電機器の使用方法は環境に合わせて自動で動作設定を行う程度である。21世紀的な生活の視点からみると、これらの家電機器は人の動きに合わせて家電機器がその動作状況を自動でコントロールするといった人間とのインタラクションを考慮し、動作すべきである。人間とのインタラクションという概念を実現するためには、センサなどを用いて人間の行動をセンシングするといった手法があるが、家電機器1つずつにセンサを取り付けるのは、コスト面からみると容易ではなく、各家電機器同士が相互に接続しホームネットワークを形成し、センシングデータを共有する必要がある。

2011年に家電機器や住宅設備をネットワークに接続するために通信規格としてECHONET Liteが制定され、ホームネットワークを用いた21世紀的な生活を実現する基盤は整っている。ホームネットワークの普及に伴い、住宅内のエネルギー関連機器をネットワークに接続し、稼働状態の監視・制御を行うHEMSに期待が寄せられている。HEMSの基本的なサービスであり、人間とのインタラクションを行うサービスとして、「見える化」がある。「見える化」はホームネットワークにより家電の動作状況を取得することで、現在の消費電力をリアルタイムに取得し、サービスを受けるユーザに提示する。サービスを受けたユーザに対し、行動の変化を促しエネルギー消費を抑制するサービスなどが実現されている。

今後も、ホームネットワークの発展とともに、人間とインタラクションを行うサービスが実現されていくと考えられる。

2.2 スマートハウスシミュレーションの概要

新しいホームネットワークサービスおよびシステム、HEMSの実現のためには、その有効性やシステムの信頼性の検証が重要になる。ホームネットワークのような新たなサービスおよび、非常に多くの世帯を対象としたサービスの検証をするためには、実証実験かシミュレーションが用いられる。実証実験は大規模かつ長期間の実験が必要であり、かつ対象の網羅的な検証が困難といった問題点がある。一方のシミュレーションは時間的、規

模的，網羅的な観点から優位性があるが，ホームネットワークの多様性や複雑性からモデルの困難さ，結果の妥当性が問題となる。

スマートハウスシミュレーションはホームネットワークサービスおよびシステム，HEMS 検証のためシミュレーションである。スマートハウスシミュレーションの概要図を図 2.1 に示す。スマートハウスシミュレーションは家電シミュレータ，温熱シミュレータ，電力シミュレータ，人間行動シミュレータといった4つのシミュレーションを統合したものである。各シミュレータは家電状態，温度，湿度，電力，人間行動といった各要素を持ち，各シミュレータが相互に利用できる共通 I/F を介して相互作用しながら動作する。また，実世界との連携として iHouse 実験環境設備などのスマートハウスやセンサを用いることでシミュレーションに実世界の情報を取り入れたり，シミュレーションの結果を実世界へ反映させることが可能である。各要素を持つシミュレータ，実世界の動的な情報を使用することで高い精度のシミュレーションを行うことが可能となる。

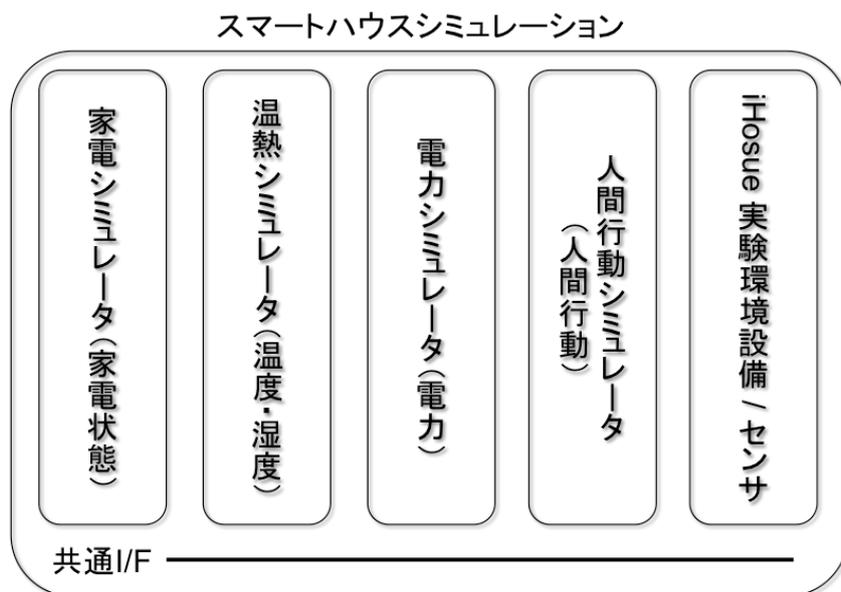


図 2.1: スマートハウスシミュレーション概要図

第3章 人間行動シミュレータ

3.1 人間行動シミュレータの必要性

§2でホームネットワークサービスおよびシステム、HEMSの検証のためのスマートハウスシミュレーションについて説明した。HEMSのようなサービスと人間がインタラクションするような事象の効果検証する場合、その効果はサービスを受けたユーザのリアクションに大きく依存するため、結果の妥当性が問題となる。人間行動シミュレータはHEMSのサービスを受けるユーザのリアクションを再現するために必要不可欠なシミュレーションである。また、人間行動シミュレータを利用することにより、過去の行動履歴や周囲の環境からユーザの行動を予測することで、ユーザが望んだ生活環境を自動で整えるシステムへの対応も考えられる。

3.2 人間行動シミュレータの定義

次世代HEMSサービスの検証に耐えうる高度な人間行動シミュレータの機能として以下の7つが挙げられる。

1. 確率的な動作
2. 高次概念の情報判断
3. 複数人間行動モデルの組み合わせ
4. 行動の一貫性の確保
5. 温熱環境、家電シミュレータとのインタラクション
6. 他の人間とのインタラクション
7. 実世界とのインタラクション

3.2.1 確率的な動作

HEMS サービスのシミュレータに耐える人間行動モデルを作成する場合、扱うデータ量が膨大なものとなりモデルの記述量、計算量の時点で限界を迎える。入力データから決定的に出力が決まるようなモデル化を決定論的アプローチというが、決定論的アプローチで人間行動モデルを作成する場合、人間の不確実性を記述できない問題点がある。この不確実生や大量のデータを取り扱うための便利な枠組みとして確率モデルや統計データがある。高度な人間行動シミュレータでは、この確率モデルや統計学的計算を用いる。

3.2.2 高次概念の情報判断

実世界の人間は温湿度などで定量的な物理情報だけでなく、知性や意志といった定量的なデータでは表すことのできない情報も判断し行動を決定する。例えばエアコン操作をする場合でも、同じ部屋に友人がいるとき、恋人がいるとき、親がいるときでは部屋の設定温度が変化するだろうし、その人の財政状況によっても電気代との兼ね合いでエアコン操作は変化するであろう。定量的なデータで表すことのできない情報のことを高次概念の情報と名付け、高度な人間行動シミュレータにはこの高概念の情報にもとづいて行動決定を行う必要がある。

3.2.3 複数の人間行動モデルの組み合わせ

HEMS の基本的なサービスとして見える化があるが、そのサービスを受けた人とそうでない人では1ヶ月間の消費電力量が異なり、見える化サービスによる情報の取得回数が多いほど省エネ行動を行っているという実験データがある。見える化などの人間行動とインタラクションするようなサービスでは、従来の行動とは全く別の行動原理にもとづき行動を決定する可能性がある。これを1つの人間行動モデルで記述するのは大変困難である。

また、近い将来 HEMS が普及し、人間の行動を予測した投機的なサービスを提供できるようになった際、人間の行動予測のツールとして人間行動シミュレータが必要となるが、人間の行動は千差万別である、これもまた1つの人間行動モデルで再現できるとは考え難い。

このことから、高度な人間行動シミュレータでは単一の人間行動モデルではなく、シミュレーション実行中に最適な人間行動モデルを選択・切り替える機構が必要となる。

3.2.4 行動の一貫性の確保

人間行動モデルは人間の行動やその行動原理をモデル化したものであり、複数の人間行動モデルを組み合わせる場合に、人間行動モデルの切り替えにより切り替え前後で全く別人のような行動を出力する可能性がある。ここでの別人のような行動とは、2回朝ごはんを

食べるなど1人の人間行動として矛盾した行動や、シミュレートする人間の性別や年齢にそぐわない行動などである。そこで、人間行動モデル切り替える場合は人間行動モデル内ではなく、別の領域で個人を司る情報を保持し、行動の一貫性を確保する必要がある。

3.2.5 温熱環境、家電シミュレータとのインタラクション

高度な人間行動シミュレータはシナリオにそった行動だけではなく、他のシミュレータとインタラクションしながら動作するべきである。他シミュレータと情報のやりとりを相互に行い、より精度の高いシミュレーションを行うことが可能である。

3.2.6 他の人間とのインタラクション

複数の人間と住まいを共にする人間は、決して個人の判断だけで行動を決定するわけではなく、他の住人とインタラクションすることで行動に変化を促すと考えられる。ここでの他の住人とのインタラクションは、「食事はできるだけ家族全員でとり」といった家族のルールや、兄弟でのTVチャンネルの取り合いなどが該当する。高度な人間行動シミュレータでは、他の人間とインタラクションしながら行動を出力する必要がある。

3.2.7 実世界とのインタラクション

実世界とのインタラクションはシミュレータの精度を高めるために必要であるが、実世界とのインタラクションの仕方により2通りが考えられる。1つは実世界の人間の行動をセンサーやUIを用いてリアルタイムにシミュレータ環境へ入力するものである。人間行動シミュレータは実世界の人間からみると、他シミュレータへのインタフェースのように捉えられる。

もう1つは人間行動シミュレータが実世界の家電や環境とのインタラクションを行うものである。

3.3 人間行動シミュレータフレームワーク

3.3.1 人間行動シミュレータフレームワークの概要

先行研究 [2] により、人間行動シミュレータフレームワークが提案・実装された。実装されたフレームワークの概要図を 3.1 に示す。

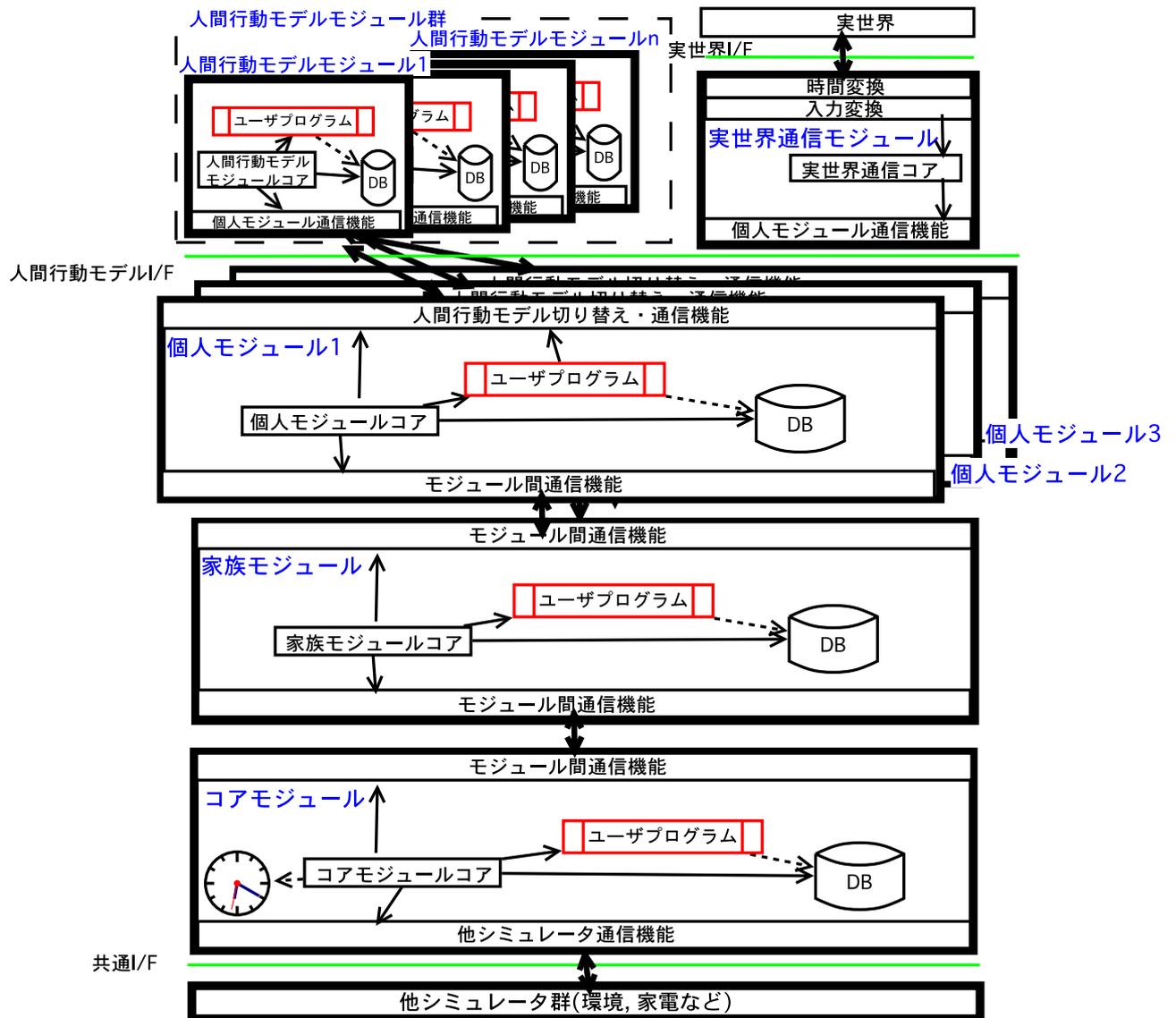


図 3.1: 人間行動シミュレータフレームワーク概要図

人間行動シミュレータフレームワークはコアモジュール、家族モジュール、個人モジュール、人間行動モデルモジュール群、実世界通信モジュールの5つから構成されている。各モジュールは高度な人間行動シミュレータの「1. 確率的な動作」や「2. 高次概念の状況判断」を実現すると、1つの計算機の計算資源を全て使用するような計算量が必要になる可能性が懸念され、各モジュールはネットワークで接続し、独立したプロセス上で実行される。また、人間行動シミュレータフレームワークでの1人の人間は1つの人間行動モデルモジュールと1つの個人モジュールの組合せで構成され、1つの家族は1つの家族モジュールと複数からなる人間行動モデルモジュールと個人モジュールの組合せで構成される。

人間行動シミュレータフレームワークが提供する主な機能は下記のとおりである。

- 特定のタイミングでのユーザプログラムの実行
- モジュール間のデータ同期
- 人間行動モデルの切替
- 各モジュールの接続性の確保
- 実世界の人間行動データの入力
- 他シミュレータとの通信

3.3.2 ユーザプログラム

ユーザプログラムとは、実装されたフレームワークを利用する開発者が自由に記述できるプログラムのことであり、各モジュールの実行中にフレームワークから呼び出される。人間行動モデルの記述はユーザプログラムで行われ、ユーザプログラム上では後述のデータベースを用いて各モジュール間でデータのやりとりが可能である。また、個人モジュール上のユーザプログラムではフレームワークの API を用いて人間行動モデルの切替が可能である。

3.3.3 データ同期

フレームワークでは各モジュール間のデータの受け渡しを行うための共有データベースを提供している。共有するモジュールの違いによって表 3.1 の 4 種類のデータベースを用意した。

データベースを key/value のデータ構造であり、key 情報はフレームワークの設定ファイル記述する。フレームワークの API から key を指定し、該当する value を取得する。データベースは各モジュールがローカルに保持し、更新がある際はデータベースを通じて、各モジュールで同期を行う。

3.3.4 コアモジュール

コアモジュールは、「5. 温熱環境、家電シミュレータとのインタラクション」、「7. 実世界とのインタラクション」を実現するためのモジュールである。以下に処理を記述する。

- 起動時に各モジュールへ設定ファイルの送信
- シミュレータの時間管理

表 3.1: フレームワークで提供するデータベース

データベース名	共有するモジュール	想定する用途
グローバルデータベース	コアモジュール 家族モジュール 個人モジュール 人間行動モデルモジュール	他のシミュレータからの入力情報 他のシミュレータへの出力情報
家族・個人データベース	家族モジュール 個人モジュール 人間行動モデルモジュール	家族間のインタラクション
人間行動データベース	個人モジュール 人間行動モデルモジュール	個人データの受け渡し

- ユーザプログラムの実行
- 家族モジュールとの通信
- 他のシミュレータとの通信

コアモジュールはフレームワークの初期化処理時に設定ファイルに従い、コアモジュール以外の家族モジュール、個人モジュール、人間行動モデルモジュール群、実世界通信モジュールに接続し、各モジュールに設定ファイルを送信する。設定ファイルの内容は各モジュールに接続するための IP アドレスとポート番号、各データベースで使用する key 情報、シミュレータの時刻情報などを記述されている。

フレームワークでの時間進歩はステップ時間毎であり、ステップ時間は設定ファイルに記述する。ステップ時間毎の人間行動シミュレータの処理の流れを図 3.2 に示す。コアモジュールから順に REQUEST を送信し、人間行動モデルモジュールが REQUEST を受信すると、そのステップ時間での行動を生成し、個人モジュール、家族モジュール、コアモジュールと順に RESPONSE を返す。

コアモジュールでは処理化処理後と家族モジュールへ REQUEST を送信前と、家族モジュールから RESPONSE を受信直後のタイミングでユーザプログラムが呼び出される。このユーザプログラムでは SET Data, Get Data 命令を実行可能であり、他シミュレータから受信した温度や湿度などの情報をグローバルデータベースに登録する。

3.3.5 家族モジュール

家族モジュールは人間行動シミュレータの「6. 他の人間とのインタラクション」を実現するためのモジュールである。以下に処理を記述する。

- 各個人モジュールとの通信

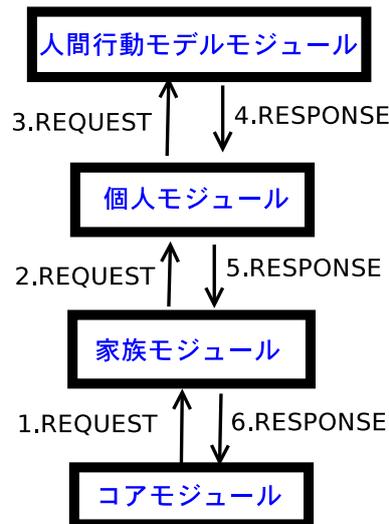


図 3.2: リクエスト/レスポンスの呼び出し順序

- コアモジュールとの通信
- ユーザプログラムの実行

家族などの複数の人間のシミュレーションの再現をする場合は、家族モジュールと複数の個人モジュールの接続を行うことで家族を形成する。3人家族をシミュレートする場合、設定ファイルに3つの個人モジュールのIPアドレスとポート番号を記述し、シミュレータとの初期化処理中に家族モジュールが自動的に全ての個人モジュールに接続する。家族をシミュレートする場合のREQUEST/RESPONSEの順番は図3.3のようになる。

家族モジュールでは初期化処理後と、最初の個人モジュールへREQUESTを送信前と、受信直後のタイミングでユーザプログラムが呼び出される。家族のインタラクションを記述する場合、個人モジュールのユーザプログラム上で自身の状態を家族・個人データベースに登録する必要がある。

3.3.6 個人モジュール

個人モジュールでは人間行動シミュレータの「3. 複数の人間行動モデルの組合せ」と「4. 行動の一貫性の確保」を実現する。以下に処理を記述する。

- 人間行動モデルモジュールとの通信
- 人間行動モデルモジュールの切り替え
- 家族モジュールとの通信

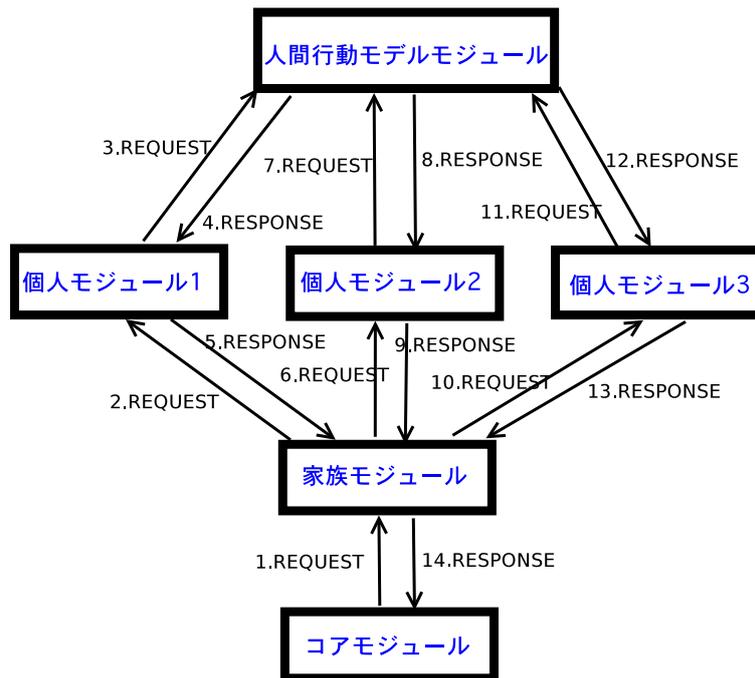


図 3.3: リクエスト/レスポンスの呼び出し順序 (3 人家族)

- ユーザプログラムの実行

シミュレータ実行中に人間行動モデルを動的に切り替えるため、ユーザの性別や年齢といった個人情報はこのモジュール内で保持する。また、ユーザプログラムには人間行動モデルを切り替えるための API を提供する。個人モジュールでは初期化処理後と人間行動モデルモジュールへの REQUEST を送信前と、人間行動モデルモジュールからの RESPONSE を受信した直後のタイミングでユーザプログラムが呼び出される。

3.3.7 人間行動モデルモジュール群

人間行動モデルモジュールと協調動作を行い、人間行動シミュレータの「1. 確率的な動作」と「2. 高次概念の情報判断」を実現し、フレームワーク中の処理を行う。以下に処理を記述する。

- 個人モジュールとの通信
- ユーザプログラムの実行

人間行動モデルモジュールでは初期化処理後と個人モジュールからの REQUEST を受信したタイミングでユーザプログラムが呼び出される。

3.3.8 実装フレームワークの処理の流れ

ここまでの実装された人間行動シミュレータフレームワークの処理の流れを以下に示す。

1. 初期化処理

コアモジュールは設定ファルを読み込み、設定ファイルの記述に従ってそのコピーを全ての家族モジュール、個人モジュール、人間行動モデルモジュールに送信する。設定ファルを受信した各モジュールは設定ファイルに従いそれぞれのモジュールに接続する。

2. 初期化処理後

各モジュールの初期化処理後のユーザプログラムが実行される。

3. コアモジュール

ここからがシミュレータのループである。コアモジュールは他のシミュレータからの情報を受け取った後、ユーザプログラムを実行する。ユーザプログラムの実行後、家族モジュールに REQUEST を送信する。

4. 家族モジュール

データベースの同期処理を行った後、ユーザプログラムを実行する。ユーザプログラムの実行後、個人モジュールに REQUEST を送信する。

5. 個人モジュール

データベースの同期処理を行い、ユーザプログラムを実行する。ユーザプログラムの実行後、人間行動モデルモジュールに REQUEST を送信する。また、ここで人間行動モデルを切り替える必要がある場合、専用 API を用いて人間行動モデルを切り替える。

6. 人間行動モデルモジュール

データベースの同期処理を行った後、ユーザプログラムを実行する。ユーザプログラムの実行後、個人モジュールに RESPONSE を送信する。

7. 個人モジュール

データベースの同期処理を行った後、ユーザプログラムを実行する。ユーザプログラムの実行後、家族モジュールに RESPONSE を送信する。

8. 家族モジュール

データベースの同期処理を行った後、そのループ中でまだ REQUEST を送信していない個人モジュールがあれば REQUEST を送信して 4 に戻る。全ての個人モジュールから RESPONSE を受信している場合、ユーザプログラムを実行する。ユーザプログラムの実行後、コアモジュールに RESPONSE を送信する。

9. コアモジュール

データベースの同期処理を行い，ユーザプログラムを実行する．また，温熱環境，家電シミュレータと通信を行うため，人間の行動履歴を出力する．

3.4 行動生成の流れ

行動生成の流れについて説明する．

1. 生活時間統計データとプリファレンスに基づき基本スケジュールを作成
初期化処理として文献に基づく確率と行動種別の選定，決定モデルに従いスケジュールを作成する．家族，個人のプリファレンスが設定されている場合，これを反映する．
2. スケジュール，状況，欲により行動を生成
ここからシミュレーションのループにはいる．現在の時刻に基づくスケジュールを参照し，環境，欲によって行動種別，実行動，具体行動を決定する．
3. 行動に対応する状況，欲の情報を更新し，行動履歴を保存
2で決定した行動の影響を環境，欲に対し反映する．また，実行した行動を履歴として保存する．

3.5 既存の人間行動シミュレータ出力結果

既存の人間行動シミュレータの実行を行った．父親，母親，姉，弟からなる4人家族の1日の行動シミュレートを行った．父親の人間行動モデルが出力した具体行動の一部をコード3.1に示す．母親の人間行動モデルが出力した具体行動の一部をコード3.2に示す．姉の人間行動モデルが出力した具体行動の一部をコード3.3に示す．弟の人間行動モデルが出力した具体行動の一部をコード3.4に示す．

コード 3.1: 父親の人間行動モデルが出力した具体行動

```
1 0:0:0 ACT sleep
2 6:58:2 MOVE toilet
3 6:58:4 OP toilet light_led ON
4 6:58:6 ACT toilet
5 7:0:6 OP toilet light_led OFF
6 7:0:22 MOVE lavatory
7 7:0:24 OP lavatory light_led1 ON
8 7:0:26 OP lavatory light_led2 ON
9 7:0:38 ACT bruth_tooth
10 7:3:2 OP lavatory light_led1 OFF
```

```
11 7:3:16 OP lavatory light_led2 OFF
12 7:3:30 MOVE livingroom
13 7:3:32 OP livingroom airconditioner ON_22
14 7:3:34 OP livingroom light_led1 ON
15 7:3:36 OP livingroom light_led2 ON
16 7:3:48 ACT newspaper_magazine
17 7:18:2 ACT meals
18 7:48:2 MOVE lavatory
19 7:48:4 ACT personalcare
20 7:58:2 MOVE OUT
21 7:58:4 ACT commuting
```

コード 3.2: 母親の人間行動モデルが出力した具体行動

```
1 0:0:0 ACT sleep
2 6:3:2 MOVE toilet
3 6:3:4 OP toilet light_led ON
4 6:3:6 ACT toilet
5 6:5:6 OP toilet light_led OFF
6 6:5:22 MOVE kitchen
7 6:5:24 OP kitchen light_led ON
8 6:5:26 OP kitchen ventilationfan ON
9 6:5:38 OP kitchen ricecooker ON
10 6:6:40 OP kitchen cookingheater ON
11 6:7:42 ACT cooking
12 7:3:2 OP kitchen light_led OFF
13 7:3:16 OP kitchen ventilationfan OFF
14 7:3:30 OP kitchen ricecooker OFF
15 7:3:44 OP kitchen cookingheater OFF
16 7:3:58 MOVE lavatory
17 7:4:0 OP lavatory light_led1 ON
18 7:4:2 OP lavatory light_led2 ON
19 7:4:14 ACT bruth_tooth
20 7:8:2 ACT personalcare
21 7:18:2 OP lavatory light_led1 OFF
22 7:18:16 OP lavatory light_led2 OFF
23 7:18:30 MOVE livingroom
24 7:18:34 ACT meals
25 7:48:2 MOVE lavatory
```

```
26 7:48:4 OP lavatory light_led1 ON
27 7:48:6 OP lavatory light_led2 ON
28 7:48:18 OP lavatory washeranddyer ON
29 7:49:20 ACT washing
```

コード 3.3: 姉の人間行動モデルが出力した具体行動

```
1 0:0:0 ACT sleep
2 7:18:2 MOVE toilet
3 7:18:4 OP toilet light_led ON
4 7:18:6 ACT toilet
5 7:20:6 OP toilet light_led OFF
6 7:20:22 MOVE livingroom
7 7:20:24 ACT meals
8 7:48:2 MOVE lavatory
9 7:48:4 ACT personalcare
10 7:58:2 ACT bruth_tooth
11 8:3:2 MOVE OUT
12 8:3:4 ACT commuting
```

コード 3.4: 弟の人間行動モデルが出力した具体行動

```
1 0:0:0 ACT sleep
2 7:29:2 MOVE toilet
3 7:29:4 OP toilet light_led ON
4 7:29:6 ACT toilet
5 7:31:6 OP toilet light_led OFF
6 7:31:22 MOVE lavatory
7 7:31:24 OP lavatory light_led1 ON
8 7:31:26 OP lavatory light_led2 ON
9 7:31:38 ACT bruth_tooth
10 7:32:2 ACT personalcare
11 7:37:2 OP lavatory light_led1 OFF
12 7:37:16 OP lavatory light_led2 OFF
13 7:37:30 MOVE livingroom
14 7:37:32 ACT meals
15 8:7:2 OP livingroom airconditioner OFF
16 8:7:16 OP livingroom light_led1 OFF
17 8:7:30 OP livingroom light_led2 OFF
18 8:7:44 MOVE OUT
```

出力結果をみると，父親の行動(コード 3.1)において，7時3分32秒にエアコン操作を行っている．こういった家電機器の操作履歴を家電シミュレータや iHouse 実験環境設備/仮想環境とインタラクションする際に使用する．また，姉の行動(コード 3.3)と弟の行動(コード 3.4)で7時37分頃はふたりともリビングにて朝食をとっている．姉は先に朝食を終え洗面所に移動しているが，弟がまだリビングルームで朝食を食べているのでリビングルームの家電の電源を OFF にしていない．リビングルームの家電の電源が OFF になるのは弟が最後にリビングルームを出る8時7分頃である．これらの行動結果から，家族間のインタラクションが正しく取れていることがわかる．

第4章 インタラク션을考慮した人間行動シミュレータ

先行研究 [2] においては主に高次概念レベルでの人間行動を如何に生成するかに重点が置かれたいた。本研究においては温湿度や照度といった物理環境はもとより、機器や設備の動作、機器類の発するメッセージにより人間行動の変化を適切に実現することに重点を置く。

4.1 インタラクシヨンのための要素

実行動への影響を及ぼす要素について列挙する。

- 環境
 - － 室温
 - － 湿度
 - － 照度
 - － 天候
- 電力
 - － 電力情報
- 家電
 - － 家電情報
- 住宅
 - － 住宅情報
- 情報
 - － 見える化情報
 - － イベント情報

「環境」は住宅内と住宅外で分類できる。室温、湿度、部屋の照度といった情報は住宅内の情報であり、天候といった情報は住宅外の情報である。「電力」は住宅内における電力使用量である。「家電」は住宅内の家電機器状態であり、人間が家電機器を操作する行動を行う場合、その家電機器の情報を考慮した上で家電機器の操作を行う。「住宅」は住宅の構造や仕様であり、人間の部屋の移動先を決定する際に参照する。「情報」は見える化情報とイベント情報が挙げられる。見える化情報は見える化サービスを受けるユーザーに提示する情報であり、1週間、1ヶ月といったある期間内の家電の消費電力量であり、この情報を参照したユーザーはエコ活動をするといった行動に影響を与える。イベント情報は物理量ではないが、人間の行動に影響を与える情報である。例えば、買い物セール、災害、緊急事態といった情報であり、実世界の人間は定量的データでは表すことのできない情報も判断し、行動を決定する。

以上の要素を状態として持ち、生成する実行動が変化すると考えられる。以上の諸要素を考慮し、人間行動を生成する一つの例として、人間がエアコン機器を操作する場合は挙げられる。人間は自身の意思のみでエアコンを操作するのではなく、季節、部屋の室温、湿度などを考慮した上で、エアコンを動作をオンにし、運転モード、風量、設定温度などを適切に選択する。

4.2 他シミュレータおよび実世界とのインタラクション

人間行動シミュレータが諸要素とのインタラクションを考慮して動作するためには、他シミュレータおよび実世界との連携が必須である。人間行動シミュレータと他シミュレータとのインタラクションの概要図を4.2に示す。

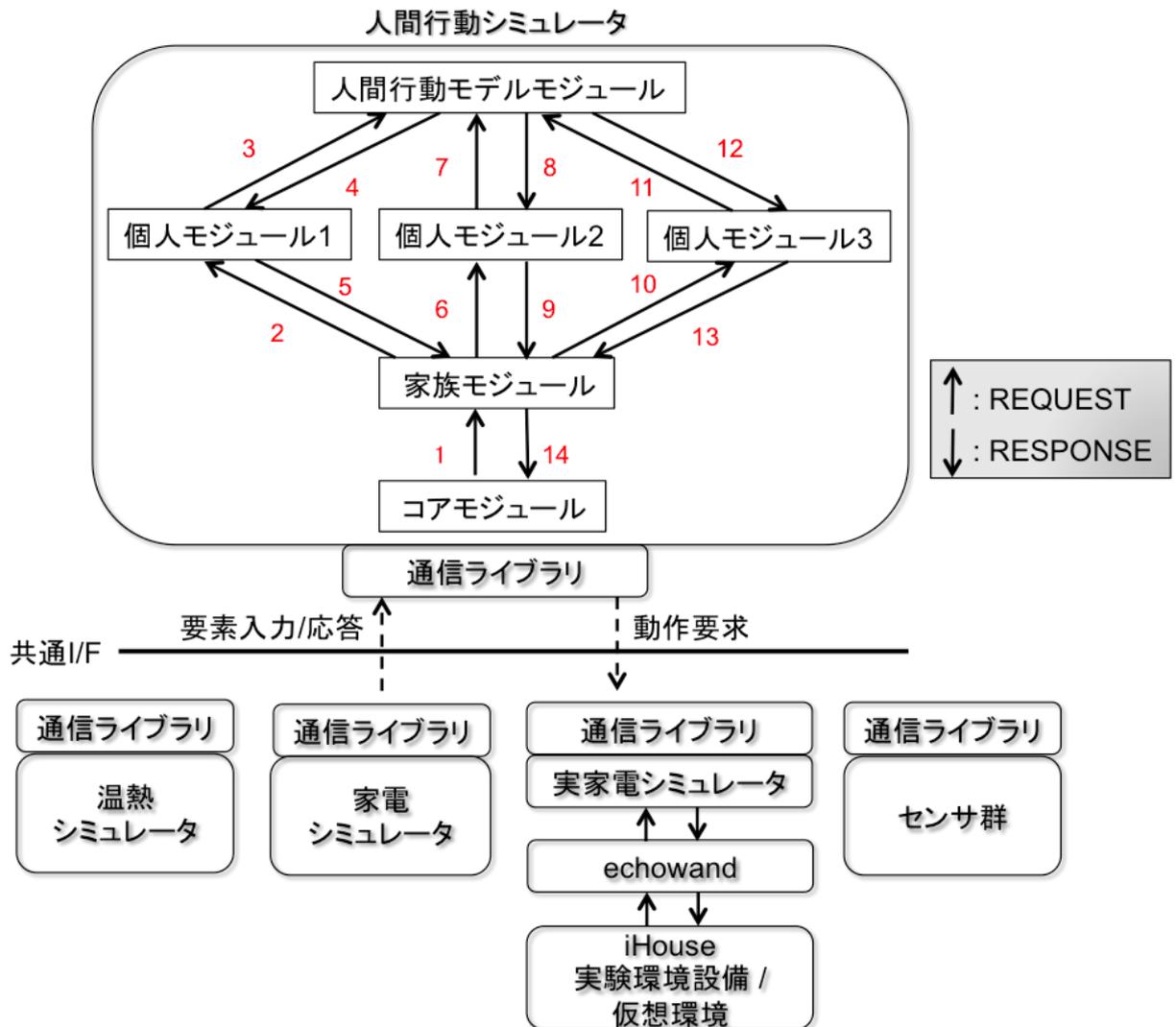


図 4.1: 人間行動シミュレータと他シミュレータとのインタラクションの概要図

図は人間行動シミュレータが共通I/Fを通し、温熱や家電といった他シミュレータ群と通信を行う概要図となっている。温熱シミュレータは住宅内の温度、湿度をシミュレートし、家電シミュレータは住宅内の家電機器のシミュレートを行う。

本研究では他シミュレータとの通信に通信ライブラリを用いた。通信ライブラリは各シミュレータ、センサ群などが通信するためのライブラリであり、通信ライブラリで仕様する関数を 4.1 にまとめる。

表 4.1: 通信ライブラリ仕様関数

関数名	概要
get_sim_data	他シミュレータからの情報の受信, 他シミュレータと同期
send_sim_data	人間行動シミュレータで生成した出力の送信
advance_local_time	シミュレータの時刻の更新

また, 本研究では ECHONET Lite を用いるにあたり, ECHONET Lite ライブラリである echowand を利用した. echowand[4] は Java を用いた ECHONET Lite ライブラリであり, ローカルオブジェクトを実装した ECHONET Lite デバイスの作成や, リモートオブジェクトの制御を行うコントローラを作成するために利用可能なライブラリとなっている. 詳細については参考文献の URL を参照すること.

echowand を利用するにあたり, 人間行動シミュレータの行動要求を echowand が理解できる形式に変更する必要がある. 本研究では人間行動シミュレータの行動要求での対象となる家電機器の IP アドレス, EOJ, EPC のマッピングを行い, 家電機器の操作を行う実家電シミュレータの作成を行った. 実家電シミュレータは実家電を用いたシミュレータである, 実家電シミュレータでマッピングされた情報をもとに, iHouse 実験環境設備または iHouse 仮想環境内の家電機器を操作する.

人間行動シミュレータと他シミュレータのインタラクションは, 温熱シミュレータ, 家電シミュレータと共通 I/F を通して情報を送受信することで実現する. また, 人間行動シミュレータと実世界とのインタラクションは, 実家電シミュレータと共通 I/F を通して情報を送受信し, echowand[4] を通して, iHouse 実験環境設備/仮想環境内の家電機器を操作することにより実現する.

人間行動シミュレータの動作の流れは, コアモジュールが設定ファイルを読み込み, 設定ファイルの記述に従って上位モジュールである家族モジュール, 個人モジュール, 人間行動モデルモジュールに送信する. その後, ステップ時間毎に行動を生成する流れとなっている.

コアモジュールが共通 I/F を通して定期的に温熱シミュレータから温度, 湿度情報を入力として受信し, 人間行動シミュレータのグローバルデータベースに各部屋の温度, 湿度情報を登録する. それらの要素を考慮しつつ具体行動を生成した人間行動シミュレータは共通 I/F を通して, 行動履歴出力する. その後, 動作要求として家電シミュレータに送信する. 家電シミュレータはシミュレータ内で家電機器の操作を行い, 家電機器の操作によって発生する熱量の情報を温熱シミュレータに送信する. 温熱シミュレータは家電シミュレータの熱量情報をもとに新たに生成した温度, 湿度情報を人間行動シミュレータのコアモジュールに送信する.

人間行動シミュレータが生成した人間行動をもとに iHouse 実験環境設備/仮想環境内の家電機器を操作する方法として, 本研究では ECHONET Lite プロトコルを用いている. ECHONET Lite パケットを iHouse 実験環境設備/仮想環境内の ECHONET Lite 対応機

器への送信を容易にするために echowand を使用した。人間行動シミュレータが出力する人間行動の出力は操作する家電機器の IP アドレス、EOJ, EPC の情報を持っていないため、このままでは iHouse の家電機器を操作するのは不可能である。そこで実家電シミュレータを使用し、人間行動シミュレータの人間行動で使用する家電の IP アドレス、EOJ, EPC のマッピングを行うことで iHouse の家電機器の操作を行う。

4.3 インタラク션을考慮した人間の行動

§4.2 で説明したとおり、人間行動シミュレータは温熱シミュレータから受信した温度、湿度情報を考慮し、人間行動を生成する。インタラク션을考慮した人間行動の生成の流れを図 4.2 に示す。

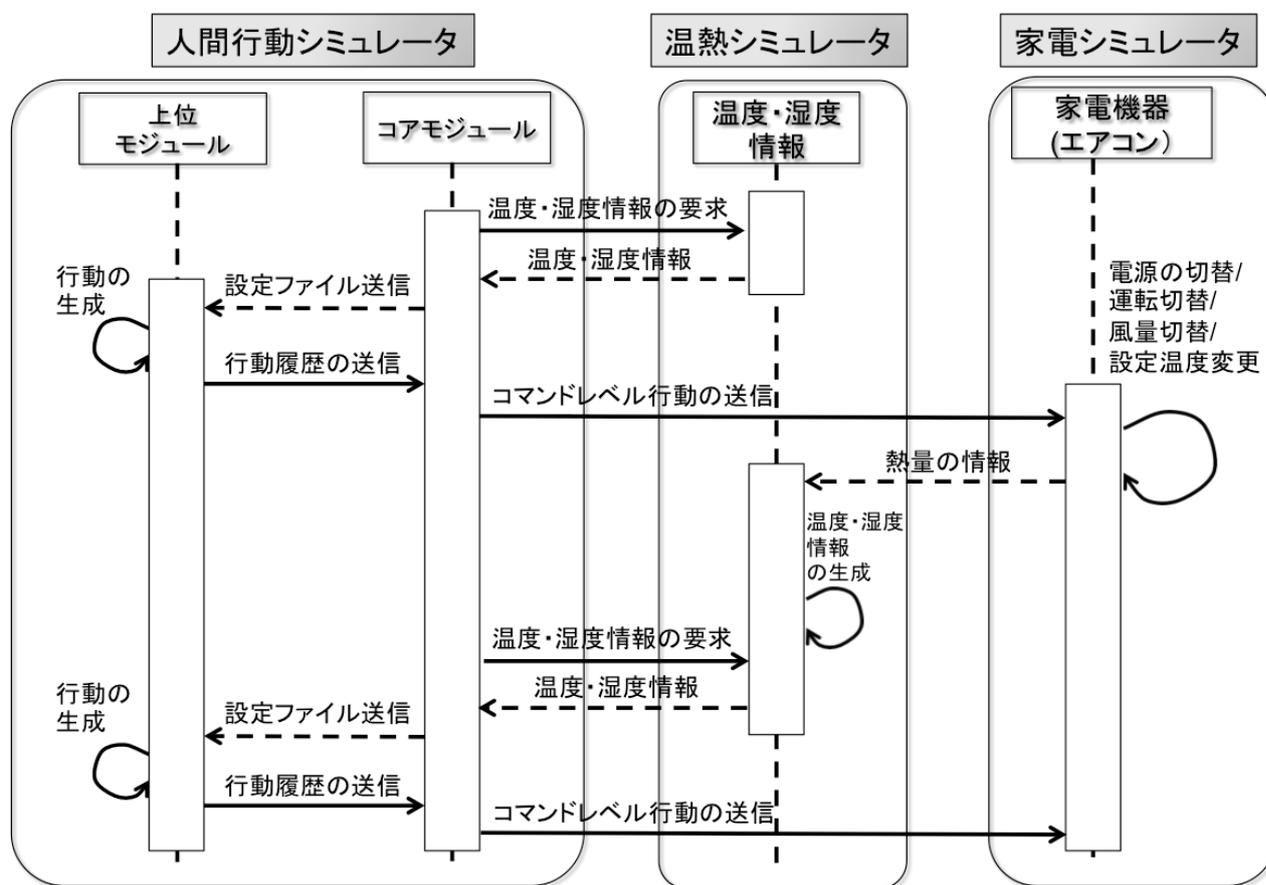


図 4.2: インタラク션을考慮した人間行動の生成

図 4.2 は人間行動シミュレータがエアコン操作の行動を生成する例である。温熱シミュレータから温度、湿度情報を受信したコアモジュールは上位モジュールへ設定ファイルの

送信を行い，データの同期を行う．人間行動モデルモジュールは時刻，温度，湿度情報をもとに高次概念レベルの行動を生成する．

エアコンを操作する際，ユーザはエアコンの電源を ON にするだけでなく，運転モード，風量などの設定を行う．運転モードは季節が冬なら暖房を選択，夏なら冷房を選択，また，夏でも湿度が高ければ除湿を選択する．また，風量を自動に設定し，現在の季節，温度をもとに適切な設定温度を選択する．

4.4 コマンドレベル行動の生成

エアコン操作を例にして，人間が実際に家電機器を操作することを考える．人はエアコン操作をする際，まず，機器に直接設置されているスイッチまたはリモコンといったインタフェースを選択し，電源ボタンでエアコンを動作させ，運転モードを選択，風量の設定，温度を設定するといったコマンド操作を行う．

他シミュレータおよび iHouse 実験環境設備/仮想環境とインタラクションをする場合，既存の人間行動シミュレータは人間行動の出力は高次概念レベルの出力であり，機器のコマンド操作としては抽象度が高い．実際の機器を操作するにはコマンドレベルの出力は必要であり，本研究ではコアモジュールでコマンドレベルの人間行動の生成を行う．

4.5 インタラクションを考慮したシミュレータ全体の処理の流れ

これまで説明したインタラクションを考慮した全体の処理の流れを以下に示す．

1. 初期化処理

コアモジュールは設定ファルを読み込み，設定ファイルの記述に従ってそのコピーを全ての家族モジュール，個人モジュール，人間行動モデルモジュールに送信する設定ファルを受信した各モジュールは設定ファイルに従いそれぞれのモジュールに接続する．

2. 初期化処理後

各モジュールの初期化処理後のユーザプログラムが実行される．

3. コアモジュール

ここからがシミュレータのループであるコアモジュールは温熱シミュレータからの入力の待ち状態に入る．

4. 温熱シミュレータ

温熱シミュレータはある時刻の温度，湿度情報を共通 I/F を通して，人間行動シミュレータのコアモジュールに送信する．

5. コアモジュール
コアモジュールは温熱シミュレータからの情報を受け取った後、ユーザプログラムを実行する。ユーザプログラムの実行後、家族モジュールに REQUEST を送信する。
6. 家族モジュール
データベースの同期処理を行った後、ユーザプログラムを実行する。ユーザプログラムの実行後、個人モジュールに REQUEST を送信する。
7. 個人モジュール
データベースの同期処理を行い、ユーザプログラムを実行する。ユーザプログラムの実行後、人間行動モデルモジュールに REQUEST を送信する。また、ここで人間行動モデルを切り替える必要がある場合、専用 API を用いて人間行動モデルを切り替える。
8. 人間行動モデルモジュール
データベースの同期処理を行った後、ユーザプログラムを実行する。人間行動モデルモジュールで諸要素とのインタラクションを考慮しつつ、行動に対する高次概念を生成する。ユーザプログラムの実行後、個人モジュールに RESPONSE を送信する。
9. 個人モジュール
データベースの同期処理を行った後、ユーザプログラムを実行する。個人モジュールで個人レベルの行動履歴を出力する。ユーザプログラムの実行後、家族モジュールに RESPONSE を送信する。
10. 家族モジュール
データベースの同期処理を行った後、そのループ中でまだ REQUEST を送信していない個人モジュールがあれば REQUEST を送信して 4 に戻る。全ての個人モジュールから RESPONSE を受信している場合、ユーザプログラムを実行する。家族モジュールで個人モジュールから RESPONSE を受け取り、家族のインタラクションを考慮した行動履歴を出力する。ユーザプログラムの実行後、コアモジュールに RESPONSE を送信する。
11. コアモジュール
データベースの同期処理を行い、ユーザプログラムを実行する。コアモジュールでは家族モジュールから、高次概念レベルの人間行動を入力として受け取り、それをもとにコマンドレベルの人間行動を生成し、共通 I/F を通して、行動履歴を家電シミュレータ、実家電シミュレータに送信する。また、次のステップ時間で新たな行動を生成するため、再度、温熱シミュレータから新たな温度、湿度情報を受信し、グローバルデータベースの情報を更新する。
12. 実家電シミュレータ
人間行動シミュレータからコマンドレベルの行動履歴を受信した実家電シミュレー

タは操作する家電機器の IP アドレス, EOJ, EPC のマッピングを行い, iHouse 実験環境設備/仮想環境内の家電機器の操作を行う。

13. iHouse 実験環境設備/仮想環境

ECHONET Lite パケットを受信し, iHouse 実験環境設備/仮想環境内の家電機器が操作される。

第5章 実装

5.1 他シミュレータとのインタラクション

§4.2で説明したように，温熱シミュレータから温度，湿度情報を受信し，具体行動を出力する際に必要な情報を表5.1にまとめる。

表 5.1: 行動生成のために必要な情報

情報	どのようにして取得するか	格納するデータベース
温度	温熱シミュレータから取得	グローバルデータベース
湿度	温熱シミュレータから取得	グローバルデータベース
家電状態	他シミュレータから取得 家電状態を書き込む	グローバルデータベース
現在部屋にある家電	他シミュレータから取得 部屋の家電を書き込む	グローバルデータベース
現在部屋にいる家族	各個人モジュールが現在いる 小部屋情報を書き込む	個人・家族データベース

本研究では温熱シミュレータから温度，湿度情報の取得を行う。各情報はJSON形式でやりとりを行う。温度情報のコードの一例を5.1に示し，湿度情報のコードの一例を5.2に示す。

コード 5.1: 温度情報 (JSON形式)

```
1 {  
2   "temperature": {  
3     "date" : "2014-01-01 00:00:01",  
4     "livingroom" : "9.1",  
5     "entranceHall" : "10.2333333333",  
6     "western_style_room2" : "8.2875",  
7     "western_style_room1" : "8.1",  
8     "japanese_style_room" : "8.55",  
9     "kitchen" : "9.85",  
10    "lavatory" : "8.7625",
```

```
11     "bedroom" : "8.6"  
12   }  
13 }
```

コード 5.2: 湿度情報 (JSON 形式)

```
1 {  
2   "humidity":{  
3     "date" : "2014-01-01 00:01:11",  
4     "livingroom" : "54.625",  
5     "entranceHall" : "52.8333333333",  
6     "western_style_room2" : "59.0",  
7     "western_style_room1" : "58.0",  
8     "japanese_style_room" : "59.5",  
9     "kitchen" : "51.875",  
10    "lavatory" : "63.125",  
11    "bedroom" : "54.875"  
12  }  
13 }
```

5.1 と 5.2 の情報を温熱シミュレータから、コアモジュールが定期的に受信し、グローバルデータベースに格納する。

5.2 コマンドレベル行動

§4.4 で説明したように、既存の人間行動シミュレータフレームワークでは抽象度が高く、家電シミュレータ、実世界とのインタラクションが取れないため、家族モジュールからコアモジュールへ送信される 3.1 のような高次概念レベルの行動をコアモジュールでコマンドレベル行動として出力する。

上位モジュールで生成される高次概念レベル行動とコアモジュールで生成されるコマンドレベル行動の対応表を 5.2 にまとめる。

表 5.2: コマンドレベル行動の生成

上位モジュール		コアモジュール				
家電機器	機器操作	* 詳細	インタフェース	機器操作	* 詳細	操作詳細
light_led	ON OFF		Switch Switch Switch	ON II * OFF	0~100(%)	スイッチオン 照度設定 スイッチオフ
airconditioner	ON_* OFF	設定温度 運転モード 風量	Remote/Switch Remote/Switch Remote/Switch Remote/Switch Remote/Switch	ON Mode * Airflow * * OFF	Auto/Cool/Heat/Dehumid Auto 設定温度	リモコン/スイッチオン 運転モード 自動/冷房/暖房/除湿 風量 自動 温度設定 リモコン/スイッチオフ
cookingheater	ON OFF		Switch Switch	ON OFF		スイッチオン スイッチオフ
tv	ON OFF		Remote/Switch Remote/Switch	ON OFF		リモコン/スイッチオン リモコン/スイッチオフ
refrigerator	ON OFF		Switch Switch	ON OFF		スイッチオン スイッチオフ
washeranddryer	ON OFF		Switch Switch	ON OFF		スイッチオン スイッチオフ
toiletseat	ON OFF		Switch Switch	ON OFF		スイッチオン スイッチオフ
claener	ON OFF		Switch Switch	ON OFF		スイッチオン スイッチオフ
ricecooker	ON OFF		Switch Switch	ON OFF		スイッチオン スイッチオフ
ventilationfan	ON OFF		Switch Switch	ON OFF		スイッチオン スイッチオフ

5.2の家電機器は人間行動シミュレータで扱う家電機器一覧である。コアモジュールでコマンド操作を生成する際は上位モジュールの機器操作をもとに生成する。各機器にコマンドレベル行動を生成するはインタフェースの項目を追加した。エアコンとテレビに関してはリモコンかスイッチのインタフェースを選択する。

LED ライトのコマンド操作の「II *」は照度設定であり、*には照度レベルの数値が入る。照度の値は時間帯の情報をもとに生成される。照度の生成表を5.3に示す。

表 5.3: LED 照明の照度レベル

時刻 (時間帯) [時]	照度レベル [%]
0 ~ 7	100
8 ~ 9	80
10 ~ 14	50
15 ~ 17	80
18 ~ 23	100

また、エアコンに関しては、上位モジュールで設定温度、運転モード、風量の選択がある場合は、その情報をコアモジュールで流用するが、選択がない場合はコアモジュールで生成を行う。風量は自動のみである。運転モードは季節、湿度などにより生成を行う。設定温度に関しては上位モジュールからの設定温度を流用する。運転モードの生成表を5.4に示す。

表 5.4: エアコンの運転モード

時期 [月]	運転コード
6 ~ 8 (夏季)	冷房 (Cool), 除湿 (Dehumid)
12, 1 ~ 2 (冬季)	暖房 (Heat)
それ以外の時期 (中間期)	自動 (Auto)

エアコンの運転モードの暖房 (Heat) と除湿 (Dehumid) に関しては、基本的には暖房を選択するが、湿度が70%を超える場合、除湿を選択するような仕組みにした。

また、他の家電機器に関しては、電源のオン、オフのみである。

5.3 実世界とのインタラクション

§4.2で説明したように、本研究では実世界とのインタラクションとして、iHouse 実験環境設備/仮想環境を使用した連携を行うことで、インタラクションを実現する。実世界とのインタラクションの概要図を5.1に示す。人間行動シミュレータのコアモジュールで

生成したコマンドレベルの人間行動を共通 I/F を通して実家電シミュレータに送信する。その後、ECHONET Lite パケットを送信することで実家電の操作を行う。

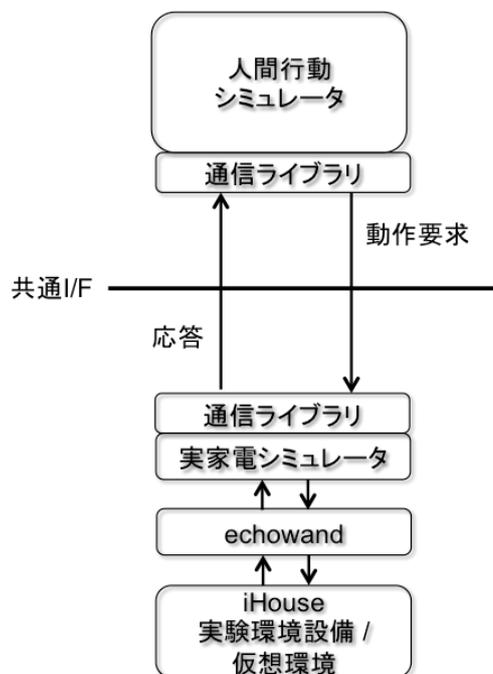


図 5.1: 実世界とのインタラクション

実家電シミュレータでマッピングを行う際に csv 形式のデータベースを 2 つ用意し、マッピングを行った。1 つめの家電機器と IP の対応表の形式を 5.5 に示し、2 つめの家電機器と EPC の対応表の形式を 5.6 に示す。

表 5.5: 家電機器と IP の対応表 (csv データベース 1)

形式	場所	家電機器	クラス名	プロトコル	IP アドレス	ID
例	livingroom	light_led1	general_lighting	echonet_lite	192.168.2.126	29001

表 5.6: 家電機器と EPC の対応表 (csv データベース 2)

形式	クラス名	プロパティコード	EPC	値
例	general_lighting	ON	80	30

5.5は人間行動シミュレータの行動を行う場所の部分と操作する家電機器のマッチングに使用するものである。「クラス名」というのは ECHONET Lite のアペンディックスをもとにつけた名前である。「プロトコル」というのは、もし、操作家電が ECHONET Lite 対応ではない場合、UPnP などの他のプロトコルを使用して機器操作をする必要があり、そのような状況を想定した際にプロトコル名を記載するために設けた。「ID」というのは ECHONET Lite プロトコルを使用した場合、EOJ として扱う項目である。

5.6は人間行動シミュレータの機器操作の部分とその機器のクラス名のマッチングに使用するものである。「プロパティコード」は人間行動シミュレータが出力する家電機器操作の文字列に対応させるためのものである。「値」は書き込む値である。

第6章 結果・評価

6.1 人間行動シミュレータの実行結果

実装した人間行動シミュレータを評価するために、父親、母親、姉、弟からなる4人家族の1週間の行動シミュレートを行った。人間行動モデルモジュールで高次概念を生成し、個人モジュールで個人レベルの行動の生成、家族モジュールで家族のインタラクションを考慮し、高次概念レベルの人間行動をシミュレートした。父親の高次概念レベルの行動の一部をコード6.1に示す。母親の行動の一部をコード6.2に示す。姉の行動の一部をコード6.3に示す。弟の行動の一部をコード6.4に示す。

コード 6.1: 父親の高次概念レベルの具体行動

```
1 2014/1/1 0:0:0 ACT sleep
2 2014/1/1 6:58:10 MOVE toilet
3 2014/1/1 6:58:20 OP toilet light_led ON
4 2014/1/1 6:58:30 ACT toilet
5 2014/1/1 7:0:30 OP toilet light_led OFF
6 2014/1/1 7:1:10 MOVE lavatory
7 2014/1/1 7:1:20 OP lavatory light_led1 ON
8 2014/1/1 7:1:30 OP lavatory light_led2 ON
9 2014/1/1 7:1:50 ACT bruth_tooth
10 2014/1/1 7:3:10 OP lavatory light_led1 OFF
11 2014/1/1 7:3:40 OP lavatory light_led2 OFF
12 2014/1/1 7:4:10 MOVE livingroom
13 2014/1/1 7:4:20 OP livingroom airconditioner ON_20
14 2014/1/1 7:4:30 OP livingroom light_led1 ON
15 2014/1/1 7:4:40 OP livingroom light_led2 ON
16 2014/1/1 7:5:0 ACT newspaper_magazine
17 2014/1/1 7:18:10 ACT meals
18 2014/1/1 7:48:10 MOVE lavatory
19 2014/1/1 7:48:20 ACT personalcare
20 2014/1/1 7:58:10 MOVE OUT
21 2014/1/1 7:58:20 ACT commuting
```

コード 6.2: 母親の高次概念レベルの具体行動

1	2014/1/1	0:0:0	ACT	sleep
2	2014/1/1	6:3:10	MOVE	toilet
3	2014/1/1	6:3:20	OP	toilet light_led ON
4	2014/1/1	6:3:30	ACT	toilet
5	2014/1/1	6:5:30	OP	toilet light_led OFF
6	2014/1/1	6:6:10	MOVE	kitchen
7	2014/1/1	6:6:20	OP	kitchen light_led ON
8	2014/1/1	6:6:30	OP	kitchen ventilationfan ON
9	2014/1/1	6:6:50	OP	kitchen ricecooker ON
10	2014/1/1	6:8:0	OP	kitchen cookingheater ON
11	2014/1/1	6:9:10	ACT	cooking
12	2014/1/1	7:3:10	OP	kitchen light_led OFF
13	2014/1/1	7:3:40	OP	kitchen ventilationfan OFF
14	2014/1/1	7:4:10	OP	kitchen ricecooker OFF
15	2014/1/1	7:4:40	OP	kitchen cookingheater OFF
16	2014/1/1	7:5:10	MOVE	lavatory
17	2014/1/1	7:5:20	OP	lavatory light_led1 ON
18	2014/1/1	7:5:30	OP	lavatory light_led2 ON
19	2014/1/1	7:5:50	ACT	bruth_tooth
20	2014/1/1	7:8:10	ACT	personalcare
21	2014/1/1	7:18:10	OP	lavatory light_led1 OFF
22	2014/1/1	7:18:40	OP	lavatory light_led2 OFF
23	2014/1/1	7:19:10	MOVE	livingroom
24	2014/1/1	7:19:30	ACT	meals
25	2014/1/1	7:48:10	MOVE	lavatory
26	2014/1/1	7:48:20	OP	lavatory light_led1 ON
27	2014/1/1	7:48:30	OP	lavatory light_led2 ON
28	2014/1/1	7:48:50	OP	lavatory washeranddyer ON
29	2014/1/1	7:50:0	ACT	washing

コード 6.3: 姉の高次概念レベルの具体行動

1	2014/1/1	0:0:0	ACT	sleep
2	2014/1/1	7:18:10	MOVE	toilet
3	2014/1/1	7:18:20	OP	toilet light_led ON
4	2014/1/1	7:18:30	ACT	toilet
5	2014/1/1	7:20:30	OP	toilet light_led OFF
6	2014/1/1	7:21:10	MOVE	livingroom

```

7 | 2014/1/1 7:21:30 ACT meals
8 | 2014/1/1 7:48:10 MOVE lavatory
9 | 2014/1/1 7:48:20 ACT personalcare
10| 2014/1/1 7:58:10 ACT bruth_tooth

```

コード 6.4: 弟の高次概念レベルの具体行動

```

1 | 2014/1/1 0:0:0 ACT sleep
2 | 2014/1/1 7:29:10 MOVE toilet
3 | 2014/1/1 7:29:20 OP toilet light_led ON
4 | 2014/1/1 7:29:30 ACT toilet
5 | 2014/1/1 7:31:30 OP toilet light_led OFF
6 | 2014/1/1 7:32:10 MOVE lavatory
7 | 2014/1/1 7:32:20 OP lavatory light_led1 ON
8 | 2014/1/1 7:32:30 OP lavatory light_led2 ON
9 | 2014/1/1 7:32:50 ACT personalcare
10| 2014/1/1 7:37:10 OP lavatory light_led1 OFF
11| 2014/1/1 7:37:40 OP lavatory light_led2 OFF
12| 2014/1/1 7:38:10 MOVE livingroom
13| 2014/1/1 7:38:30 ACT meals
14| 2014/1/1 8:7:10 OP livingroom airconditioner OFF

```

父親のコード 6.1 をみると、「2014/1/1 7:4:20 OP livingroom airconditioner ON.20」とあり、父親がエアコンを 20 度設定で動かしていることがわかる。また、弟のコード 6.4 をみると、「2014/1/1 8:7:10 OP livingroom airconditioner OFF」とあり、父親が動作させたエアコンを止めていることが確認できる。

上位モジュールで高次概念レベルの行動を生成し、それをコアモジュールに入力として送信し、コアモジュールはコマンドレベルの行動を生成する。

父親のコマンドレベル行動の一部をコード 6.5 に示す。母親の行動の一部をコード 6.6 に示す。姉の行動の一部をコード 6.7 に示す。弟の行動の一部をコード 6.8 に示す。

コード 6.5: 父親のコマンドレベルの具体行動

```

1 | 2014/1/1 0:0:0 father MOVE bedroom
2 | 2014/1/1 0:0:0 father ACT sleep
3 | 2014/1/1 6:58:10 father MOVE toilet
4 | 2014/1/1 6:58:20 father OP toilet light_led Switch ON
5 | 2014/1/1 6:58:20 father OP toilet light_led Switch I1100
6 | 2014/1/1 6:58:30 father ACT toilet
7 | 2014/1/1 7:0:30 father OP toilet light_led Switch OFF
8 | 2014/1/1 7:1:10 father MOVE lavatory

```

```

9 2014/1/1 7:1:20 father OP lavatory light_led1 Switch ON
10 2014/1/1 7:1:20 father OP lavatory light_led1 Switch Il100
11 2014/1/1 7:1:30 father OP lavatory light_led2 Switch ON
12 2014/1/1 7:1:30 father OP lavatory light_led2 Switch Il100
13 2014/1/1 7:1:50 father ACT bruth_tooth
14 2014/1/1 7:3:10 father OP lavatory light_led1 Switch OFF
15 2014/1/1 7:3:40 father OP lavatory light_led2 Switch OFF
16 2014/1/1 7:4:10 father MOVE livingroom
17 2014/1/1 7:4:20 father OP livingroom airconditioner Remote ON
18 2014/1/1 7:4:20 father OP livingroom airconditioner Remote
    ModeHeat
19 2014/1/1 7:4:20 father OP livingroom airconditioner Remote
    AirflowAuto
20 2014/1/1 7:4:20 father OP livingroom airconditioner Remote 20
21 2014/1/1 7:4:30 father OP livingroom light_led1 Switch ON
22 2014/1/1 7:4:30 father OP livingroom light_led1 Switch Il100
23 2014/1/1 7:4:40 father OP livingroom light_led2 Switch ON
24 2014/1/1 7:4:40 father OP livingroom light_led2 Switch Il100
25 2014/1/1 7:5:0 father ACT newspaper_magazine
26 2014/1/1 7:18:10 father ACT meals
27 2014/1/1 7:48:10 father MOVE lavatory
28 2014/1/1 7:48:20 father ACT personalcare
29 2014/1/1 7:58:10 father MOVE OUT
30 2014/1/1 7:58:20 father ACT commuting

```

コード 6.6: 母親のコマンドレベルの具体行動

```

1 2014/1/1 0:0:0 mother MOVE bedroom
2 2014/1/1 0:0:0 mother ACT sleep
3 2014/1/1 6:3:10 mother MOVE toilet
4 2014/1/1 6:3:20 mother OP toilet light_led Switch ON
5 2014/1/1 6:3:20 mother OP toilet light_led Switch Il100
6 2014/1/1 6:3:30 mother ACT toilet
7 2014/1/1 6:5:30 mother OP toilet light_led Switch OFF
8 2014/1/1 6:6:10 mother MOVE kitchen
9 2014/1/1 6:6:20 mother OP kitchen light_led Switch ON
10 2014/1/1 6:6:20 mother OP kitchen light_led Switch Il100
11 2014/1/1 6:6:30 mother OP kitchen ventilationfan Switch ON
12 2014/1/1 6:6:50 mother OP kitchen ricecooker Switch ON

```

13	2014/1/1 6:8:0	mother OP kitchen cookingheater Switch ON
14	2014/1/1 6:9:10	mother ACT cooking
15	2014/1/1 7:3:10	mother OP kitchen light_led Switch OFF
16	2014/1/1 7:3:40	mother OP kitchen ventilationfan Switch OFF
17	2014/1/1 7:4:10	mother OP kitchen ricecooker Switch OFF
18	2014/1/1 7:4:40	mother OP kitchen cookingheater Switch OFF
19	2014/1/1 7:5:10	mother MOVE lavatory
20	2014/1/1 7:5:20	mother OP lavatory light_led1 Switch ON
21	2014/1/1 7:5:20	mother OP lavatory light_led1 Switch I1100
22	2014/1/1 7:5:30	mother OP lavatory light_led2 Switch ON
23	2014/1/1 7:5:30	mother OP lavatory light_led2 Switch I1100
24	2014/1/1 7:5:50	mother ACT bruth_tooth
25	2014/1/1 7:8:10	mother ACT personalcare
26	2014/1/1 7:18:10	mother OP lavatory light_led1 Switch OFF
27	2014/1/1 7:18:40	mother OP lavatory light_led2 Switch OFF
28	2014/1/1 7:19:10	mother MOVE livingroom
29	2014/1/1 7:19:30	mother ACT meals
30	2014/1/1 7:48:10	mother MOVE lavatory
31	2014/1/1 7:48:20	mother OP lavatory light_led1 Switch ON
32	2014/1/1 7:48:20	mother OP lavatory light_led1 Switch I1100
33	2014/1/1 7:48:30	mother OP lavatory light_led2 Switch ON
34	2014/1/1 7:48:30	mother OP lavatory light_led2 Switch I1100
35	2014/1/1 7:48:50	mother OP lavatory washeranddyer Switch ON
36	2014/1/1 7:50:0	mother ACT washing

コード 6.7: 姉のコマンドレベルの具体行動

1	2014/1/1 0:0:0	child1 MOVE bedroom
2	2014/1/1 0:0:0	child1 ACT sleep
3	2014/1/1 7:18:10	child1 MOVE toilet
4	2014/1/1 7:18:20	child1 OP toilet light_led Switch ON
5	2014/1/1 7:18:20	child1 OP toilet light_led Switch I1100
6	2014/1/1 7:18:30	child1 ACT toilet
7	2014/1/1 7:20:30	child1 OP toilet light_led Switch OFF
8	2014/1/1 7:21:10	child1 MOVE livingroom
9	2014/1/1 7:21:30	child1 ACT meals
10	2014/1/1 7:48:10	child1 MOVE lavatory
11	2014/1/1 7:48:20	child1 ACT personalcare
12	2014/1/1 7:58:10	child1 ACT bruth_tooth

コード 6.8: 弟のコマンドレベルの具体行動

```
1 2014/1/1 0:0:0 child2 MOVE bedroom
2 2014/1/1 0:0:0 child2 ACT sleep
3 2014/1/1 7:29:10 child2 MOVE toilet
4 2014/1/1 7:29:20 child2 OP toilet light_led Switch ON
5 2014/1/1 7:29:20 child2 OP toilet light_led Switch I1100
6 2014/1/1 7:29:30 child2 ACT toilet
7 2014/1/1 7:31:30 child2 OP toilet light_led Switch OFF
8 2014/1/1 7:32:10 child2 MOVE lavatory
9 2014/1/1 7:32:20 child2 OP lavatory light_led1 Switch ON
10 2014/1/1 7:32:20 child2 OP lavatory light_led1 Switch I1100
11 2014/1/1 7:32:30 child2 OP lavatory light_led2 Switch ON
12 2014/1/1 7:32:30 child2 OP lavatory light_led2 Switch I1100
13 2014/1/1 7:32:50 child2 ACT personalcare
14 2014/1/1 7:37:10 child2 OP lavatory light_led1 Switch OFF
15 2014/1/1 7:37:40 child2 OP lavatory light_led2 Switch OFF
16 2014/1/1 7:38:10 child2 MOVE livingroom
17 2014/1/1 7:38:30 child2 ACT meals
18 2014/1/1 8:7:10 child2 OP livingroom airconditioner Switch OFF
```

父親のコード 6.5 をみると、高次概念レベルの具体行動 6.1 の「2014/1/1 7:4:20 OP livingroom ON_20」を受け取り、「2014/1/1 7:4:20 father OP livingroom airconditioner Remote ON」、「2014/1/1 7:4:20 father OP livingroom airconditioner Remote ModeHeat」、「2014/1/1 7:4:20 father OP livingroom airconditioner Remote AirflowAuto」、「2014/1/1 7:4:20 father OP livingroom airconditioner Remote 20」といったコマンドレベルの行動を生成していることが確認できる。インタフェースは Remote(リモコン) を選択し、日時、湿度情報から ModeHeat(暖房) を選択し、風量は AirflowAuto(自動) を選択し、温度は 20 度に設定している。

6.2 iHouse 仮想環境での家電機器操作の実行結果

§6.1 で示した人間行動シミュレータのコマンドレベルの具体行動をもとに、実家電シミュレータを動作させた。家電機器操作の対象となる環境として iHouse 実験環境設備、iHouse 仮想環境があるが、今回は iHouse 仮想環境を用いて機器の動作確認を行った。実家電シミュレータを動作させた際の出力結果を 6.9 に示す。

コード 6.9: 実家電シミュレータの家電機器操作の動作結果

```
1 2014/1/1 0:0:0 child2 ACT sleep
2 2014/1/1 0:0:0 child1 ACT sleep
```

```

3 2014/1/1 0:0:0 mother ACT sleep
4 2014/1/1 0:0:0 father ACT sleep
5 2014/1/1 6:3:10 mother MOVE toilet
6 2014/1/1 6:3:20 mother OP toilet light_led Switch ON
7 2014/1/1 6:3:20 mother OP toilet light_led Switch I1100
8     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.124/029002/0x80
9     value : 30  value(EPC) : 30
10    /tmp/echowand/nodes/192.168.2.124/029002/0xB0
11    value : 64  value(EPC) : %02x
12 2014/1/1 6:3:30 mother ACT toilet
13 2014/1/1 6:5:30 mother OP toilet light_led Switch OFF
14    /tmp/echowand/nodes/192.168.2.124/029002/0x80
15    value : 31  value(EPC) : 31
16 2014/1/1 6:6:10 mother MOVE kitchen
17 2014/1/1 6:6:20 mother OP kitchen light_led Switch ON
18 2014/1/1 6:6:20 mother OP kitchen light_led Switch I1100
19    /tmp/echowand/nodes/192.168.2.125/029001/0x80
20    value : 30  value(EPC) : 30
21    /tmp/echowand/nodes/192.168.2.125/029001/0xB0
22    value : 64  value(EPC) : %02x
23 2014/1/1 6:6:30 mother OP kitchen ventilationfan Switch ON
24    /tmp/echowand/nodes/192.168.2.123/029001/0x80
25    value : 30  value(EPC) : 30
26 2014/1/1 6:6:50 mother OP kitchen ricecooker Switch ON
27    /tmp/echowand/nodes/192.168.2.123/029001/0x80
28    value : 30  value(EPC) : 30
29 2014/1/1 6:8:0 mother OP kitchen cookingheater Switch ON
30    /tmp/echowand/nodes/192.168.2.123/029001/0x80
31    value : 30  value(EPC) : 30
32 2014/1/1 6:9:10 mother ACT cooking
33 2014/1/1 6:58:10 father MOVE toilet
34 2014/1/1 6:58:20 father OP toilet light_led Switch ON
35 2014/1/1 6:58:20 father OP toilet light_led Switch I1100
36    /tmp/echowand/nodes/192.168.2.124/029002/0x80
37    value : 30  value(EPC) : 30
38    /tmp/echowand/nodes/192.168.2.124/029002/0xB0
39    value : 64  value(EPC) : %02x
40 2014/1/1 6:58:30 father ACT toilet

```

```

41 2014/1/1 7:0:30 father OP toilet light_led Switch OFF
42     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.124/029002/0x80
43     value : 31  value(EPC) : 31
44 2014/1/1 7:1:10 father MOVE lavatory
45 2014/1/1 7:1:20 father OP lavatory light_led1 Switch ON
46 2014/1/1 7:1:20 father OP lavatory light_led1 Switch I1100
47     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0x80
48     value : 30  value(EPC) : 30
49     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0xB0
50     value : 64  value(EPC) : %02x
51 2014/1/1 7:1:30 father OP lavatory light_led2 Switch ON
52 2014/1/1 7:1:30 father OP lavatory light_led2 Switch I1100
53     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0x80
54     value : 30  value(EPC) : 30
55     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0xB0
56     value : 64  value(EPC) : %02x
57 2014/1/1 7:1:50 father ACT bruth_tooth
58 2014/1/1 7:3:10 mother OP kitchen light_led Switch OFF
59 2014/1/1 7:3:10 father OP lavatory light_led1 Switch OFF
60     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.125/029001/0x80
61     value : 31  value(EPC) : 31
62     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0x80
63     value : 31  value(EPC) : 31
64 2014/1/1 7:3:40 mother OP kitchen ventilationfan Switch OFF
65 2014/1/1 7:3:40 father OP lavatory light_led2 Switch OFF
66     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.123/029001/0x80
67     value : 31  value(EPC) : 31
68     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0x80
69     value : 31  value(EPC) : 31
70 2014/1/1 7:4:10 mother OP kitchen ricecooker Switch OFF
71 2014/1/1 7:4:10 father MOVE livingroom
72     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.123/029001/0x80
73     value : 31  value(EPC) : 31
74 2014/1/1 7:4:20 father OP livingroom airconditioner Remote ON
75 2014/1/1 7:4:20 father OP livingroom airconditioner Remote
    ModeHeat
76 2014/1/1 7:4:20 father OP livingroom airconditioner Remote
    AirflowAuto

```

```

77 2014/1/1 7:4:20 father OP livingroom airconditioner Remote 20
78     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.173/013001/0x80
79     value : 30  value(EPC) : 30
80     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.173/013001/0xB0
81     value : 43  value(EPC) : 43
82     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.173/013001/0xA0
83     value : 41  value(EPC) : 41
84     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.173/013001/0xB3
85     value : 14  value(EPC) : %02x
86 2014/1/1 7:4:30 father OP livingroom light_led1 Switch ON
87 2014/1/1 7:4:30 father OP livingroom light_led1 Switch Il100
88     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.126/029001/0x80
89     value : 30  value(EPC) : 30
90     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.126/029001/0xB0
91     value : 64  value(EPC) : %02x
92 2014/1/1 7:4:40 mother OP kitchen cookingheater Switch OFF
93 2014/1/1 7:4:40 father OP livingroom light_led2 Switch ON
94 2014/1/1 7:4:40 father OP livingroom light_led2 Switch Il100
95     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.123/029001/0x80
96     value : 31  value(EPC) : 31
97     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.127/029001/0x80
98     value : 30  value(EPC) : 30
99     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.127/029001/0xB0
100    value : 64  value(EPC) : %02x
101 2014/1/1 7:5:0 father ACT newspaper_magazine
102 2014/1/1 7:5:10 mother MOVE lavatory
103 2014/1/1 7:5:20 mother OP lavatory light_led1 Switch ON
104 2014/1/1 7:5:20 mother OP lavatory light_led1 Switch Il100
105     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0x80
106     value : 30  value(EPC) : 30
107     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0xB0
108     value : 64  value(EPC) : %02x
109 2014/1/1 7:5:30 mother OP lavatory light_led2 Switch ON
110 2014/1/1 7:5:30 mother OP lavatory light_led2 Switch Il100
111     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0x80
112     value : 30  value(EPC) : 30
113     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0xB0
114     value : 64  value(EPC) : %02x

```

```

115 2014/1/1 7:5:50 mother ACT bruth_tooth
116 2014/1/1 7:8:10 mother ACT personalcare
117 2014/1/1 7:18:10 child1 MOVE toilet
118 2014/1/1 7:18:10 mother OP lavatory light_led1 Switch OFF
119 2014/1/1 7:18:10 father ACT meals
120     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0x80
121     value : 31  value(EPC) : 31
122 2014/1/1 7:18:20 child1 OP toilet light_led Switch ON
123 2014/1/1 7:18:20 child1 OP toilet light_led Switch Il100
124     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.124/029002/0x80
125     value : 30  value(EPC) : 30
126     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.124/029002/0xB0
127     value : 64  value(EPC) : %02x
128 2014/1/1 7:18:30 child1 ACT toilet
129 2014/1/1 7:18:40 mother OP lavatory light_led2 Switch OFF
130     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0x80
131     value : 31  value(EPC) : 31
132 2014/1/1 7:19:10 mother MOVE livingroom
133 2014/1/1 7:19:30 mother ACT meals
134 2014/1/1 7:20:30 child1 OP toilet light_led Switch OFF
135     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.124/029002/0x80
136     value : 31  value(EPC) : 31
137 2014/1/1 7:21:10 child1 MOVE livingroom
138 2014/1/1 7:21:30 child1 ACT meals
139 2014/1/1 7:29:10 child2 MOVE toilet
140 2014/1/1 7:29:20 child2 OP toilet light_led Switch ON
141 2014/1/1 7:29:20 child2 OP toilet light_led Switch Il100
142     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.124/029002/0x80
143     value : 30  value(EPC) : 30
144     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.124/029002/0xB0
145     value : 64  value(EPC) : %02x
146 2014/1/1 7:29:30 child2 ACT toilet
147 2014/1/1 7:31:30 child2 OP toilet light_led Switch OFF
148     /tmp/echowand/nodes/192.168.2.124/029002/0x80
149     value : 31  value(EPC) : 31
150 2014/1/1 7:32:10 child2 MOVE lavatory
151 2014/1/1 7:32:20 child2 OP lavatory light_led1 Switch ON
152 2014/1/1 7:32:20 child2 OP lavatory light_led1 Switch Il100

```

```

153         /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0x80
154         value : 30  value(EPC) : 30
155         /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0xB0
156         value : 64  value(EPC) : %02x
157 2014/1/1 7:32:30 child2 OP lavatory light_led2 Switch ON
158 2014/1/1 7:32:30 child2 OP lavatory light_led2 Switch I1100
159         /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0x80
160         value : 30  value(EPC) : 30
161         /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0xB0
162         value : 64  value(EPC) : %02x
163 2014/1/1 7:32:50 child2 ACT personalcare
164 2014/1/1 7:37:10 child2 OP lavatory light_led1 Switch OFF
165         /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0x80
166         value : 31  value(EPC) : 31
167 2014/1/1 7:37:40 child2 OP lavatory light_led2 Switch OFF
168         /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0x80
169         value : 31  value(EPC) : 31
170 2014/1/1 7:38:10 child2 MOVE livingroom
171 2014/1/1 7:38:30 child2 ACT meals
172 2014/1/1 7:48:10 child1 MOVE lavatory
173 2014/1/1 7:48:10 mother MOVE lavatory
174 2014/1/1 7:48:10 father MOVE lavatory
175 2014/1/1 7:48:20 child1 ACT personalcare
176 2014/1/1 7:48:20 mother OP lavatory light_led1 Switch ON
177 2014/1/1 7:48:20 mother OP lavatory light_led1 Switch I1100
178 2014/1/1 7:48:20 father ACT personalcare
179         /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0x80
180         value : 30  value(EPC) : 30
181         /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0xB0
182         value : 64  value(EPC) : %02x
183 2014/1/1 7:48:30 mother OP lavatory light_led2 Switch ON
184 2014/1/1 7:48:30 mother OP lavatory light_led2 Switch I1100
185         /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0x80
186         value : 30  value(EPC) : 30
187         /tmp/echowand/nodes/192.168.2.128/029002/0xB0
188         value : 64  value(EPC) : %02x
189 2014/1/1 7:48:50 mother OP lavatory washeranddyer Switch ON
190         /tmp/echowand/nodes/192.168.2.123/029001/0x80

```

```

191         value : 30  value(EPC) : 30
192 2014/1/1 7:50:0 mother ACT washing
193 2014/1/1 7:58:10 child1 ACT bruth_tooth
194 2014/1/1 7:58:10 father MOVE OUT
195 2014/1/1 7:58:20 father ACT commuting
196 2014/1/1 8:3:10 child1 MOVE OUT
197 2014/1/1 8:3:20 child1 ACT commuting
198 2014/1/1 8:7:10 child2 OP livingroom airconditioner Switch OFF
199         /tmp/echowand/nodes/192.168.2.173/013001/0x80
200         value : 31  value(EPC) : 31

```

6.9をみると、6.5のコマンドレベルの具体行動を実家電シミュレータが受け取り、機器操作履歴が出力されているのが確認できる。人間行動シミュレータの「OP(eration)」は家電機器操作の人間行動であり、操作機器のIPアドレス、EOJ、EPCを指定し値を書き込んでいる。

6.5の「2014/1/1 7:4:20 father OP livingroom airconditioner Remote ON」,「2014/1/1 7:4:20 father OP livingroom airconditioner Remote ModeHeat」,「2014/1/1 7:4:20 father OP livingroom airconditioner Remote AirflowAuto」,「2014/1/1 7:4:20 father OP livingroom airconditioner Remote 20」を受け取った実家電シミュレータはiHosue仮想環境内のエアコン機器に対して、各EPCの値を変更しているのが6.9の77~85行目で確認できる。

人間行動シミュレータで出力したコマンドレベル行動の出力を実家電シミュレータが正しく理解し、結果として家電機器が動作しているのが確認できた。

第7章 まとめ

本稿では、最初に先行研究で提案、実装された人間行動シミュレータフレームワークについて説明をした。この人間行動シミュレータフレームの定義の一つである実世界とのインタラクションおよび他シミュレータとのインタラクションが未実装であったため、本研究でインタラクションするための要素を明確にし、情報の形式を定義し、実装を行った。人間行動シミュレータフレームワークは主に高次概念レベルでの人間行動を如何に生成するか重点が置かれ実装されたが、本研究では温湿度や照度といった物理環境、機器や設備の動作、機器類の発するメッセージにより人間行動の変化を適切に実現することに重点を置いた。

本研究の課題として、他シミュレータや実世界とのインタラクションがある。他シミュレータや実世界とインタラクションするには既存の人間行動シミュレータの人間行動の出力は抽象度が高いという問題点を取り上げ、その問題を解決するためにコアモジュールでコマンドレベルの人間行動の生成を行い、他シミュレータや実世界とインタラクションするための基盤を整えた。

温熱環境シミュレータと温度、湿度情報のやりとりを行い、その情報を人間行動シミュレータに反映させることで他シミュレータとのインタラクションを実現した。また、実家電シミュレータを作成し、人間行動シミュレータの出力をもとに iHouse 実験環境設備/仮想環境の実家電を操作することを可能とし、実世界とのインタラクションを実現した。

今後の課題として、本研究で実装したコマンドレベルの人間行動の生成は時刻、温度、湿度情報をもとに生成しているが、この生成をおこなうモデルは簡易的なものであり、決めうちに近いものである。人間の不確実性を考慮した上で高度な人間行動を生成するモデルをコアモジュールに組み込んだ場合、コアモジュールの機能が膨大になる可能性がある。高度なコマンドレベル行動を生成するためには、コアモジュールとは別に新たな機能を兼ね備えたモジュールを追加したり、ベイジアンネットワークなどを用いた行動の生成といった仕組みが必要であると考えられる。

第8章 謝辞

本研究を行うにあたり，終始ご指導ご鞭撻を賜りました丹 康雄 教授に深く感謝致します。

また審査員をお引き受け頂いた本学 篠田 陽一 教授，本学 リム 勇仁 准教授には，本論文を執筆するにあたり多大なご助言を頂きました，深く感謝致します。

副テーマにおいてご指導ご鞭撻を賜りました本学 上原 隆平 教授，本学 山下 倫央 客員准教授に感謝致します。

本論文をまとめるにあたりご協力頂いた丹研究室，リム研究室の諸兄に厚く御礼申し上げます。

最後に，私の研究に対し理解を示して頂き，支えて頂いた家族に感謝いたします。

参考文献

- [1] 岡田崇, ホームネットワークサービスおよびそのシステムの実証的検証に関する研究, 北陸先端科学技術大学院大学, 2011.
- [2] 青戸渉, モデルの動的な切替機能を持つ人間行動シミュレータに関する研究, 北陸先端科学技術大学院大学, 2014.
- [3] ECHONTE Lite, エコーネットコンソーシアム, <http://www.echonet.gr.jp/>
- [4] echowand, ECHONTE Lite Library for Java <https://github.com/ymakino/echowand>