

家電製品使用における異常状態のモデル化とその検知手法の提案 A systematic classification model and detection system for the malfunction of household appliances

増田耕一^a・牧野義樹・中田潤也^b・丹康雄 [(k-masuda, m-yishi, jnakata, ytan)@jaist.ac.jp]

北陸先端科学技術大学院大学

Koichi Masuda, Yoshiki Makino, Jun'ya Nakata, Yasuo Tan
Japan Advanced Institute of Science and Technology

^a現在 株式会社東芝

^b現在 NiCT 北陸リサーチセンタ

あらまし 近年の家電機器の高機能化およびネットワーク化によって今後新たな安全性が問われることになる。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事故誘発などによる新たな問題の発生が考えられるためである。そのため家電機器や宅内環境の監視は、今後センサを利用するホームネットワークシステムにおいて最も基本的かつ重要な機能として考えられていくことが予想される。しかし、現状では、家電機器利用および宅内環境についてどのような状況が異常であるか、また、それらを検知するためにどのような情報が必要となるかということを体系的に扱う方法については、深く検討されていない。本稿では家電機器の周辺環境を含めた異常検知手法を提案し、異常検知に適した家電機器のモデル化および異常検知ルール記述について検討を行う。検討ではまず、検知すべき異常状況の明確な定義を行い、監視・管理項目および検知ルール記述の一般化によって柔軟性のある異常判断を効率的に実現する手法をモデル化する。これにより現状、検知しきれない宅内異常項目への対応が可能となることを示す。

abstract As the network connectivity of home appliances becomes popular, new threats are arising. Attacking through the computer viruses or malicious abuse of these equipments may cause a serious accident in a home. This paper presents a systematic classification of the malfunction of household appliances and operational model for malfunction detection which includes description language for malfunction detection rules. Evaluations and discussions are given based on the incident report from the Association for Electric Home Appliances.

1 まえがき

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み、本格的な家電連携サービスの提供が開始されつつある。しかし、その一方で、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家電事故誘発などホームネットワークにおけるセキュリティ対策が問題視されている。しかしながら、現状宅内におけるセキュリティサービスは火災やガス漏れの報知、また侵入者検知など家電機器とは直接的な関係が無いものであり、家電機器においても簡単な異常動作防止など個々の家電機器における独立した運転制御のみで機器外部の状況を把握した上で詳細な異常検知を実現する仕組みは整っていない。本稿では家電機器外部に設置する各種センサによって取得可能な情報をホームネットワークシステム内で利用し家電事故および非効率動作防止を実現する手法を提案する。本稿では、まず家電利用における異常状況の定義を行い、定義した異常状況の検知に必要な監視・管理項目について検討を行う。また検討を行った監視・管理項目を考慮しながら、異常

検知に適した家電分類方法および異常検知ルール記述法についても検討を行う。以下、2では本稿で対象とする異常状況の定義、監視・管理項目について検討を行う。3では、異常状況検知に適した家電分類方法の提案およびモデル化について述べる。4では、提案する家電分類モデルを利用する異常検知ルール記述法の定義を行う。5では、異常状況定義およびルール記述における妥当性評価を行い、6では、5の評価結果を受けて、その問題点と解決法を述べる。最後に7で、本稿のまとめと今後の課題を述べる。

2 異常検知

2.1 異常検知とは

まず、異常検知を行う際、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性は低く、主にユーザが気付かない異常を迅速に検知し、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、また監視下に置かれ

た家電機器の近隣にユーザが存在しない場合においての家電動作異常などが挙げられる。本稿では、家電の稼働状態とあわせて居住者の位置情報および屋内の環境状態を管理し、動的な監視処理を行うことで異常を検知する方法を提案する。本節ではまず、どのような項目が異常な状況に当たるかを定義、分類し、それぞれの異常検知に必要な監視および管理項目を明確にする。また次節以降では、機器動作や周辺環境の変動に伴う動的な検知処理を効率的に実現するために異常検知に特化した家電機器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。

2.2 異常状況の定義

家電利用において異常と考えられる家電動作および屋内状況を定義する。本稿では、家電機器の利用において最も事故に繋がる恐れのある機器本体や配線部での発熱、また非効率動作および各種危険な状況を招く無人継続動作を中心に、事故防止と省エネルギーの観点から大きく8つの項目を異常状況として定義する。また、定義した各異常項目をその監視対象の違いから家電単体、複数家電、屋内環境の3つカテゴリに分類する。

A. 家電単体

1. 規定外動作

家電機器の使用環境、操作方法など家電利用における基本的な項目のメーカー規定からの逸脱、通常時の動作と比較して全く異なる挙動など、正常な家電動作状況でない家電動作を指す。

2. 非効率動作

家電機器が提供するサービスの提供先となる対象が無効な状態での継続動作、プログラムされた連携サービスの無意味な起動など、正常時の動作と比較して稼働効率が悪いと考えられる家電動作を指す。

3. 指定外動作

家電機器に対してユーザおよびシステムが登録したプログラム内容と一致しない家電動作を指す。

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動作および状況を指す。

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、提供サービスの効果低減や無効化など通常時と同等の効果が期待できない状況が発生している場合を指す。

2. 特定範囲内でのしきい値超過

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恐れがある状況を指す。

2.3 監視・管理項目

次に、家電機器利用時における各種特徴項目から異常判別につながる監視・管理項目の選定を行う。本稿では、家電機器とその周辺環境との関連性から、家電間、家電－ユーザ間、家電－宅内環境間など家電機器の動作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。

2.3.1 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管理する。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む。

- 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な条件項目があるかどうかを管理し、動作条件に不備がないかを監視する。

- 家電機器使用時のユーザ位置

電動マッサージ器などの家電機器の場合、使用時にはユーザがサービス対象として必ず機器の近隣に存在する必要がある。この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。

2.3.2 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機器ごとの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扱う。

- 家電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機能関連性があるかどうかを管理する。

タイプ	サブタイプ	入力・条件	サービス機能	出力機能	備考
AUDIO (音声出力)	PLAYER (演奏)	INTERNAL (RADIO, HDD)	USER (PHONE)	USON (SPEAKER)	ラジオ
	RECORDER (録音)	EXTERNAL (CD, DVD, TAPE)	AMP_ID	INTERNAL (HDD)	CDプレーヤー
	RECORDING (録音)	AUX (MIC, LINE)	EXTERNAL (CD, DVD, TAPE)	INTERNAL (HDD)	オーディオレコーダー
VIDEO (映像出力)	PLAYER (演奏)	INTERNAL (TV, HDD)	USER	INTERNAL (HDD)	TV
	RECORDING (録音)	INTERNAL (DVD, TAPE, LD)	EXTERNAL (HDD)	EXTERNAL (DVD, TAPE)	HDDレコーダー
	RECORDING (録音)	AUX (MIC, LINE)	EXTERNAL (HDD)	EXTERNAL (DVD, TAPE)	オーディオレコーダー
LIGHT (照明)	LIGHT (照明)	-	BLOCK	ROOM	照明
	WASH (洗濯)	OPERATOR	USER	ROOM	洗濯機
	CAREY (ケア)	OPERATOR	USER	ROOM	洗濯機
CLEANER (清掃・洗浄)	WASH (洗濯)	WATER	INTERNAL	ROOM	洗濯機
	WASH (洗濯)	CLOTHES	INTERNAL	ROOM	洗濯機
	WASH (洗濯)	CLOTHES	INTERNAL	ROOM	洗濯機
COOLER (冷却)	FAN (扇風機)	-	BLOCK	ROOM	エアコン
	FAN (扇風機)	-	BLOCK	ROOM	エアコン
	FAN (扇風機)	-	BLOCK	ROOM	エアコン
HEATER (加熱)	FAN (扇風機)	-	BLOCK	ROOM	エアコン
	FAN (扇風機)	-	BLOCK	ROOM	エアコン
	FAN (扇風機)	-	BLOCK	ROOM	エアコン
OTHER (その他)	WASH (洗濯)	OPERATOR	USER	ROOM	洗濯機
	WASH (洗濯)	OPERATOR	USER	ROOM	洗濯機
	WASH (洗濯)	OPERATOR	USER	ROOM	洗濯機

図 1: 家電分類モデル

3 家電機器のモデル化

3.1 家電機器の分類

前述の監視・管理項目をもとに機器間の細かな機能の差異を埋めながら体系的に扱う家電モデルの作成を行う。図 1 が作成した家電分類表である。家電動作は、その機能や機種によって様々な状態遷移モデルを持つが、異常判断に影響を及ぼす項目のみに着目する場合、ある程度抽象的な項目群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てことで、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。

3.2 分類項目

- タイプ

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 種から成る。

- サブタイプ

監視および管理項目の違いからタイプ項目をさらに詳細に機能分類した項目。

- 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なとなる項目。持ち運びながら利用する家電であれば機器を運搬するユーザ、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によって提供される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、ユーザの手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。

3.3 分類モデルにおける監視項目

2.3で検討を行った監視および管理項目は家電分類モデルにおいて以下の項目に集約される。

- 家電タイプおよびサブタイプの有効状態

複数のタイプおよびサブタイプを持つ家電機器において各タイプの有効・無効状態を監視する。

- 家電の稼働開始時における入力／条件の不備

家電分類モデルに登録される稼働条件に不備がないかを監視する。

- 家電サービス対象の有効状態

家電分類モデルにおいてタイプおよびサブタイプごとに登録されるサービス対象が有効な状態かどうかを監視する。

- 家電操作方法の有効状態

家電機器とユーザとの位置関係から家電分類モデルに登録される操作方法の有効／無効状態を監視する。

- 異常判別のためのしきい値情報の変動

家電分類モデルの状態によって決定されるしきい値情報を管理、監視する。

3.4 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監視は、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、また異常検知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る。

- 入力・条件

電源以外で家電機器のサービス提供に必要な条件項目。動作条件に不備がある場合は家電の状態を監視し動作を制御、制限する。

- サービス対象

サービス対象が限定されている家電機器の場合、対象が有効範囲内もしくは有効な状態にない場合、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。

1. 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。

2. 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。本稿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。

3. 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利用する。

- 操作方法

ユーザと家電機器との相対的な位置関係および家電操作が可能な範囲とを管理することで、家電機器の操作が有効か無効かを判断する。また位置関係のほかに予約動作などプログラムされた動作も管理する必要がある。

4 異常検知ルール

4.1 基本項目の定義

異常検知ルールの記述において基本となる項目の内容を定義する。基本項目は家電機器、ユーザ、家電の動作状態、屋内の環境状態の全4つを定義し、それぞれを集合で表す。異常検知は各集合の要素比較・演算を実行するルールを記述することで実現する。

1. 家電機器 APP

異常検知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: $APP = \{app_1, app_2, \dots, app_n\}$
 $app = (MODEL, loc, THRESHOLD)$

- 家電モデル MODEL

異常検知システムに登録される全家電分類モデルの項目情報を要素とする集合

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1の家電分類表の各項目と同一内容であり、OpsModel は相反する機能にあたる家電タイプを意味する。

- 位置情報 LOCATION

位置情報となる異常検知システム内の全監視区画を要素とする集合。

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

BlockId および RoomId は各監視区画および部屋に割り振られる識別子。

- しきい値情報 THRESHOLD

個々の家電機器に設定されるすべてのしきい値情報を要素とする集合。

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異常を検知するためのマージン値を指定する。しきい値表の各項目は、基本的に CURRENT_STATE および LAST_EVENT の各項目に対応する。

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

位置情報となる異常検知システム内の全監視区画を要素とする集合。

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

- LastUpdate

居住者の移動監視で利用する最終更新時刻。居住者の移動が同一室内であれば更新を行わない。

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、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。各家電機器に対する情報がひとつの要素となる。

定義: $APP_INS = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$
 $a = (ActiveMDL, ActiveTHRS, state, event, PROGRAM)$

- 有効家電モデル ActiveMDL

家電分類モデルで有効になっているすべての項目情報を要素とする集合。各要素の項目は集合 MODEL と同等である。

定義: $ActiveMDL = \{mdl_1, mdl_2, \dots, mdl_i\}$
 $mdl = (Type, SubType, Input, Target, Operation, OpsModel)$

- 有効なしきい値情報 ActiveTHRS

有効な家電分類モデルによって変化するしきい値情報を要素とする集合。各要素の項目は集合 THRESHOLD と同等である。

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表す情報を要素とする集合。

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情報を要素とする集合。発生中のイベントをすべて含み、イベントの終了とともに対応する項目が空となる。

定義: $LAST_EVENT = \{event_1, event_2, \dots, event_n\}$
 $event = (Type, StartTime)$

- 予約動作情報 PROGRAM

全予約動作および連携サービスによる動作指定情報を要素とする集合。

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。

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。固定的に設置されるセンサによって決定される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を要素とする集合。

定義: $CURRENT_STATE = \{state_1, state_2, \dots, state_i\}$
 $state = (Type, Value, LastUpdate)$

- 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情報を要素とする集合。発生中のイベントをすべて含み、イベントの終了とともに対応する項目が空となる。

定義: $LAST_EVENT = \{event_1, event_2, \dots, event_i\}$
 $event = (Type, StartTime)$

- 部屋間接続状況 LINK

異常検知システム監視範囲内にあるすべての部屋間接続情報を要素とする集合。各監視区画は所属する部屋に関する接続情報を持つ。

定義: $LINK = \{link_1, link_2, \dots, link_j\}$
 $link = (P_ROOM, link_thrs)$
 $P_ROOM \subseteq ROOM = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$
 $link_thrs = (Type, Value, Margin, TimeMargin)$

link_thrs は接続するすべての部屋でしきい値を統合したものである。

4.2 ルール記述定義

- 要素による集合の指定

$MODELapp_i = \{mdl_j, mdl_k\}$
 $(app_i \in APP, mdl_{j,k} \in MODEL)$

- 要素による他要素の指定

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

- インデックス要素指定による列参照

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

- インデックス行指定による列参照

$b_i.state(TEMP_UP) :: Value = j$
 $(b_i \in ENV_INS, j : MAX_TEMP)$

- 特定の列要素からなる集合の構成

$b_i.event(Type) = \forall n(n \in b_i.event.Type)$

- 全要素総当たり

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

4.3 異常およびルール例

具体的なルール記述例を挙げるため、異常状態の例として、異常定義区分 C-2 にあたる「電源コード部からの発熱」を考える。この時、対応するルール記述としては以下のような記述となる。

- C-2[1] 監視区画における熱変動、しきい値の超過

$(b.event(TEMP_UP) :: StartTime \neq NULL) \wedge$

$((b.state(TEMP_UP) :: LastUpdate - b.event(TEMP_UP) :: StartTime) > b.lnk.thrs(TEMP_UP) :: TimeMargin) \wedge$
 $(b.state(TEMP_UP) :: Value > b.lnk.thrs(TEMP_UP) :: Value)$

上記ルール中のインデックス行項目 TEMP_UP は、温度上昇関連項目であり、b.event では監視区画における温度上昇イベントの開始状況、b.state では監視区画における現在の温度、b.thrs では監視区画における異常判断のためのしきい値が対応する項目として参照される。

5 評価

5.1 検知項目の比較

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たが、宅内にある複数家電の動作状況や屋内環境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、現状の家電機器および家電単体での監視機能の追加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 2 がその表である。

5.2 提案モデルの妥当性評価

次に、本稿で定義を行った異常区分、また検討した監視および管理項目を用いることで記述可能な異常検知ルールの妥当性について評価および考察を行う。

異常検知項目	家電機器	監視項目	検知項目	検知項目	検知項目
異常検知手段は特になし	温度アナログ家電 動作監視機能付き家電	なし	なし	なし	なし
		異常動作状況、 過電圧など一部 動作環境	A-1,2の一部 (温度感知による 自動停止、故障 自己診断、省エ ネ機能など)	家電内部のセンサ	なし
異常検知	家電分断モデルで 対応可能な家電 (アナログ家電も含 む)	異常動作状況、 周辺環境、 家電モデル連 動項目	A-1,2,3,4 B-1,2 C-1,2	家電外部に設置さ れる温度式センサ および可動式セン サ	家電位置情報、 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 2: 現状の家電機器との比較

5.2.1 評価サンプル

定義した異常区分および異常検知ルール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、何を異常な状況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] が公表する全 206 件の家電事故事例から家電機器および原因の違いを考慮してリスト化したものをサンプルとして用い、それらの項目が定義した異常区分で対応可能かどうか、また異常検知ルールを記述可能かどうかを評価する。

5.2.2 評価結果

評価結果を図 3 に示す。これはすべての結果項目から特殊なケースを含むかたちで一部抜粋したものであり、表中項目の家電は事故を起こした家電機器の種類、異常内容は実際に発生した事故の内容を示す。異常区分は本稿で定義した異常状況から該当する項目を選択したものであり、適用ルールは記述可能なルールがあるかどうかを示したものである。該当する項目が無い場合はそれぞれ「-」で表す。検知および対処は、異常検知ルールによって事故発生を未然に防止できるかどうかを評価したものであり「可・不可」を「○・×」で示している。

6 考察

評価結果から考察を行う。まず、異常定義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。次にルール記述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

対象機器	異常内容	検出方法	検出可能性	検出時間	検出場所
アイロン	コード部からの火花	C-2	-	x	x
	熱湯漏れ	C-1	C-1[1]	O	x
あんか	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	O	O
	電線コード部の短絡、発火	C-2	C-2[1]	O	O
衣類乾燥機	電線コード部のショート、発火	C-2	C-2[1]	O	O
エアコン	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	O	O
	室内機からの水漏れ	A-1	C-1[1]	O	x
	室外機からの発火	-	-	x	x
オーブントースター	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	O	O
加湿器	本体部からの水漏れ	A-4	C-1[1]	O	x
掃除電扇	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	O	x
	本体部からの水漏れ	A-4	C-1[1]	O	x
食器乾燥機	本体部からの水漏れ	A-4	C-1[1]	O	x
	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	O	O
照明器具	蛍光灯器具からの発火	A-4	A-4[1]	O	O
	電球の故障	C-1	-	x	x
炊飯器	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	O	O
セラミックファンヒーター	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	O	O
洗濯機	本体部からの発火	A-4	A-4[1]	O	O
	コード部からの発火	C-2	C-2[1]	O	O
電気かみそり	充電器からの発火	A-4	A-4[1]	O	O
ヘアドライヤー	金属片の飛び出し	A-1	-	x	x
	コード部からの火花	C-2	-	x	x

図 3: 評価結果

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、事故防止に関しても温度上昇開始時からの異常判断が可能のため発火を未然に防止できる可能性が高い。一方で、火花の発生や熱湯の噴出などが原因で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非常に困難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存在しない場合や、機器の老朽化など経年による非常にゆるやかな変化は提案モデルでの検知が困難となる。ひとつの解決方法として、家電機器使用開始からの時間経過および総稼働時間を管理することでユーザに注意を促すことは可能であるが、機器の管理状況などの違いから、必ずしも時間的要素が事故原因となるとは限らず、十分な解決法とは言い難い。これらの事例に関しては、提案手法とは別に配線部の断線状況などをアクティブに検知する方法が必要であり、異常検知対象としては異質な部類として扱うことができる。したがって、本稿では監視・管理項目、ルール記述の変更および拡張は行っていない。

7 むすび

本稿では、家電機器の動作のみでなく宅内環境も含め、センサを利用するホームネットワークシステムにおいて検知可能な異常項目を安全性と省エネルギーの観点から定義し、それらを検知するために必要となる監視および管理項目について検討を行った。また、異常検知に拡張性を持たせるための家電機器分類および抽象化、異常検知ルール記述の一般化に

ついて提案、検討を行った。提案手法では家電機器単体の動作のみでなく、家電機器間、機器とユーザ間、機器と宅内環境間の関連性を考慮することで異常判断基準を動的に変更していくことが可能なため、現状の機器では、検知不可能な異常項目にも対応することが可能となる。また、提案手法に対して過去実際に発生した事故事例をもとに定義した異常区分および提案するルール記述の妥当性評価を行い、評価サンプルにおいてはその妥当性を確認することができた。今後の課題としては、ルールによる実際の検知率評価、非効率動作防止の定量的評価、また異常検知後の対処方法を含めたモデル化の検討などが挙げられる。

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,
”<http://www.aeha.or.jp>”
- [8] 家電製品 PL センター,
”<http://www.aeha.or.jp/plmenu.htm>”
- [9] TOSHIBA CONSUMER MARKETING CORPORATION, ネットワーク家電フェミニティシリーズ
”<http://www3.toshiba.co.jp/feminity>”