

Title	スマートホームエコシステムのコンシステンシ管理に関する研究
Author(s)	前村, 光紀
Citation	
Issue Date	2020-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/16420
Rights	
Description	Supervisor:丹 康雄, 先端科学技術研究科, 修士(情報科学)

修士論文

スマートホームエコシステムのコンシステンシ管理に関する研究

1810174 前村 光紀

主指導教員 丹 康雄 教授

北陸先端科学技術大学院大学
先端科学技術研究科
(情報科学)

令和2年2月

Abstract

In recent years, the implementation of IoT systems has changed drastically. In the past, devices were once aggregated by devices called home gateways, and from there, these devices connected directly to the Internet and cooperated with services. Nowadays, the model is changing; it is shifting to a connectivity form known as the “device cloud” , usually provided by a device maker. This makes it possible to quickly introduce devices and services to the market, add functions after sales, and correct defects. In recent years, a large number of device hubs for controlling existing home devices such as smart speakers with an interface such as infrared rays have been released.

The device hub provided by one company, the cloud connected to it, and the application connected to the cloud are considered as one ecosystem in this paper. In addition, in order to identify a physical device in the smart home the cloud has a registered device name (entity), a property name and an installation location name as device properties. This entity is in the virtual space of the cloud, but is associated with a device in the physical space of the smart home. Also, in order to distinguish it from other entities in the virtual space, it is identified by a registered device name.

In recent years, it has become possible to achieve cooperation between clouds of different companies, and it is possible to operate a device of an ecosystem of one company using a device hub from an ecosystem of another company. For example, the user gives a command to company A’s smart speaker by voice to turn on the TV, the smart speaker passes through the company B’s cloud via its own cloud, and the infrared light from the device B’s device hub is sent to the TV and turned on.

Let us consider the case where three different ecosystems are present: ecosystem A, B and C. A cooperates with B and C, and the user can issue a command to A to operate B’s device hub and C’s device hub. A also receives the information regarding the entities present in ecosystems B and C. At this time, if there is a discrepancy in information regarding an entity between different ecosystems, a problem may occur.

The most desirable state is a consistent state. This is a state when there is no inconsistency in this information and the registered device name, type name, and installation location name are the same among the ecosystems. In this paper, the state of consistency is a state in which entities and their properties are consistent between multiple ecosystems.

In this paper, in the field of smart home, problems that can occur between multiple ecosystems and problems that occur within one ecosystem are formulated and exhaustively enumerated. In addition, a model including specific examples of each of the listed problems was shown, and a solution method for taking consistency between ecosystems in a smart home was proposed. By solving the problem, the horizons of smart home users can be broadened, and we expect that accidents caused by unintended settings and accidental operation of wrong devices can be avoided.

目次

第 1 章	はじめに	1
1.1	研究背景	1
1.2	研究目的	1
1.3	論文構成	2
第 2 章	スマートホームとエコシステム	3
2.1	エンティティとスマートホーム内物理デバイスの関係	3
2.2	エコシステムモデル	4
2.3	複数のエコシステムモデル	5
2.4	論理的全体モデル	6
2.4.1	モデル中のインタフェース	8
2.4.2	ユーザーがデバイス进行操作するまでの過程	11
2.5	物理的全体関係モデルとエンティティ	12
第 3 章	エコシステム間コンシステンシとその問題	15
3.1	コンシステンシの定義	15
3.2	コンシステンシが取れない状態	15
3.3	複数のエコシステム間で発生しうる状態	15
3.3.1	問題 1-1 例	16
3.3.2	問題 1-2 例	17
3.3.3	問題 1-3 例	18
3.3.4	問題 1-4 例	19
3.3.5	問題 1-5 例	20
3.4	1つのエコシステム内で発生しうる問題	21
3.4.1	問題 2-1 例	21

3.4.2	問題 2-2 例	22
第 4 章	問題の解決手法案	24
4.1	問題の整理	24
4.2	コンシステンシを取るうえでの問題	25
4.3	識別子の利用	26
4.4	電力センサーの利用	26
4.5	ユーザーアクティビティの利用	26
4.6	アプリケーション GUI 情報の利用	28
4.7	類義語辞書の利用	28
第 5 章	システム試作	30
5.1	提案システム構成	30
5.2	アプリケーション GUI 情報取得機構の試作	32
第 6 章	考察・評価	34
6.1	考察	34
6.2	評価	34
6.3	各アプリケーションのエンティティとそのプロパティの確認	35
6.4	エンティティプロパティの表現の揺らぎ	44
第 7 章	おわりに	45
7.1	まとめ	45
7.2	今後の課題	45
参考文献		47

目次

2.1	エンティティと物理デバイスの関係モデル	4
2.2	エコシステムモデル	5
2.3	複数のエコシステムモデル	6
2.4	論理的全体モデル	7
2.5	エコシステム間のエンティティ情報の受け渡しや命令	8
2.6	各エコシステムのクラウドから提案システムへ API の提供	9
2.7	各エコシステムのクラウドから提案システムに問い合わせ	9
2.8	提案システムから各エコシステムのアプリケーションの情報参照	10
2.9	スマートフォンから web アプリケーションへの接続	11
2.10	物理デバイスの相関とエンティティ	13
3.1	登録デバイス名の相違	17
3.2	別々のデバイスに対して登録デバイス名が同一	18
3.3	設置場所名の相違	19
3.4	種類名の相違	20
3.5	種類名の相違（項目が用意されていないパターン）	21
3.6	同一の登録デバイス名を 1 つのエコシステムで設定	22
3.7	同一の対象に複数のエンティティ	23
5.1	提案システム構成モデル	31
5.2	提案オントロジーモデル	31
5.3	Airtest を使用した GUI 情報の取り出し	33
6.1	Alexa のエンティティとそのプロパティの情報画面	35
6.2	Alexa の設置場所名画面	36
6.3	家電リモコンのエンティティとそのプロパティの情報画面	38

6.4	eHome のエンティティとそのプロパティの情報画面	40
6.5	Google Home のエンティティとそのプロパティの情報画面	42
6.6	Philips Hue のエンティティとそのプロパティの情報画面	43

表目次

4.1	スマートホーム内における間取りやデバイスに関する類義語	29
6.1	各アプリケーションのエンティティとそのプロパティ	44

第1章

はじめに

1.1 研究背景

近年、IoT システムの実装の方法が大きく変わり、従来のようにゲートウェイと呼ばれる機器にデバイス群が一度集約され、そこからインターネットに接続しサービスと連携するという形態から、デバイスそれぞれが直接インターネット接続を有し、デバイスのメーカーが提供する、いわゆるデバイスクラウドに接続する形態へと移行しつつある。これにより迅速な機器やサービスの市場投入、販売後の機能追加や不具合の修正などが可能となっている。

スマートホームにおいてもスマートスピーカーに加え、家庭内の既存の機器を赤外線等のインタフェースで制御するコントローラが多数発売されており、これらはデバイスクラウドを経由して互いに連携している。しかしながらこの連携においては、詳細な取り決めがされた標準化が進んでいないために、異なる企業間のデバイスクラウド同士が情報のやり取りをする際に齟齬が発生する可能性がある。

1.2 研究目的

本研究では、スマートホームの分野において、複数のエコシステム間で発生しうる問題について網羅的に列挙し、それら問題に対しての解決手法を述べる。問題解決により、スマートホームユーザーの裾野を広げることができるとともに、意図しない設定に起因する事故を回避する効果も期待できる。

1.3 論文構成

- 第1章
 - － 本研究の背景と目的、論文の構成を示す。
- 第2章
 - － スマートホームエコシステムのモデルとユーザーがデバイス进行操作するまでの過程を含めた全体モデルを示す。
- 第3章
 - － コンシステンシの定義を示し、コンシステンシが取れない状態になる問題を、具体例を含めて述べる。
- 第4章
 - － 問題を解決するための手法を提案する。
- 第5章
 - － 実装に関して述べる。
- 第6章
 - － 考察と評価に関して述べる。
- 第7章
 - － まとめに関して述べる。

第2章

スマートホームとエコシステム

2.1 エンティティとスマートホーム内物理デバイスの関係

スマートホーム内にある物理デバイスを制御するスマートスピーカー等の、コントローラと繋がるクラウドが持つ仮想空間上のデータの実体をエンティティとして本論文では扱う。エンティティは登録デバイス名で識別する。また、そのプロパティとして

- 製品名
- 型番
- MAC アドレス（持たないデバイスもある）
を持つ。物理空間にあるデバイスは情報として
- 種類名
- 設置場所名
を持ち、エンティティはこれらと紐づく。

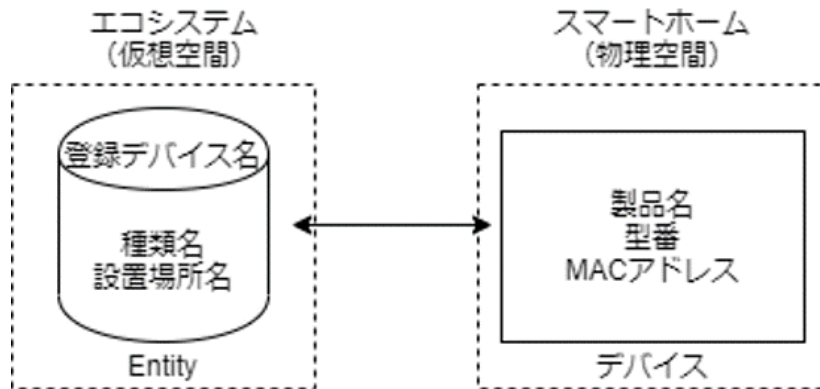


図 2.1 エンティティと物理デバイスの関係モデル

2.2 エコシステムモデル

企業が提供するクラウドは、スマートホーム内にサービスを提供するための自社デバイスハブと繋がっており、エンティティを共有している。また、企業は自社のアプリケーションを提供し、アプリケーションはクラウドと繋がっている。一般的に、ユーザーはアプリケーションを経由してエンティティの設定を行い、デバイスハブを操作することができる。操作されたデバイスハブはデバイスを動作させる事が可能である。アプリケーションは主にスマートフォン上で動作するものとウェブ上で動作するものがある。

クラウド、クラウドに繋がるアプリケーション、クラウドに繋がるデバイスハブの3つをグループとし、これをエコシステムとして本論文では定義する。一部企業においてはクラウド、デバイスハブ、デバイス、アプリケーションの4つでエコシステムが構成されている場合もある。

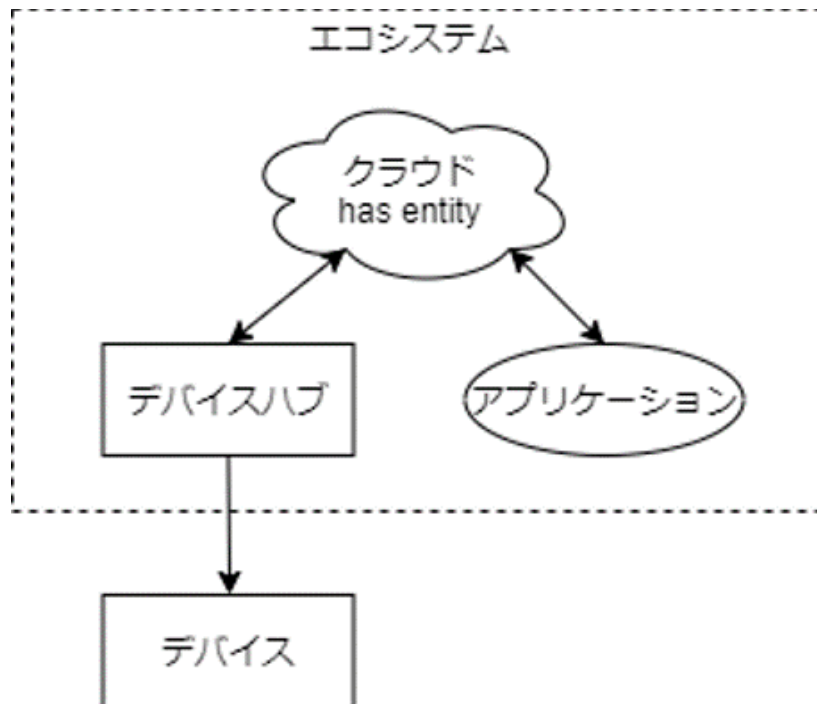


図 2.2 エコシステムモデル

2.3 複数のエコシステムモデル

エコシステムが3つあり、それぞれをエコシステム A、エコシステム B、エコシステム C とする。A と B は同じ対象であるスマートホーム内物理デバイスと繋がっており、C は A と B のクラウドと連携している。

この時、C のクラウドは A と B のクラウドが持つエンティティを受け取っている。ユーザーは C に対して命令を出すことによって、A または B を経由してデバイスを操作することができる。

本論文では主にこの3つで起こる問題について取り上げるが、3つ以上での複数のエコシステム間でも同じ問題が発生する可能性はある。

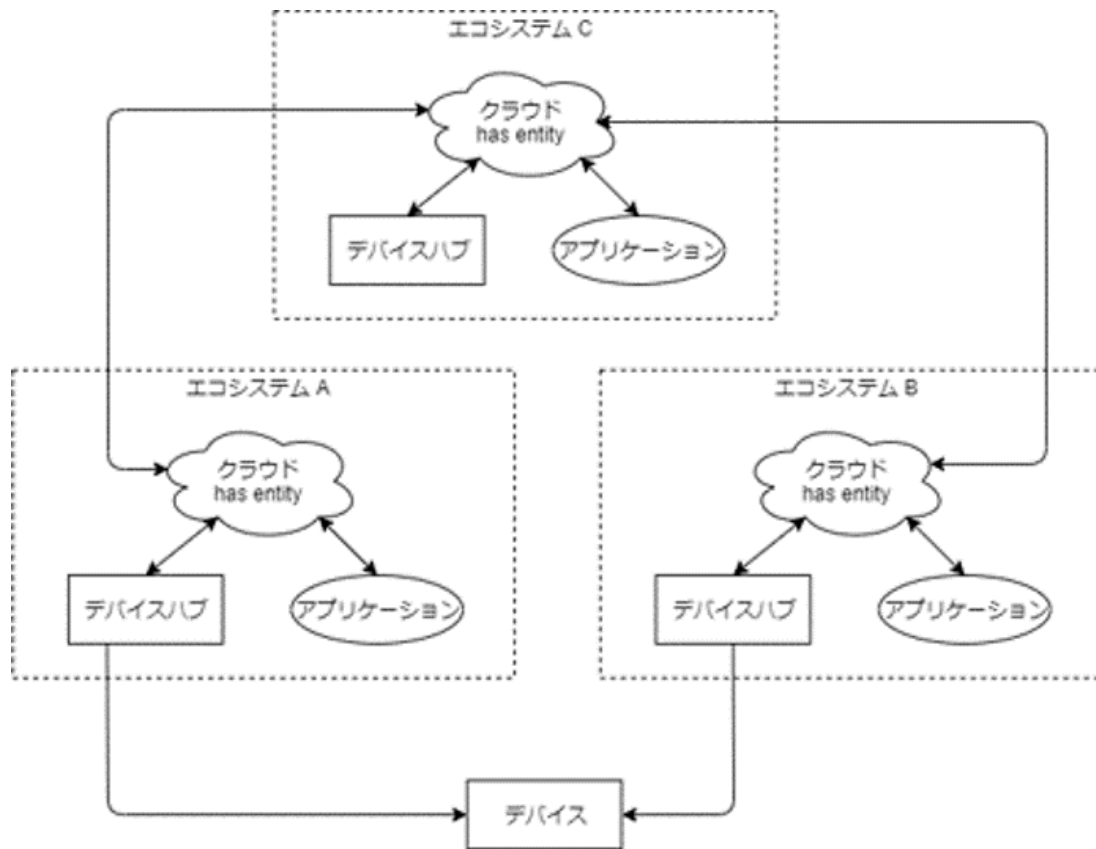


図 2.3 複数のエコシステムモデル

2.4 論理的全体モデル

図 2.4 は複数のデバイスが存在するスマートホーム全体を示しており、ユーザーがデバイスを操作する過程を含んでいる。

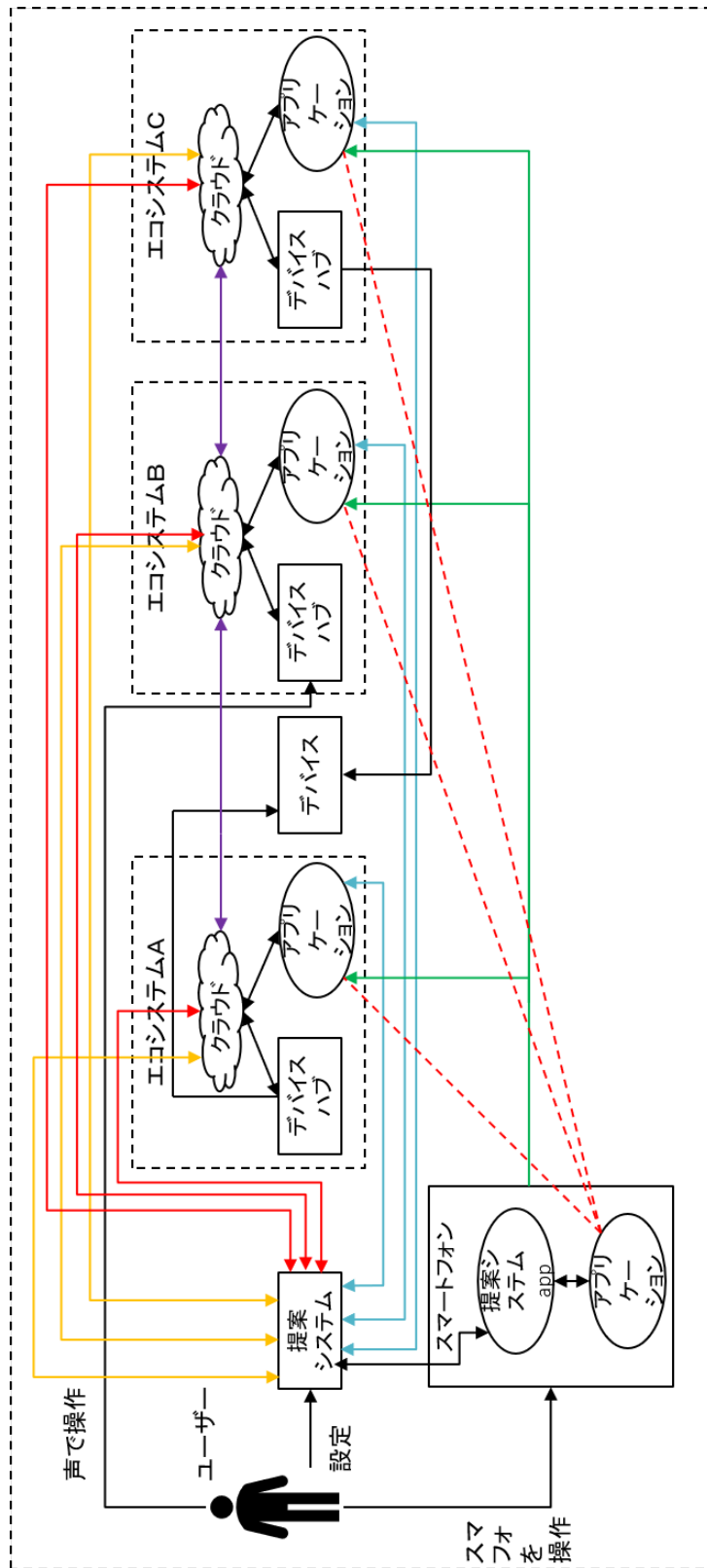


図 2.4 論理的全体モデル

2.4.1 モデル中のインタフェース

図中の各インタフェースについて、以下に説明する。

- インタフェース①：エコシステム間のエンティティ情報の受け渡しや命令
 - 図中の紫色の矢印線はエコシステム B がエコシステム A とエコシステム C からエンティティとそのプロパティ情報を受け取る、または命令を出すパスを示している。

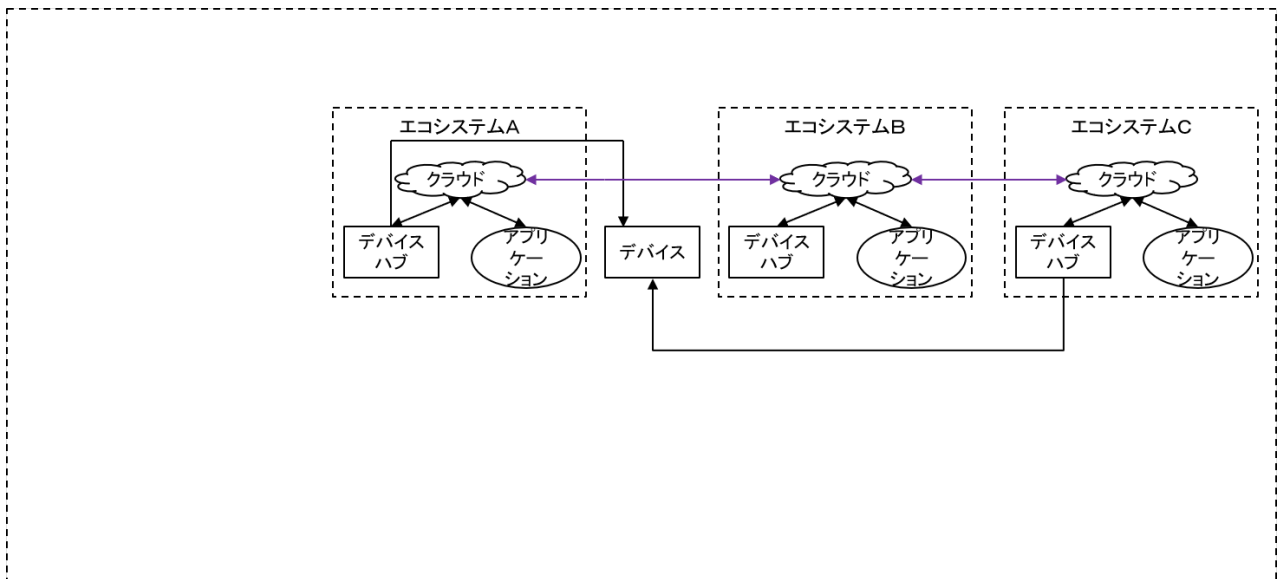


図 2.5 エコシステム間のエンティティ情報の受け渡しや命令

- インタフェース②：各エコシステムのクラウドから提案システムへ API の提供
 - クラウドに繋がっているアプリケーションが持つエンティティ情報だけでは、クラウドが持つエンティティと確実に対応しているかが不確かであるため、クラウドはエンティティとそのプロパティの情報を API として提供できる体制が必要である。図中の黄色の矢印線はその API を提供するパスを示している。

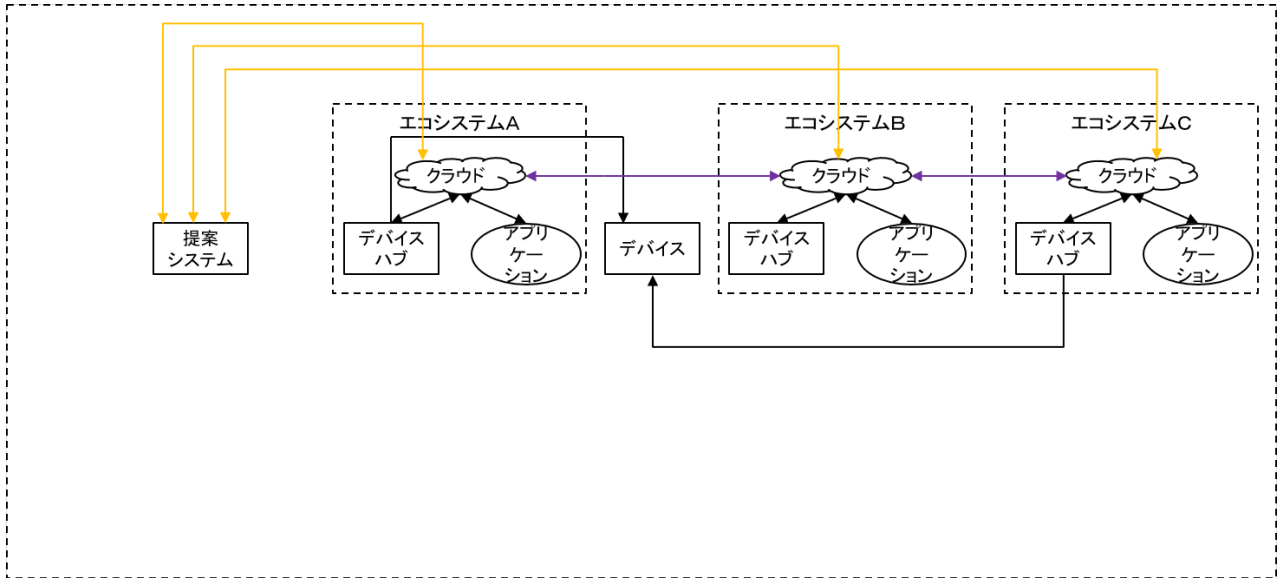


図 2.6 各エコシステムのクラウドから提案システムへ API の提供

インタフェース③：各エコシステムのクラウドから提案システムに問い合わせ

- コンシステンシを取るため、各エコシステムのクラウドから提案システムに対し問い合わせが来た時に、提案システムは保有している整合性が取れた設定情報を返す。図中の赤色の矢印線はそのパスを示している。

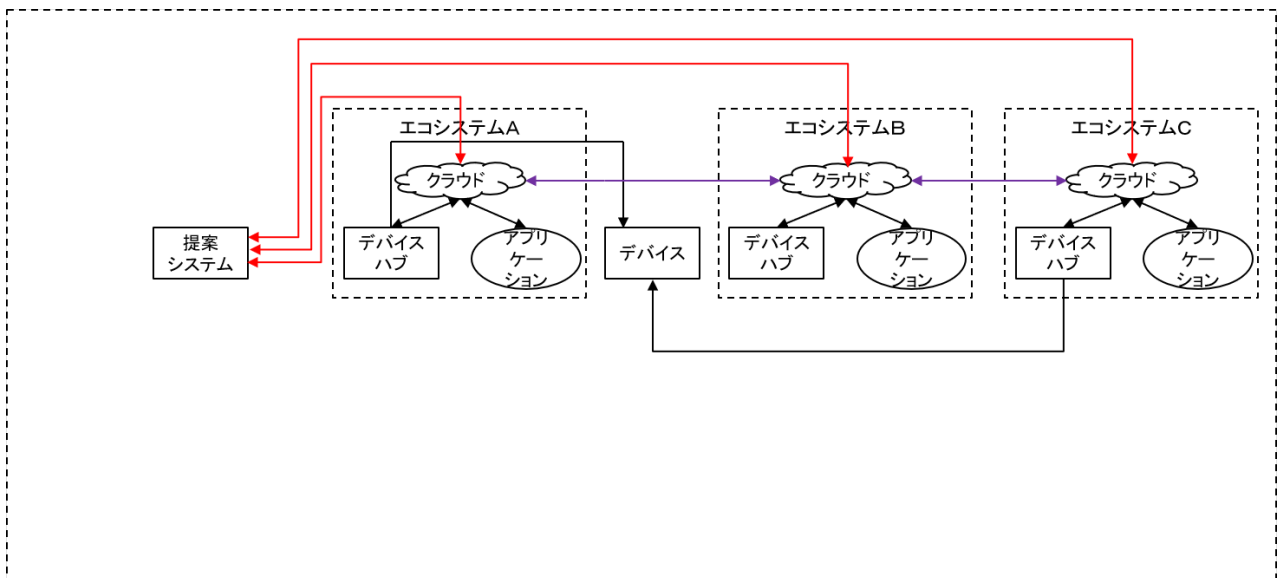


図 2.7 各エコシステムのクラウドから提案システムに問い合わせ

インタフェース④：提案システムから各エコシステムのアプリケーションの情報参照

- 図中の青色の矢印線は、提案システムがアプリケーションの情報を参照する、もしくは修正するパスを示している。

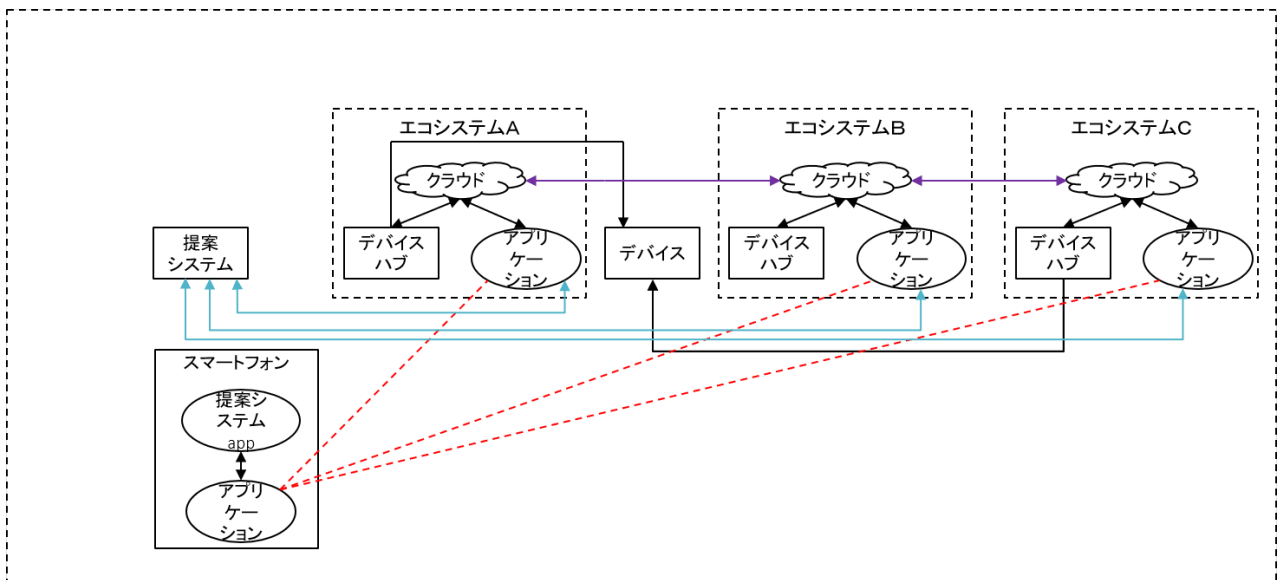


図 2.8 提案システムから各エコシステムのアプリケーションの情報参照

インタフェース⑤：スマートフォンから web アプリケーションへの接続

- 図中の緑色の矢印線は、スマートフォンが web アプリケーションに接続するパスを示している。

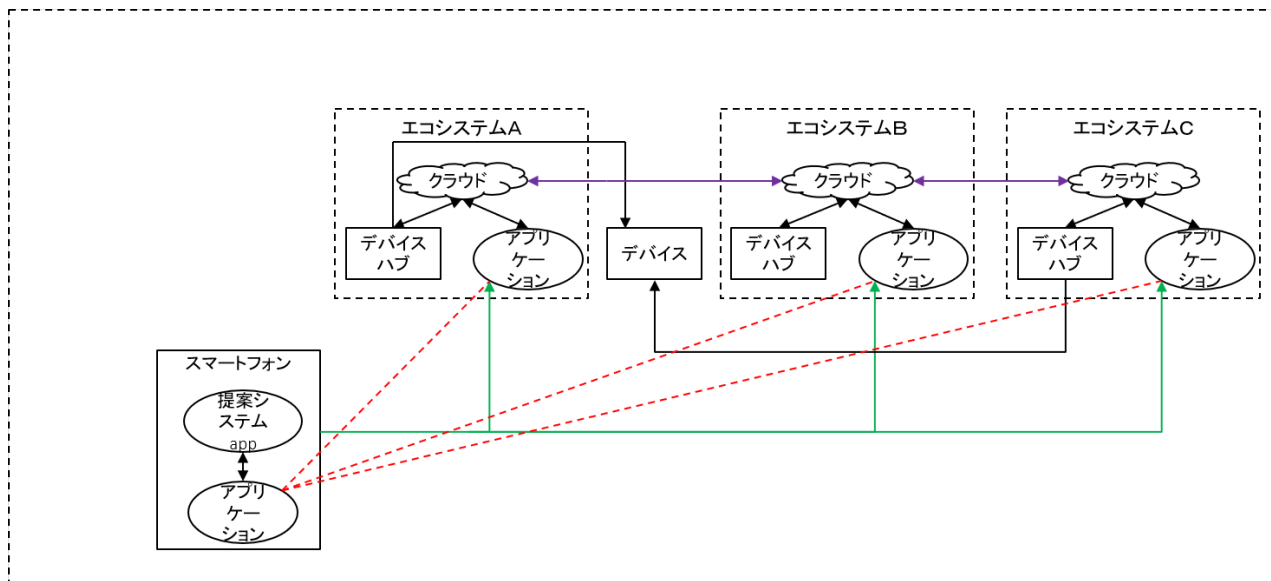


図 2.9 スマートフォンから web アプリケーションへの接続

図中の赤色の点線は、スマートフォンのとあるアプリケーション、またはとある web アプリケーションが同一のエコシステム内のものであることを示す。

2.4.2 ユーザーがデバイスを操作するまでの過程

ユーザーがデバイスを操作するパスは2通りあり、以下にその過程を示す。

- 声でデバイスを操作
 - ユーザーがデバイスハブであるスマートスピーカーに対して声で命令した後、インターフェース①を経由し、デバイスに命令を出す。
- スマートフォンからデバイスを操作
 - ユーザーがスマートフォンを使用し、インターフェース⑤からインターフェース①を経由し、デバイスに命令を出す。

命令が正しく対象デバイスに反映されるように、提案システムはインターフェース②、④を通して保有デバイスのコンシステンシが取れるように動作する。この時得たコンシステンシの情報を、各エコシステムのクラウドはインターフェース③を通り活用できる。

2.5 物理的全体関係モデルとエンティティ

図 2.10 はスマートホーム内に複数の物理デバイスがあり、それらの関係を示したものである。

デバイスハブ A はエコシステム A の一部であり、デバイスハブ B はエコシステム B の一部である。デバイスハブ C を含むエコシステム C はエコシステム A とエコシステム B のエンティティを受け取っている。

本論文ではこのモデルを元にして発生しうる問題を第 3 章で取り上げる。

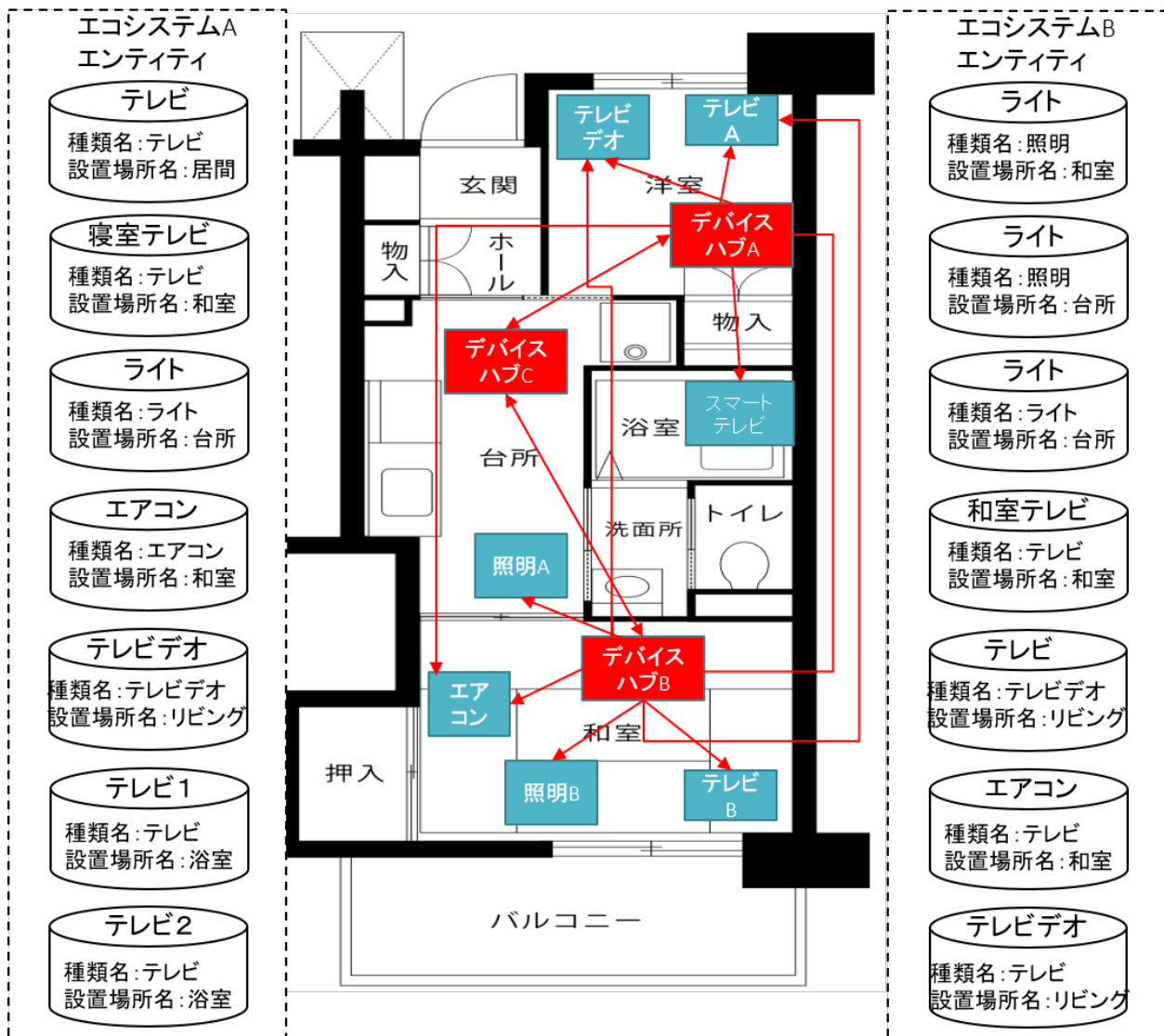


図 2.10 物理デバイスの相関とエンティティ

- 図 5 のデバイス一覧と対応エンティティ
 - － テレビ A
 - * エコシステム A : テレビ
 - * エコシステム B : テレビ
 - － テレビ B
 - * エコシステム A : 寝室テレビ
 - * エコシステム B : 和室テレビ
 - － エアコン

- * エコシステム A : エアコン
- * エコシステム B : エアコン
- 照明 A
 - * エコシステム A : ライト
- 照明 B
 - * エコシステム B : ライト
- スマートテレビ
 - * エコシステム A : テレビ 1
 - * エコシステム A : テレビ 2
- テレビデオ
 - * エコシステム A : テレビデオ
 - * エコシステム B : テレビデオ

第3章

エコシステム間コンシステンシとその問題

3.1 コンシステンシの定義

本論文において、複数のエコシステム間の登録デバイス名とそのプロパティの整合性をコンシステンシと定義する。登録デバイス名と、それが持っているプロパティが同一であることが最もコンシステンシが取れている状態である。

3.2 コンシステンシが取れない状態

エコシステムによってエンティティやそのプロパティに揺らぎがある時、複数のエコシステム間で連携を取る際に、それらの情報齟齬によってコンシステンシが取れない状態が起きる可能性がある。

3.3 複数のエコシステム間で発生しうる状態

コンシステンシが取れない状態は複数のエコシステム間において発生する。以下にそれを定式化したものを示す。

1-1. あるエコシステムと別のエコシステムで同じデバイスを異なる登録デバイス名で設定している。

1-2. あるエコシステムと別のエコシステムで別々のデバイスを同じ登録デバイス名で設定している。

- 1-3. あるエコシステムと別のエコシステムで同じデバイスを異なる場所名で設定している。
- 1-4. あるエコシステムと別のエコシステムで同じデバイスの登録種類名が異なっている。
- 1-5. あるエコシステムでは設定可能なプロパティ情報に対して、別のエコシステムでは揺らぎがある設定が可能になっている。

3.3.1 問題 1-1 例

複数のエコシステム間において、同じ物理空間の同じ物理デバイスに対して、登録デバイス名が異なっている時、スマートスピーカーのような1つのインターフェースから物理デバイスを呼び出す際に、複数の名前が混在している状況になっているため、その時の状況に合わせた正しいエコシステムのデバイスハブを動作させることが困難になりかねる。以下に具体例を示す。

1つのテレビに対して、エコシステム A では「寝室テレビ」エコシステム B では「和室テレビ」とユーザーが設定している例 (図 3.1)。

Bの方がより細かく操作できる状況の場合に、誤って A の登録デバイス名で呼んでしまう可能性がある。

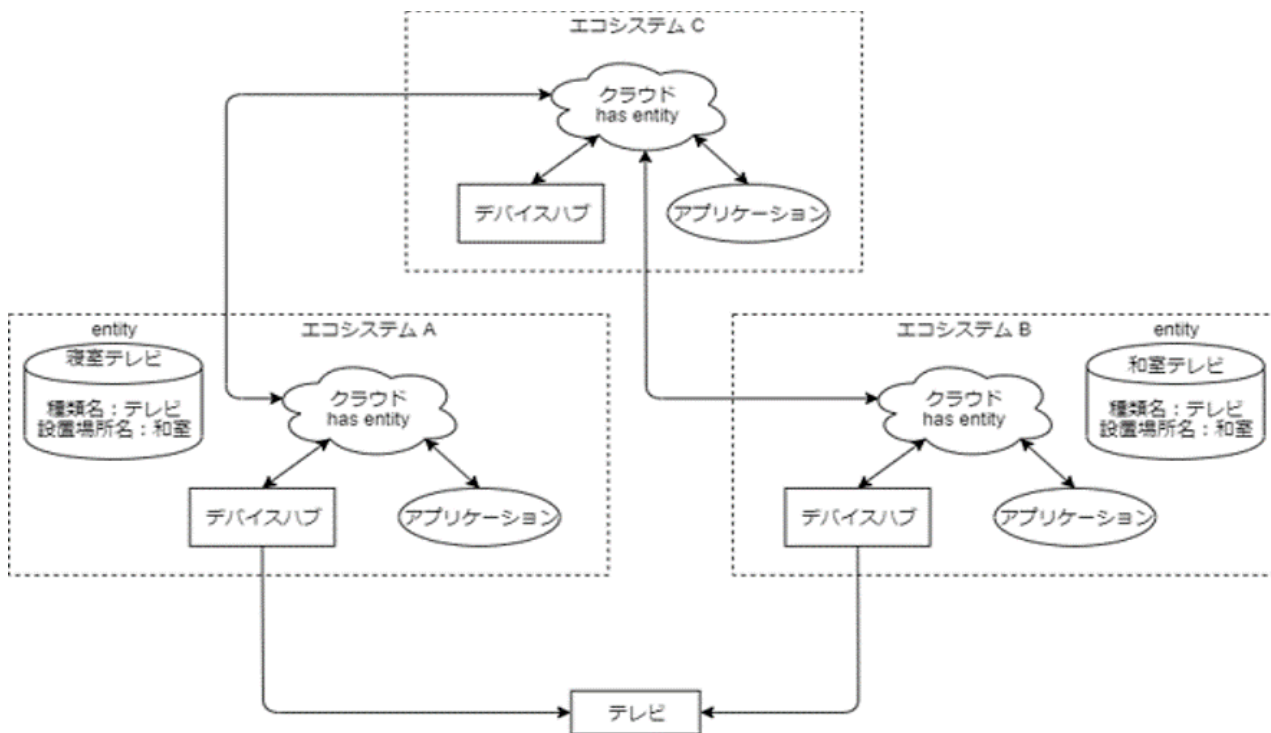


図 3.1 登録デバイス名の相違

3.3.2 問題 1-2 例

複数のエコシステム間において、別々の物理空間の物理デバイスに対して、同一の登録デバイス名が設定されている時、スマートスピーカーのような1つのインターフェースからデバイス呼び出す際に、同一の登録デバイス名が設定されているために、ユーザーが想定していたデバイスが動作しない場合がある。以下に具体例を示す。

照明 A に対し、エコシステム A では「ライト」、照明 B に対し、エコシステム B では「ライト」と別々のデバイスに対し同一の名前をユーザーが設定している例（図 3.2）。設置場所名は不一致である。

ユーザーにとって動作してほしい方のライトが動作しない可能性がある。

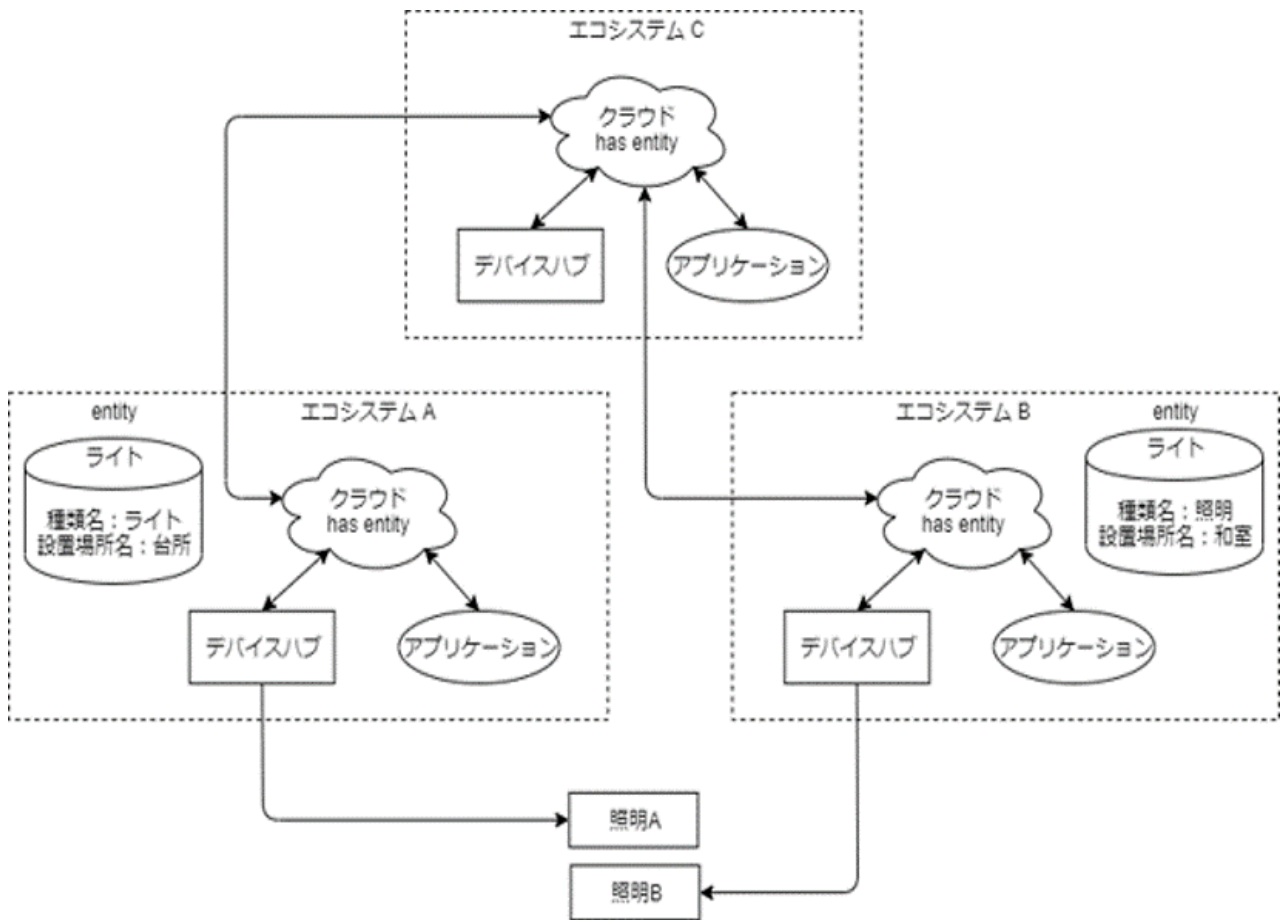


図 3.2 別々のデバイスに対して登録デバイス名が同一

3.3.3 問題 1-3 例

複数のエコシステム間において、同じ物理空間で同じ物理デバイスに対して、登録デバイス名は同一であるが、設置場所名が異なっている場合、スマートスピーカーのような1つのインターフェースから、デバイスを設置場所名で呼び出す際に、呼び出したエコシステムより別のエコシステムのほうがより良い動作ができる場合が起こる。また、それらの設置場所名を持つデバイスが複数ある場合に、ユーザーが想定していない動作を招く恐れがある。以下に具体例を示す。

1つのテレビに対し、エコシステム A では「居間」エコシステム B では「リビング」と設置場所名を設定している例 (図 3.3)。

設置場所名で呼び出す際、A より B のほうが細かい設定ができる状況の時に誤って A の設置場所名で呼んでしまう可能性がある。また、「居間」で設置場所名が設定されてい

るデバイスが複数、「リビング」で設置場所名が設定されているデバイスが複数ある場合に、居間のデバイスをつけるように命令を出す場合と、リビングのデバイスをつけるように命令を出す場合でそれぞれ異なるデバイスが点灯する場合がある。

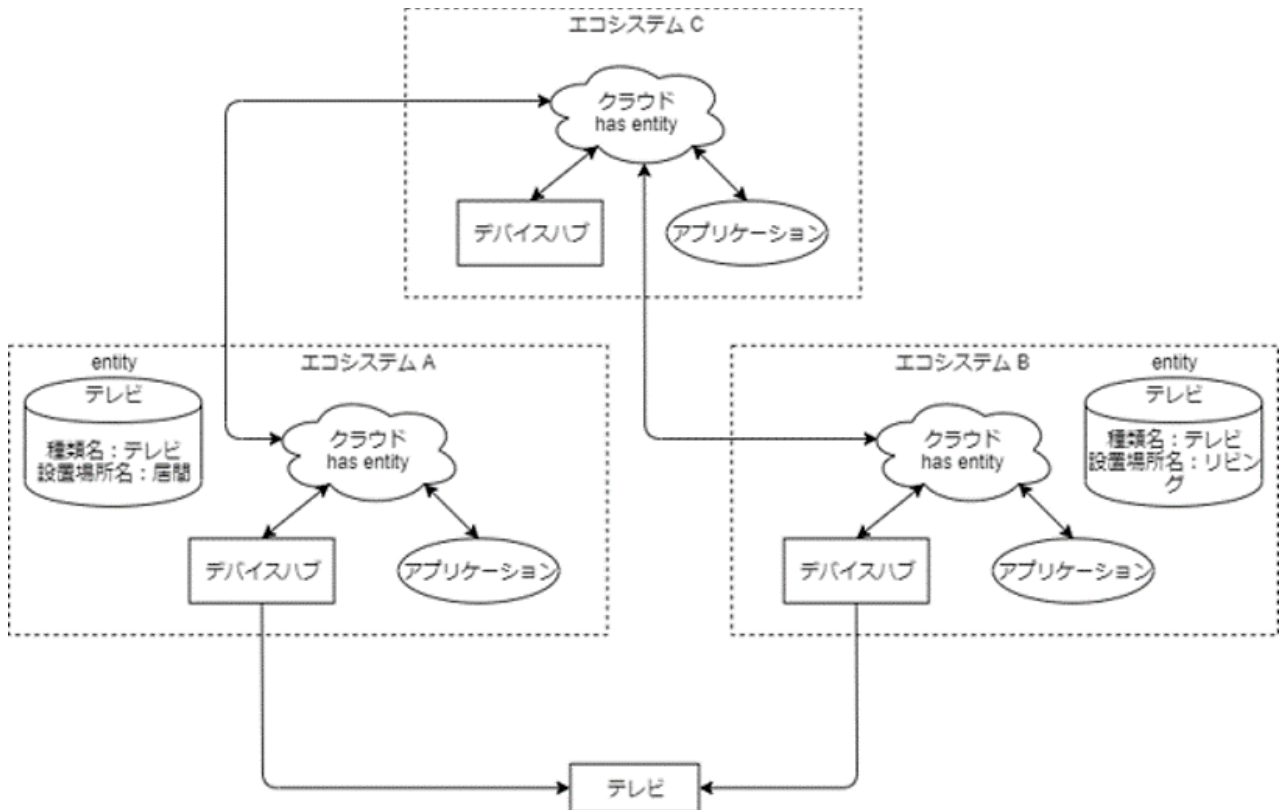


図 3.3 設置場所名の相違

3.3.4 問題 1-4 例

複数のエコシステム間において、同じ物理空間で同じ物理デバイスに対して、登録デバイス名は同一であるが、種類名が異なっている場合、呼び出したエコシステムより別のエコシステムのほうがより良い動作ができる場合が起こる。また、それらの種類名を持つデバイスが複数ある場合に、ユーザーが想定していない動作を招く恐れがある。

エアコンに対し、エコシステム A では「エアコン」と種類名を設定してあり、エコシステム B では「テレビ」とユーザーが誤って設定してしまっている例 (図 3.4)。

種類名で呼び出す際にユーザーが想定していない動作を招く恐れがある。

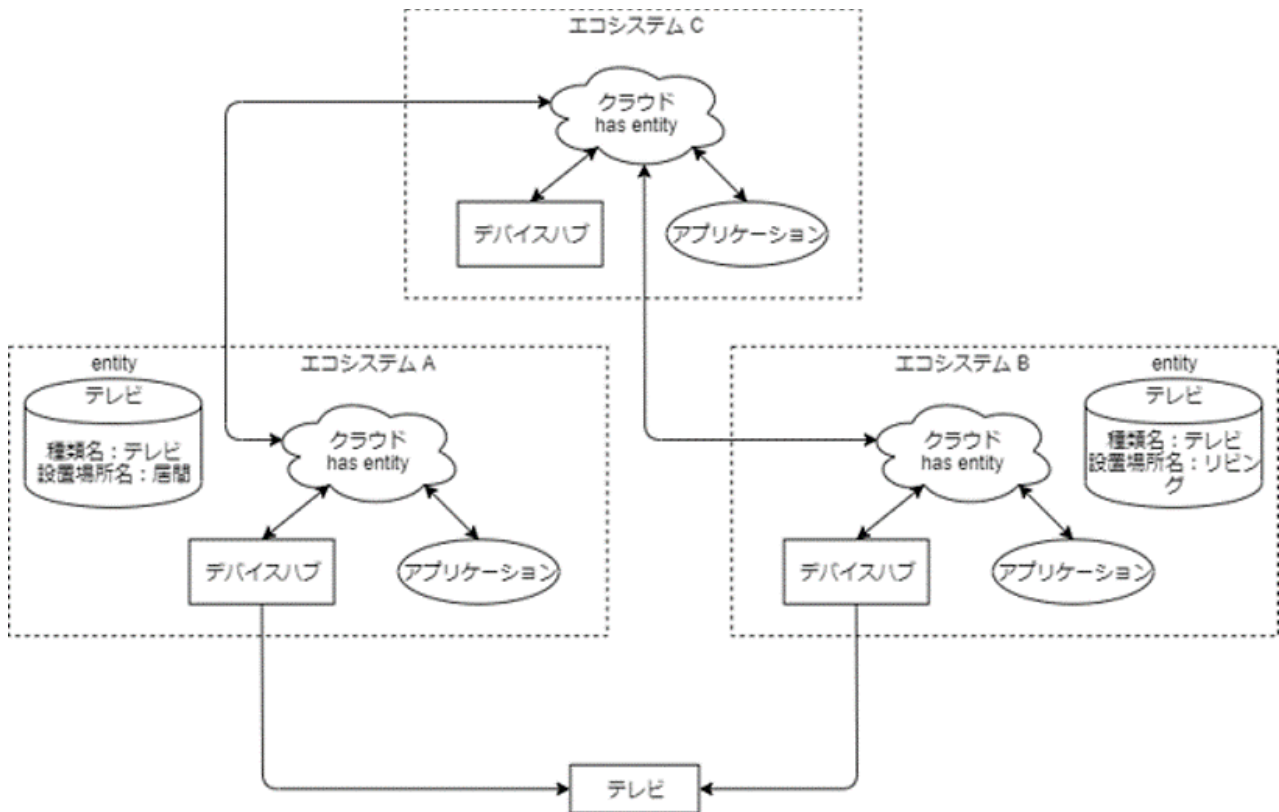


図 3.4 種類名の相違

3.3.5 問題 1-5 例

複数のエコシステム間において、同じ物理空間で同じ物理デバイスに対して、登録デバイス名は同一であるが、エコシステムによって種類名や設置場所名に用意されている項目が異なる事によって種類名や設置場所名での呼び出しが正しく行えない場合がある。以下に種類名における具体例を示す。

エコシステム A では種類名の設定に「テレビデオ」が用意されているが、エコシステム B ではその設定項目が無く、仕方なく「テレビ」とユーザーが設定している例 (図 3.5)。

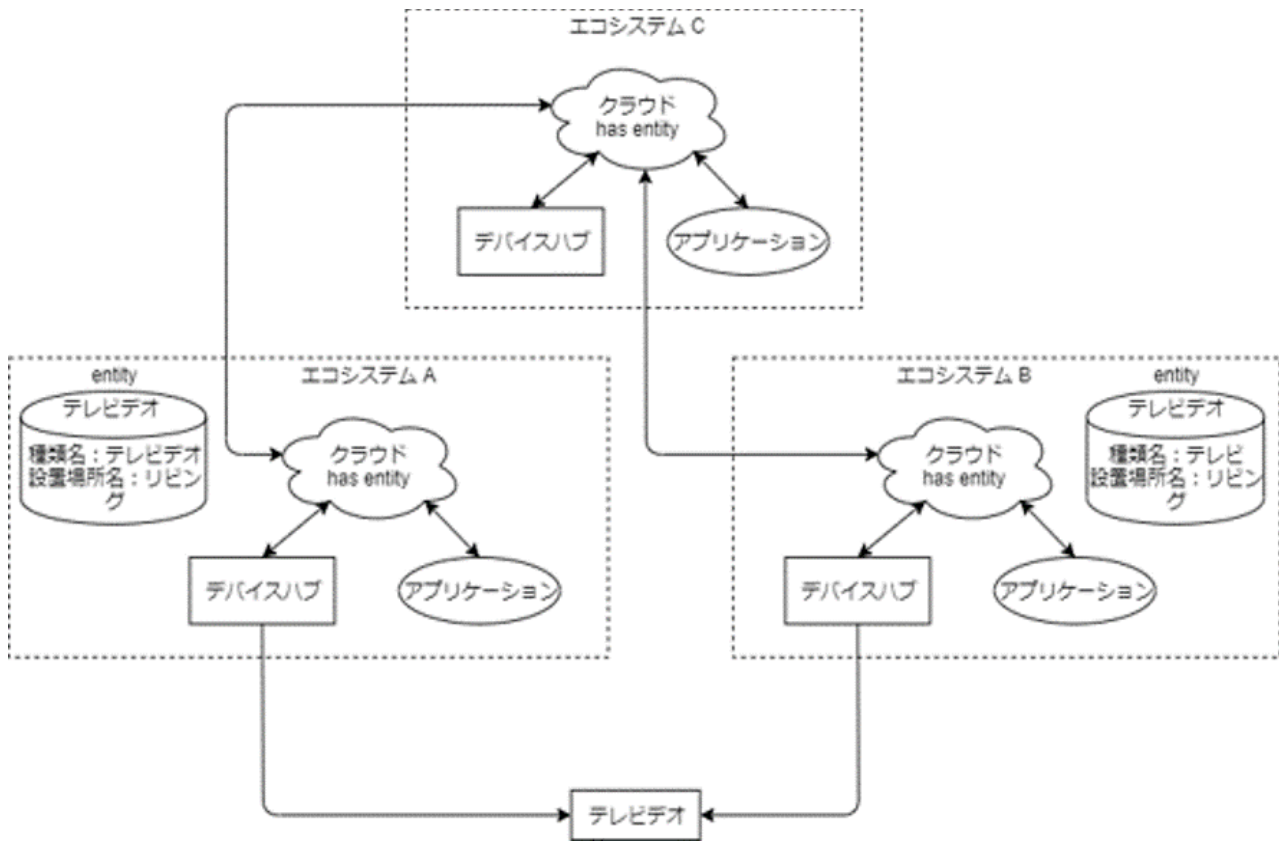


図 3.5 種類名の相違（項目が用意されていないパターン）

3.4 1つのエコシステム内で発生しうる問題

以下に1つのエコシステム内において、スマートホーム内物理デバイスに紐づいているエンティティに関して発生しうる問題を定式化したものを示す。

- 2-1. 複数のデバイスに対して同じ登録デバイス名を設定している。
- 2-2. 同じデバイスに異なる登録デバイス名を複数設定している。

3.4.1 問題 2-1 例

1つのエコシステム内において、別々の物理デバイスに対して、登録デバイス名を同一にしている場合、ユーザーにとって動作してほしい方のデバイスが動作しない場合がある。以下に具体例を示す。

2つのライトに対して同じ登録デバイス名の「ライト」を設定している例 (図 3.6)。

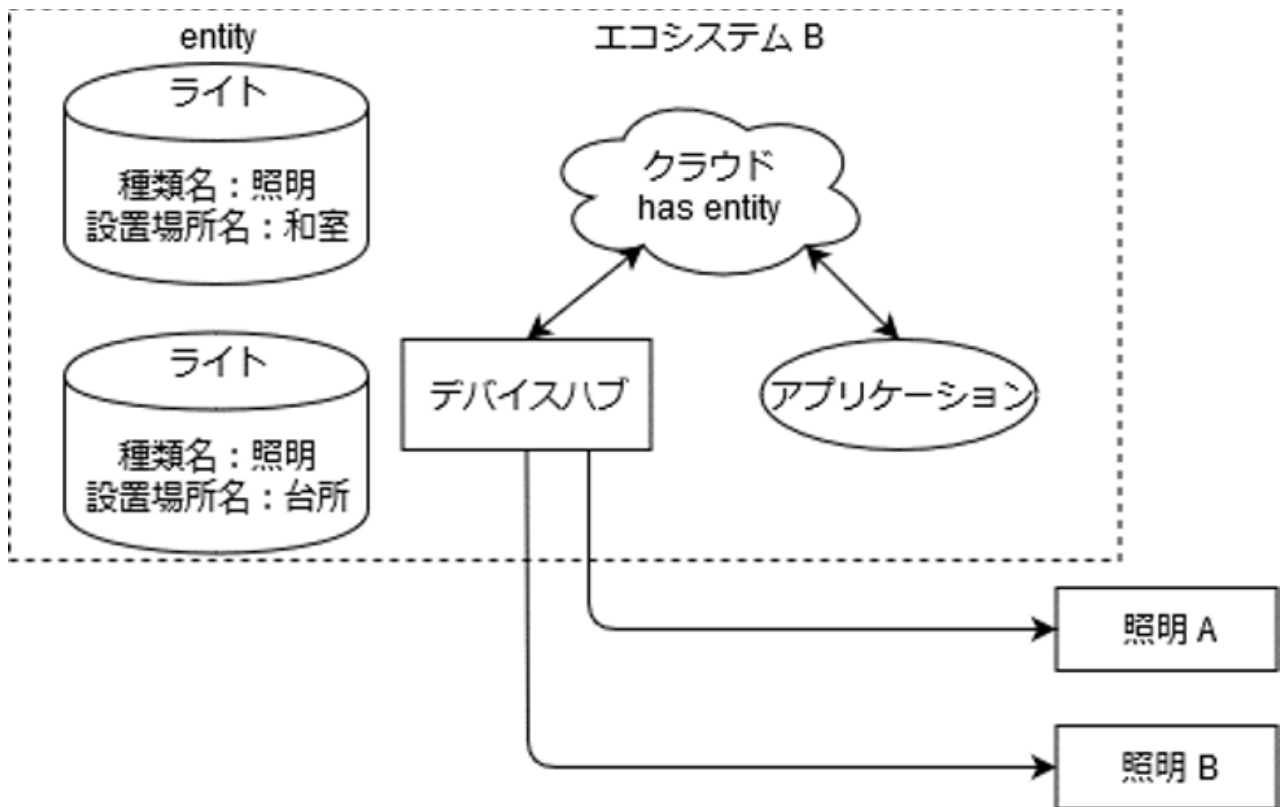


図 3.6 同一の登録デバイス名を 1 つのエコシステムで設定

3.4.2 問題 2-2 例

1 つのエコシステム内において、同じ物理空間で同じ物理デバイスに対して、複数のエンティティを設定している時、エンティティの紐づきが強い場合に、1 つのエンティティのみしか動作しない可能性がある。以下に具体例を示す。

スマートテレビに対して、エコシステム A では「テレビ 1」「テレビ 2」と設定されている例 (図 3.7)。

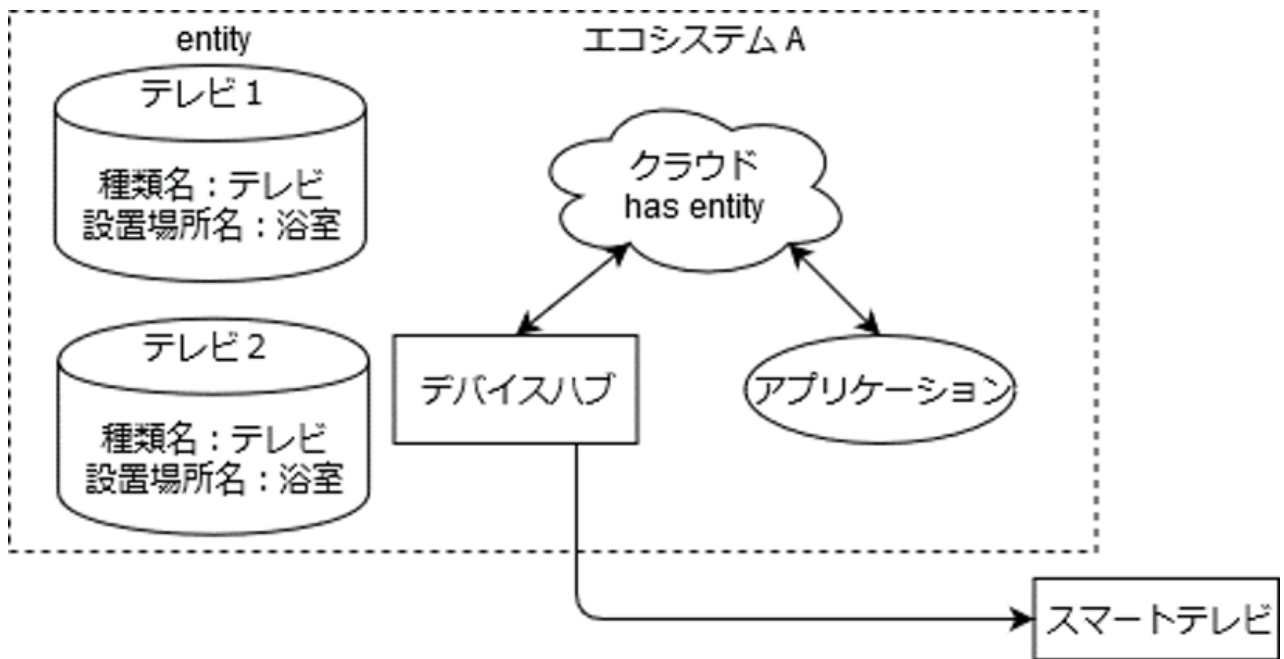


図 3.7 同一の対象に複数のエンティティ

第 4 章

問題の解決手法案

4.1 問題の整理

問題 1-1 から 1-5、2-1 と 2-2 それぞれの具体例について、何が問題でどう解決すべきなのかを以下に示す。

- 問題 1-1
 - － 同じ物理空間で同じ物理デバイスに対してエコシステム A と B の登録デバイス名の不一致が起因しているため、エコシステム A と B の登録デバイス名が不一致のエンティティを検出し修正する。また、この例では和室と寝室が同等に扱われていることを留意しなければならない。
- 問題 1-2
 - － 別々の物理空間に存在する別々のデバイスであるのにも関わらず、エコシステム A と B で同一の登録デバイス名が設定されているのが問題であるため、場所に相違がありながら登録デバイス名が一致していることを検出して修正する。
- 問題 1-3
 - － 同じ物理空間で同じ物理デバイスかつ登録デバイス名が同じであるのにも関わらず、エコシステム A とエコシステム B で設置場所名が異なっていることが問題の起因となっているため、場所に相違がないうえで登録デバイス名が一致していることを検出して修正する。
- 問題 1-4
 - － 同じ物理空間で同じ物理デバイスかつ登録デバイス名が同じであるのにも関わ

らず、エコシステム A とエコシステム B で種類名が異なっていることが問題の起因となっているため、設置場所名と登録デバイス名が同じで種類名が異なっていることを検出して修正する。

- 問題 1-5

- 検出・修正の必要がある箇所は問題 1-4 に加え設置場所名が異なっていることである。あるエコシステムでは用意されているエンティティプロパティの設定項目が別のエコシステムで用意されていないパターンもしくは「居間」と「リビング」など表現の揺らぎがある設定が可能になっているパターンがあり、留意しなければならない。

- 問題 2-1

- 別々の物理デバイスに対して 1 つのエコシステム内で同一の登録デバイス名を複数設定していることが起因のため、それを検出して別の登録デバイス名を設定する。

- 問題 2-2

- 同じ物理デバイスに対して 1 つのエコシステム内で複数のエンティティを生成していることが起因のため、それを検出して紐づきが強いほうのエンティティを削除もしくはユーザーに通知する。

4.2 コンシステンシを取るうえでの問題

コンシステンシを取るための大きな問題として、各エコシステムのエンティティが同一のデバイスを指しているのか、別々のデバイスを指しているのかをエコシステムの外にある提案システムから見て判断することが困難なことである。企業のエコシステムの内側にあるクラウドは OAuth や OIDC によって制御されており、エコシステム外の一般ユーザーがアクセスすることは不可能であるため、エンティティの紐づき対象を識別するための手段が必要である。

ユーザーの環境によっては和室と寝室が同じ場所として扱われている場合もあり、ただの設置場所名の相違による修正により和室に統一してしまった時、和室が複数ある場合だとユーザーに不便をもたらすことや、デバイスの誤作動に繋がってしまう可能性がある。逆に、和室が複数ある場合から寝室に統一されてしまった場合も同じ状況になりえるため、これを避けるために提案システムは間取りのデータを保有し部屋を区別できるようにする必要がある。

4.3 識別子の利用

識別子を利用して物理空間のデバイスを特定する。本論文における物理デバイス識別子とは

- MAC アドレス
- UUID

を指す。アナログテレビ等は持たないが、近年登場しているスマート家電は保有している可能性がある。

提案システムは各エコシステムへ問い合わせるこれらの情報を受け取り、各エコシステムのエンティティと物理デバイスの紐づきを調べる。

4.4 電力センサーの利用

デバイスの電力消費パターンを記録したリストを作成し、スマートホームのブレーカーに電力センサーを取り付ける。提案システムは記録した電力消費パターンを元に電力センサーの波形を調べ、エコシステムへの命令通りに対象が動作しているかを確認し、エンティティと物理デバイスの紐づきを調べる。

4.5 ユーザーアクティビティの利用

本論文におけるユーザーアクティビティとは、ユーザーがデバイスを使用した時間帯、使用した方法を指す。これらを自動的に取得するために

- カメラ
- 人感センサー
- 照度センサー
- 風量/風速センサー
- 温度センサー

を使用する。

- カメラ
 - － ユーザーの動き、動いている時間帯を記録するために使用する。記録された画像データは画像認識を使用して解析し、提案システムは解析されたデータを元に、いつの時間帯にユーザーがデバイスを使用したのか、どのような方法で利用したのかを把握し、各エコシステムの動作対象とユーザーの動作対象が一致しているのかを確認後、エンティティの整合性を確かめる。
- 人感センサー
 - － どの部屋にユーザーが入っているのか、いつの時間帯にどの部屋にいたことが多いのかを記録するために使用する。提案システムは記録されたデータを元に、各エコシステムの動作対象デバイス、例えばテレビがユーザーのいる部屋で点灯したかなどを確認し、整合性を確かめる。
- 照度センサー
 - － 部屋の中の明るさを判定することにより、照明がいつ点灯したのかどうかを記録するために使用する。提案システムは記録されたデータを元に、いつの時間帯にユーザーによって照明が点けられたかを把握し、各エコシステムのエンティティの紐づきを調べる。
- 風量/風速センサー
 - － 部屋の中の風の流れを判定することによって、いつエアコンや扇風機が点灯したのかを記録するために使用する。提案システムは記録されたデータを元にいつの時間帯にユーザーによってそれら家電がつけられたかを把握し、各エコシステムのエンティティの紐づきを調べる。
- 温度センサー
 - － 部屋の中の温度を判定することによって、いつエアコンやストーブがつけられたかを記録するために使用する。提案システムは記録されたデータを元にいつの時間帯にユーザーによってそれら家電がつけられたかを把握し、各エコシステムのエンティティの紐づきを調べる。

4.6 アプリケーション GUI 情報の利用

エコシステムのエンティティはクラウドが保有しており、エンティティ情報はアプリケーションとデバイスハブで共有されている。ユーザーが直接エンティティを設定するのは一般的にアプリケーションであるため、このアプリケーションの GUI 情報を提案システムが取得することによってエンティティ情報を得ることができる。

提案システムは得たエンティティ情報を元に、各エコシステム間においてエンティティとそのプロパティの整合性が取れているかを確認する。

4.7 類義語辞書の利用

エコシステムによっては用意されているエンティティのプロパティ設定の表現に揺らぎがある場合がある。例えば、「居間」と「リビング」などは一般的に同じ場所を指す言葉であるが、エコシステム A では居間、エコシステム B ではリビングの時、それらエコシステムと連携しているエコシステム C がエンティティのプロパティを受け取った時、居間とリビングが混在することになる。この問題に対応するために提案システムは類義語辞書に合わせてエンティティの整合性を確認する。以下にスマートホーム内における、間取りやデバイスに関する具体的な類義語を示す。

居間	リビング	リビング ルーム			
キッチン	台所	厨房	調理場		
バルコニー	ベランダ				
トイレ	便所	化粧室	お手洗い	手洗い	
テレビ	TV	テレビジョン			
スイッチ	電源	電源スイッチ			
照明	ライト				
車庫	ガレージ				
天井ライト	シーリング ライト				
クローゼット	押し入れ	押入	収納		
風呂場	風呂	浴室	バスルーム	バス	ユニット バス
廊下	通路				

表 4.1 スマートホーム内における間取りやデバイスに関する類義語

第 5 章

システム試作

5.1 提案システム構成

提案システムの構成を 5.1 に示す。セマンティック web アプリケーションは Apache Jena を使用し、これは Java 用のオープンソースセマンティック Web フレームワークである。また RDF DB は Apache Jena に付属する TDB (トリプルデータベース) である。UI テストツールは NetEase 社が提供する Airtest を使用する。

図 5.2 のホームオントロジーを TDB に保存する。センサー群が得たユーザーアクティビティデータと UI テストツールが得たアプリケーション GUI 情報を解析システムは受け取る。それらデータは TDB のホームオントロジーと照らし合わせ解析し、適用するデータを UI テストツールを通してアプリケーションに反映する。

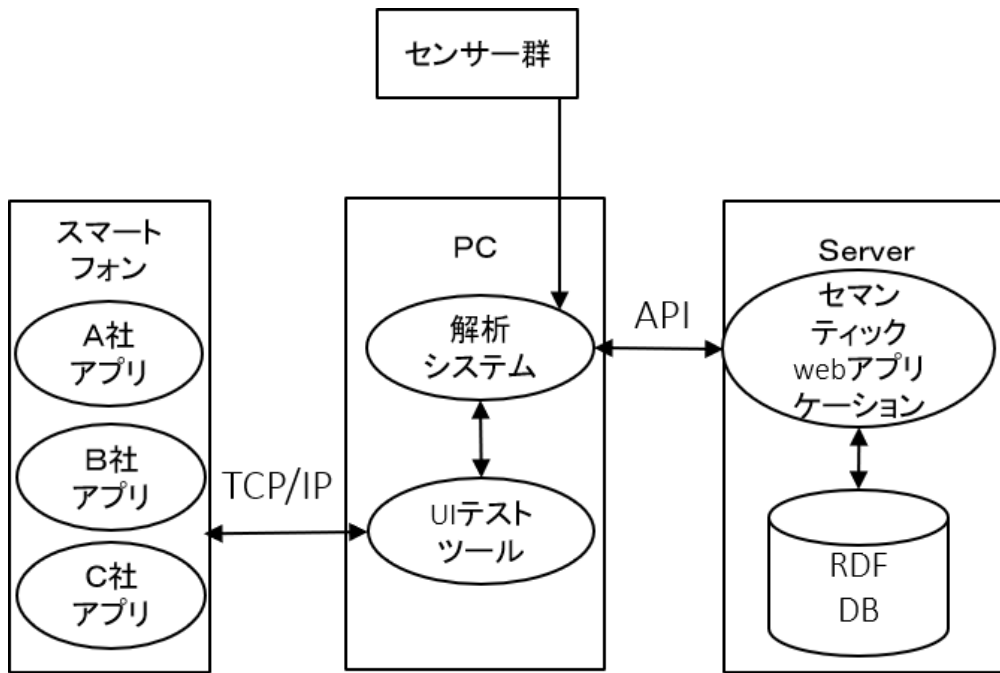


図 5.1 提案システム構成モデル

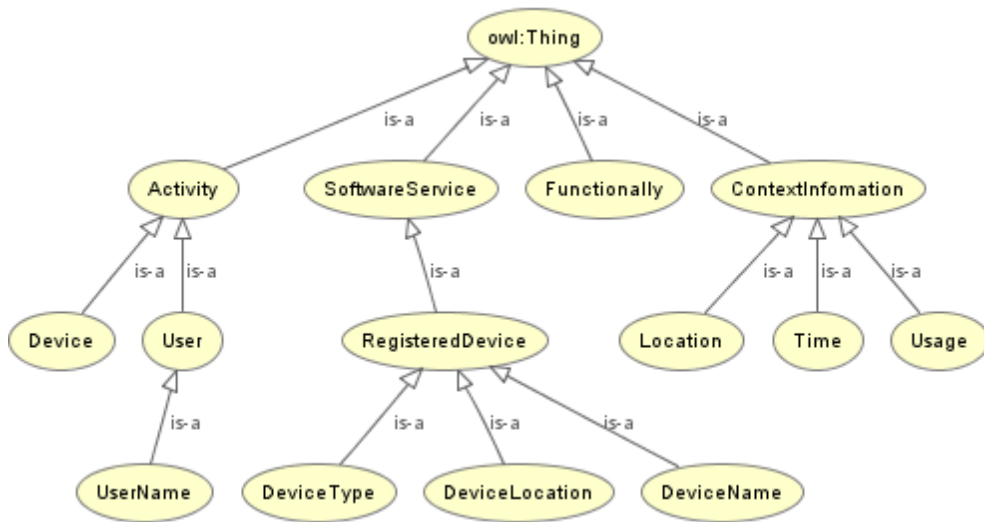


図 5.2 提案オントロジーモデル

5.2 アプリケーション GUI 情報取得機構の試作

スマートフォンの OS が Android である環境においては、GUI 情報を取得するために Android Debug Bridge(adb) を使用することができる。adb はスマートフォンと通信するための多用途コマンドラインツールである。また、adb を利用した UI テストツールを使用すると GUI 情報をより効率良く取得可能である。

Listing 5.1 Airtest で Alexa の GUI 情報を取り出すソースコードの一部

```
1 tmp_size = 0
2 cnt = 0
3 checked = 1
4 checked_list = []
5 save = 0
6 while checked != obj_amount:
7     save += 1
8     if save == 50:
9         print("error")
10        break
11    if obj[cnt].offspring("android.widget.TextView").attr('text') not
        in checked_list:
12        checked += 1
13        print(obj[cnt].offspring("android.widget.TextView").attr('text
        '))
14        checked_list.append(obj[cnt].offspring("android.widget.TextView
        ").attr('text'))
15        cnt += 1
16        tmp_size += obj_size_y
17        if tmp_size >= scrollview_size_y - obj_size_y:
18            obj[0].swipe([0,-obj_size_y*cnt])
19            cnt = 0
20            tmp_size = 0
21    else:
22        cnt += 1
23 print(checked_list)
```

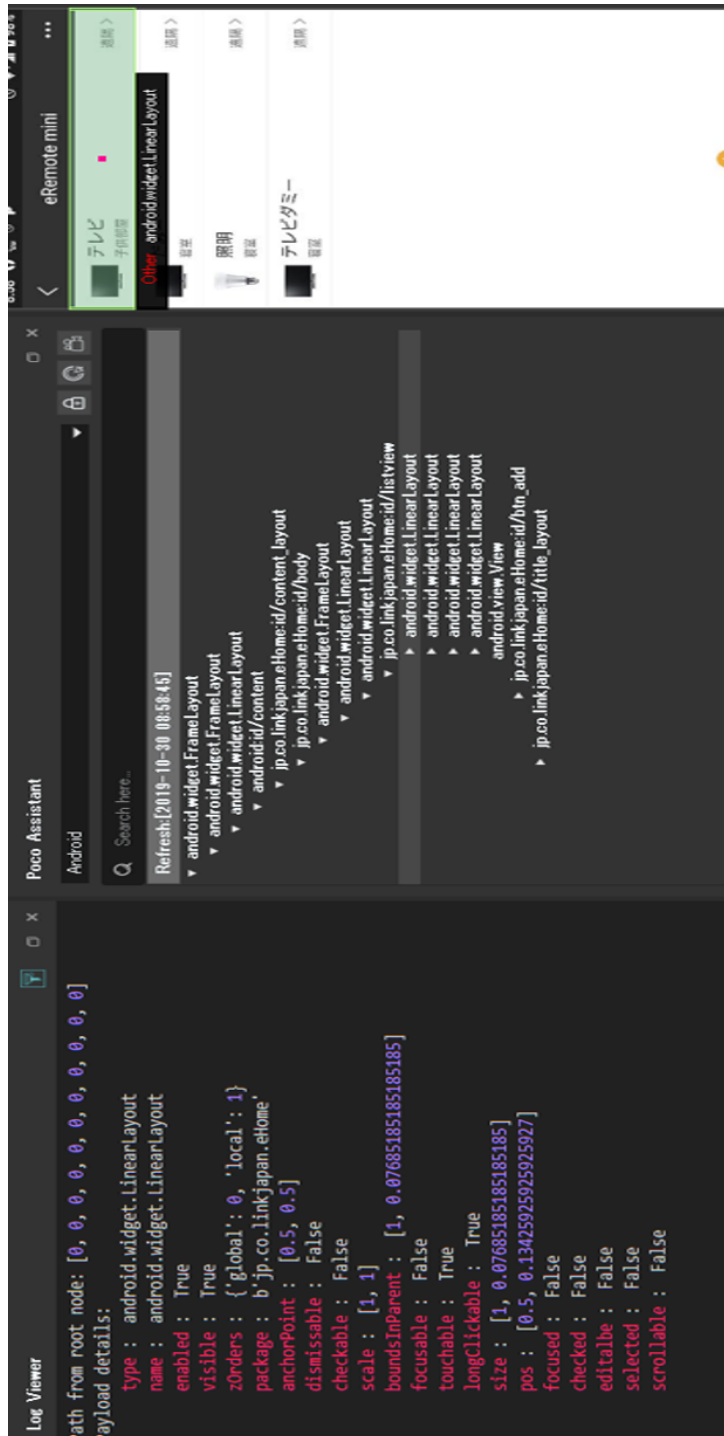


図 5.3 Airtest を使用した GUI 情報の取り出し

第 6 章

考察・評価

6.1 考察

コンシステンシが崩れる問題は、ある企業のエコシステムのクラウドが保有しているエンティティ情報を、他企業と共有する時に発生しているが、各企業のエコシステム内のクラウドが保有しているエンティティ情報は一般に直接取得できるものではなく、外部からコンシステンシが取れるように修正をかけるという事は非常に手間とコストがかかる。本論文ではコンシステンシを取るための手法を提案しているが、将来的には各企業エコシステム間でエンティティ情報のコンシステンシを保ったままやり取りするためのプロトコルの標準化が必要であると考ええる。

6.2 評価

本論文で定義したエンティティモデルが実際にスマートホームに導入されているエコシステムのエンティティと概念の相違がないかを評価する。また、アプリケーションのエンティティプロパティの設定項目に類義語辞書の適用ができるかを評価する。

エンティティの確認はクラウドと繋がっているアプリケーションの GUI 情報を利用する。

6.3 各アプリケーションのエンティティとそのプロパティの確認

- Alexa アプリ [5]

Alexa は Amazon 社が提供するアプリケーションである。図 6.1 では、登録デバイス名が「ライト」、種類名が「タイプ」にあたる。設置場所名については別途の画面図 6.2 に用意されている。



図 6.1 Alexa のエンティティとそのプロパティの情報画面



図 6.2 Alexa の設置場所名画面

Alexa に用意されている設置場所名は

- 一階
- 二階
- 三階

- ガレージ
- キッチン
- 玄関
- 子供部屋
- 仕事場
- 寝室
- 洗面所
- ダイニング
- 納戸
- ファミリースペース
- リビング
- 廊下
- 和室

がある。また、自分で自由に設置場所名を決めて設定することもできる。(カスタム名)

Alexa に用意されている種類名は

- Amazon Echo
- 照明
- プラグ
- スイッチ
- カメラ
- ロック
- ハブ
- 掃除機
- テレビ
- スピーカー
- ヘッドホン
- その他

がある。

- 家電リモコン [6]

家電リモコンは Ratoc 社が提供するアプリケーションである。図 6.3 では、登録

デバイス名が「照明 (2)」、種類名がアイコンで表示され、「照明」である。設置場所名は設定できない。



図 6.3 家電リモコンのエンティティとそのプロパティの情報画面

家電リモコンに用意されている種類名は

- テレビ

- レコーダー
- エアコン
- 照明
- ホームシアター
- 扇風機
- 掃除機
- 電源スイッチ
- 電動カーテン
- 加湿器
- その他の機器
がある。

- eHome[7]

eHome は LinkJapan 社が提供するアプリケーションである。図 6.4 では、登録デバイス名が「テレビ」「だみー」などにあたり、種類名はアイコンで表示されているが、ユーザーは自由にこれを設定できる。設置場所名は「子供部屋」「寝室」などにあたる。



図 6.4 eHome のエンティティとそのプロパティの情報画面

eHome に用意されている設置場所名は

- 寝室
- 子供部屋
- 書斎
- 廊下

- キッチン
- ゲストルーム
- リビング
- ダイニング
- 洗面所
- オフィス
- 車庫
- 倉庫
- ベランダ
- ペットルーム
- 駐車場
- 浴室
- 玄関
- 一階
- 二階
- 三階
- 地下

がある。また、ユーザーが自由に設置場所名を決めて場所を追加できる。

- Google Home[8]

Google Home は Google 社が提供するアプリケーションである。図 6.5 では、登録デバイス名が「和室テレビ」、種類名が「テレビ」、設置場所名は、家の中の間取りという括りではなく、家単位になっている。また、種類名に関しても自由に決められるという訳ではなく、デバイスとの連携時に決まり、後から変更することはできない。



図 6.5 Google Home のエンティティとそのプロパティの情報画面

- Philips Hue[9]

Philips Hue は Philips 社が提供するアプリケーションである。図 6.6 では、登録デバイス名が「Hue color lamp1」「Hue color lamp2」などにあたり、種類名はデバイスとの連携時に自動的に決まり、設置場所名は設定できない。

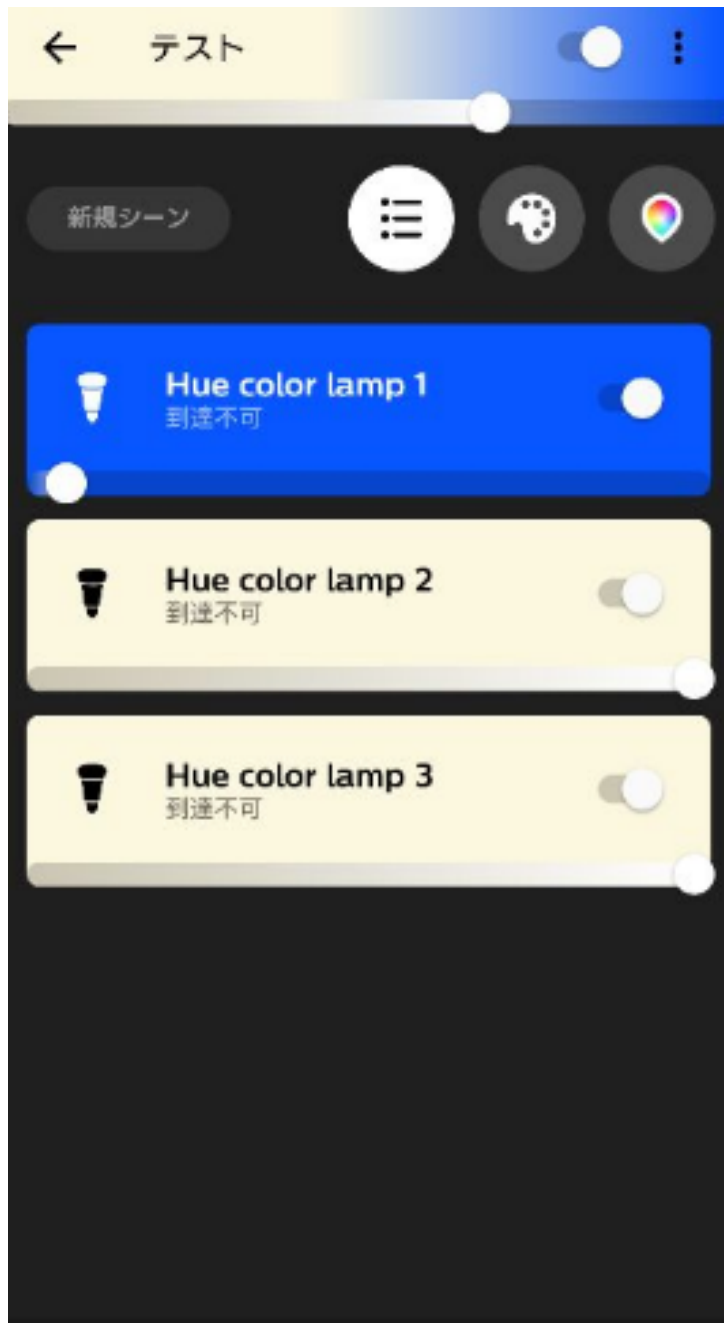


図 6.6 Philips Hue のエンティティとそのプロパティの情報画面

ここまですを整理したものを表 6.1 に示す。

アプリ名	登録デバイス名	種類名	設置場所名
Amazon	○	○	○
家電リモコン	○	○	×
eHome	○	○	○
Google Home	○	○	○
Philips Hue	○	○	×

表 6.1 各アプリケーションのエンティティとそのプロパティ

本論文で定義したエンティティとそのプロパティに関して、実際のエコシステムでは Alexa、eHome、Google Home は定義した通りになっており、それら以外は問題 1-5 で取り上げたように設定項目が無いケースとなっている。プロパティの項目が欠如しているエコシステムはリスト化しておき、欠如していないエコシステムと同じデバイスを対象としている時は、コンシステンシを取るために、欠如していないエコシステムとプロパティが合致するように提案システム内で修正する。

6.4 エンティティプロパティの表現の揺らぎ

Alexa と eHome は設置場所名をユーザーが自由に決められる事によって表現の揺らぎが発生する可能性があるうえに、デフォルトで用意されている設置場所名が、Alexa は「ガレージ」なのに対し eHome は「車庫」と表現が揺らいでいる事が分かる。

デフォルトで用意されているものには類義語辞書を使った手法が適用できる。適用できないものは、ユーザーアクティビティや電力センサーを用いてエコシステムの対象デバイスを特定し、修正する。

第7章

おわりに

7.1 まとめ

本論文では、スマートホームの分野において、複数のエコシステム間で発生しうる問題と1つのエコシステム内で発生する問題を定式化し網羅的に列挙した。

また、列挙した問題1つ1つの具体例を含めたモデルを示し、スマートホーム内エコシステム間のコンシステンシを取るための解決手法を提案した。問題が解決されることにより、スマートホームユーザーの裾野を広げることができるとともに、意図しない設定に起因する事故を回避する効果も期待できる。

7.2 今後の課題

提案システムが各エコシステムのエンティティの同一性を調べる機構の実装までには至っていないため、提案した手法を元の実装をしていく必要がある。

謝辞

本研究を行うにあたり、直接の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、本学 知念 賢一特任准教授には、審査をして頂き深く感謝致します。

また、本論文をまとめるにあたり様々なご協力を頂いた Marios さん初め丹研究室、リム研究室の皆様、加えて研究のみならず日常生活においても様々な相談をしてくださった友人達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、支えてくれた家族に感謝致します。

参考文献

- [1] AWS ドキュメント (最終閲覧日 2020 年 2 月 2 日)
<https://docs.aws.amazon.com/index.html>
- [2] Alexa Skills kit (最終閲覧日 2020 年 2 月 2 日)
<https://developer.amazon.com/ja/alexa-skills-kit>
- [3] Nguyen, Tam Lim, Wontaek Nguyen, Huy Deokjai, Choi Lee, Chilwoo. (2010).
Context Ontology Implementation for Smart Home. CoRR. abs/1007.1273.
- [4] Sioutis, Marios(2011)Area of effect and compromising techniques for the detection and resolution of environmental conflicts between services in the Home Network System
- [5] Amazon (最終閲覧日 2020 年 2 月 5 日)
<https://www.amazon.co.jp/>
- [6] ラトックシステム株式会社 (最終閲覧日 2020 年 2 月 5 日)
<http://www.ratocsystems.com/home.html>
- [7] 株式会社リンクジャパン (最終閲覧日 2020 年 2 月 5 日)
<https://linkjapan.co.jp/>
- [8] Google Home(最終閲覧日 2020 年 2 月 5 日)
https://store.google.com/jp/product/google_home
- [9] フィリップスが提供するワイヤレスでスマートな照明 — Hue の紹介 (最終閲覧日 2020 年 2 月 5 日)
<https://www2.meethue.com/ja-jp>