

# スマートシティにおける大規模住宅ログを活用したサービスの検討

山本晋太郎<sup>†</sup> 高橋 昂平<sup>†</sup> 大櫛 章裕<sup>†</sup> 松本 真佑<sup>†</sup> 中村 匡秀<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 神戸大学 〒657-8531 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1

E-mail: †{shintaro,koupe,okushi}@ws.cs.kobe-u.ac.jp, ††{shinsuke,masa-n}@cs.kobe-u.ac.jp

あらまし スマートシティと呼ばれる次世代都市計画が注目を集めている。そこでは、都市内に配置された多種多様なセンサや機器から情報を収集し、都市単位での省エネサービスや新たな付加価値サービスが実現される。我々の先行研究では、大規模ログ情報を活用したスマートシティサービスの基盤として、スマートシティ向けデータ処理プラットフォーム Scallop4SC (SCALable LOGging Platform for Smart City) の提案を行った。Scallop4SC では様々な種類のログを分散 Key-Value Store に蓄積し、そのデータ処理を並列分散基盤の上で行う。本稿では Scallop4SC に残された課題である、スマートシティの静的な構成情報のデータスキーマの設計、及び Scallop4SC の提供 API の設計の 2 つを達成することを目的とする。そのために、消費エネルギーの削減を目的としたサービスと生活の質の向上を目的としたサービスの 2 つを題材とし、具体的なスマートシティサービスについて検討する。検討されたスマートシティサービス実現のために、どのような構成情報と API を提供する必要があるかを検討し、その設計を行う。

キーワード スマートシティ, 住宅ログ, Scallop4SC, スマートシティ構成情報, API

## A study of services using large-scale house log in Smart city

Shintaro YAMAMOTO<sup>†</sup>, Kouhei TAKAHASHI<sup>†</sup>, Akihiro OKUSHI<sup>†</sup>, Shinsuke MATSUMOTO<sup>†</sup>,  
and Masahide NAKAMURA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Kobe University Rokkoudai-cho 1-1, Nada-ku, Kobe, Hyogo, 657-8531 Japan

E-mail: †{shintaro,koupe,okushi}@ws.cs.kobe-u.ac.jp, ††{shinsuke,masa-n}@cs.kobe-u.ac.jp

**Abstract** Smart city is a next-generation city planning. In the smart city, some value-added services such as energy saving and optimization of traffic are provided using wide variety of logs collected from various appliances and sensors. In our previous work, we have been proposed and developed a smart city platform, called Scallop4SC that supports collecting and processing the extremely large-scale log data. This system stores variety of logs on key-value store, and supports the statistical processing of the logs on Hadoop. This paper tackles two remaining challenges in Scallop4SC: designing a meta-data scheme for smart city configuration information, designing a Scallop4SC-APIs for accessing stored logs and meta-data. We discuss with some concrete smart city services with a focus on two types of services: the energy saving and the improvement in quality of life. Based on the discussion, we consider what meta-data and APIs are required to realize the smart city services.

**Key words** Smart city, house log, Scallop4SC, smart city configuration information, API

### 1. はじめに

環境配慮型の都市実現を目的とした、スマートシティ [1], [2] と呼ばれる次世代の都市計画が着目を集めている。スマートシティでは都市中に設置された各種センサにより、交通網の状況や、各家庭のエネルギーの使用状況、家電機器の利用状態などの多種多様な都市ログが収集される。収集された都市ログは高度なデータ処理技術により解析され、社会サービスとして住民に還元される。具体的には、交通網最適化や地域単位での省エ

ネ計画の実現といった、社会全体でのエネルギーの高効率化を目的としたサービスに留まらず、住居周辺地域でのテレビ番組などのトレンド把握といった付加価値創造のためのサービスなど多岐にわたる。

このような大規模ログ情報を活用したスマートシティのサービス基盤として、我々はスマートシティ向けデータ処理プラットフォーム Scallop4SC (SCALable LOGging Platform for Smart City) の提案を行っている [3]。Scallop4SC は以下に示す 4 つの特徴を持つ。

- P1: 都市内で発生する様々なログ情報の収集及び蓄積
- P2: 蓄積ログの効率的な処理
- P3: スマートシティに関する構成情報の一元管理
- P4: P1 から P3 のデータへの汎用アクセス API の提供

Scallop4SC の提供 API を利用することで、サービス開発者はログの収集や管理、その処理方法などを意識することなく、効率的にスマートシティサービスを開発することが可能となる。

先行研究 [3] では、上記の P1 (ログの管理) と P2 (ログの処理) の実現を目的として並列分散処理基盤 Hadoop [4] と HBase [5] を利用した Scallop4SC のプロトタイプシステムを開発した。このシステムは、都市内の様々なログ情報をネットワークを通じて収集し、HBase 上の分散データベースに格納する。HBase では全てのデータを単純な Key と Value の組として扱うため、多様性に富むログ情報を一元管理することができる。蓄積されたログは Hadoop を構成する複数ノードにより並列分散処理が施される。これらの並列分散処理基盤を利用することにより、テラバイトからペタバイトスケールのログが発生すると考えられるスマートシティ上での、効率的なデータ管理とデータ処理の実現が期待できる。

本研究ではスマートシティで発生する様々なログ情報のうち、個々の住宅内で発生するログ情報 (住宅ログ) に焦点を絞り、Scallop4SC に残された課題である P3 (スマートシティ構成情報の管理)、及び P4 (汎用 API の提供) の達成を目指す。そのために、消費エネルギー削減を目的としたサービスと、生活の質の向上を目的としたサービスの 2 つを題材とし、大規模住宅ログを用いることでどのようなサービスが実現できるかについて検討する。次に検討したサービスを達成するために、スマートシティ構成情報としてどのような情報を管理する必要があるかについて検討し、そのデータ設計を行う。同様にサービス実現のために、どのような API を提供する必要があるかを検討し、その API の設計を行う。

## 2. 先行研究

### 2.1 スマートシティ

スマートシティとは最新の IT 技術を駆使し、エネルギーをはじめとする生活インフラ全体の高度な効率化を目指した次世代の都市のことである。スマートシティでは都市中に設置されたセンサにより、エネルギーの使用状況や、交通量などの環境情報が計測される。計測されたデータは、広帯域のネットワークを通じて収集・統合され、リアルタイムでのデータ処理技術により社会サービスとして住民に還元される。具体的な社会サービスの例としては、電力消費把握による地域単位での省エネ計画や、交通状況把握による交通網最適化など多岐にわたる。現在、スマートシティは理論的な枠組みに留まらず、シンガポールやアムステルダムなどの世界中の様々な都市で実証実験が開始されている [1], [2]。

### 2.2 住宅ログ

スマートシティで収集・活用されるログ情報としては、交通や消費電力などの生活インフラに関するものや、住民自身の行動に関わるものなど多岐に渡る。本稿ではその中でも、住宅に

密接に関わるもので取得可能なログ (住宅ログ) に焦点を絞る。住宅ログはその性質から以下の 3 つに分類できると考えられる。

(1) エネルギーログ (Energy) 家庭内で利用されたエネルギーの消費履歴のことを指す。電力や水道、ガス、灯油などの消費履歴が該当する。

(2) 機器ログ (Device) 家庭内に設置された家電機器全般に関する操作履歴と状態履歴のことを指す。より具体的には、だれが、いつ、どの機器に対して、どのような操作を行ったか、という情報の系列となる。家電機器としては、テレビや冷蔵庫、エアコンなど家庭内で使用される機器全般が含まれる。

(3) 環境ログ (Environment) 家庭内の環境状態に関するログのことを指す。具体的には、家庭内の気温や湿度、照度、音感、風量、在宅人数などが該当する。

### 2.3 Scallop4SC

我々は、スマートシティ内で取得される多種多様かつ巨大なログデータを蓄積・活用するためのスマートシティ向けデータ処理プラットフォーム Scallop4SC (SCALable LOGging Platform for Smart City) の開発を行なっている。Scallop4SC のアーキテクチャを図 1 に示す。各住宅から収集されたログ情報はネットワークを通じて、Scallop4SC の管理する HBase の分散 KVS データベース上に蓄積され、Hadoop の分散処理基盤により処理が施される。スマートシティ全体の構成情報は関係データベース上で管理される。各種スマートシティサービスは Scallop4SC の提供する API を通じてログ情報や構成情報にアクセスし、住民へのサービスとして提供される。

Scallop4SC は以下の 4 つの特性を持つ。

P1: ログ情報の肥大化と多様性に適応するために、HBase の分散 KVS データベースを用いてデータの蓄積と管理を行う。ログデータは定期的に取得する必要があるため、データ量が爆発的に肥大化することが考えられる。また都市内の機器やセンサなどから送信されるログデータは多様であり、そのスキーマを統一的に表すことはできない。分散 KVS を利用することで、データ量に対して高いスケーラビリティを確保し、スキーマを統一せずに一元的なログ管理が実現できる。

P2: 効率的な蓄積ログの処理を実現するために、Hadoop を用いた並列分散処理をサポートしている。大規模ログを活用する際のデータの集約や統計処理は、並列分散しやすいという特性を持つため、Hadoop により高い処理パフォーマンスを確保できると考えられる。また都市計画の拡大に伴い計算リソースが不足した場合でも、ノードの追加により柔軟にその性能を確保することが可能である。

P3: スマートシティの構成情報を一元的に管理する。この構成情報とは、都市内の住宅情報や、住宅内の設置機器、住民構成などのスマートシティ全体の静的な情報のことを指す。構成情報は都市と住宅、住宅と部屋、部屋と機器といった複雑な構造情報を持つため、KVS ではなく関係データベース (RDB) 上で管理する。例として、ある特定の住宅内の全機器のログを取得したい場合は、RDB から住宅内に設置された機器一覧を読み取り、KVS から各機器のログを取得する。

P4: P1 から P3 の機能へアクセスするための汎用 API を持

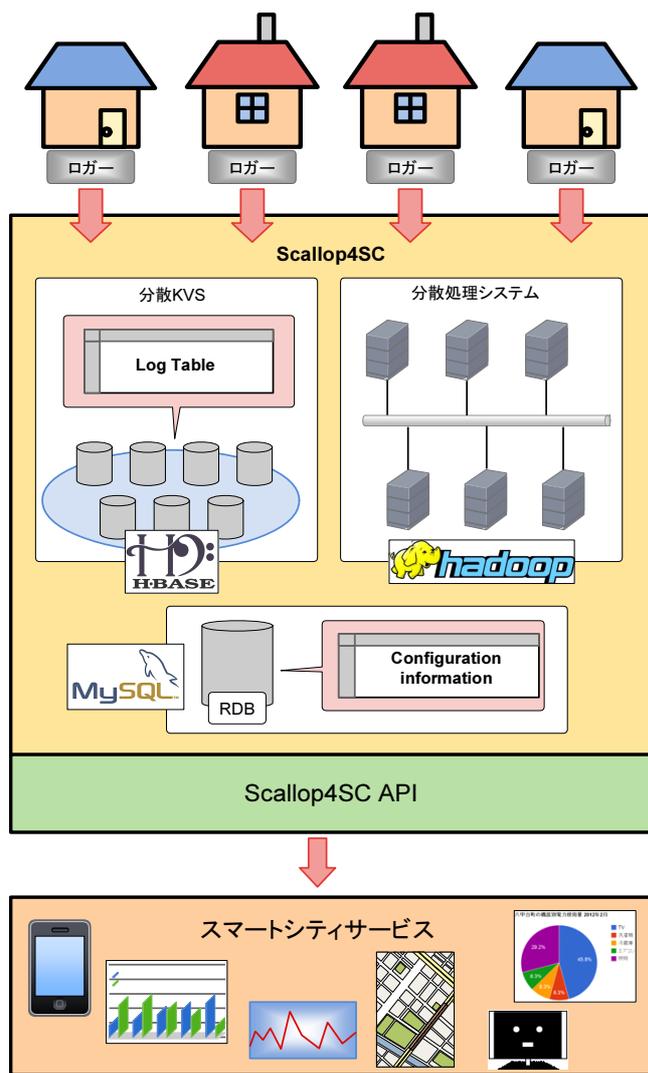


図1 Scallop4SC のアーキテクチャ

つ、P1 へのアクセス API としては、各種ログを投入する API や読み出す API などが考えられる。P2 の API としては、汎用的な演算処理 API や統計処理 API のほか、ユーザ独自のデータ処理を行うためのプログラム投入型の API などが考えられる。P3 の API としては、主に都市構成情報を格納する RDB データベースへのアクセス API となる。

#### 2.4 研究の目的とアプローチ

本研究では、スマートシティ構成情報のデータスキーマ (P3) の設計、及び Scallop4SC の提供する API (P2) の設計の 2 つの達成を目指す。以降ではスマートシティの多様なログ情報の内、住宅ログに焦点を絞り、ログを用いた具体的なスマートシティサービスについて検討する。その結果に基づき各サービス実現のために、どのような構成情報と API が必要かを検討し、その設計を行う。

### 3. 大規模住宅ログを活用したスマートシティサービス

#### 3.1 スマートシティサービスの適用分野

住宅ログを活用したスマートシティサービスの適用分野とし

ては、スマートグリッドに代表されるような消費エネルギーの削減を目的とするものが最も代表的である。他にも、住民の生活の質 (QoL: Quality of Life) の向上を目的とした、防犯・防災・交通網最適化・健康増進・介護支援・アメニティ・エンターテイメントなどの分野も考えられる。本節では、消費エネルギー削減と QoL の向上という 2 つの分野を題材として、具体的なスマートシティサービス例について検討する。

#### 3.2 消費エネルギーの削減を目的とするサービス

##### 3.2.1 背景

二酸化炭素の排出量は年々増加しており、地球温暖化の原因の一つとしてあげられている。また、原子力発電の再稼働に対する反発から、電力会社全体での発電量が減少し、日本全国で電力不足が叫ばれている。特に関西電力では、原子力発電所を稼働しない場合、14.9%の電力不足が見込まれ、現在の電力消費量から 20%の節電が必要であると想定している。電力不足の解消のためには、発電量を増加させる他に、1 日の中のピーク時電力消費量を削減する必要がある。これらの背景から、都市単位や国単位での消費エネルギーの低減が社会全体の必須課題である。

##### 3.2.2 目的

本サービスの目的は、スマートシティ環境全体での消費エネルギーの削減である。電力や水道、ガスなどの一般的なエネルギーに対しては都市全体での消費エネルギーの総量そのものを低減させる方法が一般的である。一方で電力は蓄電が難しいという特性から、都市全体での電力需要のピークを押さえる方法 (ピークカット、ピークシフト) も有効である。また、エネルギー消費に対する個人の意識を改善することにより消費エネルギー削減に繋げるものや、無駄なエネルギー消費行動を検出し自動的に機器操作を行う方法も考えられる。

##### 3.2.3 具体的なサービスの例

ENG1: 住宅内消費エネルギー見える化サービス。宅内で消費されるエネルギーを可視化し、エネルギー消費に対する意識改善を通じて自発的な省エネ活動を促進するサービスである。過去の消費電力を可視化することでエネルギー消費の振り返りの機会を与えるほか、家電別の電力消費量を可視化することで、電力消費量の多い機器の使用を控えるように促す。

ENG2: 都市内消費エネルギー見える化サービス。消費電力のピークを抑えるために、スマートシティ全体での総消費エネルギーの見える化を行うサービスである。この見える化を通じて、洗濯機や食洗機などの消費電力が比較的大きく、かつ利用時間帯をシフトできる機器に対してピーク時間帯以外の使用を促す。また、都市単位での比較を行うことで、行政や自治区単位での節電意識を促すことができるかもしれない。

ENG3: 電力消費量ピーク時間帯予測サービス。効率的な電力ピークカットを実現するためには、電力需要の正確な予測が必要である。スマートシティ内での消費電力ログを長期に渡って蓄積することで、過去の電力需要・電力消費に基づいた正確な予測が実現できる。また、リアルタイムで収集された電力ログを利用することで、供給電力量の不足を予測し、緊急性の低い家電機器 (食洗機など) の稼働を押さえるといった、リアル

タイムかつ地域単位での省エネ制御も期待できる。

ENG4: 住宅内機器最適稼働サービス。各機器の稼働状況をリアルタイムで監視し、機器の稼働最適化を行うサービスである。機器ログと環境ログを組み合わせることで、不在時の機器のつけっぱなしや、窓を閉め忘れたまま冷暖房家電を利用するといった無駄な機器操作を検知することができる。ユーザはその情報を受け取り、ネットワーク経由での遠隔操作により無駄を省くことができる。

### 3.3 生活の質 (QoL) 向上を目的とするサービス

#### 3.3.1 背景

スマートシティ環境下では、2.2 節で述べたような、消費エネルギーのログ、家電機器の状態と操作に関するログ、室温や照度などの宅内の環境に関するログの 3 つのログが収集・蓄積される。これらのログを組み合わせることで、不在時の侵入者の検知や、機器のつけっぱなし、住民の生活習慣といった、宅内での複雑なコンテキストを読み取ることが可能となる。これにより、前節で述べた消費エネルギーの削減目的サービスのみならず、住民の QoL を向上させるような様々な分野でのサービスの実現が期待できる。

#### 3.3.2 目的

スマートシティで収集されたログを利用し、都市単位での省エネ計画の実現に加え、住民に対するより快適で便利な都市の実現を目指す。以降では、防犯・防災・交通網最適化・健康増進・介護支援・アメニティ・エンターテイメントのそれぞれの分野での、QoL 向上を目的としたサービスの具体例について考察する。

#### 3.3.3 QoL 向上を目的とするサービスの例

QOL1: 侵入者検知&周知サービス (防犯分野)。住宅内への侵入者を検知し、家主だけでなく周辺住民にも通知するサービス。侵入者検知センサーをスマートシティに取り込むことで、不審者検知時に付近の住宅にも通知することができるようになり、地域コミュニティ単位での防犯啓発が可能となる。また、行政の視点からは、犯罪の多い場所周辺の住宅ログを分析することにより、データに基づいたより正確な防犯対策を取ることができるかもしれない。

QOL2: 家電消し忘れによる火災防止サービス (防災分野)。家電機器のつけっぱなしによる火災を防ぐサービス。例えば、環境ログからの住民の不在、及び機器ログからストーブのつけっぱなしを同時に検知することで、火災の危険を判断しストーブを自動的に停止する。あるいは、ストーブがついているのに換気扇が動いていない場合に、換気扇を自動的に稼働させるといった防災手段が可能となる。

QOL3: 混雑度通知サービス (交通分野)。交通網の最適化は省エネに次ぐスマートシティサービスの代表的な目的である。その一般的な手段は道路や車に取り付けられたセンサから、渋滞を検知するといった方法である。住宅ログに焦点を絞った場合、バスや駅などの公共交通機関の混雑を住民に通知することが、混雑度合いの軽減手段となる。

QOL4: 生活習慣診断・改善支援サービス (健康分野)。日々の機器ログを分析することで生活習慣を洗い出し、生活習慣の

改善を促したり、健康上のアドバイスをするサービスである。例えば、玄関の照明や、寝室の照明の消灯時間から、睡眠時間のアドバイスをすることができる。

QOL5: 高齢者生活見守りサービス (介護分野)。遠隔地のお年寄りの生活を把握 (見守り) するようなサービスである。指定機器の使用状況を、一定の間隔で指定先に通知することで、独居老人の状態を把握することができる。

QOL6: 家電買い替え推奨サービス (アメニティ分野)。家電機器の買い替えを推奨するサービスである。利用している家電製品の使用開始から使用期間を算出し、その故障の予測や買い換えの推奨を行う。特に、家電機器はハードウェアの高性能化に伴う消費電力削減が著しく、古い家電を使い続けるより買い換えた方が安く上がるケースもある。エネルギーログを利用することで、機器を買い換えた場合の節電効果についても提示できる。

QOL7: 視聴率可視化サービス (エンターテイメント分野)。直接生活を改善するようなサービスではなく、スマートシティ内の一定の地域ごとに視聴率の見える化を行うといったような娯楽的要素の高いサービスになる。スマートシティ内の市区町村地域ごとにテレビの視聴率を集計して見える化することで、コミュニティ単位での視聴率の分布を可視化できる。

## 4. 考察

3. 節で検討したサービスから、スマートシティ構成情報のデータモデル設計、及び各種スマートシティサービスの実現に必要な Scallop4SC の API 設計を行う。

### 4.1 スマートシティ構成情報のデータモデル設計

図 2 にスマートシティ構成情報の ER 図を示す。この ER 図は文献 [6] で示された記法に基づいている。四角はエンティティを表し、データ項目を右に並べる。データ項目の下線は主キーを表し、[] は外部複合キーを表している。各エンティティの下部には、インスタンスを併記している (+ ) は親子関係、(+ ... ) は参照関係を表す。

提案するスマートシティ構成情報は、大きく 3 つの情報に分類される。

(1) 住居情報 (House) 都市、住宅、部屋の 3 つのエンティティで、スマートシティに含まれる住居、その中の部屋に関する情報を保持する。それぞれ親子関係を構成し、親が存在しないと自分が存在できない構造になっている。

(2) 機器情報 (Device) 機器と機器クラスの 2 つのエンティティで、スマートシティに設置される機器に関する情報を保持する。機器 (インスタンス) はその機器の種別を表す機器クラスと、それが設置される部屋の情報を持つ。機器クラスはその製品の型番や製造者など、複数のインスタンスが共通して持つ情報を表す。

(3) 個人情報 (Person) 個人と世帯の 2 つのエンティティで、スマートシティ内の住人に関する情報を保持する。個人はどれか 1 つの世帯に属し、世帯は住宅に紐付けられる。

これら 3 種類の情報を目的に応じて組み合わせることで、住宅ログの効率的な検索や統計が可能となる。例えば、六甲台町

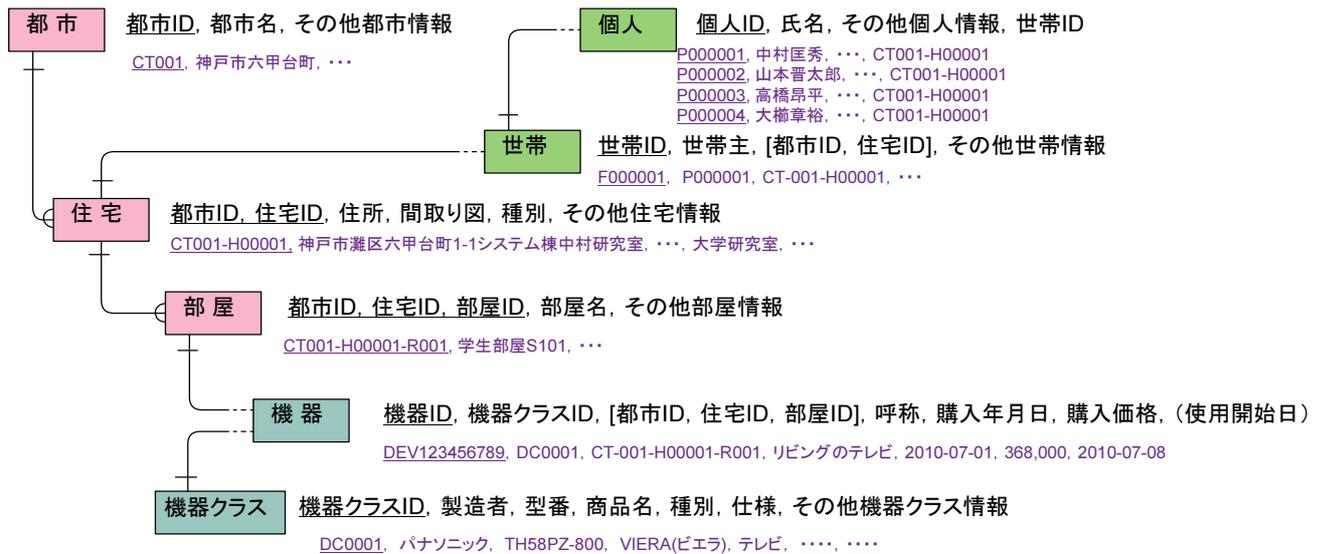


図 2 スマートシティ構成情報のデータスキーマ

内のテレビの総消費電力量を取る場合には、以下の手順を踏めば良い。

1. 機器クラスがテレビで、都市 ID が六甲台町である機器を検索する。
2. 住宅ログから 1 で検索されたすべての機器の消費電力量を取得し、合計する。

これらの構成情報には住民の個人的な情報も多く含まれるため、行政などの公共機関の元管理する必要がある。また将来的なスマートシティの成長やサービスの拡大に応じて、各エンティティ内の属性を拡張していく必要もあると考えられる。

違いから、以下の 5 種類のサービスに API を分類した。

- Log: ログデータの入出力 API
- Status: 現在状態の入出力 API
- Configuration: スマートシティ構成情報の入出力 API
- Operation: スマートハウス上の機器操作 API
- Calculation: 統計分析や複雑な処理を記述し行う API

2.2 節で示した 3 種類（エネルギー、機器、環境）のデータに対しては、過去の状態、すなわちログデータの入出力を行う“Log”と、現在のリアルタイムな状態の入出力を行う“Status”の 2 つに分けられる。前節で示したスマートシティ構成情報の入出力が“Configuration”であり、宅内の機器の遠隔操作や機器への通知を行う API が“Operation”に該当する。“Calculation”は蓄積ログの統計処理を Hadoop 環境上で実行するための API である。

次に 4 つの API の具体的な中身について設計を行った。なお“Calculation”は、開発者の作成したプログラムを投入するタイプの API であり、各サービスの求める処理内容に強く依存することから、ここでは検討の対象外とした。

図 3 に API の設計図を示す。左端が上記の 4 種類の API を示している。Type は操作対象のデータのタイプであり、3 種類のログデータと 3 種類の構成情報エンティティが含まれる。Access は操作内容の種類を示しており、データの入力 (set) とデータの取得 (get) の 2 つに大別されている。Query は API の呼び出しクエリであり、都市や家、機器、人などの、どのデータを取得（あるいは入力）したいかを示すものである。

これらの API を用いて 3. 節で挙げた各サービスがどのように実現できるかを示した、サービスと API の対応を表 1 に示す。例えば 1 行目、“ENG1: 住宅内消費エネルギー見える化サービス”を実現するためには、まず Configuration.Device.get(houseID) にアクセスし家庭内の機器 ID 一覧を取得する。次に全ての機器に対して、Log.Energy.get(deviceID) を呼び出すことで、その機器の消費電力を取得できる。この情報を可視化することで

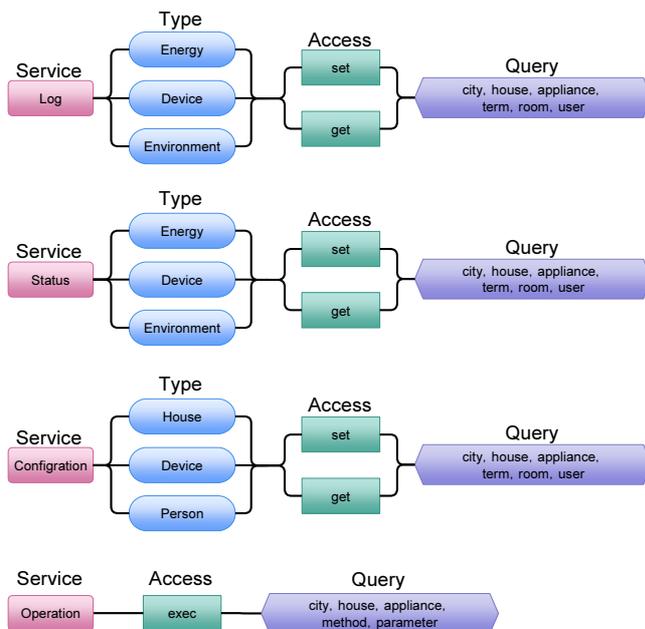


図 3 スマートシティ向け API 設計図

## 4.2 API 設計

3. 節で挙げたサービス実現を考慮に入れ、API の設計を行った。API がアクセス対象とするデータの種類やアクセス方法の

サービス ID	Service	Type	Access	Query
ENG1: 住宅内消費エネルギー見える化サービス	Configration	Device	get	house
	Log	Energy	get	device
	Log	Energy	get	house, term
ENG2: 都市内消費エネルギー見える化サービス	Configration	Device	get	city
	Log	Energy	get	device
	Log	Energy	get	city, term
ENG3: 電力消費量ピーク時間帯予測サービス	Log	Energy	get	city, term
ENG4: 住宅内機器最適稼働サービス	Status	Device	get	house
	Status	Environment	get	house
	Operation		exec	device, method, parameter
QOL1: 侵入者検知&周知サービス	Status	Environment	get	device
	Configration	House	get	house
	Operation		exec	device, method, parameter
QOL2: 家電消し忘れによる火災防止サービス	Log	Environment	get	house, term
	Log	Device	get	house, term
	Operation		exec	device, method, parameter
QOL3: 混雑度通知サービス	Operation		exec	device, method, parameter
QOL4: 生活習慣診断・改善支援サービス	Log	Device	get	house
	Operation		exec	device, method, parameter
QOL5: 高齢者生活見守りサービス	Log	Device	get	house, term
	Log	Environment	get	house, term
QOL6: 家電買い替え推薦サービス	Configration	Device	get	device
	Log	Energy	get	device
QOL7: 視聴率可視化サービス	Configration	Device	get	device
	Log	Device	get	house, device, term

表 1 スマートシティサービスと API の対応表

機器ごとの消費電力を比較可能な見える化サービスが実現される。また、`Log.Energy.get(houseID, term)` を呼び出せば、その住宅内での特定期間内の総消費電力を取得し可視化することも可能である。

## 5. おわりに

本稿では、我々の研究グループが提案・構築している Scallop4SC 上でスマートシティ構成情報の管理、汎用 API の提供の 2 つの機能実現を達成することを目的として、具体的なサービス例の検討及びそれをもとにしたデータ設計・API 設計を行った。サービス例として消費エネルギー削減を目的としたサービス、QoL の向上を目的としたサービスという 2 つの題材に対して大規模住宅ログを用いたものを複数個考案した。次にサービス例を実現するために必要な情報の管理、API を検討し、それをもとにデータスキーマ図・API 設計図を作成した。

今後まず、スマートシティ構成情報を RDB 上で構築し、さらに各種 API を web サービスなどの形で実装する。次に、実装された API を用いて、スマートシティサービスを実際に開発していく予定である。

謝辞 この研究の一部は、科学技術研究費（基盤研究 C 24500079, 基盤研究 B 23300009）、および、関西エネルギー・リサイクル科学研究振興財団の助成を受けて行われている。

## 文 献

- [1] Robert G. Hollands. Will the real smart city please stand

up? *City: analysis of urban trends, culture, theory, policy, action*, Vol. 12, No. 3, pp. 303–320, 2008.

- [2] Arun Mahizhnan. Smart cities: The singapore case. *Cities*, Vol. 16, pp. 13–18, 1999.
- [3] 山本晋太郎, 瀬戸英晴, 榎本真佑, 中村匡秀. スマートシティにおける大規模住宅ログの収集・活用プラットフォームの検討. 電子情報通信学会技術研究報告, 第 111 巻, pp. 207–212, March 2012.
- [4] D. Borthakur. The hadoop distributed file system: Architecture and design, 2007.
- [5] Ankur Khetrpal and Vinay Ganesh. Hbase and hypertable for large scale distributed storage systems, 2006.
- [6] 渡辺幸三. 販売管理システムで学ぶモデリング講座. 翔泳社, 2008.