

Title	ホームネットワークにおける異常状態のモデル化とその検知手法に関する研究
Author(s)	増田, 耕一
Citation	
Issue Date	2006-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1966
Rights	
Description	Supervisor:丹 康雄, 情報科学研究科, 修士

修 士 論 文

ホームネットワークにおける異常状態のモデル化 とその検知手法に関する研究

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

増田 耕一

2006 年 3 月

修 士 論 文

ホームネットワークにおける異常状態のモデル化
とその検知手法に関する研究

指導教官 丹康雄 助教授

審査委員主査 丹康雄 助教授

審査委員 篠田陽一 教授

審査委員 敷田幹文 助教授

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

410108 増田 耕一

提出年月: 2006 年 2 月

概 要

近年、家電のデジタル化、ネットワーク化が急速に進む中で、家電機器を対象としたウイルスの出現や異常動作誘発など、様々なセキュリティ問題の発生が危惧されている。このような状況において家電機器の動作監視は、安全性や省エネルギー等の観点から今後ホームネットワークにおいて最も基本的かつ主要なサービスとなっていくことが予想される。しかしながら、異常検知のための判断基準は、機器自体の動作状況だけでなく、そのサービス対象の状況や居住者の位置、室内環境などによって大きく変化するため、一定条件の監視処理では、それらを検知することが非常に困難である。そこで本研究では、ホームネットワークにおける異常状況の定義を行い、それらの異常検知に必要となる監視項目を家電のみではなく家電周辺の環境情報も含めて検討し、それらの監視項目および家電情報を統一的に管理することが可能な家電分類および状態遷移モデルを設計する。その後、提案モデルを利用し、刻々と変化する状況に合わせて異常判断基準を動的に適用することが可能な異常検知手法をネットワーク接続機能を持たない家電も対象とするLD ネットワークシステムを中心に実現する方法について検討を行う。提案手法では、家電の動作状況のほかに居住者の位置情報、また室温や湿度などの環境情報を利用し、家電分類モデルの有効な項目によって変動するしきい値との比較を行うことで異常判別を行う。これにより柔軟で、ユーザにより近い視点での異常判断が可能な異常検知システムを構築することが可能となる。

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システム	3
2.1	ホームネットワークとは	3
2.2	LD-HNS	3
2.2.1	LD 管理方法	3
2.2.2	LD 制御取得方法	4
2.2.3	システム構成	4
2.2.4	処理ユニット	5
2.2.5	センサ	5
第3章	異常検知	7
3.1	異常検知とは	7
3.1.1	異常検知対象となりうる機器	7
3.1.2	異常検知範囲	8
3.2	異常定義	8
3.3	監視・管理項目	10
3.3.1	家電機器利用時における特徴項目	10
3.3.2	監視項目	10
3.3.3	管理項目	10
3.4	家電抽象化モデル	11
3.4.1	家電タイプ分類	11
3.4.2	家電分類モデルにおける状態遷移	26
3.5	異常検知ルール	28
3.5.1	基本項目表現	28
3.5.2	各項目説明	31
3.5.3	検知可能な異常例	38
3.5.4	ルール記述方法	40

3.5.5	異常検知ルール	41
第4章	提案システム	44
4.1	システム構成	44
4.2	データ管理	44
4.2.1	家電基本情報表	48
4.2.2	予約動作リスト	48
4.2.3	遷移項目対応表	48
4.2.4	室内環境情報表	49
4.2.5	部屋間接続情報表	49
4.2.6	稼働家電リスト表	49
4.2.7	家電モデル項目情報表	50
4.2.8	巡回監視リスト表	50
4.2.9	異常判断しきい値表	52
4.3	異常検知処理	53
4.3.1	異常検知処理の流れ	53
4.3.2	入力メッセージ形式	53
4.3.3	一定監視処理	53
4.3.4	ルール関連処理	54
4.3.5	監視時の割込みイベント	55
4.3.6	可動式センサの動作制御	55
4.4	異常対処処理	57
4.4.1	対処方法	57
4.4.2	検知異常の分類	57
4.4.3	出力メッセージ形式	58
4.5	ユーザ補助	59
4.5.1	ユーザ定義による異常項目への対応	59
4.5.2	家電登録時における補助	59
4.5.3	異常項目マクロ記述	61
第5章	評価および考察	63
5.1	現状サービスとの比較	63
5.2	提案モデルの妥当性評価	63
5.2.1	検知可能性	63
5.2.2	評価サンプル	65
5.2.3	考察	65

第 6 章	今後の課題	69
6.1	状態取得方法	69
6.2	家電のモデル化	69
6.3	障害時の対応	69
6.4	コスト	69
6.5	家電機器以外へのサービス拡張	70
第 7 章	まとめ	71

図 目 次

3.1	家電分類モデル	12
4.1	システム概要	45
4.2	異常検知システム構成図	46
4.3	センターノード構成図	47
5.1	現状サービスとの比較	64

表 目 次

3.1	家電モデル状態遷移表 (MODEL , ActiveMDL)	34
3.2	しきい値情報表 (THRESHOLD , ActiveTHRS)	35
3.3	現在状態情報表 (CURRENT_STATE)	36
3.4	イベント情報表 (LAST_EVENT)	37
3.5	予約動作情報表 (PROGRAM)	37
4.1	家電基本情報表	48
4.2	予約動作リスト	48
4.3	遷移項目対応表	49
4.4	室内環境情報表	49
4.5	部屋間接続情報表	50
4.6	稼働家電リスト表	50
4.7	家電モデル項目情報表	51
4.8	巡回監視リスト表	51
4.9	異常判断しきい値表	52
4.10	入力メッセージ形式	53
4.11	検知異常分類表	58
4.12	出力メッセージ形式	59
5.1	異常検知可能性評価	66
5.2	異常検知可能性評価	67

第1章 はじめに

1.1 研究の背景

近年，家電機器の高機能化およびネットワーク化が急速に進む中で，本格的な家電連携サービスの提供が始まりつつある．しかし，その一方で多くの宅内機器が外部のネットワークに接続されることになり，家電を対象としたウイルスの出現や悪意ある第三者による異常動作誘発など，様々なセキュリティ問題の発生が危惧されている．また多くの場合，ひとつの家庭内において複数のユーザがホームネットワークシステムを利用することから，連携サービスの無意味な起動や競合などが発生しやすく，ユーザが意図しない危険な状況が生まれる可能性もある．このような状況の中で現在，電気機器利用においては省エネルギーおよび安全性が重要視され，社会的な面においても，独居老人の増加など深刻な問題が存在しており，宅内事故を未然に防ぐ家電の動作監視は今後ホームネットワークにおいて最も基本的かつ主要なサービスとなっていくことが予想される．

しかしながら，現状ではホームネットワークにおける機器動作を総合的に監視する機能は実現しておらず，ホームセキュリティサービスとして侵入者検知やガス漏れ，火災検知など家電とは独立したサービスの提供に留まっており，また家電機器においても個々の機器においては動作監視および制御が高機能なものになってきているが，複数の家電の動作状況を把握し動作制御する仕組みは実現されていない．

1.2 研究の目的

本研究の目的は，家電のネットワーク接続機能の有無に関わらず動作状態を管理し制御することが可能なレガシーデバイスホームネットワークシステム [1] を利用し，複数の家電を統一的に監視することで，より詳細な異常判別を可能とするシステムを構築することであり，ホームネットワークにおける異常状態のモデル化およびその検知手法について検討を行う．

異常定義では家電機器の動作状態とともに機器周辺の環境情報および居住者の位置情報を含め，ユーザにより近い視点で安全性および効率性の2点から異常項目を定義する．また定義した異常を検知するために監視および管理が必要な項目を検討し，それらをもとにした家電のモデル化を行う．これにより家電が提供する機能の細かな差を無くした統一的な家電管理，異常判断基準を変動させる共通のタイミングを明確にすることが可能になるなどの利点が考えられる．また，本提案で定義した異常状況に従い異常検知シナリオ

およびルール記述を検討し，ルール記述をもとにした LD-HNS の機能拡張方法についても検討を行う．拡張性のある異常検知システム実現が容易になると考えられる．

1.3 本論文の構成

本論文は以下の構成になっている．

- 第一章
本研究の背景と目的．
- 第二章
ホームネットワークシステムの定義および本研究で利用する LD-HNS の特徴についての説明．
- 第三章
本研究で扱う異常項目およびその検知方法についての説明．また異常定義，家電抽象化モデル，異常検知ルールについて述べる．
- 第四章
異常検知に必要となる処理，またそれらを実現する LD-HNS の機能および構成拡張について説明する．
- 第五章
提案する異常検知手法の評価および考察．
- 第六章
評価および考察から導かれる今後の課題について述べる．
- 第七章
本研究における全体のまとめと結論を述べる．

第2章 ホームネットワークシステム

2.1 ホームネットワークとは

ホームネットワークとは、家電機器や住宅設備がインタラクティブに様々な情報をやり取りし、機器の連携動作といった機器資源の相互運用を図ることを主目的としたネットワークのことを指す。本章では、ネットワーク接続機能を持たないLegacyDevice（以降、LD）を中心に、現在提案されている他のホームネットワーク規格と統一的に管理制御できるシステムとしてレガシーデバイスホームネットワーク（以降、LD-HNS）について紹介し、その特徴をまとめる。

2.2 LD-HNS

LD-HNSとは、LD、つまり、ネットワーク接続機能を備えておらず、外部に自らの状態を通知する機能を持たないといった制御上の特徴を持つ家電機器を他のホームネットワーク規格に準ずる家電機器と共通の制御下に置き統一的に監視・制御を行うシステムのことであり、家電機器の種類やネットワーク接続環境に関わらずシームレスなサービス提供や管理を実現することが可能である。

LD-HNSでは、LDを用いたホームネットワークを実現するため、機器の動作が明確に定義されていないLDを情報家電機器と同様に扱う。そのため、LDのモデル化を行い、電源のON・OFFやTVのチャンネル番号といったような状態情報の管理を行っている。状態情報とは、複数の機能の集合体とみなし機器の状態を示す情報のことであり、現在の機器の状態や、センサからの情報を表すのに用いられる。LD-HNSでは、LDを複数の機能の集合体とみなし、各機能を部分状態機械として考え、複数の部分状態機械からなる複合状態機械としてLDのモデル化を行うことで、状態情報の管理を実現している。

2.2.1 LD 管理方法

LD-HNSではLDを有限状態機械としてとらえ、センサなどの観測関連デバイスで取得した状態情報を利用し、LDの内部状態を把握する。有限状態機械とは、状態遷移表や遷移図で表され、有限な状態を持ち、何らかのトリガーとなるイベントを受け取り状態遷移を行いながら動作するシステムのことである。LDを有限状態機械としてとらえ、センサ

からの情報をトリガーとみなし、状態遷移表に基づいて状態遷移を行うことで、機器の内部状態の変化を観測することができる。遷移を生じさせるイベントには、リモコンでの LD の制御、ネットワーク経由での LD の制御、LD の連動動作、内部遷移などがある。また機種やメーカーごとの状態遷移に関する依存性に対応するために、有限状態機械を表す状態遷移表を書き換える自動遷移表書換シーケンスを実行する。これによって、機種・メーカー依存性によらない制御が行えるようになる。

2.2.2 LD 制御取得方法

LD-HNS では、主に赤外線信号による制御が可能な家電機器を対象としており、それ以外の機器については、電源コントローラによる電源の ON/OFF など限定的な制御に限っている。家電機器に物理的な改造を施し、赤外線信号による制御が不可能な機器を制御することも可能ではあるが、ホームネットワークを導入する際の簡便性を考えるとあまり適切ではない。現在市販されている機器の多くが赤外線信号での制御が可能である点、1つのリモコンで複数台の装置を操作できる点、コードが必要ないため部屋を広く使える点などからも赤外線信号による機器の制御が、最も適切な LD の制御方法であるといえる。

赤外線信号による機器制御では何らかの原因で信号が妨げられ赤外線センサで信号を受信できなかった場合を考慮する必要がある。特に機器側のセンサをシステム内のセンサ、どちらか一方でしか信号を受信出来なかった場合、現在の機器の内部状態と、システム内での機器の状態が乖離することとなり、正確な制御は不可能となる。また、電源の自動 OFF など機器内部で発生する内部遷移を捕捉することも不可能である。

これらの問題に対しては、イメージセンサや湿度センサなど様々なセンサを IR センサとあわせて利用する受動的な状態取得方法によって機器の内部状態を取得する。また、状態取得の際の機種やメーカーの依存性に対応するために、原信号に対して状態の識別を行うための識別用信号を付加する能動的な状態取得方法も利用する。これらの方法を用いて、メーカーおよび機種によらない汎用的な状態取得を実現している。

2.2.3 システム構成

LD-HNS では、被観測デバイスと観測関連デバイスのふたつにシステム内のデバイスが大別される。

- 被観測デバイス

状態を観測されるデバイスであり、ネットワーク接続機能を持たないテレビやエアコンなど従来の家電がこれに含まれる。

- 観測関連デバイス

状態を観測するデバイスであり、処理ユニット、フィルタ、センサなどがこれに該

当する．家電状態の管理，信号の切り換え，アナログ信号の取得および処理などを行う．

2.2.4 処理ユニット

処理ユニットとは，LD を含むホームネットワークにおいてすべての中心となる機器であり，ひとつのシステム内に唯一の存在である．

処理ユニットの主な機能としては，

- 機器情報の管理
- 機器制御の実行
- サービス情報の揭示
- LD に対する命令の捕捉
- センサの管理
- センシング情報の処理
- 他システムとの通信

などが挙げられる．処理ユニット内に，機器の連動動作など高度なサービスを持たせることにより，機器の相互運用が可能となる．また，様々なセンサと LD とを組み合わせたサービスを実現することも可能である．

2.2.5 センサ

センサとは，一般的な定義として，実世界の温度や光などの物理量を電圧などの電気信号に変換するデバイスである．センサから得られるアナログ信号は，処理ユニットによって制御される A/D 変換器によりデジタル信号（センシング情報）へと変換を行い，処理ユニット内のデータベースを参照することで，LD の状態情報や LD 制御に必要な情報を取得することが可能となる．

センシング情報とは，センサで取得した電氣的な情報を，計算機で利用するために適切な形式に変換した情報を意味する．LD-HNS では，リモートコントローラの赤外線信号を捕捉する赤外線センサや，室温を監視する温度センサ，湿度を監視する湿度センサなど複数のセンサを用いて様々な種類のセンサ情報を取得しており，状態情報とセンサ情報に対応づけることで，センサの違いを意識することなく，状態管理を行えるようになる．

ホームネットワークにおいてセンサ情報を利用するためには，センサが何らかの形でネットワーク接続性を得るか，センサ情報を計算機に入力する手段を持つ必要がある．す

すべてのセンサに高度な機能を持たせるのは、コストの面から適切とは言えず、LD-HNSでは計算機上のデータベースでセンサ関連の情報を一元的に管理する。

第3章 異常検知

3.1 異常検知とは

異常検知システムを実現する際、宅内にいるユーザが知覚可能な異常を発見し対処する必要はなく、主にユーザが気付かない状況・項目を迅速に検知し危険な状況などを回避する必要があると考えられる。ユーザが知覚不可能な異常とは外部からは視覚的に判断不可能な機器の状況や室内環境、またユーザが対象となる家電機器の近隣に存在していない場合の動作異常などが挙げられる。

本研究では、居住者の位置情報をもとに家電の稼働状態を動的に監視し異常動作を検知する方法を提案し、動作設計を行う。本章ではまず、どのような項目が異常な状況に当たるかを定義、分類した後、それぞれの異常検知に必要な監視項目を明確にし、機器動作や周辺環境の変動に伴う動的な検知処理を実現するために異常検知に特化した家電のモデル化および異常判断基準の遷移モデルについて検討を行う。

3.1.1 異常検知対象となりうる機器

まず、提案システムにおいて異常検知対象となりうる家電機器を以下に挙げる。これらは国内家電メーカーのホームページを参照し抽出した。

- AV 機器

テレビ・コンボ・ラジカセ・AV アンプ・ノート PC・ビデオデッキ・HDD レコーダー・DVD レコーダー・DVD プレーヤー

- 調理家電

電子レンジ・炊飯器・電気ポット・オーブン・トースター・ホットプレート・コーヒーマーカー

- 生活家電

食器洗い機・食器乾燥機・洗濯機・衣類乾燥機・エアコン・ファンヒーター・ストーブ・こたつ・あんか・電気カーペット・除湿機・加湿器・空気清浄機・扇風機・ふとん乾燥機・冷蔵庫・ワインセラー・掃除機・ドライヤー・電動ミシン・室内照明・電気スタンド

- その他の電気機器

コピー機・プリンタ・電話充電器・デジタル時計・自動開閉窓・換気扇・マッサージ器・トレーニング機器・水槽周辺機器・電子ペット・ホームユースロボット・電子楽器・介護ベッド・電動車いす・インターホン・トイレ・風呂

以上，列挙した家電機器で細かな機能の違いを除けば現在市販されている機器のほぼ全種類を含むと考えられる．本研究では，これらの家電機器から一般的に利用頻度の高いAV機器，調理家電，生活家電を中心に，次節以降の異常定義および家電モデル化によって，対象とする家電および機能を明確に限定する．

3.1.2 異常検知範囲

次に，提案システムにおいて異常検知対象となりうる宅内の範囲を決定する．提案するシステムでは，固定的に利用する家電だけでなく，持ち運びながら不特定な場所で利用する家電も監視対象としている．つまり，個々の家電機器に対して固定的にセンサを配置し，監視する方法では家電の移動に対応することができず，細部にわたる設置環境の設定，また場所の更新作業がユーザの手に委ねられるため，一定の監視環境を維持することができない．そこで，あらかじめ監視する範囲を限定しておき，そこに配置，持ち運ばれる家電を監視対象とするようなシステム構成にする．つまり，ユーザもしくはシステムが監視対象に置きたい部屋および特定区画をあらかじめ設定することで，固定された常時監視区域が設定される形となる．しかし，この方法では広い監視区画に対してのみのセンサ情報しか収集できず，特定箇所や家電機器の詳細な情報を得ることができない，そこでホームユースロボットに代表されるような可動式のセンサをホームネットワークに導入し，それらの移動センサ端末と連携しながら情報収集・管理することで，解決を図る．

3.2 異常定義

本節ではホームネットワークにおいて異常と考えられる家電動作および屋内環境項目についての定義を示す．本研究では，電気機器使用でもっとも事故に繋がる恐れのある発熱，また各種危険な状況を招く無人継続動作などを基本として事故防止と省エネルギーの観点から大きく以下の8つの項目を異常な状況として定義し，それぞれを家電単体，複数家電，屋内環境と3つカテゴリーに分類する．

A. 家電単体

1. 規定外動作

機器の使用環境などメーカー規定からの逸脱，通常時の動作からかけ離れた家電動作など正常な動作状況でない場合を指す．

2. 非効率動作

無人状態やサービス対象が無効になった後の継続的な動作，またプログラムされた連携サービスの無意味な開始など，正常時の動作と比較して稼働効率が悪いと考えられる状況が発生している場合を指す．

3. 指定外動作

無人状態などユーザが操作不可能な状況での家電起動，予約動作の無効化などユーザが指定していない家電動作が発生している場合を指す．

4. 危険動作

家電本体部の異常発熱や熱湯の噴出，発煙など危険な動作状況によって事故につながる恐れがあり，早急な対応が要求される状況が発生している場合を指す．

B. 複数家電

1. 非協調動作

複数の登録家電間においての提供サービス重複，競合が原因となり，サービス効果の低減や無効化など十分な効果が期待できない状況が発生している場合を指す．

2. 特定範囲内に存在する複数家電での閾値超過

各コンセントや部屋ごとでの使用電気量など，特定の監視区画に存在する家電全体の動作によって定められた閾値を超過してしまう恐れがある場合を指す．

C. 屋内環境

1. 規定外状況

機器周辺の漏水や発煙，部屋ごとに定められた室温などのしきい値超過など家電動作や設置状況に起因する異常な状況を指す．

2. 危険状況

家電の危険な設置状況による機器周辺部の発熱，またコンセントや配線部の発熱など家電本体部以外の監視範囲において火災など事故発生のおそれがある状況．

3.3 監視・管理項目

3.3.1 家電機器利用時における特徴項目

次に監視項目の選定を行うために、異常判別に繋がる家電利用における特徴を洗い出す。本提案では、機器とその周辺環境との関連性から、家電の利用環境やユーザやサービス対象を考慮した動作条件など機器以外に関する項目も含め、大きく以下の9項目を監視・管理すべき項目とした。

3.3.2 監視項目

- 家電機器の稼働状態

監視対象となる家電機器が現在どのような状態で稼働しているかを監視する。

- 家電機器の使用環境

家電設置場所の室温や湿度などメーカーが定める設置環境をはじめとした機器の誤使用、故障を防止する項目を監視する。また利用時期や時間帯などユーザの生活環境によって限定される項目などもこれに含まれる。

- 家電機器の動作開始条件

石油ファンヒーターであれば灯油が必要というように、電源以外に家電の動作に必要となる条件項目があるかどうかを管理し、不備がないかどうかを監視する。

- 家電使用時のユーザ位置

マッサージ器やトレーニング機器であれば使用時に必ずユーザがその場に居るというように、家電稼働時にユーザが傍にいる必要があるかどうかを家電の特徴項目として管理し、ユーザ位置を監視する。

- 家電機器のサービス対象有効性

調理家電であれば調理する対象、空調機器であれば機器が設置されている部屋というように、家電が提供するサービスを受ける対象が存在しているかどうかを監視する。

3.3.3 管理項目

- 平均連続使用時間

食品が内蔵されている冷蔵庫であれば常時稼働、エアコンなど空調機器であれば数時間の利用、ヘアドライヤーなどであれば数分といったように家電の種類によって生じる連続使用時間の違いを特徴項目として利用する。

- 家電機器の操作方法

直接操作，遠隔操作，プログラムによる自動操作など家電機器の操作方法の違いを管理する．

- 自動機器制御の有無

タイマー制御が不可能なヘアドライヤーなどの単純な機器と AV 機器に代表される予約動作が可能な家電との違い．つまり，予約動作や連携サービス動作など直接的な操作無しで遷移可能な状態項目があるかどうかを特徴項目として管理する．

- 使用機器のサービス関連性

洗濯機利用後の衣類乾燥機使用，食器洗い機利用後の食器乾燥機使用など家電利用においてある程度使用順序が決定している機器．また加湿と除湿，冷房と暖房など相反する機能を有するなど機器同士での関連性があるかどうかを管理する．

3.4 家電抽象化モデル

前述の監視項目をもとに機器間の細かな機能の違いを埋めながら体系的に扱う家電モデルの作成を行う．

図 3.1 は作成した分類表である．家電動作は，その機能や機種によって様々な遷移モデルを持つが，異常判断に影響を及ぼす監視項目のみに着目する場合，ある程度抽象的な項目から成る状態遷移モデルで捉えることが出来る．その状態遷移に合わせて異常動作基準も遷移させることで効率的に詳細な異常検知が可能となる．また遷移項目および提供機能の関連性によって家電タイプを分類し割り当てることで，機能間での競合判別やタイプごとの監視頻度，異常時の対処優先度設定などを行うことが可能となる．

3.4.1 家電タイプ分類

まず，家電機器をその最も基本的な機能によって大きく以下の七種類に分類する．家電機器の中には，複数の家電機能を持つものも存在し，その中には片方の電源が落ちていてももう一つの機能を利用できる家電や複数の機能をもっているが同時には使えないといった家電も存在する．提案モデルでは，家電機器を単機能と複合機能のものとで区別することはせず，複数の機能を持つ家電においては複数の家電タイプを登録し，有効なタイプを選択させることで対応する．また家電タイプの遷移を可能とするために LD-HNS 内に機器の状態と家電タイプとを対応させた遷移表を持つ必要がある．

分類項目

- タイプ

タイプ	サブタイプ	入力条件	サービス対象	操作方法	家電例
AUDIO（音声出力）	PLAYER（再生）	INTERNAL [RADIO, HDD] EXTERNAL [CD, DVD, TAPE] AUX [MIC, LINE]	USER [PHONE] ROOM [SPEAKER] APP_ID	TOUCH REMOTE	ラジオ CDプレーヤー
	RECORDER（録音）		INTERNAL [HDD] EXTERNAL [CD, DVD, TAPE]	PROGRAM	テープレコーダー
VIDEO（映像出力）	PLAYER（再生）	INTERNAL [TV, HDD] EXTERNAL [DVD, TAPE, LD] AUX [MIC, LINE]	USER INTERNAL [HDD] EXTERNAL [DVD, TAPE]	TOUCH REMOTE PROGRAM	TV HDDレコーダー
	RECORDER（録画）				
LIGHT（照明）	LIGHT（照明）	-	BLOCK ROOM	TOUCH	室内照明
	BLIND（遮光機）			REMOTE PROGRAM	ブラインド
CLEANER（清掃／洗浄）	CARRY（掃除機）	OPERATOR	USER	TOUCH	掃除機
	WASH（洗濯） SPIN（脱水）	WATER CLOTHES	INTERNAL	TOUCH PROGRAM	洗濯機
COOLER（冷却）	AIR（空調）	-	ROOM	TOUCH	エアコン
	FAN（送風）	-	BLOCK	REMOTE	扇風機
	HUMID（除湿）	FULL	BLOCK / ROOM	PROGRAM	除湿器
	KEEPER（冷蔵）	-	INTERNAL	TOUCH	冷蔵庫
HEATER（加熱）	AIR（空調）	-	ROOM	TOUCH REMOTE PROGRAM	エアコン
	FAN（熱風）	FUEL	BLOCK ROOM		ファンヒーター
	ELECT（電気暖房）	-			ハロゲンヒーター
	FLOOR（床面暖房）	-			電気カーペット
	HUMID（加湿）	WATER	INTERNAL / USER		加湿器
	DRIER（乾燥）	CLOTHES / USER	INTERNAL		ヘアドライヤー
	COOKING（調理器具）	FOOD / WATER	INTERNAL		電子レンジ
	OTHER（その他）	USER_DEF	USER_DEF		ユーザ定義（発熱）
OTHER（その他）	USER（ユーザ操作）	OPERATOR	USER	TOUCH	ユーザ定義（常時ユーザ操作）
	DOOR（扉）	-	LINK_ID		扉
	WINDOW（窓）	-	ROOM_ID	TOUCH REMOTE	窓、換気扇
	OTHER（その他）	USER_DEF	USER_DEF	TOUCH REMOTE PROGRAM	ユーザ定義

図 3.1: 家電分類モデル

家電機器の最も基本的な機能によって分類する項目であり，音声出力，映像出力，照明，清掃・洗浄，冷却，加熱，その他の7種類から成る．各タイプの詳細については後述する．

- サブタイプ

家電タイプをさらに細かく機能分類を行ったものであり，同じタイプに属する家電であってもサービスの提供先や利用方法の違いなど異常判断基準に違いのある機能によって分類する．

- 入力 / 条件

家電機器において電源以外にサービス提供に必要となる項目であり，持ち運びながら利用する家電であれば運搬するユーザ，燃料や水を利用する家電であればそれらの不足を表すエラー LED ランプの未点灯確認などがそれにあたる．基本的にセンサで監視可能な項目に限定される．

- サービス対象

家電機器のサービス提供先となる項目であり，空調機器であれば家電の設置されている室内空間，調理家電であれば調理対象など，タイプおよびサブタイプで定義された機能サービスを受ける存在がそれにあたる．

- 操作方法

有効な家電操作方法を管理する項目であり，ユーザによる直接的な機器操作 TOUCH，リモートコントローラーなどを用いた遠隔操作 REMOTE，宅外からの遠隔操作やシステムに登録されている予約動作，連携サービスなどによる自動操作 PROGRAM の3種類を定義し，それぞれについて居住者の位置情報などから有効無効の判断を行う．

1. タイプ AUDIO

AV 機器に属し音楽再生および録音，ラジオ放送など音声のみを入出力する家電機器

- サブタイプ PLAYER

音声再生専用機もしくは録音機能複合機において音声再生状態にある機器

入力 / 条件：

INTERNAL 内蔵メディアによる音声再生，もしくはメディア不要な機器および状態を指す

EXTERNAL CD やテープなど外部メディアをソースとする音声再生する機器および状態を指す

AUX マイク，ライン入力など外部入力音源を出力する機器および状態を指す

サービス対象：

USER ヘッドホン，イヤホン接続時など音が外部に漏れない状態，特定のユーザがサービス対象となる状況を指す

ROOM スピーカによる音声出力など室内広範囲にわたり影響がある状態を指す

APP_ID 機器がアンプの場合など，他の登録家電に対して音声出力している状態を指す

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，状態遷移，機器設置位置の移動

REMOTE 遠隔操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，状態遷移

PROGRAM プログラム動作可能機器，有効な家電の状態変化として予約動作，内部自動状態遷移，連携サービスによる状態遷移

- サブタイプ RECORDER

音声録音専用機もしくは再生機能複合機において音声録音状態にある機器

入力／条件：

INTERNAL / EXTERNAL / AUX サブタイプ PLAYER と共通

サービス対象：

INTERNAL 録音先となる媒体が機器内蔵

EXTERNAL 録音先となる媒体が外部記憶媒体

操作方法：

INTERNAL / EXTERNAL / AUX サブタイプ PLAYER と共通

2. タイプ VIDEO

AV 機器のなかでTV やビデオプレーヤなど映像および音声を再生もしくは録画する機器

● サブタイプ PLAYER

映像再生専用機もしくは録画機能複合機において映像再生状態にあることを指す
入力 / 条件 :

INTERNAL 内蔵メディアによる映像再生 , もしくはメディア不要な機器および状態を指す

EXTERNAL DVD やテープなど外部メディアをソースとする映像再生機器および再生状態を指す

AUX 外部入力映像を出力する機器および状態を指す

サービス対象 :

USER ユーザへ向けての映像再生 , 対象を指定することで無人状態を異常として扱う

NONE 対象の指定無し , サービス対象としての異常判断を行わず , 無人継続稼働のタイムアウトを利用する

操作方法 :

TOUCH 直接操作可能機器 , 有効な家電の状態変化として電源のON/OFF , 状態遷移 , 機器設置位置の移動

REMOTE 遠隔操作可能機器 , 有効な家電の状態変化として電源のON/OFF , 状態遷移

PROGRAM プログラム動作可能機器 , 有効な家電の状態変化として予約動作 , 内部自動状態遷移 , 連携サービスによる状態遷移

● サブタイプ RECORDER

映像録画専用機もしくは再生機能複合機において映像録画状態にあることを指す
入力 / 条件 :

INTERNAL / EXTERNAL / AUX サブタイプ PLAYER と共通

サービス対象 :

INTERNAL 録画先となる媒体が機器内蔵

EXTERNAL 録画先となる媒体が外部記憶媒体

操作方法：

TOUCH / REMOTE / PROGRAM サブタイプ PLAYER と共通

3. タイプ LIGHT

室内照明および机上照明など特定範囲における照度を変える家電機器

- サブタイプ LIGHT

照明機器，特定範囲の照度を変動させる

入力 / 条件：

NONE 条件無し

サービス対象：

BLOCK 特定区画に限定される照明範囲，机上照明やフロアライトなどの対象

ROOM 特定の部屋全体におよぶ照明範囲，室内上方の蛍光灯などの対象

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，状態遷移（照度変更），機器設置位置の移動

REMOTE 遠隔操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，状態遷移（照度変更）

PROGRAM プログラム動作可能機器，有効な家電の状態変化としてタイマー動作，連携サービスによる状態遷移

- サブタイプ BLIND

自動で開閉可能な遮光機，特定範囲の照度を変動させる電気機器

入力 / 条件：

NONE 条件無し

サービス対象：

BLOCK 特定区画の照明範囲，部屋の構造や広さによって特定箇所のみ
の照度に影響が及ぶ場合

ROOM 特定の部屋全体におよぶ照明範囲，ひとつの遮光機によって部
屋全体の照度に影響が及ぶ場合

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として状態遷移（開
閉）

REMOTE 遠隔操作可能機器，有効な家電の状態変化として状態遷移
（開閉）

PROGRAM プログラム動作可能機器，有効な家電の状態変化として連
携サービスによる状態遷移

4. タイプ CLEANER

掃除機および洗濯機など清掃・洗浄を目的とする機能を持つ家電機器

- サブタイプ CARRY

掃除機，ユーザが持ち運びながら利用するハンド，ルームクリーナー

入力 / 条件：

OPERATOR 機器を持ち運ぶユーザ，無人での稼働を防止する

サービス対象：

USER サービス対象をユーザとすることで無人での継続動作を禁止する

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移，機器設置位置の移動

- サブタイプ WASH

二層式洗濯機および全自動洗濯機における衣類洗濯機能，水を利用することから漏
水チェックが必要となる

入力 / 条件：

WATER 稼働条件となる水

CLOTHES 洗濯対象となる機器内部の衣類

サービス対象：

INTERNAL 家電内部にある衣類，洗濯中の扉の開閉を防止する

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移

PROGRAM プログラム動作可能機器，有効な家電の状態変化として予
約動作，内部自動状態遷移，連携サービスによる状態遷移

- サブタイプ SPIN

二層式洗濯機および全自動洗濯機における脱水機能，水を利用することから漏水
チェックが必要となる

入力 / 条件：

CLOTHES 脱水対象となる機器内部の衣類

サービス対象：

INTERNAL 家電内部にある衣類，脱水中の扉の開閉を防止する

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移

PROGRAM プログラム動作可能機器，有効な家電の状態変化として予
約動作，内部自動状態遷移，連携サービスによる状態遷移

5. タイプ COOLER

冷房および保存など対象を冷却するための家電機器

- サブタイプ AIR

室内空調機における冷房動作，漏水チェック必要，室外機は監視対象外

入力 / 条件：

NONE 条件無し

サービス対象：

ROOM 家電が設置された室内全域，複数の部屋が接続している場合は
複数の部屋を統一して扱う

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移（運転モード，風向き，風量）

REMOTE 遠隔操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移（運転モード，風向き，風量）

PROGRAM プログラム動作可能機器，有効な家電の状態変化として予
約動作，内部自動状態遷移，連携サービスによる状態遷移

- サブタイプ FAN

扇風機などの送風機

入力 / 条件：

NONE 条件無し

サービス対象：

BLOCK 送風による影響が考えられる特定範囲

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移（運転モード，風向き，風量），機器設置位置の移動

REMOTE 遠隔操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移（運転モード，風量）

PROGRAM プログラム動作可能機器，有効な家電の状態変化としてタイ
マー動作，内部自動状態遷移，連携サービスによる状態遷移

- サブタイプ HUMID

除湿器，室内湿度を下げる，漏水チェック必要

入力 / 条件：

FULL 室内設置型の場合，満水時には稼働を停止させる必要がある

NONE エアコンなど屋外に排水する場合

サービス対象：

ROOM 家電が設置された室内全域，複数の部屋が接続している場合は
複数の部屋を統一して扱う

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移，機器設置位置の移動

REMOTE 遠隔操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移

PROGRAM プログラム動作可能機器，有効な家電の状態変化として予
約動作，内部自動状態遷移，連携サービスによる状態遷移

- サブタイプ KEEPER

冷蔵庫，ワインセラーなど冷蔵保温機

入力 / 条件：

NONE 条件無し

サービス対象：

INTERNAL 家電内部の冷蔵対象，扉の長時間開放を防止する

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF

6. タイプ HEATER

暖房および乾燥など対象を加熱するための家電機器

- サブタイプ AIR

室内空調機における暖房動作，室外機は監視対象外

入力 / 条件：

NONE 条件無し

サービス対象：

ROOM 家電が設置された室内全域，複数の部屋が接続している場合は
複数の部屋を統一して扱う

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移（運転モード，風向き，風量）

REMOTE 遠隔操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移（運転モード，風向き，風量）

PROGRAM プログラム動作可能機器，有効な家電の状態変化として予
約動作，内部自動状態遷移，連携サービスによる状態遷移

- サブタイプ FAN

ファンヒーターなどの熱風送風機，定期的な換気の必要性

入力／条件：

FUEL 灯油などの燃料

サービス対象：

ROOM 家電が設置された室内全域，複数の部屋が接続している場合は
複数の部屋を統一して扱う

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移（運転モード），機器設置位置の移動

REMOTE 遠隔操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移（運転モード）

PROGRAM プログラム動作可能機器，有効な家電の状態変化として予
約動作，内部自動状態遷移，連携サービスによる状態遷移

- サブタイプ ELECT

ハロゲンヒーターなど換気の必要性がない，室内設置型の暖房器具

入力／条件：

NONE 条件無し

サービス対象：

BLOCK 家電付近の特定範囲

ROOM 家電が設置された室内全域，複数の部屋が接続している場合は
複数の部屋を統一して扱う

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移（運転モード），機器設置位置の移動

PROGRAM プログラム動作可能機器，有効な家電の状態変化としてタ
イマー動作，内部自動状態遷移，連携サービスによる状態遷移

- サブタイプ FLOOR

電気マット，床面暖房など床面の特定区画における暖房器具

入力／条件：

NONE 条件なし

サービス対象：

USER 暖房対象区画に存在するユーザ

BLOCK ユーザを特に必要としない場合

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移（運転モード），機器設置位置の移動（電気マット）

REMOTE 遠隔操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移（運転モード）

PROGRAM プログラム動作可能機器，有効な家電の状態変化としてタ
イマー動作，連携サービスによる状態遷移

- サブタイプ HUMID

加湿器，室内湿度を上げる，漏水チェック必要

入力／条件：

WATER 貯水タンク内の水

サービス対象：

ROOM 家電が設置された室内全域，複数の部屋が接続している場合は
複数の部屋を統一して扱う

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移，機器設置位置の移動

REMOTE 遠隔操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移

PROGRAM プログラム動作可能機器，有効な家電の状態変化として予
約動作，内部自動状態遷移，連携サービスによる状態遷移

- サブタイプ DRIER

ヘアドライヤー，衣類乾燥機など対象の乾燥を目的とした家電機器

入力／条件：

CLOTHES 乾燥機内の衣類

USER ヘアドライヤー使用者

サービス対象：

INTERNAL 乾燥機内の衣類

USER ヘアドライヤーをあてる対象

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移，機器設置位置の移動（ヘアドライヤー）

PROGRAM プログラム動作可能機器（衣類乾燥機），有効な家電の状
態変化として予約動作，内部自動状態遷移，連携サービスによる状態
遷移

- サブタイプ COOKING

電子レンジ，炊飯器，電気ポットなど加熱を利用する調理家電

入力／条件：

FOOD 調理家電における加熱対象

WATER 水を利用する調理家電，漏水チェック必要

サービス対象：

INTERNAL 家電内部の対象

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移，機器設置位置の移動

PROGRAM プログラム動作可能機器，有効な家電の状態変化としてタイマー動作，内部自動状態遷移，連携サービスによる状態遷移

- サブタイプ OTHER

上記サブタイプに属さない加熱機器，ユーザ定義の加熱機器

入力 / 条件：

USER_DEF ユーザ定義

サービス対象：

USER_DEF ユーザ定義

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移，機器設置位置の移動

REMOTE 遠隔操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移

PROGRAM プログラム動作可能機器，有効な家電の状態変化として予約動作，内部自動状態遷移，連携サービスによる状態遷移

7. タイプ OTHER

その他の監視対象機器

- サブタイプ USER

マッサージ機，トレーニング機器など常時サービス対象がユーザ，もしくは定期的にユーザの操作を伴う機器

入力 / 条件：

OPERATOR 家電サービスを受けるユーザ

サービス対象：

USER ユーザ

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，
状態遷移，機器設置位置の移動

PROGRAM プログラム動作可能機器，有効な家電の状態変化としてタイマー動作，内部自動状態遷移

- サブタイプ DOOR

部屋と部屋をつなぐ扉

入力／条件：

NONE 条件無し

サービス対象：

LINK_ID 接続している部屋情報

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として状態遷移（開閉）

REMOTE 遠隔操作可能機器，有効な家電の状態変化として状態遷移（自動開閉）

PROGRAM プログラム動作可能機器，有効な家電の状態変化として連携サービスによる状態遷移

- サブタイプ WINDOW

部屋と屋外／廊下をつなぐ窓もしくは扉

入力／条件：

NONE 条件無し

サービス対象：

ROOM_ID 屋外と接続する部屋情報

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として状態遷移（開閉）

REMOTE 遠隔操作可能機器，有効な家電の状態変化として状態遷移（自動開閉）

PROGRAM プログラム動作可能機器，有効な家電の状態変化として連携サービスによる状態遷移

- サブタイプ OTHER

その他の家電

入力 / 条件：

USER_DEF ユーザ定義

サービス対象：

USER_DEF ユーザ定義

操作方法：

TOUCH 直接操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，状態遷移，機器設置位置の移動

REMOTE 遠隔操作可能機器，有効な家電の状態変化として電源のON/OFF，状態遷移

PROGRAM プログラム動作可能機器，有効な家電の状態変化として予約動作，内部自動状態遷移，連携サービスによる状態遷移

3.4.2 家電分類モデルにおける状態遷移

家電分類モデルにおける状態遷移は，基本的に異常判断に利用するしきい値情報を動的に適用していくために必要となる．提案モデルでは，ひとつの家電機器，同一の監視項目であっても複数のしきい値を持つ場合があり，家電分類モデルの項目遷移によって適用するしきい値情報，またルールに合わせて監視すべき項目の切り換えを行っていくことになる．以下では，家電分類モデルにおける3つの遷移項目について述べていく．

- 入力 / 条件

家電機器において電源以外にサービス提供に必要となる項目であり，動作条件が整っていない場合に家電動作を制御する．AV 機器では必要となるメディアの存在チェッ

ク、炊飯器や電子レンジであればその内容物チェックなど主に空動作を防止する目的で利用する。LD-HNS から得られる家電の状態情報に対応して入力 / 条件の有効状態を監視し、条件が整っていない場合、対応する家電タイプに動作防止フラグを立て、対象機器を含む連係動作の開始などの停止判断に利用する。

- サービス対象

サービス対象が限定されている機器の場合、それらの対象が有効範囲内もしくは規定状態内でない場合、無意味な家電動作となる。そこで対象となるものの位置や状態を監視し、それらの変化に伴って適応する異常検知ルールを判断する。提案モデルでは以下の 3 項目を主な監視対象としている。

- － 居住者（ユーザ）

家電のサービス対象がユーザの場合、同一室内にいないければ対象不在として扱う。ユーザは特に個人特定をする必要はなく、宅内にいる複数のユーザを区別できればよい。

- － 部屋、特定区画

サービス対象が部屋および区画の場合、家電タイプが空調や音声出力の場合において影響範囲が変動する場合がある。これは主に窓や扉の開閉状態によって変化する他の空間との接続状況によるものであり、窓の開いた部屋では空調効果が低減するなど主に非効率性の判断材料として利用する。本研究における提案モデルでは、接続状況のみを管理しており、部屋の広さおよび構造によって変化する影響範囲は考慮していない。

- － 機器内部

サービス対象が家電内部に限定される場合、部屋などと同様に影響範囲が変化する場合がある。例えば、冷蔵庫の場合、扉の開放状態が継続することによって機器外部にも冷却の対象範囲が広がり、サービス対象への効力が弱まる。また録音や録画のサブタイプではデータの出力先となるメディア、調理器具においては調理対象が機器内部に存在しているかどうかの判断項目としても利用する。

また上記 3 項目以外に、窓や扉といったタイプでは、その接続可能な部屋 ID など管理する目的としてサービス対象項目を利用している。

- 操作方法

ユーザと対象家電機器との相対的な位置関係によって各操作方法の有効状態を判断し切り換える。ユーザと対象家電とが近接している場合（同一監視区画内に存在している場合）には、操作方法の直接操作 TOUCH を有効にする。ユーザと対象家電が同一室内にいる場合には、遠隔操作 REMOTE を有効にする。ユーザが対象家電

から離れている場合（宅内もしくは同一室内にユーザが存在していない場合）は，直接操作および遠隔操作を無効としプログラム動作 PROGRAM のみを有効とする．

3.5 異常検知ルール

本節では異常な状況を検知する異常判断処理のためのルール記述を定義する．3.2 で定義した異常項目に従い，ここでは具体的な検知異常例とその詳細なルールについて検討を行う．まず，ルールを記述するにあたり各監視項目および状態情報は，その更新された時刻情報および取得したセンサ情報を要素とする集合で表現し，集合演算および要素間の比較，演算によって表現する．監視項目として家電，ユーザ，部屋，状態情報として環境情報およびセンサから得られる家電状態情報を考える．またタイムアウト処理や予約タイマー監視のため時間情報としてイベント開始時刻からの経過時間を管理する．

3.5.1 基本項目表現

抽象化した家電モデルに従い，ルール記述で用いる監視項目を要素として扱う集合モデルを考える．まず，基本的な項目として家電機器，ユーザ，家電状態，環境状態の4つを考え，それぞれの項目について定義を行う．

1. 家電機器 APP

システムに登録されているすべての家電情報を要素とする集合．各家電機器がひとつの要素となる．

定義: $APP = app_1, app_2, \dots, app_n$

$app = (MODEL, loc, THRESHOLD)$

- MODEL

システムに登録されているすべての家電モデルの項目情報（表 3.1）

定義: $MODEL = mdl_1, mdl_2, \dots, mdl_i$

$mdl = (Type, SubType, Input, Target, Operation, OpsModel)$

OpsModel 以外の項目は図 3.1 の家電分類表の各項目と同内容であり，OpsModel は相反する機能にあたる家電タイプを意味する．

- LOCATION

システムに登録されるすべての位置情報（全監視区画）

定義: $LOCATION = loc_1, loc_2, \dots, loc_j$
 $loc = (BlockId, RoomId)$

BlockId および RoomId は後述のセンターノードで管理するデータと同様のものを利用する．

- **THRESHOLD**

個々の家電機器に設定されるすべてのしきい値情報（表 3.2）

定義: $THRESHOLD = thrs_1, thrs_2, \dots, thrs_k$
 $thrs = (Type, Value, Margin, TimeMargin)$

Type はしきい値項目，Value はその内容，Margin および TimeMargin では実際の異常状態へと到達してしまう前に検知するためのマージンを指定する．しきい値表の各項目は，基本的に CURRENT_STATE および LAST_EVENT の各項目に対応している．

2. ユーザ USER

宅内にいる全ユーザの位置情報を要素とする集合．個人識別は行わないが，宅内にいる複数のユーザを区別するために便宜的に異なる要素として扱う．

定義: $USER = u_1, u_2, \dots, u_n$
 $u = (loc, LastUpdate)$

- **位置情報 LOCATION**

システムに登録されるすべての位置情報（全監視区画），BlockId および RoomId は後述のセンターノードで管理するデータと同様のものを利用する．

定義: $LOCATION = loc_1, loc_2, \dots, loc_i$
 $loc = (BlockId, RoomId)$

- **LastUpdate**

室内滞在開始時間，居住者の移動が同一室内であれば更新しない

3. 家電状態 APP_INS

家電分類表において有効になっている項目，有効なしきい値情報，また家電状態と最後に発生した状態遷移イベント，家電に対する予約動作情報の組み合わせを要素とする集合．ひとつの家電機器がひとつの要素となる．

定義: $APP = a_1, a_2, \dots, a_n$

$$a = (ActiveMDL, ActiveTHRS, state, event, PROGRAM)$$

- 有効家電モデル ActiveMDL

家電モデルで有効になっている項目情報（表 3.1）

定義: $MODEL = mdl_1, mdl_2, \dots, mdl_i$

$$mdl = (Type, SubType, Input, Target, Operation, OpsModel)$$

- 有効なしきい値情報 ActiveTHRS

有効な家電モデルによって変化するしきい値（表 3.2）

定義: $ActiveTHRS = (Type, Value, Margin, TimeMargin)$

- 現在状態管理 CURRENT_STATE

家電機器の現在状態を管理（表 3.3）

定義: $CURRENT_STATE = state_1, state_2, \dots, state_n$

$$state = (Type, Value, LastUpdate)$$

- 状態遷移イベント LAST_EVENT

家電機器単位で管理する全イベント項目，発生中のイベントをすべて含み，イベント終了とともに対応する項目が空となる（表 3.4）

定義: $LAST_EVENT = event_1, event_2, \dots, event_n$

$$event = (Type, StartTime)$$

- 予約動作情報 PROGRAM

全予約動作，連携サービスによる動作指定情報（表 3.5）

定義: $PROGRAM = prg_1, prg_2, \dots, prg_n$

$$prg = (Id, StartTime, EndTime)$$

Id は予約動作の識別子，StartTime が予約動作開始時刻，EndTime が終了時刻を示す．Id は StartTime の早い順でソートする．

4. 監視環境状態 ENV_INS

室内環境情報および最後に発生したイベント情報，部屋間の接続情報の組み合わせを要素とする集合．後述する固定式センサによって決定する各監視区画がひとつの要素となる．

定義: $ENV_INS = b_1, b_2, \dots, b_n$

$b = (state, event, link)$

- 室内環境情報 CURRENT_STATE

監視区画単位で管理する室内環境情報（表 3.3）

定義: $CURRENT_STATE = state_1, state_2, \dots, state_j$

$state = (Type, Value, LastUpdate)$

- 発生イベント管理 LAST_EVENT

監視区画単位で管理する全イベント項目，発生中のイベントをすべて含み，イベント終了とともに対応する項目が空となる（表 3.4）

定義: $LAST_EVENT = event_1, event_2, \dots, event_i$

$event = (Type, StartTime)$

- 部屋間接続状況 LINK

システム監視範囲内の全部屋間接続情報，監視区画が所属する部屋の情報を持つ

定義: $LINK = link_1, link_2, \dots, link_i$

$link = (P_ROOM, link_thrs)$

$P_ROOM \subseteq ROOM = r_1, r_2, \dots, r_n$

$link_thrs$ 接続する部屋のしきい値を統合した値情報

定義: $link_thrs = (Type, Value, Margin, TimeMargin)$

3.5.2 各項目説明

ここでは，各要素中で利用される表中の項目について説明する（表 3.2，3.4）

SERVICE 家電が稼働状態であることを表す

TEMP_UP 温度上昇が発生したことを表す

TEMP_MOD_UP 温度上昇が一定時間継続していることを表す

TEMP_DOWN 温度下降が発生したことを表す

TEMP_MOD_DOWN 温度下降が一定時間継続していることを表す

HUMID_UP 湿度上昇が発生したことを表す

HUMID_MOD_UP 湿度上昇が一定時間継続していることを表す

HUMID_DOWN 湿度下降が発生したことを表す

HUMID_MOD_DOWN 湿度下降が一定時間継続していることを表す

ON_BRIGHT 照明器具の電源がついてことを表す

BRIGHT_TIMEOUT 照明器具の異常が確認された場合，異常対処へに移るまでの時間

SERVICE_NOISE 稼働中の家電が騒音レベルを超過したことを表す

NOISE_TIMEOUT 騒音レベルがしきい値を超過した時点から，異常対処へに移るまでの時間

MIN_ELECTRIC 家電稼働時における最小使用電力

USE_ELECTRIC 現在使用中の電力量

MAX_ELECTRIC 前回利用時における最大使用電力およびしきい値としての最大使用電力

WATER_LEAK 漏水が発生していることを表す

SMOKE 発煙が発生していることを表す

POWER_ON 家電の稼働開始イベントを表す

PROGRAM_START 予約動作が開始されていることを表す

PROGRAM_END 予約動作が中断されたことを表す

OUT_OF_OPERATION 操作するユーザが不在となったことを表す

RUNNING_ALONE 家電が無人動作になった時点から異常対処へに移るまでの時間

APP_TEMP 家電本体部の許容最高温度

APP_TEMP_OVER 家電本体部の温度がしきい値を超過した時点から異常対処へに移るまでの時間

PROG_TIME_MARGIN 予約動作が失敗した時点から異常対処へに移るまでの時間

温度，湿度における上昇下降変動の継続状況判別

TEMP_MOD_UP などの項目では変動する環境値における上昇／下降継続時間を扱っているが，室温など刻々と変化する値の場合，ある特定のタイミングの値を取得しても，それが上昇中の値なのか下降中の値なのかを判断することが不可能となる．また値が振動している場合，計測するタイミングによって細かな誤差が生じることも考えられる．そこで，上昇／下降を管理する必要性のある値に関しては過去数回分の値を履歴として保存し，それらの値から得られる移動平均値との比較によって現在の値が上昇中もしくは下降中のものなのかを判断し，管理する．

表 3.1: 家電モデル状態遷移表 (MODEL , ActiveMDL)

Type	SubType	Input	Target	Operation	OpsModel
AUDIO	(PLAYER, RECORDER)	(INTERNAL, EXTERNAL, AUX)	(USER, ROOM, INTERNAL, EXTERNAL, APP_ID)	(TOUCH, REMOTE, PROGRAM)	-
VIDEO	(PLAYER, RECORDER)	(INTERNAL, EXTERNAL, AUX)	(USER, ROOM, INTERNAL, EXTERNAL, APP_ID)	(TOUCH, REMOTE, PROGRAM)	-
LIGHT	(LIGHT, BLIND)	-	(BLOCK, ROOM)	(TOUCH, REMOTE, PROGRAM)	-
CLEANER	(CARRY, WASH SPIN)	(OPERATOR, INTERNAL)	(USER, INTERNAL)	(TOUCH, PROGRAM)	-
COOLER	(AIR, FAN, HUMID, KEEPER)	-	(BLOCK, ROOM, INTERNAL)	(TOUCH, REMOTE, PROGRAM)	HEATER
HEATER	(AIR, FAN, ELECT, FLOOR, HUMID, DRIER, COOKING, OTHER)	(FUEL, FULL, WATER, INTERNAL, USER_DEF)	(BLOCK, ROOM, INTERNAL)	(TOUCH, REMOTE, PROGRAM)	COOLER
OTHER	(USER, DOOR, WINDOW, OTHER)	OPERATOR	(USER, ROOM, USER_DEF)	(TOUCH, REMOTE, PROGRAM)	-
POWEROFF	-	-	-	-	-

表 3.2: しきい値情報表 (THRESHOLD , ActiveTHRS)

Type	Value	Margin	TimeMargin
TEMP_UP	MAX_TEMP	MAX_TEMP_MARGIN	TIME_MARGIN
TEMP_MOD_UP	TIMEOUT	-	TIME_MARGIN
TEMP_DOWN	MIN_TEMP	MIN_TEMP_MARGIN	-
TEMP_MOD_DOWN	TIMEOUT	-	TIME_MARGIN
HUMID_UP	MAX_HUMID	MAX_HUMID_MARGIN	-
HUMID_MOD_UP	TIMEOUT	-	TIME_MARGIN
HUMID_DOWN	MIN_HUMID	MIN_HUMID_MARGIN	-
HUMID_MOD_DOWN	TIMEOUT	-	TIME_MARGIN
ON_BRIGHT	LX_THRESHOLD	-	-
BRIGHT_TIMEOUT	MAX_TIME	-	-
SERVICE_NOISE	MAX_NOISE	-	-
NOISE_TIMEOUT	MAX_TIME	-	-
MIN_ELECTRIC	MIN_ELECT	-	-
MAX_ELECTRIC	MAX_ELECT	-	-
WATER_LEAK	TRUE	-	-
SMOKE	TRUE	-	-
RUNNING_ALONE	THRESHOLD_TIME	-	-
APP_TEMP	MAX_APP_TEMP	-	-
APP_TEMP_OVER	THRESHOLD_TIME	-	-
PROG_TIME_MARGIN	TIMEOUT	-	-

表 3.3: 現在状態情報表 (CURRENT_STATE)

Type	Value	LastUpdate
SERVICE	(TRUE, FALSE)	last_update_time
TEMP_UP	MAX_TEMP	last_update_time
TEMP_MOD_UP	TIMEOUT	last_update_time
TEMP_DOWN	MIN_TEMP	last_update_time
TEMP_MOD_DOWN	TIMEOUT	last_update_time
HUMID_UP	MAX_HUMID	last_update_time
HUMID_MOD_UP	TIMEOUT	last_update_time
HUMID_DOWN	MIN_HUMID	last_update_time
HUMID_MOD_DOWN	TIMEOUT	last_update_time
ON_BRIGHT	LX_THRESHOLD	last_update_time
BRIGHT_TIMEOUT	MAX_TIME	last_update_time
SERVICE_NOISE	MAX_NOISE	last_update_time
NOISE_TIMEOUT	MAX_TIME	last_update_time
MIN_ELECTRIC	MIN_ELECT	last_update_time
USE_ELECTRIC	USE_ELECT	last_update_time
WATER_LEAK	(TRUE, FALSE)	last_update_time
SMOKE	(TRUE, FALSE)	last_update_time
APP_TEMP	MAX_TEMP	last_update_time
APP_TEMP_OVER	TIMEOUT	last_update_time
LAST_ELECT	LAST_ELECT	last_update_time
ELECT	ROOM_MAX_ELECT	last_update_time

表 3.4: イベント情報表 (LAST_EVENT)

Type	StartTime
SERVICE	start_time
TEMP_UP	start_time
TEMP_MOD_UP	start_time
TEMP_DOWN	start_time
TEMP_MOD_DOWN	start_time
HUMID_UP	start_time
HUMID_MOD_UP	start_time
HUMID_DOWN	start_time
HUMID_MOD_DOWN	start_time
ON_BRIGHT	start_time
BRIGHT_TIMEOUT	start_time
SERVICE_NOISE	start_time
NOISE_TIMEOUT	start_time
MIN_ELECTRIC	start_time
MAX_ELECTRIC	start_time
WATER_LEAK	start_time
SMOKE	start_time
POWER_ON	start_time
PROGRAM_START	start_time
PROGRAM_END	start_time
OUT_OF_OPERATION	start_time

表 3.5: 予約動作情報表 (PROGRAM)

Id	StartTime	EndTime
PROGRAM_ID	START_TIME	END_TIME

3.5.3 検知可能な異常例

本節では、家電機器の周辺環境を動作監視に含めることで、新たにホームセキュリティサービスとして検知可能となる異常な状況にどのようなものがあるかを明らかにするために、定義した異常項目および検討した監視項目に沿って、提案システムで検知可能な異常例をいくつか列挙する。

A. 家電単体

1. 規定外動作

- 家電の遷移状態と実際の稼働状態との相違

室内照明の電源が入っているにもかかわらず部屋が暗いままであったり、冷房機器の運転中にもかかわらず室温がいつこうに下がらないなど、機器動作から予測可能な然るべき状態をシステム内にルールとして記述しておくことで実際の稼働状態との相違を異常として判別可能になる。

- 通常時の家電動作との相違

家電稼働中の異音や筐体温度、使用電気量などを普段から計測、管理しておき、ある程度マージンを持たせた値をしきい値として設定する。動作中にそれらの項目を比較することで、通常時との相違を検知することが可能となる。

2. 非効率動作

- 無人継続動作

ユーザが存在していない状況での最長稼働時間を家電ごとにあらかじめ設定しておき、他の異常とは無関係に最長時間を越えて継続稼働している場合は稼働を停止させる。

- サービス対象の無効化

ユーザなど家電のサービス対象が有効範囲外へ移動したり、空調稼働中における窓の開閉や冷蔵庫の扉の開閉などによってサービス対象が無効な状態へと遷移した場合、一定時間後にタイムアウトととして動作を停止させる。

- 連携サービスの無意味な起動

ユーザやシステムによって登録された連携サービスを開始する場合、サービスに関連した機器の入力 / 条件項目およびサービス対象が有効かどうかを調べ、有効になっていない場合には稼働条件の不備として連携サービスに関わる全家電の操作を無効化する。

3. 指定外動作

- 無人状態での起動

宅内のユーザが機器を操作可能な範囲に存在していない場合，また宅内にユーザが不在の場合など家電の有効な操作方法がひとつも無い状態で家電が操作された場合，異常として検知する．

- 予約動作等の無効化

停電などによって，登録されていた予約動作が無効となり指定の時刻を過ぎてもサービスが開始されない場合は異常として検知し，ユーザへの報知またはシステム内に登録された予約動作リストを利用することで回復処理などを実行する．

4. 危険動作

- 異常発熱

監視範囲内にある家電機器の異常な発熱は，温度上昇開始時に外部の固定式センサで検知可能であり，可動式のセンサ等で機器に接近し一定時間ごとに対象の温度を監視しながら，あらかじめ機器ごとに設定された特定のしきい値との比較を行うことで危険な温度レベルに達したことを検知できる．

- 漏水

水や熱湯などの利用によって，水漏れする可能性がある家電においては漏水センサを持つ可動式のセンサを巡回させ，一定間隔で監視を行うことで検知可能となる．

B. 複数家電

1. 非協調動作

- 家電による提供機能の重複，競合

機能の重複および競合は動作中の家電タイプおよびサブタイプによって判断が可能である．同一のサービス提供先に対して同一の機能が稼働しているならば機能重複，相反する機能が稼働しているならば機能競合となる．ただ機能重複に関してはユーザが意図的に行っている場合も考えられ，有効にするかどうかはユーザの判断が必要となる．

2. 特定範囲内に存在する複数家電での閾値超過

- 使用電気量の超過

前回利用時の使用電気量を家電ごとに管理しておき，部屋もしくはコンセントごとに設定した値を超える可能性がある家電は使用不可状態へとロックすることで，連携サービスなどに巻き込まれるのを防止することが可能となる．また，家電が直接ユーザによって操作される恐れがある場合にはユーザへの報知などの対処が考えられる．

C. 屋内環境

1. 規定外状況

- 屋内環境における閾値超過

一定時間ごとに取得する室内温度や湿度が部屋ごとに定められたしきい値を超過していないかどうかによって判断が可能である。また、複数の部屋が接続し室温や湿度の変化が連動している場合、複数の部屋の中で最も厳しいしきい値条件を利用する。しきい値は設置される家電の利用環境条件によって決定する。

2. 危険状況

- 異常発熱

電源コード部などの監視区画で温度上昇が継続し、しきい値を超過する場合。また、家電の危険な設置状況などによる監視区画における異常な発熱。これは発熱する恐れのある家電機器が転倒、落下した状況で稼働すれば、その設置面や周辺物体の表面温度が異常に高くなることから環境異常として扱っている。

3.5.4 ルール記述方法

まずルールを記述するにあたり大きく以下の二つの方法が考えられる。

- 正常な状況に合致しないものを検出

正常な動作以外はすべて異常となってしまう、異常判断の基準が非常に厳しいものとなるが、正常状態は明確であり定義および記述がやりやすいという利点がある。

- 異常な状況に合致するものを検出

異常な項目の判断基準を最初から定めることが困難であるが、ユーザが異常な状態を定義、記述する場合には整合性が取りやすいという利点がある。

提案手法では両方の方法を検知すべき異常項目に合わせて利用する。

記述定義

- 要素による集合の指定

$$MODEL a_i = mdl_j, mdl_k (a_i \in APP, mdl_j, k \in MODEL)$$

- 要素による他要素の指定

$$a_i.loc = loc_j (a_i \in APP, loc_j \in LOCATION)$$

- インデックス要素指定による列参照

$$a_i.loc :: BlockId = j(a_i \in APP, j : BLOCK_ID)$$

- インデックス行指定による列参照

$$THRESHOLD r_i(TEMP_UP) :: Value = j(r_i \in ROOM, j : MAX_TEMP)$$

- 特定の列要素からなる集合の構成

$$THRESHOLD r_i(Type) = \forall n(n | n \in r_i.trsh.Type)$$

- 全要素総当たり

$$a = \forall a(a | a \in APP_INS)$$

3.5.5 異常検知ルール

本節では、3.5.2 で挙げた異常例をもとに具体的な異常検知ルールを記述していく。

A. 家電単体

1. 規定外動作

- [A-1[1]] システム内状態遷移と稼働状態との相違（家電タイプ LIGHT）

$$(a.ActiveMDL :: Type = LIGHT) \wedge (a.state(SERVICE) :: Value \neq NULL) \wedge (a.ActiveMDL :: Target.state(BRIGHT) < a.ActiveTHRS(ON_BRIGHT) :: Value)$$

- [A-1[2]] システム内状態遷移と稼働状態との相違（家電タイプ COOLER-AIR）

$$((a.ActiveMDL :: Type = COOLER) \wedge (a.ActiveMDL :: SubType = AIR)) \wedge ((CurrentTime - a.ActiveMDL :: Target.state(TEMP_DOWN) :: LastUpdate) > a.ActiveTHRS(TEMP_MOD_DOWN) :: Value)$$

- [A-1[3]] システム内状態遷移と稼働状態との相違（稼働中の異音）

$$(a.state(SERVICE) :: Value \neq NULL) \wedge (a.state(SERVICE_NOISE) :: Value > a.ActiveTHRS(SERVICE_NOISE) :: Value)$$

- [A-1[4]] システム内状態遷移と稼働状態との相違（電流）

$$a.state(SERVICE) :: Value \neq NULL \wedge (a.state(USED_ELECT) :: Value < a.ActiveTHRS(MIN_ELECT) :: Value)$$

2. 非効率動作

- [A-2[1]] 無人継続動作

$$((a.ActiveMDL :: Operation \wedge u.lct) = \emptyset) \wedge (USER = \emptyset) \wedge (a.event(SERVICE) :: Value = TRUE) \wedge ((a.state(SERVICE) :: LastUpdate - a.event(LEAVE_ALONE) :: StartTime) > a.ActiveTHRS(RUNNING_ALONE) :: Value)$$

- [A-2[2]] サービス対象の無効化

$$(a.event(SERVICE) :: Value = TRUE) \wedge (a.ActiveMDL :: Target = USER) \wedge ((a.ActiveMDL :: Target \wedge u.lct) = \emptyset) \wedge ((a.state(SERVICE) :: LastUpdate - a.event(LEAVE_ALONE) :: StartTime) > a.ActiveTHRS(RUNNING_ALONE) :: Value)$$

- [A-2[3]] 連携サービスの無意味な起動

$$(a.event(SERVICE) :: Value = TRUE) \wedge (a.ActiveMDL.SubType = AIR) \wedge (a.ActiveMDL :: Target = ROOM) \wedge (OUTDOOR \in a.BlockId.link.ROOM)$$

3. 指定外動作

- [A-3[1]] 無人状態での起動

$$((a.ActiveMDL :: Operation \wedge u.lct) = \emptyset) \wedge (USER = \emptyset) \wedge (a.PROGRAM(StartTime) = \emptyset) \wedge (a.event(POWER_ON) :: Value \neq NULL) \wedge ((a.event(OUT_OF_OPERATION) :: StartTime - a.event(POWER_ON) :: Value) > 0)$$

- [A-3[2]] 予約動作の開始無効化

$$(a.PROGRAM(Id) \neq \emptyset) \wedge (a.PROGRAM(1) :: StartTime < CurrentTime)$$

- [A-3[3]] 予約動作の終了無効化

$$(a.event(PROGRAM_START) :: Value \neq NULL) \wedge (a.event(PROGRAM_END) :: StartTime - a.PROGRAM(EndTime) :: Value) > a.thrs.(PROGRAM_TIME_MARGIN) :: Value)$$

4. 危険動作

- [A-4[1]] 機器の異常発熱

$$(a.ActiveMDL :: Type \neq HEATER) \wedge (a.state(APP_TEMP) :: Value > a.ActiveTHRS(APP_TEMP) :: Value \times a.ActiveTHRS(APP_TEMP) :: Margin)$$

$$(a.ActiveMDL :: Type \neq HEATER) \wedge (a.event(APP_TEMP_OVER) :: StartTime \neq NULL) \wedge ((a.state(APP_TEMP_OVER) :: LastUpdate - a.state(APP_TEMP_OVER) :: StartTime) > a.ActiveTHRS(APP_TEMP_OVER) :: Value)$$

B. 複数家電

1. 非協調動作

- [B-1[1]] 家電提供サービスの競合

$$(a_i.ActiveMDL :: OpsType = a_j.ActiveMDL :: Type) \wedge (a_i.ActiveMDL :: Target = a_j.ActiveMDL :: Target)$$

2. 特定範囲内でのしきい値超過

- [B-2[1]] 特定範囲内機器のしきい値超過（電流）

$$(a.state(SERVICE) :: Value = FALSE) \wedge ((a.state(LAST_ELECT) :: Value + r.state(ELECT) :: Value) > r.thrs(MAX_ELECT) :: Value)$$

C. 屋内環境

1. 規定外状況

- [C-1[1]] 監視区画における環境しきい値の超過（ゆるやかな室温変化）

$$(b.event(TEMP_MOD_UP) :: StartTime \neq NULL) \wedge ((b.state(TEMP_MOD_UP) :: LastUpdate - b.event(TEMP_MOD_UP) :: StartTime) > b.lnk_thrs(TEMP_MOD_UP) :: TimeMargin) \wedge (b.state(TEMP_MOD_UP) :: Value > b.lnk_thrs(TEMP_MOD_UP) :: Value)$$

2. 危険状況

- [C-2[1]] 監視区画における異常発熱

$$(b.event(TEMP_UP) :: StartTime \neq NULL) \wedge ((b.state(TEMP_UP) :: LastUpdate - b.event(TEMP_UP) :: StartTime) > b.lnk_thrs(TEMP_UP) :: TimeMargin) \wedge (b.state(TEMP_UP) :: Value > b.lnk_thrs(TEMP_UP) :: Value)$$

- [C-2[2]] 監視区画における漏水検知

$$b.state(WATER_LEAK) :: Value = TRUE$$

- [C-2[3]] 監視区画における発煙検知

$$b.state(SMOKE) :: Value = TRUE$$

第4章 提案システム

4.1 システム構成

提案する家電モデルおよび検知ルールを利用するシステムの概要を図 4.1 に示す．システムは大きく固定式センサ，可動式センサ，画像処理ノード，センターノードの 4 つの要素で構成し，LD-HNS に追加，拡張する形で実現する（図 4.2，4.3）

- 可動式センサ

対象機器まで接近した上で人間の目視と同等の状態取得を実現する移動式のセンサ端末．センターノードで管理するスケジューリングに従い情報収集を行う．

- 固定式センサ

主にイメージセンサおよび焦電型赤外線センサを固定的に複数利用することで，室内上方から家電および居住者位置の特定を行ったり，広域の温度変動検知を実現する．

- 画像処理ノード

各部屋ごとに設置し，各イメージセンサから送られてくる画像の統合及び管理を行う．

- センタノード

各種センサおよび LD-HNS からの情報をもとにホームネットワーク全体における家電動作状況および環境情報を管理し，適用中のルールに従っての異常動作検知，また各センサの動作制御を行う．

4.2 データ管理

提案システムでは，LD-HNS 内で保持するデータとは別に，家電および監視区画の環境状態情報などを管理する必要がある．以下では，センターノードで管理するデータについて説明していく．

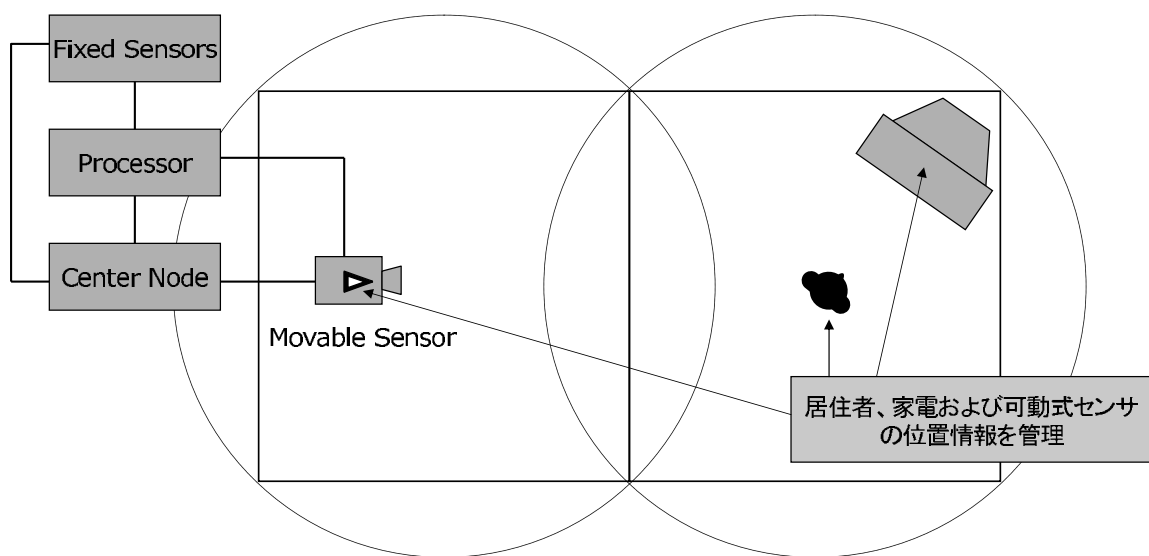


図 4.1: システム概要

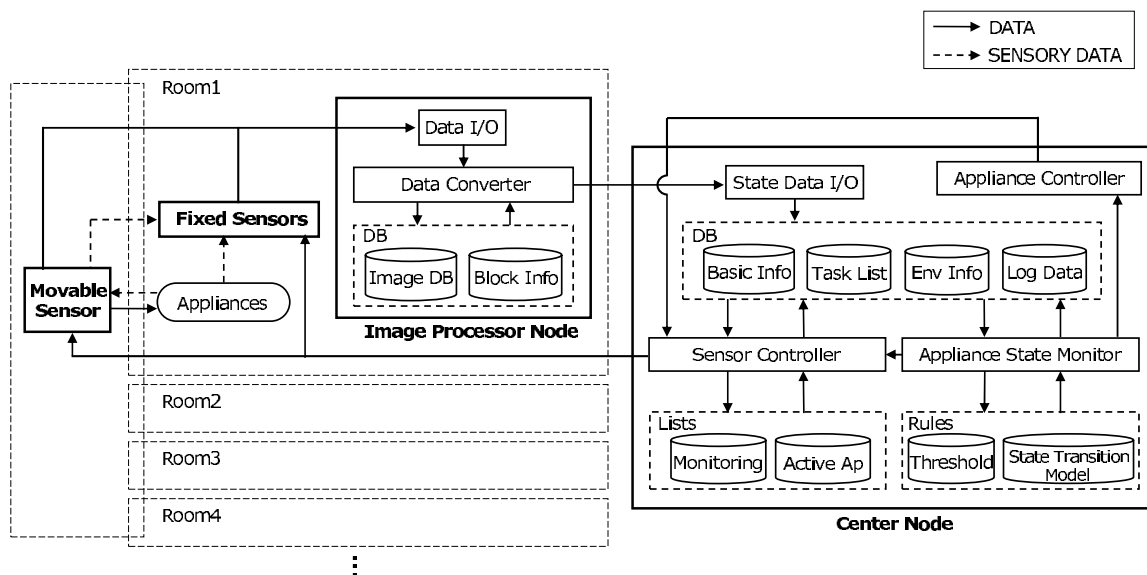


図 4.2: 異常検知システム構成図

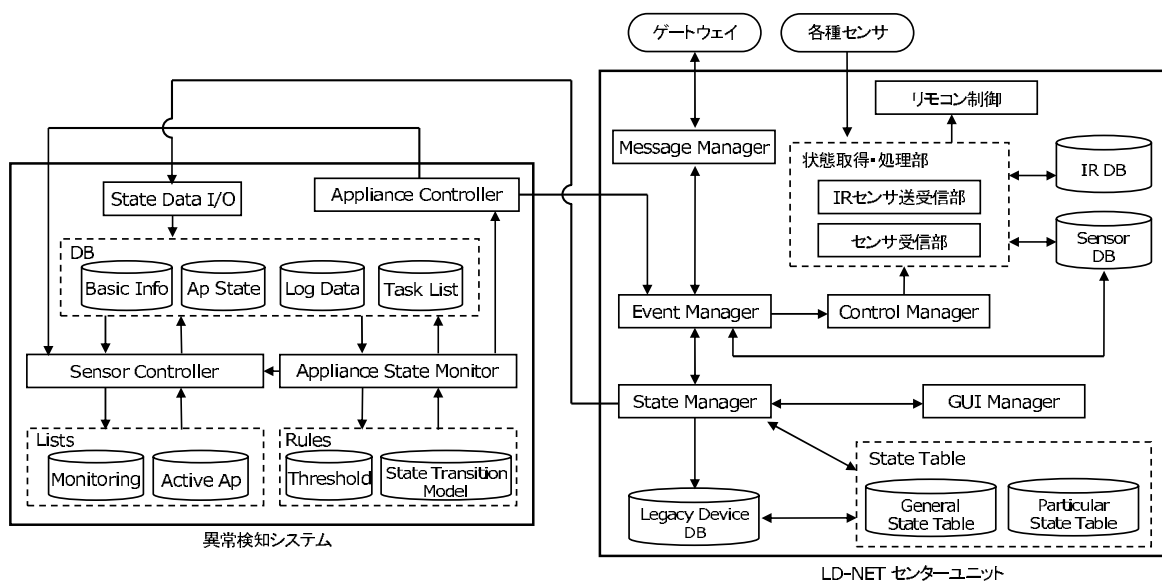


図 4.3: センターノード構成図

表 4.1: 家電基本情報表

項目	内容
APP_ID	各登録家電に割り振られるユニークな識別子
LD_ID	LD-HNS で管理される家電識別子
PROG_ID	予約動作参照用の識別子
MODEL_TRANS_ID	家電ごとの遷移項目対応表参照識別子
LOCATION	家電機器の位置情報

表 4.2: 予約動作リスト

項目	内容
PROG_ID	予約動作 ID
STATE_ID	予約されている遷移状態 ID
PROG_START_TIME	予約動作開始時刻
PROG_END_TIME	予約動作終了時刻

4.2.1 家電基本情報表

家電の基本的な情報を管理するデータベース（表 4.1）

項目としては異常検知システム内で使用する家電 ID と LD-HNS 内での対応する家電 ID、また家電モデルの各項目における遷移と LD-HNS で扱う家電状態遷移との対応関係を参照するための対応表 ID、家電の予約動作情報、位置情報を持つ。メーカーや型番などその他の基本的な情報は LD-HNS 内で管理されているデータを共通的に利用する。

4.2.2 予約動作リスト

家電ごとに管理する予約動作、プログラム動作（表 4.2）

項目としては予約動作 ID と、予約された状態遷移、また予約動作開始時刻および終了時刻を管理する。

4.2.3 遷移項目対応表

LD-HNS における状態遷移と家電モデルにおける状態遷移との対応関係表（表 4.3）

項目としては対応表参照用の ID と、LD-HNS における家電状態 ID、また遷移後の家電モデルの有効項目参照用 ID を持つ。

表 4.3: 遷移項目対応表

項目	内容
MODEL_TRANS_ID	遷移項目対応表の参照識別子
STATE_ID	家電の遷移状態識別子
MODEL_ID	遷移後の有効な家電モデル項目情報参照識別子

表 4.4: 室内環境情報表

項目	内容
BLOCK_ID	各監視区画に割り振られるユニークな識別子
ROOM_ID	各部屋に割り振られるユニークな識別子
TEMPERATURE	室内温度 ()
HUMIDITY	室内湿度 (%)
BRIGHT_LVL	室内照度レベル (lx → BRIGHT_LVL)
NOISE_LVL	室内騒音レベル (dB → NOISE_LVL)
LOCATION	居住者位置情報 (室内に居るときの BLOCK_ID / 座標値)
LAST_UPDATE	最終更新時間

4.2.4 室内環境情報表

各監視区画ごとに管理する環境値データベース (表 4.4)

項目としては区画 ID と所属する部屋 ID , また監視区画における温度 , 湿度 , 照度レベルや騒音レベル , 居住者の存在フラグなど現在の状態を管理する .

4.2.5 部屋間接続情報表

各部屋ごとに管理する部屋間接続情報 (表 4.5)

接続 ID を共有することで各部屋の接続状況を管理する . また部屋の窓が開いているなど屋外との接続状況も管理する .

4.2.6 稼働家電リスト表

稼働中の家電の状態を管理するデータベース (表 4.6)

項目としては家電 ID , 現在の稼働状態 , 家電本体部の温度 , 家電モデルの有効な項目情報 , ルールから選択されるしきい値情報 , 稼働開始時刻情報 , 無人動作開始時刻 , 最終

表 4.5: 部屋間接続情報表

項目	内容
ROOM_ID	各部屋に割り振られるユニークな識別子
LINK_ID	各部屋間接続情報に割り振られるユニークな識別子
OUTDOOR_FLAG	屋外と接続している場合のフラグ情報
LAST_UPDATE	最終更新時間

表 4.6: 稼働家電リスト表

項目	内容
APP_ID	家電識別子
STATE_ID	最終取得家電状態
APP_TEMP	筐体温度 ()
MODEL_ID	有効な家電モデル項目情報
THRS_ID	参照するしきい値情報識別子
START_TIME	家電稼働開始時刻
RUNNING_ALONE	無人動作開始時刻
LAST_UPDATE	最終更新時間

更新時間を管理する。

4.2.7 家電モデル項目情報表

稼働中の家電の有効な家電モデル項目を管理するデータベース (表 4.7)

各項目にユニークな識別子を付けておき、各項目ごとに有効なモデル項目の識別子を保持する。項目としては、基本的に家電分類表と同じで、その他に相反する機能の家電タイプ、発煙チェックおよび漏水チェックフラグを持つ。

4.2.8 巡回監視リスト表

可動式センサに対するジョブリスト (表 4.8)

項目としてはジョブ ID の他に、監視対象の ID、対象に対する動作情報、巡回優先度、継続監視時間、状態取得間隔、登録時刻を持つ。

表 4.7: 家電モデル項目情報表

項目	内容
MODEL_ID	参照用のモデルID
TYPE	家電タイプ
SUB_TYPE	家電サブタイプ
INPUT	家電の稼働条件項目
TARGET	家電のサービス対象
OPERATION	有効な家電操作方法
OPS_MODEL	相反する家電タイプの有無
SMOKE_CHK	発煙チェックフラグ
WATER_CHK	漏水チェックフラグ

表 4.8: 巡回監視リスト表

項目	内容
JOB_ID	ジョブ識別子
TARGET_ID	監視対象識別子（家電ID / 区画ID）
TODO_ID	対象に対する動作（巡回近接監視 / 環境監視 / 操作）
CHECK_KEEP	継続監視時間（sec）
CHECK_INTERVAL	状態取得間隔（sec）
PRIORITY	巡回優先度
REG_TIME	ジョブ登録時刻

表 4.9: 異常判断しきい値表

項目	内容
THRS_ID	しきい値情報識別子
MAX_APP_TEMP	最高筐体温度 ()
APP_TEMP_TIMEOUT	筐体温度しきい値関連タイムアウト (sec)
MAX_ROOM_TEMP	最高室内温度 ()
MIN_ROOM_TEMP	最低室内温度 ()
TEMP_TIMEOUT	温度しきい値関連タイムアウト (sec)
MAX_ROOM_HUMID	最高室内湿度 (%)
MIN_ROOM_HUMID	最低室内湿度 (%)
HUMID_TIMEOUT	湿度しきい値関連タイムアウト (sec)
MAX_RUNNING_TIME	最長継続稼働時間 (sec)
MAX_A_RUNNING_TIME	最長無人継続稼働時間 (sec)
MIN_BRIGHT_LVL	最小照度レベル (lx → BRIGHT_LVL)
MAX_NOISE_LVL	最大騒音レベル (dB → NOISE_LVL)
MAX_ELECT	最大電流 (A)
MIN_ELECT	最小電流 (A)
PROG_TIMEOUT	予約動作関連タイムアウト (sec)

4.2.9 異常判断しきい値表

異常判別のための各種しきい値情報を管理するデータベース (表 4.9)

管理する項目としては基本的に 3.5.1 の基本項目定義で利用したのと同じであり，異常検知ルールはこの表で設定された値を異常判断基準として利用する．

表 4.10: 入力メッセージ形式

MessageType	メッセージ内容	メッセージフォーマット
notify	家電制御完了通知	message(type, ld_id, req_id)
app_update	家電状態遷移通知	message(type, ld_id, state_id)
env_update	環境情報更新	message(type, block_id, target, value)
event	イベント通知	message(type, rule_id, scope, target, flag)

4.3 異常検知処理

本節では，提案システムにおける異常検知の基本的な処理方法について述べていく．

4.3.1 異常検知処理の流れ

異常検知処理の流れとしては，判断に必要となる監視項目を一定間隔で更新しながら，判別処理を繰り返すことになる．また，特定の条件で発生するイベントに対しても異常判断を行う．一定間隔の異常判断では，経過時間監視のほかに室内環境値テーブルおよび稼働中の家電情報を更新，参照しながら適用中のルールに則した判断処理を行う監視処理があり，割込みイベント発生時には，それぞれ対応した更新または判断処理を実行することとなる．

4.3.2 入力メッセージ形式

LD-HNS センターユニット内 EventManager から異常検知処理部への入力データ形式を表 4.10 に示す．

メッセージタイプは，notify，app_update，env_update，event の 4 種類があり，それぞれ家電制御が完了した際の通知，家電の状態遷移通知，監視区画の環境状態更新情報，イベント通知を表す．notify は異常検知システムからの要求に従って家電制御を行った際，その完了通知として用いる，app_update は LD-HNS で管理している家電の状態が電源の ON/OFF も含めて変化した場合，異常検知システムに通知するものである．env_update は監視区画において一定間隔ごとに得られるセンサ情報を LD-HNS で適当な値に変換し異常検知システムへと通知するためのものである．event は，しきい値超過時など特定の条件発生時にメッセージ通知するために利用する．

4.3.3 一定監視処理

- 室内環境一定監視

室内上方に一定間隔で設置されるイメージセンサおよび焦電型赤外線センサなどの固定式センサと特定箇所に固定的に設置されるセンサを利用し、室内環境の監視を一定時間ごとに行う処理。室内上方の各固定式センサによって形成される一監視区画において温度変動の有無や居住者の存在を監視、また各部屋ごとに固定的に設置される温度・湿度、騒音、照度センサで室内の環境を一定時間ごとに監視する。

- 稼働家電リストによる監視

稼働中の家電を特定のタイミングで監視する処理であり、家電の状態遷移時における判断処理および一定時間ごとに経過時間の監視を行う処理がある。

- － 家電状態情報の更新

家電の稼働状況や状態遷移など LD-HNS からの情報に従い更新する。状態が更新されるたびに異常判断処理を実行する。異常判断処理としては、家電タイプ判別、サービス対象の確認、ユーザ位置確認、しきい値比較など環境情報を含めて行う。

- － 経過時間監視

稼働中の家電に関して必要な時間経過監視を行う

4.3.4 ルール関連処理

異常検知ルールに関する処理としては大きく以下の3つ挙げられる。

- ルールの登録

システム設定や家電の動作状況、室内環境など特定の条件にしたがってルールを適用する。

- ルールの適用

適用中のルールによって限定される監視項目やしきい値情報を判断し、異常検知条件を有効状態にするための各種フラグを立てる。ルール監視処理としては一定時間ごとにしきい値との比較判別処理を実行するか、LD-HNS からのイベント通知を待つ形となる。イベント通知は、LD-HNS に対して異常検知に必要となるイベント発生条件を指定し、条件が満たされた場合に、メッセージ通知を受信する。

- ルールの解除

適用中のルールによって異常が検知された場合や、室内環境の変動などによってルール適用条件が解消された場合は登録ルールを無効にする処理を実行する。

4.3.5 監視時の割込みイベント

一定監視時に割込みとして発生するイベントには以下のようなものが考えられる．

- ルールによって設定される条件イベント

焦電型赤外線センサによる急激な温度変動検知や，ルールによって設定された項目のしきい値超過など，ある一定の条件が満たされた場合，イベントとして割り込みが発生し，異常対処処理が要求される．

- LD-HNS における家電制御エラー

LD-HNS への家電制御処理要求後，家電制御に失敗した場合やタイムアウトなどによって，再要求を出す必要がある場合．

- 可動式センサの各種処理完了

可動式センサによる監視処理が完了した場合，巡回監視リストの更新処理が必要となる．また，巡回監視リスト更新以外の処理としては，家電筐体温度や室内環境など取得したセンサ情報に従っての更新処理が挙げられる．

- ユーザによる監視処理の停止

システムアップデートなどユーザの手による監視処理の中断が行われる場合．

4.3.6 可動式センサの動作制御

実際に可動式センサと提案システムと協調動作させる場合に考慮すべき項目として使用競合の解消が挙げられる．以下ではそれらの解消方法について検討した内容を説明する．

- 巡回優先度の利用

ひとつの可動式センサが同時に複数の監視対象に対して必要となる場合，使用競合が発生する．この時，どの対象から監視するかを決定する必要があり，優先度設定を行っておく必要がある．優先度設定においてパラメータを利用することを考える場合，提案モデルにおいてはパラメータ要素として以下のような項目が考えられる．

- － 家電タイプ

家電タイプおよびサブタイプごとの危険度設定．家電タイプが HEATER ならば高い優先度，AUDIO ならば低い優先度というように，事故原因となる可能性の大きさから優先度を設定する．

- － 平均稼働時間

家電稼働開始からの経過時間．平均的に稼働状態が短時間で終了してしまう家電は巡回順の優先度を高め，長時間のものは優先度を下げる．

- － 対象との距離

監視対象となる家電または場所までの到達時間および経路を考慮し，最短で全監視対象を巡回できる経路を選択する．

- － 監視優先度学習

家電の使用頻度，状態遷移頻度などの学習による監視優先度設定を行う．

- 拘束時間の短縮

使用競合が発生している場合，優先度が低い監視対象では長い待ち時間が発生する．待ちが発生している場合，各監視対象が可動式センサを拘束する時間を短縮していく必要がある．また，何らかの異常によって多数の家電が一斉動作した場合，監視対象として多数の家電が巡回監視リストに登録される恐れがあるため，一定数以上の家電が登録された場合には可動式センサを使わず，機器制御を行うことで対処するなどの方法が必要となる．

4.4 異常対処処理

本節では、検知された異常項目に対して行う対処方法について述べる。

4.4.1 対処方法

まず異常対処の方法としては大きく以下の二つに分類できる。ひとつは危険を回避するために異常検知後、直接家電を操作する方法であり、もうひとつは直接家電を操作することせず、ユーザへ異常を知らせる報知処理である。前者では、適用していたルールから異常となった原因を判断し、異常原因が解消されるとともに家電の稼働状態を回復させることもする。後者では、報知処理後のタイムアウト処理として家電を操作することも考えられる。

- 直接操作

検知した異常状況の危険度および検知時の居住者位置から直接機器を操作する必要があると判断される場合はLD-HNSに家電制御要求を出し、異常解消のための家電制御を行う。操作としては、稼働家電の強制的な中断、停止のほかにも適用していたルールから異常となった原因を判断し、異常原因が解消されるとともに家電の稼働状態を回復させる処理も行う。

- 報知処理

シグナルを発信しながら可動式センサが対象へと接近、またはシステムコンソールで異常範囲が分かるようにする。また居住者が外出している場合などには、登録されたメールアドレスへと異常発生を知らせるメールを送信する。

どちらの処理の場合も検知した異常項目および実行した対処処理をログとして生成、保存しておき、ユーザからのフィードバックを受けることで対処方法のチェック、修正を可能とする。ログの内容としては発生日時、家電ID、異常発生時の家電状態、対処動作IDなどの項目が挙げられる。

4.4.2 検知異常の分類

異常検知ルールごとに対処処理を指定する場合、処理内容が非常に多様化してしまい、複雑化してしまう。そこで検知した異常項目に対して処理分類を行い、対処処理の共通部分を明らかにすることで以降の処理選択を円滑化する。分類した異常一覧を表4.11に示す。

表 4.11: 検知異常分類表

異常分類	番号	異常内容	検知後の処理
A-1	1	家電動作状態の相違	ユーザ報知要求 / 家電制御
A-2	2	無人継続動作タイムアウト	家電制御要求 (停止)
A-2	3	サービス対象無効タイムアウト (家電)	ユーザ報知要求 / 家電制御
A-2	4	サービス対象無効タイムアウト (環境)	ユーザ報知要求 / 家電制御
A-2	5	連携サービス開始条件の不備	家電制御要求 (サービス停止)
A-3	6	無人起動	家電制御要求 (停止)
A-3	7	予約動作無効化	家電制御要求 (状態回復)
A-4	8	異常発熱 (家電)	家電制御要求 (停止)
B-1	9	提供機能競合	家電制御要求 (優先度による停止)
B-2	10	特定範囲内機器によるしきい値超過	家電制御要求 (停止)
C-1	11	漏水, 発煙	ユーザ報知要求
C-1	12	環境しきい値超過	家電制御要求 (異常値軽減)
C-2	13	異常発熱 (環境)	家電制御要求 (異常値解消)

4.4.3 出力メッセージ形式

異常検知処理部から LD-HNS 内 EventManager への出力データ形式を表 4.12 に示す。

メッセージタイプは, inquiry, control, notify, watch の 4 種類があり, それぞれ家電の状態問い合わせ, 家電の制御要求, ユーザへの報知処理要求, ルールによる監視項目指定を表す。inquiry は特定の家電の状態を確認したい場合に EventManager に問い合わせることで家電 ID と状態 ID を受け取る, control は異常検知時の対処方法として直接家電の制御が必要となる場合に, EventManager を通して ControlManager へと制御要求を出す。notify では異常時の対処方法として LD-HNS を通してユーザへの報知処理が必要な場合に, 通知方法と通知メッセージの指定を行う。watch は適用中のルールに従い, 異常判断に必要な監視項目の指定を行う。ルール ID で, どのルールに対する情報かを指定し, scope で監視範囲もしくは対象, target で監視項目, timing で更新タイミングなど異常検知システムへの通知間隔を指定する。event は, しきい値超過時など特定の条件時にメッセージ要求するために利用する。

表 4.12: 出力メッセージ形式

MessageType	メッセージ内容	メッセージフォーマット
inquiry	家電状態問い合わせ	message(type, ld_id)
control	家電制御要求	message(type, ld_id, target_state, req_id)
notify	ユーザ報知要求	message(type, ld_id, mode, message)
watch	監視項目指定	message(type, rule_id, scope, target, timing, event)

4.5 ユーザ補助

本節では、検討したシステムにおけるユーザの負担軽減方法およびユーザ定義の異常項目への対応方法について述べる。

4.5.1 ユーザ定義による異常項目への対応

ユーザ定義の異常項目への対応方法としては、大きく2つの方法が考えられる。ひとつはユーザ自身の手による異常検知ルールの記述、もうひとつはシステム設定時における検知項目の選択である。どちらの場合も、ユーザにとっては大きな負担となることから以下ではそれぞれの方法におけるユーザ負担軽減方法について検討を行う。

4.5.2 家電登録時における補助

システム設定における検知項目選択を考える場合、家電情報登録時において検知すべき異常項目を選択する方法が合理的であり、家電登録時の各種項目選択によって、ユーザ環境に合わせた異常検知を可能とする方法を考える。

以下は家電登録手順における各種項目の選択方法の流れであり、一連の流れの中でどのようなユーザ補助が可能かを検討する。

家電登録手順

1. 利用形態選択

家電利用位置が固定（据え置き）か変動（持ち運び）かを選択する

2. 家電位置登録

固定利用の場合、家電の位置座標値を登録する。家電位置が変動する場合は登録を省略する

3. 家電選択

システムで対応可能な家電の種類を一覧表示する，家電の種類選択後にシステムが自動的に家電タイプ逆引きを行う．メーカーやシステムのテンプレートから家電情報が得られる場合，9 の異常項目選択へいく

4. 家電タイプ選択

自動選択した家電のタイプおよびサブタイプ一覧および各機能説明を表示，ユーザからの確認もしくは修正を受け付ける

5. 異常項目選択

家電位置と家電タイプのみで検知可能な異常項目の一覧表示，ユーザによる選択・確認

6. 入力・条件登録

家電分類モデルにおける入力・条件項目の入力が必要な場合，期待できる検知項目を表示し，ユーザに登録するかどうかを問う（家電利用位置が固定の場合，状態取得に可動式センサを利用）

7. サービス対象登録

家電分類モデルにおけるサービス対象項目の入力が必要な場合，新たに期待できる検知項目を表示し，ユーザに登録するかどうかを問う

8. 操作方法登録

家電タイプから自動判別した操作方法を表示，ユーザの確認

9. 異常項目選択

最終的な設定で検知可能な異常項目を一覧表示，ユーザによる選択・確認（温度変動監視はパラメータの変更のみ可）

ユーザ補助

家電登録時におけるユーザ補助としては以下のような項目が考えられる．

- 各項目の選択優先度，選択可・不可の自動判断

ユーザの項目選択に従い，以降の選択肢から選択可能なものを限定する．これにより間違った登録を未然に防止することが可能となる．

- 選択済み、選択可能項目から提供可能な検知項目の列挙

家電登録手順において、ユーザの選択項目に従って最終的に提供可能となる異常項目例を提示することでユーザにイメージしやすくするなどの補助が考えられる。

- 家電位置登録の補助

家電の位置登録時に室内上方のイメージセンサから得られる平面イメージを一覧表示し、ユーザがその中から位置を選択するなどの補助が考えられる。

- ユーザ定義の家電に対する入力補助

規定の家電タイプに属さない特殊な家電の登録、もしくは個人的な設定で家電を登録したい場合は、ユーザ定義タイプとして登録する形となる。ユーザ定義では加熱もしくはその他のどちらかで家電を登録し、加熱機器の場合には監視優先度や異常危険度などのパラメータが高めに設定される。

- 複数の家電タイプを手動で登録する場合の入力補助

家電タイプを複数持つ家電を手動で登録する場合、複数のタイプが同時に有効になりうるのか、また家電の各動作状態がどのタイプに属するのかをすべて登録していく必要があり、ユーザ負担が非常に大きい。型番などの機器登録情報を利用することでメーカーからの情報提供が受けられるなどのユーザ補助が必要となると考えられる。

4.5.3 異常項目マクロ記述

登録した家電に対してユーザが検知したい異常を定義する場合、異常検知のためのルールを記述する必要がある。しかし、ユーザが複雑な異常項目を誤りのないルールで一から記述するのは困難であり、容易に記述できる仕組みが必要になると考えられる。ここでは、ユーザが異常の定義を行う際のマクロ記述として必要となる項目を検討する。

まず、記述が必要となるルールは以下の3つに分類できる。

- 適用ルール

監視ルールおよび解除ルールを有効にするための判断条件であり、ここで記述した条件が満たされる場合、適用ルールに替わり監視ルールおよび解除ルールが有効なルールとして適用される。常時、監視ルールを有効にしておきたい場合、適用ルールおよび解除ルールは不要となる。

- 監視ルール

実際に異常検知を行うためのルールであり、適用ルールおよび解除ルールによって、その有効状態を制御される。

- 解除ルール

適用中の監視ルールを無効にするための判断条件であり、監視ルールとともに適用

ルールによって適用される。監視ルールとは並行して条件判断処理を行い、条件が満たされた場合には、適用ルールを再度有効にした後、自身と監視ルールを無効化する。

次に、各ルールにおいて設定すべき項目について検討する。家電機器はすでに家電分類モデルに従い登録されているため、ルール記述に必要なユーザ提供の情報としては以下の項目が考えられる。各項目をユーザが順に選択していく形でルール記述の型が作成可能となるような仕組みが必要である。

- 対象選択
異常検知ルールの対象となる項目の選択。
選択項目としては大きく家電単体、特定範囲内家電、特定範囲の3つがあり、家電単体の場合は家電ID、特定範囲内家電であればコンセントもしくは部屋、区画の指定、特定範囲であれば区画の指定が必要。また、家電機器に関しては対象とする家電タイプの選択も必要となる。
- サービス対象項目の利用
選択した家電タイプにおいてサービス対象の有効状態を確認するかどうかを指定する。
- 入力／条件項目の利用
選択した家電タイプにおいて入力／条件項目の確認を必要とするかどうかを指定する。
- 居住者との関連性
異常検知ルールを適用するにあたり、有人無人判断を行うかどうかを指定する。判断を行う場合には、無人判断のための監視範囲を指定する。範囲としては家電のサービス対象範囲、操作可能範囲、またユーザ指定範囲などから選択する。
- その他の条件項目
その他の条件項目として家電機器の状態指定やタイムアウト処理を行うかどうかを指定する。
- しきい値設定
各条件項目に対して異常となる値の設定を行う。しきい値表からの選択もしくはユーザの指定値。
- 対処処理の有無
異常検知後の対処処理が必要な場合はその設定を行う。機器操作の場合は、対象となる機器と操作後の状態指定、ユーザ報知は報知先および報知方法の指定を行う。

第5章 評価および考察

5.1 現状サービスとの比較

現状、家電動作および屋内環境を統一的に管理し、異常検知を行うシステムはない。またホームセキュリティと呼ばれるサービスは、家電を対象としたものではなく、侵入者検知やガス漏れ、火災検知など、それぞれ独立したセンサによって異常検知を行うものであり、ユーザや監視センターへの報知といった単純なサービス提供のみを実現する。一方、個々の家電機器においても近年、監視および制御が高機能なものとなってきているが、宅内にある複数家電の動作状況を把握することで制御を行う仕組みは未だ存在していない。ここでは、現状の家電と提案システムで提供される異常検知サービスとの機能比較を行う。図 5.1 がその表である。

5.2 提案モデルの妥当性評価

本研究で定義を行った異常項目と一般的な異常項目との比較、また提案する監視項目、ルールによる検知可能性から、提案モデルの妥当性について評価および考察を行う。まず一般的な過去の事故事例に対しての提案モデルの有効性について評価および考察を行い、その後、事故事例以外の定義異常項目への対応について考察を行う。

5.2.1 検知可能性

まず、提案するルール記述によって検出可能な異常かどうかを評価する際、以下の項目を考慮する必要がある。

- 誤検出
実際とは異なる状況として検知することで、間違った対処を選択、実行する場合
- 決定不能
異常判断の過程において考え得る状態が複数存在し、決定可能となる条件が得られない場合
- 未検出
提案するシステムにおいて監視範囲外、ルールで記述不可能な状況など異常判断の

異常検知方法	対象家電	監視項目	検知可能な異常	利用センサ	ユーザの手による設定項目
現状 (異常検知手法は特になし)	従来アナログ家電	なし	なし	なし	なし
	動作監視機能付き家電	機器動作状況、室温など一部動作環境	A-1,2の一部 (振動感知による自動停止、故障自己診断、省エネ運転など)	家電内部のセンサ	なし
提案手法	家電分類モデルで対応可能な家電 (アナログ家電も含む)	機器動作状況、周辺環境、家電モデル遷移項目	A-1,2,3,4 B-1,2 C-1,2	家電外部に設置される固定式センサおよび可動式センサ	家電位置登録、家電モデルへの登録、設定されている異常動作項目に必要な各種情報を設定

図 5.1: 現状サービスとの比較

ため条件が整わず検知が不可能な場合

以上、三項目のうち誤検出に関しては実際の実装および運用をもって評価すべき項目であり、今回の評価からは除外する。また、検知可能性を評価するにあたり、決定不能もしくは未検出のどちらか一方に該当する場合、検知不可能として扱うことにする。

5.2.2 評価サンプル

次に、定義した異常項目の妥当性を評価をするにあたり考え得るすべての異常項目を列挙する必要があるが、何を異常として捉えるかはユーザごとに個人差があり、一概に決定することは出来ない。そこで、実際に事故へと結びついたケースとして、家電製品 PL センター [8] が公表する家電事故事例をサンプルとしてリスト化し、それらの項目が提案システムで検知可能かどうかを評価した。結果を表 5.1 および表 5.2 に示す。

表中の項目、区分は 3.2 で定義した異常状況においてどの項目に該当するかを示したものであり、「-」は対象外を表す、ルールは検知可能な記述法を参照するものであり、「-」は記述不可能を表す。検知は上記の検知可能性に従った異常検知の可・不可を「○、×」で示し、対処は異常検知が事故の事前検知の場合に未然に対処可能かどうかを同様に評価したものである。

5.2.3 考察

評価結果から考察を行う。まず、異常区分に関してであるが、屋外に設置されるエアコン室外機に関する異常は、提案モデルにおいて監視範囲外となることから定義した異常項目があてはまらない。しかし、上記のサンプルを除く場合、すべての事故事例において該当する項目があり、評価で用いた事故事例においては定義する異常項目の妥当性を確認することができた。

次にルールおよび検知可能性に関してであるが、リスト化した家電事故事例の大部分が発熱や発火によるものであり、機器本体部だけでなくその周辺部においても熱変動を検知することが可能となる提案モデルでは、それらのルール記述が比較的容易であることがわかる。また、異常対処に関しても温度上昇開始時からの異常判断が可能なため発火を未然に防止できる可能性が高いと言える。一方で、火花の発生や熱湯の噴出などによってユーザが負傷するケースでは、事故を事前に検知し対処することが不可能であることもわかる。つまり、異常な状況の発現から事故発生までの過程がほとんどない場合や、機器の老朽化など非常にゆるやかな変化は提案モデルで検知することが出来ないと言える。ひとつの解決方法として、経年変化などによる事故発生を未然に防ぐために家電使用開始時からの合計利用時間および経過時間を管理し、メーカーが保証する範囲を超えた利用についてはユーザに注意を促すなどの対処が考えられるが、必ずしも時間的要素が突発的な事故の原因となるとは限らず、発生防止にはコードの断線状況などをアクティブに検知する方法

表 5.1: 異常検知可能性評価

家電	異常	区分	ルール	検知	対処
アイロン	コード付け根部分からの火花 熱湯漏れ	C-2	-	×	×
		C-2	C-2[2]	○	×
あんか	本体部からの発火 電源コード部の発熱，発火	A-4	A-4[1]	○	○
		C-2	C-2[1]	○	○
衣類乾燥機	電源コード部のショート，発火	C-2	C-2[1]	○	○
エアコン	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	○	○
	室内機からの水漏れ	A-1	C-2[2]	○	×
	室外機からの発火	-	-	×	×
オーブントースター	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	○	○
加湿器	本体部からの水漏れ	C-2	C-2[2]	○	×
	本体部からの熱湯噴出	C-2	C-2[2]	○	×
携帯電話	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	○	○
食器洗い機	本体部からの水漏れ	C-2	C-2[2]	○	×
食器乾燥機	本体部からの水漏れ	C-2	C-2[2]	○	×
	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	○	○
照明器具	蛍光灯器具からの発火	A-4	A-4[1]	○	○
	電球の破裂	C-1	-	×	×
シャンデリア	ガラスの落下	C-1	-	×	×
炊飯ジャー	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	○	○
セラミックファンヒータ	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	○	○
扇風機	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	○	○
	コード部からの発火	C-2	C-2[1]	○	○
洗濯機	本体の移動	A-1	-	×	×
	給水ホースからの水漏れ	C-2	C-2[2]	○	×
	本体部からの水漏れ	C-2	C-2[2]	○	×
掃除機	コード部からの発火	C-2	C-2[1]	○	○
テーブルタップ	本体部からの水漏れ	C-2	C-2[2]	○	×
テレビ	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	○	○
	本体部からの発煙	C-2	C-2[3]	○	○
電気カーペット	コントローラ部からの発火	C-2	C-2[1]	○	○
	コード部からの発火	C-2	C-2[1]	○	○

表 5.2: 異常検知可能性評価

家電	異常	区分	ルール	検知	対処
電気ストーブ	転倒時の不停止	A-4	C-2[1]	○	○
	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	○	○
	コード部からの発火	C-2	C-2[1]	○	○
電気コタツ	内部からの発火	A-4	A-4[1]	○	○
	中間スイッチ部からの発火	C-2	C-2[1]	○	○
	コード部からの発火	C-2	C-2[1]	○	○
パソコン	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	○	○
	AC アダプタ部からの発火	C-2	C-2[1]	○	○
	モニターからの発火	A-4	A-4[1]	○	○
ヘアドライヤー	金属片の飛び出し	A-1	-	×	×
	コード部からの火花	C-2	-	×	×
ラジオ	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	○	○
冷蔵庫	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	○	○
	本体部からの水漏れ	C-2	C-2[2]	○	○
	ドア部の落下	C-1	-	○	×
換気扇	本体付近からの発火	A-4	A-4[1]	○	○
空気清浄機	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	○	○
	コード部からの発火	C-2	C-2[1]	○	○
温水洗浄便座	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	○	○
	本体部からの水漏れ	C-2	C-2[2]	○	○
電子レンジ	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	○	○
電気ポット	熱湯の噴出	C-2	C-2[2]	○	×
	コード部からの発火	C-2	C-2[1]	○	○
電気かみそり	充電器からの発火	A-4	A-4[1]	○	○
コーヒーマーカ	熱湯の噴出	C-2	C-2[2]	○	×
電話機	子機充電器からの発火	A-4	A-4[1]	○	○
インターホン	モニターからの発煙	C-2	C-2[3]	○	○

が他に必要となる．このことから本提案モデルでは上記項目を特殊なケースとして扱い，検知ルール記述の拡張等は特に行っていない．

以上，評価結果からは実際の事故事案においての提案異常モデルおよび検知手法の妥当性が確認できた．今後は実際の運用をもって非効率性に関する異常検知についても定量的な評価，妥当性確認をしていく必要があると考える．

第6章 今後の課題

6.1 状態取得方法

家電動作における温度や騒音といった項目は、機種やメーカーなどの違いにかかわらず統一的に状態取得が可能という面で外部に対して状態を通知する手段を持たないLDを対象とするLD-HNSとの親和性が高いといえる、その一方で家電モデル内の入力/条件項目では家電のエラー表示を読み取るためにLEDランプの点灯などをイメージセンサで取得する必要性があり、機種やメーカーによって表示方法の違いが多いことから、設定項目の複雑化やユーザ負担が大きくなることが予想される。今後は実際の動作評価をもって、家電外部の視覚的な変化をより効率的に取得する方法を検討していく必要がある。

6.2 家電のモデル化

提案家電モデルでは、現在市販されている家電をすべて網羅していない、自動お湯張り器やトイレなども利用頻度が高く、監視対象に含めるべき家電機器であるといえる。また、定義していない機能を持つ家電が今後新たに出てくることも考えられ、ユーザ定義という方法のみでは対応しきれない部分が出てくると考えられる。拡張性ある家電モデルの再検討は今後の課題のひとつと言える。

6.3 障害時の対応

家電利用における安全性の確保を目的とした提案システムでは、システム自体の障害が大きな問題となる。また外部のネットワークとも接続されることから家電のみではなくホームネットワークシステム自体に対して攻撃される場合も考えられ、システムの耐故障性や異常動作の検出は今後の重要な検討課題と言える。

6.4 コスト

近年、各種センサの低価格化が進んでいるものの、提案システムのように家電外部に大規模なセンサネットワークを構築する場合、非常に導入コストが高くなることが考えられる。低コストで家電のネットワーク化を実現するLD-HNSの拡張という面では非常に大

きな問題と言える．提案システムでは，可動式センサという自走式のセンサをホームネットワーク内に組み込むことで効率的にセンサを利用する方法を提案したが，使用競合や対象までの到達時間，情報取得の正確性など検討すべき課題は多く，より詳細にセンサ制御方法を検討していく必要があると考える．

6.5 家電機器以外へのサービス拡張

タバコの消し忘れ検知やホームユースロボットへの宅内マップ配信など，室内上方にイメージセンサおよび人感センサなどを据え環境監視を行う提案システム構成はホームネットワークシステムの高機能化や連携サービス拡張においても非常に有効だと考えられる．今後は家電異常検知以外のサービス提案など，提案監視モデルの利用拡張をすることでコストパフォーマンスを高めていくべきだと考える．

第7章 まとめ

本稿では、まずホームネットワークにおける異常な状況とは何かを明確に定義し、家電動作状況と屋内環境情報を統一的に監視、管理することで詳細な異常検知を行う手法を提案した。提案手法では、家電動作のほかに居住者の位置情報や温度、湿度などの環境情報によって動的に監視項目および異常判断基準を変える方法を提案し、監視項目を総合的に管理可能な家電の分類方法および状態遷移モデルを設計した。また、設計したモデルを利用した異常検知ルール記述方法の提案と LD-HNS のシステム拡張方法についても検討を行った。

定義した異常項目および提案する異常検知ルールにおいては、過去実際に発生した家電事故事例をサンプルとして検知可能性を評価し、定義した異常項目によるサンプル事例の網羅、また事故発生防止という安全性において異常定義および監視項目の妥当性を確認した。また、提案する検知手法においては事故防止だけでなく、非効率な動作検知も可能であることから十分に拡張性のあるシステム構築が可能になると考えられる。今後は異常検知システムの実装および実際の運用をもってより定量的な評価を行っていく必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり，終始熱心なご指導，ご鞭撻を賜りました指導教官である丹康雄助教授に深く感謝致します．また，研究に関して多くのご意見を下さりました増井健司博士，丹研究室のみなさんに感謝致します．そして，研究生生活を支えてくれた家族に感謝します．

参考文献

- [1] 石井智康, LegacyDevice を中心としたホームネットワークに関する研究, 北陸先端科学技術大学院大学情報システム学専攻修士論文, 2003.
- [2] 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情報システム学専攻修士論文, 2005.
- [3] 松崎寛之, レガシーデバイスによるホームネットワーク構築のための AV 機器状態取得方法の提案, 平成 16 年度電気関係学会北陸支部連合大会, 2004.
- [4] 浜本賢一, ホームネットワーク規格との接続性を考慮した LegacyDevice ホームネットワークの構築に関する研究, 北陸先端科学技術大学院大学情報システム学専攻修士論文, 2005.
- [5] 増田耕一, 丹康雄, 異常動作検知を実現する家電モデル化についての検討, 平成 17 年度電気関係学会北陸支部連合大会, 2005.
- [6] 丹康雄監修, 宅内情報通信・放送高度化フォーラム編 ユビキタス技術ホームネットワークと情報家電, オーム社, 2004.
- [7] 財団法人家電製品協会,
on-line available at <http://www.aeha.or.jp>,
- [8] 家電製品 PL センター,
on-line available at <http://www.aeha.or.jp/plmenu.htm>,
- [9] NATIONAL,
on-line available at <http://national.jp>,
- [10] TOSHIBA CONSUMER MARKETING CORPORATION,
on-line available at <http://www3.toshiba.co.jp/faminity>,
- [11] SHARP CORPORATION,
on-line available at <http://www.sharp.co.jp/products/index.html>

- [12] MITSUBISHI Electric Corporation,
on-line available at <http://www.mitsubishielectric.co.jp>
- [13] Hitachi,
on-line available at <http://www.hitachi.co.jp>